

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Одеський національний технологічний університет**  
**Інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та**  
**програмування ім. П.Н. Платонова**

**XXVI Всеукраїнська науково-технічна конференція**  
**молодих вчених, аспірантів та студентів**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ**  
**ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ»**

*Матеріали конференції*



**Одеса**

**16-17 квітня 2026 р.**

Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXVI Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 16-17 квітня 2026 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2026 р. – 307 с.

Збірник включає матеріали доповідей учасників конференції, які об'єднані за тематичними напрямками конференції.

Збірник буде корисним як для фахівців і працівників фірм, зайнятих в області ІТ, так і для викладачів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками і спеціальностями програмного забезпечення, обчислювальної техніки і автоматизованих систем, прикладної математики та обробки інформації, буде корисним професіоналам з комп'ютерного моделювання та розробки комп'ютерних ігор.

Результати досліджень у збірнику представляють собою своєрідний зріз сучасного стану справ в перерахованих галузях знань, який може допомогти як фахівцям, так і студентам університетів скласти загальну картину розвитку інформаційних технологій та пов'язаних з ними питань.

Наукові праці згруповані за напрямками роботи конференції та наведені в алфавітному порядку прізвищ авторів.

Матеріали (тези доповідей) друкуються в авторській редакції. Відповідальність за якість та зміст публікацій несе автор.

Матеріали подано українською та англійською мовами.

Науковий редактор збірника Селіванова А. В.

## **ПРЕЗИДІЯ ТА ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

### **ПРЕЗИДІЯ**

**Лариса Іванченкова** – Ректор Одеського національного технологічного університету, д.е.н., професор

**Богдан Єгоров** – Радник ректора, академік НААН України, д.т.н., професор

**Ольга Ольшевська** – Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків ОНТУ, к.т.н., доцент

**Тетяна Ревенюк** – директор навчально-наукового інституту Комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ОНТУ, к.т.н., доцент

### **ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ**

**Алла Селіванова** – к.т.н., доц. кафедра Комп'ютерних та фізико-математичних наук

### **ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ ОРГКОМІТЕТУ**

**Сергій Котлик** – к.т.н., доц., кафедра Комп'ютерних та фізико-математичних наук, ОНТУ

### **ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ**

**Даріуш Долива**, уповноважений декана факультету Інформатики УІтаПЗ, м.Лодзь, д. математичн.наук, Польща

**Тетяна Ковалюк** - к.т.н., доц. кафедра ПСТ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Тетяна Мазурок** – д.т.н., проф. завідувач кафедри ПМтаІ ПНПУ ім. К. Д. Ушинського

**Ігор Невлюдов** – д.т.н., проф. завідувач кафедри КІТАМ ХНУРЕ

**Володимир Тарасенко** – д.т.н., проф. кафедра СПіСКС НТУУ «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського

**Ігор Жуков** – д.т.н., проф. завідувач кафедри КСтаМ ДУ «Київський авіаційний інститут»

**Сергій Артеменко** – д.т.н., проф. завідувач кафедри КІ ОНТУ

**Юлія Федченко** – к.ф-м.н., доц. завідувач кафедри КФМН

**Павло Ломовцев** – к.т.н., доц. кафедра КФМН, ОНТУ

**Юрій Корнієнко** – к.ф-м.н., доц. кафедра КФМН, ОНТУ

ОНТУ

**ЗМІСТ**

Список організацій, представники яких взяли участь у роботі конференції	18
<b>Розділ 1: Математичне і комп'ютерне моделювання складних процесів</b>	20
1. MODELING OF DEVIATIONS IN THE OPERATION OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS BASED ON SENSOR MEASUREMENTS <i>Kravchenko P. K.</i> Petro Mohyla Black Sea National University	20
2. METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DIGITAL MATURITY ASSESSMENT IN THE CONTEXT OF ENTERPRISE AUTOMATION. <i>Zadrykin S. , Mazepa A.</i> Kharkiv National University of Radio Electronics	22
3. ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ВОДИ У СИРІ ПІД ЧАС ЙОГО ДОЗРІВАННЯ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИПАРОВУВАННЯ ВОЛОГИ <i>Авдєєв Д. С.</i> Одеський національний технологічний університет	24
4. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛІВ ОБЕРТОВИХ КРАПЕЛЬ В LABVIEW. <i>Білицук В. Б., Юречко І. Д.</i> Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	26
5. ІНТЕРВАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ RFC. <i>Бобров Д.О., Каіров В.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова	28
6. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЛІНІЙНОЇ АЛГЕБРИ У ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ. <i>Вознюк В. Р.</i> Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського	29
7. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ <i>Горя Г.Д., Коренкова Г.В.</i> Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І.Мечникова	31
8. АЛГОРИТМИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ В ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ <i>Готопіло Б.В., Жигайло О.М.</i> Одеський національний технологічний університет	32
9. МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ МОДЕЛЕЙ КРЕДИТНОГО СКОРИНГУ. <i>Давиденко К. О.</i> Державний Університет Інформаційно-Комунікаційних Технологій	34
10. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ. <i>Зуй Д.В., Коренкова Г.В.</i> Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І. Мечникова	36
11. АВТОМАТИЗАЦІЯ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДКИ ПОКРИТТЯ ФАСАДУ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ВЕЙЛЕРА–АЗЕРТОНА <i>Каменев В.А., Жуковецька С.Л.</i> Одеський національний технологічний університет	37
12. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ В УМОВАХ ІНТЕРВАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВХІДНИХ ДАНИХ <i>Коноваленко Д. Р., Безкоровайний В. В.</i> Харківський національний університет радіоелектроніки	39

13. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИПІЧКИ ПЕЧИВА В КОНВЕСРНИЙ ПЕЧІ. <i>Коноваленко В. О.</i> Одеський Національний Технологічний Університет.	41
14. КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ СУШІННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ З УРАХУВАННЯМ СТРУКТУРНИХ ЗМІН КРОХМАЛЮ. <i>Коренной Б. Ю., Світлий І.М.</i> Одеський національний технологічний університет.	43
15. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ФРАКТАЛЬНИХ МНОЖИН МАНДЕЛЬБРОТА ТА ЖУЛІА <i>Кривченко Ю.В. Кривченко А.А.</i> ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету»	45
16. ОПТИМІЗАЦІЯ ДВОРІВНЕВОЇ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСОБАМИ MS EXCEL SOLVER. <i>Лебедєва М. С.</i> ВСП «Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І.Мечникова»	47
17. ПРОГНОЗУВАННЯ ЛОС ІГОР, РОЗРОБЛЕНИХ МОВОЮ JAVA. <i>Логвиненко В.Ю., Латанська Л.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова	49
18. АЛГОРИТМІЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РУХУ У ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ <i>Мелібабаєв Арсен Мізамудінович, Коренкова Ганна Валентинівна</i> Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.	50
19. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИВЧЕННЯ БАГАТОШАРОВОГО СЕРЕДОВИЩА МЕТОДАМИ БАГАТОЧАСТОТНОГО ІМПЕДАНСНОГО ЗОНДУВАННЯ <i>Меренько Б. І.</i> Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу	52
20. АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ УВАРЮВАННЯМ ФРУКТОВИХ НАЧИНОК У ПЕЧІ. <i>Могільда О. І.</i> Одеський національний технологічний університет.	53
21. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІТЕРАЦІЙНИХ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ. <i>Новенко О. Р.</i> Київський національний університет імені Тараса Шевченка	56
22. МЕТОД СИНТЕЗУ АДАПТИВНОГО СПОСТЕРІГАЧА ДЛЯ НЕЛІНІЙНИХ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ГЛОБАЛЬНОЮ ЗБІЖНІСТЮ БЕЗ ОЦІНЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ УМОВ. <i>Олімпієва Ю.І., Пехова Л.О.</i> Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій	58
23. ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ SEO-ВТРУЧАНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ: ПОБУДОВА ТА ВАЛІДАЦІЯ ФРЕЙМВОРКУ <i>Онищенко А. О.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова	60
24. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДВОСЕКЦІЙНОГО МАГІСТРАЛЬНОГО ВАНТАЖОПАСАЖИРСЬКОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ 2ЕЛ4. <i>Осадчук Є.О.</i> Одеський національний технологічний університет	62
25. АЛГОРИТМІЧНЕ САМОКАЛІБРУВАННЯ СЕНСОРНОЇ ПІДСИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.	64

<i>Пановик У.П. Гідей Р.В.</i> Національний університет «Львівська політехніка	
26. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОО-АРХІТЕКТУРИ .NET-ЗАСТОСУНКІВ НА C#. <i>Руденко К.Р., Латанська Л.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова	66
27. ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПАРТІЙ БОРОШНА. <i>Рустамов Р.Р., Жигайло О.М.</i> Одеський національний технологічний університет.	68
28. МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ МІКРОСЕРВІСНИХ ЗАСТОСУНКІВ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ <i>Сіренко О.І.</i> Одеський національний технологічний університет	70
29. АКТУАЛЬНІСТЬ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ. <i>Слушна Н.В.</i> Одеський національний технологічний університет	71
<b>Розділ 2: Управління, обробка та захист інформації</b>	73
1. ENSEMBLE ONE-CLASS DETECTION FOR PCIe BUS SECURITY: A COMPARATIVE STUDY OF ALGORITHM. <i>Oleksandra Bilorin-Ererera, Maksym Glavchev, Vladyslav Muliava.</i> National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”	73
2. КОМПЛЕКСНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ПРОТИДІЇ КІБЕРАТАКАМ У CMS WORDPRESS. <i>Анісіч Д.В., Потрашкова Л.В.</i> Харківський національний економічний університет ім. С.Кузнеця	75
3. УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ ТА ЗАХИСТ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ КІБЕРСПОРТИВНИХ ТА СТРІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ. <i>Болтач С.В., Єнгаличева А.С.</i> Одеський національний технологічний університет	76
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ВІД DOS-АТАК НА ВЕБСЕРВЕРИ НА БАЗІ APACHE WEB SERVER. <i>Василенко І.О., Марчук А.В.</i> Харківський національний університет радіоелектроніки	78
5. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВІЛЬНИХ DDOS АТАК НА ВЕБСЕРВЕРИ. <i>Василенко І.О., Марчук А.В.</i> Харківський національний університет радіоелектроніки.	80
6. ОРГАНІЗАЦІЯ КІБЕРЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ. <i>Глуценко В.О., Бутенко Т.А.</i> Державний біотехнологічний університет	82
7. СУЧАСНА РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА DIGITAL-ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВІЗАЦІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ. <i>Грідін Д.В.</i> Державний біотехнологічний університет	84
8. МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ СХОВИЩА ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ. <i>Гуменяк М.О., Галяс А.В., Савчук В.А.</i> Західноукраїнський національний університет	86
9. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В СУЧАСНИХ ОРГАНІЗАЦІЯХ. <i>Канарська Ю.О.</i> Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова	88

10. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ З УРАХУВАННЯМ ЗАГРОЗ ПРОГРАМ-ВИМАГАЧІВ. <i>Кицель Н.В.</i> Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ	90
11. ВПЛИВ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ НА ВІТЧИЗНЯНИЙ РИНОК ІТ УКРАЇНИ. <i>Ковалівська К. В., Дугінець Г. В.</i> Державний торговельно-економічний університет.	92
12. АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСЛЯЦІЇ МЕДІАКОНТЕНТУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ АДАПТАЦІЇ. <i>Костенко О.В., Нєнов О.Л.</i> Одеський національний технологічний університет	94
13. ОСОБЛИВОСТІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВЕЛИКИХ ДАНИХ. <i>Марущак К. П, Козбур Г. В.</i> Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя	96
14. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ ОНЛАЙН-ПРОДАЖУ ЕЛЕКТРОНІКИ. <i>Михайлов А.В.</i> Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій	98
15. КОСИНУСНА МІРА ПОДІБНОСТІ У РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ. <i>Мінаєв А.І., Каіров В.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова	99
16. УПРАВЛІННЯ, ОБРОБКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН. <i>Сапарай Я.В., Бутенко Т.А.</i> Державний біотехнологічний університет	101
17. ЕЛЕКТРОННА КОМЕРЦІЯ ТА ЇЇ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ В УКРАЇНІ. <i>Сулов М.М., Булгакова О.С., Зосімов В.В.</i> Одеський національний технологічний університет	103
18. АЛГОРИТМ RSA У СУЧАСНИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ. <i>Трибрат А.С., Каіров В.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова	105
19. РОЗРАХУНОК КРИТИЧНОГО ПОРОГУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ПОТОКАХ ДАНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ПОДВІЙНОГО КОНТРОЛЮ З ФРАКТАЛЬНОЮ КОРЕКЦІЄЮ <i>Труфан М.М., Середюк О.Є., Соколов Є.О.</i> Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.	106
20. ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ КЛІЄНТІВ У ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІТИКИ ДАНИХ У МАРКЕТИНГУ. <i>Чуніхіна Т.С., Якіна Н.О.</i> Державний торговельно-економічний університет	108
<b>Розділ 3: Нові інформаційні технології освіти</b>	
1. ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ЗАСОБУ ФОРМУВАННЯ ІК-КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ <i>Борисенко О.М.</i> Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ	111
2. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ WEB-ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАНЯТЬ У СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ. <i>Босюк А.О., Вітер М.Б., Сакалюк О.Ю.</i>	113

Національний транспортний університет, Одеський національний технологічний університет	
3. ОБУМОВЛЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ІНТЕРАКТИВНОГО ВИДАННЯ ДЛЯ МЕТОДИЧНОГО СУПРОВОДУ НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ. <i>Густі М. О.</i> Інститут поліграфії та медійних технологій НУ “ЛП”	115
4. РОЛЬ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ ПРОСТОРОВОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ <i>Дячук В.А., Проценко Н.М.</i> Державний біотехнологічний університет	117
5. ІНФОРМАЦІЙНО-ІГРОВИЙ ВЕБРЕСУРС ПРОФОРІЄНТАЦІЇ УЧНІВ У СФЕРІ КОМП’ЮТЕРНИХ НАУК. <i>Клименко І.М., Чечоткіна В.В., Попков Д.М.</i> Одеський національний технологічний університет.	119
6. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОНЯТТЯ «ГЕЙМІФІКАЦІЯ» В СУЧАСНІЙ ПЕДАГОГІЧНІЙ НАУЦІ. <i>Кононенко К., Чорна А.</i> Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького	121
7. МЕТОДИКА ГЕНЕРАЦІЇ ТА ВАЛІДАЦІЇ АКАДЕМІЧНИХ ТЕСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ <i>Котлик С.В.<sup>1</sup>, Соколова О.П.<sup>1</sup>, Воронкова Ю.В.<sup>2</sup>, Ядовін Л.К.<sup>2</sup></i> <sup>1</sup> Одеський національний технологічний університет, <sup>2</sup> Відокремлений структурний підрозділ «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ»	123
8. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДОСТУПУ ДО ІСТОРИЧНИХ ЗНАНЬ УНІВЕРСИТЕТУ НА ОСНОВІ ЧАТ-БОТА З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. <i>Котлик С.В., Соколова О.П., Гонтар Д.С.</i> Одеський національний технологічний університет	125
9. ЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ. <i>Котлик С.В., Соколова О.П., Крантов А.В.</i> Одеський національний технологічний університет	127
10. OSINT-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ КРИМІНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ: ПРОБЛЕМИ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ. <i>Лунгол О.М., Волобоєва З.О.</i> Донецький державний університет внутрішніх справ	129
11. НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ВІД «ЕКРАНА» ДО ІНТЕРАКТИВНОГО ВСЕСВІТУ <i>Руднева Валерія</i> МДПУ ім. Богдана Хмельницького	131
12. СУЧАСНІ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБКИ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ПІДГОТОВЦІ ОПЕРАТОРІВ З ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. <i>Семикіна І.С.</i> Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького	132
13. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ <i>Сирятський В. В., Безкоровайний В. В.</i> Харківська гуманітарно-педагогічна академія	134

14. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ОСВІТЬОГО ВИБОРУ НА ОСНОВІ АНСАМБЛЮ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ <i>Шиманська С. А., Мельников О. Ю</i> Донбаська державна машинобудівна академія.	136
15. ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ - AI-АГЕНТА ДЛЯ СПРОЩЕННЯ ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЇ САЙТУ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ <i>Щербина Б. Т., Мельников О. Ю.</i> Донбаська державна машинобудівна академія	138
<b>Розділ 4: Проектування інформаційних систем та програмних комплексів</b>	142
1. SOFTWARE COMPLEX FOR INDEPENDENT STATE OF HEALTH (SOH) ASSESSMENT OF LAPTOP BATTERIES WITHOUT SPECIALIZED HARDWARE <i>Oleksii Balenko, Maksym Glavchev, Pavlo Naumenko</i> National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"	142
2. A GENERALIZED TRANSPILER ARCHITECTURE FOR LANGUAGES TARGETING GO. <i>Forkert P. P., Ivanchenko M. G.</i> Oles Honchar Dnipro National University	143
3. COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF RAM COMPRESSION ALGORITHMS (LZ4, ZSTD, LZO) FOR RESOURCE-CONSTRAINED SYSTEMS <i>Maksym Glavchev, Yuliia Hlavcheva, Yaroslav Shkunov.</i> National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"	145
4. DATABASE INTEGRATION WITH CLOUD PLATFORMS. Romaniuk O.N. <sup>1</sup> , Titova N.V. <sup>2</sup> , Romaniuk S.O. <sup>2</sup> , Romanyuk O.V. <sup>1</sup> <sup>1</sup> Vinnitsia National Technical University, <sup>2</sup> National University "Odessa Polytechnic"	147
5. ПРИНЦИПИ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ ПРИ АДАПТИВНОМУ ВИБОРІ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ <i>Артамонов Є.Б., Кухар Є.І., Радченко К.М.</i> Національний Університет «Київський Авіаційний Інститут»	149
6. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОШУКУ ЗОБРАЖЕНЬ ТОВАРІВ В ІНТЕРНЕТІ З ЇХ ПОДАЛЬШОЮ ОБРОБКОЮ. <i>Барташевич М. С., Швець Н.В.</i> ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій Одеського національного технологічного університету»	151
7. ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМАМИ БУДІВЕЛІ. <i>Березовський Ю. Л., Середюк О. Є.</i> Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.	153
8. ІНФОРМАЦІЙНА УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА «БЛОГ МАНДРІВНИКА». <i>Вавринюк О. В., Селіванова А. В.</i> Одеський національний технологічний університет	155
9. АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ АРХІТЕКТУРНИХ ОБМЕЖЕНЬ У МОДУЛЬНИХ МОНОЛІТНИХ СИСТЕМАХ. <i>Васянович О.А., Концидайло А.М.</i> Державний університет «Житомирська політехніка»	158
10. РОЗРОБКА ЛІТЕРАТУРНИХ ВЕБ-РЕСУРСІВ. <i>Волотко Д.Н., Корнієнко Ю.К.</i> Одеський національний технологічний університет	160

11. ІНФОРМАЦІЙНО ДОВІДКОВА СИСТЕМА «ПРОФЕСІЇ ОНТУ» <i>Григор'єв Д.С., Шликов В.О., Снігур Т.С.</i> Одеський національний технологічний університет	161
12. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОБУДОВИ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПОСЛІДОВНОЇ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ. <i>Давидкін М.І., Качур Р.Р</i> НУ «Львівська політехніка», ІПМТ	162
13. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ. <i>Карлінський В.Ю., Булгакова О.С.</i> Одеський національний технологічний університет	165
14. РОЗРОБКА ВЕБ ДОДАТКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ. <i>Карчевський В.Д., Сурков К.Ю.</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті	167
15. АНАЛІЗ РОЗРОБКИ WEB-САЙТУ ДЛЯ КОМПАНІЇ «DІJET» З ДРУКУ НА ТКАНИНІ ТА ОДЯЗІ. <i>Кічук С. С., Корнієнко Ю.К.</i> Одеський національний технологічний університет	169
16. РОЗРОБКА УНІФІКОВАНОГО ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ. <i>Денисенко В.В.</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті	170
17. СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ ВІДВІДУВАЧІВ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНІВ НА ПРИКЛАДІ МАГАЗИНУ З ПРОДАЖУ ХУДОЖНЬОЇ ЛІТЕРАТУРИ. <i>Котлик С.В., Соколова О.П., Чередніченко В.С.</i> Одеський національний технологічний університет	171
18. РОЗРОБКА ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ «ПЕРСОНАЛЬНИЙ ОРГАНАЙЗЕР» ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ОСОБИСТИМИ ЗАВДАННЯМИ. <i>Кульов Д.С., Булгакова О.С., Сакалюк О.Ю.</i> Одеський національний технологічний університет	173
19. АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЗБУТОМ ПРОДУКЦІЇ СКЛЯНОГО ВИРОБНИЦТВА. <i>Курін Д.Д.</i> Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна	175
20. ОБҐРУНТУВАННЯ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ ANDROID-ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОФЛАЙН-ТРАНСКРИБАЦІЇ АУДІОФАЙЛІВ <i>Ліщинський А.С. , Кательніков Д.І.</i> Вінницький національний технічний університет	177
21. АНАЛІЗ РОЗРОБКИ WEB-САЙТУ ДЛЯ РЕСТОРАННОГО КОМПЛЕКСУ З МЕТОЮ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЙНО-ОЗДОРОВЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ КУОРТУ «КУЯЛЬНИК» У М. ОДЕСА. <i>Лукашук Д.К. , Корнієнко Ю.К.</i> Одеський національний технологічний університет	179
22. РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ШЛЮЗУ ДЛЯ ДИНАМІЧНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ КОНТЕНТУ В СИСТЕМАХ WEB-TO-PRINT. <i>Малець І. В.</i> Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «ЛП»	180
23. ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ З ІНТЕГРОВАНИМ МОДУЛЕМ РОЗВИВАЛЬНИХ ІГОР. <i>Мераджи М.В.</i>	182

ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій» ОНТУ.	
24. ІНФОРМАЦІЙНА УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА ДЛЯ ДРЕСИРУВАЛЬНИКА ТВАРИН. <i>Мишенькін О.С., Селіванова А.В.</i> Одеський національний технологічний університет	184
25. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО МОНИТОРИНГУ SDLC НА ОСНОВІ ДАНИХ GITHUB. <i>Моргун І.В.</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті	187
26. КАТЕГОРИЗАЦІЯ ЗАСОБІВ ДОСТУПУ ДО КОМУНІКАЦІЙНИХ СЕРВІСІВ ПУБЛІКАЦІЙНИХ ПЛАТФОРМ. <i>Мороз Роман.</i> Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «ЛП»	188
27. ВЕБ-СЕРВІС ДЛЯ ПОБУДОВИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕАЛОГІЧНОГО ДЕРЕВА. <i>Мошняга А.В.,</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті	190
28. МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ВИМОГ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ЦЕНТРУ. <i>Новенко О. Р.</i> Київський національний університет імені Тараса Шевченка	191
29. ЗАСТОСУВАННЯ ПОРОДЖУЮЧИХ ПАТЕРНІВ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ СИСТЕМИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ. <i>Новенко О. Р.</i> Київський національний університет імені Тараса Шевченка	193
30. СИНЕРГІЯ ПРИРОДНИЧИХ НАУК І ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФОРМУВАННІ СУЧАСНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ. <i>Ореховська Н. О., Леонідова А. О.</i> ВСП «Одеський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного університету «Одеська політехніка»	195
31. ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК НЕВІД'ЄМНИЙ ЕТАП РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ. <i>Писаренко А.Р.</i> Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна	197
32. РОЗРОБКА МОДУЛЬНОЇ ERP-СИСТЕМИ. <i>Продан К.П., Болтач С.В.</i> Одеський національний технологічний університет	198
33. АРХІТЕКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ПЛІС. <i>Романюк О.Н.<sup>1</sup>, Майданюк В.П.<sup>1</sup>, Романюк С.О.<sup>2</sup>, Костенко А.В.<sup>1</sup></i> <sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет, <sup>2</sup> Національний університет «Одеська політехніка»	199
34. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВАРТОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ. <i>Савка Н. Я., Соломчак М.О., Горян В. Ю.</i> Західноукраїнський національний університет	201
35. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФРЕЙМВОРКІВ JAVA SPRING ТА JAVA QUARKUS. <i>Сороколін В.І.</i> Вінницький національний технічний університет	203
36. УТОЧНЕННЯ ЕТАПІВ ОПРАЦЮВАННЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ЗАМОВЛЕННЯ ПРИ ІНТЕГРУВАННІ СЕРВІСІВ WEB-TO-PRINT. <i>Стрілецький Є. А.</i> Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «ЛП»	205

37. МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ КРОСПЛАТФОРМНОГО ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ. <i>Таволжан Д.О.</i> Київський національний університет імені Тараса Шевченка.	207
38. АНАЛІЗ РОЗРОБКИ WEB-САЙТУ «МУЗИЧНА ІСТОРІЯ ОДЕСИ: ВІД КЛАСИКИ ДО ДЖАЗУ». <i>Тихонов О.С., Корнієнко Ю.К.</i> Одеський національний технологічний університет	209
39. BIG DATA ЯК РУШІЙ НОВОЇ ЕКОНОМІКИ: ЯК ВЕЛИКІ ДАНІ ПРОГНОЗУЮТЬ МАЙБУТНЄ. <i>Тройніна А. С.</i> НУ «Одеська політехніка»	211
40. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КРОС-ПЛАТФОРМНИХ ФРЕЙМВОРКІВ В УМОВАХ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ FULL-STACK РОЗРОБКИ. <i>Черепанов Ю.Д., Булгакова О.С.</i> Одеський національний технологічний університет	213
41. КРОСПЛАТФОРМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ФІТНЕС-ТРЕНЕРІВ. <i>Чикунів П.О.<sup>1</sup>, Бондарева А.О.<sup>2</sup></i> <sup>1</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, <sup>2</sup> Національний університет «Одеська юридична академія»	214
42. КРОСПЛАТФОРМНИЙ СТАРТОВИЙ ТАЙМЕР З BLUETOOTH-СИНХРОНІЗАЦІЄЮ. <i>Чикунів П.О.<sup>1</sup>, Заманова К.М.<sup>2</sup></i> <sup>1</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, <sup>2</sup> Національний університет «Одеська юридична академія»	216
43. ПОРІВНЯННЯ СТРАТЕГІЙ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ОФЛАЙН-РЕЖИМУ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ. <i>Шевченко Ю.О.</i> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна	219
44. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАВЧАННЯ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ У ВИГЛЯДІ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ. <i>Яровенко Д. О., Селіванова А. В.</i> Одеський національний технологічний університет	221
<b>Розділ 5: Комп'ютерні телекомунікаційні мережі та технології</b>	223
1. АНАЛІЗ КВАНТОВОГО КОМП'ЮТЕРА. <i>Артемчук Д.О., Рибалов Б.О.</i> Одеський Національний Технологічний Університет	223
2. 5G ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МАЙБУТНЬОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ. <i>Гончарук Д.О.</i> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна	224
3. МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ ТЕХНОЛОГІЇ 6G. <i>Заїченко Ю.П.</i> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна	226
4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА НАЛАШТУВАННЯ МЕРЕЖНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ В ОС WINDOWS. <i>Зіборов Н.В., Кательніков Д.І.</i> Вінницький національний технічний університет	227
5. ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ <i>Митрофанов О.Р., Сіренко О.І.</i>	229

Одеський національний технологічний університет.	
6. КОНТЕНТНО-ЗАЛЕЖНИЙ ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ БІТОВОГО ПОТОКУ У ВІДЕОСЕРВІСАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ. <i>Сорокун А.Д.</i> Державний університет інформаційно-телекомунікаційних технологій	231
7. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ РОЗУМНОГО ДОМУ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ПРІОРИТИЗАЦІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ІОТ <i>Черкасов Б.А., Ненов О.Л.</i> Одеський національний технологічний університет	233
<b>Розділ 6: Штучний інтелект і автоматизація робототехнічних систем</b>	236
1. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПРОЄКТУВАННІ ІНТЕРФЕЙСІВ. ВІД ПРОСТОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ДО РОЗУМНОЇ АДАПТАЦІЇ ТА АНАЛІТИКИ. <i>Болтач С.В., Жук Є.М.</i> Одеський національний технологічний університет	236
2. ОПТИМІЗАЦІЯ КОНТЕНТНО-ОРІЄНТОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗАСОБАМИ ВЕКТОРНИХ РОЗШИРЕНЬ РЕЛЯЦІЙНИХ БД. <i>Васянович О.А., Нерода С.І.</i> Державний університет «Житомирська політехніка»	237
3. ГІБРИДНІ ПІДХОДИ В РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ: АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОСДНАННЯ КОНТЕНТНОЇ ТА КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ. <i>Воробйов В.С.</i> Київський національний університет імені Тараса Шевченка	239
4. РОЗРОБКА ТА ІНТЕГРАЦІЯ ЧАТ-БОТА НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВЕБ-ЗАСТОСУНКАХ. <i>Дильова М.Є., Болтач С.В.</i> Одеський національний технологічний університет	241
5. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ НА БАЗІ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ. <i>Зінін М.Ю., Извалов О.В.</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті	243
6. РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМ РОЗСАДКИ З АВТОМАТИЧНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТА АІ-ПІДТРИМКОЮ. <i>Литвин А.Д., Сурков К.Ю.</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті.	244
7. РОЛЬ БЕЗПЛОТНИХ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У ФОРМУВАННІ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ ПОЛІЦЕЙСЬКИХ. <i>Лунгол О.М.</i> Донецький державний університет внутрішніх справ	246
8. ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У МЕДИЧНИХ СИГНАЛАХ НА ОСНОВІ АВТОЕНКОДЕРІВ ТА ПОЯСНЮВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДТРИМКИ КЛІНІЧНИХ РІШЕНЬ. <i>Москаленко А.С., Москаленко В.В., Мамонтов Є.О.</i> Сумський державний університет	247
9. ВИКОРИСТАННЯ АІ-АГЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ У SOFTWARE DEVELOPMENT LIFE CYCLE. <i>Омельницький А., Фесенко Т.Г.</i> Харківський національний університет радіоелектроніки	249
10. АІ-ЧАТБОТИ У СФЕРІ ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я: ВІД ПЕРСПЕКТИВ МАСШТАБУВАННЯ ДО ПРОБЛЕМ КЛІНІЧНОЇ ВАЛІДАЦІЇ <i>Попілевич О.О., Науменко С.В.</i>	251

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького	
11. ІІІ АСИСТЕНТ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЗУСТРІЧЕЙ І КОМУНІКАЦІЇ З БІЗНЕС КЛІЄНТАМИ. <i>Прокопенко Р.О.</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті	253
12. МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ МІСЬКИХ СЦЕН НА ОСНОВІ 3W-ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА НЕЧІТКИХ ПРАВИЛ. <i>Прус Б.В., Ракитянська Г.Б.</i> Вінницький національний технічний університет, Україна	254
13. ПРОГРАМНА СИСТЕМА ВІЗУАЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ РОБОТИЗОВАНОГО МАНІПУЛЯТОРА. <i>Романов І.О., Свинчук О.В.</i> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	256
14. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ МАЙБУТНЄ ТЕХНОЛОГІЙ: ЯК ІІІ ТРАНСФОРМУЄ СВІТОВІ ІНДУСТРІЇ ТА СФЕРУ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ. <i>Селіванова А. В.</i> Одеський національний технологічний університет.	258
15. АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕМІЩЕННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ ДЕКАРТОВИМ РОБОТОМ <i>Станков А.М.</i> Одеський національний технологічний університет.	260
16. АРХІТЕКТУРНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ. <i>Трач О.Р.</i> Одеський національний технологічний університет	262
17. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОСІВІВ: ВИКЛИКИ ТА СУЧАСНІ РІШЕННЯ. <i>Фуркало Д.Ю.</i> Київський національний університет імені Тараса Шевченка	263
<b>Розділ 7: Комп'ютерні ігри і WEB-дизайн</b>	
1. ЕВОЛЮЦІЯ ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ: ВІД АРКАДНИХ АВТОМАТІВ ДО ХМАРНОГО ГЕЙМІНГУ. <i>Антонов З.С.</i> ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій» ОНТУ	265
2. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІМЕРСИВНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ НА КОРИСТУВАЦЬКИЙ ДОСВІД У СУЧАСНИХ WEB3-ДОДАТКАХ. <i>Бабенко А.Ю.</i> Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна	267
3. ВИКОРИСТАННЯ FIREBASE ЯК ХМАРНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІГОР В UNITY <i>Давидов А.Г., Булгакова О.С.</i> Одеський національний технологічний університет	268
4. РОЗРОБКА WEBЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ПЕРЕГЛЯДУ ТА РЕДАГУВАННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. <i>Євлахович І.В., Ізвалов О.В.</i> Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті	270
5. ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ШУМУ ПЕРЛІНА ДО ГЕНЕРАЦІЇ ІГРОВОГО СЕРЕДОВИЩА У ПІКСЕЛЬНИХ ІГРАХ. <i>Жажин Д.О., Жуковецька С.Л.</i> Одеський національний технологічний університет	272

6. ЕМЕРДЖЕНТНИЙ ГЕЙМПЛЕЙ: СИСТЕМНИЙ ДИЗАЙН ЯК ІНСТРУМЕНТ ГЕНЕРАЦІЇ НЕСКРИПТОВАНИХ ІГРОВИХ СИТУАЦІЙ. <i>Логінов Д. О.</i> Одеський національний технологічний університет	273
7. ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ ДО СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ У ПІКСЕЛЬНИХ ІГРАХ. <i>Сиргій П.А., Жуковецька С.Л.</i> Одеський національний технологічний університет	275
8. ЦИФРОВИЙ СКУЛЬПТИНГ У ГЕЙМДЕВІ: ЕВОЛЮЦІЯ СТВОРЕННЯ ПЕРСОНАЖІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ ВІДЕОІГОР. <i>Сіденко А.Ю., Проценко Н.М.</i> Державний біотехнологічний університет	277
9. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ UX-ПАТЕРНІВ У СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ІНТЕРФЕЙСАХ. <i>Шевчук В.С.</i> Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій	279
10. ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ UX/UI ДИЗАЙНУ У WEB-ДОДАТКАХ. <i>Янчев Д.І., Котлик С. В.</i> Одеський національний технологічний університет	281
<b>Розділ 8: Інформаційні технології у медицині</b>	284
1. USING ROC CURVES FOR THE VALIDATION OF CLASSIFICATION MODELS. <i>Marushchak K., Kozbur H.</i> Ternopil Ivan Puluj National Technical University	284
2. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ. <i>Гітис В.Б., Білозерова О.В.</i> Донбаська державна машинобудівна академія	286
3. БАР'ЄРИ ТА РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ІТ В УПРАВЛІННІ ЗАКЛАДАМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я. <i>Половян Н.С.</i> Донецький національний медичний університет	288
4. ВІРТУАЛЬНІ СИМУЛЯЦІЇ ХІРУРГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ. <i>Романюк О.Н.<sup>1</sup>, Тітова Н.В.<sup>2</sup>, Павлов С.В.<sup>1</sup>, Романюк С.О.</i> <sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет, <sup>2</sup> Національний університет «Одеська політехніка»	290
<b>Розділ 9: 3D моделювання та 3D друк</b>	292
1. РОЛЬ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ В РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ БУДІВЕЛЬ <i>Гайдайчук А.Ю., Болтач С.В.</i> Одеський національний технологічний університет	292
2. ТОПОЛОГІЯ 3D-МОДЕЛЕЙ: ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ ВІДТВОРЕННЯ <i>Котлик С.В., Кірієнко О.О.</i> Одеський національний технологічний університет	294
3. ЦИФРОВА РЕКОНСТРУКЦІЯ АРХІТЕКТУРНИХ ДЕКОРАТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МІСТА ОДЕСИ ЗАСОБАМИ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗБЕРЕЖЕННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ. <i>Котлик С.В., Соколова О.П., Столяр В.О.</i> Одеський національний технологічний університет.	296
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕАЛІЗАЦІЇ 3D ВЕРСІЇ ПЛАТФОРМЕРНОЇ ГРИ У ІГРОВОМУ РУШІІ UNITY <i>Паша Д.О., Ломовцев П.Б., Болтач С.В.</i>	298

Одеський національний технологічний університет.	
5. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ НЕФОТОРЕАЛІСТИЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У СЕРЕДОВИЩІ BLENDER: ФОРМУВАННЯ НАБОРУ ТЕСТОВИХ СЦЕН. <i>Романенко К.Є., Ломовцев П.Б., Болтач С.В.</i> Одеський національний технологічний університет	299
6. МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО РЕАЛІЗМУ У ТРИВИМІРНИХ СЦЕНАХ БЕЗ ЗБІЛЬШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОЛІГОНІВ <i>Романюк О.Н.<sup>1</sup>, Майданюк В.П.<sup>1</sup>, Романюк С.О.<sup>2</sup>, Новосельцев О.О.<sup>1</sup></i> <sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет, <sup>2</sup> Національний університет «Одеська політехніка».	301
7. ПАРАМЕТРИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ ВИРОБІВ В АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ <i>Шиб Микола.</i> Інститут поліграфії та медійних технологій Національного університету «Львівська політехніка»	303
8. МОДЕЛЮВАННЯ СТИЛІЗОВАНОЇ ЗД-СЦЕНИ У СЕРЕДОВИЩІ BLENDER <i>Шпарута А.А., Болтач С.В.</i> Одеський національний технологічний університет.	305

**Список  
організацій, представники яких взяли участь у роботі конференції**

1	ВСП «Одеський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного університету
2	Вінницький національний технічний університет
3	ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного
4	ВСП «Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І.Мечникова»
5	ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій
6	ВСП Одеський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного університету
7	Державний біотехнологічний університет
8	Державний торговельно-економічний університет
9	Державний університет «Житомирська політехніка»
10	Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
11	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
12	Донбаська державна машинобудівна академія
13	Донецький державний університет внутрішніх справ
14	Донецький національний медичний університет
15	Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті
16	Західноукраїнський національний університет
17	Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
18	Інститут поліграфії та медійних технологій Національного університету «Львівська
19	Інститут поліграфії та медійних технологій Національного університету «Львівська
20	Київський національний університет імені Тараса Шевченка
21	Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
22	Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх
23	Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
24	Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
25	Національний університет "Київський авіаційний інститут"
26	Національний університет "Львівська політехніка"
27	Національний університет «Одеська політехніка»
28	Національний університет "Одеська юридична академія"
29	Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
30	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
31	Одеський національний технологічний університет
32	Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського
33	Сумський державний університет
34	Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
35	Фаховий коледж Одеського національного університету імені Мечникова Мечникова,
36	Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій ОНТУ
37	Харківська гуманітарно-педагогічна академія
38	Харківський національний економічний університет ім. С.Кузнеця
39	Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

*Матеріали конференції «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій»*

40	Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
41	Харківський національний університет радіоелектроніки
42	Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова
43	Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
44	Чорноморський національний університет ім. Петра Могили
45	ST-Robotics
46	Sembly AI

## Розділ 1

# Математичне і комп'ютерне моделювання складних процесів

UDC 004

### MODELING OF DEVIATIONS IN THE OPERATION OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS BASED ON SENSOR MEASUREMENTS

KRAVCHENKO P. K.

(kravchenko.p@chmnu.edu.ua)

Petro Mohyla Black Sea National University

*Cyber-physical systems (CPS) are an important element of modern technologies, particularly in the context of the development of Industry 4.0. Their effectiveness largely depends on the accuracy of sensor data, based on which the analysis of the state of objects and decision-making are carried out. However, in real operating conditions, the data received from sensors may contain errors, noise and deviations that affect the correct functioning of the system.*

**Problem statement and relevance.** Modern CPS are a key component of intelligent technologies of Industry 4.0 and are widely used in manufacturing, robotics, transport and monitoring processes, where they ensure the integration of physical objects with digital computing environments.

The effectiveness of such systems directly depends on the accuracy and reliability of sensor measurements, which serve as the basis for further data processing, analysis of the state of objects and the formation of control effects in real time. At the same time, in real operating conditions, sensor data is affected by numerous factors, including hardware limitations of measuring devices, electromagnetic interference, changes in environmental parameters, data transmission delays in networks or random noise, etc., which lead to errors and systematic deviations.

Distortion of information complicates the decision-making process, can cause incorrect interpretation of the state of the controlled object and reduce the overall reliability and adaptability of the CPS. Considering these factors, the task of researching and modeling deviations in the operation of the CPS based on real measurements becomes particularly relevant, which allows considering the uncertainty of sensor data, increasing the accuracy of their processing, and ensuring the stability of the systems' functioning in dynamic operating conditions.

**The purpose and objectives of the research.** The purpose of the work is to model deviations in the operation of a CPS based on real sensor data and assess their impact on the behavior of the system. In the context of the task of modeling deviations when working with a CPS, the following are:

- analysis of the features of sensor data in CPS;
- formalization of the concept of measurement deviation;
- development of a mathematical model for estimating deviations;
- application of statistical data processing methods;
- implementation of classification of system states based on the results obtained.

The implementation of these tasks will allow to form a holistic approach to the analysis and interpretation of information obtained from sensors under conditions of uncertainty, which is characteristic of the conditions of operation of the CPS. The proposed approach is based on mathematical modeling and statistical processing of experimental data.

**Summary of the research.** In this research, the CPS uses ultrasonic sensors HC-SR04 to measure distances to objects in a real environment. A feature of the system is continuous data collection and their further processing to form control decisions. The input data is presented in the form of a discrete sequence of distance measurements obtained during the experiment, which may contain random and systematic errors.

To assess the accuracy of measurements, an absolute deviation indicator (1) was introduced:

$$\Delta x = |x_{means} - x_{ref}|, \quad (1)$$

where  $x_{means}$  – reference value,

$x_{ref}$  – the actual value that was measured.

This indicator allows us to determine the magnitude of the discrepancy between the actual and expected values. Next, to compare the deviations in relative values, the percentage deviation (2) is used:

$$\delta = \frac{|x_{means} - x_{ref}|}{x_{ref}} \times 100 \%, \quad (2)$$

which allows to normalize the results and carry out their generalized analysis.

To reduce the influence of random noise, averaging of the measurement sample (3) was applied:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3)$$

where  $n$  – number of measurements in the sample.

To assess the degree of dispersion of measurements and analyze the stability of sensor operation, dispersion (4):

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (4)$$

which characterizes the level of variability of data relative to the average value. With an increased value of variance, it is possible to detect instability of sensor measurements due to the influence of external factors.

Based on the obtained values of absolute and relative deviations, an algorithm for classifying system states according to the threshold principle is implemented. Depending on the magnitude of the deviation, the following operating modes are determined: normal (deviations within the permissible level), permissible (moderate deviations that do not critically affect the operation of the system) and critical (significant deviations that indicate the presence of anomalies or defects). This approach allows not only to assess the current state of the system, but also to promptly detect violations caused by both physical changes in the environment (obstacles, deformations), and instability or incorrect operation of sensors.

**Conclusions.** As a result of the research, an approach to modeling deviations in the operation of the CPS based on sensor measurements was developed. In the course of the work, the features of sensor data operating under uncertainty were analyzed, and the main factors influencing the occurrence of errors and instabilities in measurements were identified. A mathematical model for evaluating deviations was proposed, which includes determining absolute and relative deviations, as well as the use of statistical characteristics, in particular the mean value and variance, to analyze data stability.

## REFERENCES

- [1] K. T. Chui, B. B. Gupta, J. Liu, V. Arya, N. Nedjah, A. Almomani, P. A. Chaurasia, “A Survey of Internet of Things and Cyber-Physical Systems: Standards, Algorithms, Applications, Security, Challenges, and Future Directions” *Information*, vol. 14, no. 7, p. 388, Jul. 2023. DOI: 10.3390/info14070388.
- [2] H. H. Beyel, O. Makke, M. Pourbafrani, O. Gusikhin, and W. M. P. van der Aalst, “Analyzing Data Streams from Cyber-Physical-Systems: A Case Study” *SN Computer Science*, vol. 5, no. 6, Jul. 2024. DOI: 10.1007/s42979-024-03008-8.

## **METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DIGITAL MATURITY ASSESSMENT IN THE CONTEXT OF ENTERPRISE AUTOMATION**

ZADRYKIN S., MAZEPA A.

(serhii.zadrykin@nure.ua, a.mazepa@nure.ua)

Kharkiv National University of Radio Electronics

*This paper examines the methodological foundations of digital maturity assessment within enterprise automation, focusing on a verifiable, evidence-based evaluation model. The study develops a six-domain framework with a five-level maturity scale and introduces a Documentary Confirmation Coefficient to reduce subjectivity in self-assessment by integrating documentary artefacts into the scoring algorithm*

**Keywords: DIGITAL MATURITY, ENTERPRISE AUTOMATION, EVIDENCE-BASED ASSESSMENT, PROCESS STANDARDISATION, DIGITAL TRANSFORMATION, MATURITY MODEL**

The critical challenge in modern digital transformation is the high failure rate of automation initiatives implemented without preliminary process standardization. Research indicates that chaotic technology adoption without structured business processes results in significant economic losses, whereas systematic approaches yield 20–40% higher profitability [1]. The central research problem is the lack of verifiable, objective mechanisms for assessing organizational digital readiness that minimize the subjectivity inherent in traditional self-assessment methods.

The study addresses four key objectives: (1) analyzing contemporary international maturity models (CMMI, Deloitte, BCG, Gartner) to identify methodological gaps; (2) investigating the dialectical relationship between process maturity and automation potential; (3) developing a six-domain assessment framework with a five-level maturity scale (0–4); (4) formulating an evidence-based verification mechanism integrating documentary artefacts into quantitative scoring.

The theoretical framework relies on a six-domain model encompassing: vision and strategy; governance and organizational structure; processes and data; products and customers; digital culture and human capital; and infrastructure and technologies. Each domain is operationalized through indicators evaluated on a five-level scale, where Level 0 indicates the absence of formalized practices and Level 4 represents predictive, AI-enabled management. This approach corresponds to Deloitte Digital Maturity Model methodology while introducing cross-domain consistency mechanisms to prevent local optimization.

The methodological novelty lies in the implementation of an evidence-based assessment approach. Unlike traditional survey methods, the proposed system implements a principle whereby "the system automatically adjusts questionnaire responses based on uploaded documentation" such as BPMN diagrams, n8n workflow schemes, and SOP regulations [2]. The Documentary Confirmation Coefficient  $K_d$  is calculated as:

$$K_d = N_d / N_t$$

where  $N_d$  represents indicators confirmed by artefacts and  $N_t$  denotes total declared indicators. The final domain maturity index is computed as:

$$M_d = \left( \sum W_i \cdot L_i / \sum W_i \right).$$

where  $L_i$  is the maturity level per indicator and  $W_i$  represents indicator weight.

This mechanism reduces self-assessment bias and enhances the reproducibility of results.

Empirical analysis confirms the dialectical interrelationship between process maturity and automation capability: "Maturity  $\rightarrow$  automation capability. Automation = maturity accelerator, but not its source" [3]. Low maturity renders automation ineffective and non-scalable, whereas high maturity multiplies the impact of digital tools. This finding aligns with BCG Digital Acceleration Index data showing 30–50% higher operational efficiency for companies investing in process standardization prior to automation [4].

The research demonstrates that digital transformation should be viewed as a manageable system rather than fragmented initiatives. The proposed methodology enables: (1) prioritizing automation based on process readiness; (2) reducing risks of ineffective digital investments; (3) forming transformation roadmaps grounded in measurable indicators; (4) conducting dynamic progress monitoring. Implementing EAAF principles transforms audit from a control function into a strategic management tool, allowing identification of risks and documentation gaps before large-scale automation begins. The framework provides a scientific basis for transitioning from spontaneous digitalization to engineering-based management of organizational change, aligning with the OECD Digital Maturity Principles on systematic approaches to digital transformation [5].

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. McKinsey & Company. Digital Transformation: From Strategy to Executio. — McKinsey Digital, 2022. — URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights> (дата звернення: 01.03.2024).
2. Мерзлов І. Ю. Методи оцінки цифрової зрілості: огляд міжнародної практики // Цифрова економіка. — 2021. — № 3. — С. 45–62.
3. MIT Center for Information Systems Research. Digital Maturity and Organizational Performance. — Cambridge : MIT CISR, 2020. — URL: <https://c isr.m it.edu/publications/digital-maturity> (дата звернення: 01.03.2024).
4. Boston Consulting Group. Digital Acceleration Index: Methodology and Insights [Електронний ресурс]. — Boston : BCG Publications, 2021. — URL: <https://www.bcg.com/publications/digital-acceleration-index> (дата звернення: 01.03.2024).
5. OECD. Digital Maturity Principles for Organizational Development . — Paris : OECD Publishing, 2022. — URL: <https://www.oecd.org/digital/digital-maturity-principles> (дата звернення: 01.03.2024).

## ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ВОДИ У СИРІ ПІД ЧАС ЙОГО ДОЗРІВАННЯ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИПАРОВУВАННЯ ВОЛОГИ

АВДЄЄВ Д. С.  
(ads15971@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*Розглянуто методи оцінки активності води у сирі під час його дозрівання. Визначено недоліки лабораторних методів – періодичність вимірювання та відбір зразків від продукту, що порушує його цілісність. Проаналізовано підходи до неперервного розрахунку активності води безпосередньо в продукті та шляхи їх технічної реалізації для задач автоматичного керування технологічним процесом.*

Активність води ( $a_w$ ) є одним із найважливіших показників, що визначає перебіг хіміко-біологічних процесів під час дозрівання сирів. Вона характеризує доступність вологи для розвитку мікроорганізмів та впливає на стабільність продукту, його текстуру, смак і аромат. Зниження  $a_w$  нижче певних порогових значень пригнічує ріст небажаної мікрофлори, тоді як підтримання оптимального рівня є необхідним для розвитку корисної мікрофлори, яка формує органолептичні властивості сиру. Тому безперервний контроль активності води безпосередньо в камері дозрівання є актуальною задачею автоматичного керування процесом дозрівання сирів.

У лабораторній практиці для вимірювання  $a_w$  використовуються переважно методи, засновані на принципі «точки роси» або електролітичні гігрометри. Ці методи забезпечують високу точність ( $\pm 0,003-0,005$ ), однак їх недоліком є те, що вони потребують відбору зразків продукту (відрізання невеликих шматочків сиру), що порушує цілісність виробу. Крім того, такі вимірювання проводяться періодично (наприклад, раз на кілька днів), що не дозволяє відстежувати динаміку зміни  $a_w$  у реальному часі та оперативно коригувати режими дозрівання. Це особливо критично на початкових етапах дозрівання, коли швидкість зміни  $a_w$  є максимальною.

В рамках аспірантського дослідження активність води пропонується обчислювати в реальному часі в самому продукті за допомогою рівнянь тепло- та масообміну. Вихідною величиною в залежності від способу обчислення є щільність ( $j$ ) [ $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ] або масовий потік ( $u$ ) [ $\text{кг}/\text{с}$ ] випаровування води, які визначають масу води, що випаровується з поверхні продукту за одиницю часу, тобто інтенсивність втрати вологи продуктом. Існує кілька підходів до їх визначення.

Перший підхід полягає у психрометричному принципі за допомогою різниці температур поверхні продукту при випаровуванні з нього вологи та цієї ж поверхні, якби випаровування було відсутнє. На основі даної різниці знаходиться тепловий потік ( $q$ ), який відбирається при випаровуванні, а щільність випаровування ( $j$ ) є відношенням цього теплового потоку до питомої теплоти пароутворення води:

$$j = q/L_v = h \cdot \Delta T / L_v$$

де  $h$  – коефіцієнт тепловіддачі;

$L_v$  – питома теплота пароутворення води.

Загальна концепція технічної реалізації такого підходу наведена в [1]. Недоліком цього способу є можливий радіаційний обмін інфрачервоним випромінюванням між сиром і стінами камери дозрівання. Це додатковий канал тепла, який не враховується простою конвективно-випаровувальною моделлю. Також при високій відносній вологості ( $>90\%$ ) та низькій швидкості повітря ( $<0,1$  м/с) теплообмін є досить повільним, що робить різницю температур надзвичайно малою для отримання точних даних щодо розрахунку активності води.

Інший підхід, запропонований групою французьких дослідників [2, 3], передбачає

використання малого герметичного осередку (мікробіореактора), в якому розміщується один сир. Через осередок з відомою швидкістю продувається повітря з контрольованими температурою та відносною вологістю. Масовий потік випаровування води ( $u$ ) обчислюється шляхом вимірювання різниці вологовмісту повітря на вході та виході з осередку:

$$u = F_m \cdot (d_2 - d_1)$$

де  $F_m$  – масові витрати повітря через осередок;

$d_1, d_2$  – вологовміст повітря на вході та виході осередку відповідно.

Даний метод обчислення підходить лише для одного або групи сирних продуктів та не може мати загальне використання для всієї камери дозрівання, що пов'язано із значною просторовою неоднорідністю реальних промислових камер. А створення окремих вимірювальних комірок для кожної групи сирів ускладнює технічну реалізацію системи.

Найпростіший спосіб – безперервне зважування випадкового сирного продукту на електронних вагах з тензометричним датчиком з високою точністю. Зміна ваги ( $\Delta m/\Delta t$ ) дасть прямий вимір масового потоку  $u$ . Рівняння активності води за цим масовим потоком має наступний вигляд:

$$\alpha_w = \frac{P_{\text{пов}} \cdot W + u / (k \cdot S)}{P_n}$$

де  $P_{\text{пов}}$  – парціальний тиск насиченої водяної пари при температурі повітря;

$W$  – відносна вологість повітря;

$k$  – масовий коефіцієнт переносу;

$S$  – площа поверхні сиру;

$P_n$  – парціальний тиск насиченої водяної пари при температурі поверхні.

Замість парціального тиску можна також використовувати густину ( $\rho$ ) насиченої водяної пари. Значення обох величин в залежності від температури знаходяться за відповідними таблицями.

Для спрощеного розрахунку масового коефіцієнту переносу  $k$  можна скористатися аналогією Чілтона–Колберна:

$$k = h / (\rho_{\text{пов}} \cdot c_{\text{пов}} \cdot (Pr/Sc)^{2/3}) = h / (\rho_{\text{пов}} \cdot c_{\text{пов}} \cdot 0,95)$$

$\rho_{\text{пов}}$  – густина повітря;

$c_{\text{пов}}$  – теплоємність повітря;

$Pr$  – число Прандтля;

$Sc$  – число Шмідта.

Таким чином, безперервне зважування є найбільш зручним методом, точність якого не залежить від зовнішніх умов. Його використання в системі автоматичного керування дозволить оперативно коригувати умови дозрівання, що відкриває можливість підвищення якості готової продукції.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдєєв Д. С. До питання автоматичного керування процесом дозрівання сирів / Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2025», Одеса, 30 – 31 жовтня 2025 р. – Одеса: Видавництво ОНТУ, 2025. – С. 376–378.
2. Le Page J.F., Mirade P.S., Daudin J.D. (2010). Development of a device and method for the time-course estimation of low water fluxes and mean surface water activity of food products during ripening and storage. Food Research International, 43, 1180-1186.
3. Le Page J.F., Dachraoui D., Daudin J.D., Mirade P.S. (2012). Time-course estimation of evaporated water fluxes together with mean surface water activity in uncooked pressed cheeses during ripening using a purpose-built micro-bioreactor. International Dairy Journal, 22, 66-72.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛІВ ОБЕРТОВИХ КРАПЕЛЬ В LABVIEW

БІЛІЩУК В. Б., ЮРЕЧКО І. Д.,  
(viktor.bilishchuk@nung.edu.ua),

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*У роботі розглянуто застосування числових методів для розв'язування прикладних математичних задач із використанням середовища LabVIEW. Досліджено можливість створення прикладних програм на прикладі числового інтегрування методом Рунге–Кутти 4-го порядку для розв'язку рівнянь обертової краплі. Показано переваги графічного програмування для наочної та ефективної реалізації обчислювальних алгоритмів.*

Різноманітні числові методи використовують для наближеного або точного розв'язування задач прикладної математики. З їх допомогою розв'язують багато різних задач, наприклад: лінійні та нелінійні рівняння та їх систем, інтерполяцію та апроксимацію функцій, числове інтегрування та обчислення похідних, числовий розв'язок диференціальних і інтегральних рівнянь та систем, задачі оптимізації. Існують спеціалізовані середовища розробки прикладних додатків для математичних обчислень: MathCad, Maple, Python, і інші: C++, Java, тощо. Можливість застосування графічних середовищ розробки для розробки прикладного програмного забезпечення особливо заслуговує на увагу. Одним із таких середовищ є LabView.

Метою роботи є дослідження можливості створення прикладних програм для розв'язку математичних задач в середовищі LabView на прикладі числового інтегрування методом Рунге-Кутти.

Програмний пакет LabVIEW – це середовище графічного програмування. В першу чергу, LabVIEW використовують для створення додатків для систем керування та вимірювання. Але, також, є можливість створення прикладних додатків. Програма, написана в LabVIEW, складається з інтерфейсу користувача (головної панелі) та блок-схеми, яку створюють за допомогою компонентів та функцій з бібліотек середовища.

Математичні пакети програм Mathcad, MATLAB, Maple, Mathematica, вимагають наявності у користувача достатніх навичок для роботи з ними. В той час в графічній мові програмування синтаксис мови програмування відсутній, а з'єднання блоків і підпрограм між собою наочно відображає виконання програми подібно до блок-схеми, що може спростувати розроблення прикладного додатку для вирішення поставленої задачі.

Розглянемо задачу розв'язку диференціальних рівнянь, яка є типовою при теоретичних дослідженнях поверхневих властивостей рідин методом обертової краплі. При дослідженні поверхневих явищ на межі розділу рідин цим методом часто виникає необхідність розв'язку рівнянь обертової краплі представлених такими диференціальними рівняннями:

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dl_c} = K_c - \frac{x_c^2}{2} - \frac{\sin \varphi}{x_c}, \\ \frac{dx_c}{dl_c} = \cos \varphi, \\ \frac{dz_c}{dl_c} = \sin \varphi, \end{cases}$$

де  $\varphi$  — кут між віссю обертання краплі та нормаллю, проведеною до контуру обертової краплі в точку з координатами  $x_c, z_c$ ;  $l_c$  — довжина дуги меридіана профілю обертової краплі від її вершини;  $K_c$  — кривизна поверхні обертової краплі в омболічній точці.

Наведена система рівнянь розв'язується тільки числовими методами інтегрування. Для реалізації поставленої задачі пропонується використовувати метод Рунге-Кутти 4-го порядку. Суть цього методу в наступному. Якщо потрібно розв'язати диференціальне рівняння  $y'=f(x,y)$  з початковою умовою  $y(x_0)=y_0$ . На кожному кроці інтегрування обчислюють такі коефіцієнти [1]:

$$k_1 = h \cdot f(x_i, y_i);$$

$$k_2 = h \cdot f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_1}{2}\right);$$

$$k_3 = h \cdot f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_2}{2}\right);$$

$$k_4 = h \cdot f(x_i + h, y_i + k_3).$$

А результат на кроці обчислюють так:

$$\Delta y_i = \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4).$$

Для реалізації рішення поставленої задачі було розроблено програму в LabView, фрагмент якої представлений на рис. 1. А отриманий результат обчислень на рис. 2.

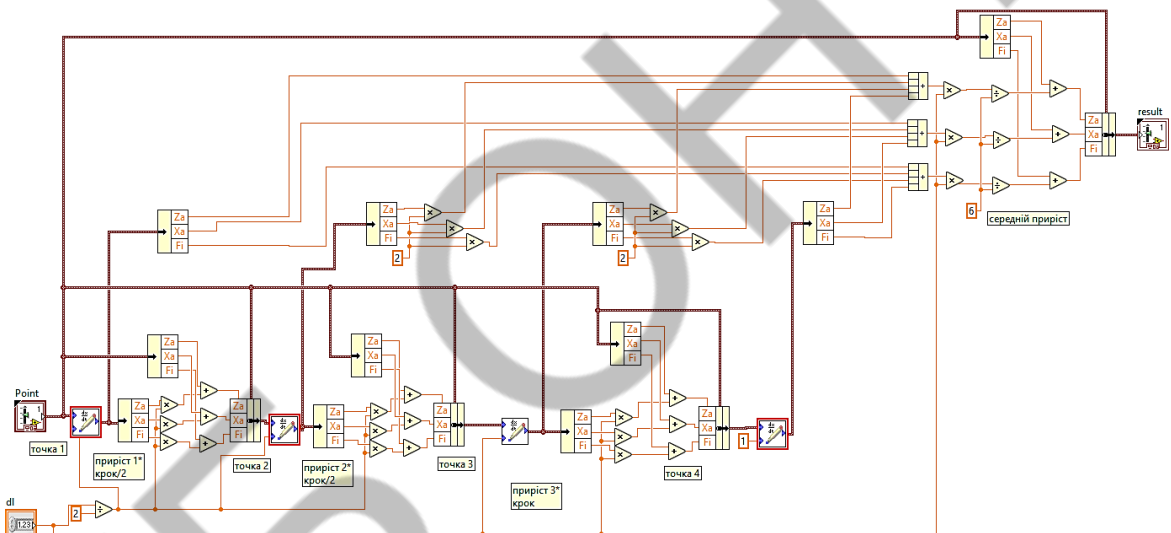


Рисунок 1 - Вигляд діаграми підпрограми обчислення функції на кроці інтегрування

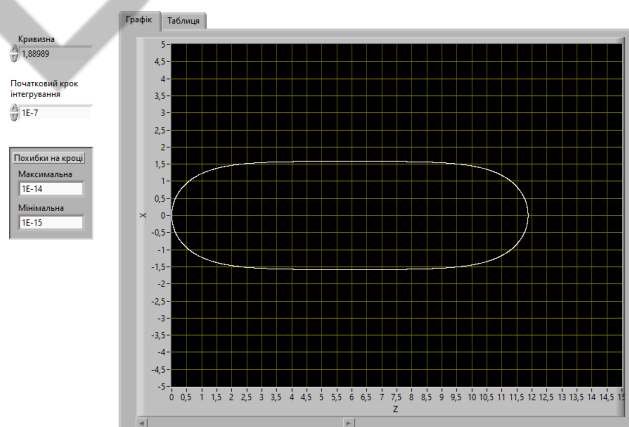


Рисунок 2 - Інтерфейс програми з результатом обчислень

Було представлено можливості використання середовища графічного програмування LabVIEW для рішення математичних задач на прикладі розв'язку рівнянь обертової краплі при дослідженні поверхневих явищ на межі розділу рідких фаз. Показано, що застосування

середовищ графічного програмування простим та інтуїтивно способом дають можливість створювати власні прикладні програми.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] W.H. Press, S.A. Teukolsky. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing» Computers in Physics, 1992, Vol 6, No. 2, pp. 188-191.

УДК 004.412:519.237.5

### ІНТЕРВАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ RFC

БОБРОВ Д.О., КАІРОВ В.О.  
(volodymyr.kairov@nuos.edu.ua)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

*Розглянуто підхід до оцінювання якості об'єктно-орієнтованих програмних систем з використанням нелінійної регресійної моделі залежності метрики RFC від CBO і WMC на рівні застосунку, а також її довірчих та прогнозних інтервалів.*

Професійний підхід до управління якістю програмних систем (ПС) ґрунтується на розумінні якості як чітко визначеного показника, що піддається кількісному вимірюванню, контролю, цілеспрямованому управлінню та подальшому вдосконаленню. Серед моделей оцінювання якості ПС можна виокремити метричні моделі, експертні моделі, прогностичні математичні моделі [1].

У дослідженні використовується одна із прогностичних математичних моделей, а саме нелінійна регресійна модель, і наступні СК-метрики: Response for a Class (RFC), Coupling between objects (CBO) та Weighted methods per class (WMC) на рівні застосунку. Важливою умовою побудови якісної регресійної моделі є врахування специфіки набору даних. Тобто модель потрібно будувати на даних з метрик, зібраних з однотипних проєктів. Однією з умов використання лінійної регресії є нормально розподілені залишки. Проте для емпіричних даних така умова виконується лише в окремих випадках. Тому доцільно застосувати нелінійну регресійну модель в задачі оцінювання якості ПС. З [2] відомо про залежність метрики RFC від CBO і WMC. Процес побудови нелінійної регресійної моделі для прогнозування метрики **RFC** передбачає виконання таких кроків:

- Обрати нормалізуюче перетворення.
- Виконати нормалізацію багатовимірному набору даних.
- Перевірити перетворені дані на наявність викидів, використовуючи MSD (Mahalanobis squared distance). Видалити аномальні спостереження у разі їх наявності.
- Побудувати модель лінійної регресії на очищеному від викидів наборі даних.
- Перевірити залишки моделі на нормальний розподіл. Якщо умова нормальності не виконується, необхідно видалити рядок із максимальним за модулем залишком, після чого процедуру повторити з етапу нормалізації.
- Сформувати довірчі інтервали та інтервали прогнозування лінійної регресії.
- Отримати модель нелінійної регресії за допомогою **оберненого нормалізуючого перетворення**.
- Сформувати довірчі інтервали та інтервали прогнозування нелінійної регресії шляхом застосування **оберненого нормалізуючого перетворення**.
- Перевірити належність емпіричних даних інтервалу прогнозування нелінійної регресії. Якщо виявлено дані, що не належать інтервалу прогнозування, їх слід розглядати як викиди, вилучити з емпіричного набору, після чого повторити процедуру з етапу нормалізації.

– Перевірити якість побудованої моделі.

Побудована модель використовується для визначення якості програмних систем обраного типу на основі методики, наведеної в [3]. Сутність методики полягає в такій послідовності дій:

– оцінити значення RFC на основі значень СВО і WMC з допомогою моделі нелінійної регресії;

– побудувати довірчі та прогнозні інтервали розрахованого RFC;

– порівняти фактичне RFC ПС із межами інтервалів;

– визначити рівень якості ПС (високий, середній чи низький) залежно від того, де розташоване фактичне значення RFC відносно отриманих інтервалів.

Такий підхід забезпечує отримання не тільки точкової оцінки метрики RFC, а й інтервальної оцінки можливих меж її зміни із заданою ймовірністю, що підвищує достовірність та статистичну обґрунтованість результатів.

Використання методики надає можливість виявляти ПС із нетиповою або аномальною структурною складністю коду та підтримувати прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшого рефакторингу.

**Висновки.** Таким чином, використання нелінійної регресійної моделі з інтервальним оцінюванням RFC забезпечує більш об'єктивне визначення рівня якості програмної системи та підтримує прийняття рішень щодо її подальшого вдосконалення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. P. Miguel, D. Mauricio, and G. Rodriguez, "A Review of Software Quality Models for the Evaluation of Software Products," *International Journal of Software Engineering & Applications*, vol. 5, no. 6, pp. 31–53, 2014, doi: 10.5121/ijsea.2014.5603.

2. S. R. Chidamber and C. F. Kemerer, "A metrics suite for object-oriented design," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 20, no. 6, pp. 476–493, Jun. 1994, doi: 10.1109/32.295895.

3. S. Prykhodko and N. Prykhodko, "A technique for detecting software quality based on the confidence and prediction intervals of nonlinear regression for RFC metric," in *Proc. 2022 IEEE 17th Int. Conf. Comput. Sci. Inf. Technol. (CSIT)*, 2022, pp. 499–502, doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000532.

УДК 004.94

### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЛІНІЙНОЇ АЛГЕБРИ У ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

ВОЗНІЮК В. Р.

(victoria.v.ua@gmail.com)

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

*Під час дослідження обраної теми було розглянуто базові методи лінійної алгебри: матричні представлення, сингулярний розклад, метод головних компонент та матричні факторизації. Всі вони можуть застосовуватися для аналізу даних і моделювання складних систем. У тезах наочно продемонстровано, що перехід від "сирих" даних до матриць утворює єдину мову опису процесів. Також задано два варіанти застосування: побудова моделі на основі факторизації матриці взаємодій між користувачем та об'єктом, а також моделювання складної інформаційної системи через матрицю залежностей компонент і аналіз телеметрії. Обговорено очікувані результати, обмеження та перспективи подальших досліджень.*

**Вступ.** У тезах під визначенням складних систем будемо мати на увазі інформаційні платформи, мережі взаємодій користувачів, продуктів і тому подібне. Такі системи створюють великі обсяги даних. Для системного аналізу важливо мати узгоджену модель представлення даних, яка одночасно підтримує інтерпретацію та інструментальність [1]. Лінійна алгебра здатна забезпечити це через матриці, таблиці, графи. На основі цього формуються методи зниження розмірності та виділення “прихованої структури” даних, які корисні як для прогнозування, так і для аналізу поведінки системи [1].

#### **Методи.**

- Матричні представлення. Дані приводяться до узгодженої форми: матриця ознак, матриця взаємодій або матриця зв'язків. Таке представлення стандартне для роботи з мережами та взаємодіями [2].

- Сингулярний поклад і низькорангове наближення. Ідея полягає в тому, щоб замінити “велику” матрицю компактним описом через декілька компонент. Фактично це стискання та виділення головних патернів у даних [1].

- Метод головних компонент. Дані проєктуються на невелику кількість напрямків, що зберігають максимум варіативності. Це корисно для візуалізації і побудови простіших моделей [3].

- Матрична факторизація. Для систем матриць взаємодій між користувачем та об'єктом розкладемо на фактори: кожен користувач і кожен об'єкт описуються коротким вектором властивостей; їхня взаємодія і дає прогноз. Це дозволяє працювати з складними даними і “узагальнювати” переваги [4].

#### **Приклади застосування.**

1. Data Science: рекомендаційна система на матричній факторизації. У медіа платформі доступні події: перегляди, кліки, покупки, оцінки. Їх об'єднують у матрицю взаємодій, яка зазвичай є розрідженою. Завдання полягає в тому, щоб спрогнозувати, які товари можуть зацікавити користувача, тобто заповнити “пропуски” на основі уподобань. Матрична факторизація будує компактні профілі користувача та об'єкта і дозволяє ранжувати кандидатів [4].

2. Моделювання складної інформаційної системи: матриця залежностей та аналіз телеметрії. Розглянемо інформаційну систему з багатьох мікросервісів. Структуру взаємодій можна представити як матрицю залежностей: рядки й стовпці — компоненти, а позначка в клітинці означає наявність залежності. Така матриця допомагає оцінити цільність зв'язків, виявити “ядро” системи та кандидатів на декомпозицію. Також матриці можна використати для виділення домінуючих факторів навантаження та відхилень від типових патернів [5].

**Очікувані результати.** Практичний результат запропонованого підходу — уніфікація опису різних типів даних через матриці та використання відомих лінійно-алгебраїчних інструментів для виділення структури. Очікувано, матриці знижують розмірність і покращують стабільність подальших моделей. Матрична факторизація підвищує якість персоналізації на розріджених матрицях взаємодій [1].

Обмеження підходу пов'язані з тим, що лінійні моделі можуть не відобразити нелінійні ефекти, а також із якістю даних (розрідженість, зміщення). Для рекомендаційних систем критичними є холодний старт і коректна інтерпретація неявних сигналів; для архітектурного аналізу — актуальність залежностей і коректність телеметрії.

**Висновки.** Запропоновано системно-аналітичний погляд на методи лінійної алгебри в аналізі даних: через матричні представлення та матричні факторизації. Показано дві траєкторії застосування — персоналізація та інженерія складних інформаційних систем.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1.S. Boyd and L. Vandenberghe, Introduction to Applied Linear Algebra: Vectors, Matrices, and Least Squares. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2018.

2.A.-L. Barabási, “Chapter 2,” in Network Science. [Online]. Available: <https://networksciencebook.com/chapter/2>. [Accessed: Apr. 9, 2026].

3. J. Shlens, “A Tutorial on Principal Component Analysis,” arXiv preprint arXiv:1404.1100, 2014.
4. Y. Koren, R. M. Bell, and C. Volinsky, “Matrix factorization techniques for recommender systems,” *Computer*, vol. 42, no. 8, pp. 30–37, 2009.
5. DSM (Dependency Structure Matrix). [Online]. Available: <https://softwarch.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/12/dsm.pdf>. [Accessed: Apr. 9, 2026].

УДК 519.876:519.217

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ

ГОРЯ Г.Д., КОРЕНКОВА Г.В.,

(horia.hryhorii@stud.onu.edu.ua, korenkova@onu.edu.ua)

Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І.Мечникова

*У роботі досліджено особливості використання псевдовипадкових чисел у задачах математичного моделювання стохастичних процесів. Проведено аналіз методів генерації псевдовипадкових чисел та їх статистичних характеристик. Розглянуто моделювання системи масового обслуговування як приклад практичного застосування генераторів випадкових величин.*

Імітаційне моделювання широко застосовується для дослідження процесів, що мають імовірнісний характер. У таких моделях активно використовуються випадкові величини для відтворення надходження заявок, часу обслуговування, простоїв та інших характеристик систем. Оскільки отримання істинно випадкових чисел потребує спеціальних фізичних пристроїв, у програмному забезпеченні використовують псевдовипадкові числа (ПВЧ), які генеруються детермінованими алгоритмами та мають статистичні властивості, наближені до випадкових [1].

Якість генератора псевдовипадкових чисел безпосередньо впливає на достовірність результатів моделювання. Недостатня довжина періоду, нерівномірність розподілу або наявність статистичної залежності між елементами послідовності можуть спричинити похибки під час проведення чисельних експериментів. Тому дослідження властивостей генераторів ПВЧ є важливим етапом підготовки до імітаційного моделювання [1].

Метою роботи є дослідження впливу характеристик генераторів псевдовипадкових чисел на результати імітаційного моделювання та аналіз їх застосування в задачах систем масового обслуговування (СМО).

У роботі було реалізовано лінійно-інверсивний генератор псевдовипадкових чисел, який належить до сучасних методів формування рівномірно розподілених послідовностей. Проаналізовано принцип його роботи та основні параметри, що впливають на довжину періоду та статистичні властивості. Для оцінювання якості згенерованої послідовності проведено перевірку рівномірності розподілу та аналіз незалежності значень.

На основі розробленого алгоритму створено програмний застосунок мовою Python, який дозволяє генерувати послідовності псевдовипадкових чисел та використовувати їх у моделюванні. Згенеровані значення застосовано під час імітаційного моделювання одноканальної системи масового обслуговування з пуассонівським потоком заявок та експоненційним розподілом часу обслуговування [2].

У процесі моделювання змінювалася інтенсивність надходження заявок, що дозволило дослідити вплив навантаження на основні показники ефективності системи: середній час очікування в черзі, середню довжину черги та коефіцієнт завантаження каналу обслуговування. Отримані результати показали, що зі збільшенням інтенсивності потоку

заявок зростає середній час перебування заявки в системі та довжина черги. Ці закономірності узгоджуються з аналітичними результатами теорії масового обслуговування [2].

Проведене дослідження також показало, що використання генератора з належними статистичними характеристиками забезпечує стабільність та повторюваність результатів моделювання. У випадку використання генераторів із недостатньою довжиною періоду або нерівномірним розподілом можливе викривлення оцінок показників системи. Це підтверджує необхідність ретельного вибору алгоритмів генерації ПВЧ у задачах стохастичного моделювання.

Таким чином, якість генератора псевдовипадкових чисел є важливим фактором достовірності результатів імітаційного моделювання. Реалізований лінійно-інверсивний генератор продемонстрував достатній рівень статистичної надійності для використання в навчальних і прикладних задачах. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування дозволяє ефективно досліджувати поведінку складних систем без проведення реальних експериментів та може бути використане для аналізу й оптимізації процесів у різних галузях.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Knuth D. E., The Art of Computer Programming, Vol. 2: Seminumerical Algorithms, 3rd ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 1997.

[2] Заруба В. С., *Основи математичного моделювання та оптимізації систем*. Київ, Україна: Видавнича група ВНУ, 2007.

УДК 004.896:[005.932:664.6]

### АЛГОРИТМИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ В ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

ГОТОПЛО Б.В., ЖИГАЙЛО О.М.  
(gotopilobogdan2017@gmail.com, dr\_jam2006@ukr.net)  
Одеський національний технологічний університет

*Розглянуто порівняльний аналіз п'яти алгоритмів кластеризації (K-Means, K-Medoids, Bisecting K-Means, Ward, Complete linkage) для першого етапу підходу cluster-first route-second у задачі маршрутизації транспортних засобів. На реальних даних мережі доставки хлібобулочних виробів (155 точок, м. Одеса) проведено оцінку за сімома метриками трьох груп: якість кластерів, баланс навантаження та географічна зв'язність. Показано, що використання лише коефіцієнту силуету є недостатнім критерієм вибору алгоритму для задач маршрутизації.*

Задача маршрутизації транспортних засобів (Vehicle Routing Problem, VRP) є однією з ключових в операційній логістиці підприємств харчової промисловості, де щоденна доставка продукції до торгових точок вимагає ефективного планування маршрутів з метою мінімізації витрат і забезпечення своєчасного обслуговування клієнтів. Підхід «спочатку кластеризація – потім маршрутизація» (cluster-first route-second) дозволяє розділити задачу VRP на два етапи: географічний розподіл точок доставки на зони відповідальності та побудову маршруту всередині кожної зони [1]. Якість етапу кластеризації безпосередньо визначає ефективність всього рішення, однак вибір алгоритму кластеризації і метрик оцінки для задач VRP залишається недостатньо дослідженим у літературі.

Об'єктом дослідження є мережа доставки хлібобулочних виробів, що включає 155 точок доставки та одне депо на території міста Одеси. Предметом дослідження є порівняльна оцінка алгоритмів географічної кластеризації для формування зон відповідальності (кластерів) в межах підходу «cluster-first route-second». Розрахунки виконано мовою програмування Python

з використанням бібліотек scikit-learn, scipy та PySAL. Нижня межа діапазону кількості кластерів визначалась за формулою:

$$k_{min} = \left\lfloor \frac{n}{q_{max}} \right\rfloor,$$

де  $n$  – кількість точок доставки,  $q_{max}$  – максимальна кількість точок на один маршрут.

Значення  $q_{max}$  обґрунтовано операційними обмеженнями ранньої доставки хлібобулочних виробів: за умови часового вікна тривалістю чотири години (05:00-09:00) та середнього часу обслуговування однієї точки 15-20 хвилин з урахуванням часу в дорозі, розвантаження та документообігу, один транспортний засіб здатен обслужити не більше 15 точок за зміну. При  $n = 155$  це дає  $k_{min} = 11$ . Верхня межа  $k_{max} = 15$  відповідає мінімально практичному розміру кластера (~10 магазинів). Таким чином, пошук оптимального  $k$  здійснювався у діапазоні  $k \in \{11, \dots, 15\}$ . Оптимальне  $k$  в межах робочого діапазону визначалось за максимальним значенням Silhouette Score, додатково верифікованим методом ліктя (elbow method) методу K-Means як представника групи розподільчих алгоритмів, та аналізом дендрограми Ward для ієрархічних алгоритмів.

Для порівняльного аналізу було обрано п'ять алгоритмів кластеризації двох класів: розподільчої (K-Means, K-Medoids, Bisecting K-Means) та агломеративної (Ward, Complete linkage). Алгоритми на основі щільності (DBSCAN, HDBSCAN) було виключено з аналізу оскільки вони визначають кількість кластерів автоматично і не гарантують повного покриття точок, що унеможлиблює коректне порівняння за єдиною системою метрик.

Методи оцінки якості кластеризації поділяються на зовнішні – що вимагають еталонних міток – та внутрішні, що оцінюють структуру даних без залучення зовнішньої інформації [2]. Оскільки у задачах логістичної маршрутизації єдиного «правильного» розбиття не існує, в роботі використовуються виключно внутрішні метрики. Для оцінки було застосовано сім метрик які можна поділити на три групи. Першу групу складають внутрішні метрики статистичної якості: Silhouette Score (S), Davies-Bouldin Index (DBI) та Calinski-Harabasz Index (CHI). Другу групу складають метрики балансування навантаження: коефіцієнт варіації розмірів кластерів Coefficient of Variation (CV) та різниця max-min розмірів  $\Delta n$ ; у зв'язку з відсутністю даних про індивідуальний попит торгових точок навантаження оцінювалось за кількістю точок у кластері, що відповідає припущенню про рівномірний час обслуговування. Третю групу складають метрики маршрутної ефективності та географічної зв'язності: внутрішньо кластерна відстань Intracluster Distance (ICD), що розраховувалась відносно центроїда та індекс просторової автокореляції Moran's I (I), що оцінює географічну зв'язність отриманих зон доставки [2, 3].

Таблиця 1. – Порівняння алгоритмів кластеризації

№	алгоритм	k	S	DBI	CHI	CV	$\Delta n$	ICD	I	$\Sigma$
1	k-means	11	0,58	0,55	1252,4	0,73	36	20,26	0,932	16
2	Ward	11	0,61	0,51	1253,5	0,8	37	20,8	0,945	17
3	Bisecting k-means	11	0,56	0,6	1182,3	0,74	35	20,69	0,942	21
4	k-medoids	11	0,48	0,63	957,6	0,46	21	20,53	0,929	22
5	Complete linkage	11	0,57	0,46	941,1	0,98	39	24,224	0,855	29

При фіксованій кількості кластерів  $k = 11$  лідером за метриками виявився k-Means (сума рейтингів  $\Sigma = 16$ ), другим йде ward ( $\Sigma = 17$ ), третім – Bisecting k-means ( $\Sigma = 21$ ). Цікавим є той факт, що K-Medoids демонструє найкращий баланс навантаження ( $CV = 0.47$ ,  $\Delta n = 21$ ) не маючи вбудованого механізму балансування, це відбувається як побічний ефект вибору кластерів – проте за загальним рейтингом алгоритм посідає лише 4-те місце через нижчий силует кластерів ( $S = 0.48$ ). Complete linkage стабільно займає останнє місце в обох режимах попри найкращий DBI (0.46).

**Висновки.** Проведений аналіз показав, що використання єдиного коефіцієнту силуету є недостатнім критерієм для вибору алгоритму кластеризації для задачі VRP: алгоритми з

близькими значеннями силуету суттєво відрізняються за балансом навантаження та географічною зв'язністю зон доставки. На досліджуваних даних Ward та K-Means продемонстрували конкурентні результати за сукупністю метрик, тоді як K-Medoids виявився доцільним за відсутності даних про реальний попит і пріоритету рівномірного розподілу маршрутів. Жоден з розглянутих алгоритмів не є оптимальним за всіма критеріями одночасно – вибір залежить від операційного пріоритету конкретного логістичного завдання. Питання балансування навантаження з урахуванням реальної вантажопідйомності виходить за межі даного дослідження і потребує спеціалізованих методів для задачі маршрутизації з урахуванням місткості транспорту (Capacitated VRP).

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Singh B., Oberfichtner L., Ivliev S. Heuristics for a cash-collection routing problem with a cluster-first route-second approach. *Annals of Operations Research*. 2023. Vol. 322. P. 413–440. Springer URL: <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04883-1>
2. Жигайло О. М., Топор М. М., Борис В. В. Дослідження методів оцінки якості кластеризації в Web-додатку Zhy&Vor. *Інформаційні технології і автоматизація – 2020* : зб. тез доп. XIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 22–23 жовт. 2020 р. Одеса : ОНАХТ, 2020. С. 295–297. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/items/ccc40c15-5a18-4649-b636-ff854b28335e>.
3. Halkidi M., Batistakis Y., Vazirgiannis M. On clustering validation techniques. *Journal of Intelligent Information Systems*. 2001. Vol. 17, № 2–3. P. 107–145.

УДК 004.85:336.77

### **МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ МОДЕЛЕЙ КРЕДИТНОГО СКОРИНГУ**

ДАВИДЕНКО К. О.  
(katiadavydenko0@gmail.com)

Державний Університет Інформаційно-Комунікаційних Технологій

*У даній роботі розглянуто методи оцінювання якості та стабільності моделей кредитного скорингу, які широко застосовуються у фінансових установах для передбачення кредитного ризику. Проаналізовано головні статистичні показники, що застосовуються задля контролю ефективності моделей, зокрема індекс стабільності популяції (PSI), індекс Герфіндала–Хіршмана (HHI), коефіцієнт Джині та критерій Колмогорова-Смірнова. Описано призначення кожного показника у процесі ревію, валідації та моніторингу скорингових моделей. Отримані результати дозволяють визначити основні підходи до оцінювання якості моделей та контролю змін у розподілі даних при використанні моделей у виробничому середовищі.*

**Постановка проблеми.**

Кредитний ризик - це один із найважливіших ризиків для будь-якого банку чи фінансової установи, який завжди намагаються передбачити та прогнозувати спеціалісти. Для оцінювання спроможності позичальника виплачувати кредит широко використовуються скорингові моделі або скорингові карти. Зазвичай для побудови скорингових моделей та оцінювання ймовірності настання дефолту застосовується логістична регресія. Однак для ефективного використання моделей необхідно здійснювати постійний контроль їх якості та стабільності. Тому виникає потреба у використанні статистичних показників, які дозволяють оцінювати ефективність моделей та зміни у розподілі даних.

**Мета та завдання дослідження**

Метою дослідження є аналіз та визначення основних методів оцінювання якості та стабільності моделей кредитного скорингу.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі завдання:

- визначення підходів до оцінювання якості скорингових моделей;
- аналіз показників стабільності та концентрації розподілу даних;
- дослідження застосування статистичних метрик PSI, ННІ та коефіцієнта Джині у процесі оцінювання моделей.

Одним із головних показників оцінювання моделей кредитного скорингових карт є індекс стабільності популяції (Population Stability Index, PSI). Цей статистичний інструмент використовується для вимірювання ступеню зміни розподілу даних між двома різними наборами даних, зазвичай між навчальним набором даних і новим набором даних, або по часових діапазонах, наприклад для відстеження щорічних змін.

Ще одним показником, що використовується для аналізу структури розподілу даних, є індекс Герфіндала–Хіршмана (Herfindahl–Hirschman Index, ННІ) і він використовується для оцінювання ступеня концентрації розподілу даних. Він обчислюється як сума квадратів часток окремих сегментів у загальному розподілі. Чим більше значення ННІ, тим вища концентрація розподілу, що свідчить про домінування окремих сегментів.

Для оцінювання дискримінаційної здатності моделі, а саме ефективності моделі у розрізненні «поганих» позичальників, які в майбутньому ввійдуть в стан дефолту, та «хороших» позичальників, які з більшою вірогідністю в майбутньому виконають свої зобов'язання, використовується індекс Джині. Цей показник зазвичай також використовується для порівняння якості різних моделей та оцінки їхньої здатності до прогнозування.

Не менш важливий показник – це критерій Колмогорова–Смірнова. Даний непараметричний статистичний метод широко застосовується для оцінювання здатності моделі диференціювати різні класи позичальників. Статистика KS визначає максимальну відстань між кумулятивними функціями розподілу для двох груп спостережень — «хороших» та «поганих» позичальників. Іншими словами, вона показує, наскільки добре модель розділяє ці дві групи на основі отриманих скорингових значень.

Висновки.

У результаті проведеного дослідження було розглянуто основні статистичні показники, що використовуються для оцінювання якості та стабільності моделей кредитного скорингу. Продемонстровано, що індекс стабільності популяції дозволяє оцінювати зміни розподілу даних між вибірками, індекс Герфіндала–Хіршмана застосовується для аналізу концентрації розподілу, а коефіцієнт Джині та критерій Колмогорова–Смірнова описують дискримінаційну здатність моделей.

Використання зазначених показників дозволяє фінансовим установам здійснювати якісний контроль скорингових моделей, покриваючи різні аспекти, такі як стабільність, дискримінаційну здатність та концентрацію клієнтів в бінах.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] GeeksforGeeks. “Population Stability Index (PSI) - GeeksforGeeks”. GeeksforGeeks. [Онлайн]. Доступно: <https://www.geeksforgeeks.org/data-science/population-stability-index-psi/>
- [2] Siddiqi N. Credit Risk Scorecards: Developing and Implementing Intelligent Credit Scoring. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.
- [3] Thomas L., Edelman D., Crook J. Credit Scoring and Its Applications. Philadelphia: SIAM, 2017.
- [4] Anderson R. The Credit Scoring Toolkit: Theory and Practice for Retail Credit Risk Management. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- [5] Hand D., Henley W. Statistical classification methods in consumer credit scoring: a review. Journal of the Royal Statistical Society, 1997.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ

ЗУЙ Д.В., КОРЕНКОВА Г.В.

(zui.denis@stud.onu.edu.ua, av.korenkova@gmail.com)

Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І. Мечникова

*У роботі розроблено математичну модель тепломасообміну вуглецевих частинок у формі системи п'яти нелінійних диференціальних рівнянь. За допомогою методу Рунге-Кутта 4-го порядку в Mathcad досліджено вплив пористості та стефанівської течії на кінетику горіння. Встановлено біфуркаційну природу процесу, де критичний діаметр частинок (40–140 мкм) визначає зміну режимів реакції. Доведено, що врахування внутрішньої структури вуглецю знижує розрахунковий поріг займання у 2–5 разів порівняно з суцільною сферою. Результати дозволяють ефективно прогнозувати критичні режими в енергетичних системах та забезпечувати екологічну безпеку.*

Дослідження динамічних систем, що описують високотемпературні процеси в дисперсних середовищах, становить важливий клас задач прикладної математики, актуальність якого обумовлена потребами енергетики та екологічної безпеки. Складність моделювання таких процесів пов'язана із сильною нелінійністю рівнянь хімічної кінетики, наявністю зворотних зв'язків між змінними стану та різними часовими масштабами протікання реакцій і теплообміну, що призводить до необхідності розв'язання «жорстких» систем диференціальних рівнянь. У даній роботі увагу зосереджено на побудові математичної моделі, яка враховує специфіку взаємодії пористої структури вуглецю з газовим середовищем, що є розвитком підходів до моделювання гетерогенних реакцій [1].

У роботі здійснено постановку задачі нестационарного тепломасообміну сукупності вуглецевих частинок, яка формалізована у вигляді системи п'яти зв'язаних нелінійних звичайних диференціальних рівнянь першого порядку.

- для зміни температури частинки:  $\frac{\partial T}{\partial t} = f_1(T, T_g, d, \rho, n_{O_2})$ ,
- для зміни діаметра частинки:  $\frac{\partial(d)}{\partial t} = f_2(T, d, \rho)$ ,
- для зміни густини частинки:  $\frac{\partial(\rho)}{\partial t} = f_3(\rho, T, n_{O_2})$ ,
- для зміни температури газової фази:  $\frac{\partial T_g}{\partial t} = f_4(T, T_g, n_{O_2})$ ,
- для зміни концентрації кисню:  $\frac{\partial n_{O_2}}{\partial t} = f_5(n_{O_2}, T, d, \rho)$ ,

де  $T$  - температура частинки;  $t$  - час;  $T_g$  - температура газу навколо частинки;  $\rho$  - густина частинки;  $d$  - діаметр вуглецевої частинки;  $n_{O_2}$  - відносна масова концентрація кисню.

Для однозначності розв'язку задачі вводяться початкові умови:

$$T(t = 0) = T_b, \quad d(t = 0) = d_b, \quad \rho(t = 0) = \rho_b, \quad T_g(t = 0) = T_{g\infty}, \quad n_{O_2}(t = 0) = n_{O_2,\infty}.$$

Система описує динаміку зміни температури, діаметра та густини частинки, а також температури несучого газу та концентрації окислювача. Ключовою особливістю розробленої моделі є введення додаткових нелінійних членів, що враховують вплив стефанівської течії на поверхні частинок, яка гальмує дифузію, та ефективність внутрішнього реагування в порах, що інтенсифікує тепловиділення. Для чисельного інтегрування отриманої задачі Коші було обрано та програмно реалізовано в середовищі Mathcad однокроковий метод Рунге-Кутта 4-го порядку точності. Вибір цього методу обумовлений його універсальністю та здатністю забезпечувати необхідну стійкість обчислень при моделюванні процесів із різкими градієнтами параметрів, що підтверджується класичною теорією чисельних методів [2].

На основі проведених обчислювальних експериментів виявлено біфуркаційну природу поведінки системи, яка визначається коефіцієнтом надлишку окислювача. Встановлено, що при переході від моделі поодинокі частинки до щільного газозавису виникають глобальні інтегральні обмеження на сумарне споживання кисню ансамблем частинок, які суттєво змінюють динаміку процесу: спостерігається перехід від кінетичного до дифузійно-обмеженого режиму, що супроводжується нелінійним зростанням часу горіння та зниженням пікової температури частинок внаслідок колективного ефекту. Чисельний аналіз дозволив визначити критичний діаметр частинок, значення якого зменшується (від 140 до 40 мкм) при зростанні чисельної концентрації частинок у системі, і який є точкою біфуркації для зміни режиму горіння. Важливим результатом стало кількісне оцінювання впливу пористості: врахування внутрішнього реагування зменшує розрахункове значення критичного діаметра займання у 2–5 разів порівняно з моделлю суцільної сфери. Також виявлено нелінійний ефект збільшення часу індукції у хмарі частинок, що пояснюється колективним охолодженням газу на початковій стадії нагріву. Отримані результати демонструють ефективність застосованого математичного апарату для прогнозування критичних режимів у багатофакторних системах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] F. Patisson, D. Ablitzer. Physicochemical and thermal modelling of the reaction between a porous pellet and a gas. *Powder Technology*. 2002. Vol. 128. P. 300–305.

[2] Коновалов Ю.І., Кутирло І.В., Рижков І.М. Чисельні методи: підручник. – К.: Вища школа, 2009. – 415 с.

УДК 004.942

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДКИ ПОКРИТТЯ ФАСАДУ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ВЕЙЛЕРА–АЗЕРТОНА

КАМЕНЄВ В.А., ЖУКОВЕЦЬКА С.Л.

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглядається задача автоматизації формування розкладки облицювальних панелей на фасаді будівлі з використанням методів обчислювальної геометрії. Для розв'язання задачі застосовано алгоритм Вейлера–Азертонна, що дозволяє виконувати булеві операції над складними багатокутниками та коректно визначати області їх перетину.*

Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується активним впровадженням цифрових технологій, спрямованих на підвищення ефективності проектування та точності інженерних розрахунків. Одним із актуальних завдань є автоматизація формування розкладки покриття фасаду будівлі. У традиційному підході такі розрахунки виконуються вручну або з використанням спрощених інструментів, що часто призводить до неточностей, перевитрати матеріалів або необхідності додаткових коригувань на етапі реалізації проекту. Використання алгоритмічних методів дозволяє значно оптимізувати цей процес.

Задача полягає у визначенні необхідної кількості облицювальних матеріалів та побудові коректної геометричної розкладки панелей на поверхні фасаду. У процесі розміщення панелей на фасаді виникають ситуації, коли окремі елементи частково виходять за межі контуру або перетинають його. Це потребує визначення точних меж перетину та відсікання частин панелей, що не належать до області фасаду.

Для вирішення задачі фасад будівлі подається у вигляді багатокутника, що описує його контур, а облицювальні елементи (панелі) – як множина багатокутників заданої форми та розмірів. Таким чином, задача зводиться до багаторазового знаходження перетину двох багатокутників: панелі та фасаду.

Для розв'язання поставленої задачі доцільно застосувати алгоритм Вейлера–Азертонна, який є одним із найбільш універсальних методів обчислення булевих операцій над багатокутниками. Його перевагою є можливість роботи з ввігнутими багатокутниками, а також коректна обробка складних випадків перетину, включаючи часткове накладання та дотик ребер.

Реалізація алгоритму передбачає виконання кількох послідовних етапів (рис. 1).

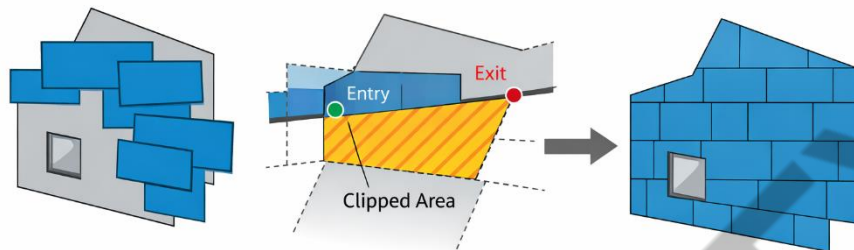


Рисунок 1 – Етапи застосування алгоритму Вейлера–Азертонна

1. Перевірка наявності перетину між багатокутниками. Якщо контури не мають спільних точок або один із багатокутників є виродженим (містить менше трьох вершин), подальші обчислення не виконуються.

2. Визначення точок перетину між ребрами багатокутників. При цьому враховуються різні варіанти взаємного розташування відрізків: класичне перетинання, належність вершини одному з відрізків, накладання відрізків або дотик. Знайдені точки перетину додаються до списків вершин обох багатокутників із дотриманням їх порядку вздовж контурів.

3. Класифікація точок перетину. Кожна точка визначається як точка входу або виходу залежно від того, чи відбувається перехід у внутрішню область іншого багатокутника. Така класифікація базується на аналізі напрямку обходу контурів та взаємного розташування фігур у просторі.

4. Побудова результуючих багатокутників. Процес виконується шляхом обходу контурів із переходами в точках перетину. Починаючи з точки входу, здійснюється рух уздовж одного багатокутника до точки виходу, після чого відбувається перемикання на інший багатокутник. Такий підхід дозволяє сформувати замкнені контури, що відповідають області перетину.

Після завершення обходу формується множина результуючих багатокутників, які описують геометрію обрізаних панелей. У випадку, якщо жодного багатокутника не сформовано, робиться висновок про відсутність перетину або повне вкладення одного об'єкта в інший.

**Висновок.** Практична реалізація описаного підходу дозволяє автоматизувати процес формування розкладки фасаду, забезпечити точний підрахунок площі облицювальних матеріалів, а також визначити необхідну кількість панелей з урахуванням їх обрізки. Таким чином, використання алгоритму Вейлера–Азертонна у задачах проектування фасадів є обґрунтованим та ефективним рішенням, яке дозволяє поєднати точність геометричних обчислень із практичними потребами будівельної галузі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Foley J. D., van Dam A., Feiner S. K., Hughes J. F. Computer Graphics: Principles and Practice. – 3rd ed. – Boston: Addison-Wesley, 2014.
2. Hormann K., Greiner G. Clipping simple polygons with degenerate intersections // Computers & Graphics. – 2001. – Vol. 25(6). – P. 915–924.
3. de Berg M., Cheong O., van Kreveld M., Overmars M. Computational Geometry: Algorithms and Applications. – 3rd ed. – Berlin: Springer, 2008.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ В УМОВАХ ІНТЕРВАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВХІДНИХ ДАНИХ

КОНОВАЛЕНКО Д. Р., БЕЗКОРОВАЙНИЙ В. В.  
(daniil.konovalenko@nure.ua, vladimir.beskorovainyi@nure.ua)  
Харківський національний університет радіоелектроніки

*Розглянуто задачі керування запасами в умовах можливих змін попиту, часу і витрат на їх поповнення. Для врахування діапазонів можливих змін використано апарат інтервальної математики. Запропоновано подальший розвиток моделей керування запасами за рахунок використання інтервального подання їх параметрів і змінних. Порівняння інтервальних значень здійснюється з використанням узагальненої різниці Хукухари та індексу порівняння, побудованого на її основі. Запропонований розвиток моделей задач управління запасами дозволить отримувати більш стійкі та надійні їх розв'язки, що дозволить підвищувати стабільність виробничих, логістичних, ремонтних та інших процесів, у яких мають місце накопичення.*

Однією з умов, що дозволяють сучасним логістичними, виробничими, ремонтними, іншими компаніям домагатися успіхів і отримувати перевагу перед конкурентами є перехід від простого складського обліку до ефективного автоматизованого керування запасами [1 – 2]. Вчасне та коректне розв'язання задачі керування запасами забезпечує штатні режими функціонування об'єктів і сприяє скороченню витрат на їх створення і зберігання.

Одним з поширених різновидів задач цього класу є задача керування поточними  $Z_{\text{поточ}}$  і страховими запасами  $Z_{\text{страх}}$ , у якій передбачається оптимізація їх розмірів на періоді постачання  $t_{\text{пост}}$  відносно дати замовлення  $D_{\text{зам}}$  [3]. Іншим прикладом є класична модель економічно вигідного замовлення Вілсона, що спрямована на мінімізацію сумарних витрат на замовлення та зберігання [1]. Рівень запасу у моделях, що дозволяють враховувати втрату якості запасу, описується диференціальними рівняннями [4].

Одним з недоліків цих та інших класичних моделей є припущення щодо стабільності попиту, цін, витрат, часу поповнення запасу тощо.

Оптимізація розміру запасів з використанням статистичного моделювання потребує в рази більших витрат комп'ютерних ресурсів. Для врахування діапазонів можливої зміни розміру запасу, часу постачання, цін і витрат на постачання та зберігання пропонується використовувати апарат інтервального аналізу.

Будемо подавати змінні та параметри моделей керування запасами в інтервальному вигляді. Тоді результати виконання арифметичних операцій над інтервалами  $a \in [a^-; a^+]$  і  $b \in [b^-; b^+]$  будуть подаватися у такому вигляді [5]:

$$\begin{aligned} [a] + [b] &= [a^- + b^-; a^+ + b^+]; \\ [a] - [b] &= [a^- - b^+; a^+ - b^-]; \\ [a] \cdot [b] &= [\min\{a^- \cdot b^-, a^- \cdot b^+, a^+ \cdot b^-, a^+ \cdot b^+\}; \max\{a^- \cdot b^-, a^- \cdot b^+, a^+ \cdot b^-, a^+ \cdot b^+\}], \\ [a] / [b] &= [a] \cdot [1/b^+; 1/b^-], \quad 0 \notin [b^-; b^+]. \end{aligned} \quad (1)$$

Запропоновано подальший розвиток моделей керування запасами за рахунок використання інтервального подання їх параметрів і змінних.

З урахуванням (1), модель Вільсона [1], що визначає загальні витрати за період  $T$ , пропонується подавати у такому вигляді:

$$[T(Q)] = \frac{[D]}{[Q]} [K] + \frac{[Q]}{2} [h] + [c] [D], \quad (2)$$

де  $[D]$  – інтенсивність попиту;  $[Q]$  – розмір партії замовлення;  $[K]$  – витрати на оформлення і доставку замовлення;  $[h]$  – витрати на зберігання одиниці запасу протягом періоду;  $[c]$  – закупівельна ціна одиниці запасу.

Час простою через відсутність запасу пропонується визначати співвідношенням [3]:

$$[t(З_{страх})] = [k] / [З_{страх}], \quad (3)$$

де  $[k]$  – інтервальне подання коефіцієнту, який визначає збільшення часу простою у залежності від розміру страхового запасу.

Втрати від простою через відсутність запасу у залежності від його розміру пропонується подати в такому вигляді [3]:

$$[L(З_{страх})] = [g] * [k] / [З_{страх}], \quad (4)$$

де  $[g]$  – інтервальне подання втрат від дефіциту ресурсів за одиницю часу.

У подібний спосіб пропонується адаптувати інші моделі задач управління запасами.

Для порівняння інтервальних значень скористаємося узагальненою різницею Хукухари  $a_{gH}^- b$  та індексом порівняння  $\gamma_{a,b}$ , побудованим на її основі. Для інтервалів  $[a] = [\hat{a}; \bar{a}]$  і  $[b] = [\hat{b}; \bar{b}]$ , поданих через їх центри і радіуси  $\hat{a}, \hat{b}, \bar{a}, \bar{b}$ , вони визначаються за співвідношенням [5]:

$$a_{gH}^- b = [\min\{a^- - b^-, a^+ - b^+\}; \max\{a^- - b^-, a^+ - b^+\}] = (\hat{a} - \hat{b}; |\bar{a} - \bar{b}|), \quad (5)$$

$$\gamma_{a,b} = (\bar{a} - \bar{b}) / (\hat{a} - \hat{b}), \quad (6)$$

$$\hat{a} = [a^- + a^+] / 2, \bar{a} = [a^+ - a^-] / 2, \hat{b} = [b^- + b^+] / 2, \bar{b} = [b^+ - b^-] / 2. \quad (7)$$

Для перевірки якості отримуваних рішень пропонується здійснювати імітаційне статистичне моделювання процесів керування поповненням запасів. З метою скорочення кількості експериментів пропонується здійснювати моделювання з надлишково великим запасом і за розміром його залишку встановлювати його оптимальний розмір.

Запропонований розвиток моделей задач управління запасами дозволить отримувати більш стійкі та надійні їх розв'язки, що дозволить підвищувати стабільність виробничих, логістичних, ремонтних та інших процесів, у яких мають місце накопичення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Крикавський Є.В., Похильченко О.А., Фертч М. Управління ланцюгами поставок. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2021. 852 с. URL: <https://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4247> (дата звернення: 05.04.2026).

[2] Морозов О. О. Методика розв'язання задачі синтезу топологічної та функціональної структур систем ремонту озброєння і військової техніки // Науковий вісник Київського інституту національної гвардії України. 2023. №1. С. 6–10. URL: <https://kingu-visnyk.kyiv.ua/index.php/journal/article/view/12> (дата звернення: 05.04.2026).

[3] Філонич Д., Безкоровайний В. Оптимізація страхових заділів у технологічних процесах приладобудівельного виробництва // Інформаційні системи та технології: матеріали 11-ї Міжнародної наук.-техн. конф. Ч. 2, X.: ХНУРЕ, 2022. С. 15–16. URL: [https://istconf.sedep.online/archive/ist\\_2022\\_part\\_2.pdf](https://istconf.sedep.online/archive/ist_2022_part_2.pdf) (дата звернення 05.04.2026).

[4] Chen S.C., Teng J.-T., Skouri K. Economic Production Quantity Models for Deteriorating Items with Up-stream Full Trade Credit and Down-stream Partial Trade Credit. International Journal of Production Economics. 2021. Vol. 155. P. 302–309. URL: [doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-0243/2021/0354-02432000036A.pdf](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.107462) (дата звернення 05.04.2026).

[5] Bezkorovainyi V., Kolesnyk L., Gopejenko V., Kosenko V. The method of ranking effective project solutions in conditions of incomplete certainty // Advanced Information Systems, 2024. Vol. 8. No 2. P. 27–38. URL: <http://ais.khpi.edu.ua/article/view/305462/297067> (дата звернення: 05.04.2026).

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИПІЧКИ ПЕЧИВА В КОНВЕЄРНІЙ ПЕЧІ

КОНОВАЛЕНКО В. О.  
(gepard2712@gmail.com)

Одеський Національний Технологічний Університет

*Реферат. Проведено побудову та налагодження системи автоматичного керування процесом випікання печива в конвеєрній печі. Створено імітаційну модель кожної зони печі, та системи автоматичного керування температурою під цю модель в програмному забезпеченні Matlab Simulink. Обрано обладнання для збору та обробки інформації. Розроблено алгоритми логічного керування у середовищі CoDeSys 3.5. Реалізовано систему SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і налагоджувача САК в середовищі WinCC Flexible.*

Автоматизація процесу випічки печива в конвеєрній печі має на меті тримати температуру на встановленому значенні, що дуже важко, враховуючи вплив навколишнього середовища та невисоку точність регулювання процесом випічки печива.

У процесі розробки системи автоматичного керування (САК) був проаналізований технологічний процес (ТП) виготовлення печива, та була виділена ділянка схеми де знаходиться процес випічки печива в конвеєрній печі. У діжку тістомісильної машини дозувальними пристроями вносять глюкозний сироп, сіль, цукор, сухе молоко цільне, меланж. Суміш перемішується протягом 5-7 хв, після чого додається жир (маргарин). Суміш перемішується протягом 6-7 хв. За 1-2 хв до закінчення приготування емульсії додається фермент Нейтраза. Температура готової емульсії 30–40°C. Замість тіста виробляють шляхом змішування емульсії із сумішшю сухих компонентів. Тривалість замісу 30-50 хв до доведення вологості тіста — 29%. Після замісу тісто розкутають за допомогою валиків до товщини 1-3 мм, вирізають форму майбутнього печива, та роблять проколи, щоб печиво не пішло пухирями. Потім тісто прямує в тунельну піч, де випікається протягом 4-5 хвилин при температурі 120-270 °С. Наступним кроком печиво треба змістити на ребра та розфасувати, після чого воно пакується.

Обрано ділянку випікання печива, для якої і розроблено технологічну схему за якою проведено параметризацію.

Проведено розподілення параметри на дві групи «а» параметри, значення яких або характер їхньої зміни, регламентовані правилами ведення ТП та експлуатації технічного агрегату (ТА), та «б» параметри, зміни значень яких впливають на регламентовані параметри.

Грунтуючись на таблиці регламентів ведення ТП розроблено структурну схему об'єкта керування (ОК) процесом випічки печива в конвеєрній печі, де регульованими змінними обрані температури кожної з трьох зон печі  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  (рис.1).

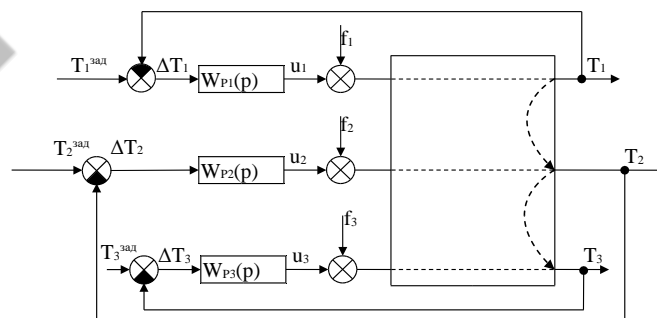


Рисунок 1 – Структурна схема ОК випічкою печива в конвеєрній печі

Виконано структурно-параметричну ідентифікацію каналів керування температурою в зонах печі  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ . За підсумками ідентифікації канали проявили статичні властивості, для яких виведено передатні функції 1-го та 2-го порядків.

Проведено ідентифікацію математичних моделей випадкових неконтрольованих збурень і в кінцевому результаті визначено, що найдоцільнішою моделлю є модель №2 з найменшим значенням критерія оптимальності.

У середовищі імітаційного моделювання MATLAB Simulink проведено реалізацію обраних математичних моделей, з якими були проведені комп'ютерні експерименти задля підтвердження їх відповідності оригінальному об'єкту керування. Задачі регулювання конвеєрною піччю конкретизовано а також визначено регламентну зону гранично-припустимих короточасних та довгочасних відхилень від заданих значень температур  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ . А заради ефективності системи обрано квадратично-інтегральний критерій.

Побудовано структурну схему САР температури в зонах печі базової структури з ПІ та ПД-алгоритмами регулювання та САР підвищеної динамічної точності з корегуючими між-регуляторними зв'язками.

Розроблено програмне забезпечення для автоматизованого робочого місця (АРМ) на базі SCADA в програмному середовищі CoDeSys 3.5 та WinCC Flexible (рис.2).

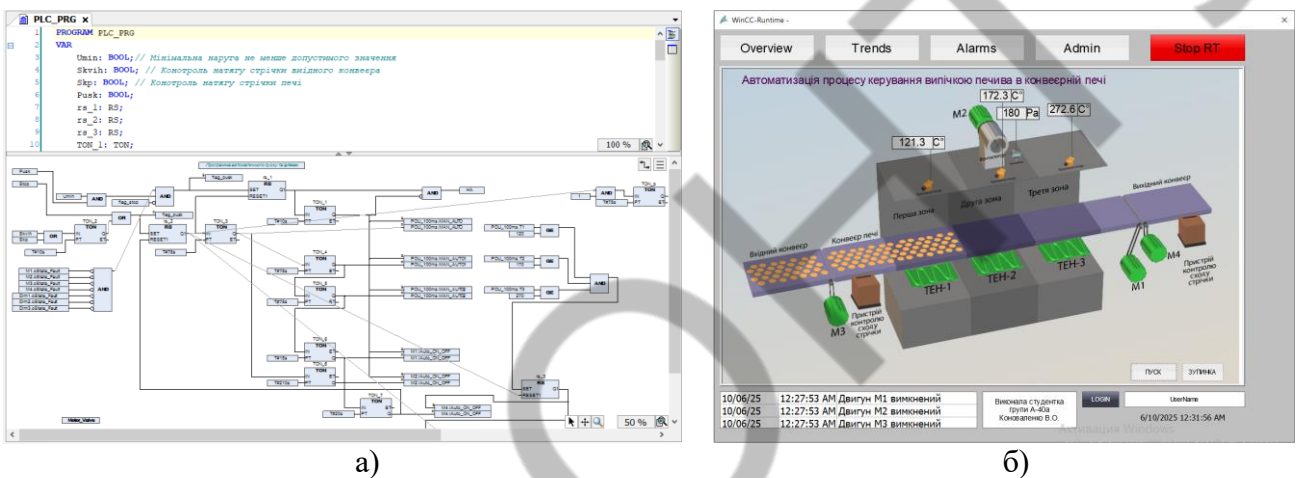


Рисунок 2 – а) Вигляд частини вікна програми, що реалізує алгоритми автоматичного пуску та зупинки; б) Зовнішній вигляд головного вікна на АРМ оператора

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Хобін В. А. Синтез систем автоматичного регулювання за показниками якості перехідних процесів: навч. посібник. Одеса: ОНТУ, 2018. – 120 с.
- [2] Тунельна піч И8-ПЕТ для випікання кондитерських виробів.  
URL: <https://www.cft-group.com/technology/industrial-cooking-kettles/>
- [3] Коноваленко В. О. Автоматизація процесу керування випічкою печива в конвеєрній печі: кваліфікаційна робота бакалавра. Одеса: ОНТУ, 2025. – 143 с. (рукопис).
- [4] Свідова О. Я. Підвищення енергоефективності термічних процесів харчових виробництв. Київ: НУХТ, 2019. – 156 с.  
URL: [https://www.researchgate.net/publication/366563248\\_MEASURES\\_AND\\_MEANS\\_TO\\_IMPROVE\\_THE\\_ENERGY\\_EFFICIENCY\\_OF\\_FOOD\\_PRODUCTION](https://www.researchgate.net/publication/366563248_MEASURES_AND_MEANS_TO_IMPROVE_THE_ENERGY_EFFICIENCY_OF_FOOD_PRODUCTION)
- [5] Малежик І. Ф. Теплофізика харчових продуктів. – К.: НУХТ, 2011.  
URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/bitstreams/bbdcd0f8-2d4f-4d43-a351-9ca6412f43df/download>
- [6] Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. – Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. – 407 с  
URL: [https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/7380/1/ІННОВАЦІЙНИЙ\\_ІНЖИНІРІНГ.pdf](https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/7380/1/ІННОВАЦІЙНИЙ_ІНЖИНІРІНГ.pdf)
- [7] Петренко А. О. Розробка людино-машинного інтерфейсу для систем керування хлібопекарськими печами. Вінниця: ВНТУ, 2022. – 98 с.  
URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/28345/viap.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[10] Сидоров М. І. Електропривод та автоматизація конвеєрних установок. Львів: Львівська політехніка, 2017. – 210 с.

URL: [https://vlp.com.ua/files/10\\_60.pdf](https://vlp.com.ua/files/10_60.pdf)

УДК 681.5:[66.047.4/6:663.15]:004.032.26

## КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ СУШІННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ З УРАХУВАННЯМ СТРУКТУРНИХ ЗМІН КРОХМАЛЮ

КОРЕННОЙ Б. Ю., СВІТИЙ І.М.

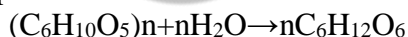
(makstherat2018@gmail.com, switij@yahoo.com)

Одеський національний технологічний університет

*Глибока переробка зерна кукурудзи є важливим напрямом розвитку агропромислового комплексу, оскільки дозволяє отримувати широкий спектр продуктів: модифікований крохмаль, глютен, біоетанол, органічні кислоти та інші біотехнологічні продукти. Одним із ключових етапів підготовки зерна до глибокої переробки є процес сушіння, який забезпечує не лише зниження вологості, але й збереження структурних та біохімічних властивостей зерна.*

В структурі зернівки, зокрема кукурудзи, крохмаль є основним вуглеводним компонентом. Крохмаль складається з полімерних ланцюгів амілози та амілопектину, здатних до структурних перетворень під впливом температури, вологості та активності ферментів: гіберелінів,  $\alpha$ -амілази,  $\beta$ -амілази і мальтази. У технологічних системах ці явища визначають здатність крохмалю до гелеутворення, водоутримання та подальшої переробки.

Структурна трансформація крохмалю [1]-[5] відбувається під час гідролізу або ферментативного розщеплення. Крохмаль - це полісахарид із мономерів глюкози з загальною формулою  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Він складається з двох полімерів: амілози (лінійний ланцюг) і амілопектину (розгалужений). Під дією води, кислот або ферментів крохмаль розщеплюється. Цей процес називається гідроліз крохмалю.



В результаті розщеплення утворюється продукт глюкоза. Поетапна структурна трансформація зазвичай перетворення відбувається у кілька стадій: крохмаль  $\rightarrow$  декстрини  $\rightarrow$  мальтоза  $\rightarrow$  глюкоза.

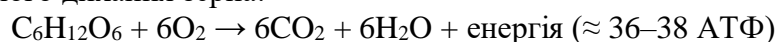
Крохмаль  $\rightarrow$  декстрини:  $(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_m$ ; декстрин  $\rightarrow$  мальтоза:  $2(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_{12}H_{22}O_{11}$ ; мальтоза  $\rightarrow$  глюкоза:  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$

Ферменти, що беруть участь в структурній трансформації крохмалю:

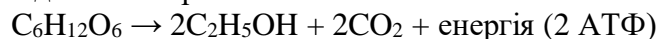
$\alpha$ -амілаза - розщеплює крохмаль до декстринів;  $\beta$ -амілаза - утворює мальтозу; мальтаза - розщеплює мальтозу до глюкози.

У подальшому глюкоза, що утворилася, є джерелом енергії для проростання зерна. Процес трансформації крохмалю проходить саме на етапі проростання, коли зародок синтезує гібереліни, які стимулюють синтез інших ферментів в алейроновому шарі зернівки. Під дією ферментів, активність яких залежить від температури і вологості, а також від умов дихання зерна (у присутності кисню та без нього) здійснюється трансформація крохмалю в глюкозу, а потім і вивільнення енергії за рівняннями аеробного і анаеробного дихання зерна. [6]

Рівняння аеробного дихання зерна:



Рівняння анаеробного дихання зерна:



У процесі аеробного і анаеробного дихання відбувається вивільнення енергії, яке, окрім іншого, іде на утворення теплової енергії, яка є причиною самозгрівання зерна. При аеробному диханні вивільняється волога, що спричиняє самозволоження зерна. У процесі

дихання споживається кисень і виділяється вуглекислий газ у міжзерновий простір. Це змінює склад повітря міжзернового простору і умови дихання зерна. У зерні одночасно відбуваються процеси як аеробного, так і анаеробного дихання, співвідношення яких залежить від концентрації кисню.

Найефективнішим способом зниження вологості зерна є його сушіння. Для цього використовують сушарки здебільшого конвективного типу. Технологічна ефективність полягає у зниженні втрат зерна в масі і якості. При цьому втрати в масі полягатимуть у розкладанні глюкози, а втрати в якості полягають у втратах крохмалю. Питомі енергозатрати полягатимуть у затратах палива і електроенергії на сушіння зерна. Якщо зниження втрат зерна у процесі зберігання у вартісному еквіваленті перевищить енергозатрати на процес, то будемо говорити про досягнення ефективності процесу сушіння зерна. Для вирішення задачі пошуку оптимальних режимів сушіння зерна, зокрема кукурудзи, що йде на глибоку переробку з метою отримання крохмалю потрібно отримати модель процесу, яка б враховувала не лише процеси формування теплового та вологісного поля просушеного зерна, а і процеси ферментативної трансформації крохмалю в процесі зберігання і сушіння зерна.

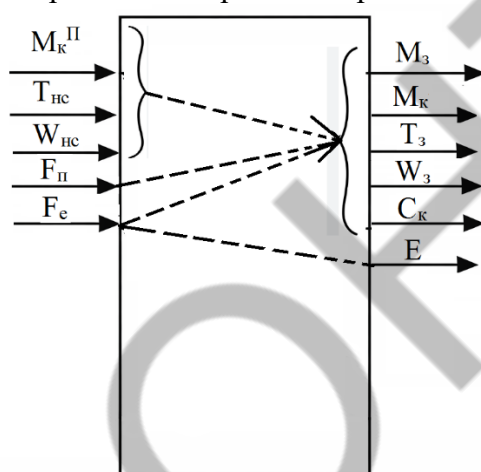


Рисунок 1 - Концептуальна модель сушіння зерна кукурудзи

$M_k^{II}$  - початкова маса крохмалю;  $T_{nc}$  - температура навколишнього середовища;  $W_{nc}$  - вологість навколишнього середовища;  $F_{II}$  - втрати палива;  $F_e$  - втрати електроенергії;  $M_z$  - маса зерна;  $M_k$  - маса крохмалю;  $T_z$  - температура зерна;  $W_z$  - вологість зерна;  $C_k$  - концентрацію кисню в повітрі міжзернового простору;  $E$  - питомі енергозатрати

**Висновки.** Проаналізовано процес сушіння зерна кукурудзи як важливий етап підготовки сировини до глибокої переробки. Обґрунтовано використання структурної трансформації крохмалю як якісного показника процесу сушіння. Розглянуто основні етапи перетворення крохмалю – від полімерної структури до декстринів, мальтози та глюкози. Запропоновано концептуальну модель сушіння кукурудзи яка дозволяє розглядати процес з позиції контролю структурних змін крохмалю.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Allied Chemistry III. - KNG Arts College, 2021.
2. Kurta S.A. Chemistry of Natural Carbohydrates and Polysaccharides. - Lecture notes, 2021.
3. H. Mattar et al., Nitrocellulose: Structure, Synthesis, Characterization, and ..., Natural Sciences Publishing Cor., 2020.
4. Biomolecules (lecture notes/PDF) - Hydrolysis/formation of maltose; formation of  $C_{12}H_{22}O_{11}$  from starch units.
5. Chemistry and Biochemistry Department, Carbohydrates Lectures - Hydrolysis of disaccharides yielding two monosaccharides, 2025.
6. Textbook of Basics of Biophysics. - AGAR Publication, 2023.

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ФРАКТАЛЬНИХ МНОЖИН МАНДЕЛЬБРОТА ТА ЖУЛІА**

КРИВЧЕНКО Ю.В., КРИВЧЕНКО А.А.  
(Taediumvit@gmail.com, Nastya.otk.2014@gmail.com),  
ВСП «Одеський технічний фаховий коледж  
Одеського національного технологічного університету»

*У тезах подано опис розробки програмного застосунку для високопродуктивної та точної візуалізації множин Мандельброта і Жуліа з використанням паралельних обчислень (PPL) та алгоритму Smooth Escape-time. Реалізовано обчислювальне ядро на C++ з підтримкою long double, механізм плавного розфарбовування та інтерфейс на FireMonkey для інтерактивного дослідження параметрів. Результати тестування показали значне прискорення рендерингу на багатоядерних CPU та стабільність обчислень при глибокому масштабуванні.*

Сучасні інструменти візуалізації фракталів часто не поєднують високу точність при глибокому масштабуванні та ефективне використання багатоядерних CPU; багато рішень є комерційними або не використовують повністю паралелізм. Необхідно створити переносний інструмент, що забезпечує реальне часове масштабування, плавну колірну стилізацію та високу чисельну точність.

Було розроблено обчислювальне ядро Escape-time з підтримкою високої точності (long double). Було реалізовано алгоритм плавного розфарбовування (Smooth Coloring) через ренормалізацію і подвійне логарифмування. Було забезпечено ефективну паралелізацію рендерингу за допомогою Parallel Patterns Library (PPL) з lock-free доступом до буфера пікселів. Було створено інтерактивний GUI на базі FireMonkey з можливістю real-time zoom, зміни параметра  $c$  для множин Жуліа та експорту зображень у PNG/JPG.

Було проведено тестування продуктивності на різних апаратних конфігураціях.

Обчислювальне ядро реалізовано на C++ з оптимізаціями: заміна операцій піднесення до степеня на прямі множення, пре-обчислення квадратів компонент, використання long double для збереження деталізації при глибокому Zoom. Для усунення дискретних кольорових меж застосовано алгоритм Smooth Coloring: при виході з радіуса обчислюється дробове значення ітерацій  $\mu$  через подвійне логарифмування модуля  $|z|$ , що дозволяє виконувати лінійну інтерполяцію палітри. Паралелізація реалізована через Parallel::For (PPL) з розподілом рядків зображення між ядрами та прямим доступом до ScanLine — це дозволяє уникнути м'ютексів і досягти майже лінійного прискорення. Інтерфейс побудовано на Ebarcadero RAD Studio C++ Builder + FireMonkey (FMX) з прямим формуванням ARGB-буфера для швидкого виводу кадру та панеллю керування параметрами (межі комплексної площини,  $N$ ,  $Re(c)$ ,  $Im(c)$ , палітра).

Верифікація на сценаріях «класичний Мандельброт», «Жуліа — Дракон», «Seahorse Valley» підтвердила стабільність обчислень без артефактів пікселізації при точності близько  $10^{-15}$ . Продуктивність: на AMD Ryzen 7 5800X досягнуто коефіцієнта прискорення  $\sim 10.6\times$ ; час рендерингу кадру  $1920\times 1080$  —  $< 50$  мс у оптимальних умовах. Інтерактивність: real-time zoom і миттєве оновлення кадру при зміні параметрів; підтримка експорту PNG/JPG.

На рисунку 1 бачимо фінальний вигляд програми. Реалізовано панель керування та інтерактивне вікно перегляду з підтримкою миттєвого оновлення кадру. Панель керування у лівій частині вікна дозволяє обирати тип множини (Мандельброта чи Жуліа), налаштовувати колірну гаму та ініціювати рендеринг або збереження результатів візуалізації у форматах PNG/JPG. Блок математичних параметрів забезпечує точне введення меж комплексної площини, глибини ітерацій  $N$  та констант  $Re(c)$ ,  $Im(c)$ , що є критичним для детального

дослідження фрактальних структур. Результат обчислень виводиться у масштабну область візуалізації, а інтерактивний рядок стану в нижній частині вікна надає миттєвий зворотний зв'язок, відображаючи поточний масштаб та час паралельного рендерингу в мілісекундах. Через рядок стану можна продивитися результати бенчмарку (швидкодії процесору).

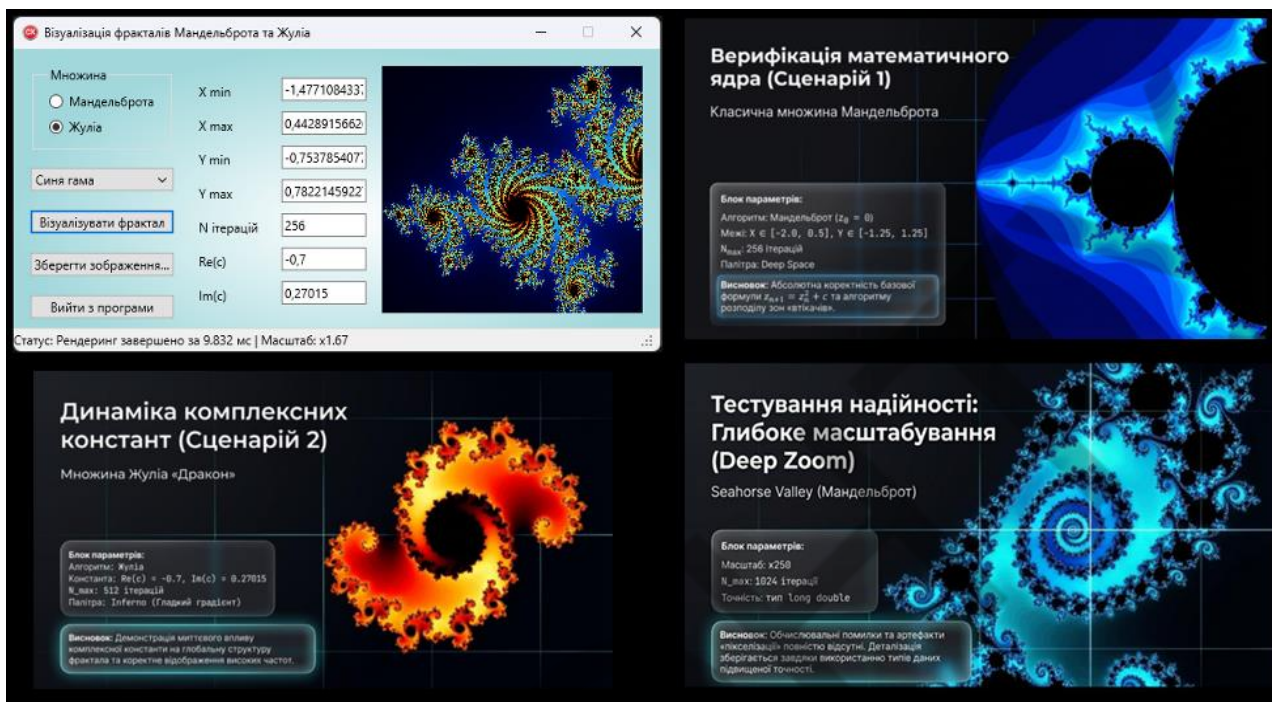


Рисунок 1. - Головне вікно розробленого застосунку для візуалізації фракталів

Поєднання високопрецизійних чисельних методів, Smooth Coloring та ефективної паралелізації на CPU дозволяє отримувати якісну та швидку візуалізацію фракталів без залучення спеціалізованого GPU. Архітектура коду забезпечує переносність і створює передумови для подальшого прискорення через GPU (CUDA/OpenCL), розширення палітр та підтримку 4K-анімацій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. E. W. Weisstein, "Mandelbrot Set," MathWorld — A Wolfram Web Resource, 2024. [Online]. Available: <https://mathworld.wolfram.com/MandelbrotSet.html> [Accessed: Apr. 09, 2025].
2. J. E. Hutchinson, "Fractals and self similarity," Indiana Univ. Math. J., vol. 30, no. 5, pp. 713–747, 1981.
3. Microsoft, "Parallel Patterns Library (PPL) Overview," Microsoft Docs, 2024. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/cpp/parallel/ppl/ppl-intro> [Accessed: Apr. 09, 2025].
4. Embarcadero Technologies, "RAD Studio C++Builder Documentation," 2024. [Online]. Available: <https://www.embarcadero.com/products/cbuilder> [Accessed: Apr. 09, 2025].
5. R. L. Devaney, A First Course in Chaotic Dynamical Systems: Theory and Experiment, 2nd ed., Westview Press, 2003.
6. A. Milnor, Dynamics in One Complex Variable, 3rd ed., Princeton Univ. Press, 2006.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ДВОРІВНЕВОЇ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСОБАМИ MS EXCEL SOLVER

ЛЕБЕДЄВА М. С.

(lebedeva.maria@stud.onu.edu.ua)

ВСП «Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І.Мечникова»

*У роботі розглянуто задачу оптимізації дворівневої розподільчої мережі підприємства. Побудовано математичну модель мінімізації транспортних витрат з урахуванням обмежень на постачання, пропускну здатність розподільчих центрів та попит споживачів. Для розв'язання використано MS Excel Solver. Отримано оптимальний план перевезень та визначено мінімальні транспортні витрати.*

У сучасних умовах розвитку логістичних систем ефективно управління матеріальними потоками набуває особливої актуальності. Оптимізація процесів розподілу товарів дозволяє зменшити транспортні витрати, підвищити рівень обслуговування споживачів та ефективність прийняття управлінських рішень. Дворівневі розподільчі мережі, що включають постачальників, розподільчі центри та кінцевих споживачів, широко використовуються у логістичних системах підприємств різного масштабу. Така структура дозволяє централізувати розподіл товарів, зменшити кількість маршрутів прямої доставки та підвищити ефективність використання транспортних ресурсів [1].

Дане дослідження присвячене оптимізації дворівневої розподільчої мережі підприємства з метою мінімізації загальних транспортних витрат при виконанні обмежень на обсяги постачання, попиту споживачів та пропускну здатність розподільчих центрів.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання: формалізовано дворівневу задачу розподільчої логістики; побудовано математичну модель лінійного програмування; реалізовано модель у середовищі MS Excel з використанням надбудови Solver; проведено оптимізацію та отримано оптимальний план перевезень [2].

Розглянемо дворівневу розподільчу систему, що складається з:

- $i = 1, \dots, m$  - постачальники;
- $j = 1, \dots, n$  - розподільчі центри;
- $k = 1, \dots, p$  - кінцеві споживачі.

Позначимо:

- $x_{ij}$  – обсяг перевезень від  $i$ -го постачальника до  $j$ -го розподільчого центру;
- $u_{jk}$  – обсяг перевезень від  $j$ -го розподільчого центру до  $k$ -го споживача;
- $c_{ij}$ ,  $d_{jk}$  – відповідні транспортні витрати.

Цільова функція мінімізації транспортних витрат має вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p d_{jk} u_{jk} \rightarrow \min.$$

Система обмежень включає:

1) Обмеження обсягів постачання постачальників:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq P_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

де  $P_i$  – обсяг постачання  $i$ -го постачальника.

2) Обмеження попиту споживачів:

$$\sum_{j=1}^n u_{jk} = C_k, \quad k = 1, \dots, p,$$

де  $C_k$  - попит  $k$ -го споживача.

3) Обмеження пропускну здатності розподільчих центрів означає, що обсяг продукції, що надходить на розподільчий центр, не повинен перевищувати його місткість:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq S_j, \quad j = 1, \dots, n,$$

де  $S_j$  - пропускну здатність  $j$ -го центру.

4) Баланс потоків на розподільчих центрах означає, що обсяг продукції, що надходить на розподільчий центр, дорівнює обсягу, що відвантажується:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{k=1}^p y_{jk}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Для демонстрації практичного застосування математичної моделі розглянуто задачу оптимізації розподільчої мережі з трьома постачальниками, двома розподільчими центрами та чотирма споживачами. Вихідні дані включають обсяги постачання, пропускну здатність розподільчих центрів, попит споживачів та транспортні витрати.

Для розв'язання задачі використано надбудову MS Excel Solver, яка дозволяє виконати оптимізацію лінійної моделі та визначити оптимальні значення змінних  $x_{ij}$  та  $y_{jk}$ , що мінімізують загальні транспортні витрати [3]. За результатами оптимізації визначено раціональний розподіл потоків між постачальниками, розподільчими центрами та споживачами, який графічно представлено на рис.1. Отриманий план перевезень дозволяє мінімізувати загальні транспортні витрати та забезпечити повне задоволення попиту споживачів.

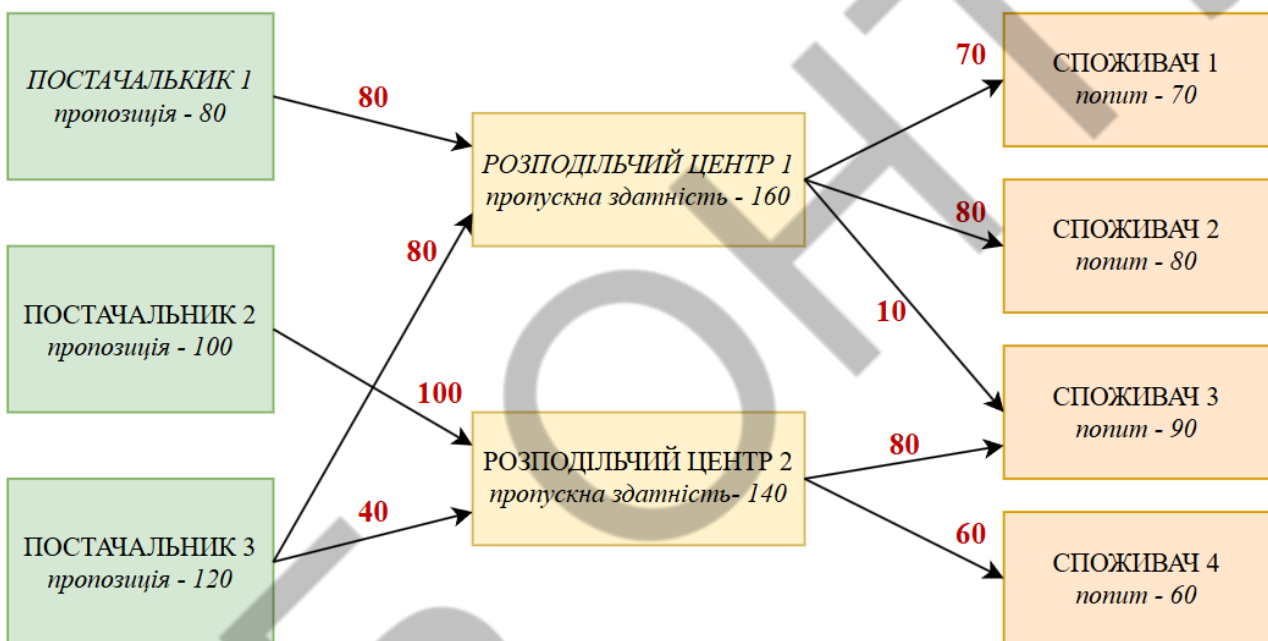


Рисунок 1 – Оптимальний план перевезень дворівневої розподільчої мережі

Запропонований підхід є універсальним і може застосовуватися в логістичних мережах підприємств різного масштабу. Використання MS Excel Solver дозволяє поєднати математичне моделювання з реальними бізнес-процесами та підвищити ефективність управлінських рішень у сфері розподільчої логістики.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Л. С. Безугла, Н. І. Юрченко, Т. В. Ільченко, І. М. Пальчик, Д. В. Воловик, Логістика: навч. посіб. Дніпро: Пороги, 2021, 252 с.
- [2] О. О. Балтовський, Г. В. Форос, О. І. Сіфоров, Основи математичного моделювання: навч. посіб., О. А. Балтовський, ред. Одеса: Одеський держ. ун-т внутрішніх справ, 2023, 125 с.
- [3] Microsoft, Excel Solver Documentation, 2025. [Online]. Available: <https://support.microsoft.com/solver>.

## **ПРОГНОЗУВАННЯ LOC ІГОР, РОЗРОБЛЕНИХ МОВОЮ JAVA**

ЛОГВИНЕНКО В.Ю., ЛАТАНСЬКА Л.О.

(sslaffik@gmail.com, liudmyla.latanska@nuos.edu.ua)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

*У роботі досліджується процес раннього прогнозування розміру ігор, розроблених мовою Java. Отримані результати дозволяють підвищити достовірність оцінювання необхідних ресурсів і часу на етапі проєктування.*

Ефективне управління процесом створення ігрових проєктів безпосередньо залежить від точності попередньої оцінки їхнього обсягу. У сучасній інженерії програмного забезпечення розмір програмної системи є ключовим параметром для оцінювання трудомісткості та вартості розробки. Для цього використовуються алгоритмічні моделі оцінювання, зокрема СОСОМО II [1]. Традиційно розмір програмної системи визначають через метрику LOC (Lines of Code), яка широко застосовується в таких моделях. Проте використання подібних моделей в ігровій індустрії ускладнюється тим, що вони потребують значення кількості рядків коду як вхідного параметра. На етапі технічного проєктування гри, коли архітектура ще не реалізована, визначити точну кількість рядків коду практично неможливо. Це зумовлює необхідність розробки моделей для прогнозування розміру (LOC) на основі проміжних структурних характеристик майбутньої програми.

Окремої уваги потребує розроблення ігор мовою Java [2]. Завдяки широкому використанню об'єктно-орієнтованого підходу, великій кількості стандартних бібліотек та специфічних геймдев-фреймворків (таких як LibGDX або jMonkeyEngine [3, 4]), структура ігрового проєкту на Java характеризується високою щільністю взаємозв'язків між класами та методами.

Побудова математичної моделі прогнозування розміру ігор та її програмна реалізація дозволяють автоматизувати процес планування ігрових проєктів, зменшити вплив «людського фактора» на оцінку ризиків та забезпечити менеджера проєкту об'єктивними даними про очікуваний обсяг роботи ще до початку активної фази написання коду. Отже, розробка спеціалізованого програмного засобу для прогнозування розміру ігор на мові Java є актуальним завданням.

Метою роботи є підвищення достовірності оцінювання розміру ігор, розроблених мовою Java, за рахунок створення нелінійної регресійної моделі.

Відповідно до поставленої мети виконано такі завдання: проведено аналіз предметної галузі та постановку задачі, виконано збір та попередню обробку даних, побудовано модель, створено програмне забезпечення для реалізації математичної моделі, проведено аналіз отриманих результатів.

Спочатку було обрано 102 загальнодоступних проєкти з репозиторію GitHub, що написані мовою Java та є іграми. Для зняття даних використано програмне забезпечення СК [5]. З кожного проєкту зібрано дані з наступних метрик: KLOC (Thousand Lines of Code) і NC (Number of Classes). Серед цих двох метрик KLOC використовується як залежна змінна Y, значення якої прогнозується за допомогою моделі нелінійної регресії, а NC – як незалежна змінна X, за якою виконується прогнозування.

Дані перевірено за критерієм Пірсона щодо нормальності розподілу й встановлено, що розподіл даних не є гаусівським. Для побудови нелінійної регресії використано метод нормалізуючих перетворень з такими основними кроками: нормалізація даних; побудова моделі, довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування лінійної регресії для нормалізованих даних; побудова моделі, довірчого та прогнозного інтервалів нелінійної регресії для вихідних даних з використанням зворотного перетворення [6].

В якості нормалізуючого перетворення обрано  $\log_{10}$ . Для ідентифікації викидів у вибірці застосовано квадрат відстані Махаланобіса. Оцінювання параметрів лінійної регресії виконано методом найменших квадратів.

Побудована нелінійна регресійна модель для прогнозування розміру ігор, розроблених мовою Java, має вигляд:

$$Y = 10^{\varepsilon+1,40200} X^{1,04256},$$

де  $\varepsilon$  – випадкова гаусівська величина.

Для того щоб перевірити якість та адекватність отриманої моделі, було обчислено наступні показники якості:

- коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ): 0,91322;
- середня величина відносної похибки (MMRE): 0,24006;
- рівень прогнозування (PRED (0,25)): 0,60256.

Якість отриманої моделі є прийнятною.

Для побудованої моделі нелінійної регресії була розроблена програма мовою Python, яка здійснює прогнозування значення метрики KLOC за NC.

**Висновки.** У результаті виконання роботи побудовано модель нелінійної регресії для прогнозування розміру ігор на мові Java, яка має прийнятну якість оцінювання. Також розроблено програмне забезпечення для реалізації моделі, що дає змогу автоматизувати процес прогнозування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. B. W. Boehm, *Software Engineering Economics*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1981.
2. Oracle, "Java," [Online]. Available: <https://www.java.com/en/>. [Accessed: Apr. 05, 2025].
3. libGDX, "libGDX," [Online]. Available: <https://libgdx.com/>. [Accessed: Apr. 05, 2025].
4. jMonkeyEngine, "jMonkeyEngine," [Online]. Available: <https://jmonkeyengine.org/>. [Accessed: Apr. 05, 2025].
5. M. Aniche, "CK: Code metrics for Java by means of static analysis," GitHub repository, [Online]. Available: <https://github.com/mauricioaniche/ck>. [Accessed: Apr. 05, 2025].
6. N. V. Prykhodko and S. B. Prykhodko, "Constructing the nonlinear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations," *Elektronnoe Modelirovanie*, vol. 40, no. 6, pp. 101–110, 2018, doi: 10.15407/emodel.40.06.101.

УДК 004.021:519.17

#### АЛГОРИТМІЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РУХУ У ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ

МСЛІБАБАЄВ АРСЕН МІЗАМУДІНОВИЧ, КОРЕНКОВА ГАННА ВАЛЕНТИНІВНА  
(krutaya.oksi@gmail.com, av.korenkova@gmail.com)

Фаховий коледж Одеського національного університету імені І.І. Мечникова,

У роботі запропоновано «напівкооперативний» метод маршрутизації транспортних потоків, що долає недоліки класичних статичних алгоритмів та запобігає утворенню нових заторів. Основою підходу є модифікація алгоритму Дейкстри з використанням динамічних ваг: до статичної вартості дороги додається тимчасовий штраф («слід» агента). Ключова інновація — механізм часової релаксації, який поступово зменшує ці штрафи, моделюючи «остигання» мережі та звільняючи магістралі для повторного використання. Програмна реалізація мовою C++ з використанням бібліотеки Boost Graph Library довела ефективність

методу: обчислювальні витрати зросли лише на 5–10%, а загальна вартість маршрутів суттєво знизилася, що підтверджує придатність розробленого адаптивного алгоритму для використання в сучасних інтелектуальних транспортних системах реального часу.

Стрімка урбанізація та постійне зростання інтенсивності дорожнього руху вимагають перегляду класичних підходів до маршрутизації. Традиційні навігаційні системи, що базуються на статичних алгоритмах, таких як алгоритм Дейкстри [1] або A\*, розглядають дорожню мережу як незмінний граф. Це призводить до синхронної маршрутизації, коли навігатори спрямовують потоки транспорту на один «оптимальний» шлях, ігноруючи взаємний вплив учасників руху, що парадоксальним чином створює нові затори. Існуючі методи повного кооперативного пошуку (MAPF) ефективні, але вимагають значних обчислювальних ресурсів, що ускладнює їх використання в реальному часі. Метою даної роботи є розробка «напівкооперативного» методу, який поєднує швидкість класичних алгоритмів із гнучкістю динамічних систем.

Запропонований підхід базується на модифікації алгоритму Дейкстри з впровадженням механізму динамічних ваг, ідея якого частково спирається на концепцію кооперативного пошуку шляху Д. Сілвера [2]. У розробленій моделі вартість проходження ребра графа не є константою, а формується як суперпозиція двох компонентів: статичної ваги, що відображає фізичні властивості дороги, та динамічної ваги — тимчасового штрафу («сліду»), який залишає агент при плануванні маршруту. Ключовою інновацією роботи є реалізація механізму часової релаксації, який моделює процес «остигання» системи. На кожному дискретному кроці симуляції динамічні ваги зменшуються, що дозволяє тимчасово заблокованим магістралям звільнитися для нових агентів, запобігаючи неефективному використанню пропускної здатності мережі.

Для забезпечення високої продуктивності програмну реалізацію виконано мовою C++ з використанням бібліотеки Boost Graph Library (BGL) [3], що дозволило досягти низькорівневого контролю пам'яті. Порівняльний аналіз підтвердив, що для задач міського масштабу (понад 10 000 вершин) використання алгоритму Дейкстри є безальтернативним порівняно з алгоритмом Флойда–Уоршелла, який на тестових даних виконувався понад 2,5 години, тоді як базовий алгоритм Дейкстри — менше 0,1 секунди.

Експериментальне моделювання багатоагентних сценаріїв продемонструвало ефективність запропонованого методу релаксації. У сценаріях із жорстким блокуванням (без релаксації) агенти змушені були обирати маршрути через зони з високою статичною вартістю, що підвищувало загальну вартість проїзду до 20 умовних одиниць. Натомість, в асинхронному режимі з увімкненою релаксацією, система встигала адаптуватися до змін: оптимальні маршрути звільнялися для повторного використання, що дозволило знизити вартість поїздки до 16 одиниць. При цьому оцінка швидкодії показала, що обчислювальні витрати на підтримку динамічних ваг становлять лише 5–10% від часу роботи стандартного алгоритму, що підтверджує придатність методу для використання в інтелектуальних транспортних системах реального часу.

Запропонований метод із динамічними вагами ефективно долає обмеження статичної маршрутизації та запобігає утворенню заторів. Інноваційний механізм часової релаксації («остигання» мережі) гнучко перерозподіляє трафік, суттєво знижуючи загальну вартість маршрутів. Програмна реалізація довела високу швидкість: при накладних витратах у 5–10% алгоритм ідеально підходить для систем реального часу.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Стайн К. Вступ до алгоритмів. 3-тє вид. Київ : К.І.С., 2019. 1288 с
- [2] Silver D. Cooperative Pathfinding // Proceedings of the First AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment (AIIDE '05). 2005. P. 117–122.
- [3] Siek J. G., Lee L. Q., Lumsdaine A. The Boost Graph Library: User Guide and Reference Manual. Boston : Addison-Wesley Professional, 2001. 321 p.

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИВЧЕННЯ БАГАТОШАРОВОГО СЕРЕДОВИЩА МЕТОДАМИ БАГАТОЧАСТОТНОГО ІМПЕДАНСНОГО ЗОНДУВАННЯ

МЕРЕНЬКО Б. І.

(bohdan.merenko-a12322@nung.edu.ua)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*У роботі досліджено можливості ідентифікації параметрів багатошарового середовища типу «нафта–емульсія–вода» на основі аналізу спектру комплексного коефіцієнта передачі. Показано обмеження одночастотних методів, що пов'язані з недовизначеністю задачі та впливом паразитних параметрів вимірювальної системи. Обґрунтовано застосування багаточастотного зондування, яке дозволяє сформуванню перевизначену систему рівнянь та забезпечити стійку ідентифікацію параметрів. Визначено оптимальний діапазон частот і показано ефективність статистичних методів обробки вимірювальних даних.*

**Постановка проблеми.** Контроль параметрів багатофазних середовищ, зокрема системи «нафта–вода», є важливою задачею для нафтогазової галузі, оскільки визначення товщини шарів і електрофізичних характеристик безпосередньо впливає на ефективність технологічних процесів. Основною проблемою є вплив паразитних параметрів ізоляції, які на низьких частотах можуть перевищувати корисний сигнал на декілька порядків. У результаті вимірювальна система формує сигнал, у якому корисна складова маскується, що ускладнює ідентифікацію параметрів середовища.

**Перелік вирішених завдань.** У роботі вирішено такі основні завдання: проаналізовано обмеження одночастотного імпедансного методу; обґрунтовано доцільність застосування багаточастотного зондування; досліджено частотну залежність комплексного коефіцієнта передачі для різних станів середовища; визначено умови лінійної незалежності вимірювань; встановлено оптимальний діапазон частот для підвищення інформативності сигналу; обґрунтовано використання статистичних методів обробки вимірювань.

**Виклад суті дослідження.** Розв'язання задачі ідентифікації параметрів середовища формалізовано як задачу математичного моделювання з використанням перевизначених систем рівнянь та методів оптимізації. Одночастотні методи забезпечують лише два рівняння (для дійсної та уявної складових сигналу), тоді як кількість невідомих параметрів є більшою, що призводить до недовизначеності задачі [1], [2]. У таких умовах неможливо відокремити вплив електропровідності середовища від впливу ізоляції.

Застосування багаточастотного зондування дозволяє сформуванню перевизначену систему рівнянь. Для набору з  $NNN$  частот отримується  $2N2N2N$  рівнянь, що створює умови для використання методу найменших квадратів та інших статистичних підходів [3]. Важливим є те, що комплексний коефіцієнт передачі має індивідуальну частотну сигнатуру для кожного стану середовища, що дозволяє ідентифікувати його структуру.

Аналіз частотних характеристик показує, що у діелектричних середовищах спостерігається перехід від ємнісного до резистивного режиму, тоді як у провідних середовищах домінує активна складова сигналу. Це пов'язано з процесами поляризації, зокрема ефектом Максвелла–Вагнера, який визначає частотну дисперсію параметрів багатофазних систем [6].

Додатково встановлено, що використання широкого частотного діапазону забезпечує ефект «просторового сканування», оскільки глибина проникнення електричного поля залежить від частоти. Це дозволяє отримувати інформацію про розподіл параметрів по глибині середовища. Крім того, багаточастотний підхід забезпечує компенсацію поляризаційних ефектів та підвищує завадостійкість за рахунок перевизначеності системи [7].

Ефективність ідентифікації параметрів значною мірою залежить від вибору частотного діапазону. Найбільш інформативною є область, що охоплює характерну частоту переходу системи, де спостерігається максимальна зміна фазового кута сигналу. Для типових нафтовмісних емульсій оптимальним є діапазон 10 Гц – 100 кГц. Використання логарифмічного розподілу частотних точок дозволяє мінімізувати вплив похибок вимірювання та підвищити точність оцінювання параметрів.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що одночастотні методи є принципово обмеженими для аналізу багаточастотних середовищ через недовизначеність задачі. Показано, що багаточастотний підхід забезпечує лінійну незалежність вимірювань і дозволяє формувати перевизначену систему рівнянь. Доведено, що частотна залежність сигналу містить інформативні ознаки, які дозволяють ідентифікувати електрофізичні параметри середовища. Визначено оптимальний діапазон частот та обґрунтовано доцільність застосування статистичних методів обробки. Отримані результати можуть бути використані при створенні інтелектуальних вимірювальних систем для контролю багаточастотних середовищ у промислових умовах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] E. Barsoukov and J. R. Macdonald, *Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment, and Applications*, 3rd ed. Wiley, 2018, doi: 10.1002/9781119381860.
- [2] M. E. Orazem and B. Tribollet, *Electrochemical Impedance Spectroscopy*, 2nd ed. Wiley, 2017, doi: 10.1002/9780470381588.
- [3] F. Kremer and A. Schönhal, Eds., *Broadband Dielectric Spectroscopy*. Springer, 2003, doi: 10.1007/978-3-642-56120-7.
- [4] A. Lasia, *Electrochemical Impedance Spectroscopy and its Applications*. Springer, 2014, doi: 10.1007/978-1-4614-8933-7.
- [5] S. Grimnes and Ø. G. Martinsen, *Bioimpedance and Bioelectricity Basics*, 3rd ed. Academic Press, 2015, doi: 10.1016/C2012-0-06450-3.
- [6] A. K. Jonscher, *Dielectric Relaxation in Solids*. London: Chelsea Dielectrics Press, 1983.
- [7] D. S. Holder, Ed., *Electrical Impedance Tomography: Methods, History and Applications*. CRC Press, 2004.

УДК 004.896:664.85.036.041

### АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ УВАРЮВАННЯМ ФРУКТОВИХ НАЧИНОК У ПЕЧІ

МОГІЛЬДА О. І.

(samsungmog3908@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

*Реферат.* У дослідженні розроблено системи автоматичного керування процесом уварювання фруктових начинок у печі. В ході якого було проведено аналіз технологічного процесу, визначено головні параметри керування — температуру, тиск, рівень та в'язкість. Проведено структурну та параметричну ідентифікацію об'єкта керування та розроблено систему автоматичного керування підвищеної динамічної точності з використанням ПД-регулятора. Метою дослідження було підвищення стабільності технологічних параметрів процесу шляхом створення автоматизованої системи керування.

Автоматизація процесу уварювання фруктових начинок є актуальним завданням і чимало дослідників займалися цим питанням. Основним недоліком розглянутих досліджень є низька

ефективність процесу уварювання фруктових начинок в результаті низької точності регулювання процесом.

В дослідженні проведено аналіз технологічного процесу уварювання фруктових начинок. Описано процес та розроблено його схему з якої виділено ділянку уварювання та охолодження, для якої розроблено технологічну схему та проведено її подальшу параметризацію.

Параметри та регламенти технологічного процесу уварювання та охолодження поділено на групи та на їх основі розроблено параметричну схему процесу. Реалізовано таблицю регламентів ведення технологічного процесу виготовлення фруктових начинок і роботи печі. На основі таблиці розроблено структурну схему об'єкта керування (ОК) процесом виготовлення фруктових начинок, в котрій в якості змінних для регулювання було обрано розрідження в печі ( $\Delta P$ ) та рівень суміші в печі ( $L_C$ ) (рис. 1).

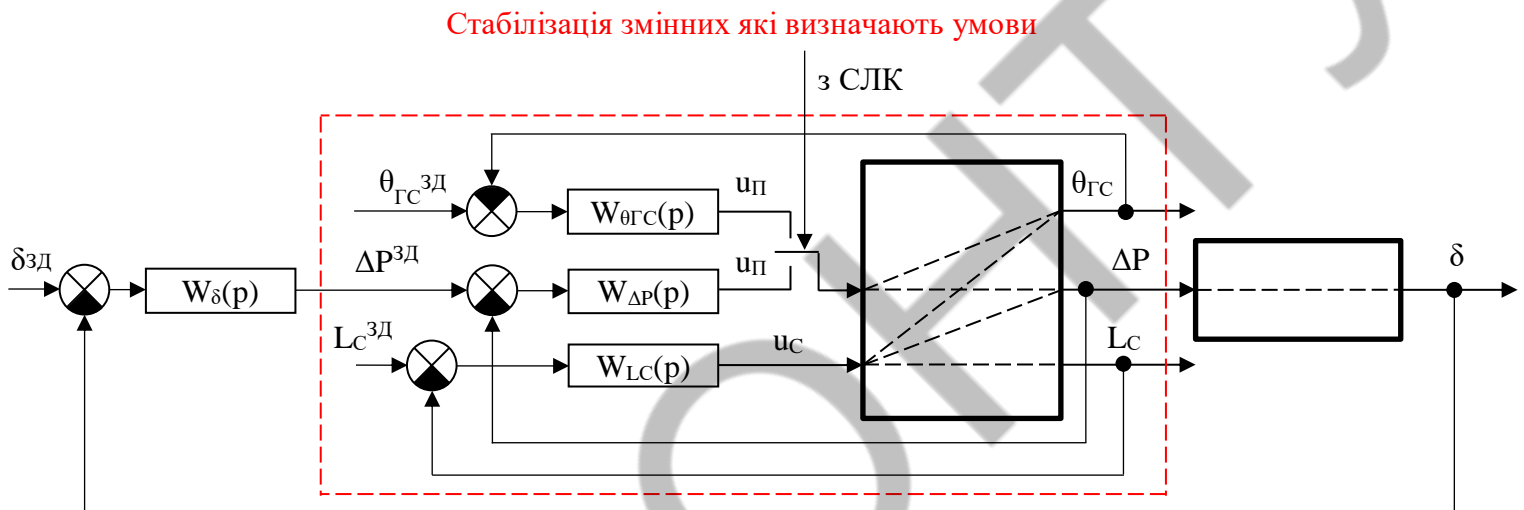


Рисунок 1. – Структурна схема ОК процесом уварювання фруктових начинок

Проведено структурну та параметричну ідентифікацію каналів управління розрідження в печі ( $\Delta P$ ) та рівня суміші в печі ( $L_C$ ). В результаті ідентифікації ми визначили що канали розрідження в печі має статичні властивості, а канал рівня суміші в печі має астатичні властивості. Для статичних і астатичних каналів отримано передаточні функції 1-го та 2-го порядку.

Проведено ідентифікацію математичних моделей неконтрольованих збурень об'єкта керування. З результатів ідентифікації було визначено що в якості моделі неконтрольованого збурення найдоцільнішим варіантом була модель №6, так як вона з усіх моделей має найменший критерій оптимальності. Отримані математичні моделі було реалізовувано у середовищі комп'ютерного імітаційного моделювання MATLAB Simulink. Проведено комп'ютерні експерименти для обґрунтування моделей адекватності об'єкту-оригіналу. За результатами експериментів математичні моделі виявилися адекватними і вони в достатній мірі відтворюють експериментальні дані.

Конкретизовано задачі регулювання печі для уварювання з вакуумною установкою, сформовано регламентну зону гранично-припустимих вимог до розрідження в печі ( $\Delta P$ ) та рівня суміші в печі ( $L_C$ ). Також для ефективності роботи САР в якості критерію було обрано інтегральний модульний критерій.

Розроблено структурну схему САР розрідження та рівня базової структури. В якості алгоритмів регулювання обрано ПІ та ПІД-алгоритми, отримано передаточні функції, розраховувано їхні налаштувальні параметри та після чого проведено параметричний синтез та аналіз САР.

Проведено порівняння САР з ПІ- та ПІД-регуляторами з чого було визначено що САР з

ПІД-регулятором виявилась кращою за усіма показниками. В подальших дослідженнях використано ПІД-алгоритм регулювання.

В якості підвищення динамічної точності САР забезпечено автономність (інваріантність) САР за рахунок реалізації коригуючого зв'язку по каналу «ис – ΔР». Розроблено структурну схему САР підвищеної динамічної точності. Реалізовано коригуючий зв'язок для автономності САР. Коригуючий зв'язок було інтегровано в САР з ПІД-регулятором базової структури.

Проведено параметричний синтез та аналіз САР підвищеної динамічної точності. Після було проведено порівняння САР базової структури з САР підвищеної динамічної точності (табл.1).

Таблиця 1. – Результати порівняння перехідних процесів порівняння САР базової структури з ПІД-регулятором та автономної САР з ПІД-регулятором

Варіант САР з ПІД - регулятором	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta(\Delta P)_{\text{МАКС}}$ , КПа	$T_{\text{пп1}}$ , с	$\Delta Lc_{\text{МАКС}}$ , м	$T_{\text{пп2}}$ , с	
САР базової структури	0,544	53,01	0,047	112,1	105,4
Автономна САР	0,544	53,01	0,047	112,1	94,2553

За результатами порівняння визначено що САР підвищеної динамічної точності по деяким показникам є кращою хоч і не дуже значно. Хоч і САР підвищеної динамічної точності не набагато краще ніж САР базової структури, її використання є цілком доцільне.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ярош М. Р. Кваліфікаційна робота бакалавра, Розробка системи автоматизації процесу уварювання карамелі, Київ: КНУХТ, 2023. – 59 с.
- [2] Зуєва Т. Р. Кваліфікаційна робота бакалавра, Удосконалення процесу і обладнання для уварювання желейних мас для виготовлення вітамінізованих цукерок продуктивністю 150 кг/год, Київ: КНУХТ, 2024. – 85 с.
- [3] Ларичева Л. П., Волошин М. Д., Луценко О. П. Підручник, Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів, Дніпродзержинськ, 2015 – 297 с.
- [4] Лугових О. О., Глухеньких С. О., Автоматизована система управління виготовлення желейних цукерок, Житомир: ЖДТУ, 2019 – 3 с.
- [5] Могільда О. І. Автоматизація процесу керування виготовленням фруктових начинок на підприємстві «Пуратос» (рукопис). – Одеса: ОНТУ, 2025. – 229 с.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІТЕРАЦІЙНИХ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ

НОВЕНКО О. Р.

(olhanovenko@knu.ua)

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У даній роботі проведено порівняльний аналіз чисельних методів розв'язання нелінійних рівнянь на прикладі функції  $f(x) = \arctan(x)/(x-1) - x^2$ . Основним завданням дослідження є побудова математичних моделей ітераційних процесів та їх програмна реалізація мовою Python. У ході моделювання застосовано метод дихотомії, метод простої ітерації та метод Ньютона для знаходження коренів на заданих інтервалах із точністю 0,01. На основі отриманих результатів оцінено швидкість збіжності кожного алгоритму та їхню стійкість до початкових умов. Встановлено, що метод Ньютона є найбільш ефективним за кількістю ітерацій, тоді як метод бісекції забезпечує найвищу надійність пошуку. Результати підтверджено графічним аналізом та порівнянням із теоретичними розрахунками.

**Постановка проблеми.** Неможливість аналітичного знаходження коренів більшості нелінійних рівнянь зумовлює потребу у використанні ітераційних процедур.

**Завдання дослідження.** Дослідити програмну реалізацію та порівняльний аналіз алгоритмів (дихотомії, простої ітерації та методу Ньютона) для функції зі специфічною поведінкою (зокрема, наявністю знаменника, що прямує до нуля). Встановити межі ефективності кожного методу залежно від початкового наближення та заданої точності обчислень  $\epsilon$ .

**Об'єкт дослідження** – нелінійна функція:

$$f(x) = \frac{\arctan(x)}{x-1} - x^2$$

Область визначення функції  $D(y) = (-\infty; 1) \cup (1; +\infty)$ . Дослідження проводилось на інтервалах  $[-1; -0.5]$  та  $[1.4; 1.5]$ .

**Суть дослідження.** У роботі реалізовано комплексний підхід до пошуку розв'язків нелінійного рівняння. На першому етапі за допомогою бібліотеки *Matplotlib* побудовано графік функції, що дозволило візуально визначити точки перетину з віссю абсцис та виявити розрив другого роду в точці  $x = 1$ .

**Методи моделювання.** Для знаходження коренів з точністю  $\epsilon = 0.01$  було реалізовано та порівняно три ітераційні підходи:

1. **Метод дихотомії (ділення навпіл)** — як найбільш надійний метод, що гарантує збіжність за умови різного знаку функції на кінцях відрізка.
2. **Метод простої ітерації** — досліджено за умови  $q < 1$ . Для кореня  $x \approx 1.45$  коефіцієнт збіжності склав  $q \approx 0.53$ .
3. **Метод Ньютона (дотичних)** — використано для досягнення максимальної швидкості збіжності за рахунок використання похідної функції.

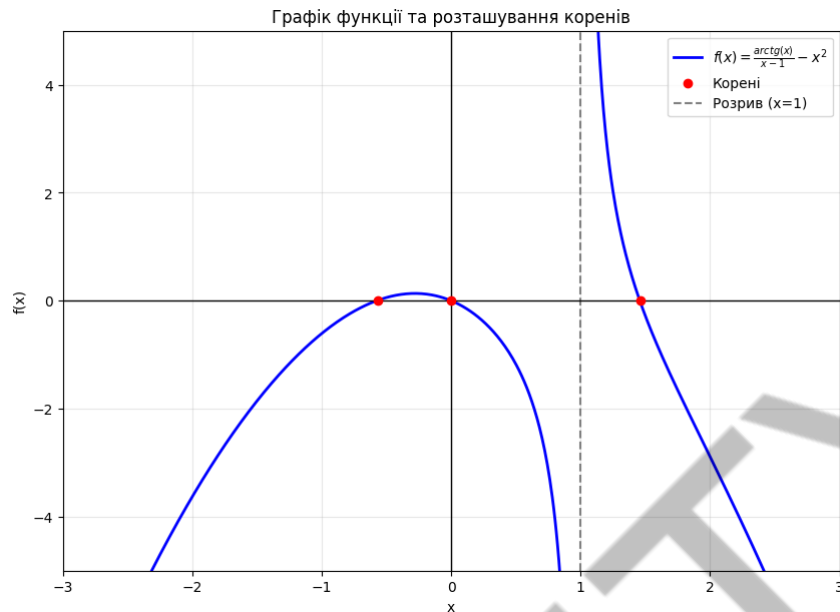


Рисунок 1 - Графічний аналіз функції  $f(x)$  та визначення проміжків ізоляції коренів

#### Перелік вирішених завдань:

1. Виконано аналітичний огляд та графічну локалізацію коренів нелінійної функції  $f(x) = \frac{\arctan(x)}{x-1} - x^2$ .
2. Розроблено програмні модулі мовою Python для реалізації трьох чисельних методів: дихотомії, простої ітерації та Ньютона.
3. Проведено порівняльний аналіз швидкості збіжності методів на інтервалах  $[-1; -0.5]$  та  $[1.4; 1.5]$  з точністю  $\epsilon = 0.01$ .
4. Досліджено особливості програмної реалізації математичних функцій та їх вплив на стабільність обчислювального процесу.

**Висновки.** Відповідно до поставлених завдань, у ході комп'ютерного моделювання було отримано такі результати:

1. Знайдено корені рівняння на заданих інтервалах:  $x_1 \approx -0.5703$  та  $x_2 \approx 1.4562$ , а також зафіксовано тривіальний корінь  $x_3 = 0$ .
2. Експериментально підтверджено перевагу методу Ньютона у швидкості обчислень, що робить його пріоритетним для складних математичних моделей за умови гарного початкового наближення.
3. Доведено, що метод бісекції є найбільш стійким до особливостей функцій (таких як близькість до точок розриву), хоча і потребує більших обчислювальних витрат.
4. Програмна реалізація на мові Python повністю підтвердила теоретичні розрахунки, що дозволяє використовувати дані алгоритми для моделювання складніших процесів у рамках навчальної дисципліни.

## МЕТОД СИНТЕЗУ АДАПТИВНОГО СПОСТЕРІГАЧА ДЛЯ НЕЛІНІЙНИХ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ГЛОБАЛЬНОЮ ЗБІЖНІСТЮ БЕЗ ОЦІНЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ УМОВ

ОЛІМПІЄВА Ю.І., ПЕХОВА Л.О.

(evanaolimp@ukr.net, st01246537@stud.duikt.edu.ua)

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

*У роботі запропоновано метод синтезу адаптивного спостерігача для нелінійних кіберфізичних систем, що забезпечує глобальну збіжність оцінок стану та параметрів без необхідності оцінювання початкових умов. Метод базується на  $\alpha$ -параметризації нелінійної моделі, розширенні та змішуванні регресора та дозволяє усунути вплив невідомих початкових значень змінних стану на процес ідентифікації. Отримано умови експоненціальної збіжності оцінок стану та збіжності параметрів за кінцевий час. Наведено результати чисельного моделювання, що підтверджують ефективність запропонованого підходу.*

### Постановка проблеми

Кіберфізичні системи характеризуються нелінійною динамікою, наявністю невимірюваних змінних стану та невизначених параметрів. У задачах моніторингу, діагностики та забезпечення функціональної стійкості таких систем ключовою є проблема побудови спостерігачів, що забезпечують гарантовану збіжність оцінок. Питання забезпечення функціональної стійкості виробничих та інформаційних систем розглядалися у [1]. Існуючі методи адаптивного спостереження зазвичай потребують оцінювання початкових умов; забезпечують лише локальну збіжність; вимагають жорстких умов персистентного збудження. Це обмежує їх застосування в розподілених інформаційних та кіберфізичних системах.

**Метою дослідження** є розробка такого методу синтезу адаптивного спостерігача для класу нелінійних динамічних систем, який не потребує оцінювання початкових умов, забезпечує глобальну збіжність, дозволяє виконувати одночасну оцінку станів і невідомих параметрів.

### Основні результати

**Суть запропонованого підходу.** Розглядається нелінійна система загального вигляду:

$$\frac{dx}{dt} = f(x(t), u(t), \theta_p), \quad (1)$$

$$y(t) = h(x(t)), \quad (2)$$

де  $x(t) \in \mathbb{R}^n$  – вектор невимірюваних станів,  $u(t) \in \mathbb{R}^m$  – відомий сигнал (вхід), який використовується спостерігачем під час відновлення стану,  $y(t) \in \mathbb{R}^s$  – вектор вихідних вимірювань, доступних для спостереження/зняття телеметрії,  $\theta_p \in \mathbb{R}^p$  – вектор невідомих (постійних або повільно змінних) параметрів, які описують динаміку системи. Класичні підходи до синтезу спостерігачів для таких систем детально досліджені в [2].

Нелінійна функція динаміки (1) відображає еволюцію стану під дією  $u(t)$  і параметрів  $\theta_p$ . А функція виходу (2) пов'язує внутрішній стан із вимірюваним виходом. При цьому сигнали  $u(t)$  та  $y(t)$  вважаються відомими або доступними для вимірювання, а аналітичний вигляд функцій  $f$  та  $h$  – відомим (з точністю до невідомих параметрів  $\theta_p$ ). Мета синтезу спостерігача полягає в отриманні оцінок  $\hat{x}(t)$  та  $\hat{\theta}_p$  на основі доступних  $u(t)$  і  $y(t)$ , причому у запропонованій постановці особлива увага приділяється глобальній збіжності без необхідності оцінювання початкового стану  $x(0)$ .

1. Запропоновано метод  $\alpha$ -параметризації нелінійної моделі, що усуває вплив невідомих початкових умов. Після введення відповідних перетворень координат та використання лінійних стійких фільтрів отримано лінійну по невідомим параметрам модель виду:

$$\xi(t, \alpha) = \Psi(t, \alpha)\Theta,$$

яка не містить невідомих початкових умов. Це дозволяє уникнути оцінювання  $x(0)$  та забезпечує коректну регресійну структуру.

2. Для забезпечення умов інтервального збудження використано процедуру розширення регресійної моделі та формування скалярного регресора:

$$Z(t) = \Delta(t)\Theta,$$

де  $Z(t)$  і  $\Delta(t)$  – відомі сигнали,  $\Delta(t)$  – визначник матриці розширеного регресора.

3. Отримано алгоритм оцінки параметрів зі збіжністю за кінцевий час. Оцінка параметрів формується за законом:

$$\frac{d\hat{\Theta}_p(t)}{dt} = \gamma_p \Delta(t) (Z_p(t) - \Delta(t)\hat{\Theta}_p(t)),$$

де  $\gamma_p > 0$  – коефіцієнт налаштування.

Доведено, що за умови інтервального збудження виконується збіжність оцінки параметрів за кінцевий час відповідно до підходів, розвинених у [3].

4. Синтезовано адаптивний спостерігач із експоненціальною збіжністю оцінок стану.

Після отримання оцінки вектора невідомих параметрів  $\hat{\theta}_p$  на основі розширеної регресійної моделі виконується синтез спостерігача станів для нелінійної системи виду (1). Спостерігач має структуру

$$\frac{\hat{\chi}(t)}{dt} = \Lambda(y, u)\hat{\chi}(t) + H(t)\hat{\theta}_p^{\text{CKB}} + w(t) + \gamma_\chi \Delta(t) (Z_\chi(t) - \hat{\chi}(t)\Delta(t)),$$

$$\hat{x} = \varphi^L(\hat{\chi}, y),$$

де  $\hat{\chi}(t)$  – оцінка вектора стану  $x(t)$ ,  $\gamma_\chi > 0$  – коефіцієнт налаштування,  $\Delta(t)$  – скалярний розширений регресор,  $Z_\chi(t)$  – сформований сигнал змішаної моделі,  $\hat{\theta}_p^{\text{CKB}}$  – оцінка параметрів, що збігається за кінцевий час,  $\varphi^L$  – лівообернене перетворення координат.

Для коректності синтезу передбачається виконання умови Ліпшиця для відображення  $\varphi^L$ :

$$\exists L > 0: \varphi^L(X_1, y) - \varphi^L(X_2, y) \leq L \|X_1 - X_2\|.$$

За умови інтервального збудження розширеного регресора  $\Delta(t)$  та відповідного вибору коефіцієнтів налаштування виконується нерівність

$$\|\hat{x}(t) - x(t)\| \leq \mu e^{-\beta t} \|\hat{x}(0) - x(0)\|,$$

де  $\mu, \beta > 0$  – сталі, що залежать від параметрів налаштування.

Таким чином, запропонований спостерігач забезпечує експоненціальну збіжність оцінки стану; незалежність алгоритму від невідомих початкових умов; узгодженість процесів оцінювання станів і параметрів.

## **Висновки**

Запропонований метод дозволяє розв'язати задачу синтезу адаптивного спостерігача для нелінійних кіберфізичних систем без оцінювання початкових умов. Отримані результати можуть бути використані в задачах нейроадаптивного моніторингу, виявлення аномалій, адаптивної діагностики відмов, забезпечення функціональної стійкості розподілених інформаційних систем, що розвиває результати, отримані в роботі [1]. Подальші дослідження спрямовані на інтеграцію методу в архітектуру розподіленого моніторингу та інтелектуальні інформаційні платформи.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Ю. І. Олімпієва, “Забезпечення функціональної стійкості виробничих процесів промислових підприємств на основі нейроадаптивної системи,” *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2024.
- [2] P. Bernard, *Observer Design for Nonlinear Systems*, Lecture Notes in Control and Information Sciences, vol. 479. Cham, Switzerland: Springer, 2019.
- [3] S. P. Bhat and D. S. Bernstein, “Finite-time stability of continuous autonomous systems,” *SIAM Journal on Control and Optimization*, vol. 38, no. 3, pp. 751–766, 2000.

## ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ SEO-ВТРУЧАНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ: ПОБУДОВА ТА ВАЛІДАЦІЯ ФРЕЙМВОРКУ

ОНИЩЕНКО А. О.

(Artem.Onyshchenko@kname.edu.ua)

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

*Розроблено прогнозний фреймворк на основі методу опорних векторів (SVM) із радіально-базисною функцією (RBF) ядра для передбачення результативності SEO-втручань. Сформовано багатоджерельний набір даних, що інтегрує on-page сигнали (контент, метадані, структуровані дані), off-page сигнали (авторитет посилань, розподіл анкорів) та технічні показники (Core Web Vitals, індексація). Встановлено протокол валідації на основі стратифікованої 5-fold крос-валідації з порівнянням із базовими моделями. SVM із RBF-ядром досягає  $ROC-AUC = 0,862$  та  $PR-AUC = 0,728$ , статистично значуще перевершуючи логістичну регресію ( $p = 0,023$  за тестом DeLong). SHAP-аналіз виявив синергійний ефект поєднання контентних та посилальних ознак за умови технічної придатності вебресурсу.*

**Постановка проблеми.** Сучасна пошукова оптимізація (SEO) оперує десятками взаємопов'язаних факторів ранжування, що суттєво ускладнює прийняття обґрунтованих рішень щодо пріоритизації оптимізаційних дій. Переважна більшість існуючих підходів базується на евристичних та суб'єктивних експертних оцінках, тоді як відтворювані кількісні прогнози ефективності втручань залишаються малодослідженими [1, 2]. Відсутність уніфікованих протоколів побудови вибірок, стандартів попередньої обробки та чітких правил валідації обмежує переносимість моделей між доменами та галузями. Таким чином, актуальною є розробка прогнозного фреймворку, який інтегрує різноманітні SEO-сигнали в єдиний пайплайн контролюваного навчання зі строгою валідацією та інтерпретованістю результатів.

**Мета роботи** — побудова та валідація узагальнюваного фреймворку на основі методу опорних векторів (SVM) для прогнозування результативності SEO-втручань із забезпеченням інтерпретованості прогнозів та підтримки прийняття рішень.

**Виклад основного матеріалу.** Дані для побудови прогнозованої моделі сформовано з трьох груп джерел, що охоплюють основні виміри пошукової оптимізації. On-page сигнали включають якість та унікальність контенту, відповідність метаданих цільовим запитам, наявність структурованих даних (Schema.org) та семантичну узгодженість ключових слів. Off-page сигнали охоплюють авторитет зворотних посилань (Domain Rating донорів), кількість унікальних посилальних доменів, тематичну відповідність донорів та розподіл анкорних текстів. Технічні показники містять метрики Core Web Vitals (LCP, INP, CLS), глибину сканування, частку проіндексованих URL та наявність HTTPS [3]. Одиницею спостереження є сторінка або кластер URL за цільовим запитом у двох часових вікнах «до/після» втручання, цільова змінна — бінарний «успіх» (пороговий приріст позицій, трафіку або конверсії).

Попередня обробка включала імпутацію пропусків, усічення викидів на крайніх перцентилях, стандартизацію ознак та кодування категоріальних змінних. Усі трансформації виконувалися виключно всередині навчальних фолд для запобігання витокам інформації (data leakage). Дисбаланс класів коригувався вагами у функції втрат [4].

Основна модель — SVM із радіально-базисною функцією (RBF) ядра:  $K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \cdot \|x_i - x_j\|^2)$ , де  $\gamma > 0$  визначає радіус впливу кожного опорного вектора. RBF-ядро обрано завдяки здатності моделювати нелінійні залежності, характерні для взаємозв'язків між SEO-факторами та результатами оптимізації [4]. Гіперпараметри  $C$  та  $\gamma$  підбиралися методом перебору сітки (grid search) із логарифмічним кроком; критерієм відбору слугувала PR-AUC

на валідаційних фолдах, оскільки ця метрика є більш інформативною за умов дисбалансу класів порівняно з ROC-AUC.

Оцінювання моделі здійснювалося за протоколом стратифікованої 5-fold крос-валідації з відкладеним тестовим набором. Для порівняння використано три бейзлайни: логістичну регресію (L2), Random Forest (100 дерев) та XGBoost. Для всіх метрик обчислено 95% довірчі інтервали методом бутстрепу (1000 ітерацій), статистичну значущість відмінностей у AUC перевірено тестом DeLong [5]. Результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1 — Якість моделей прогнозування ефективності SEO-втручань

Модель	ROC-AUC	PR-AUC	F1	Brier	p (DeLong)
SVM (RBF)	0,862±0,010	0,728±0,016	0,70	0,176	—
Log. Reg. (L2)	0,831±0,014	0,689±0,019	0,65	0,195	0,023
Random Forest	0,854±0,012	0,721±0,018	0,69	0,182	0,187
XGBoost	0,858±0,011	0,724±0,017	0,69	0,180	0,312

SVM із RBF-ядром продемонструвала найвищі показники серед усіх моделей. Відмінність від логістичної регресії є статистично значущою ( $p = 0,023$ ), що підтверджує перевагу нелінійного підходу над лінійним бейзлайном. Відмінності від деревних ансамблів (Random Forest:  $p = 0,187$ ; XGBoost:  $p = 0,312$ ) не досягають рівня значущості, проте SVM демонструє кращу стійкість при дисбалансі класів та зсувах розподілу, а також кращу каліброваність прогнозних імовірностей після ізотонного калібрування [4].

Для інтерпретації результатів застосовано перестановочну важливість та SHAP-пояснення (SHapley Additive exPlanations) [6]. Аналіз виявив консистентний набір провідних предикторів: якість контенту, семантична узгодженість ключових слів, авторитет і тематична відповідність донорів посилань, а також технічні метрики LCP та INP. Встановлено ефект модерації: комбінація on-page оптимізації зі сталим залученням високоякісних посилань перевершує одноканальні стратегії ( $\Delta PR-AUC = -0,067$  при виключенні обох груп), тоді як недостатня технічна продуктивність обмежує віддачу навіть за наявності сильних контентних або посилальних сигналів. Це підтверджує роль Core Web Vitals та індексації для реалізації потенціалу оптимізаційних зусиль.

**Висновки.** Запропоновано та валідовано відтворюваний SVM-фреймворк прогнозування ефективності SEO-втручань, що інтегрує on-page, off-page та технічні сигнали у єдиний потік контрольованого навчання. Фреймворк забезпечує етап прогнозування у «воронці прийняття рішень» — після діагностики (DEMATEL), оцінювання (VIKOR) та стратегування (мультиагентна модель). Практичне значення полягає у можливості пріоритизації SEO-дій за очікуваною віддачею з довірчими інтервалами та поясненнями на рівні ознак для стейкхолдерів. Перспективними напрямками є застосування та розширення набору ознак для врахування впливу AI-агентів на пошукову видимість [7].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] K. I. Roumeliotis and N. D. Tselikas, “An effective SEO techniques and technologies guide map,” *Journal of Web Engineering*, vol. 21, no. 5, pp. 1603–1650, 2022.
- [2] J. Salminen, B. J. Jansen, and S. An, “Predicting webpage ranking: a machine learning approach,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 61764–61779, 2022.
- [3] G. Matošević, J. Jurišić, and A. Grubišić, “Using machine learning for web page classification in search engine optimization,” *Future Internet*, vol. 13, no. 1, p. 9, 2021.
- [4] J. Cervantes, F. Garcia-Lamont, L. Rodríguez-Mazahua, and A. Lopez, “A comprehensive survey on support vector machine classification,” *Neurocomputing*, vol. 408, pp. 189–215, 2020.

[5] E. R. DeLong, D. M. DeLong, and D. L. Clarke-Pearson, “Comparing the areas under two or more correlated receiver operating characteristic curves,” *Biometrics*, vol. 44, no. 3, pp. 837–845, 1988.

[6] S. M. Lundberg and S.-I. Lee, “A unified approach to interpreting model predictions,” in *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 30, 2017, pp. 4765–4774.

[7] Onyshchenko A. O., Bocharov B. P., Kostenko O. B., “Prediction of seo effectiveness using SVM: data, modeling, and validation”, *Systems and Technologies*, vol. 71, no. 1, pp. 81-86, 2026.

УДК 621.331:621.332

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДВОСЕКЦІЙНОГО МАГІСТРАЛЬНОГО ВАНТАЖОПАСАЖИРСЬКОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ 2ЕЛ4**

ОСАДЧУК Є.О.

(osadchuk1980@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет(м. Одеса, Україна)

*Проведено всебічний аналіз конструктивних особливостей та експлуатаційних параметрів електроприводу електровоза 2ЕЛ4. Визначено технічні обмеження існуючої системи на базі колекторних двигунів та запропоновано стратегію модернізації, що включає перехід на асинхронний привід, використання IGBT-перетворювачів та впровадження інтелектуальних систем керування. Проведено оцінку енергетичної та економічної ефективності запропонованих рішень.*

Розвиток залізничної інфраструктури України вимагає якісного оновлення локомотивного парку. Магістральний електровоз 2ЕЛ4, розроблений ПрАТ «Луганськтепловоз» як аналог локомотива 2ЕС4К «Дончак», став важливим кроком у заміні застарілих серій ВЛ8, ВЛ10 та ВЛ11 на ділянках постійного струму 3 кВ. Попри свою надійність, сучасні виклики у сфері енергозбереження та автоматизації потребують глибокої модернізації його силового обладнання та систем керування.

Електровоз 2ЕЛ4 — це двосекційний локомотив з осьовою формулою 2(2О-2О) та загальною масою 192 тонни. Силова установка забезпечує потужність 6400 кВт у годинному режимі, що дозволяє розвивати конструкційну швидкість до 120 км/год. Базова комплектація електроприводу включає: а) Тягові електродвигуни (ТЕД): Колекторні двигуни постійного струму типу ДТК-800 або ЕД153У1 з послідовним збудженням, б) Система керування: Мікропроцесорна система МСУЛ-А, що забезпечує контроль боксування, автоматизацію пуску та роботу в режимі ослаблення поля, в) Метод регулювання: Реостатно-контакторна система з трьома основними схемами з'єднання ТЕД: послідовне, послідовно-паралельне та паралельне.

Дослідження показують, що існуюча система має низку критичних недоліків, які знижують її конкурентоспроможність:

1. Енергетичні втрати: Значна частка електроенергії розсіюється у вигляді тепла на пускових резисторах під час розгону локомотива.

2. Обмеження ТЕД: Колекторні двигуни схильні до іскріння, нагріву колектора та інтенсивного зносу щіткового вузла, що вимагає частих сервісних зупинок.

3. Динамічні навантаження: Ступінчасте перемикання групових перемикачів викликає стрибки струму та механічні удари в тяговій передачі, що негативно впливає на ресурс вузлів.

4. Ефективність: Загальний ККД електроприводу в реальних режимах роботи не перевищує 80–85%.

Для подолання вказаних недоліків пропонується реалізація комплексного плану модернізації за трьома основними напрямками:

а) **Впровадження асинхронного електроприводу.** Заміна колекторних двигунів на асинхронні є ключовим стратегічним кроком. Це дозволяє повністю ліквідувати щітково-колекторний вузол, підвищити надійність та забезпечити стабільну роботу в екстремальних режимах. Прогнозується, що такий перехід підвищить ККД системи до 92–95%.

б) **Силова електроніка та IGBT-перетворювачі.** Замість застарілих контакторних схем пропонується використання перетворювачів на базі IGBT-транзисторів. Це забезпечує:

1) Плавне (безступінчасте) регулювання напруги та частоти.

2) Можливість впровадження широтно-імпульсного регулювання (ШІР) в колах збудження ТЕД, що знижує пікові пускові струми на 12-15%.

3) Ефективну стабілізацію напруги в режимі рекуперації.

в) **Цифровізація та інтелектуальний захист.** Модернізація програмного забезпечення МСУЛ-А дозволить впровадити:

1) Спектральний аналіз струму: Виявлення мікро-проковзування коліс на ранній стадії, що дозволяє превентивно знижувати силу тяги та зберігати ресурс бандажів.

2) Оптимізовану рекуперацію: Математична модель керування дозволяє максимізувати повернення енергії в мережу, враховуючи кінетичну енергію поїзда та стан контактної мережі.

Для оцінки техніко-економічної ефективності було сформовано порівняльну таблицю 1 показників до та після модернізації:

Таблиця 1- Порівняльний аналіз модернізованої та базової системи

Показник	Базова система	Модернізована система
ККД електроприводу	80–85%	92–95%
Споживання енергії	100%	80% (економія 20%)
Витрати на технічне обслуговування	100%	60%
Ресурс тягового двигуна	10–12 років	20–25 років
Коефіцієнт використання зчеплення	0,28	0,31
Плавність набору сили тяги	Задовільна	Висока

Дослідження показує, що електровоз 2ЕЛ4 володіє значним потенціалом для підвищення ефективності. Перехід від реостатних методів до ШІР-регулювання та асинхронного приводу дозволяє не тільки знизити експлуатаційні витрати на 40%, але й суттєво підвищити надійність локомотива. Хоча повна заміна ТЕД на асинхронні є економічно доцільною переважно під час капітальних ремонтів (КРП), вдосконалення алгоритмів мікропроцесорної системи керування може бути впроваджено як швидке та високоефективне рішення вже зараз.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Є.П. Блохін, В.М. Мельник, Електричний рухомий склад залізниць. Київ, Україна: Транспорт України, 2010.
2. Е. І Даніленко. Залізнична техніка і транспорт: підручник. Київ, Україна: Транспорт, 2018.
3. О. С. Назаренко, Електричні схеми магістральних електровозів постійного струму. Харків, Україна: НТУ "ХПІ", 2020.
4. Технічна документація: Електровоз магістральний 2ЕЛ4. Керівництво з експлуатації. Україна. ПрАО "Лугансктепловоз", 2009.

## АЛГОРИТМІЧНЕ САМОКАЛІБРУВАННЯ СЕНСОРНОЇ ПІДСИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

ПАНОВИК У.П., ГІДЕЙ Р.В.  
(uliana.p.panovyk@lpnu.ua, roman.v.hidei@lpnu.ua)  
Національний університет «Львівська політехніка»

*Розглянуто проблему забезпечення достовірності у багатоканальних сенсорних підсистемах ІВС за відсутності еталонних каналів. Запропоновано алгоритмічний підхід до безреферентного самокалібрування на основі міжканальної узгодженості вимірювань. Розроблено модель та алгоритм адаптивної корекції параметрів у реальному часі, що забезпечує компенсацію систематичних похибок і підвищення стабільності вимірювань.*

**Постановка проблеми.** Сучасні інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) моніторингу виробничих процесів базуються на багатоканальних сенсорних підсистемах, що забезпечують формування первинної вимірювальної інформації для подальшої агрегації, аналізу та прийняття керуючих рішень. Зі зростанням складності виробничих об'єктів і кількості сенсорів підвищуються вимоги до достовірності, узгодженості та стабільності вимірювальних даних у реальному часі.

Алгоритмічні методи інтеграції вимірювальних потоків дозволяють зменшити вплив випадкових похибок і частково підвищити інформаційну узгодженість даних [1]. Проте в умовах тривалої експлуатації сенсорних систем суттєвого впливу набувають систематичні похибки, зумовлені дрейфом параметрів, старінням елементів, змінами навколишнього середовища та нестабільністю характеристик вимірювальних каналів. Такі відхилення мають кумулятивний характер і призводять до поступового зниження точності та надійності результатів моніторингу [2, 3]. Додатковою проблемою є те, що в розподілених або ресурсно обмежених системах використання еталонного вимірювального каналу є технічно складним або економічно недоцільним. У таких умовах традиційні методи калібрування втрачають ефективність, що зумовлює необхідність пошуку альтернативних підходів до забезпечення метрологічної узгодженості. Отже, актуальним науково-прикладним завданням є розроблення алгоритмічних методів самокалібрування багатоканальних сенсорних підсистем, які забезпечують адаптивну компенсацію систематичних похибок на основі внутрішньої узгодженості вимірювальних даних без використання еталонних джерел.

**Розв'язання проблеми.** У контексті зазначених обмежень виникає необхідність переходу від традиційних підходів калібрування, що базуються на використанні еталонних каналів, до інтелектуальних алгоритмічних методів, здатних забезпечити самостійне узгодження вимірювальних даних у межах сенсорної підсистеми. Такий підхід передбачає використання внутрішньої інформаційної надлишковості багатоканальних вимірювань, що дозволяє оцінювати та компенсувати систематичні похибки без залучення зовнішніх еталонів. Відповідно, ключовим завданням є формалізація механізму визначення узгодженого значення контрольованого параметра та розроблення адаптивних процедур корекції параметрів сенсорних каналів у режимі реального часу.

З метою компенсації систематичних складових похибки сенсорних каналів розроблено математичну модель самокалібрування, яка не потребує використання еталонного вимірювального каналу. Вихід  $i$ -го вимірювального каналу описується узагальненою моделлю

$$y_i(t) = a_i(t)x(t) + b_i(t) + \varepsilon_i(t),$$

де  $a_i(t)$  – масштабна похибка каналу;  $b_i(t)$  – адитивна похибка;  $\varepsilon_i(t)$  – випадкова складова; параметри  $a_i(t)$  та  $b_i(t)$  можуть змінюватися в часі внаслідок дрейфу та експлуатаційних впливів.

За відсутності еталонного сенсора узгоджене значення параметра визначається на основі робастної агрегації багатоканальних вимірювань:  $\hat{x}(t) = \text{RobustAgg}(y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))$ , де *RobustAgg* –робастна функція (медіана або усічене середнє), що зменшує вплив аномальних відхилень. Отримане значення розглядається як узгоджена оцінка контрольованого параметра.

Адаптація параметрів  $a_i(t)$  та  $b_i(t)$  здійснюється шляхом мінімізації функціоналу міжканальної узгодженості:  $J = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^{\text{corr}}(t) - \hat{x}(t))^2$ , де  $y_i^{\text{corr}}(t)$  – скориговане значення *i*-го каналу. Зменшення величини *J* свідчить про стабілізацію сенсорної підсистеми та компенсацію систематичних складових похибки.

Запропонована математична модель визначає принцип формування узгодженої оцінки контрольованого параметра та критерій адаптивного оновлення параметрів сенсорних каналів. Для практичної реалізації моделі в умовах реального часу розроблено алгоритм безреферентного самокалібрування, який послідовно виконує обчислення узгодженого значення, оцінювання відхилень і корекцію параметрів вимірювальних каналів. Особливістю запропонованого підходу є використання внутрішньої міжканальної узгодженості як джерела інформації для корекції, що дозволяє забезпечити стабілізацію вимірювальних характеристик без залучення зовнішніх еталонів. Запропонований алгоритм орієнтований на інтеграцію у вбудовані та розподілені ІВС, що функціонують в умовах обмежених обчислювальних ресурсів і змінних експлуатаційних впливів.

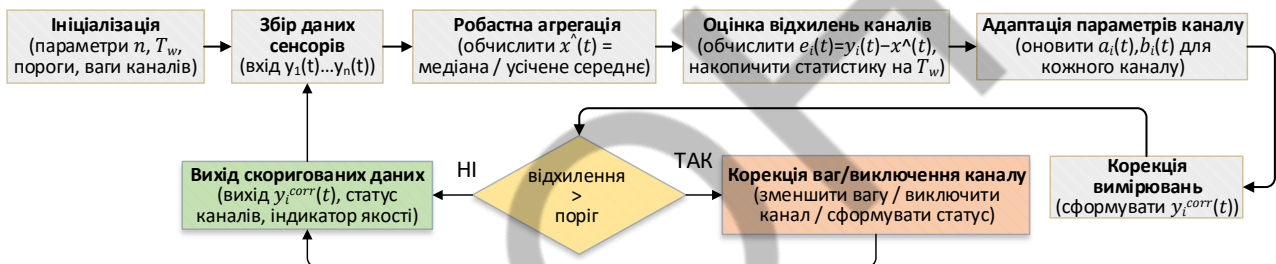


Рисунок 1 –Алгоритм безреферентного самокалібрування багатоканальної сенсорної підсистеми ІВС

**Висновки.** У роботі розроблено алгоритмічний підхід до безреферентного самокалібрування багатоканальної сенсорної підсистеми ІВС моніторингу виробничих процесів, що базується на принципі робастної внутрішньої узгодженості вимірювальних даних. Запропонований підхід забезпечує динамічну адаптацію параметрів сенсорних каналів і дозволяє підвищити достовірність первинної вимірювальної інформації в умовах змінних експлуатаційних впливів. Реалізація алгоритму на рівні сенсорної підсистеми сприяє зменшенню внутрішньої неузгодженості даних та підвищенню стабільності функціонування вимірювального контуру. Це, у свою чергу, забезпечує більш надійну основу для подальшої агрегації та аналітичної обробки інформації в комп'ютерно-інтегрованих системах. Отримані результати мають практичну цінність для проектування та модернізації ІВС моніторингу виробничих процесів, зокрема в умовах обмежених ресурсів і відсутності еталонних засобів контролю, де критичним є забезпечення стабільності та узгодженості вимірювальних даних.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пановик У., Гідей Р. Математичне моделювання процесу агрегації та обробки вимірювальної інформації в автоматизованих метрологічних системах моніторингу. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2025. 82(2), с. 37–44. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-6>
2. Nalakurthi N. V. S. R., et al. (2024). Challenges and Opportunities in Calibrating Low-Cost Sensors. Sensors, 2024, 24(11), 3650. URL: <https://doi.org/10.3390/s24113650>
3. Dong X., et al. (2025). Real-Time Correction and Long-Term Drift Compensation in Sensor Arrays. Micromachines, 2025, 16(9), 991. URL: <https://doi.org/10.3390/mi16090991>

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОО-АРХІТЕКТУРИ .NET-ЗАСТОСУНКІВ НА C#**

РУДЕНКО К.Р., ЛАТАНСЬКА Л.О.

(dreamtroperx@gmail.com, liudmyla.latanska@nuos.edu.ua)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

*У роботі запропоновано математичну модель для оцінювання складності об'єктно-орієнтованих .NET-застосунків на C#, яка враховує кореляції метрик і дозволяє розподіляти проекти за рівнями архітектурної складності. Даний підхід забезпечує об'єктивне оцінювання складності, що підвищує точність аналізу та спрощує підтримку й розвиток програмного забезпечення. Для реалізації моделі створено спеціалізований програмний застосунок.*

Постановка проблеми. Процес розробки програмного забезпечення на платформі .NET супроводжується створенням багатокомпонентних рішень, що налічують тисячі класів. Зі зростанням обсягу коду експоненційно зростає складність підтримки, тестування та подальшого розвитку застосунків. Традиційний ручний аналіз коду є суб'єктивним і повільним. Водночас існуючі сучасні інструменти (такі як NDepend, SonarQube) здебільшого надають жорсткі статичні порогові значення метрик, що не враховує специфіку конкретного класу задач чи архітектурного стилю. Відповідно, виникає потреба у створенні адаптивного інструменту, що самостійно визначає "норму" на основі статистичного аналізу.

Мета дослідження. Розробити математичну модель для оцінювання складності об'єктно-орієнтованих .NET-застосунків на C#, яка враховує кореляції метрик і дозволяє розподіляти проекти за рівнем архітектурної складності.

Перелік вирішених завдань:

– Реалізовано автоматизований збір даних з базових об'єктно-орієнтованих метрик коду WMC, RFC та CVO, а також додаткових метрик LOC, Halstead Volume зі 117 реальних репозиторіїв.

– Розроблено просторову математичну модель еліпсоїда на основі відстані Махаланобіса для автоматизованої класифікації проектів на нормальні та аномальні.

– Реалізовано кластеризацію програмних проектів методом K-Means для їх розподілу за трьома групами архітектурної складності.

– Реалізовано обчислення комплексного показника якості коду – індексу супроводжуваності (Maintainability Index).

– Розроблено спеціалізований програмний застосунок ArchitectureAnalyzer мовою C# для автоматизованого оцінювання складності ОО-архітектури.

Виклад суті дослідження. Стандартом де-факто для оцінювання .NET-застосунків є набір об'єктно-орієнтованих метрик Чидамбера і Кемерера [1]. Для проведення комплексного аналізу було відібрано ключові показники, які всебічно описують якість коду. Зокрема, метрика WMC (зважена кількість методів на клас) дозволяє оцінити сумарний обсяг логіки всередині класу. Метрика RFC (відгук класу) характеризує його комунікаційну складність, тобто ступінь взаємодії з іншими об'єктами. Показник CVO (зв'язність між об'єктами) вказує на кількість зовнішніх залежностей; його високе значення свідчить про жорстке зчеплення модулів, що суттєво ускладнює тестування та модифікацію.

Проте на практиці ці метрики є сильно корельованими. Наприклад, збільшення складності методів класу (WMC) призводить до зростання кількості викликів (RFC). Тому використання традиційної евклідової відстані для пошуку архітектурних аномалій є некоректним, оскільки вона ігнорує ці кореляції.

Для розв'язання цієї проблеми в роботі застосовується відстань Махаланобіса [2], яка враховує коваріаційну структуру метрик. Оскільки розподіл метрик ПЗ часто є асиметричним

і підпорядковується закону Парето, до "сирих" значень WMC, RFC та CBO попередньо застосовується логарифмічна нормалізація. Вона переводить простір початкових метрик у простір із більш симетричним розподілом ознак, наближаючи їх до нормального закону.

Для розподілу програмних проєктів за трьома групами архітектурної складності в тривимірному просторі нормалізованих метрик WMC, RFC та CBO застосовано алгоритм кластеризації K-Means [3].

Для будь-якого нового проєкту з вектором ознак розраховується квадрат відстані Махаланобіса ( $D^2$ ) з використанням оберненої коваріаційної матриці. Оскільки квадрат відстані для нормального розподілу підпорядковується  $\chi^2$ -розподілу з числом ступенів свободи, що дорівнює кількості ознак, поріг відсікання визначається відповідним квантилем  $\chi^2$ -розподілу. Якщо  $D^2$  перевищує цей поріг, проєкт лежить поза межами допустимого еліпсоїда та класифікується як аномальний.

Розрахунок індексу супроводжуваності (Maintainability Index) виконувався на основі класичної емпіричної формули [4].

Теоретична модель була імплементована у застосунку ArchitectureAnalyzer, що використовує .NET Compiler Platform (Roslyn API) [5] для рекурсивного обходу синтаксичних дерев (AST) і високоточного розрахунку метрик. Для оцінювання достовірності побудованої моделі було застосовано алгоритм валідації, суть якого полягає в тому, що програма послідовно виключає один проєкт із вибірки, будує математичну модель на решті даних та перевіряє правильність класифікації виключеного об'єкта. За результатами тестування, перехресна перевірка (Leave-One-Out Cross-Validation) на вибірці зі 117 проєктів продемонструвала точність класифікації на рівні 99,15% [6].

**Висновки.** Запропонований гібридний математичний підхід дозволяє усунути проблему жорстких статичних порогів шляхом автоматичного визначення архітектурної "норми" на основі коваріаційної структури еталонної вибірки. Створений програмний засіб автоматизує генерацію інтерактивних 3D-діаграм та звітів, надаючи Software-архітекторам просторове та об'єктивне доведення наявності дефектів, таких як надмірно зв'язані модулі чи "God Objects". Даний інструмент готовий до впровадження у процеси CI/CD для запобіжного контролю накопичення технічного боргу на ранніх етапах життєвого циклу розробки ПЗ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. R. Chidamber and C. F. Kemerer, "A Metrics Suite for Object Oriented Design," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 476–493, 1994.
2. P. C. Mahalanobis, "On the generalized distance in statistics," *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, vol. 2, no. 1, pp. 49–55, 1936.
3. Google Developers, "K-means clustering," *Machine Learning Crash Course*. [Online]. Available: <https://developers.google.com/machine-learning/clustering/kmeans/overview>. [Accessed: Apr. 02, 2026].
4. Microsoft, "Code metrics - Maintainability index range and meaning," *Microsoft Learn*. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/code-quality/code-metrics-maintainability-index-range-and-meaning>. [Accessed: Apr. 02, 2026].
5. Microsoft, "The .NET Compiler Platform SDK (Roslyn APIs)," *Microsoft Learn*. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/roslyn-sdk/>. [Accessed: Apr. 02, 2026].
6. R. Kohavi, "A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection," in *Proc. 14th Int. Joint Conf. Artificial Intelligence (IJCAI)*, vol. 2, 1995, pp. 1137–1143.

## **ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПАРТІЙ БОРОШНА**

РУСТАМОВ Р.Р., ЖИГАЙЛО О.М.,  
(mr.rustamov550@gmail.com, dr\_jam2006@ukr.net)  
Одеський національний технологічний університет

*У даній роботі розглядаються перспективи застосування методів кластеризації для вирішення завдань автоматизації на етапі аналізу сировини та замісу тіста. Впровадження інструментів аналізу даних спрямоване на розв'язання проблеми стабілізації якості хлібобулочних виробів в умовах, коли фізико-хімічні та реологічні показники борошна є суттєво нестабільними. Як базовий математичний інструментарій для інтеграції аналітичного та технологічного рівнів управління запропоновано застосування методу кластерного аналізу. Це формує основу для автоматизованого визначення оптимальних параметрів програм замісу.*

Постановка проблеми. Хлібобулочні вироби посідають ключове місце у структурі споживання населення, проте стабільність їх якості часто порушується через значні природні коливання фізико-хімічних характеристик основної сировини (борошна). Існуючі традиційні системи управління на підприємствах хлібопекарської галузі мають специфіку, пов'язану з використанням жорстко заданих режимів роботи технологічного обладнання [1]. Сучасні тістомісильні машини відпрацьовують статичні програми, які не здатні оперативно адаптуватися до поточних змін кількості сирої клейковини, індексу її деформації (ІДК) та числа падіння кожної конкретної партії сировини. Це неминуче призводить до нестабільності тіста, збільшення відсотка браку та економічних втрат підприємства [2].

Для усунення означеної проблеми було поставлено такі завдання:

- 1) проаналізувати масив історичних лабораторних даних щодо показників якості борошна;
- 2) обґрунтувати доцільність застосування просторової кластеризації для об'єктивного групування сировини.

Суть дослідження полягає у використанні методів кластерного аналізу для групування партій борошна за сукупністю показників якості. Як інструмент кластеризації обрано алгоритм K-means, який належить до методів без навчання з учителем та дозволяє здійснювати розбиття множини об'єктів на k кластерів за принципом мінімізації внутрішньо кластерної відстані. Алгоритм реалізується шляхом ітераційного уточнення положення центрів кластерів та перерозподілу об'єктів між ними до досягнення збіжності.

Цільова функція алгоритму має вигляд:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2,$$

де k - число кластерів;  $S_i$  - отримані кластери;  $i = 1, 2, \dots, k$ ,  $\mu_i$  - центри мас векторів  $x_j \in S_i$ .

Перевагами алгоритму K-means є простота реалізації, висока швидкість обробки даних та можливість застосування до великих масивів технологічної інформації, що є важливим для задач аналізу якості сировини. У подальшому передбачається використання даного алгоритму як базового інструменту для автоматизованого групування партій борошна та формування інформаційної основи системи підтримки прийняття рішень.

Кластеризація проводилась на основі масиву лабораторних даних, що включає показники якості борошна (вміст сирої клейковини, індекс деформації клейковини та число падіння). Обробка та аналіз даних здійснювались у середовищі Python із використанням бібліотек

NumPy, Pandas та Scikit-learn. Кластеризація виконувалась у тривимірному просторі ознак. У результаті застосування алгоритму K-means отримано 27 кластерів, що відображають різні групи сировини з подібними технологічними властивостями. Визначення кількості кластерів здійснювалось автоматично на основі аналізу структури даних, що дозволило уникнути суб'єктивного вибору параметра  $k$  та забезпечити об'єктивність результатів кластеризації.

Отриманий розподіл свідчить про складну структуру даних та підтверджує доцільність використання методів кластерного аналізу для їх обробки та подальшого використання в задачах автоматизації.

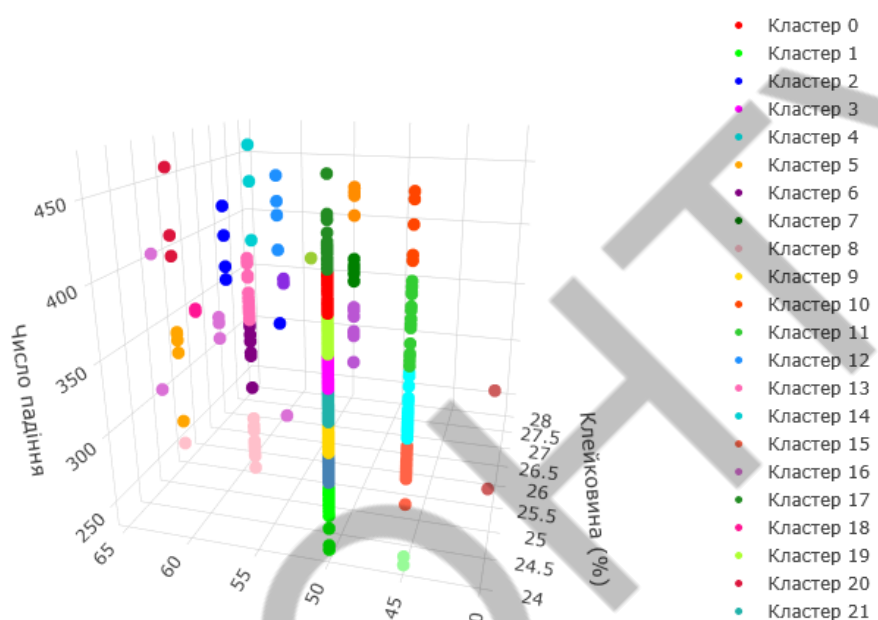


Рисунок 1 - Результати кластеризації показників якості борошна ( $k = 27$ ) у тривимірному просторі

Отримані результати (рис. 1) підтверджують, що можливість застосування кластерного підходу дозволяє перейти від аналізу окремих показників до формування однорідних груп сировини. Кластери формують логічну основу для подальшої інтерпретації даних та прийняття технологічних рішень. Це дозволяє використовувати результати кластеризації як об'єктивну базу для формування правил прийняття рішень при визначенні параметрів технологічного процесу.

Надалі результати можуть бути використані для створення програмного модуля підтримки прийняття рішень, який забезпечуватиме автоматизований вибір режимів замісу тіста на основі даних лабораторного аналізу. Реалізація системи можлива з використанням веб-орієнтованих технологій та інтеграції в існуючі інформаційні системи підприємства.

Висновки. Обґрунтовано доцільність застосування кластерного аналізу для обробки багатовимірних показників якості борошна. Запропоновано концептуальний підхід до встановлення відповідності між кластерами сировини та режимами замісу тіста. Показано, що використання такого підходу створює основу для переходу до адаптивного управління технологічним процесом.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. A. Delwiche, "Classification of wheat flour using multivariate analysis of farinograph and extensograph data," *Cereal Chemistry*, vol. 75, no. 4, pp. 418–423, 1998.
2. M. L. Scanlon and M. C. Zghal, "Bread properties and crumb structure," *Food Research International*, vol. 34, no. 10, pp. 841–864, 2001.

## **МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ МІКРОСЕРВІСНИХ ЗАСТОСУНКІВ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

СИРЕНКО О.І.

(olexandr.sirenko@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглядається підхід до аналітичного моделювання продуктивності мікросервісних застосунків на основі теорії масового обслуговування. Запропоновано відображення мікросервісної архітектури на мережу СМО типу М/М/к, що дозволяє до запуску системи в промислове середовище розрахувати коефіцієнт завантаження кожного сервісу, визначити вузькі місця та обґрунтувати мінімально необхідну кількість інстансів. Підхід реалізується на трьох рівнях: аналітичний розрахунок (Python, електронні таблиці), дискретно-подійна симуляція (GPSS World) та верифікація навантажувальним тестуванням.*

Сучасні програмні системи все частіше будуються за мікросервісною архітектурою, що передбачає декомпозицію застосунку на незалежні сервіси, які взаємодіють через асинхронні черги повідомлень. Така архітектура забезпечує гнучкість масштабування, однак породжує нову задачу: як до запуску системи в промислове середовище оцінити її пропускну здатність, визначити вузькі місця та розрахувати необхідну кількість інстансів кожного сервісу.

Традиційний підхід пропонує емпіричне навантажувальне тестування та вимагає повністю розгорнутого середовища, значних хмарних ресурсів і часу на ітеративний підбір конфігурації. При цьому результати залежать від умов конкретного запуску й погано переносяться на інші режими навантаження.

Метою роботи є розроблення підходу до аналітичного моделювання продуктивності мікросервісних систем на основі теорії масового обслуговування (ТМО), що дозволяє прогнозувати ключові показники якості обслуговування без необхідності попереднього розгортання системи.

Запропонований підхід базується на відображенні мікросервісної архітектури на мережу систем масового обслуговування (СМО). Кожен мікросервіс моделюється як окрема СМО типу М/М/к, де:

- $\lambda$  інтенсивність вхідного потоку запитів (req/s), визначена за метриками моніторингу;
- $\mu$  швидкість обслуговування одного інстансу (зворотний до average response time);
- $k$  поточна кількість інстансів сервісу.

Черги між сервісами реалізуються через програмне забезпечення message broker та відповідають чергам у моделі. Уся мікросервісна система розглядається як мережа таких СМО, в якій вихідний потік одного сервісу є вхідним для наступного. Це дозволяє послідовно розраховувати параметри кожного вузла pipeline та виявляти сервіс із найвищим значенням р-потенційне вузьке місце (bottleneck).

Запропонований підхід реалізується на трьох рівнях:

1. Аналітичний розрахунок параметрів М/М/к виконується засобами Python (бібліотеки scipy, numpy) або електронних таблиць.
2. Для верифікації складніших сценаріїв burst-трафіку, каскадних відмов, нерівномірного розподілу навантаження застосовується дискретно-подійна симуляція в середовищі GPSS World.
3. Навантажувальне тестування (k6, Locust) використовується як фінальний етап перевірки гіпотез, сформульованих на основі моделі.

Модель М/М/к базується на припущенні про марківський характер вхідного потоку та часу обслуговування, що не завжди відповідає реальному трафіку. Крім того, модель описує

усталений стан системи і не враховує перехідних процесів при різких змінах навантаження. Ці обмеження роблять навантажувальне тестування необхідним етапом верифікації, а не альтернативою моделюванню.

Застосування теорії масового обслуговування до аналізу мікросервісних систем дозволяє вирішити задачу оцінки продуктивності до реального запуску системи. Відображення архітектури на мережу СМО забезпечує аналітичний прогноз часу відповіді, коефіцієнта завантаження та мінімально необхідної кількості інстансів для кожного сервісу. Підхід є швидким, відтворюваним і не потребує хмарних ресурсів на етапі проектування - навантажувальне тестування виконує роль підтвердження, а не пошуку.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Kleinrock L. Queueing Systems. Volume 1: Theory. – New York : John Wiley & Sons, 1975. – 417 p.
2. Gross D., Shortle J. F., Thompson J. M., Harris C. M. Fundamentals of Queueing Theory. 4th ed. – Hoboken : Wiley-Interscience, 2008. – 528 p.
3. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. 2nd ed. – Sebastopol : O'Reilly Media, 2021. – 612 p.
4. Brede Moe N., Dingsyr T., Dybå T. A teamwork model for understanding an agile team: A case study of a Scrum project // Information and Software Technology. – 2010. – Vol. 52, No 5. – P. 480–491.
5. Villamizar M., Garces O., Castro H. et al. Evaluating the monolithic and the microservice architecture pattern to deploy web applications in the cloud // 2015 10th Computing Colombian Conference (10CCC). – Bogota, 2015. – P. 583–590. DOI: 10.1109/ColumbianCC.2015.7333476.

УДК 004.652.5:004.652.4

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

СЛУШНА Н.В.

Одеський національний технологічний університет

*Матеріали тез містять короткі відомості про актуальність розробки паралельних систем.*

У світі стрімкий розвиток інформаційних технологій призводить до постійному зростанню обсягів оброблюваних даних та ускладненню обчислювальних завдань. У умовах традиційні послідовні обчислювальні системи не здатні забезпечити необхідну продуктивність і ефективність. Саме тому паралельні обчислювальні системи стають ключовим інструментом у вирішенні широкого спектра завдань - від наукових досліджень до повсякденних цифрових сервісів.

Паралельні обчислення засновані на принципі одночасного виконання множини операцій. Це досягається за рахунок використання багатопроцесорних архітектур, графічних прискорювачів (GPU) та розподілених обчислювальних кластерів. Такий підхід дозволяє значно скоротити час обробки даних та підвищити продуктивність систем без необхідності збільшення тактової частоти процесорів, що обмежено фізичними та енергетичними факторами.

Однією з основних причин актуальності паралельних обчислювальних систем є зростання великих даних (Big Data). Аналіз величезних масивів інформації вимагає колосальних обчислювальних ресурсів, які можуть бути забезпечені лише за умови

використання паралельних алгоритмів та архітектур. Наприклад, у таких галузях, як машинне навчання, біоінформатика, кліматичне моделювання та фінансова аналітика, без паралельних обчислень неможливо досягти прийнятної часу обробки.

Крім того, паралельні системи відіграють важливу роль у розвитку штучного інтелекту. Навчання нейронних мереж потребує виконання мільярдів операцій, які ефективно розподіляються між безліччю обчислювальних ядер. Це уможливорює створення складніших і точніших моделей, що застосовуються у розпізнаванні мови, комп'ютерному зору та автономних системах.

Ще одним фактором актуальності є поширення хмарних обчислень. Сучасні хмарні платформи використовують розподілені паралельні системи для забезпечення високої доступності, масштабованості та надійності сервісів. Користувачі мають можливість обробляти дані та запускати складні обчислення без необхідності володіння власною інфраструктурою.

Однак використання паралельних обчислювальних систем пов'язане з рядом складнощів. До них відносяться розробка ефективних паралельних алгоритмів, синхронізація процесів, управління пам'яттю та запобігання конфліктам доступу до даних. Ці завдання вимагають високої кваліфікації фахівців та розвитку нових методів програмування.

Насамкінець, можна відзначити, що паралельні обчислювальні системи є невід'ємною частиною сучасної обчислювальної техніки. Їх актуальність обумовлена необхідністю обробки великих обсягів даних, розвитком штучного інтелекту та потребою у високопродуктивних обчисленнях. У майбутньому значення паралельних технологій лише зростатиме, відкриваючи нові можливості для науки, бізнесу та суспільства в цілому.

## Розділ 2

# Управління, обробка та захист інформації

UDC 004.056.55:004.732.5

### ENSEMBLE ONE-CLASS DETECTION FOR PCIe BUS SECURITY: A COMPARATIVE STUDY OF ALGORITHM

OLEKSANDRA BILORIN-ERERERA, MAKSYM GLAVCHEV, VLADYSLAV MULIAVA  
(Oleksandra.Bilorin-Ererera@kphi.edu.ua, Maksym.Glavchev@kphi.edu.ua,  
Vladyslav.Muliava@cs.kphi.edu.ua)  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

*This paper presents a systematic comparative study of four one-class detection algorithms — a Mahalanobis detector, Isolation Forest, Deep Autoencoder, and their ensemble — for DMA anomaly detection in PCIe device traffic. All algorithms were trained and evaluated on a unified TLP traffic dataset (7,300 time windows, 5 attack classes) collected in a QEMU 8.1 environment. The OR-ensemble detector (IF + Mahalanobis) achieved the best results: Recall = 0.905, FPR = 0.007,  $F_1 = 0.943$ , AUC-ROC = 0.961, without requiring any labeled attack samples.*

Anomaly detection in PCIe traffic is a one-class classification problem: only normal-behavior samples are available at training time, while the types and characteristics of attacks are unknown in advance. This substantially limits the applicability of classical supervised methods (Random Forest, SVM) and brings one-class detection algorithms to the forefront. Selecting the optimal algorithm for the specific TLP-traffic feature space requires a systematic comparative analysis.

For each PCIe device, a five-dimensional feature vector  $x_i(t) \in \mathbb{R}^5$  is computed within a sliding window of  $\Delta t = 100$  ms: DMA request frequency  $f(t)$ , normalized mean target address  $\mu_{addr}$ , Payload size standard deviation  $\sigma_{size}$ , median inter-packet interval  $t_{inter}$ , and TLP type distribution  $\rho_{type}$ . Correlation matrix analysis revealed a significant linear relationship between  $f(t)$  and  $\sigma_{size}$ :  $r = 0.412$  ( $p < 0.001$ ). The presence of inter-feature correlation is a key argument in favor of methods that explicitly model the covariance structure of the data.

Algorithms under study:

- Mahalanobis detector: a Gaussian model in  $\mathbb{R}^5$  with a Ledoit–Wolf regularized covariance matrix; threshold  $\theta$  is calibrated analytically via the  $\chi^2(d)$  quantile at  $\alpha = 0.05$ .
- Isolation Forest (IF): an ensemble of  $n = 200$  random isolation trees; anomalous points are isolated with fewer splits; contamination = 0.05.
- Deep Autoencoder (DAE): a neural network  $5 \rightarrow 8 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 5$  with ReLU activation; anomaly score = reconstruction MSE; trained on normal data only.
- Ensemble IF + Mahalanobis: OR-voting: an anomaly is flagged if at least one detector exceeds its threshold; maximizes Recall at an acceptable FPR.

All four algorithms were trained and tested on a single dataset: 7,300 TLP-traffic time windows from four PCIe devices (virtio-net, NVMe, e1000e, xHCI) collected in a QEMU 8.1 environment. The dataset includes 5 attack classes: DMA PCILeech, DMA Thunderspy, Evil Firmware, TLP Injection, and PCIe DoS. Data split: 60% training (normal traffic), 20% calibration, 20% test (1,900 normal + 1,000 anomalous windows). Threshold values were calibrated independently for each algorithm (Tabl.1).

Table 1 — Algorithm comparison on the test set (n = 2,900)

Algorithm	Recall	FPR	F <sub>1</sub>	AUC-ROC
Mahalanobis	0.857	0.031	0.895	0.934
Isolation Forest	0.882	0.015	0.923	0.951
Deep Autoencoder	0.891	0.021	0.925	0.956
Ensemble (IF+M.) ✓	0.905	0.007	0.943	0.961

The Mahalanobis detector lags behind IF and DAE in Recall, yet offers the highest interpretability: the threshold  $\theta$  has a direct statistical meaning via the  $\chi^2$  distribution. Isolation Forest achieves a lower FPR than DAE at comparable Recall, which is explained by its adaptive space partitioning relative to local density. DAE is the most computationally expensive (training: 15.3 s vs. 0.8 s for IF and 0.4 s for Mahalanobis).

The OR-ensemble detector outperforms every individual algorithm: Recall +2.3% over DAE, FPR 2× lower than IF. The FPR reduction to 0.007 is explained by the fact that false-positive firings of IF and Mahalanobis largely do not coincide: the intersection of their FP sets is ~30%, meaning the OR-ensemble adds virtually no new false positives compared to the individual detectors.

Permutation importance analysis for IF:  $f(t) = 0.342$ ,  $\mu_{addr} = 0.251$ ,  $\sigma_{size} = 0.189$ ,  $\tau_{inter} = 0.132$ ,  $p_{type} = 0.086$ . For Mahalanobis, the analogous analysis via contribution to the squared Mahalanobis distance gives:  $f(t) = 0.298$ ,  $\mu_{addr} = 0.234$ . The consistently high importance of  $f(t)$  confirms that DMA request frequency is the most informative signal for detecting PCILeech- and Thunderspy-class attacks.

Conclusions:

1. A systematic comparison of four one-class detection algorithms was conducted on a unified PCIe dataset (7,300 windows, 5 attack classes).
2. The OR-ensemble detector (IF + Mahalanobis) is the optimal choice: Recall = 0.905, FPR = 0.007, F<sub>1</sub> = 0.943 — outperforming every individual algorithm.
3. Ledoit–Wolf regularization is critical for Mahalanobis stability when  $n < 500$  training windows.
4. Analytical calibration of  $\theta$  via  $\chi^2(d)$  eliminates the need for a labeled validation set and is suitable for industrial deployment.

## REFERENCES

- [1] F. T. Liu, K. M. Ting, and Z.-H. Zhou, "Isolation forest," in *Proc. 8th IEEE Int. Conf. Data Mining (ICDM)*, Pisa, Italy, Dec. 2008, pp. 413–422, doi: 10.1109/ICDM.2008.17.
- [2] F. T. Liu, K. M. Ting, and Z.-H. Zhou, "Isolation-based anomaly detection," *ACM Trans. Knowl. Discov. Data*, vol. 6, no. 1, Art. no. 3, 2012, doi: 10.1145/2133360.2133363.
- [3] O. Ledoit and M. Wolf, "A well-conditioned estimator for large-dimensional covariance matrices," *J. Multivariate Anal.*, vol. 88, no. 2, pp. 365–411, 2004, doi: 10.1016/S0047-259X(03)00096-4.
- [4] V. Chandola, A. Banerjee, and V. Kumar, "Anomaly detection: A survey," *ACM Comput. Surv.*, vol. 41, no. 3, Art. no. 15, 2009, doi: 10.1145/1541880.1541882.
- [5] A. T. Markettos *et al.*, "Thunderclap: Exploring vulnerabilities in operating system IOMMU protection via DMA from untrustworthy peripherals," in *Proc. NDSS*, San Diego, CA, USA, Feb. 2019, doi: 10.14722/ndss.2019.23194.
- [6] U. Frisk, "PCILeech FPGA: FPGA modules for PCILeech DMA attack," GitHub, 2018. [Online]. Available : <https://github.com/ufrisk/pcileech-fpga> (accessed: Feb. 10, 2026).

## КОМПЛЕКСНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ПРОТИДІЇ КІБЕРАТАКАМ У CMS WORDPRESS

АНИСІЧ Д.В., ПОТРАШКОВА Л.В.  
(drakeramore67@gmail.com, LV7@ukr.net)

Харківський національний економічний університет ім. С.Кузнеця

*У наведених тезах розглядаються одночасно найбільш прості та ефективні заходи безпеки від кібератак, як на саму CMS, так і превентивні міри проти атак на сервери хостингу. Розглядаються основні захисні плагіни платформи WordPress. Особлива увага приділяється користувацьким методам безпеки, такі як зміна login, додавання двоетапної автентифікації та створення резервних копій.*

**Вступ.** Сучасні розробники сайтів та різноманітні організації широко використовують Системи керування вмістом (CMS) з відкритим кодом. Існуюча статистика щодо безпеки CMS висвітлює постійні вразливості, що впливають на платформи з відкритим кодом. Кілька досліджень проаналізували механізми безпеки WordPress, Joomla та Drupal, визначивши критичні ризики, такі як атаки SQL-ін'єкції, брутфорс-атаки, експлойти завантаження файлів та слабкі протоколи автентифікації. Згідно з останніми звітами про кібербезпеку, платформи CMS з відкритим кодом складають значну частку порушень безпеки вебсайтів через їхнє широке використання та залежність від сторонніх розширень [1].

**Актуальність.** WordPress починався як інструмент для ведення блогів, а зараз лідирує на ринку систем управління контентом (CMS). Станом на 2026 рік ця платформа з відкритим кодом працює майже на половині всіх вебсайтів, що робить її найпоширенішою CMS у світі. Існує багато причин, чому WordPress зайняв таку позицію. Він універсальний: ви можете створювати блоги, портфоліо, новинні сайти, магазини електронної комерції тощо. Однак разом з цим він отримує найбільшу кількість кібератак серед інших CMS, що потребує особливої уваги [2].

**Безпеківі виклики та варіанти рішень.** Створення вебсайтів на платформі WordPress має певні наслідки для безпеки. Хоча спільноти CMS з відкритим кодом активно працюють над оновленнями безпеки, децентралізований характер розробки означає, що вразливості можуть зберігатися довше, ніж у власницьких системах. Незважаючи на ці проблеми, дослідження показують, що поєднання проактивних заходів безпеки, обізнаності користувачів та дотримання нормативних вимог може значно покращити безпеку платформ CMS з відкритим кодом [3].

Одним з ґрунтовних заходів безпеки має стати двоетапна автентифікація облікового запису хостингу. Не важливо де саме купуватиметься домен, хостинг, перша дія користувача повинна бути введення двохетапної перевірки. Якщо зловмисники отримаються доступ до адміністративної панелі з файлами сайту, базою даних будь-які наступні заходи втрачають зміст. Також корисним рішенням стане реєстрація на хостингу окремою створеною поштою, яка ніде більше не використовуватиметься крім доступу до адміністративної панелі.

Ще одним важливим рішенням є встановлення SSL-сертифікату і налаштування сайту для застосування HTTPS. Це захищена версія стандартного протоколу HTTP, яка використовує шифрування SSL/TLS для безпечної передачі даних між браузером користувача та сервером [4].

Наступним кроком у превентивних мірах захисту становить зміна користувацького імені. Зазвичай система WordPress автоматично ставить логін адміністратора admin. Такий підбір має певні ризики для автоматичних атак ботів. Просте рішення – змінити на сладніше ім'я, щоб автоматизованими системами було важче зламати методом підбору.

Після першого встановлення WordPress найпершим плагіном, який рекомендують завантажувати є All In One WP – Security and Firewall. AIOS – універський захисний плагін. Після активування AIOS захищає від брутфорс атак, блокуючи IP-адреси, з яких часто робили невдалі спроби входу; приховує поле входу в адмінку. Плагін автоматично встановить додаткову автентифікацію до входу в систему WordPress. До того ж він захищає від SQL-ін'єкцій, експлоїт завантажених файлів та спам-ботів, оскільки блокуватиме шкідливий трафік ще до того як підозрілі файли потраплять в код системи.

Наслідки атак зловмисників часто можуть застати зненацька непередбаченого власника бізнес-сайту, розробника мережі сайтів. Саме тому доцільно робити час від часу бажано раз в два-три місяці бекапи сайтів та баз даних, тобто копіювання файлів сайту, що знаходяться на зовнішніх накопичувачах у власника. Проте бувають дуже потужні кібератаки, котрі можуть уразити сервери платформи і тоді присутня велика ймовірність втрати доступу до вебсайту. Зберігання копій на окремих серверах або хмарному сховищі стає необхідністю для сучасного користувача. До того ж потрібно також шифрувати резервні копії, якщо це велика мережа з десятками власних вебпредставництв.

**Висновки.** У ході роботи було приділено увагу безпеці та конфіденційності платформи CMS WordPress з відкритим кодом, яка залишається нагальною проблемою, враховуючи широке поширення та залежність від сторонніх розширень. Ризики конфіденційності, пов'язані зі збором, зберіганням даних, ще більше ускладнюють проблеми безпеки. Незважаючи на ці ризики, впровадження превентивних заходів може значно підвищити безпеку системи WordPress. Регулярні оновлення програмного забезпечення, надійні механізми автентифікації, шифрування даних, використання захисних плагінів та дотримання правил конфіденційності є важливими для зменшення загроз.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Gideon A. Securing Open-Source Platforms: Best Practices for Protecting User Data and Preventing Content Tampering in CMS. – Obafemi Awolowo University, 2025.
- [2] Akintola S., Andrew J. Privacy and Security in Open-Source CMS Platforms: Evaluating Risks and Implementing Best Practices. URL: <https://surl.li/rhfzay> (дата звернення: 02.04.2026).
- [3] State of WordPress Security In 2026. URL: <https://patchstack.com/whitepaper/state-of-wordpress-security-in-2026/> (дата звернення: 02.04.2026).
- [4] CMS Security Best Practices 2026: Protect Your Website from Vulnerabilities. URL: <https://uzera.com/blog/cms-security-best-practices-saas-teams> (дата звернення: 02.04.2026).

УДК 004.77:004.056

#### **УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ ТА ЗАХИСТ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ КІБЕРСПОРТИВНИХ ТА СТІМІНГОВИХ ПЛАТФОРМ**

БОЛТАЧ С.В., ЄНГАЛИЧЕВА А.С.

(boltach.svetlana@gmail.com, anutave18@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У тезах проаналізовано трансформацію сучасного медіапростору під впливом інтенсивного розвитку мультимедійних технологій. Розглянуто кіберспорт та стрімінг як об'єкти управління складними інформаційними потоками. Досліджено механізми гейміфікації соціальних мереж та супутні ризики кібербезпеки. Визначено роль інтерактивної взаємодії у формуванні нових протоколів обробки та захисту даних у режимі реального часу.*

Інтенсивний розвиток комп'ютерних ігор та мультимедійних технологій у XXI столітті спричинив появу нових форм комунікації. Якщо традиційні засоби масової інформації ґрунтувалися переважно на односторонньому поширенні контенту, то сучасний медіапростір базується на інтерактивній взаємодії користувачів. Найбільш помітними явищами цього процесу є кіберспорт, стрімінгові сервіси та гейміфікація соціальних мереж. Вони формують нову культуру комунікації, де гра стає не лише способом дозвілля, а й інструментом соціалізації, професійної діяльності та освіти [3], що вимагає розробки нових стратегій управління інформаційним обміном.

У тезах наведені дані дослідження, присвяченого аналізу архітектури обробки даних на сучасних стрімінгових платформах. Розглядається механізм впливу елементів гейміфікації на рівень залученості користувачів та стан інформаційної безпеки аудиторії [7]. Крім того, виявлено та систематизовано ключові загрози цілісності даних, що виникають у сфері професійного кіберспорту під час трансляцій у реальному часі.

Сучасний медіапростір активно інтегрує елементи гейміфікації, перетворюючи взаємодію з контентом на динамічний процес. Новинні портали та соціальні мережі впроваджують системи балів, рейтингів і віртуальних нагород. Це дозволяє медіа не лише утримувати увагу аудиторії, а й формувати нові практики споживання інформації. У результаті гейміфікація виступає як інструмент підвищення конкурентної переваги в умовах інформаційного перенасичення, проте вона також актуалізує питання захисту персональних профілів користувачів від несанкціонованого доступу та соціальної інженерії [5].

Кіберспорт еволюціонував від локальних змагань до глобальної індустрії з мільйонною аудиторією. Турніри з популярних ігор, таких як Dota 2, CS:GO та League of Legends, формують складну екосистему інформаційного обміну, учасниками якої є гравці, тренери, організатори та глядачі. Важливим технічним аспектом функціонування цієї індустрії є забезпечення стабільності та захищеності ігрових серверів [6].

Ключовим інструментом обробки медіаданих у реальному часі стали стрімінгові сервіси (Twitch, YouTube Gaming). Статистичні показники за 2024 рік підтверджують масштабність цього явища: на платформі Twitch щомісяця активно транслюють понад 7,34 мільйона каналів, а загальний обсяг переглядів контенту перевищує 20,9 мільярдів годин на рік [1]. На відміну від класичних медіа, стрімінг забезпечує високий рівень інтерактивності, дозволяючи глядачам безпосередньо впливати на контент. Разом із цим виникають нові виклики у сфері управління захистом інформації:

- необхідність оперативного реагування на кібербулінг;
- забезпечення конфіденційності трансляцій;
- автоматизоване регулювання великих масивів контенту за допомогою ШІ [4].

Ігрові механіки, що інтегруються у функціонал соціальних платформ через бали та досягнення, стимулюють активність користувачів, але водночас вимагають вдосконалення протоколів автентифікації. Гейміфікація дозволяє розширювати межі взаємодії – від розважальної до освітньої, проте її розвиток має супроводжуватися мінімізацією ризиків ігрової залежності та вразливостей цифрового середовища [2].

Кіберспорт та стрімінг трансформують сучасний медіапростір, виступаючи не лише розвагою, а й глобальною платформою для комунікації. Соціальні мережі завдяки гейміфікації перетворюються на інтерактивні майданчики, що вимагає системного підходу до управління інформаційними потоками. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка методів автоматизованої модерації та захисту даних молодіжної аудиторії в умовах швидкої цифровізації дозвілля.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Twitch Tracker, "Twitch Statistics & Charts," 2024. [Online]. Available: <https://twitchtracker.com/statistics>

[2] T. L. Taylor, Watch Me Play: Twitch and the Rise of Game Live Streaming. Princeton: Princeton University Press, 2020.

[3] J. Hamari and M. Sjöblom, "What is eSports and why do people watch it?", Internet Research, vol. 27, no. 2, pp. 211-232, 2021.

[4] А. Ю. Ковтун, "Кібербезпека в умовах цифровізації медіапростору," Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки, т. 6, с. 42-49, 2023.

[5] K. Werbach and D. Hunter, For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Philadelphia: Wharton School Press, 2022.

[6] С. В. Лаптев, Управління інформаційною безпекою в соціальних мережах. Київ: Техніка, 2024

[7] Johnson, R., & Woodcock, J. (2021). The Global Context of Esports. In: Esports Research and Its Impact on Digital Media Architecture. Palgrave Macmillan. «Data management and security challenges in the ecosystem of esports streaming platforms»

УДК 004.056.5:004.7

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ВІД DOS-АТАК НА ВЕБСЕРВЕРИ НА БАЗІ APACHE WEB SERVER**

ВАСИЛЕНКО І.О., МАРЧУК А.В.

(ivan.vasylenko@nure.ua, artem.marchuk@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки

*The possibilities of protecting Apache web servers from DoS attacks by adjusting the server configuration and installing an additional module were investigated. To carry out the research, a software installation was developed that was deployed locally in an isolated environment and included sources of legitimate and malicious traffic based on Grafana K6. Five load scenarios were defined - from basic legitimate traffic to a combined scenario with DoS attack simulation and gradual implementation of protection configuration parameters. A comparative analysis of the main indicators of the effectiveness of protection methods was conducted. Recommendations were developed to increase the level of protection against DoS attacks.*

В умовах стрімкого розвитку цифрової інфраструктури, атаки типу «відмова в обслуговуванні» Denial of Service (DoS) стають дедалі більшою загрозою для інформаційної безпеки. Тому дослідження ефективності заходів захисту від DoS-атак вебсерверів є актуальною задачею.

В роботі проведено порівняльний аналіз поведінки вебсервера за різних сценаріїв навантаження: від відсутності атаки до одночасного надходження легального та шкідливого трафіку з поступовим введенням додаткових налаштувань захисту. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити вплив кожного з конфігураційних рішень на ключові показники стійкості сервера.

Основними цілями досліджень було визначення ступеня первинного захисту відповідно до використаних ресурсів, визначення кількості вдалих атак, відхилених запитів та успішних запитів на вебресурс.

Експериментальна установка складалася з сервера Apache, джерела позитивного трафіку Grafana K6 з використанням JavaScript-скрипта для імітації легального трафіку, джерела DoS-трафіку Grafana K6 з використанням JavaScript-скрипта для імітації нелегального DoS трафіку, який імітував атаки на вебресурс з кількістю запитів що збільшуються лінійно протягом часу.

Дослідження були проведені в декілька етапів з вимірюванням основних метрик:

1. Базовий сценарій («сценарій 0»): на сервер надходить тільки легальний трафік.
2. На сервер надходить тільки шкідливий трафік («сценарій 1»): виконується тільки DoS-атака.

3. На сервер подаються два типи трафіку легальний і шкідливий («сценарій 2») з різною питомою вагою обох трафіків.

4. На сервер надходять обидва типи трафіку шкідливий і легальний («сценарій А») з додатковим налаштуванням вебсервера, а саме з таймаутом для джерела повідомлення Timeout 30 s. В цьому сценарії на сервер встановлюється модуль «Apache mod\_reqtimeout», який дозволяє встановлювати час очікування та мінімальної швидкості передачі даних для отримання запитів.

5. Шкідливий трафік і легальний трафік («сценарій Б»): окрім налаштувань з «сценарію А», було забезпечене додатково зменшене вікно (small window) часу для відправлення заголовка пакета за рахунок зміни конфігурації вебсервера Apache.

Відповідно до запропонованих сценаріїв були проведені дослідження, результати яких наведені у табл.1, де параметри P90 та P95 показують середній час доступу до ресурсів для 90% та 95% «користувачів» відповідно.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця результатів експерименту

Сценарій	К-ть запитів	К-ть успішних запитів	К-ть неуспішних запитів	Середній час запиту, мс	P90, мс	P95, мс
0 (тільки легіт. трафік)	600	600	-	1,47	2,07	2,7
1 (тільки DoS)	34647	24438	10209	282,98	0,917	1,19
2 (для частки легіт. трафіка)	600	513	87	184	1,93	2,92
2 (для частки DoS трафіка)	34647	27412	7435	356	0,939	1,27
А (для частки легіт. трафіка)	600	540	60	113	1,77	2,34
А (для частки DoS трафіка)	34647	28896	5751	382	1,07	163
Б (для частки легіт. трафіка)	600	535	65	128	1,12	1,25
Б (для частки DoS трафіка)	34647	29188	5459	388	1	330

Аналіз результатів досліджень показав, що перехід від сценарію «0» до сценарію «1» тільки з DoS атакою привів до суттєвого зменшення кількості успішних запитів майже на 30%.

В базовому сценарії «0» без атаки сервер забезпечує 100% успішну обробку легітимних запитів і мінімальні затримки.

За результатами експерименту встановлено, що у разі появи DoS-навантаження в змішаному сценарії «2» кількість успішних легітимних запитів зменшується з 600 до 513, що свідчить про погіршення доступності сервісу для нормальних користувачів. Запровадження додаткових налаштувань вебсервера у сценаріях «А» та «Б» дозволило підвищити кількість успішних легітимних запитів відповідно до 540 і 535, а також зменшити кількість неуспішних запитів. При цьому показники P90 і P95, що характеризують час доступу для 90% і 95% користувачів, у захищених сценаріях для легітимного трафіку залишаються на низькому рівні та загалом є кращими, ніж у сценарії «2». Найкращий результат за показником успішності легітимного трафіку показав сценарій «А», тоді як сценарій «Б» продемонстрував найкращі значення P90 і P95. Отже, використані налаштування Apache підвищують стійкість вебсервера до DoS-атаки та покращують обслуговування легітимного трафіку.

З проведених досліджень можна зробити висновок, що для збільшення ефективності захисту вебсерверів Apache від DoS атак можна використовувати модуль «Apache mod\_reqtimeout» з налаштуванням таймауту для джерела повідомлення.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] «Apache Module mod\_reqtimeout». [Online]. Available: [https://httpd.apache.org/docs/current/mod/mod\\_reqtimeout.html](https://httpd.apache.org/docs/current/mod/mod_reqtimeout.html) Accessed on: March 25, 2026.

[2] «Protect Apache using Mod\_security and Mod\_evasive on RHEL/CentOS & Fedora». [Online]. Available:

[https://client.connectindo.com/knowledgebase/2/Protect-Apache-using-Mod\\_security-and-Mod\\_evasive-on-RHELorCentOS-and-Fedora.html](https://client.connectindo.com/knowledgebase/2/Protect-Apache-using-Mod_security-and-Mod_evasive-on-RHELorCentOS-and-Fedora.html) Accessed on: March 25, 2026.

[3] «How to secure Apache with ModSecurity?» [Online]. Available: <https://help.time4vps.com/en/articles/377603-how-to-secure-apache-with-modsecurity> Accessed on: March 25, 2026.

УДК 004.056.5:004.7

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВІЛЬНИХ DDoS АТАК НА ВЕБСЕРВЕРИ

ВАСИЛЕНКО І.О., МАРЧУК А.В.  
(ivan.vasylenko@nure.ua, artem.marchuk@nure.ua)  
Харківський національний університет радіоелектроніки

*The impact of Slowloris DDoS attacks on web servers was studied. Two separate virtual machines were created, one with the Apache web server deployed, and the other with programs for carrying out attacks. A slow Slowloris attack was simulated. The impact of slow DDoS attacks on the web server was assessed. Recommendations were developed to protect web servers from slow DDoS attacks.*

У сучасному цифровому світі дуже поширені кібератаки, а їхні методи проведення стають складнішими. Однією з найбільш небезпечних загроз для вебсерверів є атаки на відмову в обслуговуванні DoS і DDoS-атаки. Серед них особливо виділяються повільні, так звані Slow DDoS-атаки. На відміну від традиційних атак такі атаки потребують дуже мало пропускної здатності і від них важко захищитися, оскільки вони створюють трафік, який дуже складно відрізнити від звичайного трафіку. Це робить дослідження заходів протидії таким атакам надзвичайно актуальним.

Була поставлена задача провести експериментальне дослідження впливу повільних DDoS-атак на вебсервери і розробити рекомендації по захисту від них вебсерверів.

Експериментальна установка складалася з двох віртуальних машин. Одна з них використовувалась в якості машини жертви, на якій було розгорнуто вебсервер Apache, а на іншій інсталювана програма нападника, що здійснювала повільну атаку DDoS типу Slowloris.

На першому етапі без атаки сервер працював в звичайному режимі: навантаження на процесор було помірним, показники load average становили 3.43, 3.84 та 3.35. Більшу частину ресурсів використовував процес сканера вразливостей nessusd, який займав близько 96% процесора. В системі був активним лише один процес, решта перебували в режимі очікування. Також працювали звичні сервіси – gnome-shell та gnome-terminal. Оперативної пам'яті використовувалося приблизно 850 Мб, що теж є нормальним показником.

На другому етапі була запущена атака за допомогою команди «python3 slowloris.py 10.0.2.15». Після запуску атаки з другої машини на сервер стало помітно, що навантаження на систему зросло. Показник завантаженості процесора (load average) піднявся з 3.4 до 4.4, і кількість активних процесів збільшилася з одного до п'яти. З'явилися нові системні процеси, які почали активно працювати, наприклад kworker і ksoftirqd. Це означає, що сервер почав витрачати більше ресурсів на обробку вхідних з'єднань. Така реакція показує, що вебсервер вразливий до повільних запитів типу Slowloris.

Кількість активних з'єднань склала 111, що суттєво більше ніж у нормальному стані, яка складала одиниці з'єднань. Результат підтверджує наявність атаки Slowloris: сервер витрачає ресурси на велику кількість з'єднань.

На наступному етапі були проведені тести за допомогою програми Slow HTTP Test. Цей інструмент моделює повільні атаки і дозволяє тестувати стійкість серверів і виявляти потенційні вразливості. Завдяки підтримці кількох варіацій атак, таких як slowloris, повільне

надсилання тіла запиту (slow body) та повільна передача діапазонів (range attack), slowhttptest дає змогу створювати реалістичні сценарії навантаження для перевірки безпеки вебдодатків. Під час атаки було встановлено 1000 повільних з'єднань з використанням методу GET. Впродовж перших 5 секунд спостерігалось стрімке зростання кількості активних з'єднань: на 5-й секунді вже було 662 активних клієнта. Після цього сервер припинив відповідати (Service available = 0), що свідчить про відмову в обслуговуванні – основна мета атаки була досягнута.

Навантаження стабілізувалося приблизно на 550–660 активних з'єднаннях, при цьому сервер не повертав коректні відповіді протягом більш ніж 100 секунд. Частина з'єднань періодично переводилася в стан «Closed», але більшість залишалась у «Connected» або «Pending», що типово для slow-атак.

Максимально було зафіксовано 603 закритих з'єднань і 397 активних одночасно, а «Service available» залишалось на 0 після 6-ї секунди атаки.

Виявилось, що найбільш вразливим сервер виявився під час атаки з використанням інструменту slowhttptest. Вже на 6-й секунді тесту сервер перестав відповідати на запити, що вказує на повну недоступність вебсервісу. Кількість активних з'єднань сягала понад 600, що створило критичне навантаження на серверну інфраструктуру.

Таким чином, можна зробити висновок, що Apache-сервер без спеціального захисту є вразливим до повільних атак. Ці результати ще раз підкреслюють важливість впровадження додаткових заходів безпеки.

Для розробки рекомендацій по захисту від повільних атак потрібно було проаналізувати механізми роботи таких атак. Повільні DDoS-атаки та класичні методи мають принципово різні механізми роботи та впливу на серверну інфраструктуру. Класичні атаки націлені на створення великого обсягу трафіку, щоб вичерпати пропускну здатність мережі чи ресурси сервера, змушуючи його відмовити в обслуговуванні легітимних користувачів. Вони переважно використовують протоколи нижніх рівнів – UDP, ICMP або TCP SYN, генеруючи потік запитів від бот-мережі. Натомість повільні атаки працюють висших рівнях, на рівні додатків HTTP, TCP, імітуючи поведінку справжніх користувачів. Вони надсилають мінімальний обсяг трафіку, але у такий спосіб, що сервер змушений тримати з'єднання відкритим тривалий час, витрачаючи пам'ять і потужності процесора. Це робить їх важкими для виявлення, адже за формою вони виглядають як легітимні підключення.

В результаті проведенного аналізу можна рекомендувати для захисту від повільних атак:

- постійний моніторинг поведінки мережі в реальному часі для виявлення аномалій і моніторинг таких ресурсів, як процесор, пам'ять, таблиці з'єднань та потоки додатків;
- збільшення кількості доступних з'єднань сервера;
- встановлення зворотного проксі-сервера;
- обмеження кількості з'єднань, скорочення таймаутів та використання засобів фільтрації трафіку;
- використання балансувальників навантаження (Load Balancers) і вебфаєрволів (WAF), які пропускають лише повноцінні HTTP-запити.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Cambiaso, E., Papaleo, G., Aiello, M. (2012). Taxonomy of Slow DoS Attacks to Web Applications. In: Thampi, S.M., Zomaya, A.Y., Strufe, T., Alcaraz Calero, J.M., Thomas, T. (eds) Recent Trends in Computer Networks and Distributed Systems Security. SNDS 2012. Communications in Computer and Information Science, vol 335. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-34135-9\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34135-9_20)

[2] «Protect Apache using Mod\_security and Mod\_evasive on RHEL/CentOS & Fedora». [Online]. Available: [https://client.connectindo.com/knowledgebase/2/Protect-Apache-using-Mod\\_security-and-Mod\\_evasive-on-RHELorCentOS-and-Fedora.html](https://client.connectindo.com/knowledgebase/2/Protect-Apache-using-Mod_security-and-Mod_evasive-on-RHELorCentOS-and-Fedora.html) Accessed on: March 25, 2026.

[3] «How to secure Apache with ModSecurity?» [Online]. Available: <https://help.time4vps.com/en/articles/377603-how-to-secure-apache-with-modsecurity> Accessed on: March 25, 2026.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ КІБЕРЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ**

ГЛУЩЕНКО В.О., БУТЕНКО Т.А.  
(vglusenko567@gmail.com, buttan29@gmail.com)  
Державний біотехнологічний університет

*Роботу присвячено ключовим принципам та складовим кіберзахисту, напрямам організаційного, технічного та правового захисту інформаційних ресурсів, а також пропозиції щодо їх удосконалення в сучасних умовах.*

Важливість ефективного використання інформаційних ресурсів для забезпечення конкурентоспроможного виробництва зумовлює необхідність належного управління ними та організації комплексних систем захисту інформації. Управління інформаційними ресурсами – це систематичний процес збору, обробки, зберігання, захисту та розповсюдження даних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень та забезпечення діяльності організації. Комплексний підхід до організації інформаційних процесів включає такі складові: технічні засоби, програмне забезпечення (ПЗ), персонал, системи управління інформаційною безпекою (СУІБ) та ефективний обмін даними [1].

Системи управління безпекою є процесами, що включають:

- оцінку ризиків: виявлення, аналіз та управління ризиками, що загрожують інформаційним активам;
- політики безпеки: встановлення правил, таких як «чистий екран/стіл», парольний захист та визначення критичних бізнес-процесів;
- контроль доступу: ідентифікація, автентифікація, керування правами користувачів віддаленим доступом;
- захист від витоків інформації: моніторинг активності, використання спеціалізованого ПЗ, шифрування та антивірусний захист [2].

Дані й інформація повинні зберігатися захищено і в такий спосіб, щоб було дотримано виконання принципів інформаційної безпеки із забезпеченням конфіденційності, цілісності та доступності. Ці принципи кіберзахисту не існують ізольовано і впливають один на одного. Управління системою кібербезпеки має включати пошук ефективного балансу цих факторів.

Отже, перша базова складова кібербезпеки – це конфіденційність, цілісність та доступність. Друга складова – зберігання, передавання та обробка даних. І третя базова складова кібербезпеки – люди, процеси та технології. У кібербезпеці застосовується багатогранний комплексний підхід до запровадження і застосування її методів та засобів, який ще називається кубом кібербезпеки або кубом МакКамбера, що візуалізує комплексний підхід із забезпечення інформаційної безпеки та є широко відомим і зрозумілим у спільноті IT-фахівців. Куб МакКамбера – це спосіб оцінки системи безпеки з огляду на всі її аспекти, який був детально описаний у 2004 році Джоном МакКамбером у книзі «Оцінка та управління ризиками безпеки в IT-системах: структурована методологія». Куб кібербезпеки виглядає як тривимірна геометрична фігура, де однією з трьох видимих поверхонь є цілі кібербезпеки – конфіденційність, цілісність і доступність. Іншою спостережною поверхнею є стани інформації при передачі, обробці та зберіганні. Третя видима поверхня цього кубу відноситься до складових, пов'язаних із управлінням людьми, процесами і технологіями [3].

Основні напрями захисту інформаційних ресурсів включають:

- правові заходи: закони, нормативні акти, що регулюють роботу з інформацією;
- організаційні заходи: регламентація доступу до інформаційних ресурсів (паролі, політики доступу), перевірка та підготовка персоналу щодо дотримання правил інформаційної безпеки, розробка планів реагування на інциденти;

- технічний захист (ТЗ): програмно-апаратні засоби. Захист від несанкціонованого доступу: сильні паролі, багатофакторна аутентифікація, захищені мережі, фаєрволи. Антивірусний захист. Системи виявлення вторгнень, моніторинг мережі на предмет підозрілої активності. Резервне копіювання. Інженерні рішення: шифрування, брандмауери [4];

- комплексна система захисту (КСЗ): поєднання всіх методів для захисту інформаційно-комунікаційних систем.

Особливу увагу слід приділити правовим заходам захисту інформаційних ресурсів. В Україні прийнято такі закони: «Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах», в якому регламентовано процеси обробки державних інформаційних ресурсів, а також інформації з обмеженим доступом в авторизованих системах з безпеки або шляхом отримання сертифіката відповідності стандарту інформаційної безпеки [5]; основи кібербезпеки, а саме правові засади, об'єкти, принципи та систему захисту регулюються Законом «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», в якому також зазначено ключовими елементами такі як захист критичної інфраструктури, державна система кіберзахисту, кримінальна відповідальність за кіберзлочини та принципи міжнародної співпраці [6]; постановою Кабінету Міністрів України затверджено «Правила забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах», які визначають загальні вимоги та організаційні засади забезпечення захисту інформації, що є власністю держави, або інформації з обмеженим доступом, вимога щодо захисту якої встановлена законом [7].

Пропозиції щодо удосконалення законодавства кіберзахисту інформаційних ресурсів в умовах воєнного стану: системність – створення цілісної моделі кібероборони в умовах воєнного стану; превентивність – перехід від реактивної до проактивної моделі захисту; міжнародна інтеграція – гармонізація з правом ЄС і стандартом НАТО; гнучкість правового режиму – спеціальні кіберповноваження на період воєнного стану з механізмами контролю.

Комплексний захист інформаційних ресурсів забезпечує конфіденційність, цілісність та доступність даних. Застосування технічних, організаційних і правових заходів забезпечує надійну та конкурентоспроможну діяльність організації. Особливе значення має вдосконалення законодавства у воєнний час забезпечуючи його системність, превентивність і гнучкість для швидкого реагування на кіберзагрози.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] С. О. Носок, О. М. Фаль, В. М. Ткач., «Управління інформаційною безпекою»: навч. посіб.). [Електронний ресурс]. Режим доступу: [Konspekt-Lektsii\\_UIB.docx](#).

[2] А.М. Гребенюк, Л.В. Рибальченко, «Основи управління інформаційною безпекою». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://er.dduvs.edu.ua/bitstream/123456789/5717/1/ПОСІБНИК%20ОУІБ%20.pdf>.

[3] *Основи кібербезпеки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://moz.gov.ua/uk/news/osnovi-kiberbezpeki-2>.

[4] Види заходів протидії загрозам безпеки. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://library.vpuhlukhiv.com.ua/subjects:basic:informatika:infsecurity:types\\_of\\_security\\_countermeasures.\\_legal\\_framework\\_for\\_information\\_technology\\_security](https://library.vpuhlukhiv.com.ua/subjects:basic:informatika:infsecurity:types_of_security_countermeasures._legal_framework_for_information_technology_security).

[5] Закон України «Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах» зі змінами, внесеними Законом України від 20.04.2025 № 81/94-ВР. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-вр#Text>.

[6] Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» зі змінами, внесеними Законом України від 19.10.2025 № 2469-VIII. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text>.

[7] КМУ Постанова від 29.03.2006 р. №373 «Про затвердження Правил забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2006-п/ed20060329#Text>.

## СУЧАСНА РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА DIGITAL-ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВІЗАЦІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

ГРІДІН Д.В.

(d43205588@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна)

*Досліджується роль інформаційних систем та digital-технологій як стратегічних драйверів цифрової трансформації менеджменту організації. Розглянуто сучасні тенденції цифровізації управлінських процесів, їхній вплив на ефективність управління. Проаналізовані інформаційні системи як інфраструктурна основа цифрового менеджменту, що забезпечує інтеграцію даних, прозорість бізнес-процесів та підтримку управлінських рішень. Визначено проблеми та ризики цифровізації, включно з організаційним опором, дефіцитом цифрових компетентностей, фінансовими обмеженнями та кіберризиками. Наведено стратегічні напрями розвитку цифрового менеджменту.*

**Ключові слова:** цифрова трансформація, цифровізація управління, digital-технології, інформаційні системи, ефективність управлінських процесів.

**Постановка проблеми.** Цифровізація управління у конкурентному та високо динамічному середовищі є визначальним чинником та запорукою успішного розвитку сучасних організацій. Стрімке поширення інформаційних систем та digital-технологій, які трансформують традиційні підходи до менеджменту, підвищують ефективність управлінських процесів та формують нові стратегічні пріоритети свідчить про актуальність дослідження даного питання. Адже проблема полягає у недостатньому комплексному аналізі цифровізації як системного явища, що охоплює інфраструктурні, організаційні та стратегічні аспекти управління. Незважаючи на численні дослідження окремих технологій, бракує системного підходу до їх інтеграції у всі рівні управлінської структури та стратегічного планування.

**Мета** дослідження полягає у визначенні ролі інформаційних систем та digital-технологій у цифровій трансформації та аналізі їх впливу на ефективність менеджменту. До переліку ключових завдань входить: аналіз підходів до цифровізації управління та визначення у цьому контексті ролі інформаційних систем; дослідження впливу digital-технологій на різні рівні управління; виявлення проблем та ризиків цифрової трансформації; визначення стратегічних напрямів розвитку цифрового менеджменту.

**Виклад основного матеріалу.** Інформаційні системи виступають інфраструктурною основою цифрового менеджменту, забезпечуючи інтеграцію даних, координацію бізнес-процесів та необхідну підтримку управлінських рішень. Так, ERP-системи забезпечують планування ресурсів та управління виробничими процесами, CRM-платформи підвищують ефективність взаємодії з клієнтами, HRM-системи сприяють розвитку персоналу та управлінню кадровим потенціалом, а BI-платформи забезпечують аналітичну підтримку стратегічних рішень [2, с. 98; 5, с. 137]. Завдяки інтеграції зазначених систем формується єдине інформаційне середовище, що забезпечує прозорість процесів, оперативний обмін даними між підрозділами та стандартизацію управлінських процедур. Інформаційні системи також створюють технологічну платформу для впровадження складніших digital-рішень, включаючи штучний інтелект, аналітику великих даних та хмарні сервіси [3].

Digital-технології перетворюють підходи до управління, дозволяючи здійснювати data-driven прийняття рішень та підвищувати гнучкість організаційних структур. Аналітика великих даних та штучний інтелект сприяють точному прогнозуванню та оцінці ризиків, автоматизація операційних процесів оптимізує логістику, фінансове планування та управління запасами. Хмарні платформи забезпечують мобільність і інтеграцію процесів, підвищуючи швидкість управлінських рішень і координацію підрозділів [1]. Водночас digital-технології

стають драйвером інноваційного розвитку, дозволяючи створювати нові продукти та сервіси, впроваджувати платформні бізнес-моделі та формувати конкурентні переваги.

Впровадження цифрових рішень істотно впливає на ефективність менеджменту. Оптимізація ресурсів, скорочення часу на рутинні операції та підвищення продуктивності персоналу забезпечують більш ефективне використання ресурсів та підвищення рентабельності. Аналітичні інструменти інтегрують внутрішні дані з ринковою інформацією, забезпечуючи обґрунтоване стратегічне планування. Ефективність цифровізації залежить від цифрової зрілості підприємства, підготовки персоналу та рівня інтеграції технологій у систему управління.

Разом із перевагами цифровізація супроводжується низкою проблем та ризиків. Основними з них є організаційний опір, дефіцит цифрових компетентностей, значні фінансові обмеження та суттєві кіберризики. Непослідовне або часткове впровадження технологій здатне призвести до фрагментації процесів, зниження синергії та недостатньої віддачі від інвестицій у digital-інструменти. Тому успішна трансформація потребує стратегічного планування, розвитку компетентностей персоналу, формування корпоративної цифрової культури та активного управління ризиками [1; 5, с. 139].

До стратегічних напрямів розвитку цифрового менеджменту, з урахуванням сучасних реалій, необхідно віднести [4; 5, с. 140]: формування цифрової стратегії підприємства; інтеграцію digital-технологій у всі рівні управління; постійний розвиток цифрових компетентностей персоналу; використання технологій для інноваційного розвитку та управління ризиками цифровізації. Комплексна реалізація наведених вище напрямів забезпечує узгодженість процесів, прозорість інформаційних потоків, покращує адаптивність організації до перманентних змін та підвищує її стійкість до негативного впливу чинників в умовах цифрової економіки.

**Висновок.** Отже, цифровізація менеджменту організацій є надважливим стратегічним інструментом підвищення ефективності управлінських процесів, конкурентоспроможності та інноваційного потенціалу. Інформаційні системи та digital-технології створюють міцний базис для прийняття обґрунтованих управлінських рішень, формують інтегроване цифрове середовище та забезпечують усі необхідні умови для сталого розвитку в епоху цифровізації.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Грідін О.В. Трансформація HR-процесів через впровадження digital-технологій: ключові аспекти та основні передумови. *Економіка та суспільство*. 2025. № 71. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-21>  
URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/5472>
2. Кулик В.А., Похідня Б.А. Інформаційний менеджмент на підприємстві. *Економічний простір*. 2025. № 201. С. 96-99. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.201.96-99>  
URL: <http://economicspace.pgasa.dp.ua/article/view/332256/321273>
3. Матвєєва Ю.А., Рибальченко С.М., Котенко С.І., Богдан Е.І., Стельмах А.Л. Інформаційні технології як інструмент підвищення ефективності офіс-менеджменту та організації виробничих процесів. *Актуальні питання економічних наук*. 2025. № 18. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18023883> URL: <https://a-economics.com.ua/index.php/home/article/view/996/981>
4. Пеннер С.О, Римарцов В.В., Лобай Р.Р. Інформаційні технології як інструмент стратегічного управління інноваціями в організації. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-97>  
URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4759/4700>
5. Юрчук Н.П., Кіпоренко С.С. Інформаційні системи як драйвер цифрового менеджменту. *Інвестиції: практика та досвід*. 2025. № 2. С. 135-142. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2025.2.135>  
URL: <https://nauka.com.ua/index.php/investplan/article/view/5485/5539>

## МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ СХОВИЩА ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

ГУМЕНЯК М.О., ГАЛЯС А.В., САВЧУК В.А.  
(shaidamaksm@gmail.com)

Західноукраїнський національний університет

*Реферат. За для підвищення продуктивності та рівня безпеки розглянуто методи оптимізації сховища даних інформаційної системи. Проаналізовано методи кешування та оптимізації запитів до баз даних на основі багатопоточності та балансування навантаження, що уможлиблює підвищити швидкість опрацювання даних. Методи шифрування, автентифікації та моніторингу системи дозволяють підвищити рівень безпеки даних. Запропоновано модель оптимізації сховища даних, що поєднує процедури підвищення швидкодії та рівня безпеки.*

Інформаційна система (ІС) – це середовище збору, обробки, зберігання та передачі інформації на основі комплексу програмних, технічних, комунікаційних, інформаційних та організаційних засобів, що забезпечує взаємодію користувачів із даними. Сховище даних є одним із основних компонентів ІС, яке відповідає за централізоване зберігання даних, їх повноту, цілісність, доступність та безпеку. Правильна організація сховища даних забезпечує надійність, продуктивність та масштабованість системи в цілому.

Періоду неспинного розвитку інформаційних технологій притаманне суттєве зростання обсягів даних, що накопичуються та опрацьовуються в ІС. В той же час, цифровізація даних зумовлює зростання кількості користувачів, що підвищує рівень навантаження, а це, в свою чергу, суттєво впливає на продуктивність ІС. Поряд з цим зростають вимоги й до безпеки даних, адже витік конфіденційної інформації часто призводить до значних втрат.

Зважаючи на це, виникає необхідність у розробці комплексних методів оптимізації сховища даних, які забезпечують одночасне підвищення продуктивності ІС та рівня безпеки даних в умовах росту навантажень та загроз.

Дослідженню зазначеної проблематики присвячено чимало праць закордонних та вітчизняних науковців. У [1] автори розкривають спосіб підвищення рівня реакції на запити до баз даних на основі технік індексації. Зазначено, що продуктивність системи суттєво залежить від складності запитів та обсягів даних. Інтегрований підхід на основі методів кешування та індексації у [2] уможлиблює оптимізацію ІС, які функціонують за умов високих навантажень при розподіленій обробці даних. Перехід від традиційних табличних сховищ даних до колонково-орієнтованих з метою ефективного опрацювання великих неоднорідних даних запропоновано авторами у [3]. Методи оптимізації хмарних сховищ даних на основі оптимальних запитів, перерозподілу ресурсів та управління витратами дозволяє одночасно підвищити продуктивність і зменшити часові витрати на обробку даних [4]. Однак, сучасні умови функціонування ІС вимагають розробки комплексного підходу до оптимізації сховищ даних, який включатиме процедури забезпечення швидкодії та підвищення рівня безпеки даних.

Архітектура ІС забезпечує ефективну взаємодію між користувачем, прикладними програмами та сховищем даних й включає такі рівні:

- клієнтський, що відповідає за взаємодію користувача з системою через інтерфейс (наприклад, веб-додаток, мобільний застосунок);
- прикладний, що реалізує бізнес-логіку системи, обробку запитів та взаємодію між компонентами;
- рівень даних, який відповідає за зберігання, опрацювання та управління даними.

Модуль оптимізації при цьому доцільно інтегрувати на рівні сховища даних, який взаємодіє із системою керування базами даних, підсистемами опрацювання запитів та інструментами безпеки. Методи реалізації модуля оптимізації представлено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Структурна схема методів реалізації модуля оптимізації

Математична модель оптимізації сховища формалізує процес підвищення ефективності функціонування ІС шляхом мінімізації часу опрацювання запитів, зниження навантаження на ресурси та забезпечення належного рівня безпеки даних.

Нехай маємо таку множину запитів користувачів:

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}.$$

Кожен запит описується множиною параметрів:

$t_i$  – час опрацювання запиту;

$r_i$  – обсяг ресурсів, необхідних для виконання запиту;

$p_i$  – пріоритет запиту;

$s_i$  – рівень безпеки даних.

Цільова функція оптимізації при цьому матиме вигляд:

$$F = \min\left(\sum_{i=1}^n (\alpha \cdot t_i + \beta \cdot r_i + \gamma \cdot c_i)\right),$$

де  $c_i$  – коефіцієнт кешування (0 або 1);

$\alpha, \beta, \gamma$  – вагові коефіцієнти важливості продуктивності та безпеки.

При цьому загальне навантаження на ІС визначається:

$$L = \sum_{i=1}^n r_i, L \leq L_{\max}, S(q_i) \geq S_{\min} \quad (1)$$

Відношення (1) означає, що ІС повинна працювати у допустимих межах навантаження та забезпечувати мінімально необхідний рівень безпеки.

Таким чином, модель оптимізації формалізує процес прийняття рішень щодо обробки запитів у сховищі даних ІС на основі методів кешування та контролю доступу. Така модель може бути адаптована до різних типів ІС, що свідчить про перспективність застосування зазначених методів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Голубінка В., Худий А. Підвищення продуктивності запитів до баз даних: аналіз технік індексації // Information Systems and Networks. 2024. Iss.15. С. 65-73.

[2] Ткаченко Т. А., Мартовицький В. О., Бологова Н. М. Методи оптимізації запитів у розподілених базах даних // Вісник ХНТУ. 2025. No 4(95), Ч. 3. С. 245-251.

[3] Mohamed Mouhiha, Abdelfettah Mabrouk NoSQL data warehouse optimizing models: A comparative study of column-oriented approaches // Big Data Research. 2025.Vol. 40. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2025.100523>.

[4] Chandrakanth Lekkala Cloud-Based Data Warehousing Optimization Techniques // Journal of Scientific and Engineering Research, 2022, 9(5):114-118. P 114-118.

УДК 004.056

## УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В СУЧАСНИХ ОРГАНІЗАЦІЯХ

КАНАРСЬКА Ю.О.  
(kanarska\_y@univer.km.ua)

Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова

Цифрова трансформація діяльності організацій зумовила суттєве зростання ролі інформації як ключового ресурсу. Від ефективності її обробки, збереження та використання значною мірою залежать управлінські рішення, взаємодія з клієнтами й партнерами, а також загальна результативність бізнес-процесів. Активне впровадження інформаційних технологій, з одного боку, відкриває нові можливості для розвитку, а з іншого — підвищує рівень вразливості до різноманітних загроз.

У таких умовах питання забезпечення інформаційної безпеки виходить за межі суто технічних заходів і стає важливою складовою системи управління організацією. Особливого значення набуває управління ризиками інформаційної безпеки, оскільки воно орієнтоване не лише на реагування на вже наявні інциденти, а й на їх попередження шляхом своєчасного виявлення, аналізу та оцінювання потенційних загроз.

З огляду на це, ефективне управління ризиками інформаційної безпеки є важливим чинником забезпечення стабільності функціонування організацій незалежно від їх розміру та сфери діяльності. Від рівня організації цього процесу залежить не лише захищеність інформаційних ресурсів, а й конкурентоспроможність та довіра з боку користувачів і партнерів.

Незважаючи на підвищення уваги до питань інформаційної безпеки, у багатьох організаціях процес управління ризиками залишається недостатньо системним. На практиці часто спостерігається ситуація, коли заходи захисту впроваджуються вже після виникнення інцидентів, що свідчить про переважно реактивний характер управління. Окрім цього, не завжди належним чином враховується вплив людського фактора, а також складність сучасних інформаційних систем, які можуть містити приховані вразливості.

Додаткові труднощі пов'язані з постійною зміною характеру кіберзагроз, що ускладнює їх своєчасне виявлення та оцінювання. Традиційні підходи до управління ризиками не завжди відповідають сучасним умовам, що знижує їх ефективність. Водночас відсутність єдиного підходу до оцінки ризиків і недостатня інтеграція процесів інформаційної безпеки в загальну систему управління організацією негативно впливають на результативність захисних заходів.

Метою даного дослідження є аналіз підходів до управління ризиками інформаційної безпеки в діяльності сучасних організацій та визначення ефективних напрямів їх мінімізації. Для досягнення поставленої мети доцільно розглянути сутність ризиків інформаційної безпеки, окреслити їх основні джерела та види, проаналізувати існуючі методи оцінювання, а також дослідити практичні підходи до управління ризиками в умовах цифрового середовища.

Ризик інформаційної безпеки доцільно трактувати як поєднання ймовірності реалізації певної загрози та масштабу можливих втрат для організації. У сучасних підходах до оцінювання ризиків враховується взаємозв'язок між загрозами, вразливостями та наслідками їх реалізації, що дозволяє більш точно визначати критичні елементи інформаційної системи та встановлювати пріоритетність заходів захисту [1].

Аналіз сучасної практики свідчить, що серед найбільш поширених загроз інформаційній безпеці залишаються атаки соціальної інженерії, фішинг та випадки компрометації облікових даних. Водночас значна частина інцидентів пов'язана не стільки з технічними недоліками, скільки з діями користувачів, зокрема недостатнім рівнем обізнаності персоналу або недотриманням встановлених вимог безпеки [2]. В українських реаліях додатковими факторами ризику виступають нестабільність функціонування ІТ-інфраструктури та обмежений рівень впровадження комплексних систем захисту інформації [3].

Оцінювання ризиків інформаційної безпеки може здійснюватися з використанням різних підходів, вибір яких залежить від наявності необхідних даних та рівня зрілості організації. Якісні методи дозволяють оперативно визначити рівень критичності ризиків, однак характеризуються обмеженою точністю результатів. У свою чергу, кількісні методи забезпечують більш обґрунтовану оцінку за рахунок використання числових показників, проте потребують значного обсягу вихідної інформації. З огляду на це, у практичній діяльності доцільно поєднувати зазначені підходи, що сприяє підвищенню достовірності результатів оцінювання ризиків [1], [4].

Процес управління ризиками передбачає визначення та реалізацію заходів впливу на кожен ідентифікований ризик. Найбільш поширеним підходом є його зниження шляхом впровадження як технічних рішень (зокрема систем контролю доступу, антивірусного захисту, засобів моніторингу), так і організаційних заходів, серед яких важливе місце займають внутрішні регламенти та підвищення рівня обізнаності персоналу. Передача ризику застосовується обмежено та зазвичай реалізується через страхування або залучення зовнішніх провайдерів послуг. Водночас повне уникнення ризиків у сучасних умовах цифрового середовища є малоімовірним, що зумовлює необхідність їх постійного контролю та мінімізації [5].

Ефективне управління ризиками інформаційної безпеки передбачає не разові заходи, а безперервний процес, що включає регулярне оцінювання, моніторинг та перегляд актуальних загроз. Такий підхід дає змогу своєчасно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі та зменшувати потенційні втрати, пов'язані з реалізацією ризиків.

У сучасних умовах інформаційна безпека доцільно розглядається як складова загальної системи управління організацією, а не як окремий технічний напрям. Важливим є не лише впровадження окремих засобів захисту, а формування цілісної системи роботи з ризиками, що охоплює як технічні, так і організаційні аспекти.

Особливу увагу необхідно приділяти практичній реалізації процесів оцінювання та управління ризиками, оскільки саме на цьому рівні визначається реальна ефективність заходів безпеки. Формальний підхід або орієнтація виключно на технічні рішення без урахування ролі персоналу та організаційних факторів не забезпечують належного рівня захищеності.

Отже, управління ризиками інформаційної безпеки має базуватися на системному та адаптивному підході, що дозволяє організації ефективно функціонувати в умовах постійних змін і забезпечувати належний рівень надійності та стійкості.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] NIST, *Guide for Conducting Risk Assessments (SP 800-30 Rev.1)*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-30r1.pdf>
- [2] IBM, *Cost of a Data Breach Report*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/reports/data-breach>
- [3] Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cip.gov.ua>
- [4] Юдін О. К., Бучик С. С. Концептуальний аналіз уразливості державних інформаційних ресурсів // Наукоємні технології. – 2013. – № 3 (19).
- [5] Guidelines for Information Security Risk Management with ISO 27005. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pdfcoffee.com/download/414387268-iso-27005pdf-pdf-free.html>

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ З УРАХУВАННЯМ ЗАГРОЗ ПРОГРАМ-ВИМАГАЧІВ**

КІЦЕЛЬ Н.В.

(kitselnata@gmail.com)

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ

*Розглянуто проблему оптимізації систем управління інформаційною безпекою в умовах зростання загроз програм-вимагачів. Проаналізовано ключові особливості сучасних ransomware-атак, їхню здатність швидко поширюватися, шифрувати дані та порушувати доступність сервісів. Обґрунтовано необхідність впровадження ризик-орієнтованих підходів та адаптивних моделей оцінювання загроз. Визначено перспективні напрями вдосконалення технічних засобів моніторингу, зокрема використання поведінкових методів, машинного навчання та систем виявлення аномалій. Окрему увагу приділено автоматизації реагування на інциденти, ізоляції уражених вузлів і забезпеченню стійкого резервного копіювання. Підкреслено важливість організаційних заходів – оновлення політик безпеки, навчання персоналу, аудитів та застосування принципів ZeroTrust.*

Сучасні організації функціонують в умовах стрімкого зростання кількості цілеспрямованих кібератак, серед яких особливо небезпечними є атаки із використанням програм-вимагачів. Ransomware еволюціонував від простих шифрувальників до багатокомпонентних інструментів кіберзлочинців, що поєднують приховане проникнення, автоматизоване поширення, експлуатацію вразливостей нульового дня, ексфільтрацію даних та одночасне шифрування критичних ресурсів. Зростання складності таких атак зумовлює необхідність переосмислення принципів побудови систем управління інформаційною безпекою (СУІБ), їх адаптації до динамічних загроз, а також впровадження методів раннього виявлення і мінімізації наслідків шифрувальних атак.

У межах дослідження визначено специфічні ризики, що формуються внаслідок діяльності програм-вимагачів; проаналізовано актуальні моделі оцінювання ризиків та обґрунтовано їх адаптацію до сценаріїв ransomware-атак; розглянуто та структуровано сучасні технічні засоби моніторингу, виявлення та запобігання шкідливим діям; проаналізовано можливості застосування методів машинного навчання та поведінкової аналітики; визначено підходи до автоматизації реагування на інциденти; сформовано рекомендації щодо вдосконалення організаційних механізмів СУІБ.

Одним із ключових напрямів оптимізації СУІБ є впровадження ризик-орієнтованих підходів, що враховують не лише базову ймовірність реалізації загроз, а й ряд додаткових параметрів, які комплексно впливають на стійкість інформаційної інфраструктури. До таких параметрів належать динаміка та швидкість поширення шкідливого ПЗ, здатність програм переходити між сегментами мережі, потенційна втрата доступності критичних сервісів, масштаб порушення бізнес-процесів, ризики компрометації або шифрування резервних копій, а також наслідки витоку, модифікації або знищення інформації. У межах такого підходу доцільним є використання сценарного аналізу, що дозволяє прогнозувати траєкторії атаки, моделювання поведінки зловмисника, побудову графів атак та аналіз ланцюгів проникнення. Важливим напрямом є оцінювання стійкості інфраструктури до шифрувальних механізмів, включно з аналізом шляхів обходу засобів захисту, тестуванням здатності системи протистояти багатофазним атакам та визначенням готовності до відновлення функціональності після інциденту.

У технічній складовій оптимізації особливе значення має модернізація засобів моніторингу, збору телеметрії та виявлення аномалій. Традиційні сигнатурні рішення, що базуються на пошуку відомих зразків шкідливого ПЗ, демонструють низьку ефективність

проти сучасних шифрувальників. Пріоритет надається поведінковим системам, здатним виконувати багаторівневий аналіз: від моніторингу аномальної активності процесів та відхилень у схемах доступу до файлової системи, контролю мережових взаємодій, виявлення нетипових операцій шифрування, підозрілих змін у системному реєстрі та спроб ескалації привілеїв. Методи машинного навчання та глибинних нейронних мереж дозволяють підвищити точність класифікації поведінкових патернів, автоматично адаптувати моделі до нових атак, зменшувати хибнопозитивні спрацювання і формувати механізми самокорекції системи.

Важливою складовою модернізації СУІБ є вдосконалення процесів реагування на інциденти. Оскільки ransomware-атаки характеризуються коротким проміжком між проникненням і фазою шифрування, критичним є впровадження автоматизованих засобів оперативного реагування: ізоляція уражених вузлів, блокування підозрілих процесів, переривання несанкціонованих мережових з'єднань та обмеження *lateral movement* у мережі. Використання SOAR-платформ забезпечує інтеграцію подій із SIEM, мережових сенсорів, EDR та інших джерел, автоматизує рутинні операції, скорочує час реакції та підвищує ефективність нейтралізації шкідливих дій. Особливої уваги потребує формування та оновлення планів реагування на інциденти, що визначають порядок дій персоналу, відповідальність учасників, процедури комунікації та стратегії відновлення.

Організаційні заходи залишаються критично важливими. Йдеться про вдосконалення політик доступу, впровадження принципу найменших привілеїв, аудит прав користувачів, сегментацію мережі, підготовку персоналу, тренінги з кібергігієни, симуляції фішингових кампаній та навчання розпізнаванню ознак інцидентів. Надійна система резервного копіювання включає ізольовані сховища, захист від несанкціонованого доступу, тестування відновлення та перевірку цілісності архівів. Сукупність цих заходів формує стійке захисне середовище та забезпечує швидке відновлення критичних функцій.

Отже, оптимізація СУІБ під загрози програм-вимагачів потребує комплексної трансформації технічних і організаційних механізмів. Інтеграція ризик-орієнтованих моделей, інтелектуальних систем виявлення аномалій, автоматизованих засобів реагування та ефективних практик управління даними підвищує кіберстійкість. Застосування *ZeroTrust*, регулярний аудит та оцінювання ефективності заходів мінімізують ймовірність успішної атаки, зменшують її наслідки та забезпечують стабільне функціонування інформаційних систем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. T. R. Reshmi, "Information security breaches due to ransomware attacks – a systematic literature review," *Int. J. Inf. Manage. Data Insights*, vol. 1, no. 2, p. 100013, 2021, doi: 10.1016/j.jjimei.2021.100013.
2. В. Дудикевич, О. Гарасимчук, А. Партика, Я. Совин та О. Немкова, "Дослідження переваг застосування методу перехресного впровадження стандартів аудиту з кібербезпеки для протидії кібератакам із використанням вірусів-вимагачів," *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, vol. 2, no. 22, pp. 226–237, 2023, doi: 10.28925/2663-4023.2023.22.226237.
3. А. Partyka, О. Narasymchuk, Е. Nyemkova, Y. Sovynand V. Dudykevych, "Розроблення методу дослідження кіберзлочинів за типом вірусів-вимагачів з використанням моделей штучного інтелекту в системі менеджменту інформаційної безпеки критичної інфраструктури," *Social Development & Security*, vol. 14, no. 2, pp. 52–63, 2024, doi: 10.33445/sds.2024.14.2.6.
4. О. Гарасимчук, А. Партика, О. Немкова, Я. Совин, "Інтегрований підхід до забезпечення кібербезпеки та дослідження кіберзлочинів критичної інфраструктури за допомогою системи моніторингу інцидентів вірусів-вимагачів," *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, vol. 1, no. 21, pp. 286–296, 2023, doi: 10.28925/2663-4023.2023.21.286296.

## ВПЛИВ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ НА ВІТЧИЗНЯНИЙ РИНОК ІТ УКРАЇНИ

КОВАЛІВСЬКА К. В., ДУГІНЕЦЬ Г. В.  
(katakovalevskaa060@gmail.com, g.duginets@knute.edu.ua)  
Державний торговельно-економічний університет

*Реферат. Досліджено вплив воєнного стану на розвиток ринку ІТ-послуг України. Проаналізовано динаміку експорту ІТ-послуг за видами у 2021–2025 рр. Визначено основні виклики функціонування ІТ-компаній в умовах війни, зокрема релокацію бізнесу та зміни на ринку праці. Розглянуто роль державної підтримки та цифровізації у розвитку галузі. Обґрунтовано перспективні напрями подальшого розвитку ІТ-сектору в умовах воєнного часу.*

ІТ-сфера України виступає важливим каталізатором інноваційних процесів і суттєво сприяє розвитку технологічного сектору. На рівні регіонів ІТ-компанії, освітні установи та спеціалісти різних профілів формують власні локальні об'єднання. Сьогодні понад двадцять українських міст мають подібні ІТ-кластери, серед яких, зокрема, Kharkiv IT Cluster, Kyiv IT Cluster, Odesa IT Family, IT Dnipro Community та інші. Основною метою їх діяльності є формування комфортного середовища для взаємодії, підтримки учасників і подальшого розвитку ІТ-сектора. На рис. 1. наведено динаміку обсягів експорту ІТ-послуг в умовах війни в Україні.

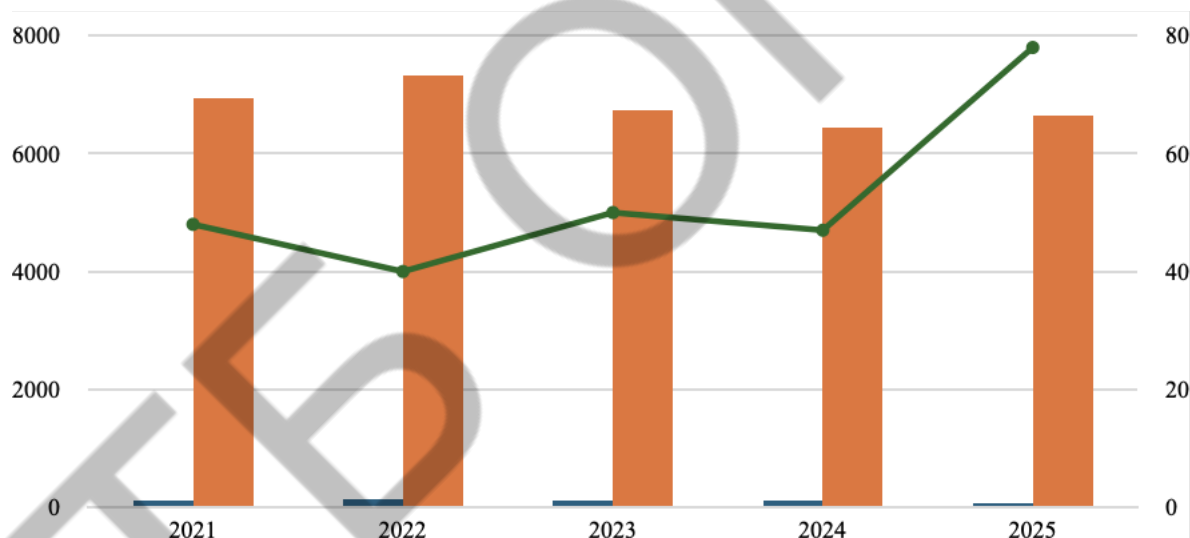


Рисунок 1 – Динаміка експорту ІТ-послуг України за видами в період 2021–2025 рр., млн. дол. США

Джерело: [1]

Аналізуючи рис. 1 слід відзначити, що впродовж 2021–2025 рр. у структурі експорту ІТ-послуг України беззаперечне домінування зберігали комп'ютерні послуги, частка яких у загальному обсязі залишалася найбільшою. Після досягнення максимальних значень у 2022 році надалі спостерігалася певне зниження показників у 2023–2024 рр., що відображає вплив складних зовнішніх умов, однак у 2025 р. намітилася тенденція до часткового відновлення. Телекомунікаційні послуги характеризувалися нестабільною динамікою з незначними коливаннями та помітним скороченням у кінці досліджуваного періоду. Водночас інформаційні послуги, попри невеликі обсяги, продемонстрували поступове зростання, особливо у 2025 р.. Загалом наведені дані свідчать про збереження провідної ролі

комп'ютерних послуг у структурі ІТ-експорту та поступову адаптацію сектору до умов військового стану.

Запровадження воєнного стану в Україні з лютого 2022 р. одночасно створило нові можливості та виклики для розвитку ІТ-індустрії. З одного боку, зріс попит на кібербезпеку, цифрові комунікації та дистанційні технології, що сприяло подальшому розвитку сектора. З іншого боку, ІТ-компанії зіткнулися з необхідністю релокації бізнесу з небезпечних регіонів, причому значна їх частина перемістила діяльність до західних областей України або частково за кордон, зберігаючи роботу та робочі місця. Додатковим викликом стало скорочення кількості працівників і вакансій через міграцію населення та мобілізацію, що призвело до зростання конкуренції на ринку праці, особливо для початківців [2]. Загалом ці процеси свідчать про здатність ІТ-сектору адаптуватися до складних умов воєнного часу, зберігаючи потенціал для подальшого розвитку.

У період воєнного стану ІТ-сектор отримав суттєву державну підтримку, зокрема через запровадження спеціального правового режиму «Дія.City», створеного для покращення умов ведення бізнесу, зменшення тінізації та збереження фахівців в Україні. Для розширення участі компаній було спрощено вимоги до резидентів і розширено перелік дозволених видів діяльності, включаючи технологічні рішення для оборонної, промислової та фінансової сфер. Водночас, попри позитивний вплив цієї ініціативи та зростання внеску ІТ-сектору до економіки, залишається проблема орієнтації сектора переважно на зовнішні ринки, що обмежує її потенціал у стимулюванні внутрішнього технологічного розвитку та модернізації державного управління [3].

Реалізація цифровізації державного управління потребує активнішого залучення ІТ-індустрії через державні програми, інвестиції та використання державних закупівель для розвитку сучасних технологічних рішень. Важливими напрямками є впровадження хмарних платформ, систем електронного врядування та інтелектуальної підтримки прийняття рішень, що дозволяють підвищити ефективність управління, прозорість процесів і якість державних послуг. Особливу роль ІТ-інновації відіграють і в оборонній сфері, зокрема у розвитку кібербезпеки, штучного інтелекту, систем зв'язку та аналізу даних. Для подальшого зміцнення ІТ-сектору доцільно створювати сприятливі податкові умови, підтримувати стартапи, розвивати інфраструктуру та стимулювати співпрацю між державою, бізнесом і науковим середовищем, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності економіки та обороноздатності країни.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] НБУ. Статистика зовнішнього сектору України. (2025), URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-external> (дата звернення 04.04.2026)

[2] Каскевич В. М. Експорт послуг у сфері інформаційних технологій: можливості та виклики. Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія економічна. Серія юридична. 2024. Вип. 41. С. 185–194. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13353576> (дата звернення 04.04.2026)

[3] Гайда Ю., Верета Н. Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії в Україні під час воєнного стану і повоєнного відновлення економіки. Економічний аналіз. 2024. Том 34. № 1. С. 315–325. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.01.315> (дата звернення 06.04.2026)

## **АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСЛЯЦІЇ МЕДІАКОНТЕНТУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ АДАПТАЦІЇ**

КОСТЕНКО О.В., НЕНОВ О.Л.

(alexvadim03@gmail.com, anotnew@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*В роботі запропоновано трирівневу архітектуру системи адаптивної трансляції з розділенням площин інтелектуального управління та обробки даних. Новизна полягає у впровадженні модуля управління, що інтегрує аналіз VMAF, менеджер пресетів та гібридний моніторинг. Описано механізм каскадного керування транскодуванням та глибиною програмного буфера через зворотний зв'язок (RTCP), що підвищує стабільність мовлення та якість сприйняття в умовах динамічної зміни пропускну здатності каналів.*

Зі стрімким розвитком мультимедійних технологій вимоги до систем трансляції медіаконтенту постійно зростають. Традиційні архітектури трансляції часто не мають гнучкості для реагування на втрати пакетів або падіння бітрейту у кінцевих користувачів. Існуючі протоколи змушують обирати між високою якістю (HLS) та низькою затримкою (RTP). Актуальним є створення універсальної архітектури з розділеними площинами управління та обробки для автоматизації контролю якості на основі об'єктивних метрик (VMAF).

Для досягнення цієї мети було вирішено наступні завдання:

1. Розроблено трирівневу ієрархічну архітектуру системи, що розділяє функції інтелектуального управління, потокової обробки даних та багатопрофільної дистрибуції.
2. Обґрунтовано структуру виконавчого вузла на базі FFmpeg з динамічним буфером.
3. Запропоновано принцип гібридного моніторингу якості відеопотоку і системних та мережевих метрик.

Розроблена архітектура (рис. 1) базується на принципі розділення площин обробки даних (Data Plane) та інтелектуального управління (Control Plane). Система організована у вигляді трирівневої ієрархічної структури, що забезпечує мінімальну затримку обробки при максимальній якості візуального сприйняття.

1. Рівень інтелектуального управління та адаптації — «центр прийняття рішень», який оперує аналітичними метриками. На цьому рівні працюють:

- Модуль аналізу якості (VMAF): порівнює еталонні кадри з результатами транскодування для врахування особливостей людського зору.
- Модуль управління бітрейтом: формує стратегію зміни інтенсивності потоку на основі прогнозних моделей та поточних даних про стан мережі.
- Модуль пресетів кодування: агрегує рішення від аналітичних модулів та транслює їх у технічні параметри та команди для виконавчих механізмів.
- Менеджер збоїв: забезпечує стійкість системи, ініціюючи сценарії відновлення або перемикання на резервні профілі у разі критичних помилок.

2. Рівень захоплення та обробки медіаконтенту (Processing Layer) — виконує роль виконавчого механізму, де реалізовано лінійний конвеєр обробки медіаданих. Включає:

- Модуль попередньої обробки: здійснює декодування вхідного сигналу (RAW/RTSP), фільтрацію шумів та масштабування, що створює уніфіковану базу для подальшого багатопрофільного кодування.
- Модуль транскодування: програмне ядро на базі FFmpeg, яке виконує безпосереднє стиснення відео. Параметри кодування (бітрейт, GOP, профіль) динамічно змінюються за командами з вищого рівня.

- «Soft» буфер: програмна черга, що стоїть після етапу кодування і виконує роль демпфера для згладжування мікро-затримок та забезпечує можливість одночасної роздачі контенту різним модулям дистрибуції. Рівень управління динамічно регулює глибину буфера для мінімізації end-to-end затримки.

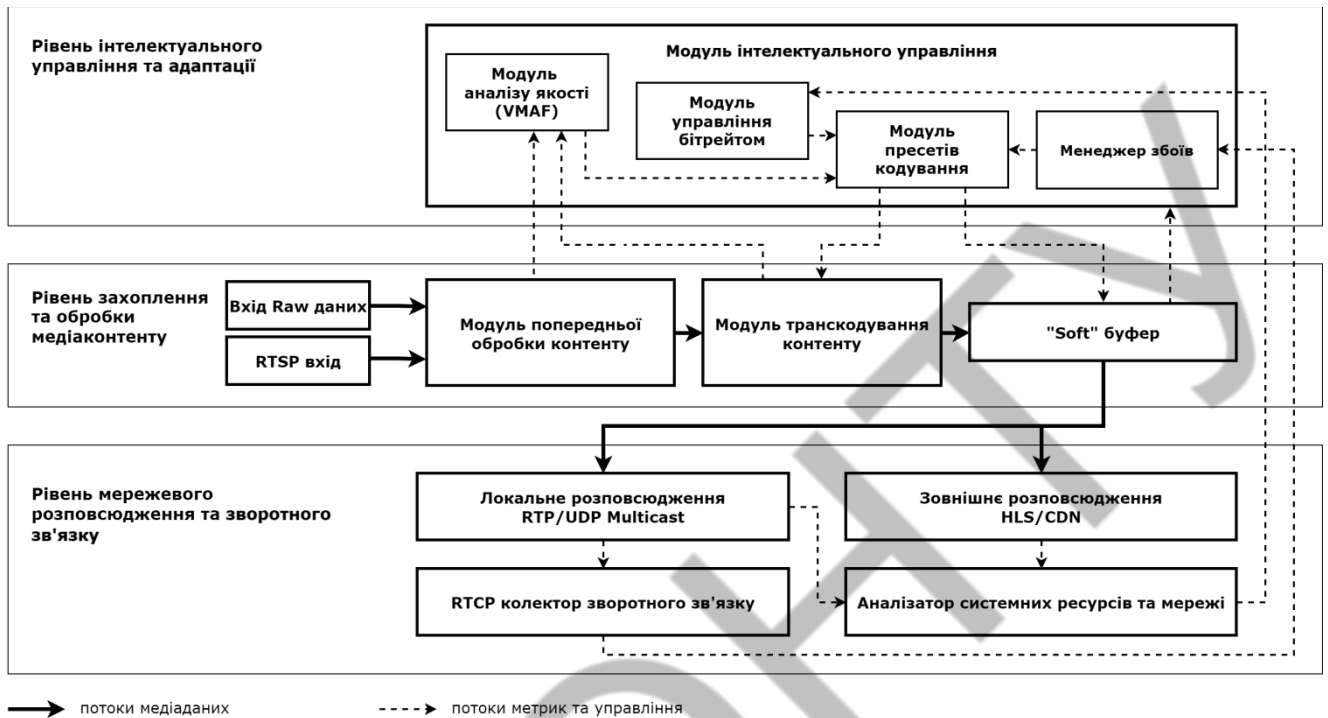


Рисунок 1 – Трирівнева архітектура комп'ютерної системи трансляції медіаконтенту

3. Рівень розповсюдження та зворотного зв'язку (Delivery & Feedback Layer) — забезпечує доставку контенту кінцевим користувачам та збір даних для замкненого циклу управління. На ньому працюють:

- Мережева дистрибуція: реалізує доставку через RTP/UDP (локально) та HLS/CDN (назовні).
- Гібридний моніторинг:
  - RTCP колектор: збирає зовнішні метрики безпосередньо від клієнтських пристроїв (втрати пакетів, джиттер), що дозволяє оцінити якість доставки «останньої милі»;
  - аналізатор системних ресурсів та мережі: здійснює внутрішній моніторинг сервера (навантаження CPU/GPU, стан мережевих інтерфейсів).

Адаптивність реалізується через замкнений цикл: зміна стану буфера або мережі ініціює перерахунок параметрів транскодування. Це мінімізує вплив затримок на якість сприйняття (QoE). Архітектура є універсальною, підтримує сучасні стандарти мовлення та автоматично оптимізує навантаження на ресурси залежно від динаміки контенту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] B. García, L. López-Fernández, F. Gortázar та M. Gallego, "Practical Evaluation of VMAF Perceptual Video Quality for WebRTC Applications", *Electronics*, т. 8, № 8, с. 854, 2019. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.3390/electronics8080854>.
- [2] I. Santos-González, A. Rivero-García, J. Molina-Gil та P. Caballero-Gil, "Implementation and Analysis of Real-Time Streaming Protocols", *Sensors*, т. 17, № 4, с. 846, 2017. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.3390/s17040846>.
- [3] C. Wang, "Application of AI Intelligent Learning System in Multimedia Demonstration", *Procedia Computer Science*, т. 228, с. 71–78, 2023. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.11.010>.
- [4] FFmpeg Documentation, "Streaming Guide," 2024. [Online]. Доступно: <https://ffmpeg.org/documentation.html>.

## ОСОБЛИВОСТІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

МАРУЦАК К. П., КОЗБУР Г. В.

(katiamarushchak@gmail.com, kozbur.galina@gmail.com)

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

*Розглянуто особливості та основні виклики, пов'язані з візуалізацією великих даних, такі як значні обсяги, складна структура, потреба у швидкій обробці. Як основні рішення в цьому напрямку розглядаються використання інтерактивної візуалізації, методів зменшення розмірності, технік скорочення даних.*

Великі дані широко застосовуються в науці, державному управлінні, бізнес-аналітиці, соціальних мережах, де обсяги інформації можуть сягати терабайтів та петабайтів. Процес роботи з великими даними включає отримання даних, зберігання, обробку та аналіз, отримання висновків. Для цього використовуються спеціальні аналітичні платформи Sisense, Qlik Sense, Zoho Analytics, екосистеми Hadoop, Spark, Kafka, NoSQL-сховища, такі як Cassandra, MongoDB.

Ключовими є проблеми, пов'язані із управлінням і аналізом даних, через зростання складності даних та диверсифікацію інформаційних потреб користувачів. Обсяги, різноманітність та складність даних постійно зростають, значна частина даних не є структурованими і поміщеними в реляційні бази даних, а належать до напівструктурованих і неструктурованих [1]. Окрім того, часто потрібно об'єднувати різні набори даних, інколи з різних джерел, що ускладнює процес їх аналізу та візуалізації.

У цьому контексті правильна візуалізація великих даних є критично важливою задачею, оскільки повинна забезпечити правильне розуміння та інтерпретацію результатів для швидкого прийняття ефективних рішень. Під час створення візуалізацій великих даних важливо утримувати баланс між комплексністю, цілісністю і складністю сприйняття. Спроба відобразити надто багато ускладнює сприйняття та, як наслідок, може призвести до формулювання неправильних висновків на основі даних.

Важливими вимогами до сучасних систем візуалізації даних є висока швидкість оновлення і масштабованість в режимі реального часу. Багато існуючих систем спроектовано з розрахунку на опрацювання обмежених обсягів даних, тоді як сучасні набори даних часто перевищують обсяг оперативної пам'яті. Зі збільшенням об'ємів даних збільшується час їх завантаження. Ці затримки можуть бути суттєвими для певних сфер, наприклад для соціальних мереж, моніторингових систем, фондових бірж, де є потреба обробляти десятки тисяч транзакцій за секунду, кожна з яких генерує дані, які необхідно збирати та аналізувати в режимі реального часу. Одним із рішень, наприклад, може бути розподіл даних на кластери, застосування фільтрації чи агрегації.

Ще однією проблемою є обмеженість екранного простору за якої значні обсяги інформації мають бути репрезентовані в межах дисплея з обмеженими фізичними розмірами та роздільною здатністю. Ця проблема особливо актуальна для мобільних пристроїв із меншим екраном і компенсується багатомасштабною візуалізацією, прогресивним рендерингом, ієрархічними форматами даних.

Складність візуалізації зростає і через наявність великої кількості ознак. Мала кількість вимірів може не дати побачити потрібну залежність у той час як велика унеможливить, тому виміри даних повинні бути ретельно підібрані. У такому випадку ефективним є використання методів зменшення розмірності, таких як PCA, ієрархічний кластерний аналіз, t-SNE, UMAP [2]. Метод головних компонент є одним із методів машинного навчання, який дозволяє звести таблицю до основних характеристик – головних компонент, які є лінійною комбінацією

вихідних змінних. Проте, для своєї ефективності метод потребує наявності кореляції між змінними. Для нелінійних структур застосовують UMAP або t-SNE.

Для підготовки великих даних до візуалізації використовують техніки скорочення даних (data reduction), щоб зменшити дані до придатних для візуалізації розмірів. Високу ефективність показує метод стратифікованої вибірки, при якому сукупність ділиться на однорідні групи за певними ознаками, з яких потім випадковим чином вибираються елементи. Фільтрування дозволяє відокремити нерелевантні та другорядні дані за певними критеріями, агрегація – об'єднати дані у групи для наочності візуалізації та підвищення продуктивності.

Для ефективного представлення великих даних застосовують багатомасштабну візуалізацію та інтерактивний візуальний аналіз. Використання кубів даних і нанокубів дозволяє покращити масштабованість в режимі реального часу для багатовимірних, просторово-часових датасетів. Ці підходи забезпечують підтримку агрегованих запитів та інтерактивну візуалізацію великих обсягів даних [3]. Інтерактивність підсилює переваги візуалізації даних оскільки допомагає швидше та краще зрозуміти суть даних. Проте, запровадження таких технологій збільшує час завантаження візуалізації, може призвести до затримок.

Ефективна візуалізація є ключем до осмислення великих обсягів даних та підтримки обґрунтованих аналітичних рішень. Зростання обсягів, різноманітності й складності даних, а також необхідність їх інтеграції з різних джерел суттєво ускладнюють процес візуалізації та висувають нові вимоги до її масштабованості, швидкодії та адаптивності. Важливу роль у розвитку цієї сфери відіграє інтелектуальна підтримка користувача та здатність працювати з даними у динамічному цифровому середовищі. Подальший розвиток засобів візуалізації великих даних пов'язаний із використанням технологій штучного інтелекту, інтерактивної аналітики та просторово-часових моделей даних, що відкриває нові можливості для ефективного аналізу великих даних у реальному часі.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Ouyang, W. (2024). Data visualization in big data analysis: Applications and future trends. *Journal of Computer and Communications*, 12(11), 76-85.
2. Khalid, Z. M., & Zeebaree, S. R. (2021). Big data analysis for data visualization: A review. *International Journal of Science and Business*, 5(2), 64-75.
3. Agrawal, R., Kadadi, A., Dai, X., & Andres, F. (2015, October). Challenges and opportunities with big data visualization. In *Proceedings of the 7th International Conference on Management of computational and collective intelligence in Digital EcoSystems* (pp. 169-173).
4. Visualization Techniques: Big Data Visualization: Taming the Beast: Big Data Visualization Techniques - FasterCapital. FasterCapital. URL: <https://fastercapital.com/content/Visualization-Techniques--Big-Data-Visualization--Taming-the-Beast--Big-Data-Visualization-Techniques.html>.
5. Top Big Data Visualization Tools. ACTE Technologies. URL: <https://www.acte.in/big-data-visualization-tools>.

## **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ ОНЛАЙН-ПРОДАЖУ ЕЛЕКТРОНІКИ**

МИХАЙЛОВ А.В.  
(sargerres@gmail.com)

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

*У сучасних умовах стрімкого розвитку електронної комерції особливого значення набуває ефективне управління діяльністю малих підприємств та фізичних осіб-підприємців (ФОП), які здійснюють продаж товарів через інтернет-платформи та маркетплейси. Онлайн-торгівля електронікою характеризується високою конкуренцією, швидкою зміною асортименту, динамікою цін та значними вимогами до швидкості обробки замовлень і логістики.*

*Одним із найбільш ефективних підходів до дослідження складних економічних і організаційних систем є системний аналіз. Використання системного підходу дає змогу визначити основні взаємозв'язки між елементами системи, виявити вузькі місця у бізнес-процесах та сформувані рекомендації щодо підвищення ефективності діяльності підприємства.*

**Постановка задачі.** Незважаючи на значне поширення електронної комерції, діяльність багатьох ФОП у сфері онлайн-торгівлі характеризується недостатньою структурованістю бізнес-процесів, відсутністю системного аналізу ефективності використання різних торгових платформ та недостатнім врахуванням множини критеріїв під час прийняття управлінських рішень. Тому актуальним завданням є застосування методів системного аналізу та багатокритеріального прийняття рішень для оцінювання ефективності різних маркетплейсів і оптимізації діяльності підприємця.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є проведення системного аналізу діяльності ФОП у сфері онлайн-продажу електроніки та застосування методів багатокритеріального прийняття рішень для визначення найбільш ефективних платформ для реалізації продукції.

**Результати дослідження.** У процесі дослідження було проаналізовано діяльність ФОП, який здійснює продаж електронної техніки через різні онлайн-платформи. Підприємство розглядалось як система, що включає підсистеми постачання, управління асортиментом, обробки замовлень, логістики та взаємодії з клієнтами.

У результаті проведеного аналізу було сформовано рейтинг ефективності використання різних маркетплейсів для продажу електронної техніки. Отримані результати дозволяють визначити найбільш доцільні платформи для реалізації товарів та сформувані рекомендації щодо підвищення ефективності діяльності ФОП у сфері електронної комерції.

**Висновки та перспективи.** У результаті проведеного дослідження було виконано аналіз діяльності ФОП у сфері онлайн-продажу електронної техніки з використанням підходів системного аналізу. Проведене моделювання бізнес-процесів дозволило порівняти кілька підходів до організації роботи підприємства: використання базових процесів без систематизації, застосування простих інтуїтивних рішень та використання структурованих рекомендацій, сформованих на основі системного аналізу.

Отримані результати показали, що інтуїтивне управління процесами без попереднього аналізу може призводити до зниження ефективності роботи, збільшення часу обробки замовлень та нераціонального використання ресурсів. Натомість застосування елементів системного аналізу дозволяє краще структурувати бізнес-процеси, визначити ключові фактори, що впливають на ефективність діяльності, та сформувані більш обґрунтовані управлінські рішення.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність використання методів системного аналізу для оптимізації діяльності малих підприємств у сфері електронної комерції. Незважаючи на обмеження дослідження, пов'язані зі спрощеною моделлю процесів та обмеженим обсягом даних, отримані результати демонструють потенціал подальшого використання системного підходу для аналізу, моделювання та вдосконалення бізнес-процесів підприємств.

Перспективами подальших досліджень є розширення набору критеріїв оцінювання ефективності бізнес-процесів, використання багатокритеріальних методів прийняття рішень та застосування інформаційних систем для підтримки управлінських рішень у сфері електронної комерції.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Blanchard, B.S., Fabrycky, W.J. Systems Engineering and Analysis. – 5th ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2011. – 800 p.
- [2] Boardman, J., Sauser, B. Systems Thinking: Coping with 21st Century Problems. – Boca Raton: CRC Press, 2008. – 240 p.
- [3] Hitchins, D.K. Advanced Systems Thinking, Engineering, and Management. – Boston: Artech House, 2003. – 400 p.
- [4] Kossiakoff, A., Sweet, W.N., Seymour, S.J., Biemer, S.M. Systems Engineering Principles and Practice. – 2nd ed. – Hoboken, NJ: Wiley, 2011. – 560 p.
- [5] Sage, A.P., Rouse, W.B. Handbook of Systems Engineering and Management. – 2nd ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2009. – 1500 p.

УДК: 004.89

### **КОСИНУСНА МІРА ПОДІБНОСТІ У РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

МИНАЄВ А.І., КАІРОВ В.О.

(minaiev.andrii@gmail.com, volodymyr.kairov@nuos.edu.ua)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

*У роботі проведено дослідження принципів роботи косинусної міри подібності в рекомендаційних системах. Також розглянуто її застосування в методах колаборативної фільтрації на прикладі рекомендації фільмів на стрімінговій платформі.*

Системи рекомендацій є частиною нашого повсякденного життя. Ось лише кілька поширених прикладів: ми отримуємо рекомендації, коли здійснюємо покупки в онлайн-магазинах, а також коли відкриваємо YouTube, Netflix чи TikTok. Мета цих систем – рекомендувати, що користувач може купити, виходячи з його вподобань, або який контент дивитися далі, зважаючи на те, що користувач уже переглянув або оцінив.

Одна з перших і широко використовуваних рекомендаційних технологій – колаборативна фільтрація. Підбір інформації для користувача відбувається на основі групи інших користувачів, які мають схожі інтереси. Система зберігає інформацію про індивідуальні вподобання у вигляді профілю користувача, який формується на основі оцінок товарів або послуг, які були ним придбані, використані чи оцінені. Для визначення збігу вподобань користувача використовуються різноманітні міри подібності, зокрема косинусна міра подібності [1].

Косинусна міра подібності дозволяє оцінювати схожість двох об'єктів за допомогою обчислення косинуса кута між векторами їх характеристик. Вона обчислюється як відношення скалярного добутку векторів до добутку їх евклідових норм, що дозволяє кількісно визначити

схожість незалежно від їхньої довжини. Значення косинусної подібності лежить в межах від 0 до 1, де значення, близьке до 1, означає високу подібність (вектори майже паралельні), а значення, близьке до 0, означає низьку подібність (вектори майже перпендикулярні) [2]. Підхід є особливо ефективним у випадках, коли абсолютні значення оцінок не є критичними, а важливим є саме напрям вподобань користувачів.

Косинусна міра подібності визначається за формулою [2]:

$$\cos(A, B) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \cdot \|B\|},$$

де  $A$  та  $B$  – вектори, які ми розглядаємо;

$\|A\|$  та  $\|B\|$  – евклідові норми відповідних векторів.

Ефективність методу зумовлена його інваріантністю до масштабу векторів і здатністю працювати з великою кількістю нульових значень, що є характерною рисою для розріджених даних.

Як приклад розглянемо колаборативну фільтрацію для рекомендації фільмів на стрімінговій платформі, яка базується на обчисленні подібності між користувачами. Користувач  $a$  має вектор оцінок  $x_a$ , де  $x_{ai} = r_{ai}$ , якщо користувач  $a$  оцінив фільм  $i$ , а для неоціненого фільму – 0. Фільм для рекомендації обирається серед тих, які користувач ще не переглядав, але які високо оцінили інші користувачі зі схожими вподобаннями. Схожість між користувачами  $a$  та  $b$  обчислюється за формулою [3]:

$$CS(a, b) = \cos(x_a, x_b) = \frac{\sum_i^n (r_{ai} \cdot r_{bi})}{\sqrt{\sum_i^n (r_{ai})^2} \cdot \sqrt{\sum_i^n (r_{bi})^2}},$$

де  $r_{ai}$  та  $r_{bi}$  – оцінки, поставлені користувачами  $a$  та  $b$  відповідно.

Головним недоліком моделі є те, що вона не враховує індивідуальні особливості оцінювання користувачів – наприклад, якщо користувачі мають схильність завжди ставити високі оцінки або навпаки низькі. Через це модель може неточно визначати схожість між користувачами, навіть якщо їхні вподобання збігаються. Також, при зростанні числа користувачів, виникає проблема масштабованості. За наявності мільйона користувачів  $O(M)$  і тисяч фільмів  $O(N)$  алгоритм колаборативної фільтрації зі складністю  $O(M \cdot N)$  суттєво ускладнює обробку даних системою [4].

**Висновки.** У роботі було розглянуто косинусну міру подібності, що є ефективною мірою того, наскільки схожі два об'єкти. Це досить проста математична концепція, яку легко реалізувати обчислювально. Її можна використовувати для багатьох цілей: у машинному навчанні як метрику відстані, у рекомендаційних системах для визначення схожості між користувачами або об'єктами та при роботі з текстовими даними для порівняння двох документів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Da'u and N. Salim, "Recommendation system based on deep learning methods: A systematic review and new directions," *Artificial Intelligence Review*, vol. 53, pp. 2709–2748, 2020, doi: 10.1007/s10462-019-09744-1.
2. D. Jannach, M. Zanker, A. Felfernig, and G. Friedrich, *Recommender Systems: An Introduction*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2010.
3. F. Rahutomo, T. Kitasuka, and M. Aritsugi, "Semantic cosine similarity," in *Proc. 7th Int. Student Conf. Advanced Science and Technology (ICAST)*, Seoul, South Korea, Oct. 2012, pp. 1–6.
4. G. Linden, B. Smith, and J. York, "Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering," *IEEE Internet Computing*, vol. 7, no. 1, pp. 76–80, Jan.–Feb. 2003, doi: 10.1109/MIC.2003.1167344.

## **УПРАВЛІННЯ, ОБРОБКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН**

САПАРАЙ Я.В., БУТЕНКО Т.А.  
(yr.sa67789@gmail.com, buttan29@gmail.com)  
Державний біотехнологічний університет

*У роботі розглянуті питання використання технології блокчейн (розподілений реєстр), яка докорінно змінює принципи функціонування інформаційних систем (ІС). Вибір технології блокчейн для дослідження щодо управління, обробки та захисту інформації зумовлений її унікальною архітектурою, що дозволяє перейти від моделі «довіри до посередника» до моделі «довіри до математичного алгоритму».*

У традиційних економічних системах управління інформацією базується на централізованій моделі, де головний сервер або установа (банк, корпоративний центр тощо) контролює всі потоки даних. Це створює ризики «єдиної точки відмови» та маніпуляцій. Блокчейн пропонує принципово іншу модель – децентралізоване управління.

Ключовими аспектами управління через блокчейн є:

- *децентралізація та розподілений контроль*: управління інформацією розподіляється між усіма учасниками мережі; в економічному контексті це означає, що інформація про транзакції, права власності або контракти стає об'єктивною і не залежить від волі окремого адміністратора;

- *смарт-контракти як інструмент алгоритмічного управління*: це програмні коди, які автоматично виконують умови договору при настанні певних подій; управління переходить від людського фактору до математичного алгоритму [1];

- *прозорість у реальному часі*: у блокчейн-системах управління стає «прозорим за замовчуванням», моніторинг економічних процесів здійснюється у режимі 24/7 без додаткових запитів;

- *демократизація управління*: ця концепція дозволяє управляти економічними активами та інформаційними потоками через голосування власників токенів. Рішення приймаються автоматично на основі консенсусу, що виключає корупційні ризики та суб'єктивізм [2].

Управління інформацією за допомогою блокчейн-технології перетворюється з ієрархічного процесу на горизонтальний, де головними принципами є автоматизація, відсутність посередників та повна підзвітність кожного кроку.

Обробка інформації в традиційних економічних системах часто є дискретною (переривчастою) та залежною від зв'язок між різними базами даних (наприклад, банків та постачальників). В інформаційних системах на базі блокчейну обробка стає безперервною, поточною та самовалідованою. Ключовими аспектами обробки даних є:

- *розподілена обробка*: на відміну від централізованих серверів, де дані обробляються в одному місці, у блокчейні обробка відбувається паралельно на багатьох вузлах мережі. Це забезпечує високу відмовостійкість: навіть якщо частина системи вийде з ладу, процес обробки економічних транзакцій не зупиниться;

- *механізми консенсусу як метод валідації*: кожна одиниця інформації проходить автоматичну перевірку всіма учасниками мережі згідно з алгоритмом консенсусу, тобто етап «обробки» включає в себе миттєву перевірку на коректність даних;

- *принцип незмінності*: після того, як інформація була оброблена та включена в блок, її неможливо видалити або змінити; в економіці це вирішує проблему «подвійної витрати» та маніпуляцій зі звітністю;

- *токенізація активів*: блокчейн дозволяє обробляти складні економічні активи (акції, нерухомість, інтелектуальну власність) у вигляді цифрових токенів, що спрощує обробку прав

власності, роблячи їх передачу такою ж простою, як відправка електронного листа, що значно пришвидшує капіталообіг [3];

- *скорочення часу на кліринг та розрахунки*: у традиційних фінансах обробка міжбанківського переказу може тривати дні; блокчейн дозволяє проводити транзакції та їх обробку майже миттєво в режимі реального часу, незалежно від географії учасників [4].

Обробка інформації в блокчейні перетворюється з адміністративного навантаження на автоматизований технічний процес, де швидкість поєднується з гарантованою достовірністю даних на кожному етапі їх життєвого циклу.

Захист інформації в економічних ІС традиційно базується на «зовнішніх» бар'єрах. Блокчейн пропонує модель внутрішньої безпеки, де захист інтегрований у саму структуру даних. Це робить систему стійкою до зламів, підробки та внутрішнього шахрайства. Ключовими механізмами захисту інформації є:

- *криптографічне хешування*: кожен блок має унікальний «хеш»; зміна даних у блоці миттєво змінює його відбиток, а оскільки блоки зчеплені в ланцюг, підробка запису вимагає перерахунку всієї мережі, що технічно неможливо;

- *асиметричне шифрування та ЕЦП*: доступ до активів через пару ключів (публічний та приватний) гарантує, що розпорядитися ресурсом може лише його власник, забезпечуючи незаперечність авторства дій [5.6];

- *децентралізація та стійкість*: відсутність «єдиної точки зламу» та копіювання даних на тисячі вузлів роблять DDoS-атаки неефективними, а компрометацію системи (так звана «атака 51%») – економічно недоцільною та складною;

- *приватність через Zero-Knowledge Proofs (доведення з нульовим розголошенням)*: технологія дозволяє підтвердити істинність операції (наприклад, наявність коштів), не розкриваючи конфіденційні деталі угоди чи дані відправника, що критично для збереження комерційної таємниці;

- *захист від людського фактору*: правила безпеки жорстко прописані в коді, що виключає можливість ручного втручання адміністраторів, видалення записів або маніпуляцій із заборгованістю.

Захист інформації в блокчейні базується не на довірі до персоналу чи стінах дата-центрів, а на законах криптографії та теорії ігор. Це створює умови для безпечного функціонування глобальної цифрової економіки без кордонів.

Блокчейн-технологія інтегрує управління, обробку та захист інформації в єдиний автоматизований цикл. Це дозволяє створювати економічні ІС нового покоління, де дані є прозорими для аудиту, незмінними для зловмисників та доступними для миттєвих розрахунків, що є ключовим фактором конкурентоспроможності в цифрову епоху.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проекти з впровадження блокчейн-технологій у державному секторі : Офіційний сайт Міністерства цифрової трансформації України. URL: [https://thedigital.gov.ua/projects/business/virtual\\_assets](https://thedigital.gov.ua/projects/business/virtual_assets).

2. Building Trust into Blockchain: A Guide for Government and Business. World Economic Forum. 2021. URL: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Building-Blockchains.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf).

3. Ткач Л.О. Стан впровадження блокчейн технології в економіку України, враховуючи виклики сьогодення. URL:

<https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/5192/5135/>.

4. Blockchain – legal and regulatory framework. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-blockchain>.

5. Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах : Закон України від 05.07.1994 № 80/94-ВР (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-%D0%B2%D1%80>

6. Сенюк Є. О., Мітюк Л. О., Праховник Н. А. Криптографічні алгоритми шифрування та ЕЦП. URL: <https://confopcbproc.iee.kpi.ua/article/view/316722/307246>.

## **ЕЛЕКТРОННА КОМЕРЦІЯ ТА ЇЇ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ В УКРАЇНІ**

СУСЛОВ М.М., БУЛГАКОВА О.С., ЗОСИМОВ В.В.  
(sashabulgakova2@gmail.com, zosomovvv@gmail.com)  
Одеський національний технологічний університет

*У тезах розглянуто сутність електронної комерції, основні моделі електронної торгівлі та особливості її розвитку в Україні. Проаналізовано нормативно-правову базу, що регулює здійснення електронних комерційних операцій. Визначено роль інтернет-магазинів як інструменту реалізації продукції у цифровому середовищі та розвитку малого підприємництва.*

Використання інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє значно змінити традиційні підходи до організації купівлі та продажу товарів і послуг. Завдяки цифровим платформам підприємства отримують можливість здійснювати комерційну діяльність у глобальному інформаційному середовищі, а споживачі швидко отримувати доступ до широкого асортименту товарів і послуг незалежно від географічного розташування.

Електронна комерція розглядається як система економічних відносин, що виникають у процесі здійснення торговельних операцій з використанням електронних засобів обміну інформацією [1]. У широкому розумінні вона охоплює всі види господарської діяльності, пов'язані з укладанням та виконанням комерційних угод за допомогою мережі Інтернет та інших електронних каналів зв'язку. До таких операцій належать пошук товарів, укладання договорів купівлі-продажу, проведення електронних платежів, організація доставки продукції та обслуговування клієнтів у цифровому середовищі [2].

З наукової точки зору електронну комерцію можна визначити як форму організації економічної діяльності, у межах якої основні бізнес-процеси здійснюються за допомогою інформаційних систем та мережевих технологій [3]. Такий підхід передбачає інтеграцію різних елементів цифрової інфраструктури, включаючи веб-сайти, платіжні системи, бази даних, системи управління контентом та інші програмні засоби, що забезпечують функціонування електронних торговельних платформ.

Суттєвою особливістю електронної комерції є використання електронних засобів комунікації для організації взаємодії між продавцями та покупцями. У цьому випадку інформаційні системи виконують роль посередника, який забезпечує передачу даних, обробку замовлень та автоматизацію комерційних процесів [2]. Завдяки цьому значно підвищується ефективність торговельної діяльності, скорочуються витрати на обслуговування клієнтів та розширюються можливості для масштабування бізнесу.

У сучасній економічній науці виділяють кілька основних моделей електронної комерції, які характеризують різні типи взаємодії між учасниками ринку. Модель B2C – форма електронної комерції, у межах якої підприємства здійснюють продаж товарів або послуг безпосередньо кінцевим споживачам через інтернет-магазини або інші цифрові платформи. Модель B2B передбачає здійснення комерційних операцій між підприємствами, наприклад у сфері постачання продукції, закупівель або логістичних послуг. Модель C2C характеризує взаємодію між споживачами, коли фізичні особи продають товари іншим користувачам через онлайн-платформи. Модель C2B передбачає ситуацію, коли споживачі пропонують підприємствам свої послуги або продукти [4].

Важливою передумовою розвитку електронної комерції є формування відповідного правового середовища, яке регулює відносини між учасниками електронного ринку. В Україні правові основи електронної комерції визначаються рядом нормативно-правових актів, що

встановлюють правила здійснення електронних правочинів, використання електронних документів та захисту прав споживачів (Таб.1).

Таблиця 1 – Нормативно-правова база електронної комерції в Україні

Нормативно-правовий акт	Рік прийняття	Основні положення
Закон України «Про електронну комерцію» [5]	2015	Визначає правові засади здійснення електронної торгівлі, порядок укладення електронних договорів та права і обов'язки учасників електронної комерції.
Закон України «Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги» [6]	2017	Регулює використання електронного підпису, електронної ідентифікації та інших засобів підтвердження електронних правочинів.
Закон України «Про захист прав споживачів» [7]	2026 (набирає чинності)	Встановлює права покупців, вимоги до продавців та правила надання інформації про товари, зокрема під час дистанційної торгівлі.
Закон України «Про захист персональних даних» [8]	2010	Визначає правила збору, зберігання та обробки персональних даних користувачів у інформаційних системах.
Цивільний кодекс України [9]	2003	Визначає загальні правила укладення договорів, у тому числі електронних правочинів.

Особливо важливим є значення електронної комерції для малого та середнього бізнесу. Використання цифрових каналів продажу дозволяє підприємцям виходити на нові ринки, зменшувати витрати на організацію торговельної діяльності та підвищувати конкурентоспроможність продукції.

У цьому контексті електронна комерція створює нові можливості для реалізації продукції індивідуального виробництва, зокрема товарів ручної роботи. Невеликі майстерні та окремі виробники можуть використовувати інтернет-магазини та онлайн-платформи як основний канал збуту своєї продукції. Це сприяє розвитку креативних індустрій та формуванню нових сегментів електронного ринку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Цифрова трансформація соціоекономічних, управлінських та освітніх систем сучасного суспільства / за ред. В.Г. Воронкова. Запоріжжя: Гельветика, 2022. 692 с.

[2] Куклінова Т.В. Інтернет-торгівля як засіб підвищення конкурентоспроможності підприємств в умовах глобалізації: монографія. Одеса: Атлант, 2017. 191 с.

[3] Digital Business Models: Driving Transformation and Innovation Annabeth Aagaard. Palgrave Macmillan. 2019. Aarhus University. Denmark. 280 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96902-2>.

[4] Pleskach, V., Bulgakova, O. S., Zosimov, V. V., Vashchilina, E., & Tumasoniene, I. An E-Commerce Recommendation Systems Based on Analysis of Consumer Behavior Models. In IntSol, 2023, pp. 210-221.

[5] Закон України «Про електронну комерцію» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/675-19#Text>

[6] Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19#Text>

[7] Про захист прав споживачів <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3153-20#Text>

[8] Про захист персональних даних <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>

[9] Цивільний кодекс України <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text>

## АЛГОРИТМ RSA У СУЧАСНИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Трибрат А.С., Каіров В.О.

(artem00tribrat@gmail.com, volodymyr.kairov@nuos.edu.ua)

Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова

*У роботі досліджено принципи роботи алгоритму RSA в сучасних криптографічних системах, проаналізовано його криптостійкість та математичні основи, на яких базується алгоритм, зокрема використання великих простих чисел і модульної арифметики, а також процеси генерації ключів, шифрування та дешифрування даних.*

RSA (Rivest-Shamir-Adleman) є класичним алгоритмом асиметричного шифрування, що був розроблений у 1977 році вченими Рональдом Рівестом, Аді Шаміром та Леонардом Адлеманом. Алгоритм забезпечує захист даних шляхом використання пари ключів: відкритого та закритого. Його стійкість ґрунтується на складності розкладання добутку двох великих простих чисел, що є обчислювально складною задачею для сучасних комп'ютерів при достатньо великій довжині ключа [1].

Асиметричне шифрування передбачає, що кожен користувач має власну пару ключів. Відкритий ключ може бути оприлюднений будь-кому і призначений для шифрування даних, які може розшифрувати лише власник відповідного закритого ключа. Закритий ключ не є публічним і не повинен передаватися іншим. Це забезпечує конфіденційність даних та автентифікацію користувача [1].

Основою RSA є ключі, створення яких починається з вибору двох великих простих чисел, які перемножуються для отримання модуля  $n$  – основної складової ключа. Потім обчислюється функція Ейлера для цього модуля за формулою [2]:

$$\varphi(n) = (p - 1)(q - 1),$$

де  $p$  та  $q$  – вибрані прості числа.

На її основі обирається число  $e$  ( $1 < e < \varphi(n)$ ), яке є взаємно простим із функцією  $\varphi(n)$ . Число  $e$  називають відкритим показником. Закритий показник  $d$  розраховують як обернений елемент до відкритого за модулем функції Ейлера. Відкритим ключем є пара  $(n, e)$ , а закритим –  $(n, d)$ . Відкритий ключ призначений для шифрування даних або перевірки цифрового підпису, а закритий ключ – для розшифрування даних або створення цифрового підпису.

Процес шифрування RSA полягає в піднесенні повідомлення до степені, що дорівнює відкритому показнику, за модулем обчисленого добутку простих чисел за формулою [2]:

$$c = m^e \bmod n,$$

де  $m$  – вихідне повідомлення (у числовому вигляді);

$e$  – відкритий показник;

$n$  – добуток простих чисел  $p$  та  $q$ .

Щоб розшифрувати повідомлення, отриманий шифр-текст підноситься до степені, що дорівнює закритому показнику, також за тим самим модулем:

$$m = c^d \bmod n.$$

Математичні властивості алгоритму забезпечують, що після розшифрування вихідне повідомлення буде відновлене повністю.

RSA застосовується у багатьох сучасних протоколах безпеки, зокрема для цифрового підпису, автентифікації та обміну ключами в захищених каналах передавання даних (наприклад, TLS/HTTPS). Попри свою надійність, RSA поступово починає витіснятися більш ефективними методами, такими як алгоритми на основі еліптичних кривих, особливо в середовищах з обмеженими ресурсами [3].

**Висновки.** Отже, алгоритм RSA залишається важливою складовою сучасної криптографії, демонструючи високу криптостійкість, яка базується на складності розкладання великих чисел на множники. Це забезпечує надійний рівень захисту інформації за умови використання ключів достатньої довжини.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. N. Ferguson, B. Schneier, and T. Kohno, Cryptography Engineering: Design Principles and Practical Applications. Wiley, 2010.
2. B. Schneier, Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C, 2nd ed. John Wiley & Sons, 1996.
3. Splunk, "RSA Algorithm in Cryptography: Rivest Shamir Adleman Explained," 2024. [Online]. Available: [https://www.splunk.com/en\\_us/blog/learn/rsa-algorithm-cryptography.html](https://www.splunk.com/en_us/blog/learn/rsa-algorithm-cryptography.html)

УДК 681.518.3

### РОЗРАХУНОК КРИТИЧНОГО ПОРОГУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ПОТОКАХ ДАНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ПОДВІЙНОГО КОНТРОЛЮ З ФРАКТАЛЬНОЮ КОРЕКЦІЄЮ

ТРУФАН М.М., СЕРЕДЮК О.Є., СОКОЛОВ Є.О.

(mivt@nung.edu.ua)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*Запропоновано новий підхід до визначення критичного порогу виявлення аномалій у потоках даних сенсорних мереж, який базується на методі подвійного контролю з урахуванням фрактальних властивостей сенсорних даних. На відміну від класичних статистичних методів, що передбачають гаусівський розподіл, запропонована модель враховує самоподібність та довготривалу залежність (Long-Range Dependence, LRD) вхідних даних через використання показника Херста. Розроблено математичну модель адаптивного порогу, яка масштабується залежно від часового вікна спостереження. Показано, що запропонований підхід дозволяє зменшити кількість хибнопозитивних спрацювань та підвищити чутливість до реальних аномалій.*

Сучасні сенсорні мережі Інтернету речей (IoT) під час моніторингу об'єктів генерують великі обсяги нестационарних часових даних з самоподібністю, довготривалою залежністю (LRD) та важкохвостими розподілами. Класичні методи виявлення аномалій (правило трьох сигм -  $3\sigma$ ), що ґрунтуються на припущенні гаусівського розподілу та незалежності спостережень призводить до значної кількості хибнопозитивних спрацювань і пропуску реальних аномалій. Адаптивні методи з урахуванням фрактальних властивостей сигналу стають ключовим інструментом для ефективного захисту кіберфізичних систем.

Метою роботи є:

- реалізація оцінки показника Херста в реальному часі методом DFA на ковзному вікні;
- проведення експериментальної валідації запропонованого підходу на реальному промисловому датасеті.

Особливий інтерес викликає використання показника Херста та адаптивних порогів для LRD-даних. Наприклад, у роботі [1] запропоновано спектральний аналіз та показник Херста для виявлення аномалій у IoT-мережах. Автори роботи [2] розробили систему глибокого пакетного інспектування з використанням параметра Херста для мережевих аномалій.

Разом з тим, не втрачають актуальності й класичні статистичні підходи. Однак вони демонструють низьку ефективність на фрактальних рядах. Нами запропоновано модель знаходження критичного порогу у вигляді

$$T(t,n)=\mu_t+k \sigma_0 n^{(H-0.5)}, \quad (1)$$

де  $\mu_t$  - локальне середнє у вікні тривалістю  $t$ ,  $k$  - коефіцієнт значущості,  $\sigma_0$  - базове стандартне відхилення обчислене на початковому нормальному сегменті даних,  $n$  - розмір вікна,  $H$  - показник Херста (персистентності), оцінений методом DFA.

Запропонований нами метод подвійного контролю[3] який в порівнянні з традиційними методами забезпечує виявлення аномалій на двох рівнях: локальному (перевищення порогу) та флуктуаційному (відхилення від фрактальної структури).

Тому доцільною є перевірка запропонованого методу для виявлення аномалій відносно статистичного методу  $3\sigma$ .

Експериментальна перевірка виконана на датасеті NAB Machine Temperaturex (System Failure) [4] (перші 3000 відліків) з параметрами:  $k=3$  ,  $n=100$ .

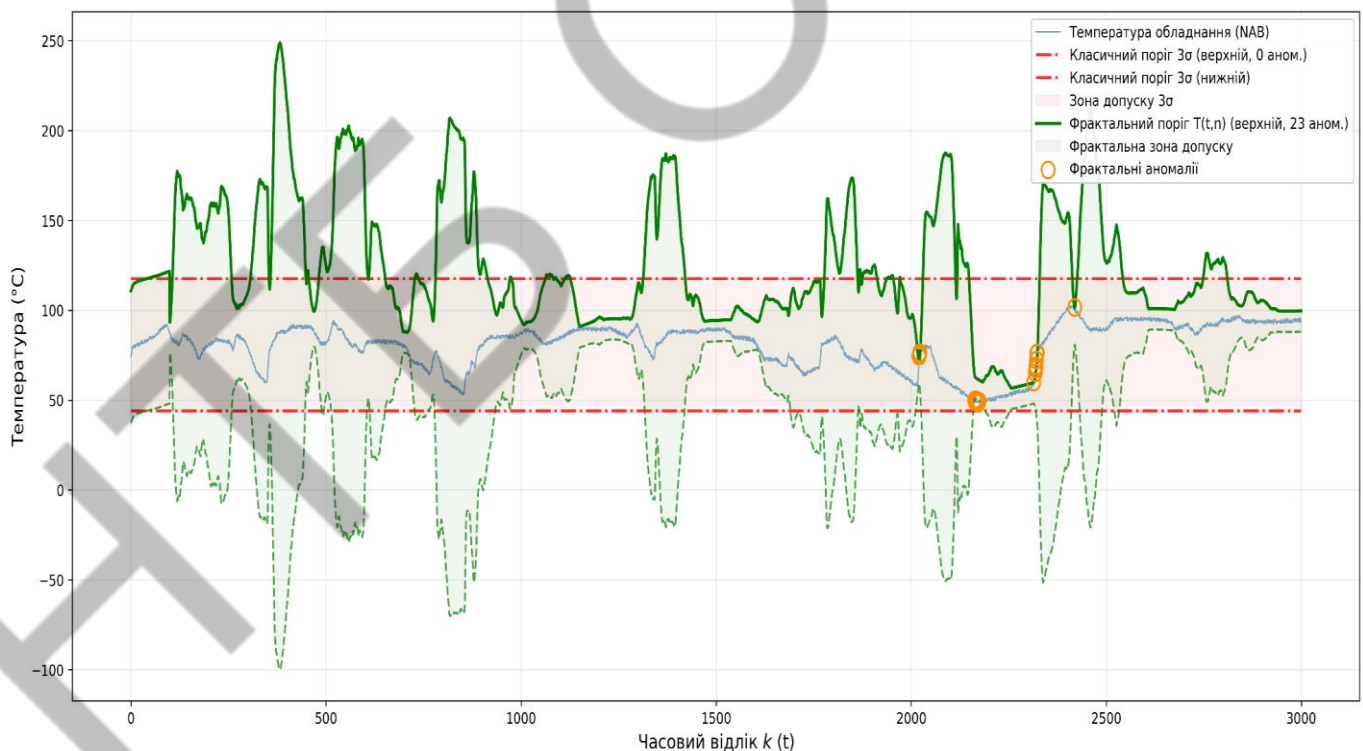


Рисунок 1– Виявлені аномалії запропонованим методом подвійного контролю з фрактальною корекцією

З поданої інформації та Рисунок 1 видно, що класичний метод  $3\sigma$  не виявив жодної аномалії через надто широкий статичний поріг та ігнорування LRD. Запропонований нами метод виявив 24 аномалії при мінімальній кількості хибних спрацювань, підтвердивши високу чутливість і адаптивність до персистентності ( $H > 0,5$ ) та антиперсистентності ( $H < 0,5$ ).

**Висновки.** Практична реалізація методу подвійного контролю підтверджує можливість застосування його для виявлення аномалій при опрацюванні сенсорних даних. Метод дозволяє будувати адаптивні системи виявлення аномалій, здатні самостійно оновлювати параметри та забезпечувати постійний захист від еволюціонуючих загроз у реальному часі. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням моделі до мультифрактального випадку (MF-DFA), інтеграцією з фізично-інформованими нейронними мережами (PINN) та валідацією на екологічних датасетах NOAA/ERA5.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Dymora P. and Mazurek P. Anomaly Detection in IoT Communication Network Based on Spectral Analysis and Hurst Exponent, Applied Sciences, vol. 9, no. 24, p. 5319, Dec. 2019, doi: 10.3390/app9245319.

[2] Song W. et al., A Software Deep Packet Inspection System for Network Anomaly Detection Using Hurst Parameter, Sensors, vol. 20, no. 6, p. 1637, Mar. 2020, doi: 10.3390/s20061637.

[3] Середюк О., Труфан М., Винничук А. Розроблення теоретичних засад реалізації методу подвійного контролю середовища. Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку: матеріали VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції (23-25 жовтня 2024 р.) : збірник тез. Луцьк : ЛНТУ, 2024. С 105-107.

[4] [https://raw.githubusercontent.com/numenta/NAB/master/data/realKnownCause/machine\\_temperature\\_system\\_failure.csv%22](https://raw.githubusercontent.com/numenta/NAB/master/data/realKnownCause/machine_temperature_system_failure.csv%22)

УДК 004.056:658.8

### ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ КЛІЄНТІВ У ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІТИКИ ДАНИХ У МАРКЕТИНГУ

ЧУНІХІНА Т.С., ЯКІНА Н.О.  
(kates7162@gmail.com)

Державний торговельно-економічний університет

*У тезах розглянуто особливості використання аналітики клієнтських даних у маркетингу та проаналізовано основні підходи до забезпечення їх захисту. Обґрунтовано необхідність впровадження комплексних заходів інформаційної безпеки для забезпечення ефективного та безпечного використання даних у діяльності підприємств. Також проаналізовано, як реакція суспільства може впливати на розвиток захисних механізмів приватної інформації.*

**Вступ.** Із розвитком технологій люди все більше заглиблюються у процеси збору, обробки, передавання даних завдяки полегшеним шляхам спілкування та обміну. У цифровізованому світі, де найголовнішою цінністю є володіння інформацією, стає критично важливим захистити цей потрібний для функціонування різноманітних галузей ресурс. Лише завдяки уважному аналізу власних споживачів можна побудувати успішну маркетингову стратегію, яка допоможе підприємству вдало функціонувати. Але тут серйозним викликом і для великих компаній, і для звичайних споживачів стає безпека персональних даних.

**Проблематика та існуючі способи вирішення.** Основною проблематикою використання клієнтських даних є необхідність поєднувати ефективну аналітику з належним рівнем захисту особистої інформації, адже кожна компанія зобов'язана враховувати етичний аспект власної діяльності. З одного боку, підприємства потребують якомога більше деталей, що стосуються поведінки, споживчих звичок, рутини споживачів. З іншого боку, клієнти можуть опинитися під значним тиском та відмовитися повністю від будь-якої взаємодії з компанією, аби тільки бути впевненими у безпеці власних даних. Серед основних ризиків у сучасних умовах можна виділити витік персональних даних, несанкціонований доступ до інформаційних систем, а також неправомірне використання інформації третіми особами [1]. Для зменшення згаданих ризиків кожна країна намагається впроваджувати спеціальні нормативно-правові механізми регулювання захисту персональних даних. Наприклад, існує Загальний регламент захисту даних (GDPR) – це нормативно-правовий акт Європейського Союзу щодо захисту персональних даних усіх осіб у межах ЄС та Європейської економічної зони. Регламент було прийнято набрав чинності 24 травня 2016 року і після дворічного перехідного періоду почав застосовуватися 25 травня 2018 [2]. Він встановлює чіткі правила збору, обробки та зберігання персональної інформації. Окрім державного регулювання, підприємства активно користуються сучасними технологіями та організаційними методами заради збереження клієнтських даних.

**Основна частина роботи.** Інструменти, за допомогою яких збираються та обробляються персональні дані клієнтів, набувають різних форматів та способів застосування. Наприклад, це може бути вебсайти компаній, мобільні застосунки, різноманітні торговельні платформи. Через подібні цифрові канали аналітики можуть простежувати поведінку користувачів на сайтах, їхні інтереси та уподобання, також можна визначити більш загальні риси: стать, вік, яке соціальне становище має користувач. Іншим методом збору інформації можуть бути CRM-системи - програмні комплекси, які дозволяють автоматизувати процеси управління взаємодією з клієнтами, зберігати інформацію про клієнтську базу даних і покращувати ефективність обслуговування клієнтів [3]. Найбільш показовим та цікавим інструментом для багатьох аналітиків сьогодні можуть бути соціальні мережі, адже люди не тільки демонструють свою поведінку на сайті чи уподобання під час вибору конкретного товару, у соціальних мережах користувачі чітко можуть висловити власну думку, критично оцінити діяльність компанії зі сторони і неабияк впливати на ставлення інших до бренду. Показовою є ситуація з співзасновником Monobank Олегом Гороховським, який опублікував у соцмережах фото дівчини, яка з-за кордону проходила процедуру верифікації для банку. У першому своєму дописі він пожартував, що верифікацію дівчина не пройшла, бо вона сфотографувалась з немитою головою, натякнувши, що все через фото прапору Росії. А у наступних дописах уточнив - так, заблокували саме через прапор росії [4]. Для багатьох користувачів соціальних мереж це стало не смішним жартом, а реальним питанням щодо безпеки особистих даних, якщо співзасновник банку так легко поширює чужі фото і дозволяє собі сумнівні коментарі. Співзасновник вимушений був перепросити, а сам Monobank зазнав суттєвої критики від своїх клієнтів та пересічних користувачів. У цій ситуації показовим стало одне: часто витік персональних даних може відбуватися суто через недбалість та відсутність усвідомленості самих власників компаній. Тому питання щодо захисту себе та власної інформації ще більш загострюється, особливо в українському контексті.

**Висновок.** Тож, використання аналітики клієнтських даних є важливим інструментом для підвищення ефективності маркетингової діяльності підприємств. Аналіз інформації про поведінку споживачів дозволяє компаніям приймати більш обґрунтовані управлінські рішення, оптимізувати маркетингові стратегії та покращувати якість обслуговування клієнтів. Але активне використання персональних даних потребує забезпечення високого рівня інформаційної безпеки, щоб кожен користувач міг довіряти компанії та бути лояльним до неї. Впровадження сучасних технологій захисту інформації, дотримання нормативно-правових

вимог та формування відповідальної політики управління даними дозволяють мінімізувати ризики витоку інформації та забезпечити безпечне використання клієнтських даних у маркетинговій діяльності. Важливим фактором впливу на безпеку даних також є особисте ставлення керівництва та свідомий підхід до опрацювання здобутої інформації.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. М. О. Думчиков і О. С. Бондаренко, «Проблемні аспекти захисту персональних даних в мережі інтернет», Zenodo, Бер 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10548017>
2. Н. Т. Головацький, «Правове регулювання захисту персональних даних: GDPR та законодавство США, Канади й України», Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право, 2024, 2(85), 288–292. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.85.2.42>
3. З. Гадецька, «Сrm-системи як засіб автоматизації бізнес-процесів торговельного бізнесу». Цифрова економіка та економічна безпека, 2024, 1 (10), 3-7. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.32782/dees.10-1>
4. Д. Куришко і В. Червоненко, «Гороховський, Monobank і скандал з персональними даними - омбудсмен почав перевірку - BBC News Україна». BBC News Україна, Бер. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/c4gjdzpepz4o>

## Розділ 3

# Нові інформаційні технології освіти

УДК 004.738.5:37.091.3

### ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ЗАСОБУ ФОРМУВАННЯ ІК-КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

БОРИСЕНКО О.М.

(o.borisenko.klk@gmail.com)

Кременчуцький льотний коледж Харківського  
національного університету внутрішніх справ

*Реферат.* У дослідженні розглядається проблема формування інформаційно-комунікаційної та цифрової компетентності здобувачів освіти в умовах цифровізації суспільства. Проаналізовано особливості сучасного «цифрового покоління» та обґрунтовано необхідність інтеграції хмарних технологій в освітній процес. Розкрито сутність хмарних сервісів, їх класифікацію, переваги та потенційні ризики використання. Доведено, що впровадження хмарних технологій сприяє підвищенню ефективності навчання, розвитку самостійності здобувачів освіти та формуванню їхньої інформаційно-комунікаційної компетентності.

У контексті цифровізації освіти особливого значення набуває використання хмарних технологій як одного з інструментів формування інформаційно-комунікаційної компетентності. Поширення мобільних пристроїв, зокрема смартфонів і планшетів, а також постійний доступ до мережі Інтернет створюють сприятливі умови для інтеграції хмарних сервісів у освітній процес. Слід зазначити, що ІК-компетентність – це здатність людини орієнтуватись у інформаційному просторі, автономно та відповідально використовувати ресурси й засоби ІКТ, оперувати даними для власного розвитку, демонструвати безпечну поведінку в мережі Інтернет, ставити та виконувати завдання використовуючи сучасні медіа та інші цифрові технології, необхідні для навчання та життя в сучасному інформаційному суспільстві [1, с. 4].

Сучасні здобувачі освіти не уявляють свого життя без всевітньої мережі з її соціальними зв'язками та інформаційними ресурсами. Діти «цифрового покоління» проводять більшу частину свого життя у мережі Інтернет не бачать різниці між реальним та віртуальним життям. Ми спостерігаємо, як росте покоління візуалів, для яких головним джерелом інформації є зоровий ряд. Усе це пояснює необхідність використання нових світових інформаційних розробок в освітній діяльності викладачів. Наявність у здобувачів та викладачів смартфонів, планшетів з мобільним інтернетом дає можливість викладачам та здобувачам активно використовувати хмарні технології.

Використання хмарних технологій у освітньому процесі відкриває широкі можливості для підвищення його ефективності та сприяє досягненню здобувачами освіти та викладачами високого рівня мобільності; впровадженню нових форм та методів навчання; розширенню самостійної роботи здобувачів як на практичних заняттях так і в позанавчальні години. Крім того, застосування хмарних технологій сприяє формуванню навичок співпраці та відповідальності, відкритість освітнього середовища, можливість аналізу результатів роботи та доступ до спільних ресурсів стимулюють пізнавальну активність і мотивацію до навчання.

Хмарні технології дають можливість організувати дистанційну та змішану форму навчання, працювати в синхронному та асинхронному режимах з одночасною взаємодією великою кількістю користувачів. Ключові хмарні технології та інструменти, які

використовуються в освітньому процесі та підвищують рівень інформаційно-комунікаційної компетентності:

- для структурування матеріалів, завдань, консультування, спілкування Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams - системи управління навчанням;
- для автоматизації оцінювання, перевірки знань та аналізувати результати Google Forms, Classtime – інструменти оцінювання та тестування;
- для створення інтерактивних вправ та презентацій Learningapps, Genially, Google Презентації – інтерактивні платформи.

Хмарні технології в освітньому процесі (або ж Cloud технології) — це інфраструктура та послуги, що дозволяють обробляти та керувати даними через Інтернет, використовуючи для цього віддалені сервери, що дозволяє віддалене зберігання, обробку даних та доступ до навчальних матеріалів 24/7 з будь-якого пристрою [2]. Фактично це твердий диск в Інтернеті, на якому розміщені різного типу файли, доступ до яких здійснюється в будь-який час, через будь-які пристрої.

Важливою перевагою хмарних технологій є те, що не потрібні потужні комп'ютери, потрібно менше витрат на закупівлю програмного забезпечення і його систематичне оновлення, доступність з різних пристроїв і відсутність прив'язки до робочого місця, забезпечення захисту даних від втрат при виконанні багатьох видів навчальної діяльності, контроль та оцінювання, тестування он-лайн, відкритість освітнього середовища, економія коштів на утримання технічних фахівців, оскільки все знаходиться в хмарі, створюються умови для зберігання необмеженого обсягу.

Впровадження хмарних технологій в освіту характеризуються основними ключовими моментами:

- створення контенту самим користувачем — викладачем, здобувачем освіти;
- збереження створених користувачем матеріалів на віддаленому сервері, завдяки чому вони постійно доступні для перегляду та редагування в Інтернеті;
- розмежування прав доступу: власник контенту може вказати хто має право переглядати та змінювати створені або завантажені ним матеріали [2].

Не дивлячись на всі позитивні сторони хмарних технологій, не варто замовчувати і про небезпеки, які вони можуть принести. По-перше, це залежність від підключення до мережі Інтернет. По-друге, треба зберігати копії документів створених в хмарі і в локальних папках на комп'ютері, і на переносних носіях. По-третє, це захист персональних даних. Найбільше компанії бояться витоків даних з мережі “хмарного” провайдера внаслідок перехоплення інформації, втрати контролю над даними і додатками, неможливості знищення даних, дій інсайдера на стороні провайдера або інших користувачів “хмари”. Для захисту можна використовувати шифрування даних або їх знеособлення. При цьому шифрувати треба не лише ті дані, що зберігаються в провайдера, а й канал зв'язку з ним. Проте доки рішення, які дозволяли б ефективно захищати дані в “хмарі”, не вироблені. Не варто зберігати в хмарі конфіденційну інформацію, розміщувати тільки ту, яка отримана при спільній роботі і не несе цінної інформації, але процес створення є основним критерієм активності здобувачів освіти і результат освоєння матеріалу. Аналіз роботи всіх здобувачів і розсилка результатів або можливість перегляду рейтингу учасників проекту формує в здобувачів освіти відповідальність, значимість, стимулює до самостійної роботи і освоєння нових знань [1, с. 6].

Отже, формування інформаційно-комунікаційної компетентності здобувачів освіти є визначальним чинником успішної адаптації особистості до умов сучасного інформаційного суспільства. Особливості «цифрового покоління» зумовлюють необхідність активного впровадження інноваційних технологій в освітній процес. Хмарні технології, як один із таких інструментів, забезпечують мобільність, доступність і гнучкість навчання, сприяють розвитку самостійності та підвищенню рівня цифрової грамотності.

Незважаючи на наявність певних недоліків і ризиків, пов'язаних передусім із безпекою даних і залежністю від Інтернету, їх використання є доцільним за умови дотримання відповідних заходів захисту. У цілому, інтеграція хмарних технологій в освітній процес має

значний потенціал для підвищення якості освіти та ефективності навчальної діяльності здобувачів освіти.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] О. М. Борисенко, Методичні рекомендації щодо використання хмарних технологій в освітньому процесі для здобувачів освіти всіх спеціалізацій першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Кременчук: КЛК ХНУВС, 2026, 86 с.

[2] «Сутність хмарних технологій. Хмарні технології в освіті» [Електронний ресурс]. Доступно: <https://sites.google.com/view/cloudinedu>. [Дата звернення: 18 березня 2026].

УДК 378.018.43:004.4

### ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ WEB-ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАНЬ У СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

БОСЮК А.О., ВІТЕР М.Б., САКАЛЮК О.Ю.  
(andryxa200392@gmail.com, sakaliuk.olexiy@gmail.com)

Національний транспортний університет,  
Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглянуто обґрунтування доцільності розробки web-застосунку для організації занять у системі дистанційного навчання. Проаналізовано особливості дистанційного освітнього процесу, визначено основні проблеми організації навчальної взаємодії в цифровому середовищі та встановлено потребу у створенні зручного програмного рішення для підтримки навчальних дисциплін, розміщення навчальних матеріалів, виконання домашніх завдань і оцінювання результатів навчання. Узагальнено результати аналізу існуючих програм-аналогів, визначено цільову аудиторію майбутньої системи, сформовано її основні функціональні можливості та обґрунтовано вибір технологій для реалізації web-застосунку.*

Організація освітнього процесу в дистанційному форматі потребує використання цифрових інструментів, здатних забезпечити структуровану взаємодію між викладачем і здобувачем освіти, доступ до навчального контенту, виконання завдань, оцінювання результатів навчання та підтримку комунікації в межах єдиного інформаційного середовища. Практика використання наявних платформ дистанційного навчання свідчить про наявність низки проблем, пов'язаних із надмірною складністю окремих систем, обмеженістю функціональних можливостей спрощених сервісів, а також недостатньою адаптованістю програмних рішень до конкретних потреб організації навчальних занять. У зв'язку з цим актуальності набуває обґрунтування розробки спеціалізованого web-застосунку, орієнтованого на підтримку основних процесів дистанційного навчання [1-2].

Метою дослідження є обґрунтування доцільності розробки web-застосунку для організації занять у системі дистанційного навчання. Для досягнення поставленої мети було визначено та вирішено такі завдання: проаналізовано особливості організації дистанційного навчання; досліджено існуючі програмні аналоги; визначено цільову аудиторію майбутньої системи; сформовано основні функції web-застосунку; обґрунтовано вибір технологій для його реалізації.

У межах дослідження встановлено, що ефективна організація дистанційного навчання потребує не лише наявності засобів передачі навчального матеріалу, а й формування цілісного цифрового середовища, у межах якого реалізуються процеси навчальної взаємодії, самостійної роботи, контролю знань і зворотного зв'язку. Одним із ключових аспектів такої організації є можливість структурованого керування навчальними дисциплінами, зручного доступу до

матеріалів, формування та перевірки домашніх завдань, а також фіксації результатів навчальної діяльності [3].

У процесі дослідження було проведено аналіз поширених програмних рішень для дистанційного навчання, зокрема Moodle, Google Classroom та Schoology [4-6]. Установлено, що зазначені системи забезпечують реалізацію базових функцій цифрової підтримки навчального процесу, однак відрізняються за рівнем функціональної повноти, складністю використання та зручністю взаємодії з користувачем. Moodle характеризується широкими можливостями налаштування та адміністрування, однак має відносно складну структуру використання. Google Classroom вирізняється простотою інтерфейсу та доступністю, проте має обмежені можливості гнучкого керування освітнім середовищем. Schoology поєднує інструменти управління навчанням, комунікації та оцінювання, однак також характеризується більш складною організацією функціоналу. Отримані результати підтверджують доцільність створення web-застосунку, який поєднуватиме функціональну достатність, зручність використання та адаптованість до потреб навчального процесу.

На основі проведеного аналізу визначено основну цільову аудиторію майбутньої системи, до якої належать викладачі, здобувачі освіти та адміністратор. Встановлено, що викладачі потребують інструментів для створення та адміністрування навчальних дисциплін, розміщення навчальних матеріалів, формування домашніх завдань і здійснення оцінювання. Для учнів пріоритетними є функції доступу до навчального контенту, приєднання до курсів, подання виконаних робіт та перегляду результатів навчання. Адміністратор, своєю чергою, забезпечує керування користувачами, правами доступу та підтримку стабільного функціонування системи.

З урахуванням визначених потреб користувачів сформовано основні функціональні можливості розроблюваного web-застосунку. До них віднесено реєстрацію та авторизацію користувачів, створення і редагування навчальних дисциплін, приєднання учнів до курсів, розміщення та перегляд навчальних матеріалів, створення домашніх завдань, подання виконаних робіт, перевірку завдань, виставлення оцінок і реалізацію базових механізмів взаємодії між учасниками освітнього процесу. Такий набір функцій забезпечує підтримку ключових процесів організації занять у дистанційному форматі та формує основу для побудови логічно завершеного освітнього web-середовища.

Окрему увагу в дослідженні приділено вибору технологій реалізації системи. Для розробки серверної частини доцільно використати фреймворк Yii2, який забезпечує структуровану організацію програмного коду, підтримку моделі MVC, роботу з формами, механізми безпеки та інструменти керування ролями користувачів. Для зберігання структурованих даних обґрунтовано використання системи керування базами даних MySQL. Клієнтську частину доцільно реалізувати за допомогою HTML5, CSS3 та JavaScript, що дозволяє створити зручний, адаптивний та функціонально зрозумілий інтерфейс користувача.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність розробки web-застосунку для організації занять у системі дистанційного навчання. Встановлено основні проблемні аспекти використання наявних програмних рішень, визначено цільову аудиторію майбутньої системи, сформовано її ключові функціональні можливості та обґрунтовано вибір технологій реалізації. Отримані результати створюють підґрунтя для подальшого проєктування структури програмного продукту та практичної реалізації web-застосунку, орієнтованого на підтримку ефективної організації дистанційного навчання.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Б. Максимчук та ін., «Умови організації якісного дистанційного навчання у закладах вищої освіти (ЗВО)», *Науковий вісник Ізмаїльського державного гуманітарного університету. Серія: Педагогічні науки*, № 64, с. 134–144, 2023. [Online]. Доступно: <https://visnyk.idgu.edu.ua/index.php/nv/article/view/764>

[2] Т. Шарова та С. Шаров, «Дистанційне навчання в Україні: ризики та шляхи їх вирішення», *Молодь і ринок*, № 4/244, с. 11–16, 2024, doi: 10.24919/2308-4634.2024.299893.

[3] І. І. Розман, «Дистанційне навчання: наслідки та освітні технології», *Наукові інновації та передові технології*, вип. 1(3), с. 283–290, 2022. [Online]. Доступно: <http://dspace-s.msu.edu.ua:8080/handle/123456789/8836>

[4] «Moodle». <https://moodle.org/> (accessed Apr. 5, 2026).

[5] «Google Classroom». <https://classroom.google.com/> (accessed Apr. 5, 2026).

[6] «Schoolology». <https://app.schoolology.com/> (accessed Apr. 5, 2026).

УДК 338:625.7+658.818

## ОБУМОВЛЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ІНТЕРАКТИВНОГО ВИДАННЯ ДЛЯ МЕТОДИЧНОГО СУПРОВОДУ НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

ГУСТИ М. О.

(maksum2004hust@gmail.com),

Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «ЛПІ»

*Розроблено концепцію структурування компонентів інтерактивного видання для методичного супроводу навчального експерименту, яка забезпечує цілісну організацію навчального середовища та поетапний перехід користувача від симуляційного відтворення процесів до взаємодії з реальними технічними системами.*

**Постановка проблеми та актуальність.** На відміну від традиційних текстових матеріалів, компоненти інтерактивного видання для методичного супроводу навчальних досліджень створюють середовище, де освітній процес реалізується через логічну послідовність дій [1, 2]. Ці дії відображають структуру дослідження та забезпечують контроль за їх виконанням.

**Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є обґрунтування оптимальної структури та визначення основних компонентів інтерактивного видання для забезпечення ефективного методичного супроводу навчального експерименту, що сприяє поєднанню теоретичної підготовки, практичного виконання завдань, віртуального моделювання та контролю результатів навчальної діяльності.

**Виклад суті дослідження.**

Структура проєктованого інтерактивного видання включає кілька ключових елементів (рис. 1).

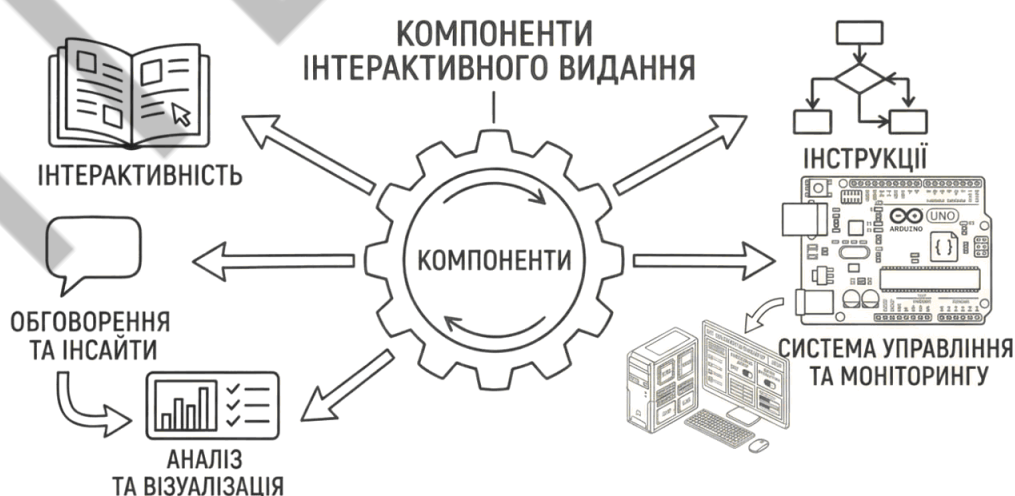


Рисунок 1 – Методичний супровід навчального експерименту

Теоретичний блок виконує функцію представлення базових понять, моделей і принципів функціонування досліджуваних систем, причому його матеріали структуровані так, щоб створити основу для практичних кроків і підтримати прийняття рішень під час виконання завдань. Практичний блок дає можливість закріпити знання шляхом виконання лабораторних процедур, моделювання процесів і зміни параметрів. Цей елемент містить чіткі сценарії, що визначають послідовність дій користувача та передбачувані результати.

Симуляційний компонент, важливий для безпечного навчання, сприяє віртуальному моделюванню поведінки технічних систем, усуваючи ризики та даючи змогу повторювати операції без використання реального обладнання. Оскільки освітній процес підготовки інженерів передбачає взаємодію з фізичними пристроями, важливим тут є включення елементів інтеграції з апаратним забезпеченням. Такі елементи дозволяють налагодити обмін даними між програмним середовищем і технічними компонентами, як-от контролери, сенсори та виконавчі механізми.

Візуалізаційний компонент відіграє роль у наочному представленні змін системи, штатних параметрів і результатів досліджень. Він може включати графіки, індикатори, діаграми чи інші способи подачі даних для легкого сприйняття та аналізу. Окремо виділяється блок управління навчальним процесом, що відповідає за організацію етапів роботи. Він фіксує результати виконаних завдань та адаптується до дій користувача, що сприяє більш персоналізованому та ефективному навчальному досвіду.

Контрольно-оцінювальний елемент забезпечує перевірку засвоєння матеріалу та правильності виконаних дослідницьких процедур. Його реалізація може включати тести, автоматизований аналіз результатів або вивчення дій користувача під час роботи. Додатково важливим є довідковий блок, який містить інструкції, роз'яснення щодо потенційних помилок і способів їх виправлення.

**Висновки.** Розроблена концепція структурування компонентів інтерактивного видання придатна для забезпечення цілісного навчального процесу при підготовці інженерів. Вона реалізує гармонійне поєднання подачі теоретичних знань, їх практичного застосування, віртуального моделювання, контролю результатів і інтеграції з технічними засобами. Взаємодія всіх компонентів дозволяє поступово переходити від ознайомлення з принципами роботи систем [3] до виконання дослідів у середовищі, максимально наближеному до реальних умов функціонування об'єктів промислової автоматизації.

#### **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Косяк І., Задніпранець А., Олійник, Д. Використання інтерактивних методів для забезпечення продуктивності групової діяльності здобувачів професійної освіти. *Освіта. Інноватика. Практика*, 14(2), 2026. 45–50.
2. Лях І. М., Савенков О. І., Чобаль В. В., Гладкий К. І. Використання інтерактивних методів навчання: шлях до ефективної освіти. *Актуальні проблеми економіки*. 2025. № 4 (286). С. 14-20.
3. Густі М. Виникнення і розвиток напівпровідникових технологій: внесок світових та українських вчених. *Тези доповідей студентської наукової конференції УАД*. Львів, 2024. С. 61.

## **РОЛЬ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ ПРОСТОРОВОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ**

ДЯЧУК В.А., ПРОЦЕНКО Н.М.,  
(pronatanic@gmail.com)  
Державний біотехнологічний університет

*Розглянути можливості застосування 3D-технологій у формуванні та розвитку просторової уяви та мислення здобувачів освіти. Проведено аналіз основних переваг використання цих інноваційних технологій у навчальному процесі та доцільність їх інтеграції в систему сучасної освіти.*

Дослідники в галузях психології, педагогіки визнають просторову здатність як унікальну форму інтелекту, яка відрізняється від інших форм інтелекту і відіграє важливу роль в успіху людини у багатьох галузях, особливо тих, що пов'язані зі швидким технологічним прогресом та інформаційними технологіями. Однак, сьогодні практично уся життєдіяльність суспільства знаходиться під впливом цих змін, і сфера освіти не є виключенням. Останні кілька десятиліть відмічаються неухильним послабленням традиційних методів навчання: втрачається цінність та здатність ефективно задовольняти освітні потреби не тільки самих учнів, але й вимоги сьогодишнього світу. Тому попит на новіші, технологічно досконаліші інструменти для підтримки системи сучасної освіти та розвитку інтелектуальної бази сучасних здобувачів є дуже актуальною.

Варто відмітити, що дослідження провідних науковців та досвід викладачів-практиків показує, що залучення здобувачів до вивчення матеріалу з використанням цифрових технологій мотивує їх до засвоєння інформації та подальшого розвитку в даній галузі, а педагогів, у свою чергу, до професійного зростання, що сприяє формуванню цифрової компетентності усіх учасників освітнього процесу.

Сучасні 3D-технології містять цілий спектр інструментів та методів, які дозволяють моделювати, візуалізувати та взаємодіяти з об'єктами у віртуальному просторі. Їх використання в освіті може суттєво змінити методи навчання та покращити його якість, роблячи його більш доступним, цікавим та ефективним [1]. Застосування цих технологій у навчанні може включати три фундаментальні принципи, а саме 3D-моделювання, 3D-графіку та 3D-друк, а також певні психологічні та педагогічні елементи просторового сприйняття, включаючи просторову орієнтацію, просторове структурування, просторове розташування та інтуїтивний шлях, а також просторову організацію.

Сучасне 3D-моделювання – це більше, ніж просто створення 3D-фігури, це процес побудови об'єкта, представленого сукупністю точок у тривимірному просторі. На відміну від плоских зображень, тривимірна модель базується на математичному представленні поверхонь через систему декартових координат (X, Y, Z), що, в свою чергу, дозволяє не лише задавати висоту та ширину об'єкта, а й формувати його глибину, що є ключовою характеристикою для реалістичної візуалізації [2].

Тривимірна (3D) комп'ютерна графіка, подібно до двовимірної або векторної графіки, є галуззю візуалізації за допомогою комп'ютера. Відмінність між цими видами графіки полягає в площині здатності відображати тривимірні дані (глибину) для подальшого перетворення у двовимірні статичні зображення або динамічні відео. Тривимірні зображення можуть нагадувати двовимірні, але перші мають унікальну особливість – глибину. Таким чином, ця характеристика надає моделі властивість бути оберненою в просторі навколо відповідної осі.

3D-друкування – це адитивна технологія, за допомогою якої тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (процес друкування або вирощування). Друкування здійснюється на спеціальному пристрої – 3D-принтері, за

допомогою якого можна створити тривимірний об'єкт цифрової комп'ютерної моделі шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу [3].

Розвиток просторового мислення здобувачів є складним процесом, який охоплює й певні види когнітивної діяльності. Так, просторове сприйняття – здатність відтворювати образ об'єкта та маніпулювати ним подумки – має значне практичне застосування в таких галузях, як математика, фізика, архітектура чи інженерія. Просторова структуризація – найвищий рівень сприйняття, що передбачає розуміння метричних зв'язків та координатних відношень у дво- та тривимірних площинах. Завдяки цьому просторове розташування та інтуїтивну траєкторію можна розуміти як розвиток ментальних образів, які передбачають розробку двох систем відліку: тієї, що базується на внутрішніх орієнтирах, і тієї, що базується на зовнішніх. Обидві системи будуються з точки зору особистої позиції. Так само існують два типи сигналів, які допомагають просторовій орієнтації [2]. Саме з цими елементами просторового сприйняття пов'язана ключова перевага 3D-технологій – можливість ментальної ротації та маніпулювання об'єктами.

При викладанні традиційної методики навчання фізичне обертання предметів часто відбувається неусвідомлено, в той час як застосування тривимірних технологій допомагає краще зрозуміти характеристики простору та моделей. Перевага сильного відчуття реальності дозволяє здобувачам досліджувати різні проблеми, свідомо обирати стратегію трансформації та прогнозувати результат дії. Це, в свою чергу, може активізувати так звані «просторові канали» візуального пошуку, стимулювати спонтанний інтерес та сприяти глибшому засвоєнню навчальних матеріалів та формуванню професійної компетенції, наприклад, майбутніх інженерів, архітекторів і медиків. Таким чином, тривимірні технології можуть виступати не тільки інструментом візуалізації, а й потужним когнітивним тренажером, особливо для розвитку інтелекту.

3D-технології можна використовувати в різних освітніх галузях (математики, метеорології, фізиці, біології, дизайні, ландшафтній архітектурі тощо) для вдосконалення просторових навичок людини. В той же час, вважається, що для покращення цих навичок необхідна постійна практика, оскільки просторові здібності є частиною множинного інтелекту людини, зокрема, просторового інтелекту. Тобто розвивати просторове мислення потрібно не лише під час прослуховування певної навчальної дисципліни, а протягом всього періоду навчання, й у майбутньому. Крім того, просторові навички є надзвичайно важливими під час підготовки деяких фахівців, особливо в галузі інженерії чи архітектури.

Слід зазначити, що візуалізація, як продукт, так і процес створення, інтерпретації та рефлексії над зображеннями та картинками, набуває дедалі більшої популярності. Наразі потреба в забезпеченні якісної освіти майбутнім поколінням призвела до розробки нових методів навчання, і в цьому контексті інструменти, що надаються інформаційними технологіями, позиціонуються як майбутнє навчання. 3D-технології можуть значно підвищити освітній процес, надаючи здобувачам широкі можливості для просторового мислення, яке сприятиме їх професійному зростанню та формуванню потрібних компетенцій.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Стельмах М.С., Лисюк Л.П. Дослідження використання 3D-технологій у різних дисциплінах. Theoretical and Practical Aspects of Modern Research: матеріали XXVI Міжнародної науково-практичної конференції, 5-7 червня 2024, Оттава, Канада. С. 206–211. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/40030> (дата звертання 28.03.2026).
2. Benjamin Maraza-Quispe, Olga Melina Alejandro-Oviedo, Nicolas Esleyder Cayturo-Silva. The development of student spatial orientation through the use of 3D graphics. 13th International Conference on Education Technology and Computers, Wuhan, China, October 2021. URL: <https://doi.org/10.1145/3498765.3498841> (дата звертання 26.03.2026).
3. Яшан Б. Скрипничук Н. Застосування технологій 3D друку в освітньому процесі як елемент STEM освіти. Освітні обрії. №1 (56), 2023. С. 85-88.

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ІГРОВИЙ ВЕБРЕСУРС ПРОФОРІЄНТАЦІЇ УЧНІВ У СФЕРІ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК**

КЛИМЕНКО І.М., ЧЕЧОТКІНА В.В., ПОПКОВ Д.М  
(ilosya10012005@gmail.com, cvchepochkina12@gmail.com, popkovdn@ukr.net)  
Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглянуто розробку інформаційно-ігрового вебресурсу, призначеного для профорієнтації учнів у сфері комп'ютерних наук. Охарактеризовано функціональні можливості платформи, зокрема проходження профорієнтаційних тестів, використання інтерактивних ігрових елементів та ознайомлення з основними напрямками ІТ-галузі. Обґрунтовано доцільність застосування цифрових інструментів у процесі професійного самовизначення учнівської молоді, а також висвітлено значення таких ресурсів для підвищення доступності профорієнтаційної інформації, формування стійкої мотивації до вивчення комп'ютерних наук і підтримки усвідомленого вибору майбутньої освітньо-професійної траєкторії. Визначено перспективи використання розробленого вебресурсу в системі профорієнтаційної роботи закладів освіти.*

В умовах динамічного розвитку цифрового суспільства та розширення спектра професій у сфері інформаційних технологій особливої актуальності набуває проблема професійного самовизначення учнів. Галузь комп'ютерних наук охоплює широкий комплекс напрямів, серед яких програмування, аналіз даних, кібербезпека, веброзробка, штучний інтелект, розробка ігор, проектування цифрових інтерфейсів та інші. Водночас значна частина здобувачів освіти має фрагментарні уявлення про зміст, специфіку та вимоги відповідних професій, що ускладнює усвідомлений вибір майбутнього напрямку навчання та професійної реалізації [1].

За таких умов особливого значення набуває розробка сучасних цифрових засобів профорієнтації, здатних поєднати інформаційну насиченість, інтерактивність, доступність і практичну спрямованість. Саме цим зумовлена необхідність створення інформаційно-ігрового вебресурсу, орієнтованого на учнів, які виявляють інтерес до ІТ-сфери, проте потребують структурованої, зрозумілої та мотиваційно привабливої форми ознайомлення з її основними напрямками.

Метою дослідження є розробка вебресурсу профорієнтаційного призначення, який забезпечує ознайомлення учнів із напрямками комп'ютерних наук, сприяє виявленню їхніх інтересів, здібностей і професійних схильностей, а також підвищує ефективність профорієнтаційної роботи завдяки поєднанню інформаційного, тестового та ігрового компонентів. Концептуальна ідея проєкту полягає в трансформації традиційного профорієнтаційного підходу в інтерактивний цифровий формат, більш релевантний до потреб сучасної учнівської аудиторії.

Актуальність запропонованого підходу визначається тим, що вибір ІТ-спеціальності учнями нерідко здійснюється під впливом зовнішніх чинників, зокрема популярності певного напрямку, соціального запиту або загальних уявлень про престижність галузі. За такого підходу недостатньо враховуються індивідуальні особливості особистості, характер пізнавальних інтересів, рівень розвитку логічного мислення, творчих здібностей та мотиваційних установок. Використання спеціалізованої цифрової платформи дає змогу частково компенсувати зазначені труднощі, оскільки створює умови для більш усвідомленого співвіднесення особистісних характеристик користувача з потенційними напрямками професійної діяльності [2].

На етапі проєктування вебресурсу було проведено онлайн-опитування серед учнівської молоді з метою виявлення рівня обізнаності щодо ІТ-професій, найбільш привабливих

напрямів та основних труднощів, які виникають під час професійного вибору. Аналіз отриманих результатів дав змогу конкретизувати змістове наповнення майбутньої платформи, визначити найбільш затребувані тематичні блоки та обрати такі форми подання матеріалу, які відповідають пізнавальним запитам цільової аудиторії. Саме результати опитування стали підґрунтям для формування структури сайту, добору тестових завдань та розробки інтерактивних елементів.

Функціонально вебресурс реалізує комплекс можливостей, спрямованих на профорієнтаційну підтримку учнів. Зокрема, користувачам надається можливість проходження тестів без обов'язкової реєстрації, що спрощує доступ до ресурсу та підвищує ймовірність його практичного використання. За результатами тестування формується індивідуалізований підсумок, який містить кількісні показники та короткий аналітичний висновок щодо найбільш релевантних професійних напрямів у сфері комп'ютерних наук. Такий підхід сприяє первинній діагностиці професійних інтересів і формує підстави для подальшого поглибленого ознайомлення з відповідними спеціальностями.

Вагомою складовою ресурсу є інтерактивний ігровий блок, зорієнтований на залучення учнів до активної взаємодії зі змістом профорієнтаційного матеріалу. У структурі платформи реалізовано тематичні мінізавдання, елементи, пов'язані з UI/UX-дизайном, а також модуль ознайомлення з основами програмування мовою Python у форматі симулятора. Упровадження таких рішень забезпечує не лише зростання зацікавленості користувача, а й сприяє кращому розумінню специфіки окремих ІТ-напрямів через практико-орієнтовану діяльність. Ігрові механізми в цьому контексті виступають не розважальним додатком, а педагогічно доцільним інструментом підвищення пізнавальної активності та мотивації [3].

Технологічною основою розробки стали система керування контентом WordPress, мова програмування PHP, а також HTML, CSS і JavaScript. Для організації зберігання та обробки даних використано систему керування базами даних MySQL. Застосування зазначених технологій забезпечило створення функціонального, доступного та масштабованого вебресурсу, придатного до подальшого вдосконалення. Обраний інструментарій дозволяє ефективно реалізовувати як інформаційні, так і інтерактивні компоненти системи, що є принципово важливим для досягнення поставленої мети.

Практичне значення розробленого вебресурсу полягає в можливості його використання не лише учнями для самостійного проходження тестів і ознайомлення з ІТ-напрямами, а й педагогічними працівниками та представниками закладів вищої освіти під час проведення профорієнтаційних заходів, презентацій, консультацій і зустрічей з майбутніми абітурієнтами. Запропонована платформа може бути інтегрована в ширший контекст профорієнтаційної діяльності, спрямованої на підвищення обізнаності школярів про можливості навчання та професійної самореалізації у сфері комп'ютерних наук.

Отже, розроблений інформаційно-ігровий вебресурс є сучасним цифровим засобом профорієнтації учнівської молоді у сфері комп'ютерних наук. Його концепція ґрунтується на поєднанні інформаційної підтримки, тестової діагностики та інтерактивної взаємодії, що забезпечує підвищення доступності профорієнтаційного контенту, посилення пізнавального інтересу та сприяє більш усвідомленому вибору майбутньої освітньо-професійної траєкторії. Перспективи подальшого розвитку проєкту пов'язані з розширенням змістового наповнення, упровадженням нових тестових і ігрових модулів, персоналізованих рекомендацій та аналітичних інструментів супроводу користувачів.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Профорієнтація: стан і перспективи розвитку: збірник матеріалів X ювілейних Всеукраїнських психолого-педагогічних читань, присвячених пам'яті доктора педагогічних наук, професора Федоришина Бориса Олексійовича. Київ: Інститут педагогічної освіти і освіти дорослих імені Івана Зязюна НАПН України, 2020. 147 с.
2. Професійна орієнтація в сучасній школі: кращі методичні розробки практичних психологів і соціальних педагогів малокомплектних загальноосвітніх навчальних закладів,

навчально-виховних об'єднань, навчально-виховних комплексів: методичні рекомендації. Наук. ред. І.І. Ткачук. К.: УНМЦ практичної психології і соціальної роботи, 2017. 115 с. Гаврилюк, Г. М. Професійна орієнтація в сучасній школі [Електронний ресурс] / Г. М. Гаврилюк. – 2017. – Режим доступу: <https://surl.li/vsjzax>

3. Оніщенко, С. М. Шкільний курс програмування як засіб профорієнтації учнів [Електронний ресурс] / С. М. Оніщенко, І. А. Твердохліб. – 2023. – Режим доступу: <https://surl.li/cxochh>

УДК 37.01/09

## **ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОНЯТТЯ «ГЕЙМІФІКАЦІЯ» В СУЧАСНІЙ ПЕДАГОГІЧНІЙ НАУЦІ**

К. КОНОНЕНКО, А. ЧОРНА  
(karinakononenko123@gmail.com, alonachorna@gmail.com )  
Мелітопольський державний педагогічний  
університет імені Богдана Хмельницького

*В умовах цифровізації освіти та зростаючої потреби у формуванні стійкої внутрішньої мотивації учнів, поняття «гейміфікація» набуває ключового значення в сучасній педагогічній науці. Однак для його ефективного та цілеспрямованого впровадження критично важливим є проведення глибокого теоретико-методологічного аналізу його сутності.*

Сьогоднішні педагоги працюють в умовах цифровізації, що вимагає адаптації методів навчання до потреб учнів, які мають високу мотивацію та залученість до власного освітнього процесу. Саме тому гейміфікація визнана однією з ключових тенденцій в освіті, оскільки ігрові елементи та механіки, інтегровані в навчання, забезпечують стійкий інтерес. Хоча гра в освіті має давню історію, у XXI столітті вона набуває всеосяжного характеру, захоплюючи організаційні та змістовні процеси, що і є суттю гейміфікації.

В наукових колах існують різні підходи до визначення поняття «гейміфікація»:

1) S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, L. Nackle пропонують розуміти під гейміфікацією «використання елементів ігрового дизайну в неігровому контексті» [1].

2) К. Капп розкриває поняття як використання гри на базі механіки, естетики та ігрового мислення для мотивації дій, сприяння навчанню та вирішенню проблем [2]. Це визначення є найбільш придатним для сфери освіти, коли освітня послуга отримує додаткову оболонку для утримання учнів.

3) Українські вчені С. Переяславська та О. Смагіна спирались на таке визначення гейміфікації як «... інтеграції елементів гри та ігрового мислення в діяльності, відмінній від гри» [3]. Вони також зазначають, що гейміфікація може виступати як форма організації освітньої діяльності, метод або засіб навчання.

4) В. Бугаєва розглядає гейміфікацію як інструмент для створення умов формування активної професійної поведінки майбутніх фахівців [4].

5) О. Макаревич визначає її як застосування ігрових механік (характерних для відеоігор) у програмних інструментах для неігрових сфер з метою залучення користувачів [5].

Таким чином, гейміфікація є не сукупністю окремих ігор, а скоріше загальною ігровою оболонкою для цілеспрямованого процесу, метою якої є зміна системної поведінки та підвищення мотивації.

Багато українських вчених підтверджують, що гейміфікація в освіті сприяє створенню інтерактивного середовища, ефективно впливає на формування знань і навичок, забезпечує візуалізацію матеріалу та посилює мотивацію й пізнавальний інтерес.

Зокрема, гейміфікація:

1) Активізує пізнавальну діяльність та підвищує рівень мотивації [6].  
2) Сприяє формуванню певних навичок або поведінки, створює елемент змагання та дозволяє учасникам спостерігати за власним прогресом [7].

3) Забезпечує можливість багаторазового повторення матеріалу в різних формах, що сприяє міцному засвоєнню знань та оволодінню навичками [8].

4) Сприяє підвищенню рівня зацікавленості, оскільки активізує психічні процеси учасників (увага, мислення, сприйняття) [9].

5) Базові елементи заохочення, такі як рейтинги, бали, бейджі та турнірні таблиці, сприяють підвищенню рівня мотивації та залученості здобувачів освіти [9]

Попри значний потенціал, впровадження гейміфікації має низку проблем та недоліків:

1) Організаційні та технічні: недостатньо висока технологічна оснащеність закладів, низький рівень цифрової компетентності педагогів та наявність платформ переважно англійською мовою ускладнюють процес [10].

2) Методичні: існують недоліки щодо реалізації принципів гейміфікації та нерозуміння її цілей і завдань. Розробка сценаріїв вимагає досвідченого спеціаліста та чіткого планування [8].

3) Часові витрати: розробка та впровадження ігрової діяльності потребує значних часових та технологічних ресурсів [8].

4) Ефективність знань: існують обмеження щодо «глибини» та «життєвого циклу» отриманих знань [4].

5) Універсальність: гейміфікація не є універсальним рішенням для всіх навчальних ситуацій [11], а її застосування має базуватися на виявленні індивідуально-психологічних особливостей та інтересів учнів [12].

Виходячи з проведеного теоретичного аналізу, гейміфікація – це не окрема гра, а спеціально створена оболонка для освітнього процесу, метою якої є підвищення внутрішньої мотивації, активізація пізнавальної діяльності та вплив на поведінку учнів. Вона ефективно сприяє створенню інтерактивного середовища, посилює зацікавленість, допомагає у формуванні знань і навичок, зокрема через такі механіки, як бали, рейтинги та змагання. успішне впровадження гейміфікації ускладнюється низкою чинників: недостатньою технічною базою та цифровою компетентністю педагогів, значними часовими витратами на розробку якісних сценаріїв, а також обмеженням щодо універсальності – вона має бути адаптована до індивідуальних особливостей учнів. Для подальшого успішного застосування гейміфікації необхідне чітке розуміння її методологічних засад і функціональних відмінностей від інших ігрових форм навчання.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Deterding S., Kahled R., Nacke L., and Dixon D. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification. Envisioning Future Media Environments: mindTrek '11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. ACM. 2011. P 9–15

[2] Kapp K. M. The Gamification of Learning and Instruction: Case-Based Methods and Strategies for Training and Education. New York: Pfeiffer: An Imprint of John Wiley&Sons, 2012

[3] Переяславська С. Смагіна О. Гейміфікація як сучасний напрям вітчизняної освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. 2019. Вип. спецвип. С. 250–260. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu\\_2019\\_spetsvip\\_26](http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeemu_2019_spetsvip_26)

[4] Бугасва В. Гейміфікація як спосіб формування активної професійної поведінки майбутніх фахівців ІТ галузі. Educational Challenges. 2018. № 0(56), 129–135. URL: <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/pedagogy/article/view/298>. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.577567>

[5] Макаревич О. О. Гейміфікація як невід’ємний чинник підвищення ефективності елементів дистанційного навчання. Молодий вчений. 2015. № 2(17). С. 275–278

[6] Кондрашова Л. В. Імітаційно-ігровий підхід як основа технології підготовки майбутніх педагогів до творчої діяльності [Електронний ресурс]. 2001. URL: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/6307/3/3.pdf>

[7] Сергєєва Л. Гейміфікація: ігрові механіки для мотивації персоналу [Електронний ресурс]. Теорія та методика управління освітою. 2014. № 2(14). URL: <https://goo.gl/yANJjm>

[8] Констанкевич Л., Радкевич М., Лехіцький Т. Гейміфікація як інноваційний підхід в освітньому процесі. Нова педагогічна думка. 2022. № 3(111). С. 47–51.

[9] Мороз В. М., Терещенко А. А. Гейміфікація як інноваційний інструмент дистанційного освітнього процесу сучасного університету. Розвиток сучасного українського суспільства у соціологічному вимірі: Матеріали ІХ міжнар. наук.-практ. конф. 25 листопада 2022 р. Харків: НТУ «ХП», 2023. С. 102–108

[10] Переяславська С. О., Смагіна О. О. Гейміфікація як сучасний напрям вітчизняної освіти. New Pedagogical Approaches in STEAM Education : Electronic Scientific Professional Journal – Open Educational E-Environment of Modern University II, special edition. 2019. Pp. 250–260. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/6423>

[11] Височан Л. М., Бохонько Є. О., Гончарова І. П. Гейміфікація як ефективний інструмент навчання для майбутніх педагогів. Інноваційна педагогіка. 2023. Вип. 58. Т. 1. С. 52–55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2023/58.1.9>

[12] Мехед К. М. Гейміфікація навчання як інноваційний засіб реалізації компетентнісного підходу у закладах вищої освіти. Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки. 2020. № 7 (163). С. 19–22

УДК 004.8:37.091.26

## **МЕТОДИКА ГЕНЕРАЦІЇ ТА ВАЛІДАЦІЇ АКАДЕМІЧНИХ ТЕСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ**

КОТЛИК С.В.<sup>1</sup>, СОКОЛОВА О.П.<sup>1</sup>, ВОРОНКОВА Ю.В.<sup>2</sup>, ЯДОВІН Л.К.<sup>2</sup>  
(sergknet@gmail.com)

<sup>1</sup>Одеський національний технологічний університет

<sup>2</sup>Відокремлений структурний підрозділ

«Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ»

**Анотація.** У представленому дослідженні розглядається підхід до генерації та валідації академічних тестів із використанням нейромережових моделей, зокрема моделей типу GPT. Робота базується на аналізі сучасних освітніх технологій та практичних результатах розробки системи автоматизованого створення тестових завдань. Основна увага приділяється не лише можливостям автоматичної генерації питань, але й забезпеченню їх якості, відповідності навчальним програмам і здатності об'єктивно оцінювати рівень знань студентів.

Запропонована методика поєднує генеративні можливості штучного інтелекту з процедурою контролю якості, що дозволяє розглядати тест не як випадковий набір питань, а як керований інструмент оцінювання. Отримані результати демонструють, що використання нейромережових моделей у поєднанні з валідаційними механізмами дозволяє суттєво підвищити ефективність тестування та знизити навантаження на викладача.

**Вступ.** Сучасна освіта опинилася в ситуації, коли швидкість змін значно перевищує здатність традиційних підходів до них адаптуватися. Це особливо відчутно в процесі перевірки знань. Якщо раніше викладач мав час продумати кожне питання, сформулювати логіку

тесту і відшліфувати формулювання, то сьогодні цей процес усе частіше стискається до мінімуму. Водночас вимоги до якості лише зростають.

У цьому контексті поява нейромережових моделей, здатних генерувати текст природною мовою, виглядає як очевидне рішення. Вони дозволяють створювати тестові завдання швидко, у великій кількості та з урахуванням заданого контексту. Але разом із цим виникає нова проблема: автоматично згенерований текст не завжди означає якісний текст.

Фактично, освіта опинилася на роздоріжжі. З одного боку - можливість повної автоматизації створення тестів, з іншого — ризик втрати контролю над їх якістю. Саме тому стає актуальним питання не лише генерації, але й валідації тестових завдань.

У цій роботі розглядається підхід, який дозволяє поєднати ці два процеси в єдину методику, перетворюючи штучний інтелект із просто “генератора тексту” на інструмент, що реально підтримує навчальний процес.

**Постановка задачі.** Метою дослідження є формування методики, яка дозволяє використовувати нейромережові моделі для створення академічних тестів без втрати їх якості та педагогічної цінності. У цьому контексті важливо не лише отримати текст питання, а забезпечити його відповідність навчальному матеріалу, рівню підготовки студентів і цілям оцінювання.

Проблема полягає в тому, що генеративні моделі працюють імовірно. Вони не “знають”, що таке правильне питання, вони лише відтворюють найбільш правдоподібний варіант. У навчальному процесі цього недостатньо. Тут потрібна точність, логічність і відповідність контексту.

Тому основна задача полягає у створенні такого підходу, який дозволяє контролювати результат генерації. Іншими словами, необхідно перейти від хаотичного створення тестів до керованого процесу, в якому кожен етап має свою логіку і перевірку.

**Методи і матеріали досліджень.** У дослідженні використано підхід, який умовно можна описати як “двокрокове мислення системи”. Спочатку відбувається генерація, а потім — оцінка того, що було згенеровано.

Генерація тестових завдань здійснюється за допомогою мовної моделі, яка аналізує навчальний матеріал і формує питання на основі заданого контексту. Вона здатна враховувати тему, рівень складності, тип завдання і навіть стиль формулювання. Завдяки цьому з’являється можливість створювати різноманітні тести, які не виглядають шаблонними.

Однак ключова роль у запропонованій методиці належить саме етапу валідації. Після генерації кожне питання проходить перевірку, під час якої оцінюється його коректність, однозначність і відповідність навчальному матеріалу. Це дозволяє відсіяти некоректні або слабкі варіанти ще до того, як вони потраплять до студентів.

Особливістю підходу є те, що система не просто генерує питання, а фактично “працює в діалозі із самою собою”, уточнюючи і покращуючи результат. Це значно підвищує якість кінцевого продукту.

Технічна реалізація базується на використанні мовних моделей через API, серверної логіки для обробки запитів і бази даних для збереження результатів. Окрему роль відіграє інтеграція з навчальними платформами, що дозволяє використовувати систему в реальному освітньому процесі.

**Результати досліджень.** У ході дослідження було встановлено, що використання нейромережових моделей суттєво змінює сам підхід до створення тестів. Якщо традиційно цей процес був повністю ручним і залежав від досвіду викладача, то тепер він може бути частково автоматизований без втрати якості.

Водночас результати показали, що генерація без валідації не дає стабільного результату. Частина питань може бути сформульована некоректно або не відповідати рівню студентів. Саме тому введення етапу перевірки стало критично важливим.

Запропонована методика дозволила досягти балансу між швидкістю створення тестів і їх якістю. Система генерує варіанти значно швидше, ніж це робить людина, але остаточний результат формується з урахуванням контролю.

Практичне використання показало, що викладачі отримують не готовий тест, а інструмент для його швидкого створення та доопрацювання. Це принципово змінює роль викладача: з “автора кожного питання” він перетворюється на “редактора і керівника процесу”.

**Висновки.** Проведене дослідження показало, що нейромережеві моделі можуть стати ефективним інструментом у процесі створення академічних тестів, але лише за умови правильного підходу до їх використання. Сам по собі штучний інтелект не гарантує якість, він лише створює можливість її досягнення.

Ключовим результатом роботи стало формування методики, яка поєднує генерацію та валідацію в єдину систему. Такий підхід дозволяє забезпечити не лише швидкість створення тестів, але й їх відповідність освітнім вимогам.

Отримані результати підтверджують, що майбутнє тестування — це не повна автоматизація і не повна ручна робота, а їх поєднання. Саме в цьому поєднанні з’являється ефективність.

УДК 004.8:004.91:378

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДОСТУПУ ДО ІСТОРИЧНИХ ЗНАНЬ УНІВЕРСИТЕТУ НА ОСНОВІ ЧАТ-БОТА З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

КОТЛИК С.В., СОКОЛОВА О.П., ГОНТАР Д.С.  
(sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*Анотація.* У роботі розглядається підхід до створення інтелектуальної системи доступу до історичних знань університету на основі чат-бота з елементами штучного інтелекту. Обґрунтовано актуальність використання діалогових інтерфейсів для роботи з неструктурованими текстовими даними. Запропоновано архітектуру системи, що поєднує механізми пошуку інформації у базі знань із генерацією відповідей за допомогою сучасних мовних моделей. Описано особливості формування бази знань та алгоритм обробки запитів користувачів. Реалізовано прототип системи з використанням Telegram як інтерфейсу взаємодії. Проведене тестування підтвердило ефективність запропонованого підходу для забезпечення швидкого та зручного доступу до історичної інформації. Визначено перспективи подальшого розвитку системи, пов’язані з розширенням функціональності та удосконаленням методів обробки даних.

*Ключові слова:* чат-бот, штучний інтелект, обробка природної мови, база знань, інформаційна підтримка, історія університету, діалогові системи, семантичний пошук, генерація тексту

У сучасному цифровому середовищі особливого значення набуває питання ефективного доступу до інформаційних ресурсів, що мають історичну, наукову та культурну цінність. Історія університету є не лише відображенням його розвитку, але й важливим елементом формування академічної ідентичності, збереження традицій та передачі знань між поколіннями. Водночас практичний доступ до таких даних часто ускладнений їх розпорошеністю, неструктурованістю та відсутністю зручних інструментів взаємодії.

У більшості випадків інформація про історію закладу вищої освіти представлена у вигляді текстових матеріалів, що містяться у різних джерелах: архівних документах, наукових публікаціях, веб-ресурсах. Така форма подання не відповідає сучасним вимогам до швидкого отримання знань, оскільки користувач змушений витратити значний час на пошук, аналіз і

узагальнення інформації. У результаті навіть наявність значного обсягу даних не гарантує їх ефективного використання.

У цьому контексті особливої актуальності набуває використання сучасних інформаційних технологій, зокрема систем штучного інтелекту, які дозволяють автоматизувати процес обробки текстових даних і забезпечити інтерактивний доступ до знань. Одним із найбільш перспективних напрямів є застосування чат-ботів, що реалізують діалогову взаємодію з користувачем [1].

У роботі розглядається підхід до створення інтелектуальної системи доступу до історичних знань університету на основі чат-бота, який поєднує механізми пошуку інформації у локальній базі знань із можливостями генеративних моделей штучного інтелекту. Основною ідеєю є перехід від традиційного пошуку до діалогового способу отримання інформації, що відповідає природній формі взаємодії користувача з інформаційною системою [2].

Запропонована система базується на модульній архітектурі, яка передбачає розділення функцій обробки запиту, пошуку інформації та формування відповіді [3]. Це дозволяє забезпечити гнучкість системи та можливість її адаптації до інших предметних областей. Користувач формулює запит у довільній формі, після чого система здійснює його обробку, виконує пошук релевантних фрагментів у базі знань та формує узагальнену відповідь.

Особливістю реалізованого підходу є використання попередньої структуризації текстових даних. Інформація про історію університету поділяється на логічні фрагменти, що дозволяє значно підвищити ефективність пошуку. Це є важливим фактором, оскільки робота з великими текстами без попередньої обробки призводить до зниження точності результатів.

Ще одним важливим аспектом є поєднання пошуку інформації з генерацією відповіді. На відміну від класичних систем, що повертають список знайдених документів, запропонована система формує змістовну відповідь, яка безпосередньо відповідає на запит користувача. При цьому використовується лише інформація з бази знань, що дозволяє забезпечити достовірність результатів.

Реалізація системи здійснена з використанням сучасних програмних засобів, що дозволяють інтегрувати різні компоненти без необхідності створення складного програмного коду. У якості інтерфейсу взаємодії обрано Telegram, що забезпечує доступність системи для широкого кола користувачів. Такий підхід дозволяє використовувати систему без встановлення додаткового програмного забезпечення та забезпечує зручність її використання.

У процесі роботи було реалізовано основні функціональні можливості системи, зокрема прийом запитів користувачів, пошук інформації у базі знань, формування відповідей та ведення журналу запитів. Останній компонент має важливе значення, оскільки дозволяє аналізувати поведінку користувачів та вдосконалювати систему.

Проведене тестування показало, що використання запропонованого підходу дозволяє значно скоротити час отримання інформації та підвищити її зрозумілість для користувача. Система демонструє здатність адекватно реагувати на різні формулювання запитів та забезпечує достатній рівень точності відповідей.

Разом з тим, у процесі дослідження було виявлено ряд проблем, пов'язаних із використанням генеративних моделей штучного інтелекту. Зокрема, існує ризик формування некоректних відповідей у випадку недостатності контексту. Для вирішення цієї проблеми використано підхід, що передбачає обмеження генерації відповідей лише на основі знайдених фрагментів тексту.

Отримані результати свідчать про доцільність використання чат-ботів як інструменту доступу до історичних знань. Запропонована система може бути використана не лише для роботи з історією університету, але й для інших задач, пов'язаних із обробкою текстових даних.

Таким чином, використання сучасних інформаційних технологій, зокрема штучного інтелекту та обробки природної мови, відкриває нові можливості для організації доступу до знань. Реалізація чат-бота як інтелектуального інтерфейсу дозволяє зробити інформаційні ресурси більш доступними, зрозумілими та зручними для користувачів.

Подальший розвиток даного напрямку може бути пов'язаний із розширенням бази знань, удосконаленням алгоритмів пошуку та впровадженням голосового інтерфейсу, що ще більше підвищить ефективність системи та розширить сферу її застосування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Brown T. et al. Language Models are Few-Shot Learners // *NeurIPS*. – 2020.  
URL: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
2. Lewis P. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // *NeurIPS*. – 2020.  
URL: <https://arxiv.org/abs/2005.11401>
3. Jurafsky D., Martin J. Speech and Language Processing. – Stanford University, 2023 (draft).  
URL: <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>

УДК 004.8:37:17

### ЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

КОТЛИК С.В., СОКОЛОВА О.П., КРАНТОВ А.В.  
(sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

***Анотація.** У роботі розглядаються етичні аспекти використання генеративних моделей штучного інтелекту в освітньому середовищі. Проаналізовано сучасні підходи до впровадження великих мовних моделей, генеративно-змагальних мереж і дифузійних систем у навчальний процес, а також визначено основні ризики, пов'язані з їх застосуванням. На основі матеріалів дослідження встановлено ключові етичні проблеми, зокрема питання академічної доброчесності, достовірності інформації, захисту персональних даних і впливу на когнітивні здібності здобувачів освіти. Запропоновано концептуальну модель етичного використання генеративних систем у закладах вищої освіти, яка базується на класифікації сценаріїв використання штучного інтелекту та алгоритмі прийняття рішень.*

**Вступ.** Освітнє середовище сьогодні переживає не просто зміни — воно переживає струс. Поява генеративних моделей штучного інтелекту фактично змінила саму природу навчання. Якщо раніше студент шукав відповідь, то тепер відповідь шукає студента. І тут виникає незручне питання: де закінчується допомога і починається підміна мислення?

Генеративні моделі, засновані на архітектурі Transformer, здатні створювати тексти, програмний код, аналітичні висновки та навіть наукові роботи. Це відкриває нові можливості для навчання, але одночасно ставить під сумнів традиційні підходи до оцінювання знань. Ситуація ускладнюється тим, що освіта історично базується на принципі самостійності. Але якщо студент може отримати готовий результат за кілька секунд - чи залишається процес навчання процесом?

Саме тому виникає необхідність не забороняти, а зрозуміти. Не боротися, а регулювати. У цій роботі розглядається проблема етичного використання генеративних моделей штучного інтелекту в освітньому середовищі, а також пропонується підхід до формування правил їх застосування, які дозволяють зберегти баланс між ефективністю навчання та академічною доброчесністю.

**Постановка задачі.** Сучасні генеративні моделі штучного інтелекту є результатом розвитку глибоких нейронних мереж, зокрема архітектури Transformer, що використовує механізм уваги для обробки великих обсягів даних. Як зазначено у , навчання таких моделей

включає попереднє тренування на масштабних датасетах та подальше донавчання з використанням людського зворотного зв'язку.

Серед основних типів генеративних систем виділяють:

- великі мовні моделі (LLM), які працюють із текстом;
- генеративно-змагальні мережі (GAN), що створюють зображення;
- дифузійні моделі, які забезпечують високоякісну генерацію візуального контенту.

Попри значні переваги, ці технології мають низку обмежень. По-перше, їх відповіді мають ймовірнісний характер і не гарантують достовірності. По-друге, вони можуть відтворювати упередження, присутні в навчальних даних. По-третє, існує феномен «галюцинацій», коли модель генерує переконливу, але неправдиву інформацію.

У контексті освіти ці особливості набувають критичного значення. Основні етичні виклики можна сформулювати так:

- порушення академічної доброчесності;
- залежність студентів від автоматизованих рішень;
- зниження рівня критичного мислення;
- ризики витоку персональних даних;
- невизначеність щодо авторства створеного контенту.

Таким чином, виникає задача розробки підходу, який дозволить системно оцінювати допустимість використання штучного інтелекту в навчальному процесі. Не просто “можна/не можна”, а “коли, як і навіщо”.

**Методи і матеріали досліджень.** Методичною основою дослідження є поєднання теоретичного аналізу та емпіричних даних.

На першому етапі було проведено аналіз наукових джерел, що стосуються генеративних моделей штучного інтелекту та їх застосування в освіті. Це дозволило визначити основні ризики та сформулювати перелік етичних проблем.

Другий етап передбачав проведення опитування студентів. Основною метою було з'ясувати:

- як часто студенти використовують генеративні моделі;
- для яких завдань вони їх застосовують;
- чи довіряють отриманій інформації;
- як оцінюють етичність такого використання.

Отримані дані були оброблені з використанням методів статистичного аналізу. Це дозволило виявити типові сценарії використання штучного інтелекту в навчальному процесі.

На третьому етапі було розроблено модель етичного використання генеративних систем. В її основі лежить класифікація всіх можливих сценаріїв застосування штучного інтелекту на три категорії:

- дозволене використання (наприклад, пошук ідей, пояснення тем);
- умовно дозволене (допомога у структуризації матеріалу);
- заборонене (повна генерація відповідей без участі студента).

Крім того, було сформовано алгоритм прийняття рішень, який враховує:

- тип навчального завдання;
- рівень самостійності студента;
- ступінь залучення штучного інтелекту.

**Результати досліджень.** Результати дослідження показали, що генеративні моделі вже стали невід'ємною частиною освітнього процесу. Більшість студентів регулярно використовує їх для виконання навчальних завдань, при цьому рівень усвідомлення етичних ризиків залишається недостатнім. Було встановлено, що студенти часто сприймають штучний інтелект як “нейтральний інструмент”, не замислюючись про наслідки його використання. Водночас значна частина респондентів визнає, що використання ШІ може впливати на рівень їхніх знань.

Розроблена модель етичного використання дозволяє структурувати цей процес. Вона не забороняє використання технологій, а встановлює правила гри. І це принципово важливо:

заборони не працюють, працює лише зрозуміла логіка. Запропонований алгоритм прийняття рішень може бути інтегрований у навчальний процес, зокрема у вигляді рекомендацій для студентів і викладачів. Він дозволяє швидко визначити, чи є використання штучного інтелекту допустимим у конкретній ситуації.

Практична цінність результатів полягає у можливості створення систем підтримки прийняття рішень, які автоматизують контроль за використанням ШІ. У перспективі це може перерости у повноцінні освітні платформи нового типу.

**Висновки.** Проведене дослідження показало, що генеративні моделі штучного інтелекту не є ні абсолютним благом, ні абсолютною загрозою. Вони — інструмент. І питання лише в тому, як саме ми його використовуємо.

Було визначено основні етичні ризики, пов'язані з використанням ШІ в освіті, та доведено необхідність їх системного регулювання. Запропонована модель дозволяє формалізувати правила використання генеративних технологій і може бути застосована в освітніх установах. Ключовий висновок полягає в тому, що освіта повинна адаптуватися до нових реалій, не втрачаючи своїх базових принципів. Штучний інтелект може підсилювати навчання, але не повинен замінювати мислення.

УДК 004.6:343.98

## **OSINT-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ КРИМІНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ: ПРОБЛЕМИ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ**

ЛУНГОЛ О.М., ВОЛОБОЄВА З.О.  
(olyalungol@gmail.com; ordtaib@dnuvs.ukr.education)  
Донецький державний університет внутрішніх справ

*У тезах досліджується роль розвідки на основі відкритих джерел (OSINT) у сучасному кримінальному аналізі. Виокремлено основні проблеми, з якими стикаються підрозділи поліції під час збору цифрових доказів: обробка великих масивів даних (Big Data) та верифікація інформації в умовах поширення дезінформації. Запропоновано шляхи оптимізації аналітичної роботи через автоматизацію процесів.*

**Постановка проблеми.** В епоху тотальної цифровізації та в умовах воєнного стану злочинна діяльність залишає значний цифровий слід. Відповідно до завдань оперативно-розшукової діяльності [1], правоохоронні органи потребують ефективних інструментів для збору та аналізу інформації. Технології OSINT (Open Source Intelligence) стали невід'ємною складовою кримінального аналізу. Проте ефективність їх застосування критично знижується через дві ключові проблеми: експоненційне зростання обсягів даних (Big Data) та складність підтвердження їхньої достовірності (верифікації).

**Виклад основного матеріалу.** Сучасний кримінальний аналіз вимагає від оперативного працівника не лише вміння знаходити інформацію в соціальних мережах, реєстрах чи тіньовому сегменті інтернету (DarkNet), а й здатності структурувати ці розрізнені масиви.

Перша актуальна проблема – це обробка великих масивів даних. Ручний пошук та аналіз інформації вже втратили свою актуальність. Перед підрозділами кримінальної поліції постає завдання обробки терабайтів неструктурованих даних: текстів, метаданих фотографій, геолокацій, графів зв'язків і т.д. Все це вимагає впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, наприклад, інструментів візуалізації зв'язків типу Maltego, систем автоматизованого скрапінгу, що здатне агрегувати дані за заданими алгоритмами та формувати цифрові профілі об'єктів інтересу.

Друга, не менш гостра проблема – це верифікація даних. В умовах інформаційної війни та стрімкого розвитку генеративного штучного інтелекту (реалістичного створення дипфейків,

синтезованого голосу, згенерованих текстів тощо) відкриті джерела часто містять навмисно спотворену або хибну інформацію. Для кримінального провадження використання неперевіраних даних є неприпустимим, оскільки вони не можуть набути статусу електронних доказів. Процес верифікації вимагає багатоступеневої перехресної перевірки з використанням незалежних закритих баз даних, поглибленого аналізу EXIF-даних медіафайлів та криптографічного підтвердження цілісності інформації.

Для ефективного подолання зазначених викликів критично необхідною є комплексна модернізація системи фахової підготовки майбутніх спеціалістів для сектору безпеки і оборони. В умовах стрімкої цифровізації злочинності традиційні підходи до навчання втрачають свою дієвість, вимагаючи впровадження інноваційних освітніх стратегій. Відповідно, під час вивчення профільних дисциплін циклу інформаційної безпеки, кримінального аналізу та оперативно-розшукової діяльності акцент має безальтернативно зміщуватися з теоретико-правових засад на інтенсивне практичне використання спеціалізованих OSINT-інструментів. Це передбачає широке впровадження у навчальний процес тренінгових технологій, ситуаційних моделювань та роботи з матеріалами віртуальних слідчих справ, де здобувачі в умовах, наближених до реальних, відпрацьовують алгоритми збору цифрових слідів.

Сучасні здобувачі вищої освіти повинні глибоко опанувати не лише методики пошуку, а й суворі правила оперативної кібергієни, щоб уміти захищати власну цифрову ідентичність та безпечно працювати в інформаційному середовищі. Окрему увагу необхідно приділяти розвитку критичного мислення: методам фільтрації інформаційного шуму, перехресній перевірці фактів та розпізнаванню згенерованих нейромережами маніпуляцій. Водночас обов'язковою компетентністю для розв'язання аналітичних завдань має стати володіння базовими алгоритмами автоматизованої обробки відкритих даних: від розуміння принципів роботи скриптів для парсингу соціальних мереж до впевненого застосування програмного забезпечення для побудови графів зв'язків і візуалізації великих масивів розрізної інформації [2; 3].

Висновки. OSINT є потужним інструментом кримінального аналізу, однак його використання без застосування технологій автоматизації та суворих протоколів верифікації є малоефективним. Подальший розвиток інформаційних систем для потреб Національної поліції має бути орієнтований на створення відомчих аналітичних платформ, здатних швидко обробляти Big Data та автоматично виявляти аномалії, що свідчать про маніпуляції з даними. Це забезпечить правоохоронців надійною доказовою базою та сприятиме ефективнішому розкриттю злочинів.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Про оперативно-розшукову діяльність : Закон України від 18 лют. 1992 р. № 2135-ХІІ (зі змінами). [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2135-12#Text>
- [2] O. Naborets and O. Lunhol, «Methods of using OSINT in cyberpolice activities» in Актуальні питання вдосконалення судово-експертної та правоохоронної діяльності: Міжнар. наук.-практ. конф., Кропивницький: ТОВ «Центрально-Українське видавництво», 2023, с. 76–77.
- [3] О. М. Лунгол, «Удосконалення професійної підготовки майбутніх фахівців правоохоронної діяльності засобами інформаційних технологій,» Наука і техніка сьогодні, № 7(7), с. 153–163, 2022.

## НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ВІД «ЕКРАНА» ДО ІНТЕРАКТИВНОГО ВСЕСВІТУ

РУДНЄВА ВАЛЕРІЯ  
(valeriarudneva624@gmail.com)  
МДПУ ім. Богдана Хмельницького

Сучасних дітей епохи Альфа-покоління можна назвати «цифровими аборигенами», для яких границі між фізичною та віртуальною реальностями стають усе більш розмитими. Смартфон для них - не лише засіб зв'язку, а інструмент пізнання та соціалізації. В таких умовах впровадження нових інформаційних технологій (НІТ) перестає бути опціональним і стає ключовим фактором ефективності освітнього процесу. Перехід від застарілої моделі «трансляції знань» до інтерактивної парадигми «дослідження та творення» потребує від педагога володіння складним цифровим інструментарієм.

**Проблема** - подолання «цифрової імітації». Головним викликом сьогодення є не відсутність технологій, а їх нераціональне використання. Ми спостерігаємо феномен «цифрових декорацій», коли інтерактивну дошку чи планшет використовують лише як заміна паперовому плакату, що не активує когнітивні здібності дитини. Більше того, існує ризик виникнення екранної залежності при неконтрольованому споживанні контенту. Наукова суперечність полягає в розриві між стрімким зростанням технічного оснащення закладів освіти та дефіцитом методичних стратегій, що перетворюють гаджет із засобу споживання на інструмент активного розвитку.

**Вирішення завдання** та інноваційна модель роботи. У межах дослідження триває розробка та апробується комплексна модель інтеграції нових інформаційних технологій, яка включає:

1. Формування медіатеки «Smart-педагог». Вона включає в себе системний підбір верифікованого цифрового контенту, що базується на інтерактивних вправах та віртуальних симуляціях.

2. Впровадження ІІІ-асистування, при якому рутинні завдання (підготовка сценаріїв, адаптація тестів, тощо) делегуються нейромережам, що звільняє час педагога для індивідуальної роботи.

3. STEAM-інтеграція – процес, що включає в себе поєднання віртуального моделювання з фізичними дослідженнями в робототехніці та цифровій лабораторії.

4. Реалізація етичного фільтра – це навчання критичному мисленню та правилам кібергігієни в умовах постійної онлайн-присутності.

**Суть дослідження** включає в себе п'ять граней «Цифрової магії».

А саме:

**I.** Нейромережі як когнітивний партнер. Використання LLM (CHAT GPT, Gemini) дозволяє миттєво диференціювати завдання за складністю, створювати адаптивні казки-ситуації, які дають можливість стати архітектором сюжету, або розробляти персоналізовані навчальні матеріали, що підвищує мотивацію на 30-40%

**II.** AR – технології як інструмент візуалізації абстракцій. Доповнена реальність (AR) перетворює статичну інформацію підручника на інтерактивний 3D- об'єкт.

Візуалізація внутрішньої будови атомів, історичних архітектурних пам'яток чи анатомічних моделей забезпечує краще засвоєння матеріалу через сенсорне сприйняття.

**III.** Віртуальний туризм та глобальне мислення. Завдяки VR - окулярам та сервісам типу Google Street View, освітній простір виходить за межі стін класу. Це дає можливість реалізувати принцип «навчання в дії», відвідавши дно океану чи космічну станцію, що формує цілісну картину світу.

**IV.** Інтерактивна ігрофікація та зворотній зв'язок. Платформи Learning Apps, Wordwall, Kahoot перетворюють перевірку знань на квестовий процес. Миттєвий фітбек від системи дозволяє самостійно коригувати помилки, що розвиває навички саморефлексії.

**V.** Цифрова екосистема взаємодії з родиною. Використання цифрових дашбордів успішності, коротких відео-репортажів та автоматизованих каналів комунікації дозволяє батькам стати активними учасниками освітнього процесу, забезпечуючи психологічну підтримку дитини.

**Висновки.** Системне впровадження НІТ забезпечує перехід до моделі «індивідуалізації 2.0», де освітній контент адаптується під індивідуальний темп навчання учня. Доведено, що поєднання візуалізації, ігрофікації та інтерактиву дозволяє засвоювати до 45% більше інформації. Нові інформаційні технології не замінюють педагога, проте радикально змінюють його роль із «транслятора знань» на фасилітатора та ментора. У центрі цифрового всесвіту дитини незмінно лишається людина, яка керує технологіями, а технології слугують засобом розширення її творчих і інтелектуальних меж.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] В. Ю. Биков, Хмарна еволюція освіти: від теорії до практики. Київ: Кондор, 2024.
- [2] Н. В. Морзе та О. П. Буйницька, Цифрова трансформація освітнього закладу: посібник для лідерів. Київ, 2023.
- [3] О. М. Спірін, Програмні засоби навчального призначення: критерії якості. Житомир, 2022.
- [4] Е. Роджерс, Дифузія інновацій. Київ: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2020.

УДК 004.92:377.3

### **СУЧАСНІ ПРОГРАМИ ДЛЯ ОБРОБКИ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ПІДГОТОВЦІ ОПЕРАТОРІВ З ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

СЕМИКІНА І.С.  
(pmt997421@gmail.com)

Мелітопольський державний педагогічний університет  
імені Богдана Хмельницького

*Через те, що зараз дуже швидко розвивається світ, то треба зробити правильний вибір програмного забезпечення для того, щоб навчитись роботі з растровим зображенням. Розглянуто дві програми, одна з них це Microsoft Paint, а інша Adobe Photoshop. Було порівняно їх можливості і чи доцільно їх використовувати. Також аргументовано, що для формування професійних компетентностей майбутніх спеціалістів більш ефективно буде застосування Adobe Photoshop.*

Технології в нас час стали розвиватись ще швидше, ніж раніше, тому на мою думку є дуже важливо правильно підбирати програмне забезпечення для того, щоб навчати студентів гарно і якісно працювати з растровими зображеннями. Тому далі ми розглянемо основні програми, які є популярними зараз в використанні, саме для роботи з цими зображеннями.

Почнемо з найпростішої програми, а саме Microsoft Paint (рис. 1). Перейдемо відразу до визначення цієї програми. Microsoft Paint є елементарним інструментом для роботи з растровими зображеннями, створеним компанією Microsoft і вбудованим у всі версії операційної системи Windows ще з початкових етапів її розвитку [1]. Недоліками цієї програми є те, що в ній відсутня функція зміни яскравості, контрасту і т.д.

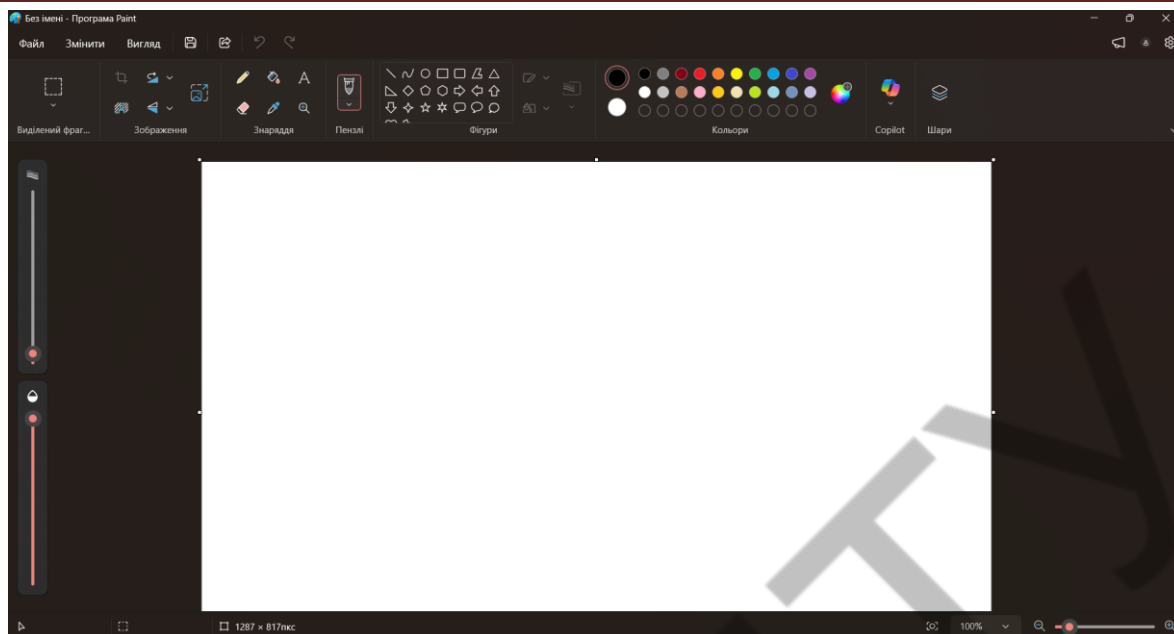


Рисунок 1 - Інтерфейс програми Microsoft Paint

Перейдемо до огляду другої програми, а саме Adobe Photoshop (рис. 2). Adobe Photoshop – графічний редактор, розроблений і поширюваний фірмою Adobe Systems [2]. Це один із найпоширеніших редакторів растрових зображень, що пропонує широкий спектр функціональних можливостей. На відміну від програми Paint, Adobe Photoshop є платним, проте надає значно більшу кількість інструментів та дозволяє працювати з високим рівнем деталізації, що зумовлює його переважну популярність, нижче представлено інтерфейс програми.

Paint на відміну від Photoshop, є простішим у використанні, проте призначений переважно для виконання базових операцій із зображеннями. Якщо ж є намір опанувати професійну роботу з графікою, доцільніше обрати саме Adobe Photoshop.

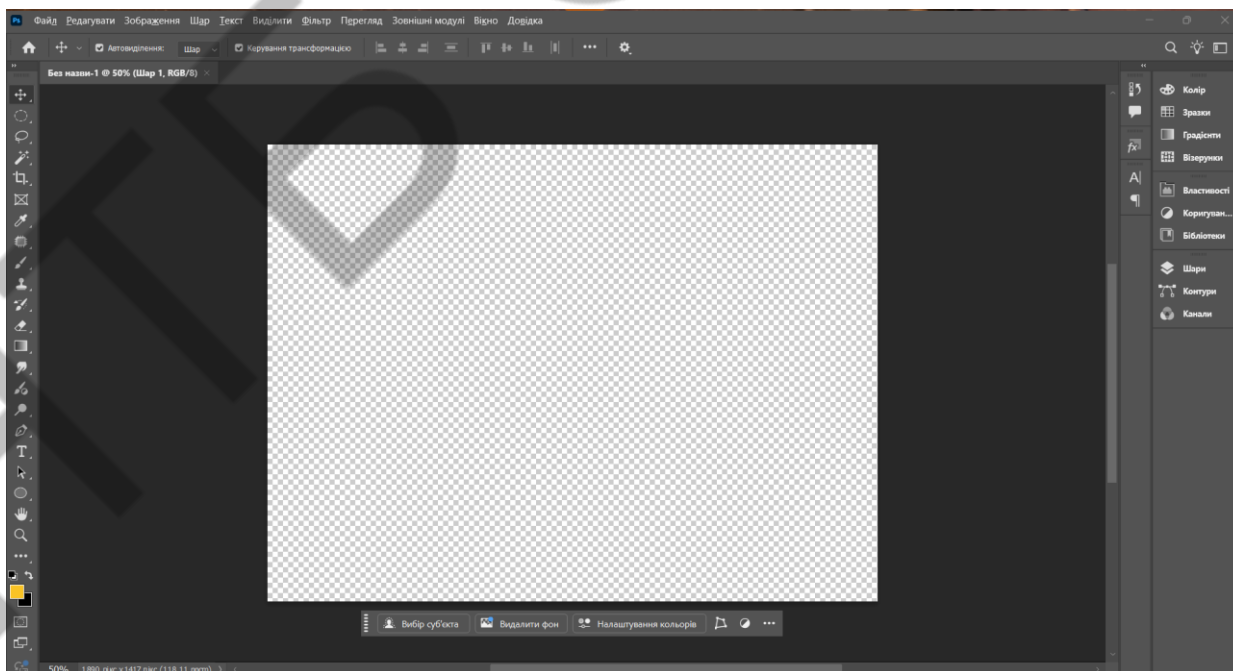


Рисунок 2 - Інтерфейс програми Adobe Photoshop

На мою думку, для студентів є важливим опанувати навички роботи з таким програмним забезпеченням, які в майбутньому сприятимуть професійній діяльності та полегшать

виконання певних завдань. Отже, доцільніше обрати Adobe Photoshop для засвоєння нових та корисних компетентностей.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Вікіпедія. Microsoft Paint. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Paint](https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Paint) (дата звернення: 08.04.2026).

[2] Вікіпедія. Adobe Photoshop. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Adobe\\_Photoshop](https://uk.wikipedia.org/wiki/Adobe_Photoshop) (дата звернення: 08.04.2026).

УДК 519.8: 004.9

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ

СИРЯТСЬКИЙ В. В., БЕЗКОРОВАЙНИЙ В. В.  
(siryatskiy99@gmail.com, vladimir.beskorovainyi@nure.ua)  
Харківська гуманітарно-педагогічна академія

*Розглянуто питання оптимізації складу програмного забезпечення при впровадженні технологій індивідуалізації навчання в освітніх закладах. Сформульована постановка задачі багатокритеріального вибору найкращого комплексу програмного забезпечення для вирішення всього комплексу завдань навчального процесу. З використанням математичних моделей теорії корисності та підтримки прийняття рішень запропоновані математичні співвідношення та алгоритм вибору найкращого комплексу, що об'єднує процедури виділення ефективних варіантів, їх скорочення і впорядкування за скалярною узагальненою оцінкою корисності.*

Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, індивідуалізація навчального процесу, впровадження технологій BYOD (Bring Your Own Device) і дистанційного навчання в закладах освіти потребує відповідних змін у складі технічного та відповідного програмного забезпечення [1–2]. При виборі кожного з програмних засобів (ПЗ) використовується множина різнорідних показників його якості, таких як функціональність, зручність використання і супроводу, портативність, вартість ліцензії тощо. Завдання суттєво ускладнюється при виборі комплексу ПЗ для вирішення всієї множини завдань організації навчального процесу. З урахуванням широкого спектру засобів і їх альтернативності допустимими є потужні множини можливих комплексів ПЗ  $X = \{x\}$ . При цьому, переважна більшість з них є неефективними, а вибір найкращого серед них  $x^0 \in X$  здійснюється особою, що приймає рішення (ОПР), яка здатна здійснювати раціональний вибір лише серед декількох комплексів  $x \in X$ .

У задачі, що розглядається, заданими вважаються: множина завдань для забезпечення технології навчання  $i = \overline{1, I}$ ; множина ПЗ для реалізації завдань  $j = \overline{1, J}$ ; якість кожного з ПЗ оцінюється за множиною локальних критеріїв  $k_l$ ,  $l = \overline{1, L}$ . Необхідно обрати найкращий комплекс ПЗ для реалізації всієї множини завдань навчального процесу.

Для моделювання задачі використаємо позначення:  $r = [r_{ij}]$  – булева матриця призначення ( $r_{ij} = 1$ , якщо  $j$ -й засіб здатен реалізувати  $i$ -те завдання,  $r_{ij} = 0$  – в іншому випадку);  $x(r) = [x_j(r)]$  – булевий вектор ( $x_j(r) = 1$ , якщо  $j$ -й засіб включається до комплексу,  $x_j(r) = 0$  – в іншому випадку).

Для оцінювання і вибору найкращого комплексу ПЗ скористаємось теорією корисності, у рамках якої можна визначити узагальнену скалярну оцінку якості кожного з комплексів ПЗ  $P(x)$ , значення якої визначають їх упорядкування за цінністю  $\forall x, y \in X$  [3–4]:

$$P[x(r)] = P[y(r)] \leftrightarrow x(r) \square y(r), \quad (1)$$

$$P[x(r)] > P[y(r)] \leftrightarrow x(r) \succ y(r), \quad (2)$$

$$P[x(r)] \geq P[y(r)] \leftrightarrow x(r) \succcurlyeq y(r). \quad (3)$$

На цій основі математичну модель для вибору найкращого комплексу ПЗ пропонується подати у такій формі:

$$x^o = \arg \max_x \sum_{l=1}^L \lambda_l \xi_l[x(r)] \rightarrow \max_{x(r) \in X}, \quad (4)$$

$$\forall i = \overline{1, I}: \sum_{j=1}^J r_{ij} \geq 1, \quad (5)$$

$$\xi_l[x(r)] \equiv \xi_l(x) = \{ [k_l(x) - k_l^-(x)] / [k_l^+(x) - k_l^-(x)] \}^{\alpha_l}, \quad (6)$$

де  $\lambda_l$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -го локального критерію,  $\lambda_l \geq 0$ ,  $\sum_{l=1}^L \lambda_l = 1$ ;  $\xi_l[x(r)]$ ,  $k_l^+(x)$ ,

$k_l^-(x)$  – значення функції корисності критерію для комплексу  $x$ , його найкраще та найгірше значення;  $\alpha_l$  – параметр, що визначає вид залежності функції корисності (лінійна, випукла донизу чи догори).

Математична модель (4) – (6) відноситься до класу дискретних комбінаторних. Узагальнений критерій у співвідношенні (4) дозволяє кількісно оцінювати всі варіанти комплексів ПЗ з метою подальшого вибору найкращого серед них. Обмеження математичної моделі (5) гарантує покриття всієї множини завдань організації навчального процесу і допускає використання декількох різних засобів для розв’язання однієї задачі.

Для ранжування комплексів ПЗ за цінністю запропоновано використати комбінований метод, який передбачає послідовну реалізацію етапів: виділення на множині допустимих підмножини ефективних комплексів  $X^E \subseteq X$ , які не можна покращити одночасно за всіма показниками якості; визначення важливості окремих властивостей ПЗ, які оцінюються за локальними критеріями  $k_l(x)$ ,  $l = \overline{1, L}$ ; встановлення значень вагових коефіцієнтів  $\lambda_l$ ,  $l = \overline{1, L}$  функції (4); ранжування комплексів з використанням функції (4); виділення на множині  $X^E$  підмножини з декількох найбільш ефективних комплексів  $X' \subseteq X^E$ ; ранжування підмножини найбільш ефективних комплексів (1) – (3); відбір підмножини  $X^o \in X^E$  певної кількості  $n^o$  найкращих комплексів. На останньому етапі ОПР здійснює остаточний вибір найкращого комплексу  $x^o \in X^o$ .

Запропоновані співвідношення дозволяють формалізувати процедуру багатокритеріального вибору найкращого комплексу ПЗ для технологій дистанційної освіти  $x^o(r) \in X$  за множиною функціональних і витратних показників їх якості, що сприятиме підвищенню ефективності технологій індивідуалізації навчання. Напрямок подальших досліджень у цьому напрямку може бути розроблення математичних моделей і методів вибору варіантів програмного забезпечення в умовах неповної визначеності вхідних даних [5].

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Твердохліб І. Організаційно-педагогічне та програмно-технічне забезпечення дистанційного навчання в умовах воєнного стану // Український педагогічний журнал. 2022.

№2. С 116–124. URL: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/603> (дата звернення: 03.04.2026).

[2] Семеновська Л., Важеніна І., Фазан В. Індивідуалізація навчання як актуалітет розвитку інформаційно-технологічного суспільства. Педагогічні науки. 2023. №82. С. 30–34. URL: <https://pednauki.pnpu.edu.ua/article/view/295073> (дата звернення: 03.04.2026).

[3] Beskorovainyi V. V., Petryshyn L. B., Shevchenko O. Yu. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. 2020. Vol. 3. No.1. P. 443–455. URL: <https://aait.op.edu.ua/?fetch=articles&with=info&id=40> (дата звернення: 03.04.2026).

[4] Beskorovainyi V. Combined method of ranking options in project decision support systems // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2020. No 4 (14). P. 13–20. URL: <http://journals.uran.ua/itssi/article/view/ITSSI.2020.14.013> (дата звернення 03.04.2026).

[5] Bezkorovainyi V., Kolesnyk L., Gopejenko V., Kosenko V. The method of ranking effective project solutions in conditions of incomplete certainty // Advanced Information Systems, 2024. Vol. 8. No 2. P. 27–38. URL: <http://ais.khpi.edu.ua/article/view/305462/297067> (дата звернення: 03.04.2026).

УДК 004.4:378.1

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ОСВІТНЬОГО ВИБОРУ НА ОСНОВІ АНСАМБЛЮ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

ШИМАНСЬКА С. А., МЕЛЬНИКОВ О. Ю.

(sofia.shimanska.07@gmail.com, alexandr@melnikov.in.ua)

Донбаська державна машинобудівна академія

*Роботу присвячено розробленню інформаційної технології підтримки освітнього вибору здобувачів вищої освіти на основі ансамблю моделей машинного навчання. Задачу прогнозування вибору дисциплін формалізовано як багатокласову класифікацію. Запропоновано ансамблевий метод, що поєднує логістичну регресію, випадковий ліс та нейронну мережу. Експериментальні результати підтверджують підвищення точності та стійкості прогнозування порівняно з окремими моделями.*

Формування індивідуальних освітніх траєкторій на основі аналізу накопичених даних є одним із пріоритетних завдань сучасної освітньої аналітики [1]. Вибір навчальних дисциплін здобувачами впливає на якість професійної підготовки, проте часто здійснюється без достатнього аналітичного обґрунтування. Це призводить до зниження академічної успішності та неефективного використання освітніх ресурсів. Існуючі підходи до прогнозування вибору дисциплін базуються на окремих моделях машинного навчання, що обмежує їх стійкість при зміні структури даних. Тому актуальним є розроблення інформаційної технології, яка забезпечує підвищену точність і надійність прогнозування.

Для досягнення мети вирішено такі завдання: 1) проаналізовано існуючі підходи до прогнозування освітнього вибору; 2) формалізовано задачу прогнозування як задачу багатокласової класифікації; 3) розроблено ансамблевий метод, що поєднує логістичну регресію, випадковий ліс та нейронну мережу; 4) створено архітектуру інформаційної технології, що включає модулі збору, попередньої обробки, прогнозування та підтримки рішень; 5) проведено експериментальну перевірку ефективності запропонованого підходу.

Задача прогнозування вибору навчальних дисциплін формалізується як побудова відображення  $F: X \rightarrow D$ , де  $X$  – вектор академічних показників здобувача,  $D$  – множина можливих дисциплін. Вхідні ознаки включають середній бал успішності за групами дисциплін

та стать здобувача. Структура нейронної мережі, використаної у складі ансамблю (рис. 1), базується на принципах багатoshарових перцептронів [2].

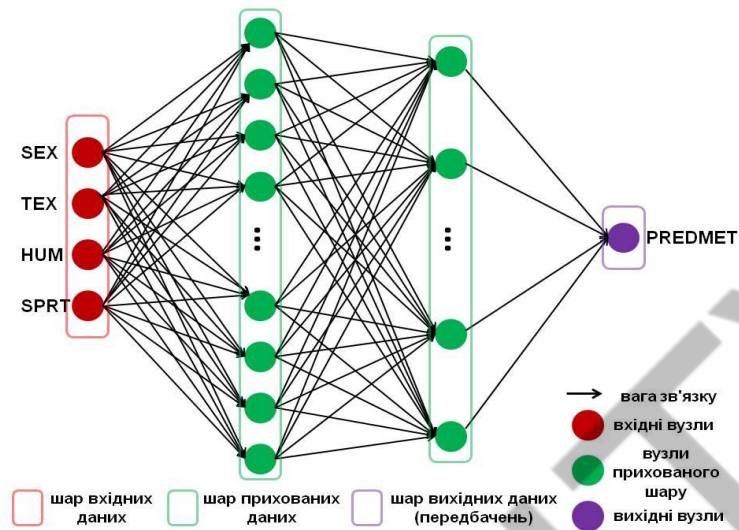


Рисунок 1 – Структура нейронної мережі у складі ансамблю

Остаточний прогноз формується механізмом голосування: кожна з трьох моделей «голосує» за одну з дисциплін, перемагає клас, що набрав більшість голосів.

Розроблена інформаційна технологія (рис. 2) включає п'ять основних модулів:

1. модуль збору даних – отримання академічних показників;
2. модуль попередньої обробки – нормалізація, кодування категоріальних змінних, усунення пропущених значень;
3. модуль ансамблевого прогнозування – реалізація трьох моделей;
4. модуль агрегування результатів – голосування;
5. модуль підтримки прийняття рішень – представлення рекомендацій користувачу.



Рисунок 2 – Архітектура інформаційної технології підтримки освітнього вибору

Така модульна архітектура забезпечує масштабованість, можливість заміни окремих моделей та інтеграцію з існуючими інформаційними системами закладів освіти. Для підвищення стійкості прогнозування застосовано ансамблевий підхід, що дозволяє компенсувати помилки окремих алгоритмів [3]. Остаточний результат формується шляхом мажоритарного вибору: кожна з трьох моделей визначає пріоритетну дисципліну, а підсумкове рішення приймається за принципом більшості голосів.

Експериментальне дослідження проведено на реальних академічних даних здобувачів освіти. Оцінювання виконано за метрикою точності та k-кратною крос-валідацією (k=5). Отримано такі результати середньої точності: логістична регресія – 0,76; випадковий ліс – 0,81; нейронна мережа – 0,83; ансамбль – 0,84 [4].

Крім підвищення точності, ансамбль продемонстрував зменшення стандартного відхилення результатів крос-валідації (0,024) порівняно з нейронною мережею (0,052) та

іншими моделями. Це свідчить про вищу стійкість прогнозів при зміні навчальної вибірки, що є критично важливим для практичного застосування у системах підтримки прийняття рішень.

Запропоновано інформаційну технологію підтримки освітнього вибору на основі ансамблю моделей машинного навчання. Формалізація задачі як багатокласової класифікації дозволила застосувати сучасні алгоритми аналізу даних. Експериментально підтверджено, що ансамблевий підхід забезпечує підвищення точності (до 84%) та зменшення варіативності прогнозів порівняно з окремими моделями. Розроблена технологія може бути інтегрована у системи управління навчальним процесом для підтримки формування індивідуальних освітніх траєкторій. Подальші дослідження передбачають розширення набору вхідних ознак та використання зваженого голосування замість простого.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] R. Baker and P. Inventado, "Educational data mining and learning analytics," in *Learning Analytics: From Research to Practice*, New York, NY, USA: Springer, 2014, pp. 61–75.

[2] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2016.

[3] A. Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow*, 3rd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2022.

[4] С. А. Шиманська та О. Ю. Мельников, "Порівняльний аналіз математичних методів для розрахунку передбачення обирання освітніх дисциплін здобувачами освіти," у Зб. наук. пр. за матер. XVII Всеукр. наук.-практ. конф. «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2025», Хмельницький, 2025, с. 457–461.

УДК 004.4:378.1

### ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ – AI-АГЕНТА ДЛЯ СПРОЩЕННЯ ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЇ САЙТУ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ЩЕРБИНА Б. Т., МЕЛЬНИКОВ О. Ю.

(alexandr@melnikov.in.ua)

Донбаська державна машинобудівна академія

*Сформульовано задачу розширення функціональних можливостей інформаційної системи закладу вищої освіти шляхом впровадження ШІ-агента для обробки запитів природною мовою та персоналізованого доступу до інформації. Наведено діаграми інформаційної моделі системи, зокрема діаграму варіантів використання та діаграму класів.*

Сьогодні, в умовах поширення змішаного навчання, зростає потреба у швидкому та зручному доступі до навчальних матеріалів, новин та офіційних документів. Так, наприклад, у ДДМА на практиці використовується Telegram-бот [1–4], який дозволяє централізувати доступ до основних ресурсів закладу вищої освіти. Таке рішення частково спрощує взаємодію користувача з інформаційними системами. Проте Telegram-боти, реалізовані на основі статичних команд, суттєво обмежують функціональні можливості системи. Користувач змушений адаптувати свої запити до заздалегідь визначеної структури, що знижує гнучкість взаємодії. Крім того, відповіді, як правило, не враховують індивідуальні характеристики користувача, такі як курс, група або спеціальність. У результаті користувач змушений самостійно фільтрувати отриману інформацію, що знижує ефективність використання системи.

Поставлено задачу розширення функціональних можливостей існуючого Telegram-бота закладу вищої освіти шляхом впровадження інтелектуального ШІ-агента [5–10], що забезпечує

обробку запитів природною мовою, персоналізований доступ до інформації та автоматизацію взаємодії з внутрішніми і зовнішніми інформаційними системами.

Почнемо з створення інформаційної моделі системи, використовуючи мову UML [11]. На рис. 1 наведено діаграму варіантів використання.

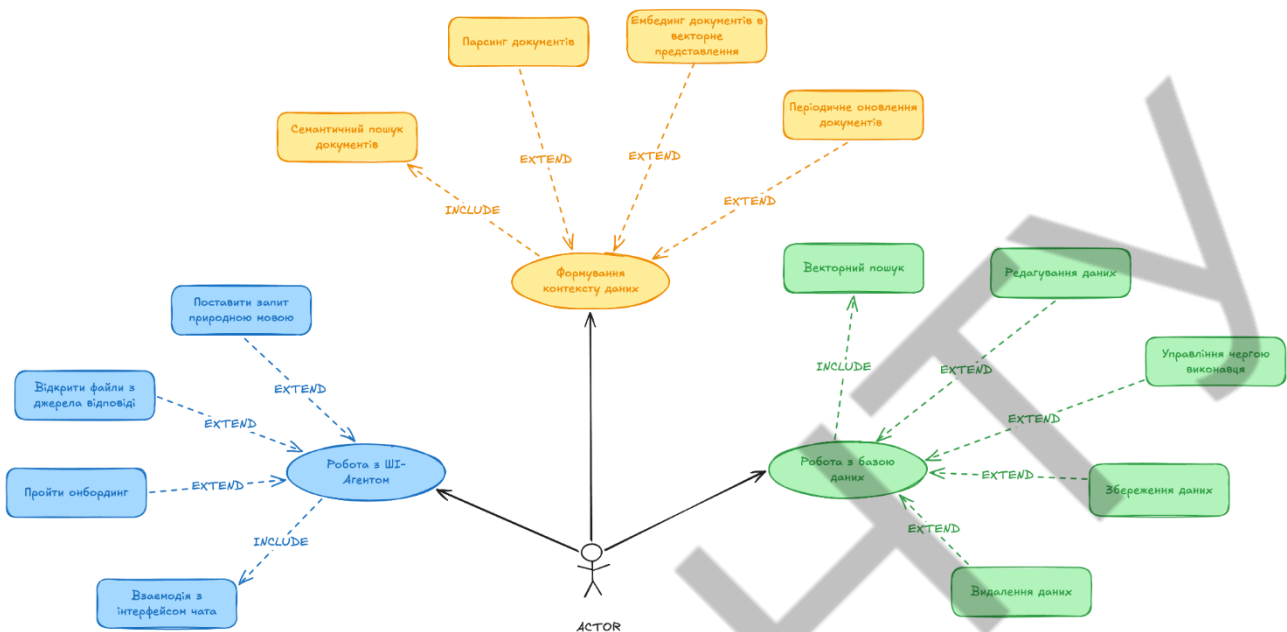


Рисунок 1 – Діаграма варіантів використання

Діаграма варіантів використання відображає основні сценарії взаємодії користувача з ШІ-агентом, включаючи обробку запитів, пошук та персоналізацію інформації, а також інтеграцію з зовнішніми сервісами. На рис. 2 зображена діаграма класів, яка відображає архітектуру інформаційної системи ШІ-агента та основні компоненти, що забезпечують обробку запитів користувача.

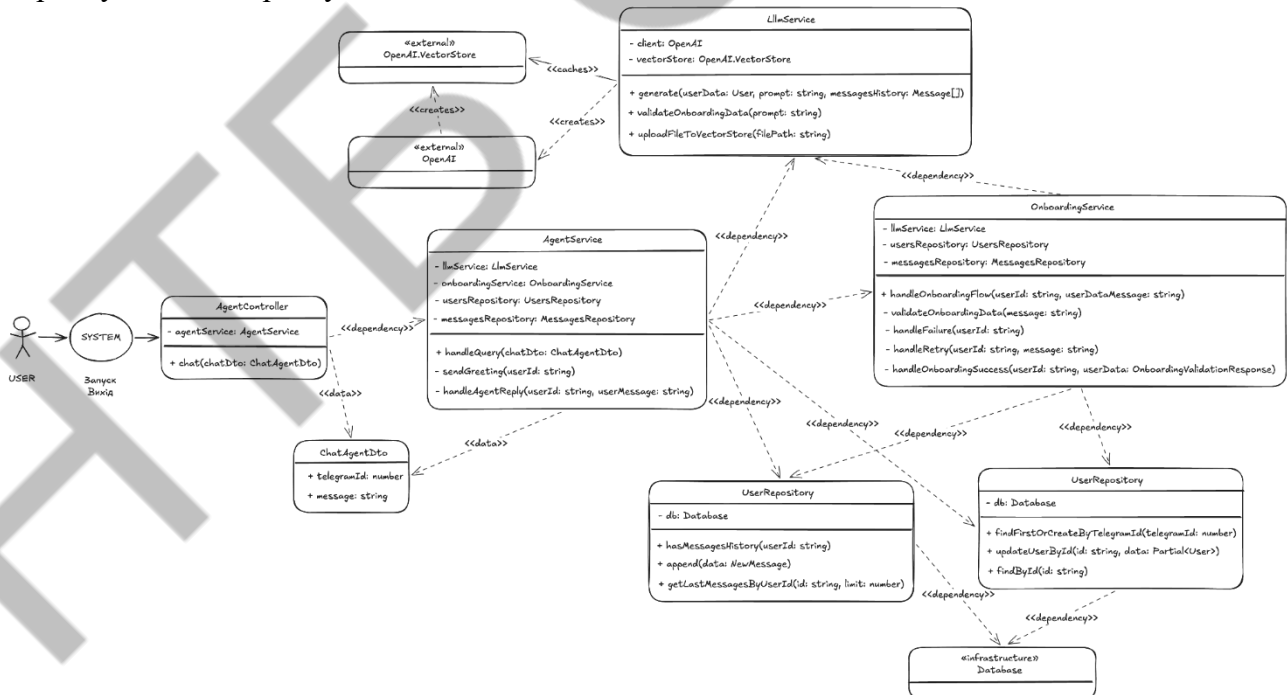


Рисунок 2 – Діаграма класів ШІ-агента

Центральним елементом є сервіс AgentService, який координує взаємодію між контролером, сервісом обробки онбордингу, репозиторіями користувачів і повідомлень, а

також зовнішнім сервісом великої мовної моделі. Контролер AgentController приймає запити користувача та делегує їх обробку сервісу. Дані користувачів і повідомлень зберігаються через відповідні репозиторії, що працюють із базою даних як інфраструктурним компонентом. Такий підхід забезпечує розділення відповідальностей, модульність та масштабованість системи.

На рис. 3 зображена діаграма класів відображає підсистему індексації та обробки документів для наповнення векторного сховища. Основним компонентом є сервіс VectorStoreIngestService, який виконує обробку документів та їх подальше збереження у векторному сховищі. Для доступу до даних використовується DocumentRepository, що взаємодіє з базою даних. Фонове виконання задач забезпечується через WorkerService та VectorStoreIngestJobs, що дозволяє реалізувати автоматичну асинхронну обробку.

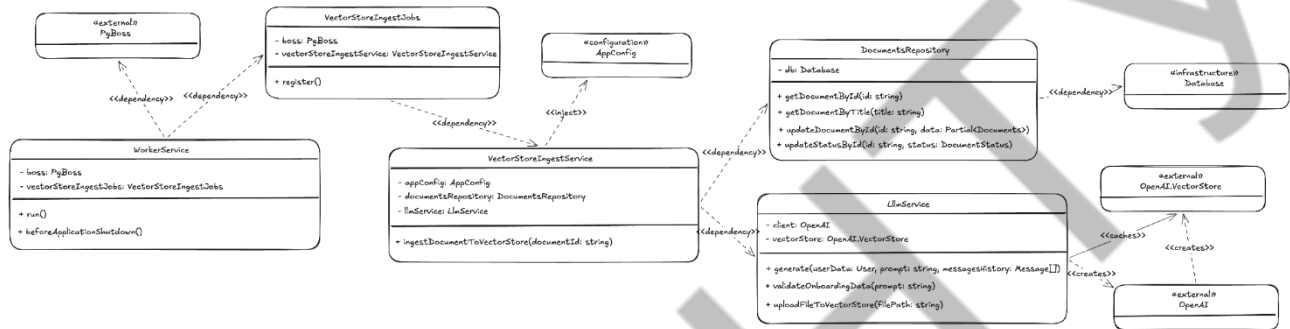


Рисунок 3 – Діаграма класів сервісу автоматичного оновлення документів

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Telegram Bot Platform. [Електронний ресурс]. URL: <https://telegram.org/blog/bot-revolution>. Дата звернення: 9.04.2026.
- [2] О. Ю. Мельников, Є. П. Пеліх, “Використання телеграм-ботів для спрощення доступу до інформації закладу вищої освіти”, *Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XVI Міжнародної науково-методичної конференції, 13–14 листопада 2024 року, м. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль / [за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Hon.D.Sc., prof. Predrag Dasic]*, – Краматорськ : ДДМА, с. 207–210, 2024.
- [3] Є. П. Пеліх, О. Ю. Мельников, “Задача створення «Телеграм-бота» для спрощення доступу до інформації закладу вищої освіти”, *Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики: збірник тез за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених*, Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка, с. 539–540, 2024.
- [4] О. Ю. Мельников, Є. П. Пеліх, “Спрощення доступу до навчальної інформації за допомогою Telegram-бота”, *Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції*, Черкаси, с. 125–128, 2025.
- [5] AI agents – what they are, and how they’ll change the way we work. [Електронний ресурс]. URL: <https://news.microsoft.com/source/features/ai/ai-agents-what-they-are-and-how-theyll-change-the-way-we-work> Дата звернення: 9.04.2026.
- [6] О. Ю. Мельников, Б. Т. Щербина, “Створення ШІ-агента для спрощення доступу до інформації сайту закладу вищої освіти”, *Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-методичної конференції, 13–14 листопада 2025 року, м. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль / [за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Hon.D.Sc., prof. Predrag Dasic]*, – Краматорськ : ДДМА, с. 212–215, 2025.
- [7] Б. Т. Щербина, О. Ю. Мельников, “Порівняння наявних агентів штучного інтелекту для обробки інформації з сайту закладу вищої освіти”, *Актуальні питання розвитку інформаційних технологій: Збірник тез VII Міжнародної конференції молодих учених*, Дніпро, с. 65–70, 2025.

[8] Б. Т. Щербина, О. Ю. Мельников, “Постановка задачі створення ШІ-агента для спрощення доступу до інформації сайту закладу вищої освіти”, *Інформаційні технології і автоматизація – 2025: матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції*, Одеса, с. 1002–1003, 2025.

[9] Б. Т. Щербина, О. Ю. Мельников, “Можливості використання ШІ-агентів для обробки інформації з сайту закладу вищої освіти”, *Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики: збірник тез II міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених*, Полтава, с. 322–324, 2025.

[10] Б. Т. Щербина, О. Ю. Мельников, “Математична модель створення ШІ-агента для спрощення доступу до інформації сайту закладу вищої освіти”, *Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених*, Хмельницький, с. 188–190, 2025.

[11] О. Ю. Мельников, “Об'єктно-орієнтований аналіз і проектування інформаційних систем: посібник для студентів спеціальностей «Системний аналіз» та «Інформаційні системи та технології». – Вид. 3-є, перероб. та доп.”, Краматорськ: ДДМА, 208 с., 2020.

## Розділ 4

# Проектування інформаційних систем та програмних комплексів

UDC 004.451:004.054

### SOFTWARE COMPLEX FOR INDEPENDENT STATE OF HEALTH (SOH) ASSESSMENT OF LAPTOP BATTERIES WITHOUT SPECIALIZED HARDWARE

OLEKSII BALENKO, MAKSYM GLAVCHEV, PAVLO NAUMENKO  
(Oleksii.Balenko@khipi.edu.ua, Maksym.Glavchev@khipi.edu.ua,  
Pavlo.S.Naumenko@cs.khipi.edu.ua)  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

*The paper presents the "BattDiag" software complex for independent State of Health (SoH) diagnostics of laptop batteries without the use of specialized hardware. Existing system utilities have an error margin of up to 10–15% as they merely relay data from the BMS controller. The proposed method is based on the mathematical analysis of real discharge curves using an improved Coulomb Counting algorithm with two-point drift correction. Experimental testing on real devices demonstrated that the developed complex provides a Mean Absolute Error (MAE) for SoH estimation of no more than 0.8%, which is 15 times more accurate than standard Windows tools, with a minimal background CPU load of 0.35%.*

Under unstable power supply conditions, reliable assessment of the actual state of a laptop battery is a critical task. Standard Windows operating system tools (in particular, the powercfg /batteryreport report) and most third-party utilities do not perform independent measurements of battery parameters, but rather uncritically relay data from the BMS controller. Practical studies show that the error in estimating the State of Health (SoH) by such tools can reach 10–15% for highly degraded batteries. The aim of this work is to create an independent software method and a diagnostic complex based on the mathematical analysis of discharge curves.

**Methodology and Architecture of the Complex.** The proposed method is based on comparing the actual discharge curve in the "voltage–accumulated charge" space with a reference model. To implement the algorithm, the BattDiag software complex was created. It features a modular architecture and is implemented in Python using the psutil, NumPy, pandas, and tkinter libraries.

The primary method for calculating the actual capacity is Coulomb Counting with two-point drift correction. The calculation of the actual capacity  $Q_{\text{real}}$  in a discrete implementation with a time step  $\Delta t$  is as follows:

$$Q_{\text{real}} = \sum_{i=1}^N I(t_i) \cdot \Delta t$$

where  $I(t_i)$  is the discharge current value (A) at time  $t_i$ ;  $\Delta t = 30$  s is the time step;  $N$  is the number of measurements per cycle.

The SoH degradation coefficient (%) is calculated as:

$$\text{SoH}_k = (Q_{\text{real}_k} / Q_{\text{design}}) \times 100\%$$

where  $Q_{\text{design}}$  is the design capacity (mAh).

**Research Results.** To verify the developed software complex, a series of test experiments were conducted on three real laptops (A - new, B - medium wear, C - significant wear). All measurements were compared with a control discharge using a precision multimeter (Table 1)..

Table 1 - Results of SoH test measurements

Indicator	Laptop A	Laptop B	Laptop C
Q <sub>real</sub> (BattDiag), МА·год	55 290	67 100	28 610
Q <sub>real</sub> (еталон, Fluke), МА·год	55 505	67 640	28 220
SoH (BattDiag), %	97.0	78.0	59.6
SoH (еталон), %	97.4	78.7	58.8
SoH (Windows Battery Report), %	98.5	82.1	71.4
BattDiag Error (MAE SoH), %	0.4	0.7	0.8
Windows Error (MAE SoH), %	1.1	3.4	12.6
RMSE напруги (BattDiag vs еталон), В	0.018	0.045	0.089
Load class (Idle тест)	Idle ✓	Idle ✓	Idle ✓

Conclusions. The achieved accuracy of SoH estimation by the BattDiag software complex (MAE  $\leq 0.8\%$ ) significantly exceeds the capabilities of built-in Windows tools, whose error reaches 12.6% (15 times higher). The CPU overhead of the complex during background logging is 0.35%, allowing it to be used regularly without impacting user performance..

### REFERENCES

- [1] Міністерство енергетики України, "Звіт про стан електроенергетичної галузі," Київ, 2024.
- [2] G. L. Plett, *Battery Management Systems, Vol. I: Battery Modeling*. Norwood: Artech House, 2015.
- [3] A. Gissero, E. Schaltz, and D.-I. Stroe, "Recursive State of Charge and State of Health Estimation Method for Lithium-Ion Batteries Based on Coulomb Counting and Open Circuit Voltage," *Energies*, vol. 13, no. 7, p. 1811, Apr. 2020, doi: 10.3390/en13071811.
- [4] H. Huang *et al.*, "A comprehensively optimized lithium-ion battery state-of-health estimator based on Local Coulomb Counting Curve," *Appl. Energy*, vol. 322, p. 119469, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.apenergy.2022.119469.
- [5] Y. Zhou and B. Guo, "A Review on State of Health Estimation for Lithium-ion Batteries," *Int. J. Front. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 10, pp. 14–21, 2022, doi: 10.25236/IJFET.2022.041003.

UDC 004.4

## A GENERALIZED TRANSPILER ARCHITECTURE FOR LANGUAGES TARGETING GO

FORKERT P. P., IVANCHENKO M. G.  
 (fxposter@gmail.com, Sidorova.m.g@gmail.com)  
 Oles Honchar Dnipro National University

*This work presents a generalized multi-stage transpiler architecture for implementing programming languages, dialects, and domain-specific languages that compile to Go through source-to-source translation. The architecture identifies nine sequential stages — from parsing through to delegation to the standard Go toolchain — and introduces normalization as a central mechanism that decouples language-specific constructs from Go code generation. The approach has been experimentally validated through the GoNext dialect, which implements eight distinct language extensions atop Go without modifying its official compiler.*

Modern language implementation increasingly relies on reusing existing platforms [1, 2]. While JVM and LLVM have been extensively studied as host platforms, Go's suitability for this role remains underexplored despite its practical advantages: a fast compiler, an efficient runtime with a modern

garbage collector, cross-compilation support, and official packages for parsing, AST manipulation, type checking, and code generation [3].

The problem addressed in this work is the lack of a systematic transpiler architecture for languages targeting Go. Without such an architecture, language extensions are implemented ad hoc, making transpilers difficult to compose, extend, and maintain.

The following tasks were solved:

1. defining the multi-staged generalized Go-targeting transpiler pipeline
2. identifying two possible strategies depending on the similarity of the language to Go
3. introducing normalization as a key intermediate stage that enables modular transpiler design
4. experimental validation through the GoNext dialect

The proposed architecture comprises nine stages:

1. lexical analysis and parsing of the guest language
2. internal abstract syntax tree (AST) construction
3. name binding and scope resolution
4. partial or full semantic analysis and type checking if needed
5. normalization of high-level constructs into canonical intermediate forms
6. transformation of the internal representation into ``go/ast`` nodes
7. post-processing with import injection and additional synthetic declarations
8. Go code generation
9. delegation to ``go build`` / ``go test`` / ``go run``

The normalization stage is central to the architecture's modularity. Named arguments normalize to ordered positional arguments [4], default parameter values normalize to synthetic auxiliary functions [5], extension methods normalize to ordinary functions with augmented call-site resolution [6], ``match`` constructs normalize to generated variant-dispatch methods [7] and enum types normalize to either structs or interfaces depending on a chosen runtime representation [8]. Each language construct translates itself into a canonical form without knowledge of the final Go code generation step.

For guest languages that are similar to Go, it is possible to reuse Go's AST structure while adding custom nodes only for new constructs instead of building the whole new AST and convert it to the Go AST on the later stages.

For languages with independent grammars, the full pipeline with a separate internal AST that is subsequently transformed into ``go/ast`` nodes, is preferable due to higher maintainability in the long run.

In both cases, Go's tooling ecosystem substantially reduces the implementation cost.

The GoNext dialect validates this architecture by implementing full-featured enums, ``match``, default parameter values, named arguments, extension methods, generic methods, short anonymous functions, and uniform function call syntax — all with zero or minimal runtime overhead while preserving full interoperability with Go's ecosystem.

## REFERENCES

[1] C. Lattner and V. Adve, "LLVM: a compilation framework for lifelong program analysis & transformation," in Proc. CGO, 2004. doi: 10.1109/CGO.2004.1281665.

[2] W. H. Li, D. R. White, and J. Singer, "JVM-hosted languages," in Proc. PPPJ, 2013. doi: 10.1145/2500828.2500838.

[3] P. P. Forkert and M. G. Sydorova, "Advantages of Golang as a foundation for new programming languages" in Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference «Mathematics and Software for Intelligent Systems (MPZIS-2023)», Dnipro, November 22–24, 2023, pp. 7–8.

[4] P. P. Forkert and M. G. Ivanchenko, "Implementing named arguments in Go programming language dialect" *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*, vol. 29, Dnipro: Lira, 2025, pp 3-11. doi: 10.15421/432501.

[5] P. P. Forkert and M. G. Ivanchenko, "Implementing default parameter values in Go programming language dialect" in Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference «Mathematics and Software for Intelligent Systems (MPZIS-2025)», Dnipro, November 19–21, 2025, pp. 8–9.

[6] P. P. Forkert and M. G. Ivanchenko, "Implementing extension methods and generic methods in Go programming language dialect" System technologies, vol. 2, no. 163, 2026. doi: 10.34185/1562-9945-2-163-2026-10.

[7] P. P. Forkert and M. G. Sydorova, "Improving enums in Go programming language dialect," in Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference of Young Scholars and Students «Software Engineering and Advanced Information Technologies (SOFT TECH-2024)», Kyiv, May 21–23, 2024, pp. 148–150.

[8] P. P. Forkert and M. G. Sydorova, "Integrating full-featured enums into Go programming language" Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій, vol. 27, Dnipro: Lira, 2023, pp. 3-16. doi: 10.15421/432301.

UDC 004.021:004.052.2

## **COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF RAM COMPRESSION ALGORITHMS (LZ4, ZSTD, LZO) FOR RESOURCE-CONSTRAINED SYSTEMS**

MAKSYM GLAVCHEV, YULIIA HLAVCHEVA, YAROSLAV SHKUNOV  
(Maksym.Glavchev@khpi.edu.ua, Yuliia.Hlavcheva@khpi.edu.ua,  
Yaroslav.Shkunov@cs.khpi.edu.ua)  
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

*This paper presents a comprehensive experimental study of the efficiency of RAM compression algorithms LZ4, Zstd (levels 1–5), and LZO on three hardware platforms (x86-64, ARM Cortex-A72, KVM) under various workload types. An integral efficiency metric with scenario-specific weighting coefficients is developed. LZ4 is found to be optimal for OLTP workloads, while Zstd level 3 is best suited for office scenarios and maximizing effective memory capacity. On ARM platforms, the relative advantage of LZ4 increases due to limited CPU performance.*

Resource-constrained systems (IoT devices, budget smartphones, single-board computers) account for over 60% of the computing device market. Limited RAM capacity (512 MB–4 GB) is a critical factor restricting functionality and the number of simultaneously running applications. RAM compression technologies (Zram/Zswap in the Linux kernel) allow effective memory to be increased by 2–3× without hardware upgrades.

The choice of compression algorithm determines the trade-off between processing speed and compression ratio: LZ4 is the fastest algorithm (decompression up to 4,500 MB/s), Zstd offers the best speed–compression balance (levels 1–22), and LZO is a classical algorithm with predictable behavior. The absence of objective comparative data for specific workloads (databases, office applications, multitasking) leads to suboptimal configuration decisions.

The objective of this work is a comprehensive experimental study of the efficiency of RAM compression algorithms (LZ4, Zstd levels 1–5, LZO) on various hardware platforms (x86-64, ARM) and workload types, with identification of optimal configurations for specific use-case scenarios.

For objective evaluation, an integral efficiency metric  $E$  was developed that accounts for three key parameters:

$$E = \alpha \times (V_{\text{decomp}}/V_{\text{max}}) + \beta \times \text{CR} + \gamma \times (V_{\text{comp}}/V_{\text{max}}),$$

where  $V_{\text{decomp}}$  is the decompression speed (MB/s), CR is the compression ratio,  $V_{\text{comp}}$  is the compression speed, and  $\alpha + \beta + \gamma = 1$  are scenario-specific weighting coefficients. For OLTP databases:

$\alpha = 0.6, \beta = 0.2, \gamma = 0.2$  (speed priority); for office applications:  $\alpha = 0.3, \beta = 0.5, \gamma = 0.2$  (compression priority). Comparative analysis results (tables 1-2).

Table 1 — Test system configurations

System	Processor	RAM	OS
System A	Intel Core i5-8250U	8 GB DDR4	Ubuntu 22.04 LTS
System B	ARM Cortex-A72 (RPi4)	4 GB LPDDR4	Raspberry Pi OS
System C	Virtual (KVM)	2 GB	Ubuntu Server 22.04

Table 2 — Benchmark results under database workload (PostgreSQL, OLTP)

Algorithm	TPS	Latency (ms)	CPU (%)	Memory (GB)	CR
LZ4	1,245	6.4	38	11.2	2.07
Zstd level 1	1,185	6.8	42	12.1	2.24
Zstd level 3	1,132	7.1	51	12.8	2.38
LZO	1,053	7.6	45	10.9	2.02

The results show that LZ4 delivers the highest throughput (1,245 TPS, 5–18% above other algorithms), the lowest latency (6.4 ms), and the lowest CPU overhead (38%). Zstd level 3 provides the greatest effective memory capacity (12.8 GB from 8 GB physical, CR = 2.38), at the cost of increased latency and CPU load. A comparison of TPS across algorithms is shown in Fig. 1.

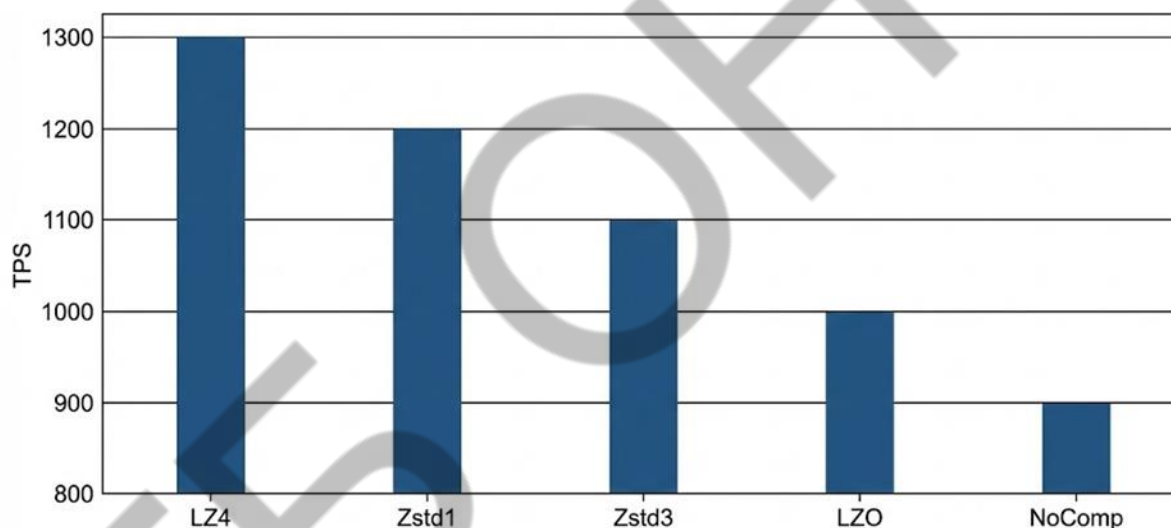


Figure 1 — TPS comparison across compression algorithms

#### Conclusions:

1. A comprehensive experimental study was conducted on 3 platforms (x86-64, ARM, VM) with 4 compression algorithms. Total testing volume: >100 hours, 15 workload scenarios.
2. LZ4 is optimal for OLTP database workloads: 1,245 TPS (+5–18% over Zstd/LZO), latency 6.4 ms, efficiency score  $ES = V_{decomp} \times CR / 1000 = 8.28$  (1st place).
3. Zstd level 3 is optimal for office workloads: effective memory 13.5 GB from 8 GB physical (+69%), CR = 2.38, supporting 42 concurrent applications vs. 28 without compression.
4. On ARM platforms (Raspberry Pi 4), the relative advantage of LZ4 grows due to limited CPU performance: 420 TPS (LZ4) vs. 335 TPS (Zstd level 3), a difference of 25%.

#### REFERENCES

- [1] Y. Collet, "Zstandard: Real-time data compression algorithm," GitHub, 2023. [Online]. Available: <https://github.com/facebook/zstd>
- [2] Y. Collet, "LZ4: Extremely fast compression algorithm." [Online]. Available: <https://lz4.github.io/lz4/>
- [3] M. Oberhumer, "LZO: Lossless data compression library." [Online]. Available: <http://www.oberhumer.com/opensource/lzo/>

## **DATABASE INTEGRATION WITH CLOUD PLATFORMS**

ROMANIUK<sup>1</sup> O.N., TITOVA<sup>2</sup> N.V., ROMANIUK<sup>2</sup> S.O., Romanyuk<sup>1</sup> O.V.  
(rom8591@gmail.com),

<sup>1</sup> Vinnytsia National Technical University,

<sup>2</sup> National University "Odessa Polytechnic"

*The theoretical and practical aspects of integrating databases with cloud platforms in the context of digital transformation of information systems are considered. Architectural deployment models, features of using Database as a Service services, data migration and synchronization mechanisms, as well as security and fault tolerance issues in hybrid and multi-cloud environments are analyzed.*

Integration of databases with cloud platforms is a strategic direction of development of modern information systems, which is caused by global digitalization of economy, spread of distributed services and growth of data volumes. Transition from local data centers to cloud infrastructures allows organizations to increase flexibility, scalability and fault tolerance of information resources, while optimizing costs for hardware and maintenance of software systems. Cloud computing as a concept was systematized in the works of researchers who defined its architectural models, economic advantages and technological features [1]. Within this paradigm, integration of databases acquires important importance, since it is data that forms the basis of functioning of most modern digital services.

The technological basis of integration is the Database as a Service model, which provides full-featured database management systems as a managed service. In such a model, the cloud infrastructure provider takes on the tasks of installation, configuration, updating, backup and fault tolerance, while the user receives logical access to resources through standardized interfaces. Such an approach significantly changes the role of the database administrator, focusing on optimizing the data structure and query performance, rather than on supporting the hardware environment [2]. Automated scaling, which is implemented through mechanisms for horizontal or vertical expansion of resources, allows the system to adapt to changes in the load without stopping services.

An important feature of cloud integration is the support of different deployment models, including public, private and hybrid clouds. Hybrid architectures provide a combination of local data centers with remote cloud resources, which allows you to store critical information in the internal security perimeter and at the same time use the scalability of public services [3]. This approach requires the implementation of mechanisms for synchronization, replication and transaction coordination between different environments, which is implemented using specialized protocols and data flow management tools.

With the development of cloud-native architectures, a new generation of distributed databases has emerged, designed specifically for operation in containerized environments and orchestration clusters. Such systems provide automatic load balancing, geo-replication, and a high level of availability even in the event of failure of individual nodes [4]. The use of microservices architecture allows integrating databases directly with individual functional modules of the software system, which increases the flexibility of scaling and simplifies maintenance.

Integration also covers issues of compatibility of formats and data models. Along with relational DBMSs, document-oriented, columnar and graph databases are widely used, which are optimized for specific types of loads. Multi-model solutions allow combining different approaches within a single infrastructure, ensuring the effective operation of analytical and transactional systems simultaneously [5]. This is especially important for large enterprises that use heterogeneous software products and process large arrays of structured and unstructured information.

Particular attention should be paid to the processes of data migration to the cloud environment. Migration involves the analysis of existing schemes, format transformation, compatibility testing and phased data transfer with minimal downtime. Scientific works note the importance of using

automated ETL tools that provide data quality control and integrity verification during transfer [6]. In addition, methods of phased migration with parallel operation of the old and new systems are being developed, which allows you to avoid critical failures.

Security is an integral part of database integration with cloud platforms. Information protection is implemented through multi-level authentication, role-based access control, data encryption at rest and in transit. Cloud service providers implement certified mechanisms to comply with international security standards, but the responsibility for the correct configuration of access policies remains with the user. Studies emphasize the need for regular auditing and monitoring of activity to identify potential threats [7].

A significant trend is the development of multi-cloud strategies, when enterprises use the services of several providers simultaneously. This approach allows you to avoid dependence on a single provider and ensure the redundancy of resources in different geographical regions. However, multi-cloud creates additional difficulties associated with API unification, synchronization of identification systems and management of security policies. To solve these problems, standardized interaction interfaces and centralized configuration management systems are used.

Integration of databases with cloud platforms also contributes to the development of analytical services and decision support systems. Cloud environments allow processing large data sets using distributed computing resources, which significantly increases the speed of complex queries and statistical operations. The researchers emphasize that the combination of scalable databases with big data processing tools creates the basis for the formation of new generation intelligent information systems [4].

Thus, the integration of databases with cloud platforms is a complex process that covers architectural, organizational and security aspects. Its implementation ensures increased efficiency of information resource management, flexibility of scaling and competitiveness of enterprises in the digital environment. Further development of cloud computing technologies, improvement of replication mechanisms and standardization of interaction protocols will contribute to expanding integration capabilities and creating more reliable and productive information systems.

#### **LIST OF REFERENCES**

1. Agrawal D., Das S., El Abbadi A. Data management in the cloud: principles and practice. Cham: Springer, 2013. 191 p.
2. Cuppett M. DevOps, DBAs, and DBaaS: managing data platforms to support continuous integration. Berkeley: Apress, 2016. 247 p.
3. Erl T., Puttini R., Mahmood Z. Cloud computing: concepts, technology and architecture. Boston: Prentice Hall, 2013. 528 p.
4. Li F., Zhou X., Cai P., Zhang R., Huang G., Liu X. Cloud native database: principles and practice. Singapore: Springer, 2025. 412 p.
5. Kleppmann M. Designing data-intensive applications. Sebastopol: O'Reilly Media, 2017. 616 p.
6. Jain A., Mahajan N. The cloud DBA-Oracle: managing Oracle database in the cloud. Berkeley: Apress, 2017. 430 p.
7. Magham RK Cloud-native distributed databases: a comprehensive overview. International Journal of Information Technology and Management Information Systems. 2024. Vol. 15, No. 2. P. 45–58.

## **ПРИНЦИПИ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ ПРИ АДАПТИВНОМУ ВИБОРІ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

АРТАМОНОВ Є.Б., КУХАР Є.І., РАДЧЕНКО К.М.

(yevhen.artamonov@npp.kai.edu.ua, yehor.kukhar@gmail.com, radchenko.kn@gmail.com)

Національний Університет «Київський Авіаційний Інститут»

*Реферат. Розглянуто принципи моделювання рівня знань студентів як основи адаптивного вибору навчальних матеріалів у цифрових освітніх системах. Запропоновано використання рекомендаційних підходів і методів підкріплювального навчання для формування індивідуальних освітніх траєкторій. Показано, що такий підхід забезпечує підвищення ефективності навчання та точності персоналізації освітнього процесу.*

### **Вступ**

Сучасні цифрові освітні системи все більше орієнтуються на персоналізацію навчального процесу, що в свою чергу передбачає врахування індивідуальних характеристик здобувачів освіти [1]. Однією з ключових умов реалізації адаптивного навчання є побудова адекватної моделі рівня знань студента, яка дозволяє формувати індивідуальні освітні траєкторії та здійснювати обґрунтований вибір навчальних матеріалів.

Проблема моделювання рівня знань є складною через динамічний характер навчального процесу, наявність невизначеності та різноманітність факторів, що впливають на засвоєння інформації. Традиційні підходи, засновані на фіксованих оцінках успішності, не дозволяють повною мірою відобразити реальний стан знань студента, оскільки не враховують часову динаміку, контекст виконання завдань та індивідуальні особливості навчання [2]. У зв'язку з цим актуальним є розроблення принципів побудови моделей знань, що забезпечують адаптивність, точність та інтерпретованість результатів.

Одним із базових принципів моделювання рівня знань є принцип динамічності, який передбачає представлення знань як змінної величини, що еволюціонує в часі. Тоді рівень знань може бути поданий як функція

$$K(t)=f(A_1,A_2,\dots,A_n,t),$$

де  $A_i$  – результати виконання навчальних активностей, а  $t$  – час.

Другим важливим принципом є принцип ймовірнісного представлення знань, згідно з яким рівень засвоєння певної теми визначається не детерміновано, а у вигляді ймовірності правильного виконання відповідних завдань. Це дозволяє враховувати невизначеність та похибки вимірювання. Зокрема, у байєсівських моделях знань використовується оцінка апостеріорної ймовірності засвоєння концепту на основі попередніх результатів студента.

Наступним є принцип контекстності, який полягає у врахуванні умов виконання навчальних завдань. Рівень знань залежить не лише від правильності відповіді, але й від складності завдання, часу виконання, кількості спроб та допоміжних ресурсів. Урахування цих параметрів дозволяє підвищити точність моделі та уникнути переоцінки або недооцінки знань.

Важливим є також принцип адаптивності моделі, який передбачає можливість автоматичного оновлення параметрів у процесі навчання. Це досягається шляхом застосування методів машинного навчання, які дозволяють враховувати нові дані та коригувати оцінку рівня знань без необхідності ручного налаштування.

Окрему роль відіграє принцип узгодженості з навчальним контентом, що забезпечує відповідність між моделлю знань та структурою навчальних матеріалів. Для цього використовуються графи знань та онтології предметної області, які відображають взаємозв'язки між темами та визначають передумови їх вивчення. Це дозволяє формувати логічно послідовні освітні траєкторії.

На основі зазначених принципів здійснюється адаптивний вибір навчальних матеріалів, який можна розглядати як задачу оптимізації. Метою є підбір такого набору матеріалів, який

забезпечує максимальний приріст знань за мінімальних витрат часу та когнітивних ресурсів. Формально ця задача може бути подана як вибір елемента  $M_i$  з множини навчальних матеріалів  $M$ , що максимізує функцію корисності

$$U(M_i|K) \rightarrow \max,$$

де  $K$  – поточний рівень знань студента.

Реалізація адаптивного вибору навчальних матеріалів здійснюється на основі рекомендаційних систем, які забезпечують інтелектуальну підтримку прийняття рішень щодо формування індивідуальної освітньої траєкторії студента. Такі системи інтегрують інформацію про поточний рівень знань, історію навчальної активності, темп засвоєння матеріалу, а також поведінкові характеристики користувача.

З точки зору математичної формалізації, рекомендаційна система визначає відображення виду:

$$R:(U,M,K) \rightarrow S,$$

де  $U$  – множина студентів,  $M$  – множина навчальних матеріалів,  $K$  – модель знань студента,  $S$  – підмножина рекомендованих матеріалів ( $S \subseteq M$ ).

Основною метою є вибір такого елемента  $M_i$ , який максимізує функцію корисності  $U(M_i|K)$ , що відображає очікуваний приріст знань.

Формально ця задача може бути представлена як задача послідовного прийняття рішень в умовах невизначеності, що природно приводить до використання методів підкріплювального навчання. У цьому випадку процес навчання моделюється як марковський процес прийняття рішень (MDP), який задається четвіркою  $(S,A,P,R)$ , де:

- $S$  – множина станів, що відповідають поточному рівню знань студента;
- $A$  – множина дій, які відповідають вибору навчальних матеріалів;
- $P$  – ймовірнісна функція переходу між станами;
- $R$  – функція винагороди, що відображає приріст знань або успішність виконання завдань.

На практиці для розв'язання цієї задачі застосовуються алгоритми *Q-learning*, *Deep Q-Network (DQN)*, а також *policy gradient methods*, які дозволяють адаптувати стратегію вибору навчальних матеріалів у режимі реального часу. Для забезпечення балансу між *exploration* та *exploitation* використовуються механізми  $\epsilon$ -жадібної стратегії, *UCB (Upper Confidence Bound)* або *Thompson Sampling*.

### **Висновки**

Адаптивний вибір навчальних матеріалів, реалізований на основі рекомендаційних систем, дозволяє враховувати індивідуальні характеристики студента, його поточний рівень знань та динаміку навчального прогресу. Використання підходів *content-based*, *collaborative filtering* та їх гібридних комбінацій забезпечує підвищення точності добору навчального контенту та формування індивідуальних освітніх траєкторій.

Інтеграція методів підкріплювального навчання забезпечує динамічне прийняття рішень у процесі навчання та дозволяє ефективно балансувати між експлуатацією наявних знань і дослідженням нових освітніх сценаріїв. Це сприяє підвищенню результативності навчання, скороченню часу засвоєння матеріалу та забезпеченню більш гнучкого й адаптивного управління освітнім процесом.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Артамонов Є.Б., Коцюр А.Б., Радченко К.М., Кухар Є.І. Підхід до побудови симуляцій навчальних процесів із використанням генеративного штучного інтелекту // «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»). 8 (49). 2025. с. 1109-1123. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-8\(49\)-1009-1123](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-8(49)-1009-1123).

[2] Xia, Q., Weng, X., Ouyang, F., & Chiu, T. K. F. A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. – 2024. – vol. 21. – Article 40. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00468-z>.

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОШУКУ ЗОБРАЖЕНЬ ТОВАРІВ В ІНТЕРНЕТІ З ЇХ ПОДАЛЬШОЮ ОБРОБКОЮ**

БАРТАШЕВИЧ М. С., ШВЕЦЬ Н.В.

(mbartasevis990@gmail.com, shvetsnv0601@gmail.com)

ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій  
Одеського національного технологічного університету»

*У тезах розглянуто проблему автоматизації пошуку зображень товарів в мережі Інтернет з їх подальшою обробкою. Обґрунтовано актуальність впровадження інформаційних управляючих систем у продаж товарів в онлайн-середовищі. Проаналізовано сучасні програмні рішення та обґрунтовано вибір інструментів розробки. Запропоновано архітектуру та функціональні можливості власної системи. Зроблено висновки щодо переваг впровадження таких рішень для оптимізації діяльності електронної торгівлі.*

У сучасних інформаційних системах електронної комерції актуальною є задача автоматизованого отримання та обробки даних про товари, зокрема їх візуальних представлень. Значна кількість веб-ресурсів містить інформацію про товари, однак її пошук і відбір, особливо зображень належної якості, потребує автоматизації. Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення, що забезпечує автоматизований пошук інформації про товари в мережі Інтернет за заданими параметрами та подальшу обробку їх зображень.

Вхідними даними для системи є структурована таблиця у форматі Excel, що містить такі поля: назва товару, артикул, бренд та поле для збереження результату (шлях до зображення у вигляді URL). На основі цих даних формується пошуковий запит. Система повинна реалізовувати такі функціональні можливості:

- виконання пошуку товарів у мережі Інтернет за комбінацією параметрів (назва, артикул, бренд);
- визначення найбільш релевантного веб-ресурсу, що містить інформацію про товар;
- автоматизований збір зображень товару з обраного джерела;
- аналіз зображень з метою визначення відповідності заданим критеріям;
- збереження обраного зображення та фіксація результатів обробки;
- реалізація багатопотокової обробки для ефективного використання ресурсів процесора під час пошуку посилань та алгоритмів сортування результатів

Особлива увага приділяється вимогам до зображень. Система повинна відбирати лише ті зображення, які мають білий фон (значення кольору #FFFFFF або близькі до нього) та збережені у форматі JPEG.

Алгоритм функціонування системи передбачає послідовне виконання таких етапів: зчитування вхідних даних, формування пошукових запитів, отримання результатів пошуку, відбір релевантного джерела, збір та аналіз зображень, збереження результатів та формування звіту про виконання. Таким чином, поставлена задача полягає у створенні ефективного програмного рішення, що реалізує конвеєр обробки даних, який включає етапи пошуку, збору та аналізу зображень товарів [1] (див. рис. 1).

Як джерело вхідних даних використана Excel-таблиця. Але пошук не прив'язаний до конкретної структури таблиці. В файлі конфігурації (.env) встановлюються змінні оточення (environment variables), які зберігають параметри конфігурації (шляхи, налаштування, ключі) окремо від коду для гнучкого керування роботою програми. Наприклад, змінна `FILTER="2A(1A*,2B,3C)"` - фільтр-настройка, визначає, з яких колонок і в якій послідовності формується пошуковий запит; змінна середовища оточення `IMAGES_PER_SESSION=30` визначає кількість зображень, що завантажуються за одну сесію для порівняння; збільшення

значення підвищує шанс отримати якісний результат, але збільшує споживання оперативної пам'яті, та інші.

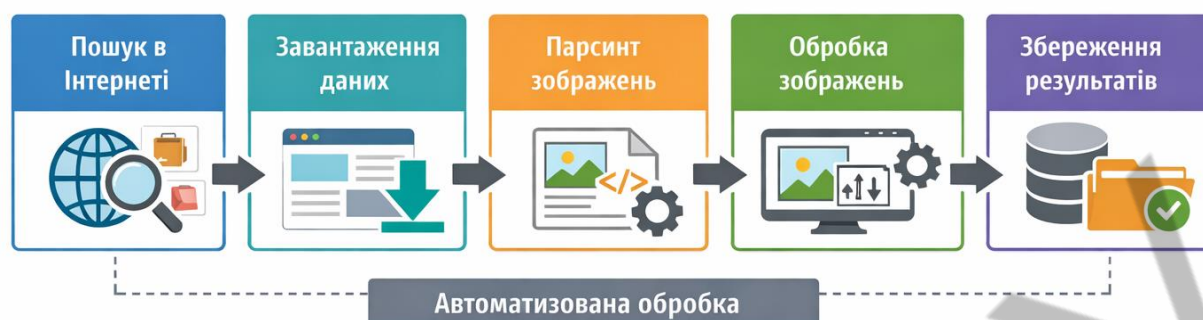


Рисунок 1 — Структурна схема конвеєра пошуку та обробки зображень товарів

Такий підхід дозволяє легко адаптувати програму під нові формати даних і розширювати її функціональність без доопрацювання основного коду. Застосований механізм Web Workers дозволяє виконувати JavaScript паралельно з основним потоком (UI-thread у браузері). `WORKERS=2` – задає, що два рядки таблиці обробляються одночасно потоками, які безпосередньо використовують ресурси процесора для виконання пошуку та сортування зображень. Кількість воркерів безпосередньо відповідає кількості одночасно відкритих браузерів, керованих Selenium. Selenium на базі Google Chrome — фреймворк для автоматизації взаємодії з веб-браузером та імітації дій користувача [2]. Він дозволяє програмі відкривати сайт у Chrome, “натискати” кнопки, вводити текст у поля, переходити за посиланнями, отримувати дані зі сторінки. На першому етапі Chrome відкривається з сформованим пошуковим запитом, переходить у Google Картинки та по черзі натискає на кожну мініатюру зображення. Мета цього етапу — отримати посилання на сайти, відкриваючи бічну панель з інформацією про товар. Після завершення пошуку всіма воркерами розпочинається наступний етап роботи конвеєра — обробка завантажених зображень. Отримані посилання обробляються веб-скрапером (web scraper) — компонентом, який забезпечує активний обхід веб-сторінок [3]. Він використовується для автоматичного збору зображень із сайтів: перевіряє коректність посилань, завантажує графічні файли, відсіює «сміттєві» посилання, GIF-файли, логотипи та зображення малого розміру, а також залишає лише релевантні й якісні зображення для подальшої обробки. Усі отримані файли аналізуються на відповідність вимогам технічного завдання. Основна мета етапу — відсіяти неякісні або непридатні зображення та підготувати дані для фінального вибору.

На завершальному етапі використовується компактна нейронна мережа у форматі ONNX [4], призначена для аналізу вмісту зображень. Перед передачею в нейромережу кожне зображення приводиться до стандартного розміру  $224 \times 224$  пікселі та формату RGB без альфа-каналу, що відповідає вимогам моделі. Нейронна мережа аналізує вміст зображення та класифікує його, що дозволяє виявити небажані елементи, зокрема водяні знаки або службові зображення (наприклад, скріншоти). За результатами детекції зображення сортуються, і після завершення обробки всі воркери коректно припиняють свою роботу, залишаючи для подальшого використання лише чисті та релевантні файли.

**Висновок.** Розробка та впровадження програмного забезпечення для автоматизованого пошуку зображень та товарів в Інтернеті з їх подальшою обробкою сприяє підвищенню ефективності процесу збору та обробки графічних даних у порівнянні з ручними методами. Автоматизація пошуку зображень дозволяє значно скоротити часові витрати користувача, мінімізувати вплив людського фактору та підвищити точність відбору релевантних результатів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hugging Face: The AI community building a future. Official Website, [Online]. Available: <https://huggingface.co>. Accessed on: April 02, 2026.
2. Selenium, Official Website, [Online]. Available: <https://www.selenium.dev>. Accessed on: April 02, 2026.
3. Scrapy.org /docs. Scrapy Tutorial. Official Website, [Online]. Available: <https://doc.scrapy.org>. Accessed on: April 02, 2026.
4. ONNX. 1.22.0 documentation. Official Website, [Online]. Available: <https://onnx.ai>. Accessed on: April 02, 2026.

УДК 696:620.9:681.2:681.5

## ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМАМИ БУДІВЕЛЬ

БЕРЕЗОВСЬКИЙ Ю. Л., СЕРЕДЮК О. Є.

(yurii.berezovskyi@nung.edu.ua, orest.serediuk@nung.edu.ua)

Постановка проблеми. Сучасна будівля є інтегрованою енергетичною системою, у якій взаємодіють електроспоживання, теплоспоживання, вентиляція, кондиціонування, освітлення, локальна генерація, накопичення енергії та поведінка користувачів. За таких умов управління об'єктом неможливе без інформаційно-вимірювальної системи, що забезпечує збір, синхронізацію, передавання, зберігання та інтерпретацію параметрів роботи підсистем. Раціональність теми визначається потребою у раціональному споживанні енергоресурсів, зниженні екологічного навантаження, застосуванні штучного інтелекту, розвитку сонячних фасадів і покрівель та впровадженні розумного будинку. Сектор будівель і будівництва залишається одним із найбільших споживачів енергії, а стандарти енергоменеджменту й автоматизації орієнтують проєктувальника на керовані дані. [1; 2; 3; 4]

Перелік вирішених завдань. Сформульовано інженерне трактування інформаційно-вимірювальної системи як ядра енергоменеджменту будівлі; визначено її функціональні рівні; уточнено склад контрольованих параметрів для електричних, теплових, вентиляційних та VIPV-підсистем; показано значення метрологічної забезпеченості, стандартизації та інтероперабельності; охарактеризовано роль штучного інтелекту у прогнозуванні, діагностиці та оптимізації; окреслено місце сонячних фасадів, покрівель і HEMS у логіці адаптивного керування. [2; 6; 7]

Виклад суті дослідження. Інформаційно-вимірювальна система для управління енергосистемою будівлі не зводиться до набору сенсорів. У прикладному сенсі це контур «вимірювання — передавання — зберігання — аналіз — керування», який перетворює фізичні процеси на рішення експлуатаційного, диспетчерського та управлінського рівнів. Раціональна архітектура системи охоплює польовий рівень із датчиками, лічильниками та аналізаторами; рівень локального керування з контролерами; комунікаційно-інтеграційний рівень; аналітичний рівень із функціями діагностики, прогнозування й оптимізації; операторський рівень для інженера, енергоменеджера й власника. Для електричної підсистеми доцільно контролювати активну та реактивну потужність, напругу, струм, коефіцієнт потужності й профілі навантаження; для теплової — температури подачі й звороту, витрату теплоносія, теплову потужність і режими джерела теплоти; для вентиляції — температуру, вологість, CO<sub>2</sub>, витрати повітря, тиск і стан рекуперації; для освітлення — освітленість, графіки вмикання та використання денного світла. Для VIPV необхідні опромінення в площині модулів, температура, напруга, струм, потужність, вплив затінення, забруднення і деградації, оскільки сонячні фасади та покрівлі є частиною оболонки будівлі. [3; 4; 7]

Окрема засада — інтероперабельність і метрологічна дисципліна. Якість алгоритму не буде вищою за якість первинного вимірювання. Якщо дані не переходять між BMS, HEMS, інверторами, лічильниками й аналітичними сервісами, система втрачає керованість. Тому проєкт має починатися з матриці сумісності сигналів, протоколів, частоти опитування, master time та інтерфейсів інтеграції. Штучний інтелект доцільно використовувати для прогнозування навантажень, виявлення аномалій, fault detection, оптимізації setpoint-параметрів, координації HVAC, накопичувачів і генерації. Але AI не замінює вимірвальну базу, а працює поверх неї. У житлових і малих комерційних об'єктах ця логіка реалізується через розумний будинок і HEMS, де система повинна приймати коректні рішення щодо зміщення гнучких навантажень, підвищення self-consumption та узгодження бойлера, теплового насоса, акумулятора, вентиляції і зарядки EV без втрати комфорту. [4; 5; 6; 7]

Висновки.

Інформаційно-вимірвальна система повинна проєктуватися як інфраструктура будівлі, а не як другорядний сервіс диспетчеризації. Її впровадження забезпечує перехід від фрагментарного обліку до системного енергоменеджменту, де рішення приймаються на основі достовірних, синхронізованих і придатних до аналізу даних. Раціональність створення таких систем полягає у зниженні непродуктивного споживання енергії, скороченні втрат, зменшенні екологічного навантаження, зростанні частки локальної генерації та підвищенні експлуатаційної надійності будівлі. Отже, сонячні фасади, покрівлі, BMS, HEMS, накопичувачі й мікрокліматичні контури мають включатися в єдину вимірвальну-керуючу логіку ще на стадії проєктування. Саме такий підхід створює основу для енергоефективної, екологічно відповідальної та інтелектуально керованої будівлі.

#### ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

[1] United Nations Environment Programme and Global Alliance for Buildings and Construction, Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025: Not Just Another Brick in the Wall. Nairobi, Kenya: UNEP, 2025.

[2] ISO 50001:2018, Energy management systems — Requirements with guidance for use. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2018.

[3] ISO 52120-1:2021, Energy performance of buildings — Contribution of building automation, controls and building management — Part 1: General framework and procedures. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2021.

[4] ISO 16484-5:2022, Building automation and control systems (BACS) — Part 5: Data communication protocol. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2022.

[5] D. M. T. E. Ali, V. Motuzienė, and R. Džiugaitė-Tumėnienė, “AI-Driven Innovations in Building Energy Management Systems: A Review of Potential Applications and Energy Savings,” *Energies*, vol. 17, no. 17, Art. no. 4277, 2024, doi: 10.3390/en17174277.

[6] M. Beaudin and H. Zareipour, “Home energy management systems: A review of modelling and complexity,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45, pp. 318–335, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.01.046.

[7] Z. Liu, Z. Guo, Q. Chen, C. Song, W. Shang, M. Yuan, and H. Zhang, “A review of data-driven smart building-integrated photovoltaic systems: Challenges and objectives,” *Energy*, vol. 263, Art. no. 126082, 2023, doi: 10.1016/j.energy.2022.126082.

## **ІНФОРМАЦІЙНА УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА «БЛОГ МАНДРІВНИКА»**

ВАВРИНЮК О. В., СЕЛІВАНОВА А.В.

(oleksvav@gmail.com, av\_selivanova@ukr.net)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглянуто розробку інформаційної управляючої системи «Блог мандрівника», яка призначена для створення, управління та аналізу туристичного контенту. Запропоновано підхід до організації функціоналу системи, що забезпечує ефективну взаємодію користувачів, збереження даних та персоналізацію контенту.*

Сучасний розвиток цифрових технологій та зростання популярності самостійних подорожей зумовлюють необхідність створення спеціалізованих інформаційних систем для обміну досвідом між мандрівниками. Існуючі платформи часто не враховують потреб у структурованому збереженні маршрутів, рекомендацій та відгуків, що обґрунтовує актуальність розробки системи «Блог мандрівника». Особистий блог є засобом самовираження, поширення інформації та водночас може виступати інструментом отримання доходу. Його можна вести як у соціальних мережах, так і на власному вебсайті з метою залучення ширшої аудиторії. У сучасних умовах блогінг стає важливим елементом інформаційного середовища, що сприяє комунікації, обміну досвідом та формуванню цифрової присутності користувачів [1,2].

Блогінг є актуальною складовою інформаційного забезпечення туризму на сучасному етапі. Якщо у 1990-х роках ведення блогів переважно розглядалося як форма дозвілля, то сьогодні воно трансформувалося у повноцінний напрям професійної діяльності. Блоги виступають сучасним комунікаційним та інформаційним середовищем, джерелом новин і засобом формування громадської думки [3].

В основі блогінгу лежить потреба людей у спілкуванні, задоволенні власних інтересів, пошуку та обміні інформацією через ведення особистих онлайн-щоденників. Із часом блоги, завдяки широкому поширенню, трансформувалися із засобу міжособистісної комунікації у масштабне комунікативне середовище. Вони стали однією з найбільш гнучких і багатофункціональних форм інтернет-взаємодії.

Якщо раніше ведення блогів розглядалося переважно як заняття у вільний час, то сьогодні воно набуло ознак професійної діяльності. Особливо це проявляється у сфері тревел-блогінгу, який у сучасних умовах можна вважати окремим напрямом діяльності в індустрії туризму та гостинності. Водночас відносно невисокі витрати, економія часу, широкий спектр інформації та зручний доступ до неї зробили блоги важливими комунікаційними й маркетинговими платформами як для просування туристичних послуг, так і для задоволення попиту на них [3].

Тревел-блог можна розглядати як одну з форм цифрового кочівництва. Блогери-мандрівники створюють різноманітний туристичний контент з різних куточків світу та постійно діляться ним зі своєю онлайн-аудиторією, перебуваючи у подорожах. Розвиток цифрових технологій значно розширив можливості користувачів щодо пошуку інформації про подорожі, тому особливу цінність набуває авторська подача матеріалу, індивідуальна інтерпретація подій і наявність певної сюжетної побудови. Контент у таких блогах є вільним за формою та значною мірою залежить від бачення автора, що проявляється у структурі тексту, описі емоцій і загальній композиції.

Характерною рисою тревел-блогів є інтерактивність і залучення аудиторії до процесу створення контенту. Підписники можуть впливати на рішення блогера через інструменти онлайн-платформ, наприклад, беручи участь у голосуваннях щодо вибору місця проживання, маршруту чи інших аспектів подорожі.

Німецький науковець К. Пушман розглядає блог як вебресурс або його окрему частину, що містить мультимедійні публікації з датами, розміщені у зворотному хронологічному порядку, з можливістю їх коментування та перегляду кожного запису на окремій сторінці [4].

Багато дослідників підкреслюють, що ключова функція тревел-блогінгу полягає у трансформації особистого досвіду в інформаційний продукт. При цьому у блогерів формується специфічне професійне мислення: вони сприймають події через призму можливості створення контенту, продумуючи спосіб подачі, сюжет і емоційний вплив на аудиторію. Важливою умовою їх діяльності є постійна доступність до мережі, що забезпечує безперервну комунікацію з підписниками [5].

Окрему роль відіграє естетичний аспект: тревел-блоги створюють ефект занурення у подорож завдяки поєднанню текстових, візуальних та аудіоматеріалів. Це дозволяє передавати атмосферу місця та викликати у читача відчуття присутності.

Попри відсутність спеціальної професійної освіти, автори тревел-блогів часто стають експертами у сфері подорожей, оскільки їхня компетентність формується на основі особистого досвіду, стилю подачі та якості створеного контенту.

Популярність блогів про подорожі значною мірою зумовлена прагненням людей до саморозвитку та пізнання світу. Користувачі прагнуть отримувати інформацію безпосередньо від мандрівників, що підвищує рівень довіри порівняно з традиційними джерелами. Крім того, такі блоги є корисним інструментом для планування власних поїздок, оскільки дозволяють ознайомитися з реальним досвідом інших людей. Водночас вони можуть виконувати і розважальну функцію, приваблюючи аудиторію цікавим стилем викладу та харизмою автора, а також сприяти соціалізації через відчуття причетності до життя інших [6].

Сучасні наукові джерела пропонують різні підходи до класифікації блогів. Узагальнюючи їх, доцільно розділити критерії на дві основні групи: за тематикою, нішею та позиціонуванням блогу, за структурними, функціональними та технічними характеристиками. У межах першої групи (позиціонування, тематика та ніша) виділяють такі типи блогів: блоги, що зосереджені на певному аспекту тревел-контенту, наприклад, з високоякісним фото- та відеоматеріалом, гастрономічні блоги, присвячені кухні різних народів та унікальним стравам, блоги про покупки та моду за кордоном (shopping-travel, fashion-travel), блоги про бюджетні подорожі, що містять поради щодо бронювання готелів, квитків або розповіді про життя в іншій країні з обмеженими фінансами, блоги, присвячені культурі, традиціям, історії, релігії, етикету та менталітету інших країн, блоги про екстремальні або духовні подорожі, змішані блоги без чіткої ніші, що описують різноманітний досвід автора, блоги, орієнтовані на професію автора (фотограф, журналіст, волонтер), комерційні блоги, які служать для залучення клієнтів, наприклад, для продажу авторських турів. Другим підходом є класифікація за кількістю учасників подорожі та характером їх взаємодії: сольні подорожі (solo-trip), подорожі з партнером, подорожі з друзями, подорожі з сім'єю, подорожі з дітьми, подорожі з тваринами. Третій критерій — частота та напрямок поїздок: блоги про віддалені та маловідомі туристичні локації, блоги про відомі туристичні центри та особливості перебування в них, блоги, присвячені окремим країнам або регіонам, блоги авторів, які постійно подорожують і змінюють місця перебування, блоги, де тревел-тематика є лише частиною контенту, а подорожі відбуваються час від часу.

Тип контенту теж є критерієм класифікації: блоги з переважанням текстового контенту, блоги з акцентом на фото- та графічний матеріал, блоги, де домінує відеоконтент, блоги з інтегрованим мультимедійним контентом.

У соцмережах, наприклад Instagram, виділяють блоги за форматом публікацій: блоги, орієнтовані на сторіс, блоги, де основний контент – пости, блоги, що однаково використовують обидва формати.

Такий підхід дозволяє комплексно охопити сферу тревел-блогінгу, відобразити його різноманітність і визначити ключові характеристики та параметри цього виду блогінгу [3].

Створення блогу стикається з низкою проблем: технічні складнощі (повільне завантаження, погана читабельність), брак цікавого контенту, складнощі з просуванням без

бюджету та відсутність регулярності. Ключовими перешкодами є нерозуміння цільової аудиторії, неструктурований текст, фокус на вторинних речах замість цінності та низька монетизація.

Основні проблеми при створенні та веденні блогів:

1. Технічні помилки: захаращений дизайн, низька швидкість завантаження сайту, погана адаптація під мобільні пристрої, незручна навігація.

2. Контент-стратегія: відсутність регулярності публікацій, складнощі з генерацією ідей, створення нецікавого або неструктурованого контенту, який складно читати (тексти-«простирадла»).

3. Просування: низька видимість у пошукових системах та соціальних мережах, брак органічного охоплення, відсутність знань про безкоштовні (коментарі, взаємопіар) та платні (таргет, реклама) методи залучення аудиторії.

4. Монетизація: складність у перетворенні блогу на джерело прибутку, низький попит на рекламу, відсутність чіткої мети.

5. Психологічні фактори: брак мотивації, нерозуміння цільової аудиторії, фокусування на другорядних речах.

Розроблена система може бути використана як платформа для обміну туристичним досвідом, а також як інструмент для планування подорожей. Вона може бути адаптована для освітніх або комерційних проєктів у сфері туризму.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Як почати вести свій блог | Блог HOSTiQ.ua. Блог хостера HOSTiQ.ua. URL: <https://hostiq.ua/blog/ukr/how-to-start-blog/#:~:text=%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B9%20%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%B3%20%E2%80%94%D1%86%D0%B5%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%2C,%D0%BD%D0%B0%20%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%83%20%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82%D1%96%2C%20%D1%89%D0%BE%D0%B1%20%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B8%D1%82%D0%B8%20%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%88%D1%83%20%D0%B0%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8E>. (дата звернення: 24.02.2026).

2. Як працює блогінг - Bazilik Media. Bazilik Media. URL: <https://bazilik.media/istoriia-blohinhu/> (дата звернення: 24.02.2026).

3. Зарічняк А., Шиманська У. Тревел-блогінг як сучасний інструмент комунікації: поняття та особливості класифікації. Grail of Science. 2022. № 21. С. 35–41. URL: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.28.10.2022.003> (дата звернення: 24.02.2026).

4. Puschmann, C. Blogging. Pragmatics of Computer-Mediated Communication, 2013. С. 83–108. URL: [https://www.researchgate.net/publication/276974104\\_Blogging](https://www.researchgate.net/publication/276974104_Blogging) (дата звернення: 24.02.2026).

5. Кафлевська С.Г. & Мандро А.І. Блогерство як один з найсучасніших видів Інтернет-маркетингу. Бізнес-навігатор. Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. 2018. №45. С. 140–144.

Pan, B., MacLaurin, T. & Crotts J. Travel blogs and the implications for destination marketing. Journal of Travel Research. 2007. № 46. С. 35–45.

## АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ АРХІТЕКТУРНИХ ОБМЕЖЕНЬ У МОДУЛЬНИХ МОНОЛІТНИХ СИСТЕМАХ

ВАСЯНОВИЧ О.А., КОНЦИДАЙЛО А.М.  
(ipz223\_voa@student.ztu.edu.ua , kipz\_kam@ztu.edu.ua)  
Державний університет «Житомирська політехніка»

**Реферат.** У роботі запропоновано підхід до автоматизованого архітектурного контролю на прикладі стрімінгової платформи «IndieStream». Досліджено використання фреймворку Spring Modulith та бібліотеки ArchUnit для валідації цілісності модулів. Описано налаштування тестів для безперервної перевірки доменної ізоляції. Це дозволяє виявляти структурні дефекти на етапі збірки та мінімізує ресурси на підтримку продукту.

Процеси Software Quality здебільшого орієнтовані на перевірку функціоналу. Проте масштабованість системи залежить насамперед від стану її внутрішньої структури. З часом між компонентами неминує виникають нерегламентовані зв'язки. Цей процес «архітектурної ерозії» поступово ускладнює підтримку та розвиток продукту.

**Постановка проблеми.** Еволюція монолітних систем часто супроводжується порушенням меж ізоляції між компонентами [2]. Розробники створюють нерегламентовані прямі залежності. Це призводить до критичного зростання зв'язності коду. Унаслідок, модифікація одного модуля провокує каскадні дефекти у суміжних.

### Перелік вирішених завдань.

1. Сформовано правила валідації взаємодії модулів.
2. Було реалізовано автоматичний аналіз залежностей на етапі компіляції.
3. Інтегровано автогенерацію документації як етап контролю - Quality Gate.

**Виклад суті дослідження.** У межах розробки платформи «IndieStream» ми впровадили стратегію контролю якості «Architecture as Code». Замість ручного контролю структури коду, використовуються механізми автоматичної верифікації:

1. Verification of Modular Structure: Метод ApplicationModules.of(Main.class).verify() фреймворку Spring Modulith [3] автоматично аналізує граф залежностей під час запуску тестів. Якщо модуль рекомендацій намагається отримати прямий доступ до внутрішніх компонентів модуля аудіо-каталогу, тест завершується помилкою - fail-fast принцип.

2. Architectural Unit Testing: Впроваджено тести (рис. 1). на базі бібліотеки ArchUnit [1], що перевіряють дотримання принципів «чистої архітектури». Як приклад, на рівні тестів заборонено використання логіки доступу до даних Repository безпосередньо у контролерах.

3. Documenting as Quality Gate: Також налаштовано автоматичну генерацію архітектурних діаграм компонентів C4, які візуалізують актуальний стан системи (рис. 2).

Жорсткі обмеження структури обумовлені архітектурою системи. Транзакційна логіка аудіокаталогу та важкі векторні обчислення мають різний профіль навантаження. Масштабувати ці підсистеми незалежно не вдасться, якщо між ними існують синхронні виклики. Саме для запобігання таким зв'язкам і використовуються налаштовані тести. Вони перехоплюють і запобігають таким зв'язкам, змушують проєктувати міжмодульну комунікацію тільки на базі асинхронних доменних подій.

На практиці цей механізм працює як частина CI/CD пайплайну. Правила валідації відпрацьовують при кожній локальній збірці або ініціалізації pull request. Спроба додати нерегламентовану залежність миттєво зупиняє процес інтеграції коду. Завдяки такому підходу архітектурні стандарти функціонують у форматі Executable Architecture. Отже ручний аудит залежностей на етапі Code Review стає повністю автоматизованим.

```
st Results
ArchitectureQualityTest
✓ controllersShouldNotAccessRepositoriesDirectly
✓ domainShouldNotDependOnDto
✓ Tests passed: 2 of 2 tests - 1sec 721ms
> Task :compileJava UP-TO-DATE
> Task :processResources UP-TO-DATE
> Task :classes UP-TO-DATE
> Task :compileTestJava UP-TO-DATE
> Task :processTestResources NO-SOURCE
> Task :testClasses UP-TO-DATE
00:16:14.456 [Test worker] INFO com.tngtech.archunit.core.PluginLoader -- Detected Java
> Task :test
BUILD SUCCESSFUL in 4s
4 actionable tasks: 1 executed, 3 up-to-date
12:16:16 AM: Execution finished 'test --tests "com.indiestream.ArchitectureQualityTest
```

Рисунок 1 – Результат автоматичної верифікації архітектурних обмежень.

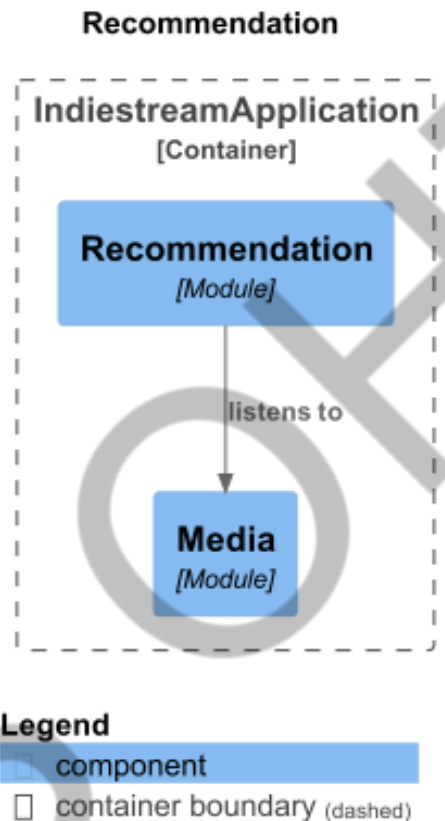


Рисунок 2 – Згенерована діаграма взаємодії модулів через доменні події

**Висновки.** Виявлення дефектів проектування доцільно переносити на ранні етапи розробки (Shift-Left Testing). Впроваджені зміни у проєкті «IndieStream» зупинили деградацію архітектури. Механізм тестування автоматично відхиляє зміни, які порушують інкапсуляцію доменів. Тому структурна валідація є ефективним інструментом контролю якості кодової бази.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] TNG Technology Consulting, "ArchUnit: Unit test your Java architecture." [Online]. Available: <https://www.archunit.org/>. [Accessed: Apr. 10, 2026].

[2] R.C.Martin, "The Clean Architecture," Clean Coder Blog. [Online]. Available: <https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html>. [Accessed: Apr. 10, 2026].

[3] Spring, "Documenting Application Modules," Spring Modulith Reference Documentation. [Online]. Available: <https://docs.spring.io/spring-modulith/reference/documentation.html>. [Accessed: Apr. 10, 2026].

## РОЗРОБКА ЛІТЕРАТУРНИХ ВЕБ-РЕСУРСІВ

ВОЛОТКО Д.Н., КОРНІЄНКО Ю.К.  
(dayanavolotko1@gmail.com, yurikkorn@gmail.com )  
Одеський національний технологічний університет

*В тезах розглядається актуальність розробки веб-ресурсів, що пов'язані з літературною спадщиною певного міста або території. Визначені їх особливості в структурі ресурсів, подачі інформації та використаних технологіях.*

Літературна спадщина для кожної країни має особливе значення – це частина нашої ідентичності. Вона також відтворює шлях наших попередників, історичні події, риси притаманні певним територіям. В сучасності інформаційні технології також стали її частиною, вірніше інструментом трансформації. З кінця 20 століття серед бібліотек та архівів почався процес цифровізації. Але культурне надбання століть, яке розташоване в різних місцях, бібліотеках, архівах потребує часу для перетворення в цифрову форму, що є однією з тривалих проблем. Ще одна галузь яку зачіпає літературна спадщина – це туризм. Багато туристів саме орієнтуючись на літературні твори, історію планують свої туристичні поїздки. Але великого різновиду літературних ресурсів немає, інформація обмежена або тільки для локальних користувачів і навіть тільки в паперовому виді [1,2,3,4].

В дослідженні вирішуються наступні задачі:

- проаналізовано вплив даного типу ресурсів на цифрові гуманітарні науки, культурний туризм та економіку;
- проаналізовано роль інформаційних технологій в сучасній Україні;
- досліджено аналоги та технології розробки.

Розробка веб-сервісу починається дослідження аналогів, що зосереджені на літературі та культурній спадщині. В дослідженні розглядалися такі сайти:

- «Читати Київ» (культурний проєкт, що показує літературний образ Києва). Має реляційну базу даних, гугл-мапи, переклад на англійську мову версію [5].
- «Інтерактивний Львів» (є втіленням бачення цифрової гуманітарної науки, є інтерактивною енциклопедією міста, реляційна база даних, бібліотека для карт) [6].
- «Literary Map of Exeter and Devon» (ресурс створений для регіону Девон, є елементом брендування для туризму, використовує: цифрові, .pdf, гугл та веб-карти, CMS) [7].
- «Manchester City of Literature Digital Maps» (сайт орієнтований на Манчестер, його головна особливість – це літературні мапи на геоінформаційних шарах GIS, за структурою він є системою взаємодії між подіями, фестивалями та інституціями) [8].

Отже, можна зазначити, що подібні ресурси мають багатосторінкову структуру, яка реалізована завдяки здебільшого реляційним базам даних. В інтерфейсі використовуються інтерактивні елементи, мапи та ефекти для зацікавленості користувачів. Вони вирішують проблеми:

- збереження та надання доступу до культурної спадщини;
- цифровізацію матеріалів;
- систематизують інформацію;
- популяризацію культурного напрямку;
- спонукають туризм та економічні надходження.

Як висновок, можна зазначити, що розробка літературних ресурсів, які входять до культурної спадщини, має великий потенціал. Також розробка подібних ресурсів є одним з проєктів ЮНЕСКО.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] «Cultural heritage and digital technologies: opportunities and challenges», ScienceDirect, 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306457324003595>.
- [2] «Cutting-edge: Protecting and preserving cultural diversity in the digital era», UNESCO, 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://www.unesco.org/en/articles/cutting-edge-protecting-and-preserving-cultural-diversity-digital-era>.
- [3] «Cutting-edge: Bringing cultural tourism back into the game», UNESCO, 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://www.unesco.org/en/articles/cutting-edge-bringing-cultural-tourism-back-game?hub=80094>.
- [4] «Digital transformation of cultural heritage and tourism platforms», Springer Nature, 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42803-025-00097-6>.
- [5] «Reading Kyiv – літературний портал столиці України», Reading Kyiv, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.readingkyiv.net/>.
- [6] «Lviv Interactive – інтерактивна історична платформа», Lviv Interactive, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://lia.lvivcenter.org/>.
- [7] «Literary Map of Exeter & Devon», Exeter City of Literature, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.exetercityofliterature.com/current-projects/literary-map-of-exeter-devon>.
- [8] «Digital Manchester Literature Map», Manchester City of Literature, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.manchestercityofliterature.com/project/digital-manchester-literature-map/>.

УДК 004.738.5:378

## ІНФОРМАЦІЙНО ДОВІДКОВА СИСТЕМА «ПРОФЕСІЇ ОНТУ»

ГРИГОРЬЄВ Д.С., ШЛИКОВ В.О., СНИГУР Т.С.  
(snigur.tatyana@ukr.net)

Одеський національний технологічний університет

*Метою проєкту є розробка вебсайту, який простою та зрозумілою мовою описує факультети університету, навчальні програми та професії, які може отримати здобувач вищої освіти після закінчення закладу вищої освіти. Головна ідея - це зробити інформацію про заклад вищої освіти доступною для кожного школяра. Актуальність теми підтверджується реальним дослідженням цільової аудиторії.*

У сучасному світі школярі 9-11 класів стикаються з одним із найскладніших викликів, вибором майбутньої професії та університету. Проблема не в тому, що інформації немає, а в тому, що вона подається складною академічною мовою, яку важко сприймати. Абітурієнти губляться у назвах спеціальностей, не розуміють різниці між факультетами та не уявляють, ким вони стануть після навчання. Саме ця прірва між школярем і університетом стала точкою відліку для даного проєкту.

Актуальність теми підтверджується реальним дослідженням цільової аудиторії: команда проєкту безпосередньо відвідувала школи та спілкувалася з учнями й викладачами. Це дозволило зрозуміти реальні потреби абітурієнтів. Вони не знають куди вступати, через те що офіційна інформація закладів вищої освіти написана для дорослих, а не для них. На основі цього аналізу було сформовано структуру та зміст сайту.

Вебсайт надає користувачам можливість ознайомитися з кожним факультетом у зрозумілому форматі: що вивчатиме, якими буде займатися справами та ким зможе працювати після випуску майбутній здобувач вищої освіти. Також на сайті реалізовано функцію пошуку, що дозволяє швидко знайти потрібний напрям без зайвого блукання сторінками.

Окрему увагу у проєкті приділено зручності користування та адаптивності вебсайту. Інтерфейс розроблено таким чином, щоб він був інтуїтивно зрозумілим для школярів різного рівня підготовки, незалежно від їхнього досвіду роботи з подібними ресурсами. Сайт коректно відображається як на персональних комп'ютерах, так і на мобільних пристроях, що є особливо важливим, адже значна частина цільової аудиторії користується смартфонами. Завдяки продуманій навігації та структурі сторінок користувач швидко знаходить потрібну інформацію без перевантаження зайвими деталями.

Крім того, проєкт має значний освітній потенціал і може стати основою для подальших досліджень та вдосконалення у сфері профорієнтації. Зокрема, можливе впровадження інтерактивних тестів для визначення схильностей учнів, рекомендаційних систем на основі їхніх інтересів, а також інтеграція з офіційними ресурсами закладів вищої освіти. Це дозволить не лише інформувати, а й активно допомагати школярам у прийнятті обґрунтованого рішення щодо майбутньої професії, підвищуючи якість їхнього освітнього вибору.

У процесі розробки було використано сучасний технологічний стек: Angular, TypeScript та SCSS на фронтенді, Express і PostgreSQL на бекенді, а також Axios для взаємодії між частинами застосунку. Такий підбір технологій забезпечує надійність, масштабованість та зручність у подальшій підтримці платформи.

Результатом проєкту є повноцінний вебресурс, який слугуватиме містком між закладом вищої освіти і майбутніми абітурієнтами. Сайт може використовуватися як школярами самостійно, так і викладачами під час профорієнтаційних заходів. У перспективі є можливість розширення платформи новими факультетами, оновленими програмами та додатковими інтерактивними інструментами для вибору спеціальності.

Таким чином, проєкт вирішує реальну проблему реальних людей і робить це простою мовою, якою говорять самі школярі.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Tila C. Number of internet users worldwide from 2005 to 2025. *Statista*. URL: <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/?srsltid=AfmBOopFRIXxBj2MhnI9B6TRnG5EP7TSg1mp6CrtLjhcqBO3XA-hz3B9>
2. The Need for Mobile Speed: How Mobile Latency Impacts Publisher Revenue. URL: [https://www.thinkwithgoogle.com/\\_qs/documents/2340/bc22e\\_The\\_Need\\_for\\_Mobile\\_Speed\\_-\\_FINAL\\_1.pdf](https://www.thinkwithgoogle.com/_qs/documents/2340/bc22e_The_Need_for_Mobile_Speed_-_FINAL_1.pdf)

УДК 004.942:004.932:681.625.23

#### **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОБУДОВИ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПОСЛІДОВНОЇ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ**

ДАВИДКІН М.І., КАЧУР Р.Р.  
(marian.i.davydkin@lpnu.ua, rostyslav.r.kachur@lpnu.ua)  
НУ «Львівська політехніка», ПІМТ

*Представлено інформаційну систему для автоматичної побудови симуляторів послідовних фарбодрукарських систем з одним накочувальним валиком у середовищі MATLAB/Simulink. Продемонстрована інформаційна система забезпечує суттєве скорення часових затрат на побудову моделей фарбодрукарських систем та мінімізацію впливу людського фактору.*

Офсетний друк залишається найбільш поширеним способом комерційного друку у світі. Успішне функціонування офсетної друкарської машини значною мірою визначається точністю роботи її фарбодрукарської системи, яка забезпечує рівномірне нанесення тонкого

шару фарби на друкарську форму. Експериментальне дослідження процесів, що відбуваються у фарбодрукарських системах під час друку, є практично неможливим, тому для їх вивчення застосовують імітаційне моделювання. На сьогодні існує достатньо публікацій, присвячених дослідженню та аналізу фарбодрукарських систем. Так у праці [2] для імітації процесу друкування продемонстровано симулятор, створений у середовищі MATLAB/Simulink. Побудова симуляторів є трудомістким процесом, який вимагає значних часових затрат і через вплив людського фактору не виключає появи помилок. Метою даної праці є проектування інформаційної системи для автоматизації процесу побудови імітаційних моделей послідовних фарбодрукарських систем з одним накочувальним валиком. Демонстраційний приклад генерації імітаційної моделі послідовної фарбодрукарської системи, із застосування розробленої інформаційної системи, подано на рисунку 1. Під час проектування інформаційної системи вирішуються задачі: опрацювання схематичного зображення системи, розпізнавання кількості та позицій її складових елементів; встановлення параметрів системи необхідних для побудови імітаційної моделі; автоматична генерація симулятора у середовищі MATLAB/Simulink.

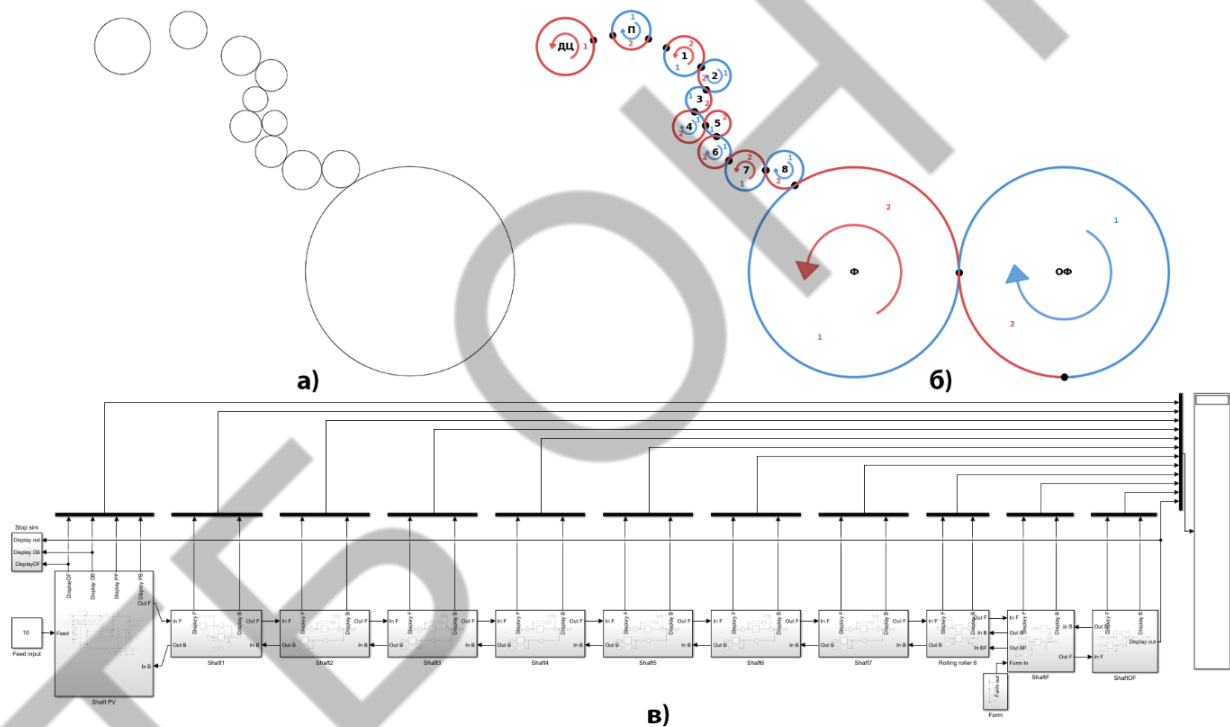


Рисунок 1 – Автоматична генерація симулятора фарбодрукарської системи на основі її схематичного зображення (а – вхідне зображення; б – результат аналізу зображення системи; в – симулятор у середовищі MATLAB/Simulink).

При побудові імітаційної моделі фарбодрукарської системи необхідно враховувати як геометричні параметри її елементів, так і особливості їхнього розташування. Опрацювання зображення фарбодрукарських систем, на основі методу топологічного контурного аналізу бінарних зображень, продемонстровано у праці [5]. Також необхідними для побудови імітаційної моделі даними є: послідовність елементів у системі, напрямки їх обертання, координати точок контакту, довжини дуг між точками контактів, послідовність та напрямки руху потоків фарби. Послідовність елементів системи повинна відповідати напрямку передачі фарби – від фарбоживильного пристрою до відбитків. Підхід до встановлення такої послідовності, на основі методу обходу графа суміжності елементів в глибину, описано у праці [4].

Під час переміщення фарби елементами фарбодрукарської системи у місцях їхнього контакту виникають прямі та зворотні потоки. В залежності від кількості точок контакту і напрямку обертання елемента змінюється і напрямки цих потоків. Встановлення напрямків обертання валиків і циліндрів у фарбодрукарській системі вирішується методом обходу графа елементів в ширину у праці [3]. Ідея такого підходу полягає в імітації механічної передачі обертання через дотик: два суміжні елементи, що перебувають у контакті, обертаються у взаємно протилежних напрямках. Координати точок контактів елементів визначаються у вигляді контактних кутів в полярній системі координат. На основі цих даних визначаються довжини та напрямки прямих і зворотних дугових сегментів між точками контактів елементів. Сегмент від точки контакту елемента з попереднім ( $a_0$ ) до точки контакту з наступним ( $a_1$ ) напрямку обертання поточного елемента приймається прямим потоком, а сегмент від точки  $a_1$  до  $a_0$  у тому самому напрямку – зворотним.

Побудову симулятора фарбодрукарської системи реалізується за допомогою програмного інтерфейсу «MATLAB Engine». Попередньо виконується підготовка шаблонів підсистем для кожного елемента фарбодрукарської системи, математичний опис яких подано у праці [1]. На основі встановлених параметрів системи генерується Simulink модель, де із підготовленої бібліотеки розміщуються відповідні підсистеми елементів, кількість, координати розміщення та інші параметри яких задаються за результатами аналізу зображення фарбодрукарської системи.

**Висновки.** Представлено інформаційну систему для автоматизації процесу побудови симуляторів фарбодрукарських систем на основі їх схематичних зображень. Продемонстрована інформаційна система забезпечує: опрацювання схематичного зображення фарбодрукарської системи методом топологічного контурного аналізу; розпізнавання елементів та їхніх параметрів та автоматичну генерацію симулятора, що імітує процес друку.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] М. І. Верхола, М. І. Давидкін and Р. Р. Качур, “Математична модель процесу передачі фарби для 3D-візуалізації однопотокової фарбодрукарської системи”, *Комп’ютерні технології друкарства*, vol. 54, no. 2, pp. 9-24, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32403/2411-9210-2025-2-54-9-24>.
- [2] М. І. Верхола, М. І. Калитка, О. Є. Бабич, and В. М. Калитка, “Побудова імітаційної моделі та дослідження розподілу потоків фарби у фарбодрукарській системі складної структури”, *Комп’ютерні технології друкарства*, vol. 48, pp. 8-24, 2022.
- [3] М. І. Давидкін, “Метод визначення напрямків обертання елементів фарбодрукарської системи”, *Scientific Papers*, vol. 71, no. 2, pp. 277–283, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32403/1998-6912-2025-2-71-277-283>.
- [4] М. І. Давидкін, “Метод визначення позицій валиків і циліндрів у фарбодрукарській системі послідовно-паралельної структури”, *Комп’ютерні технології друкарства*, vol. 53, no. 1, pp. 78–87, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32403/2411-9210-2025-1-53-78-87>.
- [5] Р. Р. Качур and М. І. Давидкін, “Розроблення інформаційної системи для розпізнавання елементів розкочувально-накочувальної групи фарбової підсистеми”, *Комп’ютерні технології друкарства*, vol. 52, no. 2, pp. 38–49, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32403/2411-9210-2024-2-52-38-4952>.

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ**

КАРЛІНСЬКИЙ В.Ю., БУЛГАКОВА О.С.

(sashabulgakova2@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглянуто розробку інформаційно-аналітичної системи підтримки бізнес-процесів. Описано архітектуру програмної системи, використані технології та інструменти розробки, зокрема платформу .NET, середовище Visual Studio та систему керування базами даних MS SQL Server. Представлено структуру бази даних, сформовану за принципом Code First із використанням Entity Framework Core, та визначено основні сутності системи і їх взаємозв'язки.*

Сучасні підприємства функціонують у середовищі високої конкуренції та швидких змін, що вимагає оперативного прийняття управлінських рішень. У таких умовах важливу роль відіграють інформаційно-аналітичні системи, які забезпечують збір, обробку, зберігання та аналіз даних, необхідних для підтримки бізнес-процесів. Використання подібних систем дозволяє підвищити ефективність управління, оптимізувати використання ресурсів та забезпечити прозорість діяльності підприємства.

Інформаційно-аналітичні системи підтримки бізнес-процесів забезпечують інтеграцію різних інформаційних потоків організації, що дає змогу отримувати актуальні аналітичні дані та формувати обґрунтовані управлінські рішення. Такі системи можуть включати інструменти обробки даних, аналітичні модулі, засоби візуалізації інформації та механізми автоматизації бізнес-процесів [1].

Для розроблення сучасної інформаційно-аналітичної системи важливим є правильний вибір програмних засобів, технологій та архітектурних рішень. Застосування сучасних платформ розробки, фреймворків і систем керування базами даних дозволяє створити масштабовану, надійну та зручну у використанні систему, яка відповідає вимогам сучасного бізнесу. З урахуванням цих вимог було обрано набір технологій і програмних інструментів для реалізації програмної системи, які забезпечують ефективну розробку серверної та клієнтської частин застосунку, а також надійну роботу з даними.

Visual Studio 2022 було використано для створення серверної та клієнтської частин програмної системи. Visual Studio має велику кількість якісних плагінів для розробки під платформу .NET. За їх допомогою можна розширювати функціональність програми та підключати інші мови програмування. Visual Studio також має широкі можливості для розробки застосунків для Windows, зокрема в сегменті .NET [2].

Для реалізації програмної системи було використано .NET 7. При використанні Visual Studio 2022 необхідно було оновити її до версії 16.4 або новішої, щоб забезпечити роботу з проектами .NET 7.

Для створення вебсторінок використовувалися Razor Pages, що спрощує процес написання коду та інтеграцію розмітки сторінок із кодом, написаним мовою програмування C#. Для клієнтської частини також використовувалися HTML5, CSS3, Bootstrap 4, JavaScript, Angular 7.

Для розробки рівня доступу до даних було обрано ORM Entity Framework Core та LINQ. Entity Framework Core – це об'єктно-орієнтована, легка та розширювана технологія доступу до даних від Microsoft. Entity Framework Core дозволяє працювати з базами даних на більш високому рівні абстракції: він дає змогу абстрагуватися від самої бази даних і її таблиць та працювати з даними незалежно від типу сховища.

Відмінною особливістю Entity Framework Core як ORM-технології є використання запитів LINQ для отримання даних із бази даних. За допомогою LINQ можна створювати різноманітні запити для вибірки об'єктів, зокрема тих, що пов'язані різними асоціативними відношеннями. Entity Framework під час виконання запиту перетворює вирази LINQ у вирази, зрозумілі для конкретної системи керування базами даних (як правило, у SQL-вирази).

Базу даних програмної системи було створено відповідно до підходу Code First із використанням пакета Microsoft.EntityFrameworkCore.SqlServer. Такий підхід дозволяє формувати структуру бази даних на основі моделей, описаних у програмному коді, що забезпечує зручність модифікації структури даних і спрощує процес підтримки системи.

В якості системи керування базами даних було обрано MS SQL Server 2022. База даних програмної системи складається з тринадцяти сутностей, які відображають основні об'єкти предметної області. Серед них ключовими є таблиціAspNetUsers, Projects, Ballots та Deals. ТаблицяAspNetUsers містить інформацію про користувачів системи, таблицяProjects зберігає дані про проекти, а таблицяBallots використовується для фіксації результатів голосування.

Структуру взаємозв'язків між основними сутностями бази даних програмної системи наведено на рис. 1.

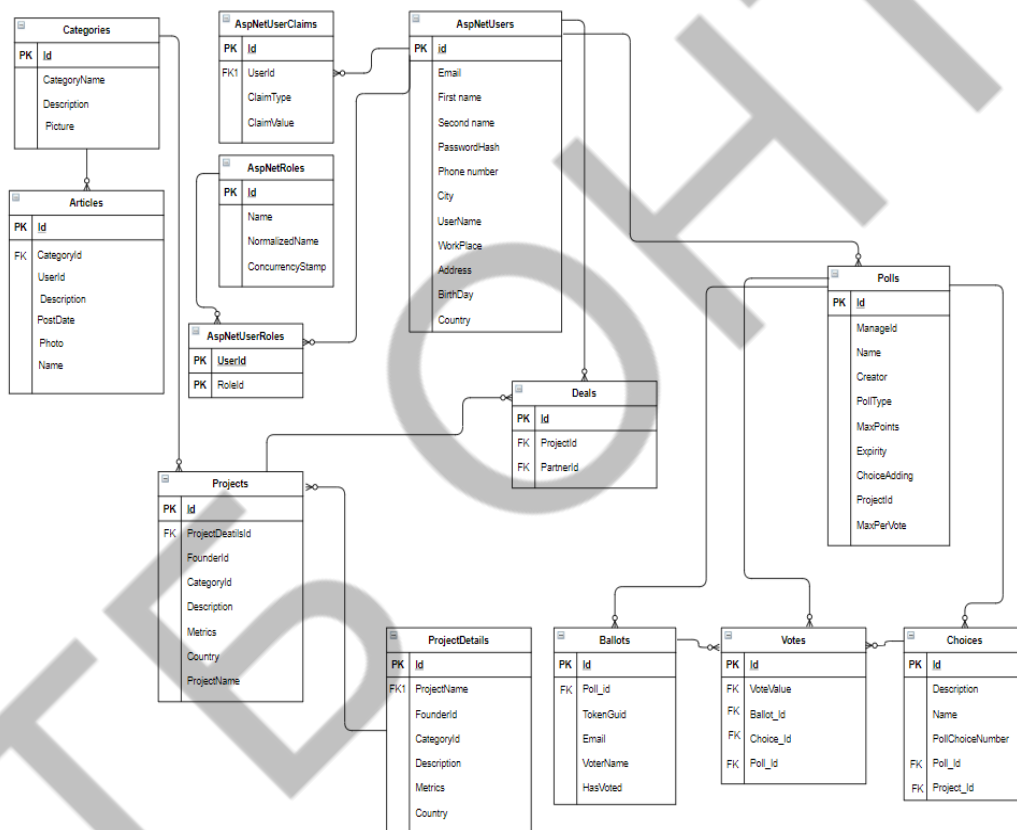


Рисунок 1 – Схема бази даних

Розроблена структура бази даних забезпечує логічну організацію інформації та ефективну взаємодію між основними сутностями програмної системи. Використання підходу Code First разом із технологією Entity Framework Core дозволяє гнучко керувати структурою даних і спрощує процес подальшої модифікації системи. Запропонована модель бази даних забезпечує зберігання інформації про користувачів, проекти, результати голосування та взаємодії між учасниками системи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Jeffrey Houser Learn With: Angular 7, Bootstrap, and NodeJS: Enterprise Application Development with Angular 7 and NodeJS.- New York: DotComIt, LLC, 2018. - 261 с.

[2] Marcotte, C.-H. and Zebdi, A. (2022). An Atypical ASP.NET Core 6 Design Patterns Guide: A SOLID adventure into architectural principles and design patterns using .NET 6 and C# 10. [online]. Available at: <https://www.amazon.es/dp/1803249846?linkCode=gs2&tag=uuid0f-21>.  
УДК 004.9:378.1

## РОЗРОБКА ВЕБ ДОДАТКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ

КАРЧЕВСЬКИЙ В.Д., СУРКОВ К.Ю.  
(vkarchevskyi10@gmail.com, kskrua@gmail.com)  
Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

*У роботі розглядається проблема автоматизації складання розкладу занять у закладах вищої освіти. Проведено аналіз існуючих алгоритмічних підходів та програмних систем. Запропоновано гібридну архітектуру вебдодатку, що поєднує детермінований CSP-алгоритм для генерації розкладу з інтелектуальним Telegram-ботом на базі великої мовної моделі (LLM) для взаємодії зі студентами. Реалізовано сервіс-орієнтовану систему на стеку NestJS, Go, Redis та Vue.*

Задача складання розкладу занять у закладах вищої освіти (ЗВО) є складною комбінаторною NP-задачею, обчислювальна складність якої зростає експоненціально зі збільшенням кількості аудиторій, груп та викладачів [1, 2]. Водночас переважна більшість наявних програмних рішень не задовольняє сучасних вимог: вони мають застарілі інтерфейси, не підтримують мобільний доступ і не надають студентам зручних засобів отримання оперативної інформації. Жодна з широко поширених систем не інтегрує технологій великих мовних моделей (LLM) для природномовної взаємодії з користувачами [3].

Метою роботи є створення веб-системи, що поєднує алгоритмічний підхід до автоматизованої генерації та валідації розкладу занять з інтерактивним інтерфейсом на базі штучного інтелекту для забезпечення ефективної взаємодії з користувачами.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання: проєктування реляційної структури бази даних для сутностей навчального процесу; розробка та програмна реалізація алгоритму автоматизованого формування розкладу з урахуванням жорстких і м'яких обмежень; створення адміністративного інтерфейсу керування параметрами та ручного коригування; розробка клієнтського інтерфейсу візуалізації розкладу у вигляді календаря; інтеграція системи з месенджером Telegram та підключення LLM для розпізнавання запитів студентів у вільному стилі.

Аналіз предметної області показав, що розклад занять є не лише технічним інструментом розподілу навантаження, а критичним фактором, що впливає на академічну успішність студентів та ефективність функціонування університету [2]. Задача побудови розкладу розглядається як багатовимірна задача призначення з системою жорстких обмежень (недопущення конфліктів у часі, відповідність місткості аудиторій) та м'яких обмежень (доступність ресурсів, бажаний час проведення занять, рівномірність розподілу). Перехід до кредитно-модульної системи в рамках Болонського процесу надає задачі ітеративного характеру, оскільки склад студентських груп стає динамічним [4].

Огляд існуючих систем — aSc TimeTables, UniTime, FET, SaaS-рішень (Coursedog, Stellic) та вітчизняних АСУ «Деканат» — виявив три ключові недоліки ринку: застарілі інтерфейси без підтримки мобільного UX; відсутність інтегрованих засобів комунікації зі студентами природною мовою; практично повна відсутність інтеграції технологій LLM у класичне ПЗ для розкладів [3]. Зазначені прогалини обґрунтовують доцільність розробки власної гібридної системи.

Для вирішення алгоритмічної частини обрано підхід на основі задачі задоволення обмежень, реалізований через SAT-вирішувач. Такий підхід гарантує відсутність колізій у

розкладі та перевершує евристичні методи за надійністю результату. Для забезпечення паралельного перебору обмежень застосовано окремий мікросервіс на мові Go, яка має явну підтримку паралельного програмування через горутини [4]. Зв'язок між сервісами реалізовано через Redis за моделлю публікації/підписки, що дозволяє передавати задачі від API до сервісу генерації без жорсткої прив'язки між частинами системи.

Для взаємодії зі студентами обрано архітектуру оркестрації API під управлінням LLM. У ній велика мовна модель виконує роль інтерфейсу розуміння природної мови: аналізує вхідне повідомлення, класифікує намір та формує команду для API бекенду замість самостійної генерації відповіді. Система автоматизації виконує запит до бази даних і передає точну JSON-відповідь назад для формування фінального повідомлення. Такий підхід нівелює ризик «галюцинацій» генеративного ШІ та гарантує фактологічну точність даних — критичну вимогу в освітньому процесі [5, 6].

Канал взаємодії зі студентами реалізовано через Telegram, який залишається домінуючим месенджером серед студентства в Україні. Telegram Bot API забезпечує надсилання текстових повідомлень та push-сповіщень про зміни у розкладі, а функціональність Web Apps дозволяє вбудовувати повноцінний веб-інтерфейс всередині чату без встановлення додаткового ПЗ.

Технологічний стек системи охоплює: серверну частину на NestJS (TypeScript) з модульною архітектурою та вбудованими засобами валідації; мікросервіс генерації розкладу на Go; Redis як транспортний шар між сервісами; клієнтський інтерфейс на Vue з бібліотекою компонентів shadcn-vue; базу даних PostgreSQL для забезпечення цілісності реляційних даних.

Практична цінність роботи полягає у розробці програмного комплексу, що вирішує дві ключові проблеми управління навчальним процесом: скорочення часу складання розкладу з кількох днів до годин завдяки автоматизованій генерації з перевіркою колізій, а також забезпечення студентам миттєвого доступу до актуальної інформації через ШІ-асистента у звичному середовищі месенджера.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] J. S. Tan, S. L. Goh, G. Kendall, and N. R. Sabar, "A survey of the state-of-the-art of optimisation methodologies in school timetabling problems," *Expert Systems with Applications*, vol. 165, p. 113943, 2021.
- [2] A. Bashab et al., "Optimization Techniques in University Timetabling Problem: Constraints, Methodologies, Benchmarks, and Open Issues," *Computers, Materials & Continua*, vol. 74, no. 3, 2023. DOI: 10.32604/cmc.2023.034051.
- [3] *The State of Academic Operations 2024: Moving Beyond Spreadsheets*. Coursera Inc. Industry Report, 2024.
- [4] K. Aida-Zade, R. Ismibayli, and S. Rzayeva, "Automated Schedule System for Universities under the Bologna Education Process," *Cybernetics and Computer Technologies*, no. 1, pp. 75–90, 2024. DOI: 10.34229/2707-451X.24.1.6.
- [5] A. Sharma and P. Patel, "Chatbot for Student Enquiry: Leveraging Agentic Workflows for Higher Education," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 12, no. 1, pp. 159–165, Jan. 2025.
- [6] *Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2025: Agentic AI*. Gartner Inc., 2024. URL: <https://www.gartner.com/en/articles/top-technology-trends-2025> (дата звернення: 25.11.2025).

## АНАЛІЗ РОЗРОБКИ WEB-САЙТУ ДЛЯ КОМПАНІЇ «DIJET» З ДРУКУ НА ТКАНИНІ ТА ОДЯЗІ

КІЧУК С. С., КОРНІЄНКО Ю.К.  
(svatoslavkicukkn@gmail.com, yurikkorn@gmail.com)  
Одеський національний технологічний університет

У даній роботі представлено аналіз розробки web-сайту для компанії «DIJet», яка спеціалізується на друці на тканині та одязі. Сайт створюється як сучасна онлайн-платформа для презентації послуг компанії, демонстрації прикладів робіт та залучення нових клієнтів. Ринок друку на тканині активно розвивається, особливо у сфері персоналізованого одягу, реклами та текстильного оформлення. Створення ефективного web-сайту дозволяє компанії розширити свою клієнтську базу, підвищити впізнаваність бренду та автоматизувати процес комунікації із замовниками.

Основні аспекти аналізу розробки сайту:

**1. Концепція і цільова аудиторія:** Сайт орієнтований на широкий спектр користувачів: приватних клієнтів, малий бізнес, дизайнерів, рекламні агентства. Основна ціль - надати швидкий доступ до інформації про послуги та стимулювати оформлення замовлення.

**2. Інформаційна архітектура сайту:** Структура включає головну сторінку, розділи «Послуги», «Наші роботи», «Про нас», «Контакти», а також форму для швидкого розрахунку вартості замовлення. Особлива увага приділяється блоку прикладів робіт та зручній навігації.

**3. UI/UX дизайн:** Дизайн сайту виконано у сучасному мінімалістичному стилі з акцентом на візуальний контент. Використовуються яскраві кольори, що відповідають фірмовому стилю компанії (синій, жовтий, рожевий). Інтерфейс адаптований під мобільні пристрої, має інтуїтивно зрозумілу навігацію та швидке завантаження.

**4. Технічна реалізація:** Сайт реалізується з використанням HTML, CSS та JavaScript. Для розширення функціональності можливе використання сучасних фреймворків, а також інтеграція серверної частини для обробки заявок (наприклад, Flask).

**5. SEO та маркетинг:** Для просування сайту застосовуються базові принципи SEO-оптимізації, інтеграція з соціальними мережами та створення привабливого візуального контенту. Важливим елементом є блок із прикладами робіт, який підвищує довіру користувачів.

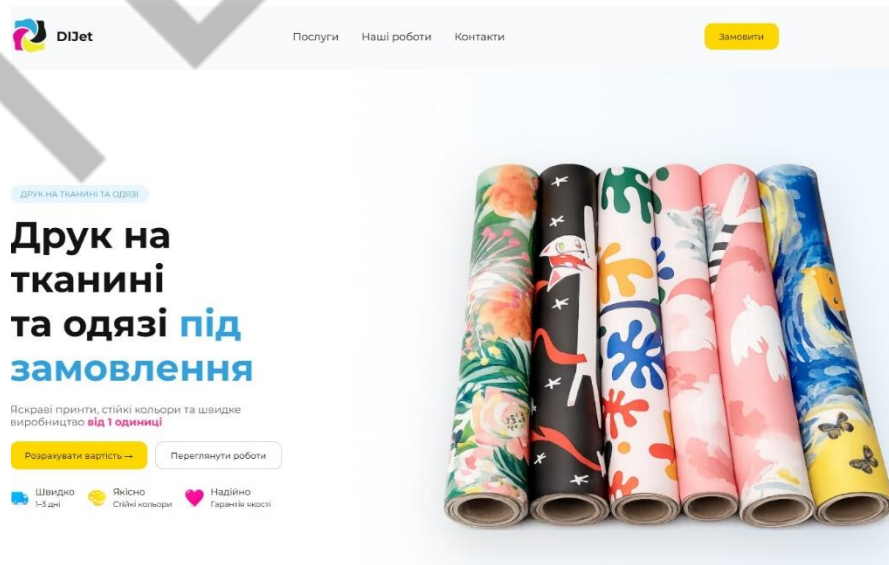


Рисунок 1 – Головна сторінка сайту

На основі аналізу визначено перспективи подальшого розвитку сайту, зокрема: впровадження онлайн-замовлення, розширення функціоналу (калькулятор вартості, особистий кабінет клієнта), оптимізація продуктивності та покращення користувацького досвіду.

**Висновки:** Розробка web-сайту для компанії «DIJet» є важливим етапом у розвитку бізнесу, що дозволяє підвищити ефективність взаємодії з клієнтами, розширити ринок збуту та сформуванню сучасний цифровий імідж бренду. Поєднання якісного дизайну, зручного інтерфейсу та функціональності забезпечує конкурентні переваги компанії.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] HTML Living Standard – <https://html.spec.whatwg.org/>
- [2] CSS Documentation – <https://developer.mozilla.org/>
- [3] JavaScript Documentation – <https://developer.mozilla.org/>
- [4] Flask Documentation – <https://flask.palletsprojects.com/>

УДК 004.738.5

### РОЗРОБКА УНІФІКОВАНОГО ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

ДЕНИСЕНКО В.В.  
(pe4enka3006@gmail.com)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

*Сучасні системи "Розумний будинок" мають проблеми з технологічною фрагментацією та безпекою. Для вирішення цього необхідний уніфікований крос-платформний веб-клієнт.*

Завдання проекту:

- Провести системний аналіз предметної області.
- Спроектувати клієнтську частину на React JS.
- Реалізувати серверну частину на Laravel.
- Розробити механізм взаємодії через MQTT та WebSocket.

Суть дослідження. Система забезпечує взаємодію між веб-інтерфейсом та фізичними пристроями. Дані збираються з сенсорів та обробляються сервером. Перший напрямок – інтероперабельність. Сервер виступає проміжним шаром. Він уніфікує керування пристроями різних стандартів через MQTT. Другий напрямок – реактивний інтерфейс. Клієнт розроблено за компонентним підходом React. Використовується WebSocket для зв'язку між сервером та клієнтом. Це дозволяє миттєво сповіщати користувача про події. Третій напрямок – безпека. Дані обробляються локально. Впроваджено аутентифікацію користувачів.

Висновки. Розроблений веб-додаток є готовим рішенням для централізованого керування розумним будинком. Він вирішує проблему технологічної фрагментації. Забезпечує адаптивний інтерфейс та захист персональних даних.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, Fourthquarter 2015.
- [2] "OWASP Internet of Things Project," OWASP Foundation, 2023. [Online]. Available: <https://owasp.org/www-project-internet-of-things/>.

## СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ ВІДВІДУВАЧІВ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНІВ НА ПРИКЛАДІ МАГАЗИНУ З ПРОДАЖУ ХУДОЖНЬОЇ ЛІТЕРАТУРИ

КОТЛИК С.В., СОКОЛОВА О.П., ЧЕРЕДНІЧЕНКО В.С.

(sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

***Анотація.** У роботі розглядається задача створення інтелектуальної системи рекомендацій для відвідувачів інтернет-магазину художньої літератури. На основі матеріалів дослідження проаналізовано сучасні підходи до побудови рекомендаційних систем, зокрема методи колаборативної та контентної фільтрації, а також їх гібридні поєднання.*

*Запропоновано архітектуру рекомендаційної системи, яка базується на аналізі поведінкових характеристик користувачів та їх взаємодії з веб-ресурсом. Особливістю підходу є використання історії переглядів, пошукових запитів і покупок для формування персоналізованих рекомендацій у режимі, наближеному до реального часу. Результати дослідження підтверджують ефективність застосування інтелектуальних рекомендаційних систем у сфері електронної комерції, що дозволяє підвищити релевантність пропозицій, покращити користувацький досвід та збільшити ефективність роботи інтернет-магазину.*

**Вступ.** Інтернет-магазин сьогодні — це вже не просто каталог товарів. Це середовище, яке повинно “розуміти” користувача. Бо якщо не розуміє — користувач іде туди, де розуміють. Особливо це актуально для ринку художньої літератури. Книгу складніше “продати”, ніж товар повсякденного використання. Людина приходить не просто за продуктом — вона шукає емоцію, історію, настрій. І якщо система не допомагає знайти “ту саму книгу”, вона фактично втрачає клієнта.

Тут і з’являється ключова ідея рекомендаційних систем: не чекати, поки користувач знайде, а запропонувати раніше. Сучасні технології дозволяють аналізувати поведінку користувача, передбачати його інтереси та формувати персоналізовані рекомендації. Але проблема в тому, що універсальних рішень не існує. Те, що працює для електроніки, може не працювати для літератури.

У цій роботі розглядається підхід до створення інтелектуальної рекомендаційної системи, адаптованої саме для інтернет-магазину художніх книг, де важливу роль відіграють не тільки дані, а й контекст.

**Постановка задачі.** Основною метою дослідження є розробка інтелектуальної системи рекомендацій, яка забезпечує персоналізований підбір книг для користувачів інтернет-магазину.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд задач:

- проаналізувати існуючі підходи до побудови рекомендаційних систем;
- визначити найбільш ефективний метод або їх комбінацію для задачі підбору художньої літератури;
- розробити архітектуру системи, яка забезпечує обробку поведінкових даних користувачів;
- реалізувати механізм формування рекомендацій у режимі, наближеному до реального часу;
- оцінити ефективність запропонованого рішення.

Особливістю поставленої задачі є необхідність врахування не лише формальних параметрів (жанр, автор, рейтинг), але й неявних характеристик — інтересів, стилю читання, навіть “смаку” користувача.

І якщо говорити чесно — це вже не просто задача програмування. Це задача розуміння людини через дані.

**Методи і матеріали досліджень.** Методичною основою дослідження є використання гібридного підходу до побудови рекомендаційних систем.

Колаборативна фільтрація дозволяє знаходити подібних користувачів і формувати рекомендації на основі їхньої поведінки. Якщо двоє читають однакові книги — є велика ймовірність, що їм сподобається ще щось однакове.

Контентна фільтрація, у свою чергу, аналізує характеристики самих книг: жанр, автора, ключові слова, опис. Вона дозволяє рекомендувати схожі об'єкти незалежно від інших користувачів.

У роботі ці підходи поєднуються. І це ключовий момент: кожен окремо - хороший, разом - значно кращі.

Для реалізації системи використано клієнт-серверну архітектуру. Вона включає:

- клієнтську частину (HTML, CSS, JavaScript), яка відповідає за взаємодію з користувачем;

- серверну частину (PHP), де реалізована логіка рекомендацій;

- базу даних (MySQL), яка зберігає інформацію про користувачів і товари.

Основними джерелами даних є:

- історія переглядів;

- пошукові запити;

- покупки користувачів;

- взаємодія з елементами інтерфейсу.

Обробка цих даних дозволяє сформувати поведінковий профіль користувача, на основі якого генеруються рекомендації.

**Результати досліджень.** У результаті проведеного дослідження було розроблено інтелектуальну рекомендаційну систему, інтегровану в структуру інтернет-магазину.

Система здатна формувати персоналізовані рекомендації з урахуванням індивідуальної поведінки користувача. Було встановлено, що використання гібридного підходу дозволяє значно підвищити точність рекомендацій у порівнянні з використанням окремих методів. Особливо ефективним виявилось використання поведінкових даних. Наприклад, навіть коротка історія переглядів дозволяє зробити більш точні припущення щодо інтересів користувача, ніж статичні параметри профілю.

Розроблена система працює у режимі, близькому до реального часу, що дозволяє адаптувати рекомендації залежно від дій користувача під час сесії. Іншими словами — система “вчиться” прямо під час роботи.

Практичне тестування показало, що використання рекомендацій:

- скорочує час пошуку товару;

- підвищує ймовірність покупки;

- покращує загальний користувацький досвід.

**Висновки.** У ході дослідження було підтверджено ефективність використання інтелектуальних рекомендаційних систем у сфері інтернет-торгівлі, зокрема для продажу художньої літератури. Обґрунтовано доцільність застосування гібридного підходу, який поєднує колаборативну та контентну фільтрацію. Такий підхід дозволяє компенсувати недоліки кожного з методів і підвищити якість рекомендацій.

Розроблена система демонструє здатність адаптуватися до поведінки користувача та формувати релевантні пропозиції у динамічному середовищі. Практична значущість роботи полягає у можливості її використання в реальних комерційних проєктах. Запропонований підхід може бути масштабований і адаптований до інших сфер електронної комерції.

## РОЗРОБКА ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ «ПЕРСОНАЛЬНИЙ ОРГАНАЙЗЕР» ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ОСОБИСТИМИ ЗАВДАННЯМИ

КУЛЬБОВ Д.С., БУЛГАКОВА О.С., САКАЛЮК О.Ю.

(kulevdenis311a@gmail.com, sashabulgakova2@gmail.com, sakaliuk.olexiy@gmail.com )

Одеський національний технологічний університет

*У тезах розглянуто розробку веб-застосунку «Персональний органайзер» для управління особистими завданнями та планування повсякденної діяльності користувача. Обґрунтовано вибір технологій Node.js, Express.js, PostgreSQL, HTML, CSS і JavaScript для реалізації клієнтської та серверної частин системи. Результатом роботи є створення веб-застосунку, що забезпечує базові функції створення, редагування, видалення та впорядкування завдань.*

У сучасному інформаційному суспільстві питання ефективної організації особистого часу та управління завданнями стає все більш актуальним. Велика кількість інформації, навчальних та робочих задач вимагає використання спеціалізованих програмних засобів для їх планування та контролю. Одним із таких рішень є персональні органайзери, які дозволяють систематизувати повсякденні завдання, планувати події та підвищувати продуктивність користувача.

Існує велика кількість програм для організації особистого часу, серед яких можна виділити такі популярні сервіси, як Trello, Notion та Google Keep. Проте багато з них мають складний інтерфейс, обмеження у безкоштовних версіях або надлишкову функціональність, яка не завжди є необхідною для звичайного користувача. Як показано в табл. 1, існуючі сервіси мають низку переваг, проте для звичайного користувача вони часто є або надто складними, або функціонально обмеженими. Це зумовлює доцільність розробки власного веб-застосунку «Персональний органайзер», орієнтованого на простоту, зручність і базові потреби керування особистими завданнями.

Таблиця 1 – Порівняння популярних сервісів для організації особистого часу [1-3]

Сервіс	Основне призначення	Переваги	Обмеження для звичайного користувача
Trello	керування завданнями та проектами	наочна візуалізація завдань, зручна канбан-структура	частина функцій доступна лише у платних тарифах, орієнтація не лише на особисте використання
Notion	організація нотаток, баз знань і планування	багатофункціональність, гнучкість налаштувань	складніший інтерфейс, надлишковий функціонал для простого персонального органайзера

Google Keep	швидке створення нотаток і списків	простота використання, швидкий доступ, інтеграція з Google-сервісами	обмежені можливості структурування та керування складнішими завданнями
Персональний органайзер, що розробляється	управління особистими завданнями	простий інтерфейс, лише необхідний функціонал, орієнтація на потреби конкретного користувача	потребує самостійної реалізації та подальшого розширення

Основною метою даної роботи є розробка веб-застосунку «Персональний органайзер», який дозволяє користувачеві створювати, редагувати та видаляти записи, організувати завдання та зберігати інформацію у зручному форматі. У межах роботи передбачено реалізацію базових функцій керування завданнями, зокрема додавання, редагування, видалення та перегляду записів.

Під час розробки програмного продукту було розглянуто різні технології для створення серверної частини веб-застосунку. Серед найбільш поширених технологій можна виділити Node.js, PHP та Python [4]. Серед них для реалізації проєкту обрано Node.js як платформу, що забезпечує зручність розробки та високу швидкодію веб-застосунку. Крім того, Node.js має велику екосистему бібліотек та модулів, що дозволяє швидко реалізувати необхідний функціонал.

Для спрощення розробки серверної логіки використовується фреймворк Express.js, який надає зручні інструменти для створення API, обробки HTTP-запитів та організації маршрутизації. Використання даного фреймворку дозволяє значно скоротити час розробки та підвищити структурованість програмного коду.

Для зберігання даних у системі було обрано систему управління базами даних PostgreSQL. Дана СУБД є однією з найбільш популярних реляційних баз даних з відкритим вихідним кодом. Вона забезпечує високу надійність, підтримку складних запитів та можливість масштабування системи [5]. PostgreSQL добре підходить для роботи зі структурованими даними, що є важливим для системи організації завдань.

Клієнтська частина веб-застосунку реалізована за допомогою стандартних веб-технологій: HTML, CSS та JavaScript. HTML використовується для створення структури сторінок, CSS відповідає за оформлення інтерфейсу, а JavaScript забезпечує інтерактивність та взаємодію користувача із системою. Архітектура застосунку передбачає взаємодію клієнтської частини із сервером через HTTP-запити та збереження даних у базі даних PostgreSQL.

Результатом роботи є проєктування та реалізація веб-застосунку для керування особистими завданнями. У подальшому система може бути розширена шляхом додавання функцій нагадувань, синхронізації даних між пристроями та інтеграції з іншими сервісами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Asana, “Asana,” *Asana*, 2026. <https://asana.com>
- [2] Trello, “Trello,” *Trello*, 2026. <https://trello.com>
- [3] E. Karaman and M. Kurt, “Comparison of project management methodologies: PRINCE2 versus PMBOK for IT projects,” *International Journal of Applied Science and Engineering Research*, vol. 4, pp. 572–579, 2015.
- [4] S. Tilkov and S. Vinoski, “Node.js: Using JavaScript to Build High-Performance Network Programs,” *IEEE Internet Computing*, vol. 14, no. 6, pp. 80–83, Nov. 2010, doi: <https://doi.org/10.1109/mic.2010.145>.
- [5] The PostgreSQL Global Development Group, “PostgreSQL: Documentation,” *www.postgresql.org*, 2025. <https://www.postgresql.org/docs/>.

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЗБУТОМ ПРОДУКЦІЇ СКЛЯНОГО ВИРОБНИЦТВА**

КУРІН Д.Д.

(kurin8490@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

*Реферат. Досліджено автоматизацію управління збутом продукції скляного виробництва. Розроблено автоматизовану систему управління, що поєднує веб-додаток, базу даних та SCADA систему. Очікується зниження часу обробки замовлень на 30% та зменшення помилок на 15%.*

Питання автоматизації управління збутом продукції скляного виробництва займалося багато дослідників, при цьому актуальність таких досліджень зростала з збільшенням різновиду та складності виробництва продукції. Сезонова І.К., Корбецький М.В. в статті “Автоматизація управління збутом продукції виробничого підприємства” розповідають про удосконалення управління підприємством за рахунок автоматизації його діяльності шляхом розробки підсистеми управління збутом продукції [1]. В роботі вони досліджують підсистему управління збутом продукції виробничого підприємства з метою підвищення ефективності продажу та супроводження договорів на виробництво продукції та засоби автоматизації логістичних та документальних процесів збуту для дрібносерійного високотехнологічного виробництва, що відрізняється значною номенклатурою товарно-матеріальних цінностей. Калініченко Д.О. в роботі “Управління збутовою діяльністю на підприємстві” вказує на актуальність його дослідження, обумовлену тим, що сьогодні, на перший план висувається пошук можливостей скорочення виробничих витрат та витрат обігу заради отримання прибутку [2]. Метою дослідження Нікітішена М.В. є узагальнення теоретико - методологічних засад збутової діяльності підприємства та розробка практичних рекомендацій щодо вдосконалення процесу управління нею [3]. Дячун О., Радинський С., у статті “Функції управління збутом на підприємстві”, затвердили, що важливим питанням маркетингової діяльності є збут товарів [4].

Створене програмне забезпечення мало на меті трансформувати процес збуту скляної продукції. Передбачено можливість розміщення замовлень через корпоративний веб-сайт із подальшим контактуванням з клієнтом для підтвердження деталей замовлення. Інформація про замовлення систематизується в базі даних та відображається у робочих інтерфейсах. Проектування інформаційної системи збуту скляної продукції розпочиналось з формування концептуальної моделі. Було виконано детальне проектування бази даних, а саме розроблено концептуальну модель даних, яка охоплює основні бізнес-процеси - зберігання інформації про користувачів, послуги, замовлення та товари.

Було реалізовано практичну частину проекту - створення веб-додатку. Розроблено функціональні модулі для кожної ролі користувача. Розроблено повноцінну систему автоматизованого моніторингу та управління збутом скляної продукції на підприємстві «Лона-ЛТД» на основі SCADA-технологій. Для реалізації кластерного аналізу було обрано аналітичну платформу IBM SPSS Modeler. Завдяки використанню методів дослідження, було розроблено макети інтерфейсів користувачів, сформовано логіку обробки замовлень, організовано підсистеми звітності й обліку. Оцінено ефективність впровадження: очікується зниження часу обробки замовлень на 30 % та зменшення кількості помилок на 15 %.

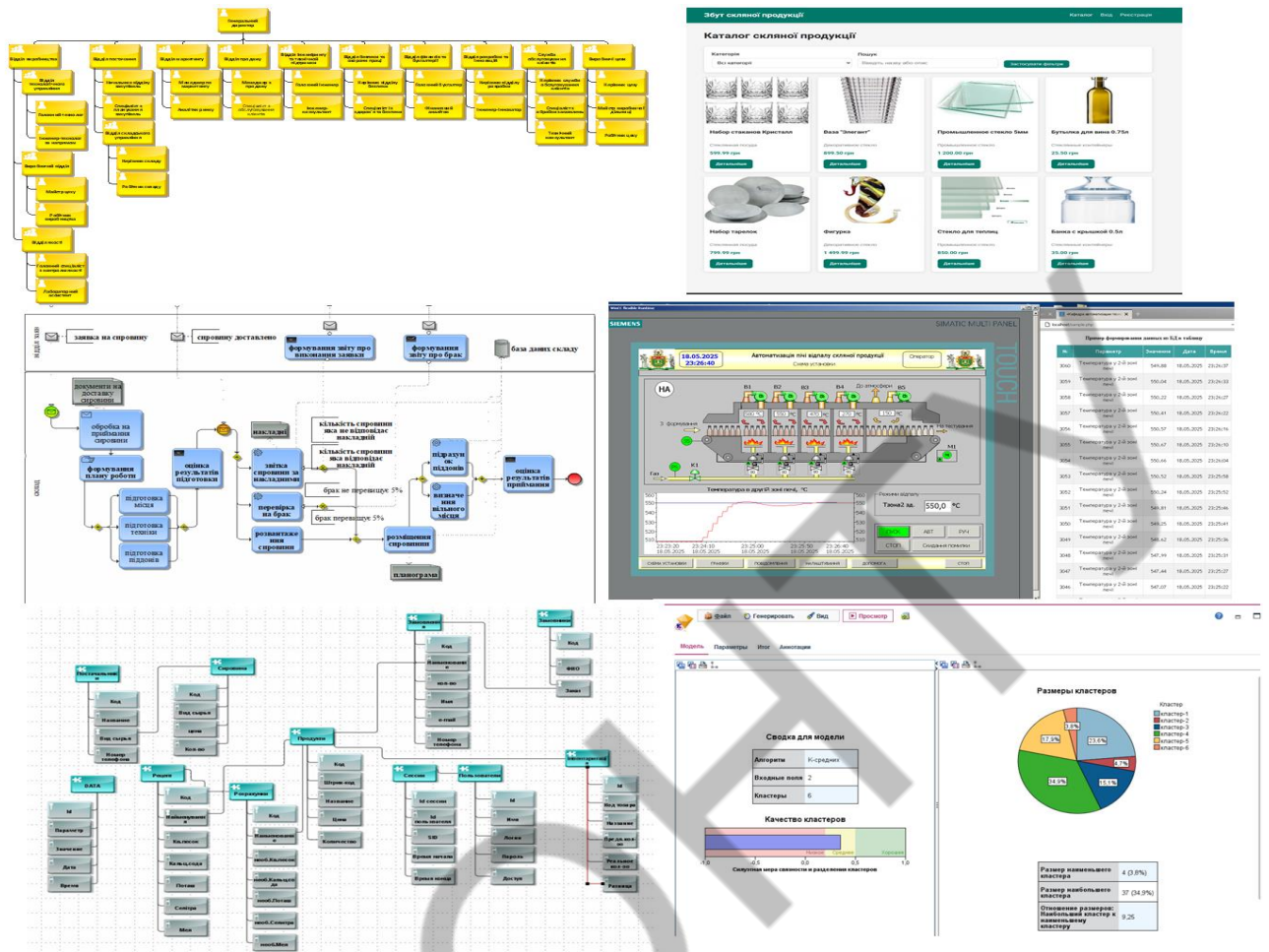


Рисунок 1 – Організаційна структура підприємства, BPMN модель процесу, Модель бази даних, Інтерфейс веб-додатку, SCADA система, Кластерний аналіз.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Автоматизація управління збутом продукції виробничого підприємства / Сезонова І.К., Корбецький М.В. // International scientific journal «Grail of Science» No42 (August, 2024). URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/article/view/2632/2659>.

[2] Калініченко Д.О. Управління збутовою діяльністю на підприємстві. – Київ: НУХТ, 2022. – 88с. - URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d5d4fd8b-64f3-46fa-abfb-2fd4add377fa/content>.

[3] Нікітішен М.В. Управління збутом продукції. – Миколаїв: ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. – 18с. – URL: [https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/905/1/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82\\_%D0%9D%D0%BAi%D1%82i%D1%88%D0%B5%D0%BD.pdf](https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/905/1/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82_%D0%9D%D0%BAi%D1%82i%D1%88%D0%B5%D0%BD.pdf).

[4] Дячун О., Радинський С. Функції управління збутом на підприємстві. - Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя. URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/39252/2/fmnescps\\_2022\\_dyachun\\_o-functions\\_of\\_sales\\_management\\_64-67.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/39252/2/fmnescps_2022_dyachun_o-functions_of_sales_management_64-67.pdf).

## **ОБҐРУНТУВАННЯ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ ANDROID-ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОФЛАЙН-ТРАНСКРИБАЦІЇ АУДІОФАЙЛІВ**

ЛІЩИНСЬКИЙ А.С. , КАТЕЛЬНИКОВ Д.І.

(katielnikov@vntu.edu.ua)

Вінницький національний технічний університет

*У роботі досліджено процес розробки мобільного застосунку для ОС Android, призначеного для автоматичної транскрибації та структурування аудіофайлів.*

### **Вступ**

Предметною областю даного дослідження є процеси автоматичного перетворення усного мовлення у текстовий формат з подальшою логічною структуризацією отриманих даних. Основними сферами застосування розроблюваного застосунку є освітній процес, журналістика, медицина та бізнес-адміністрування, де виникає потреба у швидкому отриманні текстових протоколів подій.

Необхідність розробки власного Android-застосунку зумовлена потребою у створенні автономного, безпечного та доступного інструменту для українських користувачів. Головною перевагою проекту є реалізація концепції, де обробка даних відбувається безпосередньо на пристрої користувача. Це забезпечує повну приватність та миттєвий доступ до функцій транскрибації незалежно від зовнішніх факторів.

### **Вибір мови програмування і бібліотеки для розпізнавання звуку**

Для реалізації функціоналу мобільної транскрибації в умовах обмежених ресурсів смартфона оптимальним є поєднання мови Kotlin та бібліотеки Vosk SDK [1].

Вибір Kotlin [2] як базового інструменту розробки зумовлений його здатністю забезпечувати високу стабільність коду програми. Водночас використання механізму Coroutines дозволяє ефективно керувати асинхронними потоками, забезпечуючи плавність роботи інтерфейсу користувача під час виконання ресурсомістких операцій. Проте варто зауважити, що порівняно з Java, Kotlin може вимагати більших часових витрат на компіляцію проекту на початкових етапах, що є допустимим компромісом з огляду на безпеку та швидкість написання коду.

Головна перевага бібліотеки Vosk полягає у можливості повної автономності, оскільки всі обчислення відбуваються безпосередньо на пристрої користувача. Це не лише гарантує роботу застосунку в умовах відсутності зв'язку, але й забезпечує безкомпромісний рівень конфіденційності, адже приватна інформація не передається на сторонні сервери. Крім того, Vosk підтримує спеціальні оптимізовані моделі, які дозволяють інтегрувати потужні алгоритми машинного навчання навіть у бюджетні мобільні пристрої. Разом з тим, впровадження Vosk має певні особливості, які можна віднести до недоліків. Зокрема, офлайн-моделі розпізнавання потребують значного обсягу пам'яті, що збільшує підсумковий розмір інсталяційного файлу застосунку. Також, попри високу точність, локальні моделі можуть дещо поступатися потужним хмарним API у розпізнаванні специфічної термінології або за умов надмірного фонового шуму. Однак, враховуючи пріоритетність приватності та незалежності від платних сервісів, ці фактори є цілком прийнятними для реалізації поставленого завдання.

### **Структурування текстових даних**

Процес автоматичного перетворення мовлення у текстовий формат за допомогою сучасних інструментів, на початковому етапі дає лише сирий результат у вигляді неперервної послідовності слів. Оскільки алгоритми розпізнавання зосереджені на ідентифікації найменших звукових чатин, вихідний текст позбавлений будь-яких ознак логічного оформлення, включаючи розділові знаки, великі літери та поділ на речення чи абзаци. Такий характерний набір слів сприймається користувачем як хаотичний масив інформації, що значно ускладнює його подальше використання у професійній чи навчальній діяльності, оскільки в ньому неможливо швидко виділити ключові думки або знайти потрібний фрагмент за змістом.

Для подолання проблеми неструктурованості вихідних даних пропонується впровадження комплексу рішень, що базуються на аналізі метаданих аудіопотоку та лінгвістичних особливостей мовлення [3]. Основними ідеями, що можуть бути реалізовані в межах розробки для перетворення сирого набору слів у впорядкований документ, є: автоматична сегментація на основі акустичних пауз, інтеграція системи часових міток, використання асинхронних фонових обчислень.

Автоматична сегментація на основі акустичних пауз – використання тривалості затишшя між словами як маркера для розстановки абзацив, що дозволить відокремлювати завершені думки та імітувати природну структуру тексту.

Інтеграція системи часових міток – прив'язка кожного текстового блоку до конкретного моменту часу в аудіофайлі, що забезпечує можливість миттєвого переходу до прослуховування відповідного фрагмента без необхідності перерхитування всього масиву.

Використання асинхронних фонових обчислень [2] – реалізувати процес структурування даних безпосередньо в момент їх надходження, що забезпечує паралельну обробку інформації без переривання роботи основного інтерфейсу.

### **Висновки**

Таким чином, розробка Android-застосунку на базі мови Kotlin із використанням бібліотеки Vosk є раціональним рішенням для створення автономної системи транскрибації. Попри певні обмеження, як-от значний обсяг мовних моделей та підвищені вимоги до пам'яті пристрою, обраний технологічний стек забезпечує важливі переваги: повну конфіденційність даних користувача та незалежність від стабільності інтернет-з'єднання. Реалізація запропонованих механізмів структурування дозволить перетворити хаотичний набір слів на логічно впорядкований документ.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Vosk Library, "Vosk-api," GitHub. [Online]. Available: <https://github.com/alphacep/vosk-api> [Accessed: Feb. 22, 2026].
- [2] "Kotlin Documentation," Kotlinlang.org. [Online]. Available: <https://kotlinlang.org/docs/home.html> [Accessed: Feb. 23, 2026].
- [3] O. O. Selivanova, *Linhvistychna entsyklopediia (Linguistic Encyclopedia)*. Poltava, Ukraine: Dovkillia-K, 2011.
- [4] J. Bloch, *Effective Java*, 3rd ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Professional, 2018. Бібліотека Vosk. URL: <https://github.com/alphacep/vosk-api> (дата звернення : 22.02.2026).

## **АНАЛІЗ РОЗРОБКИ WEB-САЙТУ ДЛЯ РЕСТОРАННОГО КОМПЛЕКСУ З МЕТОЮ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЙНО-ОЗДОРОВЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ КУРОРТУ «КУЯЛЬНИК» У М. ОДЕСА**

ЛУКАШУК Д.К. , КОРНІЄНКО Ю.К.

(levpambuk@gmail.com, yurikkorn@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У даній роботі представлено аналіз розробки багатосторінкового web-сайту для ресторанного комплексу, розташованого в районі лиману Куяльник у м. Одеса. Проект спрямований на популяризацію унікальної рекреаційної зони через створення сучасного цифрового представництва, що поєднує гастрономічну складову з інформацією про оздоровчий потенціал курорту.*

У роботі представлено аналіз процесу розробки багатосторінкового вебсайту для ресторанного комплексу, розташованого в рекреаційній зоні лиману Куяльник. Розглянуто архітектуру ресурсу, що поєднує гастрономічну складову з популяризацією оздоровчого потенціалу регіону . Визначено ключові технічні аспекти реалізації проекту на базі PHP, HTML, CSS та реляційної бази даних MySQL . Особливу увагу приділено UI/UX дизайну, адаптивності інтерфейсу та стратегії SEO-просування для залучення як місцевих мешканців, так і іноземних туристів . Проект спрямований на створення сучасного цифрового середовища, що сприяє розвитку туристичного бренду Одещини.

Основні аспекти аналізу розробки сайту:

**1. Концепція і цільова аудиторія:** Ресторанний комплекс розрахований на туристів, гостей міста та відвідувачів курорту, які шукають якісну їжу та відпочинок. Сайт орієнтований на широке коло користувачів – від пацієнтів санаторіїв до поціновувачів еко-туризму.

**2. Інформаційна архітектура сайту:** Структура включає головну сторінку, розділи про заклади комплексу, мапу локації, новини та події курорту, розділ «Про нас», контакти та форму зворотного зв'язку.

**3. UI/UX дизайн:** Візуальне оформлення базується на поєднанні природних відтінків лиману та сучасного мінімалізму. Сайт є повністю адаптивним, що забезпечує зручність використання на смартфонах. Акцент зроблено на високій швидкості завантаження та інтуїтивно зрозумілій навігації.

**4. Технічна реалізація:** Веб-ресурс реалізується з використанням мови програмування PHP для обробки серверних запитів. Візуальна частина побудована на HTML та CSS. Для збереження та структурування інформації про меню, замовлення та відгуки використовується реляційна база даних MySQL.

**5. SEO та маркетинг:** Стратегія просування передбачає оптимізацію під локальні пошукові запити («відпочинок Куяльник», «ресторани Одеси»), інтеграцію з соціальними мережами та впровадження багатомовності (українська, англійська) для залучення іноземних рекреантів.

На основі аналізу виокремлено пріоритетні напрямки: автоматизацію обробки замовлень, оптимізацію швидкодії та вдосконалення дизайну на основі зворотного зв'язку користувачів.

**Висновок:** На основі проведеного аналізу розробки вебсайту зроблено наступні висновки:

Розробка цифрової платформи для ресторанного бізнесу в межах курортної зони є стратегічним інструментом, що дозволяє не лише автоматизувати взаємодію з клієнтами, але й ефективно популяризувати унікальні природні ресурси регіону.

Технічна реалізація із використанням PHP та MySQL забезпечує необхідну функціональність для обробки замовлень і структурування інформації, а адаптивний дизайн гарантує зручність користування на різних пристроях .

Інтеграція маркетингових інструментів та SEO-оптимізації під локальні запити є ключовою умовою для підвищення видимості закладу в мережі та залучення цільової аудиторії в умовах конкурентного рекреаційного ринку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Жежнич П. І. Технології створення та супроводження веб-ресурсів : навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 212 с.
- [2] Смирнов І. Г., Любіцева О. О. Маркетинг туристичних послуг : навчальний посібник. Київ : Альтерпрес, 2015. 256 с.
- [3] Офіційна документація PHP : [Веб-сайт]. URL: <https://www.php.net/docs.php> (дата звернення: 11.04.2026).
- [4] Документація MySQL : [Веб-сайт]. URL: <https://dev.mysql.com/doc/> (дата звернення: 11.04.2026).
- [5] Документація HTML. MDN Web Docs: [Веб-сайт]. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML> (дата звернення: 11.04.2026).
- [6] Документація CSS. MDN Web Docs : [Веб-сайт]. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS> (дата звернення: 11.04.2026).

УДК 004.912:655

## РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ШЛЮЗУ ДЛЯ ДИНАМІЧНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ КОНТЕНТУ В СИСТЕМАХ WEB-TO-PRINT

МАЛЕЦЬ І. В.

(workhouse57@gmail.com)

Інститут поліграфії та медійних технологій НУ “ЛП”

*Розроблено концепцію архітектурної побудови інтелектуального шлюзу для динамічної локалізації контенту в системах Web-to-Print, яка забезпечує автоматизовану взаємодію між користувачьким інтерфейсом замовника та сервісами нейронного машинного перекладу. Обґрунтовано механізми пакетної обробки структурованих сегментів даних, що реалізують поетапний перехід від формування запиту в браузері до інтеграції локалізованого тексту в поліграфічний макет без втручання оператора.*

**Постановка проблеми та актуальність.** Сучасна трансформація поліграфічної галузі характеризується переходом до хмарних сервісів самообслуговування (Web-to-Print), де замовник виступає безпосереднім учасником процесу додрукарської підготовки. Проте при реалізації мультимовних проєктів виникає проблема технологічного розриву: існуючі системи автоматизації макетування не мають вбудованих інструментів інтелектуальної адаптації контенту в реальному часі. Використання традиційних статичних шаблонів для кожної мовної версії призводить до надмірної дубльованості даних та критично уповільнює виробничий цикл. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення уніфікованого програмного шлюзу, який би автоматизував лінгвістичну обробку контенту на етапі його введення в систему [3].

**Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є розробка та наукове обґрунтування компонентів інтелектуального шлюзу для систем Web-to-Print, який забезпечує динамічну локалізацію персоналізованого контенту. Для досягнення мети вирішено такі завдання: визначено структуру взаємодії компонентів шлюзу з NMT-сервісами; розроблено алгоритм маршрутизації лінгвістичних запитів; проведено оцінку ефективності впровадження запропонованої моделі за критеріями часу та вартості.

**Виклад суті дослідження.** Запропонована архітектура інтелектуального шлюзу базується на тривірневій моделі Middleware, що забезпечує безшовну інтеграцію між хмарними сервісами Web-to-Print та зовнішніми системами автоматизованого перекладу. На відміну від традиційних інструментів локалізації інтерфейсів, розроблений функціонал оперує динамічними структурами даних, де початкова фаза пре-аналізу та нормалізації передбачає ідентифікацію контентних ключів у масивах JSON без порушення цілісності метаданих персоналізації. Використання регулярних виразів для ізоляції технічних маркерів дозволяє зберегти стабільність VDP-шаблону на етапі підготовки контенту до лінгвістичної обробки.

Подальша фаза когнітивної маршрутизації ґрунтується на аналізі метаданих замовлення, що дозволяє системі здійснювати вибір між використанням внутрішнього репозиторію вже опрацьованих сегментів (Translation Memory) та зверненням до зовнішніх хмарних провайдерів нейронного машинного перекладу [2]. Такий підхід забезпечує оптимізацію сукупних витрат на обробку контенту за рахунок мінімізації надлишкових запитів до API. Для формалізації процесу вибору оптимального сервісу запропоновано використовувати критерій лінгвістичної ефективності (E), який розглядається як інтегральна функція від якості, технічної латентності та вартості обробки одиниці даних:

$$E=f(Q,L,C)\rightarrow\max$$

де Q - верифікована якість (BLEU/METEOR), L — показник мережевої затримки, а C - вартість запиту.

Завершальний етап технологічного циклу реалізується через модуль геометричної валідації, функціонал якого спрямований на автоматичне коригування параметрів верстки відповідно до довжини локалізованих текстових блоків. Це дозволяє нівелювати ризики виходу тексту за межі графічних фреймів макета, гарантуючи відповідність фінального документа галузевим стандартам PDF/VT [1]. Взаємодія всіх зазначених компонентів у межах єдиного шлюзу забезпечує формування цілісного середовища додрукарської підготовки, що відображено на структурній схемі:

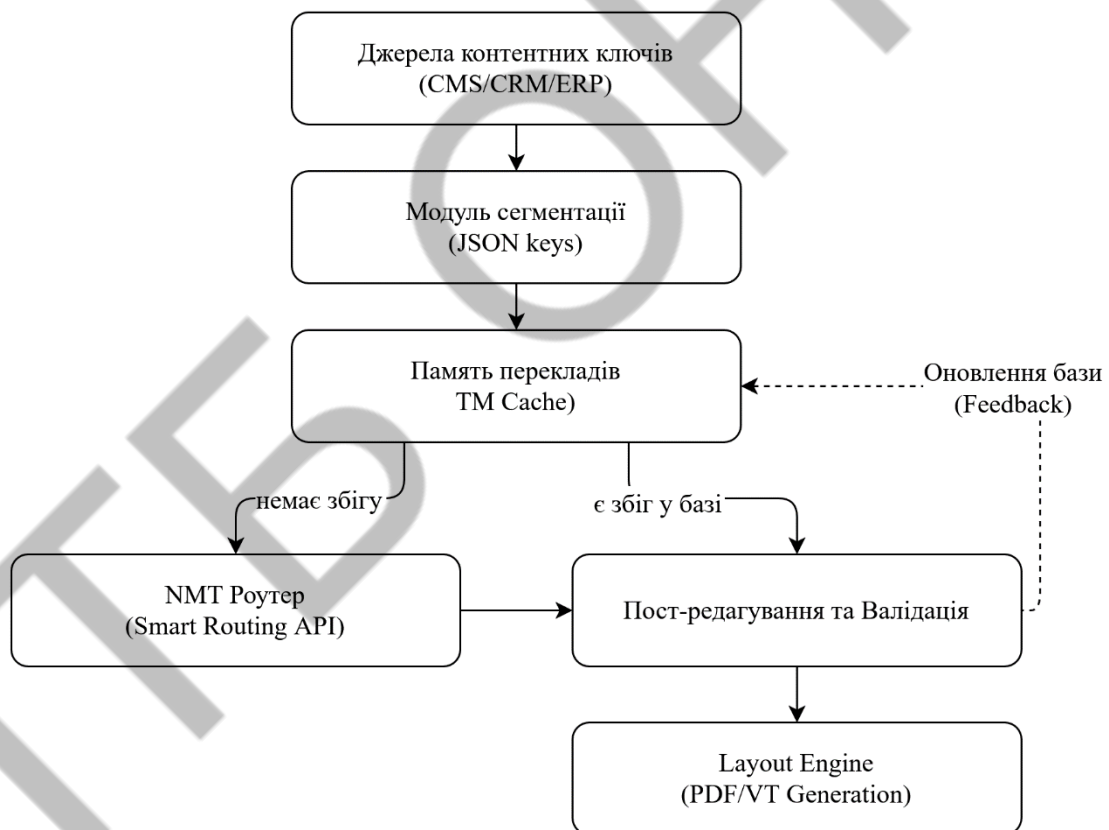


Рисунок 1 – Структурно-логічна схема функціонування інтелектуального шлюзу локалізації контенту в Web-to-Print системах

**Висновки.** Впровадження розробленої концепції лінгвістичного проксі-сервісу дозволяє трансформувати дискретні процеси локалізації у наскрізний автоматизований потік обробки замовлень. Експериментально підтверджено, що інтелектуальна маршрутизація запитів та використання ТМ-кешування забезпечують зниження навантаження на зовнішні

обчислювальні ресурси на 30–40%. Запропонована модель реалізує поетапний перехід від статичного макетування до динамічної взаємодії з реальними видавничими системами, забезпечуючи високу якість персоналізованої поліграфічної продукції при значному скороченні виробничого циклу.

#### **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. ISO 16612-2:2010. Graphic technology — Variable data exchange — Part 2: Using PDF/X-4 and PDF/X-5 (PDF/VT-1 and PDF/VT-2). Geneva : ISO, 2010. 84 p.
2. Koehn P. Neural Machine Translation. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 394 p.
3. Патала О. В. Мережева інфраструктура інформаційної системи оперативного поліграфічного центру. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті. 2018. № 6. С. 95–97.

УДК 004.9:373.2

#### **ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ З ІНТЕГРОВАНИМ МОДУЛЕМ РОЗВИВАЛЬНИХ ІГОР**

МСРАДЖИ М.В.

(mieradzhimaria@gmail.com)

ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій» ОНТУ

*У тезах розглядаються підходи до проєктування інформаційних систем у сфері освіти. Проаналізовано основні вимоги до таких систем, визначено їх ключові компоненти та особливості побудови. Як приклад реалізації розглянуто програмний продукт для розвитку дітей дошкільного віку, що поєднує функції обліку та навчання. Запропоноване рішення демонструє можливості інтеграції управлінських і освітніх процесів в межах єдиної системи.*

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій проєктування інформаційних систем є одним із ключових етапів створення ефективного програмного забезпечення. Особливої актуальності це набуває у сфері освіти, де цифрові рішення поступово стають невід'ємною частиною навчального процесу.

Існуючі програмні продукти для дошкільної освіти здебільшого орієнтовані або на управління закладами, або на розвиток дітей, функціонуючи як окремі системи. Це створює незручності для користувачів та ускладнює організацію роботи. Крім того, значна частина таких рішень не враховує національні особливості освітнього середовища та потребує постійного доступу до мережі Інтернет.

У процесі проєктування інформаційних систем важливим є формування чітких функціональних і нефункціональних вимог. До основних функціональних вимог можна віднести забезпечення реєстрації та авторизації користувачів, розмежування прав доступу, можливість роботи з даними та їх збереження. Нефункціональні вимоги включають надійність, зручність використання, безпеку даних та автономність роботи системи.

Проєктування системи передбачає визначення її структури, основних компонентів та взаємозв'язків між ними. Для цього доцільно використовувати методи об'єктно-орієнтованого підходу та засоби UML-моделювання, що дозволяють наочно відобразити логіку роботи системи та взаємодію користувачів із програмним продуктом.

Як приклад реалізації підходів до проєктування інформаційних систем було розглянуто десктопний програмний продукт «SmartKids Garden», призначений для використання у сфері дошкільної освіти. Система орієнтована на вихователів і батьків та забезпечує можливість створення профілів дітей, вибору вікових категорій, запуску навчальних завдань і збереження результатів їх виконання.

Особливістю запропонованого рішення є поєднання функцій управління даними та навчального контенту в межах одного програмного комплексу. Це дозволяє підвищити ефективність використання системи та спростити роботу користувачів. Крім того, система може працювати без постійного підключення до Інтернету, що є важливим для багатьох закладів освіти.

Таким чином, проєктування інформаційних систем у сфері дошкільної освіти потребує врахування як технічних, так і педагогічних аспектів. Запропонований підхід демонструє, що інтеграція різних функціональних можливостей у межах єдиної системи дозволяє створити зручний і ефективний програмний продукт, адаптований до потреб користувачів.

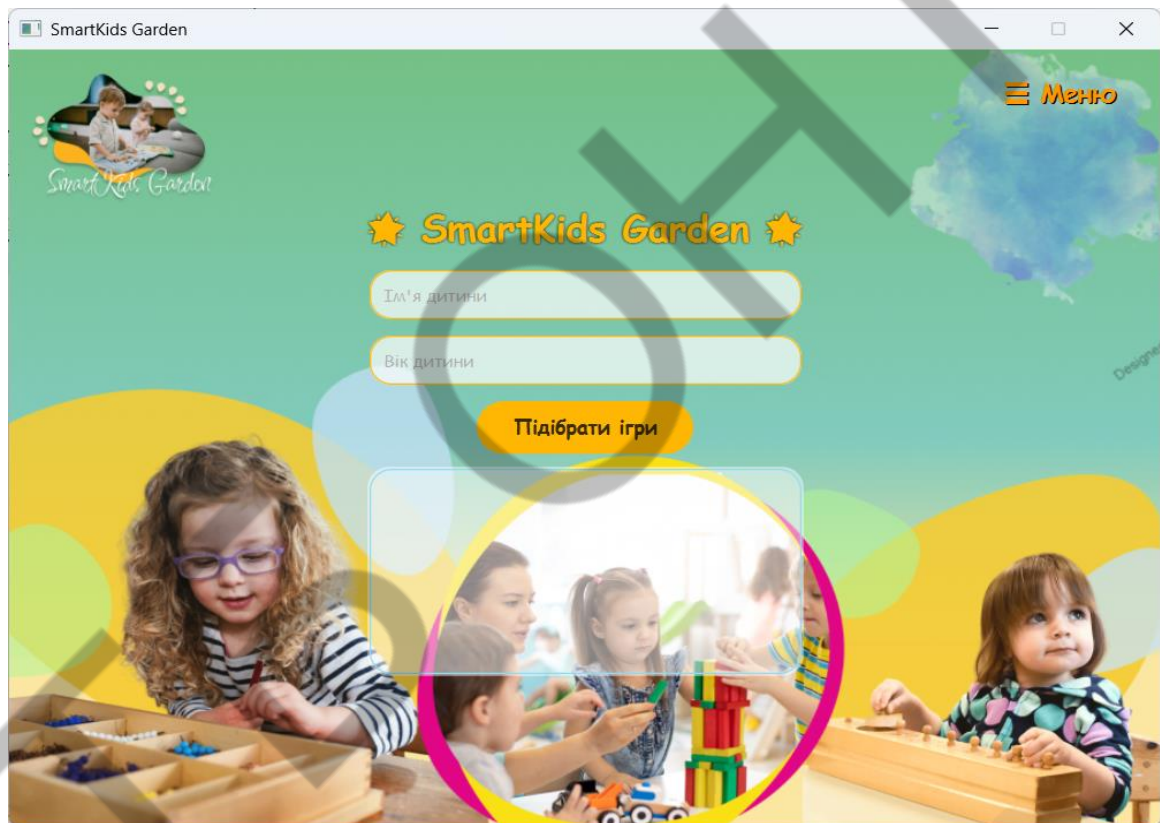


Рисунок 1 - Інформаційна система «SmartKids Garden»

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Sommerville I. Software Engineering. – 10th ed. – Pearson, 2016.
- [2] Pressman R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – McGraw-Hill, 2014.
- [3] ISO/IEC 25010:2011 Systems and software quality models.
- [4] Постанова Кабінету Міністрів України №869 від 12.08.2009.

## **ІНФОРМАЦІЙНА УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА ДЛЯ ДРЕСИРУВАЛЬНИКА ТВАРИН**

МІШЕНЬКІН О.С., СЕЛІВАНОВА А.В.  
(mishinas27@gmail.com, av\_selivanova@ukr.net)  
Одеський національний технологічний університет

*У роботі представлено концепцію веб-орієнтованої інформаційної системи, призначеної для надання методичної допомоги власникам у процесі дресування домашніх улюбленців. Система дозволяє створювати профілі тварин, автоматично формувати персональні рекомендації за допомогою засобів штучного інтелекту, а також вести історію взаємодій користувача із системою. Автори підкреслюють, що впровадження такого рішення дозволяє подолати типові труднощі власників, такі як недостовірні дані із неперевірених джерел та відсутність індивідуального підходу в існуючих універсальних чат-ботах.*

В наш час домашні тварини стали невід'ємною частиною нашого життя, але незважаючи на це, власники стикаються з нестачею знань та відсутністю індивідуального підходу в існуючих джерелах. Сучасні чат-боти на основі ШІ пропонують лише узагальнені відповіді й не враховують особливості тварин, що робить розробку спеціалізованого аналогом актуальним завданням.

Інформаційна управляюча система для дресувальника тварин — це веб-застосунок для підтримки дресування домашніх тварин з використанням штучного інтелекту, що генерує персональні рекомендації з дресування на основі індивідуальних характеристик тварин та дозволяє власникам швидко отримувати якісні поради без пошуку в інтернеті або звернення до фахівця.

Ринок інтелектуальних систем для дресування тварин стрімко зростає: з \$1,22 млрд у 2024 році до \$2,64 млрд у 2029 році [1]. Загальний ринок технологій для домашніх тварин також збільшується — з \$6,28 млрд до \$15,74 млрд за той самий період [2]. Попит зумовлений ставленням до тварин: 97% власників вважають улюбленця членом сім'ї, 77% — найкращим другом, а також наявними проблемами: 74% стикаються з труднощами у догляді, причому поведінка тварини — одна з головних проблем [3]. Власники дедалі більше витрачають на здоров'я, комфорт та навчання своїх тварин [4]. Це все підтверджує актуальність програмних продуктів в цій сфері, особливо віртуальних помічників.

Є проблеми, з якими стикається ця предметна галузь. Дослідження вказують, що чат-боти не завжди здатні генерувати індивідуальні плани тренувань, через не врахування специфіки конкретної собаки [5]. Часте тренування не завжди покращує самоконтроль тварини, так як різні типи дресування дають різні результати [6]. Лише 8% власників звертаються до професійних кінологів, тоді як 22% користуються YouTube та телепередачами, де інформація часто недостовірна, що може нашкодити тварині [7]. 73% власників почувалися пригніченими через великий обсяг інформації, 68% уникають занять із дресування, а 41% мають проблеми навіть із базовими командами [8]. Тому проект вирішує ці проблеми, так як надає індивідуальні поради, використовує перевірені джерела і має зручний та інтуїтивний інтерфейс.

Для визначення сильних і слабких сторін існуючих рішень було розглянуто чотири аналоги. Pup AI — це AI-асистент для iOS, який відстежує прогрес дресування та здоров'я собаки, має сканер породи й настрою [9]. Traini — також iOS-додаток з PetGPT, великою кількістю відеокурсів, можливістю зв'язку з ветеренарами та експертами, а також соціальною мережею для власників собак [10]. PawChamp — це веб-сайт і мобільний додаток із платною підпискою, який використовує віртуального помічника Pawchie AI, генерує індивідуальні плани тренувань на основі даних про собаку та надає доступ до навчального контенту й підтримки кінологів [11]. AskMambo — безкоштовний веб-асистент, який відповідає на

питання про здоров'я, поведінку та дресирування, аналізує фото для визначення настрою собаки й надає відповіді зрозумілою мовою [12]. За результатами порівняння, власний проєкт розроблятиметься як веб-сайт, що забезпечить доступність на відміну від аналогів, обмежених iOS, матиме персоналізацію для тварин та простий та зрозумілий дизайн. Це дозволить створити корисний інструмент для полегшення процесу дресирування.

Для реалізації проєкту розглядалися три мови програмування: Java, C# та Python. Java забезпечує високу кросплатформність та безпеку, але має високі потреби в пам'яті [13]. C# інтегрується з платформою .NET, поєднує продуктивність зі зручним синтаксисом, проте поступається гнучкістю [14]. Python було обрано як найоптимальніший варіант завдяки простому синтаксису, наявності фреймворків Flask і Django для веб-розробки, легкій інтеграції з СУБД, гнучкості архітектури та ефективності роботи зі штучним інтелектом [15]. Для створення веб-інтерфейсу також використовуватимуться HTML, CSS та JavaScript.

Для зберігання даних про користувачів, тварин та історію чату розглядалися три СУБД: SQLite, MySQL та PostgreSQL. SQLite — вбудована база даних, що не потребує окремого сервера, працює в одному файлі, має високу швидкість, невеликий розмір та підтримує ACID-транзакції [16]. Вона ідеально підходить для невеликих сайтів. MySQL — серверна реляційна СУБД, здатна обробляти значні обсяги даних, забезпечує високу продуктивність, масштабованість та механізми безпеки [17]. PostgreSQL — потужна реляційна СУБД з розширеними можливостями, підтримкою MVCC для одночасної роботи багатьох користувачів, підходить для корпоративних застосунків та великих обсягів даних [18]. Для даного проєкту було обрано SQLite, оскільки вона підходить для малих веб-сайтів, не потребує додаткового ПЗ, має мінімальні системні вимоги, а використання MySQL або PostgreSQL було б надмірним і ускладнило б розробку.

Для ефективного та зручного процесу програмування були обрані три популярні IDE: Visual Studio Code, PyCharm та Eclipse IDE. Visual Studio Code — безкоштовне кросплатформне середовище, яке працює з малим навантаженням на систему, має інтелектуальне автодоповнення, засоби налагодження та всі необхідні функції для розробки [19]. PyCharm — потужна IDE для Python із підтримкою віртуальних середовищ, дебагером, інтеграцією з Django та Flask, але споживає багато ресурсів, а повна версія є платною [20]. Eclipse IDE — безкоштовне середовище з відкритим кодом, підтримує різні мови через плагіни, хоча основна — Java, має велику кількість навчальних матеріалів та розширень [21]. Для кваліфікаційної роботи було обрано Visual Studio Code через його безкоштовність, низьке споживання ресурсів та наявність усіх необхідних функцій.

Підсумовуючи, проаналізовано актуальність створення інформаційної системи для дресирування тварин, визначено основні проблеми предметної галузі та шляхи їх вирішення. Розглянуто аналоги, що дозволило обґрунтувати оригінальність власної розробки. Обрані технології найкраще відповідають цілям проєкту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Artificial Intelligence (AI)-Generated Virtual Pet Trainer Market Report 2025: [Website]. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/6177193/artificial-intelligence-ai-generated-virtual> (viewed on: 10.02.2026).

[2] Pet Tech Market Report 2025 - Research and Markets: [Website]. URL: [https://www.researchandmarkets.com/reports/5948460/pet-tech-market-report?utm\\_campaign=1952213+-+Pet+Tech+Global+Market+Report+2024%2c+Featuring+Garmin%2c+GoPro%2c+Loc8tor%2c+Nedap%2c+Datamars%2c+CleverPet%2c+Petcube%2c+Fitbark+and+Whistle+Labs&utm\\_code=gk8qnw&utm\\_exec=carimspi](https://www.researchandmarkets.com/reports/5948460/pet-tech-market-report?utm_campaign=1952213+-+Pet+Tech+Global+Market+Report+2024%2c+Featuring+Garmin%2c+GoPro%2c+Loc8tor%2c+Nedap%2c+Datamars%2c+CleverPet%2c+Petcube%2c+Fitbark+and+Whistle+Labs&utm_code=gk8qnw&utm_exec=carimspi) (viewed on: 11.02.2026).

[3] Study finds pet owners seek technology to enhance veterinary care | PetfoodIndustry: [Website]. URL: <https://www.petfoodindustry.com/pet-food-market/market-trends-and->

reports/news/15768856/study-finds-pet-owners-seek-technology-to-enhance-veterinary-care (viewed on: 13.02.2026).

[4] Pet Ownership Statistics, Pet Industry Trends & Pet Research by APPA: [Website]. URL: <https://americanpetproducts.org/research-insights> (viewed on: 13.02.2026).

[5] Frontiers | On the potential of agentic workflows for animal training plan generation: [Website]. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2025.1563233/full> (viewed on: 16.02.2026).

[6] MTMT2: Mellor N. et al. Impact of Training Discipline and Experience on Inhibitory Control and Cognitive Performance in Pet Dogs: [Website]. URL: <https://m2.mtmt.hu/api/publication/34612051> (viewed on: 18.02.2026).

[7] Ban Sales of Aversive Devices | Blue Cross: [Website]. URL: <https://www.bluecross.org.uk/press-release/problematic-pet-behaviour-sees-concerns-over-aversive-training-methods> (viewed on: 19.02.2026).

[8] Almost three-quarters of first-time dog owners overwhelmed | PetsRadar: [Website]. URL: <https://www.petsradar.com/news/research-reveals-almost-three-quarters-of-first-time-dog-owners-are-overwhelmed> (viewed on: 19.02.2026).

[9] Pup AI: Dog Training & Care App - App Store: [Website]. URL: <https://apps.apple.com/us/app/pup-ai-dog-training-care/id6748481052> (viewed on: 20.02.2026).

[10] Traini-Dog Translator&Training App - App Store: [Website]. URL: <https://apps.apple.com/us/app/traini-dog-translator-training/id1607696607> (viewed on: 20.02.2026).

[11] Modern Personalized Dog Training | PawChamp: [Website]. URL: [https://pawchamp.com/?utm\\_source=toolify](https://pawchamp.com/?utm_source=toolify) (viewed on: 20.02.2026).

[12] AskMambo: [Website]. URL: <https://www.askmambo.com/> (viewed on: 20.02.2026).

[13] Overview of Java: [Website]. URL: <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/12.2/jjdev/Java-overview.html#GUID-17B81887-C338-4489-924D-FDDDF2468DEA7> (viewed on: 23.02.2026).

[14] Overview - A tour of C# | Microsoft Learn: [Website]. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/tour-of-csharp/overview> (viewed on: 23.02.2026).

[15] 3.14.3 Documentation: [Website]. URL: <https://docs.python.org/3/> (viewed on: 23.02.2026).

[16] Appropriate Users For SQLite: [Website]. URL: <https://www.sqlite.org/whentouse.html> (viewed on: 24.02.2026).

[17] MySQL Database: Overview and Advantages: [Website]. URL: <https://www.motadata.com/it-glossary/mysql-database/> (viewed on: 24.02.2026).

[18] PostgreSQL Database: Features, Benefits & When to Use It | Databricks: [Website]. URL: <https://www.databricks.com/glossary/postgresql-database> (viewed on: 24.02.2026).

[19] Why did we build Visual Studio Code?: [Website]. URL: <https://code.visualstudio.com/Docs/editor/whyvscode> (viewed on: 25.02.2026).

[20] PyCharm: The only Python IDE you need: [Website]. URL: <https://www.jetbrains.com/pycharm/> (viewed on: 25.02.2026).

[21] Eclipse IDE Tutorial: [Website]. URL: <https://www.tutorialspoint.com/eclipse/index.htm> (viewed on: 25.02.2026).

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ SDLC НА ОСНОВІ ДАНИХ GITHUB**

МОРГУН І.В.

(12orator12@gmail.com)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

*Актуальний цикл розробки програмного забезпечення (SDLC) має приховані ризики. Серед головних проблем можна відмітити: непомітне вигорання команди, застарілі та вразливі бібліотеки, зрив дедлайнів. Для вирішення цього необхідний автоматизований інструмент контролю.*

Завдання проекту:

- Інтегрувати GitHub API.
- Створити ML-модуль предиктивної аналітики.
- Розробити алгоритм розрахунку “Метрики вигорання”.
- Впровадити розмежування доступу.

Суть дослідження. Система збирає артефакти розробки. Джерелом є GitHub (коміти, Pull Requests). Дані обробляються ML-модулем.

Перший напрямок – безпека. Автоматичний аудит коду шукає вразливості та старі залежності.

Другий напрямок – ефективність команди. Аналізуються патерни роботи. Розраховується Burnout Index (Метрика вигорання). Враховується частота змін та час роботи.

Третій напрямок – предиктивна аналітика. Прогнозуються ризики зриву дедлайнів на основі історії проекту.

Доступ розділено згідно з ролями. Менеджери бачать стратегічні звіти. Аналітики аналізують детальні дані.

Висновки. Створено концепт інтелектуальної системи. Вона автоматизує SDLC-моніторинг. Зменшує ризики безпеки. Оптимізує навантаження команди. Запобігає професійному вигоранню.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] M. Fowler, UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. Addison-Wesley Professional, 2003.

[2] "GitHub REST API documentation," GitHub Docs. [Online]. Available: <https://docs.github.com/en/rest>.

## КАТЕГОРИЗАЦІЯ ЗАСОБІВ ДОСТУПУ ДО КОМУНІКАЦІЙНИХ СЕРВІСІВ ПУБЛІКАЦІЙНИХ ПЛАТФОРМ

МОРОЗ РОМАН

(moro3roman@gmail.com),

Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «ЛП»

Наведені особливості проектування категоризаційних інтерфейсів публікаційної платформи супроводу наукових досліджень. Обґрунтоване впровадження моделі ролегрунтованого доступу для вибору статусу учасника видавничого процесу. Особлива увага приділена архітектурі електронного кабінету рецензента, де інтегрований функціонал для роботи з публікаціями різних форматів, система навігації за виданнями і темами, механізми інтерактивного коментування і автоматичного формування бланків рецензій за шаблоном.

**Постановка проблеми та актуальність.** Категоризація засобів доступу до комунікаційних сервісів є структурним елементом архітектури будь-якої інформаційної платформи, яка об'єднує багаторольові комунікаційні модулі, що впливає з моделі користувацьких ролей, інтеграційних інтерфейсів та каналів взаємодії. Категоризація засобів доступу визначає типи інтерфейсів і канали взаємодії, через які учасники публікаційного процесу використовують сервіси платформи. Забезпечення багаторівневого доступу до комунікаційних сервісів є передумовою безперервності редакційного циклу та інтеграції з зовнішніми інституційними системами.

**Мета та завдання дослідження.** У межах функціонування інформаційної платформи публікаційного супроводу наукових досліджень [1] ключовою передумовою забезпечення цілісності, конфіденційності та контрольованості доступу є впровадження механізму авторизації користувачів. При цьому початкова процедура автентифікації виконує роль первинного бар'єра, що запобігає несанкціонованому втручанням у процеси комунікації між учасниками наукового та редакційного циклу, тому її реалізація повинна бути технологічно коректною, логічно структурованою та зручною для суб'єктів платформи.

### Виклад суті дослідження.

Для належного відображення різних сценаріїв взаємодії було застосовано модель ролегрунтованого доступу, яка передбачає попередній вибір користувачем власного статусу в системі. Відповідно у модулі авторизації впроваджено групу елементів типу перемикача, кожен із яких відповідає одній з визначених функціональних ролей: автор, керівник (консультант), рецензент, спеціаліст з антиплагіату, виконавець нормоконтролю та редактор [2]. Використання окремих радіокнопок у структурі сітки дає змогу компактно розміщувати альтернативні значення та забезпечує однозначний вибір типу суб'єкта доступу (рис. 1).

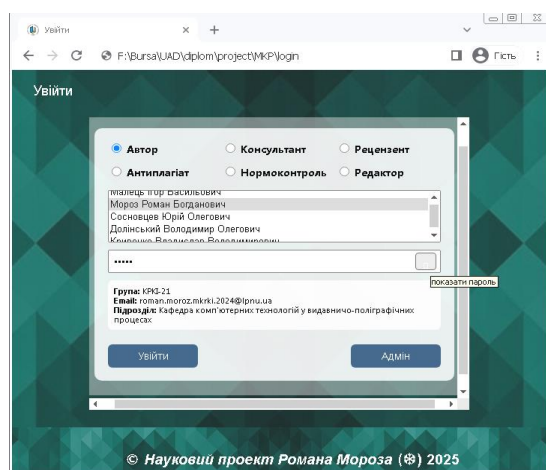
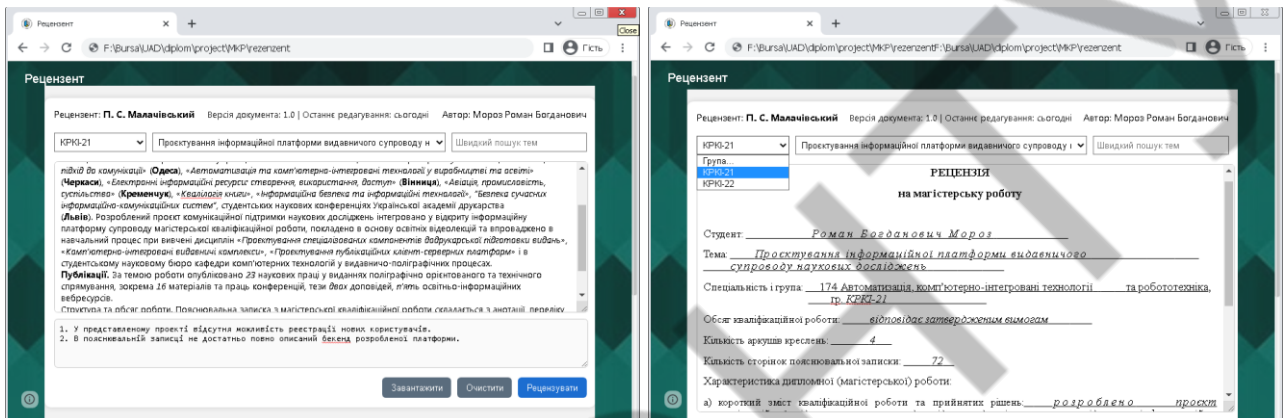


Рисунок 1 – Діалог автентифікації статусу користувача

Така структуризація дозволяє відокремити ідентифікаційні елементи (ПІВ) від атрибутівних (група для здобувачів, ступінь і вчене звання для наукових працівників, електронна адреса, належність до підрозділу), що є важливим для формування логічно впорядкованих профілів учасників публікаційного процесу.

Для робочого кабінету кожного учасника видавничого процесу в системі публікаційного супроводу наукових досліджень важливо передбачити всі цільові функціональні елементи, які забезпечують ефективну роботу з науковими документами, а також зручну навігацію та контроль над етапами. Так, у робочому кабінеті рецензента після зазначення користувача та його ролі у верхній частині інтерфейсу логічним є додавання: випадного списку з призначеними виданнями для швидкого переходу між ними, та другого списку, який динамічно підтягує теми публікацій (рис. 2, а).



а) Рисунок 2 – Електронний кабінет сутності «Рецензент» при огляді контенту б)

Основна робоча область повинна реалізована достатньо великою, масштабованою, і забезпечувати перегляд рецензованого документа, підтримку різних форматів типових (PDF, DOCX, ODT). Додаткові кнопки «Завантажити» для отримання документа на локальний пристрій, «Очистити» для очищення проміжних коментарів або приміток, «Рецензувати» для фіксації оцінки, коментарів, зауважень. Зручними інтерактивними елементами є панель статусу, яка відображає поточний етап роботи над документом, дату останнього редагування, авторів і версію файлу; історію змін або журнал рецензій, де можна переглянути попередні коментарі та дії інших користувачів; поле для коментарів і позначок прямо в документі, що забезпечує інтерактивну рецензію; система сповіщень або підказок (якщо нова версія документа завантажена або термін рецензування наближається); пошук і фільтри за автором, групою чи датою завантаження для швидкого доступу до потрібних робіт та механізм компіювання заповненого бланка рецензії встановленого стандарту (рис. 2, б).

**Висновки.** Таким чином, робочий кабінет рецензента поєднує інформаційну компактність, забезпечує інтерактивність при роботі з документами, контроль процесу рецензування та зручну навігацію між секціями і темами, водночас залишаючи простір для аналітичних модулів статистики рецензій чи оцінювання прогресу авторів [3]. Оптимізована архітектура проєктованої публікаційної платформи покладена в основу інформаційної системи комунікаційної підтримки при підготовці магістерських кваліфікаційних робіт.

### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мороз Р. Спеціалізація автоматизованих видавничо-редакційних веб платформ публікування наукових досліджень. Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій, №24, 2024. С. 114-117.
2. Neroda T. Expanding academic writing experience when research materials submitting through a web-based conference management. Medical and technical cooperation for the sake of victory, 2024. P. 215-218.
3. Мороз Р. Комунікаційні інструменти аналізу даних в публікаційних платформах на базі штучного інтелекту. Комп'ютерні ігри і мультимедіа, як інноваційний підхід до комунікації, № 5, 2025. С. 344-346.

## ВЕБ-СЕРВІС ДЛЯ ПОБУДОВИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕАЛОГІЧНОГО ДЕРЕВА

МОШНЯГА А.В.

(anton.moshnyaga@gmail.com)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

У роботі розглядаються архітектурні та алгоритмічні аспекти створення веб-сервісу для побудови та 3D-візуалізації генеалогічних дерев. Описано підходи до проектування бази даних, обґрунтовано вибір технологій та запропоновано гнучку модель збереження складних родинних зв'язків. Проектоване рішення спрямоване на надання користувачам інтуїтивно зрозумілого інструмента для збереження історії свого роду у тривимірному просторі.

Збереження сімейної історії та пам'яті про предків є важливою складовою культурної спадщини. З розвитком інформаційних технологій процес створення родоводів перейшов з паперових носіїв у цифровий формат. Проте, існуючі програмні рішення часто перевантажені зайвим функціоналом, вимагають платної підписки для базових дій або мають застарілий інтерфейс. З огляду на це, проблемою є необхідність розробки доступного та інтуїтивно зрозумілого веб-сервісу для візуалізації генеалогічних дерев, що стане конкурентоспроможною альтернативою наявним платформам.

Для досягнення поставленої мети під час дослідження було вирішено наступні завдання: проаналізовано предметну область; спроектовано структуру бази даних для ефективного зберігання класичних та нетипових родинних зв'язків; запропоновано архітектуру серверної (backend) та клієнтської (frontend) частин веб-додатка; розроблено концепт інтерактивної 3D-візуалізації родинного дерева.

Суть дослідження полягає у проектуванні архітектури веб-сервісу.

Приклад принципу роботи веб-сервісу представлено на рис. 1.

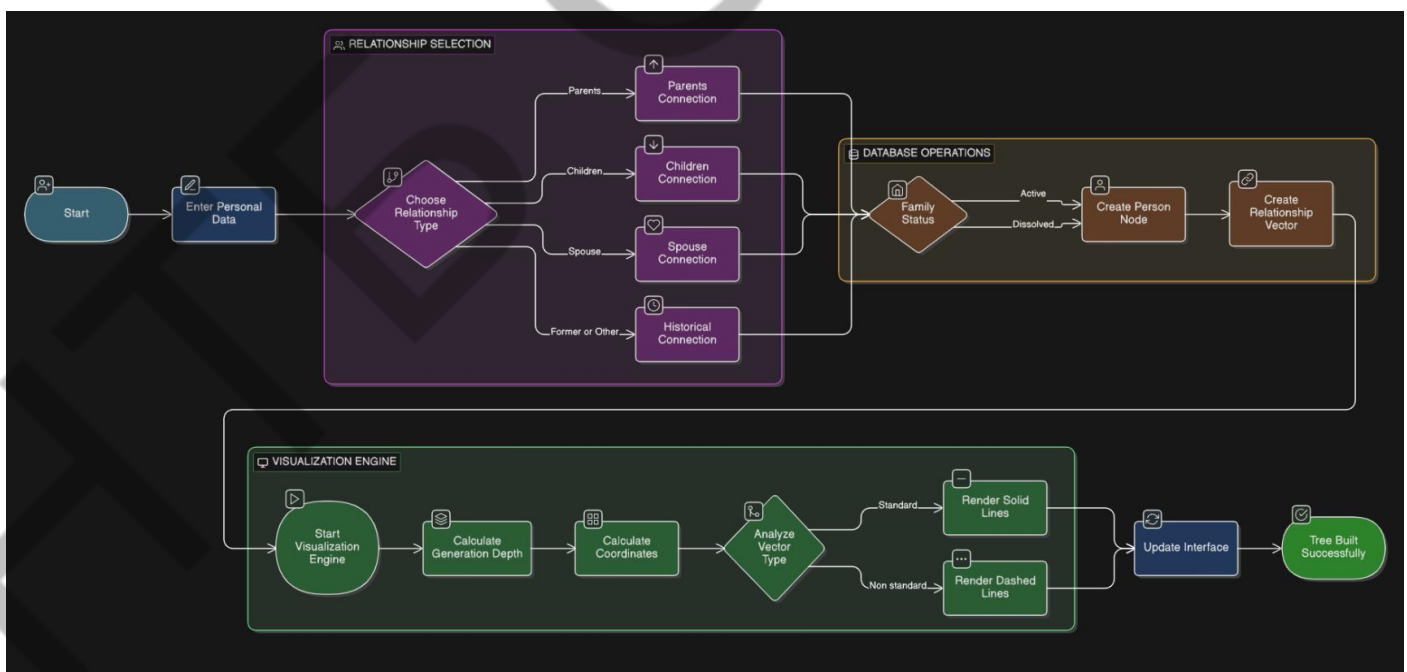


Рисунок 1 – Візуальне представлення роботи генеалогічного дерева

Для зберігання даних обрано реляційну базу даних MySQL, де ієрархія та родинні зв'язки між особами (вузлами графа) реалізуються за допомогою моделі суміжних списків (Adjacency

List). Серверна частина базується на мові Python і проєктується як REST API для обробки основних операцій: додавання нових членів родини, редагування біографічної інформації та встановлення різнотипних зв'язків. Окрему увагу приділено гнучкості системи: запропоновано механізм збереження «нетипових» соціальних графів (наприклад, збереження в історичній структурі дерева осіб, які припинили активні зв'язки з родиною, за допомогою системи статусів).

Архітектура клієнтського інтерфейсу на базі JavaScript передбачає інтерактивну 3D-візуалізацію структури дерева. Запропонований підхід дозволить користувачеві ефективно масштабувати відображення, переміщуватися по складних гілках родоводу у просторі та відкривати детальні картки родичів по кліку.

Висновки. У результаті дослідження спроектовано архітектуру та розпочато реалізацію сучасного веб-сервісу для ведення генеалогічних дерев. Запропонована гнучка структура бази даних вирішує проблему збереження складних родинних зв'язків, а концепт 3D-візуалізації дозволить значно покращити сприйняття ієрархічної інформації порівняно з 2D-аналогами. Наразі триває етап програмної реалізації продукту, у перспективі планується впровадження спільного редагування та експорту даних у форматі GEDCOM.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Schwartz B., Zaitsev P., Tkachenko V. High Performance MySQL: Proven Strategies for Operating at Scale. 4th ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2021.
2. Dirksen J. Learn Three.js: Program 3D animations and visualizations for the web with HTML5 and WebGL. 3rd ed. Birmingham: Packt Publishing, 2018
3. The GEDCOM Standard Release 5.5 / Family History Department. Salt Lake City: The Church of Jesus Christ of Latter-day Saints, 1995. URL: <https://gedcom.io/specifications/ged551.pdf>

УДК 004.415.2:614.2

### МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ВИМОГ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ЦЕНТРУ

НОВЕНКО О. Р.  
([olhanovenko@knu.ua](mailto:olhanovenko@knu.ua))

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

*У роботі здійснено комплексний аналіз бізнес-процесів платної клініки з метою проєктування інформаційної системи. Проведене моделювання процесу збору вимог шляхом анкетування та глибокого інтерв'ю з ключовими стейкхолдерами (зацікавленими особами) дозволило виявити критичні недоліки паперових та електронних табличних форм обліку. Результатом дослідження є сформоване завдання для подальшої розробки централізованої системи для обліку пацієнтів, медичних послуг та формування звітності для підвищення ефективності управління закладом.*

**Постановка проблеми.** Проблема відсутності єдиної інформаційної системи (ІС) призводить до розрізненості даних, які зберігаються у паперовому вигляді або в електронних таблицях, що значно ускладнює роботу персоналу. Тому цифровізація медичних послуг є важливою умовою для забезпечення точності фінансових розрахунків та швидкості обслуговування пацієнтів.

**Методи дослідження.** Для виявлення вимог до ІС було застосовано методіку глибокого інтерв'ю з керівництвом та анкетування персоналу. У процесі дослідження було

ідентифіковано п'ять груп стейкхолдерів: керівництво служби планування, реєстратори, лікарі, бухгалтерія та пацієнти.

Таблиця 1. Результати аналізу потреб зацікавлених сторін (стейкхолдерів)

Група стейкхолдерів	Основні проблеми поточної моделі	Ключові вимоги до майбутньої ІС
Керівництво	Складність контролю фінансових потоків, затримки у звітності.	Автоматичне формування аналітичних звітів, моніторинг доходів.
Реєстратори	Ручне введення даних, дублювання карток, черги.	Швидкий пошук пацієнта в базі, автоматизація реєстрації звернень.
Лікарі	Трудомісткість ведення медичної документації в паперовому вигляді.	Доступ до електронної медичної картки, фіксація наданих послуг.
Бухгалтерія	Помилки при розрахунку вартості послуг та пільг.	Автоматичний розрахунок чека згідно з кваліфікацією лікаря.
Пацієнти	Тривалий час очікування в черзі.	Прискорення процесу оформлення та оплати послуг.

**Перелік вирішених завдань.** Для досягнення мети дослідження було вирішено наступні завдання:

1. Визначено межі моделі системи «Платна клініка» та окреслено її основні функції.
2. Ідентифіковано ключових стейкхолдерів та проаналізовано їхні ролі в робочих процесах клініки.
3. Проведено анкетування та глибинне інтерв'ю з персоналом для виявлення прихованих проблем поточної форми обліку.
4. Систематизовано потреби користувачів та сформульовано функціональні вимоги до майбутньої інформаційної системи.

**Результати та обговорення.** На основі аналізу отриманих даних виявлено, що щоденна інтенсивність роботи з даними пацієнтів є критично високою. Основними проблемами поточної моделі управління є:

- повільний пошук інформації про пацієнтів;
- високий ризик втрати інформації;
- системні помилки при введенні даних;
- складність розрахунку вартості лікування;
- відсутність зручних фінансових звітів.

Керівництво закладу наголошує на важливості точності, надійності та простоти інтерфейсу майбутньої системи для роботи без спеціального навчання працівників.

**Висновки.** Проведене дослідження підтвердило гостру потребу у впровадженні централізованої ІС для автоматизації роботи платної клініки. Основними функціональними блоками системи мають стати модулі реєстрації пацієнтів, ведення електронних карток, автоматизований розрахунок вартості послуг та блок фінансової аналітики. Це дозволить мінімізувати вплив людського фактору та оптимізувати управлінські рішення.

## ЗАСТОСУВАННЯ ПОРОДЖУЮЧИХ ПАТЕРНІВ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ СИСТЕМИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

НОВЕНКО О. Р.

([olhanovenko@knu.ua](mailto:olhanovenko@knu.ua))

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

*У роботі розглядається застосування породжуючих патернів проектування для створення програмних систем обчислення площ геометричних фігур. Проведене моделювання архітектури системи із застосуванням породжуючого патерна «Simple Factory» дозволило забезпечити динамічне створення об'єктів та централізоване управління логікою програми. Використання інтерфейсів та інкапсуляції методів обчислення площ (для трикутника, трапеції, кола тощо) дозволило виявити переваги низької зв'язності компонентів при побудові графічних інтерфейсів. Результатом дослідження є розроблений застосунок із механізмом суворої валідації вхідних даних, що гарантує математичну коректність розрахунків та підвищує надійність функціонування інформаційної системи.*

**Постановка проблеми.** Основна проблема при розробці систем обчислення площ полягає в жорсткій залежності між графічним інтерфейсом користувача та конкретними класами фігур. Сучасна розробка програмного забезпечення (ПЗ) вимагає створення гнучких архітектур, які легко піддаються масштабуванню та модифікації. Отже, необхідно забезпечити таку структуру коду, де додавання нових типів об'єктів не потребувало б переписування логіки відображення.

**Об'єкт дослідження.** Процес конструювання програмних систем, що потребують динамічного створення об'єктів різних типів зі спільним інтерфейсом взаємодії.

**Методи дослідження.** У роботі використано принципи об'єктно-орієнтованого програмування (ООП) та архітектурний шаблон «Simple Factory» (Проста фабрика). Для реалізації було обрано мову програмування C# та платформу .NET.

**Основна частина.** В ході дослідження було розроблено програмну систему для обчислення площ геометричних фігур (трикутника, трапеції, кола, прямокутника тощо). В ході роботи вирішується завдання з уникнення жорсткої залежності (tight coupling) між графічним інтерфейсом користувача та конкретними класами фігур.

Для вирішення цього завдання було впроваджено:

1. **Інтерфейс IShape**, який визначає єдиний метод CalculateArea(). Це дозволило працювати з будь-якою фігурою абстрактно.
2. **Клас ShapeFactory**, що інкапсулює логіку розпізнавання типів та створення відповідних екземплярів класів.
3. **Механізм валідації**, інтегрований у конструктори класів, що запобігає створенню неіснуючих об'єктів (наприклад, трикутника з некоректними сторонами).

Використання переліку ShapeType замість текстових рядків у фабриці дозволило мінімізувати помилки під час розробки та пришвидшити обробку запитів користувача.

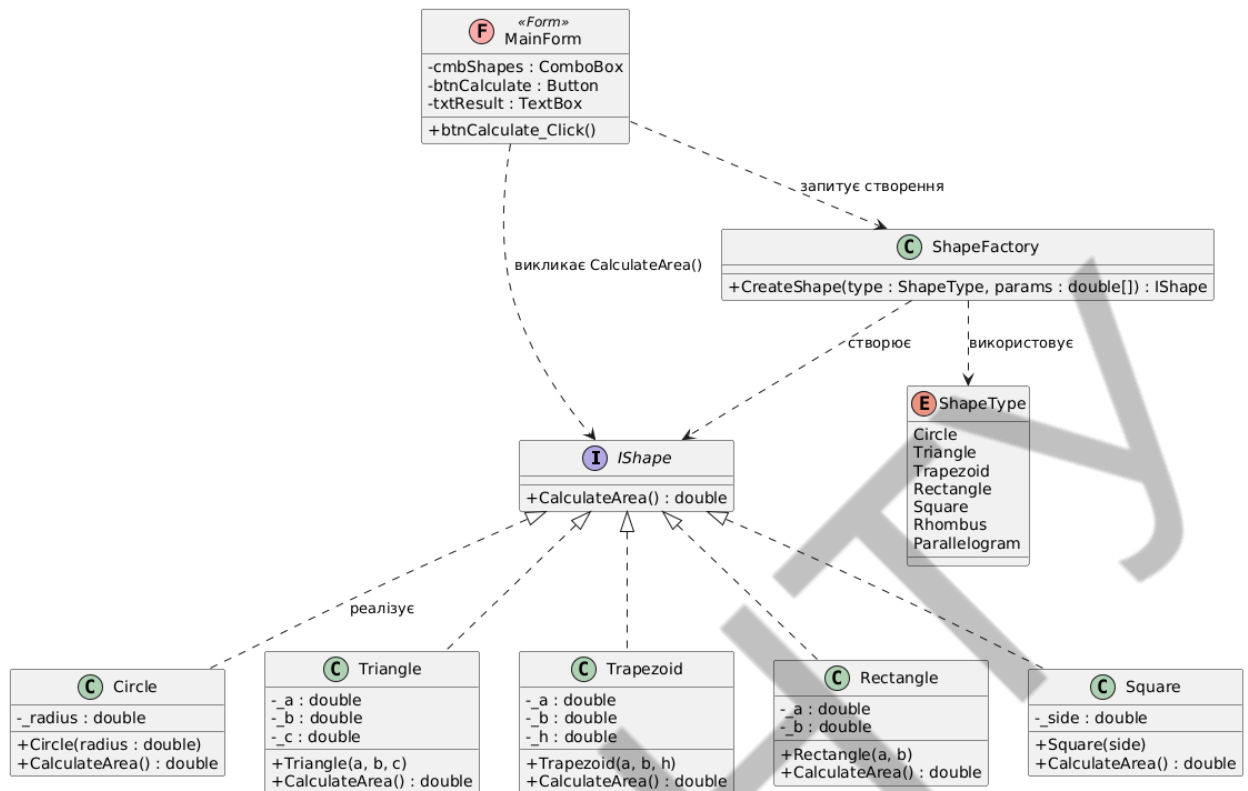


Рисунок 1 - Діаграма класів системи обчислення площ (Pattern: Simple Factory)

**Суть дослідження.** В основі розробленої системи лежить використання інтерфейсу IShape, який визначає єдиний метод CalculateArea(). Це дозволяє програмі працювати з будь-якою фігурою (трикутник, трапеція, коло, прямокутник) абстрактно, не знаючи її конкретного типу на етапі компіляції. Ключовим компонентом є клас ShapeFactory, що інкапсулює логіку розпізнавання типів. Використання переліку ShapeType замість текстових рядків дозволило мінімізувати помилки та пришвидшити обробку запитів. Розроблений Windows Forms застосунок демонструє повне відокремлення бізнес-логіки від презентаційного шару. Завдяки такому підходу, додавання нової фігури вимагає створення лише одного класу, що підтверджує високу масштабованість обраної моделі.

**Перелік вирішених завдань:**

1. Проаналізовано принципи роботи породжуючих патернів, зокрема «Simple Factory».
2. Розроблено архітектуру системи на основі інтерфейсу IShape та конкретних класів фігур.
3. Реалізовано механізм централізованого створення об'єктів через клас-фабрику.
4. Впроваджено систему валідації вхідних даних для забезпечення математичної коректності об'єктів.

**Висновки.** Відповідно до поставленої задачі, у ході дослідження було доведено, що:

1. Використання патерна «Simple Factory» дозволяє значно спростити підтримку коду та забезпечити низьку зв'язність компонентів системи.
2. Впроваджений механізм валідації у конструкторах класів гарантує надійність системи, запобігаючи створенню неіснуючих геометричних об'єктів.
3. Розроблена архітектура відповідає принципам чистого коду і може бути використана як база для складніших систем комп'ютерного моделювання.

## **СИНЕРГІЯ ПРИРОДНИЧИХ НАУК І ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФОРМУВАННІ СУЧАСНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

ОРЕХОВСЬКА Н. О., ЛЕОНІДОВА А. О.

(orehovskaya.natasha@gmail.com, leonidovaalla7@gmail.com)

Відокремлений структурний підрозділ «Одеський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного університету «Одеська політехніка»

*Розглядається взаємозв'язок між фізичними, хімічними та цифровими процесами у розробці автомобільного електрообладнання. Показано роль електроніки, матеріалознавства, мікропроцесорних систем та програмного забезпечення у підвищенні енергоефективності, екологічності та безпеки транспортних засобів. Проаналізовано вплив електрифікації, цифрових технологій та автономного водіння на сучасні технічні рішення. Підкреслено необхідність міждисциплінарної підготовки спеціалістів для забезпечення подальшого розвитку автомобільних технологій*

Традиційний підхід до вивчення автомобільних систем як сукупності окремих вузлів дедалі більше втрачає актуальність. У цьому контексті актуальною є необхідність системного аналізу автомобільного електрообладнання саме крізь призму взаємодії фізичних, хімічних і електронних процесів [1-3]. Такий підхід дозволяє глибше зрозуміти закономірності функціонування сучасних автомобільних систем, оцінити перспективи їх подальшого розвитку та сформувані науково обґрунтовані підходи до проектування, експлуатації й підготовки інженерних кадрів для автомобільної галузі.

Сучасне автомобільне електрообладнання базується на фундаментальних законах фізики, насамперед електромагнетизму та термодинаміки. Електромагнітні процеси лежать в основі роботи генераторів (потужність до 3–5 кВт у сучасних автомобілів), стартерів, електродвигунів допоміжних систем і тягових електромашин електромобілів (момент до 1000 Нм). Перетворення механічної енергії на електричну та навпаки відбувається завдяки змінному магнітному полю, індукції та взаємодії струмів із магнітними потоками.

Зі зростанням потужності (до 50 кВт у EV) та щільності компоновки електронних компонентів дедалі важливішими стають теплові режими. Надлишкове тепловиділення в силовій електроніці (IGBT/SiC-транзисторах), акумуляторах і електродвигунах безпосередньо впливає на ККД (знижує на 5–10 %), надійність і довговічність систем. Тому сучасні автомобілі широко застосовують активні системи охолодження, теплове моделювання (CFD-симуляція) та інтелектуальне керування енергоспоживанням, що дозволяє підвищити енергоефективність на 15–20 %.

Хімічні процеси є критично важливими для функціонування сучасних транспортних засобів, насамперед у сфері накопичення та перетворення енергії. Літій-іонні (NMC, LFP) та перспективні твердотільні акумулятори базуються на електрохімічних реакціях (інтеркаляція  $\text{Li}^+$ ), які визначають їхню ємність, швидкість заряджання, термін служби, безпеку та забезпечують щільність енергії 250–300 Втгод/кг (2025 р.). Саме хімічний склад катодів (Ni, Co, Mn) і електролітів формує можливість подальшої електрифікації транспорту.

Хімія відіграє ключову роль і в екологічних системах автомобіля – трикомпонентних каталізаторах, що нейтралізують NOx, CO, HC на 98–99 %, фільтрах DPF твердих частинок. Сучасні датчики (кисню  $\text{ZrO}_2$ , азоту NOx, температури, тиску) використовують хімічно чутливі матеріали, здатні змінювати свої властивості під дією навколишнього середовища.

Матеріалознавство об'єднує фізику й хімію в електроніці: напівпровідники (Si, SiC, GaN у силовій електроніці) підвищують ККД інверторів до 99 % і дозволяють працювати при 200 °C), ізоляційні матеріали та композити забезпечують мініатюризацію, енергоефективність і стійкість до екстремальних умов експлуатації.

Електроніка є «інтелектуальним ядром» сучасного автомобіля. Традиційні електронні блоки керування поступово трансформуються в зональні контролери та високопродуктивні обчислювальні платформи типу Vehicle Computer (NVIDIA Orin, Qualcomm Snapdragon Ride – продуктивність до 2000 TOPS). Це дозволяє централізувати обробку даних, скоротити кількість проводки на 30–40 % та підвищити швидкість реакції систем.

Силова електроніка (інвертори на SiC, DC/DC-перетворювачі) забезпечує керування електродвигунами (до 400 кВт), заряджання акумуляторів і рекуперацію енергії (до 100 кВт). Датчики (радары 77 ГГц, LIDAR, камери) та виконавчі механізми (сервоприводи, соленоїди) формують замкнені контури керування, у яких фізичні сигнали перетворюються на цифрові дані для подальшого аналізу мікропроцесорними системами.

Зростання кількості електронних систем (зростання даних до 4 ТБ/год у автономних автомобілів) зумовило розвиток автомобільних мереж зв'язку. Шини CAN і LIN залишаються базовими для обміну даними, але для систем ADAS та автономного керування дедалі активніше впроваджується Ethernet TSN. Ethernet з підтримкою TSN (Time-Sensitive Networking) забезпечує детерміновані затримки та високу пропускну здатність, що є критично важливим для передачі даних у реальному часі (100 Мбіт/с – 10 Гбіт/с, затримка < 1 мс) та пріоритетність трафіку, дозволяючи інтегрувати радары, камери та LIDAR в єдину мережу. Саме бортові мережі об'єднують фізичні (датчики), хімічні (BMS) та електронні компоненти в єдину кіберфізичну систему автомобіля з підтримкою V2X.

Програмне забезпечення стає визначальним фактором розвитку автомобільної електроніки. Архітектури AUTOSAR забезпечують модульність і сумісність програмних компонентів, тоді як стандарти ISO 26262 (ASIL-D) регламентують функціональну безпеку, ISO/SAE 21434 – кіберзахист, SOTIF – безпеку намірів

Широке впровадження OTA-оновлень дозволяє дистанційно модернізувати автомобіль, виправляти помилки та додавати нові функції. Водночас це підвищує вимоги до захисту даних і стійкості систем до кібератак, що знову ж таки демонструє тісний зв'язок електроніки, ІТ та безпеки.

Сучасне електрообладнання безпосередньо впливає на екологічні характеристики автомобіля. Системи рекуперації енергії (повернення до 30 % енергії), інтелектуальне керування енергетичними потоками та оптимізація споживання електроенергії (зниження споживання на 10–15 %) сприяють зменшенню викидів і підвищенню загальної ефективності.

Електрифікація транспорту та інтеграція відновлюваних джерел енергії формують основу концепції «зеленої мобільності», у якій автомобіль стає активним елементом енергетичної екосистеми.

Перехід до складних кіберфізичних систем висуває нові вимоги до підготовки фахівців. Сучасний інженер має поєднувати знання з електроніки, фізики, хімії, програмування та енергетики, виступаючи інженером-інтегратором. Освітні програми мають включати MATLAB/Simulink, AUTOSAR, ISO 26262, Python для AI.

Міждисциплінарні компетентності стають ключовими для проектування, експлуатації та обслуговування сучасного автомобільного електрообладнання, що потребує оновлення освітніх програм і методів навчання.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Yamini E. Integration of emerging technologies in next-generation electric vehicles: evolution, advancements and regulatory prospects / E. Yamini, *et al.* // *Results in Engineering*, vol. 25, p. 104082, 2025. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.104082.
2. Underwood S. Electric vehicle battery technologies and capacity prediction: a comprehensive literature review of trends and influencing factors / S. Underwood, *et al.* // *Batteries*, vol. 10, № 12, p. 451, 2024. DOI: 10.3390/batteries10120451.
3. Santos C. A multidimensional assessment of electrification in automotive powertrains: technical, operational, and strategic perspectives / C. Santos, *et al.* // *Results in Engineering*, 2025. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.103432.

## **ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК НЕВІД'ЄМНИЙ ЕТАП РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

ПИСАРЕНКО А.Р.

(artur.pysarenko@student.karazin.ua)

Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна

*У роботі розглянуто значення тестування програмного забезпечення в процесі розробки інформаційних систем. Проаналізовано основні види тестування, їх особливості та роль у забезпеченні якості програмного продукту. Визначено проблеми, що виникають під час перевірки програмних рішень, а також окреслено сучасні підходи до організації процесу тестування.*

Сучасні інформаційні системи використовуються практично в усіх сферах діяльності людини: освіті, медицині, банківській справі, промисловості та державному управлінні. З огляду на це, питання надійності та коректності роботи програмного забезпечення набуває особливої актуальності. Помилки в програмних продуктах можуть призводити до фінансових втрат, витоку інформації або порушення роботи цілих організацій. Саме тому тестування є невід'ємним етапом життєвого циклу програмного забезпечення [2].

Постановка проблеми полягає у необхідності забезпечення високої якості програмного продукту в умовах обмежених ресурсів та скорочених термінів розробки. Часто процес тестування недооцінюється або виконується формально, що негативно впливає на кінцевий результат. У зв'язку з цим виникає потреба у вдосконаленні підходів до організації та проведення тестування.

До основних завдань тестування належать: виявлення дефектів у коді, перевірка відповідності функціоналу технічним вимогам, оцінка продуктивності системи та перевірка її безпеки. Залежно від рівня перевірки виділяють модульне, інтеграційне, системне та приймальне тестування. Модульне тестування передбачає перевірку окремих компонентів програми, що дозволяє виявити помилки на ранніх етапах розробки. Інтеграційне тестування спрямоване на перевірку взаємодії між модулями. Системне тестування оцінює функціонування програмного продукту в цілому, а приймальне тестування здійснюється для підтвердження готовності системи до впровадження [1,3].

Окрім функціонального тестування, важливе значення має нефункціональне тестування, яке включає перевірку продуктивності, надійності, масштабованості та безпеки. В умовах зростання кіберзагроз особливої уваги потребує тестування на вразливості та захист персональних даних [3].

Сучасні підходи до розробки програмного забезпечення передбачають активне використання автоматизованого тестування. Автоматизація дозволяє скоротити час перевірки, підвищити точність результатів та забезпечити повторюваність тестових сценаріїв. Особливо ефективним є використання автоматизованих тестів у поєднанні з методологіями Agile та DevOps, де перевірка коду здійснюється постійно на всіх етапах розробки [2].

Таким чином, тестування програмного забезпечення є ключовим елементом процесу створення інформаційних систем. Його правильна організація дозволяє підвищити якість продукту, зменшити кількість критичних помилок та забезпечити стабільну роботу системи після впровадження. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення методів автоматизації тестування та інтеграцію інструментів контролю якості в процес безперервної розробки [1,2].

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] G. J. Myers, C. Sandler, T. Badgett, The Art of Software Testing, 3rd ed. Wiley, 2011.
- [2] I. Sommerville, Software Engineering, 10th ed. Pearson, 2015.
- [3] IEEE Std 829-2008, IEEE Standard for Software and System Test Documentation, 2008.

## РОЗРОБКА МОДУЛЬНОЇ ERP-СИСТЕМИ

ПРОДАН К.П., БОЛТАЧ С.В.

(prodan.konstantin.dev@gmail.com, boltach.svetlana@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*В представлених тезах розглядається розробка модульної ERP-системи для автоматизації бізнес-процесів підприємства. Сформована структура системи, визначені основні модулі, їх функціональні можливості, а також принципи взаємодії між ними.*

Підприємства сліdkують за інформаційним прогресом та використовують рішення для бізнесу ще з минулого століття. Одним з таких рішень є автоматизовані системи ERP (Enterprise Resource Planning). ERP-системи є важливим інструментом для управління ресурсами підприємства. Вони використовуються багатьма великими компаніями, такими як SAP, Oracle, Microsoft та іншими. ERP-системи користуються великою популярністю завдяки можливості об'єднання всіх бізнес-процесів в єдиній інформаційній системі.

Модульна ERP-система дозволяє автоматизувати ключові процеси підприємства, включаючи облік, управління персоналом, складський облік, фінанси та взаємодію з клієнтами. Кожен модуль відповідає за окрему частину функціоналу, що забезпечує гнучкість системи та можливість її масштабування. Користувачі можуть працювати тільки з тими модулями, які необхідні для їх діяльності.

Основною перевагою модульної архітектури є можливість розширення системи. Нові модулі можуть додаватися без змін у вже існуючий функціонал. Це дозволяє адаптувати систему під потреби конкретного підприємства та зменшує витрати на розробку і підтримку.

Перед початком розробки була визначена структура ERP-системи, яка включає в себе модулі авторизації, управління користувачами, фінансового обліку, складського обліку, управління замовленнями та аналітики.

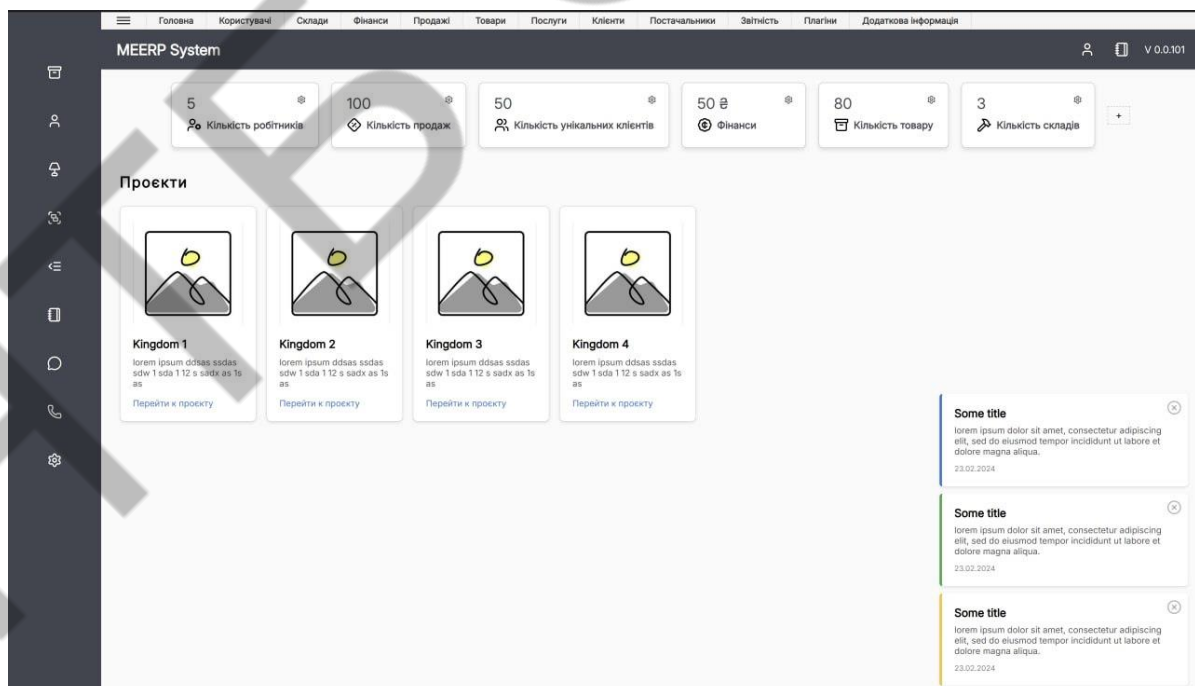


Рисунок 1 – Дизайн ERP Системи

Модуль авторизації забезпечує доступ користувачів до системи та контроль прав доступу. Модуль управління користувачами дозволяє створювати ролі та налаштовувати права для різних категорій працівників.

Модуль фінансів відповідає за облік доходів і витрат, формування звітності та контроль фінансових операцій. Модуль складського обліку дозволяє відстежувати залишки товарів, рух продукції та автоматизувати інвентаризацію.

Модуль управління замовленнями забезпечує створення, обробку та контроль виконання замовлень. Модуль аналітики надає можливість формувати звіти та аналізувати ефективність роботи підприємства.

Таким чином, розробка модульної ERP-системи дозволяє підвищити ефективність управління підприємством, оптимізувати бізнес-процеси та забезпечити зручний доступ до актуальної інформації в режимі реального часу.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] K. C. Laudon and J. P. Laudon, Management Information Systems: Managing the Digital Firm, 16th ed. Harlow, UK: Pearson, 2020.

[2] R. Obe and L. Hsu, PostgreSQL: Up and Running: A Practical Guide to the Advanced Open Source Database, 3rd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2017.

[3] M. Masse, REST API Design Rulebook. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2011.

УДК: 621.382

### **АРХІТЕКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ПЛІС**

РОМАНЮК<sup>1</sup> О.Н., МАЙДАНЮК<sup>1</sup> В.П., РОМАНЮК<sup>2</sup> С.О., КОСТЕНКО<sup>1</sup> А.В.  
(rom8591@gmail.com)

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет,

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська політехніка»

*Розглянуто призначення, типи та ключові характеристики сучасних програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС), зокрема FPGA та SoC-FPGA. Проаналізовано їх архітектурні особливості, включаючи конфігуровані логічні блоки, вбудовану пам'ять, DSP-модулі та високошвидкісні інтерфейси.*

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) є одним із ключових класів сучасних мікроелектронних пристроїв, що забезпечують можливість апаратної реалізації цифрових систем із високою продуктивністю та гнучкістю. ПЛІС призначені для створення спеціалізованих цифрових обчислювальних структур, які можуть бути перепрограмовані після виготовлення, що відрізняє їх від класичних ASIC-схем. Основне призначення сучасних ПЛІС полягає у швидкій розробці та впровадженні цифрових систем обробки сигналів, телекомунікаційного обладнання, вбудованих систем керування, пристроїв штучного інтелекту, систем комп'ютерного зору та високопродуктивних обчислювальних платформ. Завдяки поєднанню апаратної паралельності та можливості реконфігурації ПЛІС широко застосовуються в різних галузях [1], [2].

За функціональними особливостями ПЛІС поділяються на кілька основних типів. Історично першими були програмовані логічні матриці PLA та PAL, однак їх архітектурні можливості були обмежені. Подальший розвиток привів до появи CPLD (Complex Programmable Logic Devices), які характеризуються фіксованою структурою логічних макроелементів і передбачуваними часовими затримками. Найбільш поширеним типом

сучасних ПЛІС є FPGA, що містять масив конфігурованих логічних блоків, з'єднаних програмованою мережею комутації. FPGA забезпечують високу щільність логічних ресурсів, гнучкість маршрутизації та можливість інтеграції спеціалізованих апаратних модулів, зокрема блоків цифрової обробки сигналів, апаратних множників, блоків пам'яті та високошвидкісних трансиверів [2], [3].

Архітектурно сучасна FPGA складається з конфігурованих логічних блоків (CLB), кожен із яких містить таблиці істинності (LUT), тригери та додаткові логічні ресурси. LUT дозволяють реалізовувати довільні булеві функції заданої розрядності, що забезпечує універсальність логічного синтезу. Крім CLB, до складу ПЛІС входять блоки вбудованої пам'яті (Block RAM), які використовуються для реалізації буферів, кешів і таблиць даних, а також DSP-блоки для прискорення арифметичних операцій, зокрема множення та накопичення. Важливою складовою є програмована міжз'єднувальна мережа, яка визначає гнучкість конфігурації та впливає на часові характеристики системи [1], [3].

Характеристики ПЛІС визначаються кількома параметрами. По-перше, це логічна ємність, яка вимірюється кількістю логічних елементів або еквівалентних вентилів. По-друге, швидкодія, що залежить від максимальної тактової частоти та затримок маршрутизації. По-третє, енергоспоживання, яке включає статичну та динамічну складові. Сучасні технологічні норми дозволяють значно підвищити щільність інтеграції та зменшити споживану потужність. Також важливими характеристиками є кількість і типи вбудованих периферійних блоків, підтримка високошвидкісних інтерфейсів (PCI Express, Ethernet, DDR), можливість часткової реконфігурації та наявність засобів апаратного захисту [2], [4].

Однією з принципів переваг ПЛІС є апаратна паралельність. На відміну від мікропроцесорів із послідовною архітектурою виконання інструкцій, FPGA дозволяють реалізовувати одночасне виконання великої кількості операцій. Це особливо важливо для задач цифрової обробки сигналів, відеообробки та машинного навчання. Реалізація алгоритмів у вигляді конвеєрних і паралельних структур забезпечує суттєве зростання продуктивності порівняно з програмною реалізацією на CPU [3], [5].

Сучасні ПЛІС також характеризуються розвиненими засобами проєктування. Використання мов опису апаратури, таких як VHDL та Verilog, дозволяє формалізувати структуру та поведінку цифрових систем. Автоматизовані системи синтезу та розміщення-трасування забезпечують перетворення опису високого рівня у конфігураційний бітстрім. Останніми роками активно розвиваються засоби високорівневого синтезу [2], [4].

Важливою характеристикою є можливість часткової реконфігурації, яка дозволяє змінювати конфігурацію окремих ділянок кристала без зупинки всієї системи. Це відкриває перспективи створення адаптивних обчислювальних систем, що можуть змінювати свою структуру залежно від поточних задач. Крім того, сучасні ПЛІС мають вбудовані механізми забезпечення надійності, включаючи корекцію помилок пам'яті [1], [4].

У таблиці 1 наведено характеристики сучасних ПЛІС (FPGA)

Таблиця 1 - Характеристики сучасних ПЛІС

Параметр	Intel Agilex 3 FPGA C-Series 100	Intel Agilex 3 FPGA C-Series 135	AMD Spartan™ UltraScale+™ (ціле сімейство)
Технологія	Intel 7 (7 нм клас)*	Intel 7 (7 нм клас)*	16 nm FinFET
Логічні елементи (LE)	~100 300	~135 100	~11 000–218 000
LUT / ALM	34 000 ALM	45 800 ALM	– (логічні елементи без ALM)
Вбудована пам'ять (макс)	6.34 Мб	8.29 Мб	значна кількість блоків Block RAM (залежить від моделі)
DSP-блоки	138	184	присутні (кількість залежить від моделі)

Параметр	Intel Agilex 3 FPGA C-Series 100	Intel Agilex 3 FPGA C-Series 135	AMD Spartan™ UltraScale+™ (ціле сімейство)
Макс. I/O	208 (B18A) / 232 (M16A)	208 (B18A) / 232 (M16A)	до ~572 I/O
Трансивери / швидкість / інтерфейсів	Hard IP PCIe Gen3 (до ~12.5 Gb/s)	Hard IP PCIe Gen3 (до ~12.5 Gb/s)	Transceivers до ~16.3 Gb/s, PCIe Gen4
Пам'ять зовнішня	LPDDR4	LPDDR4	LPDDR4x / LPDDR5 через контролери
Спеціальні функції	Безпека бітстріму, Hyper-Registers	Безпека бітстріму, Hyper-Registers	Підтримка PQC, PUF, TRNG

Таким чином, сучасні ПЛІС є універсальною платформою для створення високопродуктивних і гнучких цифрових систем.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] S. Brown and Z. Vranesic, *Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design*, 3rd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2009.
- [2] S. M. Trimberger, *Field-Programmable Gate Array Technology*. Boston, MA, USA: Springer, 1994.
- [3] S. Hauck and A. DeHon, *Reconfigurable Computing: The Theory and Practice of FPGA-Based Computation*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2008.
- [4] R. Tessier, K. Pocek, and A. DeHon, "Reconfigurable computing architectures," *Proceedings of the IEEE*, vol. 103, no. 3, pp. 332–354, Mar. 2015.
- [5] C. Maxfield, *The Design Warrior's Guide to FPGAs: Devices, Tools and Flows*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier (Newnes), 2024.

УДК 004.021:005.8

### ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВАРТОСТІ ІТ-ПРОЄКТІВ

САВКА Н. Я., СОЛОМЧАК М.О., ГОРЯН В. Ю.  
(n.savka@wunu.edu.ua, espairsband1@gmail.com)  
Західноукраїнський національний університет

*Реферат. Проведено порівняльний аналіз двох широко використовуваних методів оцінки вартості ІТ-проектів – СОСОМО та Function Points. Розглянуто основні принципи кожної методики оцінювання вартості, переваги та недоліки й особливості застосування. Зазначено, що метод СОСОМО базується на кількості рядків коду та забезпечує точну оцінку трудовитрат на ІТ-проект на пізніх етапах розробки. Function Points орієнтований на функціональність системи й ефективний на етапах аналізу вимог. Показано, що комбіноване використання методів, зокрема, розмір системи оцінюється через Function Points та трансформується у рядки коду для моделі СОСОМО, підвищує точність оцінювання ресурсозатрат на проект та термінів розробки.*

Сьогодні галузь інформаційних технологій невпинно розвивається й це зумовлює появу різноманітних за складністю проектів. Динамічність вимог замовників і високий рівень невизначеності вимагають застосування ефективних методів оцінки вартості, що є досить

важливим при розробці проєктів. Адже точність такої оцінки безпосередньо впливає на планування бюджету, розподіл ресурсів та успішність реалізації.

Оцінка вартості ІТ-проєктів є складним багатофакторним процесом, що враховує технічні, організаційні та економічні аспекти. При цьому існує велика кількість методів оцінювання, зокрема, експертні та параметричні моделі, аналітичні підходи, інтелектуальні методи. Досить поширеними сьогодні є параметричний метод *Constructive Cost Model (COCOMO)* та *Function Points (FP)*, що ґрунтується на функціональності системи. Зважаючи на це, часто постає питання, який метод оцінки вартості ефективний для того чи іншого проєкту, який забезпечує точніший результат?

Із вищезазначеного випливає доцільність дослідження та порівняльного аналізу методів COCOMO та FP й розробка рекомендацій щодо їх застосування на різних етапах розробки.

Модель COCOMO ґрунтується на кількісному вимірюванні програмного продукту через обсяг вихідного коду (KLOC – тисячі рядків коду), що дозволяє прогнозувати трудомісткість, тривалість розробки та чисельність команди [1, 2, 3]. Водночас метод функціональних точок орієнтований на оцінку функціональної складності системи з точки зору користувача та є незалежним від конкретної мови програмування чи технології реалізації [4].

Узагальнена модель оцінювання трудомісткості розробки проєкту за методом COCOMO має вигляд [3]:

$$E = a \cdot (KLOC)^b, \quad (1)$$

де  $a, b$  – емпіричні коефіцієнти.

Якщо у модель внести множники зусиль, що враховують складність проєкту, досвід команди, вимоги до надійності, обмеженість ресурсів, тощо, то формально (1) набуде вигляду:

$$E = a \cdot (KLOC)^b \cdot \prod_{i=1}^n EM_i.$$

Метод FP враховує функціональні елементи системи, зокрема, зовнішні введення, виведення, запити, внутрішні логічні файли, файли інтерфейсу, що формально можна записати у вигляді:

$$FP = \sum_{j=1}^m w_j \cdot N_j, \quad (2)$$

де  $N_j$  – кількість функціональних вузлів;

$w_j$  – вагові коефіцієнти функціональних вузлів залежно від ступеня складності.

Із аналізу моделей (1) і (2) випливає, що COCOMO – це технічна модель, яка має степеневу залежність й незначна похибка у параметрі KLOC призводить до суттєвої похибки оцінки вартості. FP – функціональна лінійна адитивна модель. Оскільки KLOC відома після проєктування програмної системи, а FP визначаються при аналізі вимог, то метод функціональних точок доцільно застосовувати на ранніх етапах розробки проєкту, а COCOMO – на пізніх. На рисунку 1 наведено порівняльний аналіз зазначених методів.

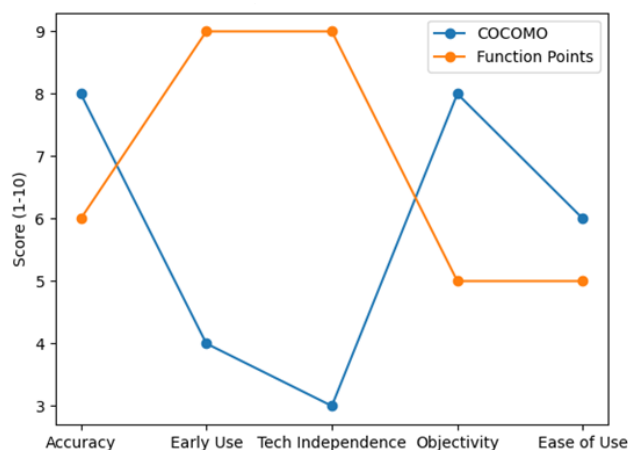


Рисунок 1 – Порівняльний аналіз методів

Як бачимо із графіків, метод СОСОМО забезпечує вищу точність та об'єктивність оцінювання, а FP є більш ефективним на ранніх етапах розробки проєкту та не залежить від технологічної реалізації.

Попри різну основу оцінювання, обидва методи відіграють взаємодоповнювальну роль у процесі управління проєктами. FP дозволяє отримати попередню оцінку проєкту на ранніх стадіях розробки, й ці результати можуть бути трансформовані у KLOC для моделі СОСОМО, що підвищує точність прогнозування ресурсів та ризиків, пов'язаних із розробкою. Зважаючи на це, загальна схема трансформації методу FP у СОСОМО матиме вигляд:

FP→LOC→KLOC→СОСОМО→E,

що полягає в послідовній оцінці того, що виконує програмна система, скільки програмного коду потрібно для реалізації, наскільки великий цей код та скільки це вартує.

Таким чином, трансформація методу FP у СОСОМО забезпечує взаємозв'язок між функціональними вимогами та ресурсозатратами й уможливорює оцінку вартості розробки проєкту на ранніх етапах. Така методика може слугувати інструментом управління ІТ-проєктами в умовах невизначеності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Савка Н. Я., Мірецький В. В., Гураль В. С. Методи оцінки вартості ІТ-проєктів // Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні підходи до розвитку технологій та економіки. Свалява, 2025. С. 319-321.

[2] Nora Khaled Software Cost Estimation Using Expert Judgement, СОСОМО and Function Points.URL:

[https://www.researchgate.net/publication/341193901\\_Software\\_Cost\\_Estimation\\_Using\\_Expert\\_Judgement\\_COCOMO\\_and\\_Function\\_Points](https://www.researchgate.net/publication/341193901_Software_Cost_Estimation_Using_Expert_Judgement_COCOMO_and_Function_Points).

[3] Шантир А.С., Зінченко В.В., Єльченко С.В., Кравчук П.О.Засади удосконалення моделей оцінки якості програмних систем на прикладі моделей СОСОМО та Iso 9126/25010 // Наукові записки ДУТ. 2024. №1(5). С. 94-104.

[4] Blahyi Vitalii, Savka Nadiia, Honchar Liudmyla, Demianiuk Antonina, Demianiuk Danyil, Karpinska Oksana, Moroz Roman Enhanced Model for IT Project Cost Estimation Based on the Functional Value Method // in: 2025 IEEE 13th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). IEEE, 2025. URL: <https://doi.org/0.1109/IDAACS68557.2025.11322084>.

УДК 004.414.3:004.43

### ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФРЕЙМВОРКІВ JAVA SPRING ТА JAVA QUARKUS

СОРОКОЛІТ В.І.

(wwldds@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

*У цій роботі проведено порівняльний аналіз Java-фреймворків Spring та Quarkus.*

**Вступ.** Мова програмування Java історично є стандартом де-факто для розробки корпоративного програмного забезпечення в критично важливих секторах економіки: фінансовій сфері, телекомунікаціях, охороні здоров'я та енергетичному секторі [1]. Сучасна промислова розробка складних систем практично не використовує базові засоби мови програмування, спираючись на потужні фреймворки, які абстрагують управління транзакціями, безпекою та іншими компонентами системи.

Водночас підходи до розгортання та експлуатації програмного забезпечення суттєво змінюються. Згідно з галузевими дослідженнями, спостерігається стала тенденція до міграції високонавантажених систем у хмарні середовища з використанням контейнеризації,

мікросервісної та безсерверної архітектур [2]. У цьому контексті традиційний індустріальний стандарт – екосистема Spring, яка спирається на JIT-компіляцію (Just-In-Time), – стикається з архітектурними обмеженнями. Для хмарних середовищ критичними метриками стають обсяг споживаної оперативної пам'яті та час «холодного старту».

Як відповідь на ці виклики набуває поширення фреймворк Quarkus, архітектура якого від початку спроектована для роботи в хмарі та підтримує АОТ-компіляцію (Ahead-of-Time). Метою даної роботи є порівняльний аналіз архітектурних підходів фреймворків Spring та Quarkus для оптимального їх застосування у сучасній розробці.

**Порівняльний аналіз архітектур та продуктивності.** Ключова відмінність між досліджуваними фреймворками полягає у підході до виконання коду. Традиційний Spring Boot спирається на можливості Java Virtual Machine та Just-In-Time компіляцію. Цей підхід забезпечує високу пікову продуктивність для процесів із тривалим життєвим циклом, проте вимагає значного часу на завантаження класів, ініціалізацію рефлексії та підготовку (так званий warm-up) JIT-компілятора [3]. Натомість Quarkus використовує GraalVM для Ahead-Of-Time компіляції. Ця технологія переносить процеси аналізу коду, ініціалізації фреймворку та оптимізації на етап збірки проекту генеруючи нативний виконуваний файл [4].

Також важливим фактором є різниця в архітектурі додатку. Вона впливає на споживання апаратних ресурсів які, згідно з емпіричними дослідженнями, дозволяють суттєво скоротити час запуску застосунку до десятків мілісекунд, що є критично важливим фактором для вирішення проблеми «холодного старту» у безсерверних архітектурах [4]. Крім того, нативні бінарні файли Quarkus демонструють суттєво нижчий рівень споживання оперативної пам'яті порівняно з JVM-аналогами. Окремі дослідження фіксують зниження використання пам'яті до 80% порівняно з ідентичними сервісами на базі Spring Boot [3]. У масштабах хмарної інфраструктури це дозволяє значно підвищити щільність розгортання контейнерів та знизити операційні витрати.

Незважаючи на фокус Quarkus на хмарних технологіях, фреймворк забезпечує сумісність з індустріальними стандартами, адаптуючи технології Hibernate, Liquibase та RESTEasy для роботи в режимі АОТ. Водночас для розробки класичних монолітних REST-додатків, які не мають жорстких обмежень щодо пам'яті та часу запуску, Spring залишається раціональнішим вибором через надвелику спільноту розробників та відсутність накладних витрат часу на складну АОТ-збірку під час розробки [3].

**Висновки.** Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що вибір між фреймворками Spring Boot та Quarkus має базуватися на цільовій архітектурі та інфраструктурних обмеженнях проекту. Для класичних REST-додатків екосистема Spring залишається найбільш надійним інструментом.

З іншого боку, в умовах розгортання хмарних систем, мікросервісів та безсерверних додатків, фреймворк Quarkus демонструє беззаперечні переваги. Використання АОТ-компіляції за допомогою GraalVM вирішує проблему «холодного старту» та дозволяє суттєво знизити споживання оперативної пам'яті. Це безпосередньо впливає на щільність розгортання та знижує фінансові витрати на підтримку хмарної інфраструктури, роблячи Quarkus оптимальним вибором для сучасних розподілених систем.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] JetBrains, "The State of Developer Ecosystem 2023," 2023. [Online]. Available: <https://www.jetbrains.com/lp/devecosystem-2023/java/>
- [2] Cloud Native Computing Foundation (CNCF), "CNCF Annual Survey 2023: Cloud native expansion," 2023. [Online]. Available: <https://www.cncf.io/reports/cncf-annual-survey-2023/>
- [3] Java Code Geeks, "Spring Boot vs Quarkus vs Micronaut: The Ultimate 2026 Showdown," Dec. 2025. [Online]. Available: <https://www.javacodegeeks.com/2025/12/spring-boot-vs-quarkus-vs-micronaut-the-ultimate-2026-showdown.html>
- [4] Dev Engineer, "Spring Boot vs Quarkus: Performance Benchmarks That Surprised Even Our Architects," Medium, 2025. [Online]. Available: <https://medium.com/@rudra910203/spring-boot-vs-quarkus-performance-benchmarks-that-surprised-even-our-architects-83345fa11efc>

## УТОЧНЕННЯ ЕТАПІВ ОПРАЦЮВАННЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ЗАМОВЛЕННЯ ПРИ ІНТЕГРУВАННІ СЕРВІСІВ WEB-TO-PRINT

СТРИЛЕЦЬКИЙ Є. А.

(yevhen.striletskyi.ki.2022@lpnu.ua)

Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «ЛП»

*Досліджено етапи функціонування систем Web-to-Print як інструменту автоматизації оперативної поліграфії. Визначено структуру технологічного циклу від веб-інтерфейсу формування замовлення до прямої передачі даних на друкарське обладнання. Обґрунтовано модулі інтегрування засобів управління контентом та додрукарського контролю поліграфічного завдання.*

**Постановка проблеми та актуальність.** Технологія Web-to-Print у сучасному поліграфічному виробництві розглядається як сукупність програмних і технологічних засобів, що забезпечують формування, оброблення та виконання поліграфічних замовлень через веб-орієнтовані інформаційні системи. При перенесенні частини операцій підготовки поліграфічної продукції з локальних програмних середовищ у веб-орієнтовану платформу [1] сервіси Web-to-Print виступають інтегрованим програмним комплексом, що поєднує веб-інтерфейси взаємодії з користувачами, засоби управління видавничим контентом і підсистеми підготовки даних до друку.

**Мета та завдання дослідження.** У традиційній моделі підготовка кожного замовлення передбачає багаторазову взаємодію між замовником, дизайнером і технологом, що збільшує тривалість виробничого циклу. Тому при проєктуванні інформаційної системи управління видавничим контентом оперативної поліграфії [2] актуальним є розгортання автоматизованого програмного середовища, де замовник самостійно формує параметри продукції, а система забезпечує їх перевірку та підготовку до друку відповідно до технологічних вимог.

### Виклад суті дослідження.

У структурі інформаційної системи Web-to-Print можна виділити кілька послідовних етапів оброблення поліграфічного замовлення. Такий підхід дозволяє представити технологічний процес підготовки поліграфічної продукції у вигляді структурованої моделі взаємодії користувача, програмного середовища та виробничих підсистем (рис. 1).



Рисунок 1 – Структурована модель внутрішньої взаємодії онлайн-сервісів Web-to-Print

Першим етапом є *формування запиту* на виготовлення продукції через веб-інтерфейс. На цьому рівні користувач визначає тип поліграфічного виробу, обирає шаблон макета, задає параметри сторінки, тираж та інші характеристики майбутнього видання. Система виконує первинну перевірку введених параметрів і формує структуру замовлення у базі даних. Наступним етапом є створення або редагування *видавничого контенту*. У межах веб-системи користувач може завантажувати графічні матеріали, редагувати текстові блоки або змінювати елементи шаблону. Усі зміни зберігаються у централізованому сховищі даних, що дозволяє підтримувати узгодженість інформації та використовувати матеріали повторно під час формування нових замовлень. На цьому етапі програмні засоби виконують контроль технічних параметрів файлів, зокрема перевірку роздільної здатності зображень, кольірних моделей і відповідності розмірів сторінки встановленим форматам.

Третій етап пов'язаний із *формуванням макета* поліграфічної продукції. Після завершення редагування контенту система генерує структурований документ, у якому поєднуються текстові та графічні елементи відповідно до обраного шаблону. Такий документ зберігається у внутрішньому форматі інформаційної системи або перетворюється у стандартний поліграфічний формат, що використовується у подальшій технологічній обробці. Четвертим етапом є *підготовка файлів до друку*. На цьому рівні система виконує автоматизовану обробку документів, що включає перевірку технічних параметрів, оптимізацію графічних ресурсів та формування фінальних файлів друку. У цифрових виробничих середовищах ці операції можуть виконуватися автоматично за допомогою програмних модулів, інтегрованих із системами підготовки друку.

Завершальним етапом технологічного процесу є *передавання підготовлених файлів* до виробничого обладнання. У сучасних цифрових друкарнях цей процес здійснюється через інтегровані програмні інтерфейси, які забезпечують обмін даними між інформаційною системою Web-to-Print і технологічними системами керування друкарськими машинами [3]. Така інтеграція дозволяє скоротити час підготовки замовлень та забезпечити безперервність інформаційного потоку між етапами створення контенту і фізичного виготовлення продукції.

**Висновки.** Таким чином, при проектуванні інформаційної системи Web-to-Print етапи опрацювання поліграфічного замовлення проходять багаторівневу програмну архітектуру, що поєднує веб-орієнтовані сервіси взаємодії з замовниками, систему управління видавничими даними та програмні модулі технологічної підготовки друку, забезпечуючи скорочення виробничого циклу та збереження цілісності та конфіденційності даних [4] на всіх стадіях підготовки продукції. В подальшому розвитку проекту такий підхід дозволить створити інтегроване комунікаційне середовище, у межах якого процеси формування замовлення, опрацювання контенту і виробництва поліграфічної продукції будуть виконуватися як взаємопов'язані стадії єдиного технологічного циклу. У результаті забезпечується скорочення часу підготовки замовлень, підвищується узгодженість даних і створюються передумови для автоматизації виробничих процесів у цифрових друкарнях оперативного типу.

#### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вдовиченко О. Web-дизайн сторінки індивідуалізації віртуального кабінету замовника поліграфічних послуг. Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій, №22, 2022. С. 210-212.
2. Стрілецький Є. Управління видавничим контентом у цифрових поліграфічних системах. Друкарство молоде, №26, 2026.
3. Воєділо В. Вибір оптимального обладнання для малого поліграфічного підприємства. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті. № 10, 2022. С. 12-15.
4. Нерода Т. Обумовлення безпекових механізмів при опрацюванні корпоративних потоків даних в мережах оперативної поліграфії. Інформаційні технології і автоматизація. №17, 2024. С. 203-205.

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ КРОСПЛАТФОРМНОГО ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ТАВОЛЖАН Д.О.

(dianatavolzhan@knu.ua)

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

*Проведено комплексну систематизацію підходів до кросплатформної розробки програмного забезпечення. Розглянуто сучасні технології та фреймворки, що забезпечують створення програмних продуктів, сумісних із різними операційними системами та типами пристроїв, зокрема Flutter, React Native, Xamarin, Electron, PWA та .NET MAUI. Особливу увагу приділено методологічним аспектам проєктування та вибору архітектурних рішень залежно від специфіки ІТ-проєкту в умовах динамічного розвитку цифрового ринку.*

**Постановка проблеми** сучасного ринку програмного забезпечення характеризується швидкою еволюцією та постійною диверсифікацією платформ — від традиційних десктопних систем до мобільних платформ та веб-орієнтованих середовищ, включно зі специфічними IoT-пристроями. Традиційний підхід Native Development у сучасних умовах часто є економічно неефективним, оскільки потребує утримання окремих команд розробників та значних ресурсів на підтримку кількох гілок коду. Це призводить до функціональних розривів між версіями та підвищує ймовірність виникнення логічних помилок при синхронізації оновлень. Галузеві статистичні дані свідчать, що близько 55–60% критичних проблем продуктивності виникають через неврахування специфіки різних середовищ виконання [1]. У зв'язку з цим впровадження уніфікованих кросплатформних технологій набуває стратегічного значення для бізнесу, особливо у сфері фінансових технологій та корпоративних систем управління.

**Метою дослідження** є систематизація сучасних підходів і технологій кросплатформної розробки, проведення порівняльного аналізу їх ефективності та визначення перспектив їх застосування у процесах проєктування інформаційних систем.

**Об'єктом дослідження** виступають складні програмні комплекси та інструментальні засоби розробки, а предметом — сукупність методів, принципів, архітектурних паттернів і програмних фреймворків, що забезпечують високу універсальність та сумісність ПЗ без втрати якості користувацького досвіду [2].

**Сучасні підходи до розробки мобільних рішень** пройшли еволюцію від простих Hybrid-контейнерів до потужних інструментів, що генерують нативний код. Фреймворк Flutter від Google базується на мові Dart та використовує власний графічний рушій Skia, що забезпечує повний контроль над відображенням інтерфейсу та уніфіковане відтворення UI на всіх платформах. На відміну від нього, React Native від Meta застосовує архітектуру, яка дозволяє додаткам виглядати максимально нативно завдяки використанню платформозалежних UI-компонентів через спеціалізований міст [3]. Екосистема Xamarin та .NET MAUI від Microsoft пропонує використання мови C#, що є оптимальним рішенням для корпоративного сектора з глибокою інтеграцією серверних технологій .NET [4].

**Web- та десктоп-технології** також відіграють ключову роль у процесі уніфікації розробки. Electron став стандартом для створення десктопних програм, використовуючи Chromium та Node.js, що дозволяє застосовувати звичний стек HTML/CSS/JS для розробки складних інструментів, таких як редактори коду та месенджери [5]. Прогресивні веб-додатки (PWA) забезпечують роботу в автономному режимі за допомогою Service Workers та доступ до системних сповіщень без потреби завантаження з маркетплейсів [6]. Бібліотека Qt залишається важливим інструментом для високонавантажених систем, де критичною є максимальна продуктивність графічного інтерфейсу та стабільність на рівні системних викликів.

**Методологічні аспекти проектування кросплатформних систем** вимагають більш глибокого підходу, ніж просте написання коду. Рівнево-орієнтований підхід забезпечує розділення бізнес-логіки та представлення, дозволяючи змінювати UI для конкретної ОС без втручання в алгоритми. Структурний підхід акцентує на потоках даних, критично важливих для цілісності інформації при переході користувача між пристроями. Об'єктно-орієнтований підхід у поєднанні з принципами SOLID та UML-моделюванням дозволяє створювати гнучку архітектуру, де платформозалежні компоненти ізольовані в окремі модулі, а загальна кодова база легко піддається автоматизованому тестуванню та масштабуванню.

**Виклики та обмеження кросплатформної розробки** залишаються актуальними. Основні проблеми полягають у складності доступу до специфічних апаратних ресурсів (сенсори, нейронні процесори, графічні прискорювачі), а також у збільшенні розміру дистрибутивів через включення додаткових рантайм-бібліотек. Існує ризик затримки оновлень функціоналу через вихід нових версій ОС, оскільки розробникам фреймворків потрібен час для адаптації під нові API. Проте методи контейнеризації та сучасні CI/CD-процеси значною мірою нівелюють ці технічні обмеження.

**Практичне застосування** кросплатформних технологій демонструє високу ефективність у стартапах, де важливо швидко створити мінімально життєздатний продукт (MVP) одночасно для iOS та Android. У науковій і освітній сферах ці технології дозволяють створювати універсальні симулятори та навчальні платформи, що функціонують як на стаціонарних комп'ютерах, так і на персональних пристроях студентів. Це знижує поріг входження та загальні витрати на володіння ПЗ для кінцевого користувача та спрощує технічну підтримку для розробника, оскільки виправлення помилки в одному місці автоматично застосовується до всіх клієнтських додатків.

**Перспективи розвитку галузі** пов'язані з інтеграцією штучного інтелекту для автоматизації рефакторингу коду та прогнозування потенційних проблем сумісності на етапі розробки. Очікується, що майбутні версії фреймворків наблизяться до нативної продуктивності завдяки розвитку WebAssembly та нових методів компіляції в реальному часі. Також прогнозується зростання ролі хмарних середовищ розробки, які дозволять виконувати кросплатформну збірку без фізичного доступу до всіх цільових пристроїв, що прискорить цикл випуску ПЗ та знизить витрати на обладнання.

**Висновки.** Кросплатформне програмування є ключовим інструментом сучасного проектування інформаційних систем, забезпечуючи економію ресурсів, зменшення витрат на розробку та підтримку, підвищення сумісності та стабільності продуктів. Комплексний підхід, що поєднує правильний вибір фреймворку, архітектури та методології розробки, гарантує створення надійного, універсального та конкурентоспроможного ПЗ, що відповідає сучасним вимогам ринку та потребам користувачів.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Software Development Industry Statistics 2024-2026. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gitnux.org/software-development-industry-statistics/> (Дата звернення 04.04.2026).
2. Cross-Platform Mobile Development Frameworks: A Comparative Study // ResearchGate. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/> (Дата звернення 04.04.2026).
3. React Native Core Architecture Overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reactnative.dev/docs/architecture> (Дата звернення 06.04.2026).
4. .NET MAUI Official Documentation: Building multi-platform apps. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/maui/> (Дата звернення 04.04.2026).
5. Electron Documentation and Architectural Patterns. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.electronjs.org/docs> (Дата звернення 06.04.2026).
6. Progressive Web Apps (PWA) and Service Workers Integration. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.dev/explore/pwa> (Дата звернення 06.04.2026).

## АНАЛІЗ РОЗРОБКИ WEB-САЙТУ «МУЗИЧНА ІСТОРІЯ ОДЕСИ: ВІД КЛАСИКИ ДО ДЖАЗУ»

ТИХОНОВ О.С., КОРНІЄНКО Ю.К.  
(tihonov.sasha04@gmail.com, yurikkorn@gmail.com)  
Одеський національний технологічний університет

У даній роботі представлено аналіз розробки web-сайту «Музична історія Одеси: від класики до джазу», який є мультимедійним інформаційним ресурсом, присвяченим розвитку музичної культури міста. Сайт покликаний висвітлювати творчість видатних музикантів, діяльність музичних колективів, а також знакові події, що вплинули на формування музичної спадщини Одеси. У результаті проведеного аналізу визначено перспективи подальшого розвитку веб-ресурсу, серед яких розширення мультимедійних можливостей, оптимізація продуктивності та вдосконалення функціоналу. Розробка даного сайту сприяє збереженню та популяризації музичної спадщини Одеси, а також забезпечує доступ до культурного контенту широкому колу користувачів.

Одеса має багату музичну історію, яка охоплює різні жанри – від академічної класики до джазу та сучасної популярної музики. Створення такого веб-ресурсу дозволяє систематизувати інформацію, зробити її доступною для широкої аудиторії та зберегти культурну спадщину міста в цифровому форматі. Онлайн-платформа також сприяє популяризації одеської музики серед молоді, туристів і дослідників.

Основні аспекти аналізу розробки сайту:

**1. Концепція і цільова аудиторія:** Веб-ресурс орієнтований на студентів, викладачів, дослідників, музикантів, а також усіх, хто цікавиться історією музики Одеси. Сайт має бути цікавим як для молоді, так і для старшого покоління, поєднуючи освітню та розважальну функції.

**2. Інформаційна архітектура сайту:** Структура сайту включає головну сторінку, розділи з профілями музикантів (біографії, фото, аудіо тощо), каталог музичних гуртів, інтерактивну хронологію розвитку джазу, архів концертів і фестивалів, а також можливість пошуку інформації.

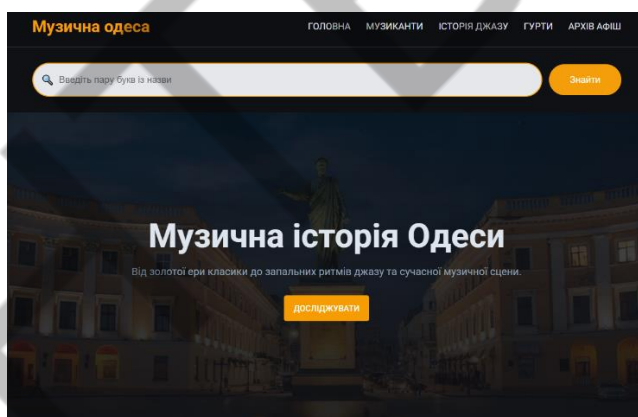


Рисунок 1 – Головна сторінка веб-сайту «Музична історія Одеси»

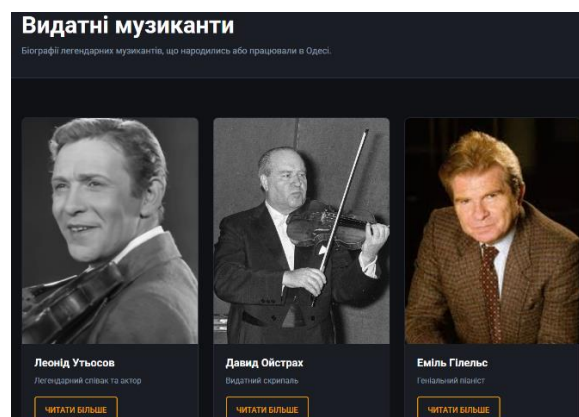


Рисунок 2 – Розділ з профілями музикантів

**3. UI/UX дизайн:** Сайт має бути візуально привабливим, з акцентом на мультимедійний контент (зображення, аудіо, відео). Важливими є адаптивність до мобільних пристроїв, зручна навігація, інтерактивні елементи (таймлайн, галереї) та швидке завантаження сторінок.

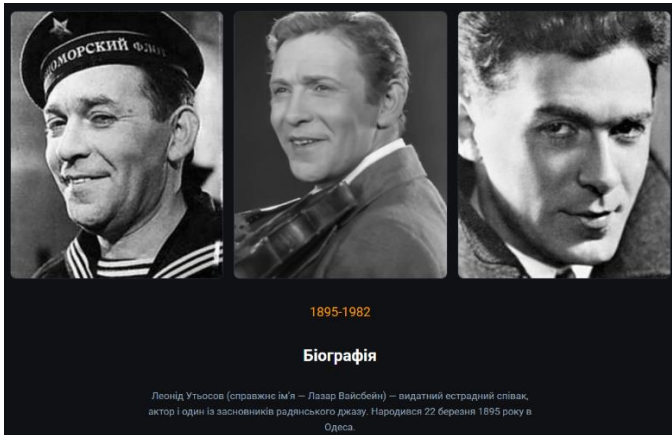


Рисунок 3 – Приклад сторінки з профілем музиканта

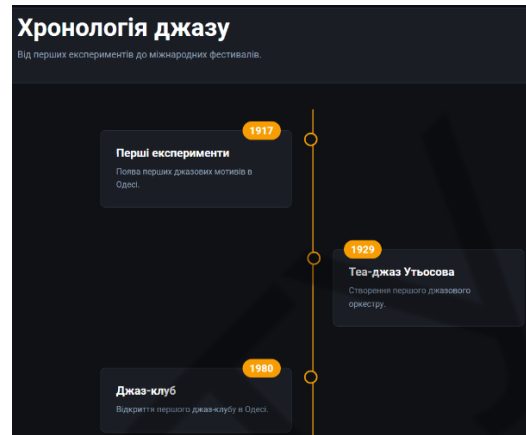


Рисунок 4 – Інтерактивна хронологія розвитку джазу

**4. Технічна реалізація:** Сайт реалізується з використанням HTML, CSS та JavaScript для створення структури, стилізації та інтерактивності веб-ресурсу, а також мови програмування PHP для реалізації серверної логіки та обробки запитів користувачів. Розробка і тестування проєкту здійснюватиметься на локальному сервері MAMP, що забезпечує зручне середовище для роботи з Apache, PHP та MySQL. Для зберігання інформації про музикантів, гурти, події та мультимедійні матеріали передбачається використання бази даних MySQL, яка дозволяє ефективно організувати дані та забезпечує можливість подальшого масштабування веб-ресурсу.

На основі аналізу можна визначити ключові напрямки подальшого розвитку веб-ресурсу, зокрема: розширення мультимедійного функціоналу (додавання аудіо та відеоматеріалів), удосконалення інтерактивних елементів, оптимізація продуктивності сайту, покращення адаптивності та розширення бази даних музичних об'єктів.

**Висновки:** Розробка web-сайту «Музична історія Одеси: від класики до джазу» є важливим кроком у збереженні та популяризації культурної спадщини міста. Поєднання сучасних технологій, зручного інтерфейсу та змістовного наповнення дозволить створити ефективний інформаційний ресурс, який стане корисним як для навчальних, так і для пізнавальних цілей.

В роботі описано структуру сайту, яка включає розділи з інформацією про музикантів, музичні колективи, події, інтерактивну хронологію розвитку джазу та мультимедійний контент. Обґрунтовано важливість адаптивного дизайну, зручної навігації та інтерактивних елементів для підвищення ефективності користувацького досвіду. Визначено основні етапи проєктування веб-ресурсу, зокрема формування концепції та цільової аудиторії, розробку інформаційної архітектури, створення інтерфейсу користувача (UI/UX) та технічну реалізацію із використанням сучасних веб-технологій (HTML, CSS, JavaScript, PHP, MySQL, MAMP).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] MAMP Documentation – <https://www.mamp.info/en/windows/>
- [2] MySQL Documentation – <https://dev.mysql.com/doc/>
- [3] PHP Documentation – <https://www.php.net/docs.php>
- [4] JavaScript Guide (MDN) – <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/JavaScript>
- [5] CSS Reference (MDN) – <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/CSS>
- [6] HTML Reference (MDN) – <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTML>

## BIG DATA ЯК РУШІЙ НОВОЇ ЕКОНОМІКИ: ЯК ВЕЛИКІ ДАНІ ПРОГНОЗУЮТЬ МАЙБУТНЄ

ТРОЙНИНА А. С.  
(anastasiyatroinina@gmail.com)  
НУ «Одеська політехніка»

**Актуальність дослідження.** У сучасних умовах розвитку цифрової економіки прийняття рішень на основі інтуїції або попереднього досвіду поступово втрачає ефективність. Стрімке зростання обсягів даних, ускладнення бізнес-процесів та динаміка ринку обумовлюють необхідність використання аналітичних підходів, заснованих на обробці великих даних.

Big Data - це не лише великі обсяги інформації, а комплекс підходів і технологій, що дозволяють перетворювати неструктуровані та різноманітні дані у знання, прогнози та обґрунтовані управлінські рішення. Саме використання даних стає ключовим фактором конкурентоспроможності сучасних компаній.

Передумови розвитку Big Data

Актуальність Big Data обумовлена трьома основними факторами: масштаб (Volume), зростання обсягів даних від гігабайтів до петабайтів, швидкість (Velocity) - необхідність обробки даних у режимі реального часу, різноманітність (Variety) - поява нових типів даних (тексти, відео, сенсори, соціальні мережі).

Поєднання цих характеристик формує нову парадигму роботи з інформацією, де традиційні системи вже не є ефективними.

**Ключові концепції та архітектура Big Data.**

1. Data Lake - сховище сирих даних без попередньої структуризації;
2. Data Warehouse - структуроване сховище для аналітики;
3. Lakehouse - гібридний підхід, що поєднує гнучкість Data Lake та надійність Data Warehouse;
4. ETL / ELT - процеси витягування, трансформації та завантаження даних;
5. Batch та Stream processing - пакетна та потокова обробка даних.

Big Data система функціонує як pipeline, що включає етапи: збір, зберігання, обробка, аналіз, прийняття рішень.

Важливим принципом є data locality, згідно з яким обчислення виконуються безпосередньо там, де зберігаються дані.

**Технологічний стек Big Data.**

Сучасна екосистема Big Data включає:

- системи зберігання: HDFS, Amazon S3, Google Cloud Storage;
- формати даних: Parquet, ORC, Avro;
- обробка: Apache Spark, Apache Flink;
- передача даних: Apache Kafka;
- аналітика: Spark MLlib, scikit-learn, TensorFlow;
- візуалізація: Power BI, Tableau;
- оркестрація: Apache Airflow;
- безпека: Kerberos, Apache Ranger, GDPR.

Особливу роль відіграє Apache Spark як універсальний двигун обробки даних, що забезпечує високу швидкість завдяки використанню оперативної пам'яті.

Колонкові формати (Parquet, ORC) значно підвищують продуктивність за рахунок вибіркового читання даних і ефективного стиснення.

Сучасні системи активно використовують потокову обробку даних:

- Apache Kafka - система передачі подій;
- Apache Flink - обробка даних у реальному часі;

– механізми exactly-once та watermarks - забезпечення коректності обробки.

Архітектура Lakehouse (Delta Lake, Apache Iceberg) дозволяє поєднати гнучкість зберігання, транзакційність та можливості аналітики.

Для управління складними pipeline використовується Apache Airflow, який реалізує:

- DAG (Directed Acyclic Graph) для опису залежностей;
- автоматичне планування задач;
- повторні спроби (retry);
- моніторинг виконання.

Метадані зберігаються у Hive Metastore, що забезпечує структурованість і запобігає перетворенню Data Lake у “Data Swamp”.

### **Практичні кейси застосування Big Data.**

1. Транспортна логістика:

- скорочення часу пошуку маршруту з 2,3 хв до 45 секунд;
- підвищення точності рекомендацій до 92–95%;
- оптимізація витрат на паливо (~10%).

2. Моніторинг ринку:

- автоматичний веб-скрепінг цін конкурентів;
- формування аналітичних дашбордів;
- підтримка динамічного ціноутворення.

3. Енергетика:

- прогнозування попиту з точністю  $\pm 5\%$ ;
- зменшення резервів на 12%;
- підвищення стабільності системи (до 85% запобігання аварій).

### **Економічний ефект.**

Використання Big Data забезпечує:

- скорочення часу обробки (до 67%);
- зниження витрат (~10%);
- зростання конверсії (до 75%);
- підвищення прибутковості (ROI 5–8%).

Таким чином, Big Data виступає не витратами, а інвестицією з прогнозованим економічним ефектом.

### **Проблеми та виклики.**

Основні обмеження використання Big Data:

- низька якість даних (garbage in - garbage out);
- вимоги до конфіденційності (GDPR);
- складність інфраструктури;
- висока вартість впровадження;
- ризики помилок моделей.

Для мінімізації ризиків застосовуються валідація даних, A/B тестування, ансамблі моделей, контроль людини.

### **Практичні рекомендації (roadmap).**

Впровадження Big Data доцільно здійснювати поетапно: збір та структуризація наявних даних, формування бізнес-питань, використання простих аналітичних інструментів, автоматизація процесів, проведення експериментів, ормування data-driven культури.

### **Висновки.**

Big Data є ключовим рушієм нової економіки, що дозволяє прогнозувати поведінку систем і користувачів, оптимізувати витрати, підвищувати ефективність бізнесу.

Основною конкурентною перевагою стає здатність працювати з даними системно.

При цьому Big Data - це не лише технологія, а підхід до прийняття рішень, доступний як великим корпораціям, так і малим компаніям.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КРОС-ПЛАТФОРМНИХ ФРЕЙМВОРКІВ В УМОВАХ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ FULL-STACK РОЗРОБКИ

ЧЕРЕПАНОВ Ю.Д., БУЛГАКОВА О.С.  
(dragomare2804@gmail.com, sashabulgakova2@gmail.com)  
Одеський національний технологічний університет

*У тезах розглядається ефективність використання крос-платформних мобільних фреймворків, зокрема React Native та Flutter, в контексті індивідуальної full-stack розробки. Проаналізовано їхній вплив на продуктивність розробника, архітектурні підходи та витрати часу, а також висвітлено тенденцію переходу frontend-інженерів до full-stack розробки.*

У сучасних умовах стрімкого розвитку мобільних технологій перед розробниками постає проблема фрагментації операційних систем, що призводить до збільшення часу на розробку та витрат на підтримку застосунків. Згідно зі статистичними даними, 87% розробників мобільного програмного забезпечення у світі створюють продукти для Google Play, тоді як 58% орієнтуються на iOS та App Store [1]. Традиційна розробка вимагає створення окремих версій коду для кожної платформи, що є вкрай неефективним з точки зору фінансових та людських ресурсів.

Для індивідуальних розробників, які беруть на себе роль full-stack інженерів, крос-платформна розробка стає основним інструментом. Вона дозволяє створювати застосунки для Android та iOS з єдиної кодової бази, скорочуючи час розробки приблизно на 40% у порівнянні з нативним підходом [2]. Це дає змогу швидше виводити продукт на ринок та забезпечує паритет функцій на різних платформах. Особливо актуальним цей підхід є для створення MVP, де необхідно швидко тестувати ідеї з мінімальними фінансовими вкладеннями.

На сьогодні лідерами на ринку крос-платформної розробки є фреймворки Flutter (використовується 46% розробників) та React Native (42%). Їхні архітектурні особливості суттєво впливають на вибір індивідуального розробника [1]:

- **React Native (Meta)** базується на мові програмування JavaScript, що робить його надзвичайно привабливим для спеціалістів, які мають досвід веб-розробки. Фреймворк використовує нативні компоненти інтерфейсу кожної операційної системи, що дозволяє досягти дизайну, звичного для користувачів конкретної платформи. Проте індивідуальний розробник може зіткнутися з проблемами довгострокової підтримки, оскільки React Native сильно залежить від сторонніх бібліотек для доступу до апаратних функцій (GPS, Bluetooth тощо), які можуть перестати оновлюватися або конфліктувати після оновлень ОС.

- **Flutter (Google)** використовує мову Dart та власний рушій рендерингу Skia, який малює всі елементи інтерфейсу з нуля. Завдяки компіляції безпосередньо в нативний код (ARM), Flutter забезпечує високу продуктивність, швидке завантаження та ефективну роботу кешу для офлайн-режимів. Централізована екосистема, де ключові пакети підтримуються самим Google, значно зменшує кількість конфліктів під час оновлень, що критично важливо для індивідуального розробника, який самостійно займається підтримкою проєкту.

Водночас, в індустрії спостерігається тенденція до стирання меж між frontend та backend розробкою. Розвиток сучасних інструментів, таких як React Server Components, бази даних з можливістю синхронізації та хмарні сервіси, дозволяє frontend-інженерам брати на себе повний цикл розробки застосунку. Якщо раніше full-stack розробка вимагала рівномірного розподілу зусиль між клієнтською та серверною частинами [3], то сучасні парадигми дозволяють індивідуальному розробнику витратити близько 60% часу на інтерфейс, 10% на серверну логіку, яка також пишеться на JavaScript, і 30% на інфраструктуру та бази даних [4].

Проте крос-платформні рішення мають і певні обмеження, про які повинен пам'ятати full-stack розробник. Для високонавантажених застосунків, важкої 3D-графіки, ігор або проєктів з

глибокою інтеграцією специфічного апаратного забезпечення, наприклад, AR-технологій, крос-платформні фреймворки можуть не забезпечити належного рівня продуктивності, порівняно з нативною розробкою або спеціалізованими інструментами на кшталт Unity.

Використання крос-платформних фреймворків є високоефективною стратегією для індивідуальної full-stack розробки. Вибір між React Native та Flutter залежить від специфіки проєкту та бекграунду розробника. Технології дозволяють суттєво зекономити час, знизити витрати та самостійно реалізувати повноцінний програмний продукт, керуючи як клієнтською, так і серверною частинами завдяки еволюції сучасних веб- та мобільних інструментів.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Cross-platform frameworks solo developer productivity statistics. (2025). Guide to Cross-Platform Mobile App Development. <https://www.empat.tech/blog/cross-platform-mobile-development>

[2] AlterSquare. (2026). React Native vs Flutter for Field Apps: What Construction Users Complain About After Go-Live. Medium. <https://altersquare.medium.com/react-native-vs-flutter-for-field-apps-what-construction-users-complain-about-after-go-live-5151ddfb2314>

[3] Xanthopoulos, S., & Xinogalos, S. (2013). A comparative analysis of cross-platform development approaches for mobile applications. BCI '13: Proceedings of the 6th Balkan Conference in Informatics, 213-218. <https://dl.acm.org/doi/epdf/10.1145/2490257.2490292>

[4] Renard, G. (2025). Should frontend developers go full-stack (again)? Medium. <https://medium.com/@gfox1984/should-frontend-developers-go-full-stack-again-a9db01639c63>

УДК 004.42:004.89:796.012

### **КРОСПЛАТФОРМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ФІТНЕС-ТРЕНЕРІВ**

ЧИКУНОВ П.О.<sup>1</sup>, БОНДАРЕВА А.О.<sup>2</sup>

(p.chykunov@karazin.ua, (@ann.bondaareva)

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська юридична академія»

*Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розробки кросплатформного застосунку для оптимізації роботи фітнес-тренерів, зокрема управління клієнтами, планування тренувань та контролю результатів. Проведено аналіз предметної області та наявних рішень, визначено вимоги до застосунку. Архітектуру застосунку побудовано на основі багатошарової моделі MVVM. Програмну реалізацію виконано мовою C# із застосуванням платформи .NET MAUI, що забезпечує єдину кодову базу для платформ Android, iOS та Windows. Застосунок виконує управління клієнтами, створення тренувальних планів, облік підписок і моніторинг прогресу користувачів. Функціональне та інтеграційне тестування підтвердило коректність роботи застосунку, стабільність і відповідність вимогам кросплатформності. Результати дослідження можуть бути використані для практичного впровадження у діяльність фітнес-тренерів та подальшого розвитку цифрових сервісів у сфері фітнес-індустрії.*

Фітнес-індустрія характеризується активним впровадженням цифрових технологій для підвищення ефективності роботи тренерів та взаємодії з клієнтами. Персональні тренери та фітнес-центри потребують зручних інструментів для планування тренувань, ведення обліку клієнтів, формування персоналізованих програм та комунікації. Однак аналіз існуючих рішень показує, що більшість з них мають обмежену функціональність, орієнтовані переважно на клієнтів або прив'язані до однієї платформи, що не забезпечує гнучкої організації робочого

процесу тренера. Це обумовлює актуальність створення кросплатформного застосунку, здатного об'єднати управління розкладом, клієнтами та тренуваннями в єдиному зручному форматі, незалежному від операційної системи пристрою.

Мета роботи полягає у проєктуванні, програмній реалізації та тестуванні кросплатформного застосунку для оптимізації роботи фітнес-тренерів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: провести аналіз потреб користувачів та існуючих програмних продуктів; визначити функціональні та нефункціональні вимоги; розробити структуру даних та архітектуру застосунку; реалізувати програмний прототип та перевірити його працездатність.

Методологічною основою роботи є аналіз предметної області та порівняльний аналіз існуючих рішень. Проєктування архітектури базувалося на багатоплатформній моделі та патерні MVVM (Model-View-ViewModel). Для реалізації застосунку обрано платформу .NET MAUI (Multi-platform App UI), що дозволяє створити єдину кодову базу для мобільних (Android, iOS) та настільних (Windows) платформ з доступом до нативних API [1]. Розробка виконана на мовах C# та XAML з використанням принципів об'єктно-орієнтованого та декларативного програмування. Тестування включало функціональну перевірку бізнес-логіки, інтеграційне тестування компонентів та оцінку нефункціональних характеристик.

У ході роботи проведено аналіз предметної області, який виявив ключові недоліки існуючих рішень, тобто обмежені можливості управління клієнтами та недостатню персоналізацію [2]. Сформовано вимоги до системи, визначено дві ключові ролі користувачів (тренер та клієнт). Розроблено структуру даних, що включає сутності «користувач», «тренувальний план», «підписка», «оплата» та їх зв'язки, що забезпечує цілісність та історичність даних.

Архітектура кросплатформного застосунку для організації роботи фітнес-тренерів спроектована з урахуванням вимог масштабованості, підтримуваності, кросплатформності та чіткого розмежування відповідальності між компонентами. Для цього вибрано багатоплатформну архітектурну модель, яка узгоджується з можливостями платформи .NET MAUI та сучасними підходами до розробки мобільних застосунків [3].

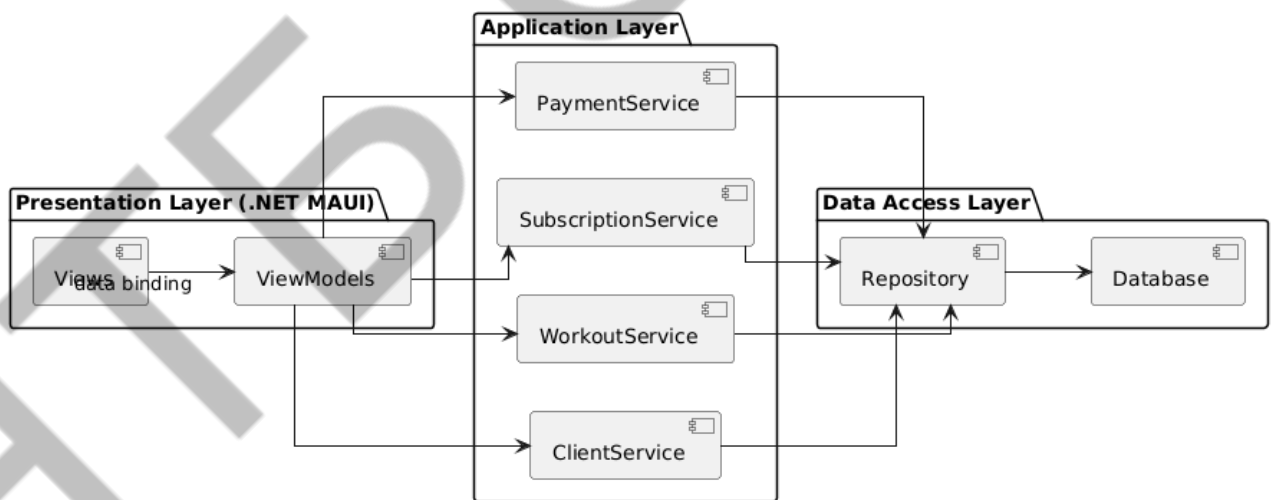


Рисунок 1 – Діаграма компонентів застосунку

Інтеграційне, функціональне та нефункціональне тестування підтвердило коректність реалізації основних бізнес-сценаріїв, стабільність роботи на цільових платформах Android, Windows та відповідність нефункціональним вимогам щодо продуктивності та кросплатформності.

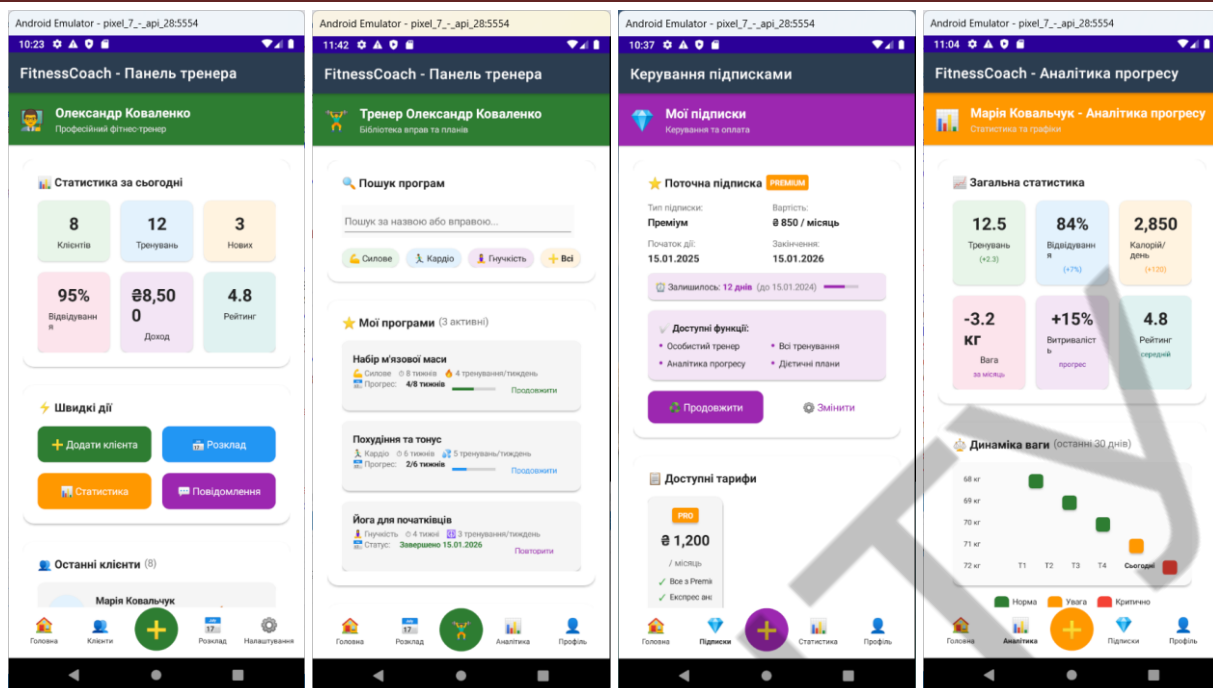


Рисунок 2 – Приклади сторінок застосунку

Висновки. Розроблено кросплатформний застосунок, який дозволяє автоматизувати бізнес-процеси фітнес-тренера: управління клієнтами, планування тренувань та контроль прогресу. Застосунок готовий до практичного використання та може бути розширений через інтеграцію з зовнішніми сервісами або нові функції.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Є. В. Дреля, «Технологічні аспекти розробки кросплатформних застосунків на базі .NET MAUI», дипл. робота бакалавра, спец. 122 Комп. науки, КПІ ім. Сікорського, Київ, 2025.

[2] Блог MOYO, «Кращі додатки для тренувань — топ 10 актуальних», [Онлайн]. Доступно: <https://surl.li/yyexhv>.

[3] Microsoft, «.NET MAUI Architecture Overview», [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/dotnet/maui/what-is-maui>.

УДК 004.42:796.071

### КРОСПЛАТФОРМНИЙ СТАРТОВИЙ ТАЙМЕР З BLUETOOTH-СИНХРОНІЗАЦІЄЮ

ЧИКУНОВ П.О.<sup>1</sup>, ЗАМАНОВА К.М.<sup>2</sup>

chukunov@karazin.ua, zamanova@onua.edu.ua

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська юридична академія»

*Розглянуто процес проектування та розробки кросплатформного стартового таймера з Bluetooth-синхронізацією для організації тренувань та групових змагань. Метою дослідження є проектування, програмна реалізація та тестування застосунку, що забезпечує запуск таймера на мобільному пристрою та його синхронізацію з наручним модулем. Проаналізовано наявні мобільні таймери та визначено їх обмеження щодо інтеграції із зовнішніми пристроями. Архітектуру застосунку реалізовано із використанням платформи .NET MAUI та підходу MVVM. Для обміну даними між пристроями застосовано Bluetooth Low Energy. Інтерфейс містить цифровий дисплей, засоби керування та механізми звукового і*

вібраційного підтвердження подій. Збір даних реалізовано із використанням *SQLite* та *Preferences*. Тестування підтвердило коректність роботи таймера та стабільність BLE-взаємодії.

Розвиток цифрових технологій відкриває можливості автоматизації спортивних процесів і організації змагань. Використання кросплатформних застосунків покращує взаємодію спортсменів, суддів і тренерів із пристроями контролю стартів, спрощує керування таймерами, підвищує точність сигналів та оптимізує адміністративні завдання.

Метою дослідження є проектування, програмна реалізація та тестування кросплатформного стартового таймера з Bluetooth-синхронізацією з наручним модулем. Об'єктом дослідження є кросплатформні застосунки для спортивних змагань та їх інтеграція з периферійними пристроями. Предметом дослідження є розробка та реалізація програмного забезпечення, яке забезпечує відлік часу, передачу та отримання сигналів між головним пристроєм і наручним модулем. Інтерфейс користувача повинен мати великий цифровий дисплей та кнопки управління, налаштування параметрів таймера та сигналу, звукові та вібраційні підтвердження старту/закінчення. Функціональне тестування має перевірити коректність роботи таймера і BLE-комунікації на фізичному пристрої та емуляторі.

Сучасні мобільні таймери, такі як *Timer Plus*, *Boxing Timer*, *Workout Interval Timer App*, *Interval Track* забезпечують гнучке налаштування інтервалів, раундів та фаз тренування. Але SWOT-аналіз показав, що наявні таймери орієнтовані переважно на інтервальні тренування та індивідуальне використання. Жоден із застосунків не забезпечує синхронізовану передачу стартового сигналу між пристроями або інтеграцію з зовнішніми модулями, що підтверджує актуальність розробки спеціалізованого кросплатформного спортивного стартового таймера.

У результаті проектування архітектури та моделювання даних кросплатформного стартового таймера були визначені ключові компоненти (рис. 1), їх взаємодія та ролі користувачів. Аналіз функціональних і нефункціональних вимог дозволив визначити основні сценарії використання та пріоритети реалізації, що забезпечує точність і надійність таймера.

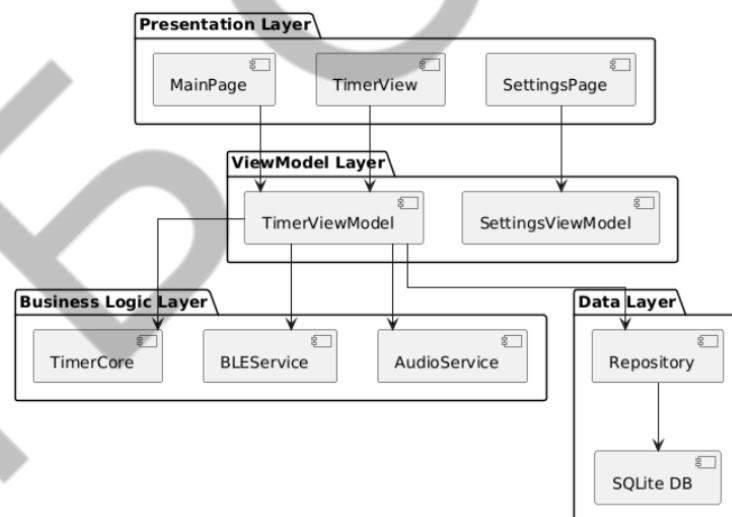


Рисунок 1 – Діаграма компонентів стартового таймера

Для реалізації вибраний стек технологій, який забезпечує швидку реалізацію, стабільну роботу та демонстрацію ключових функцій. Вибір *.NET MAUI* як основної платформи [1] обумовлений її кросплатформними можливостями, підтримкою сучасної архітектури *MVVM* та тісною інтеграцією з мовою програмування *C#*. Для реалізації інтерфейсу користувача використовується мова *XAML*, що забезпечує гнучке і наочне проектування сторінок із цифровим дисплеєм та контрастними кнопками, необхідними для спортивного таймера.

Для взаємодії з наручним пристроєм вибрано технологію Bluetooth Low Energy через бібліотеку Plugin.BLE, оскільки вона є стабільною, документованою та забезпечує двосторонній обмін сигналами між головним пристроєм та периферійним модулем без необхідності написання платформозалежного коду [2].

Впроваджено BLE-взаємодію за архітектурою "ведучий-ведений", що забезпечує синхронний старт таймера на пристроях. Процес зберігання історії тренувань оснований на SQLite та Preferences. Для збереження налаштувань таймера та параметрів сигналу застосовується Preferences із MAUI Essentials, що забезпечує просте і надійне зберігання даних між сеансами користувача. Системи шаблонів дозволяє користувачу швидко вибирати попередньо налаштовані тренування за чотирма категоріями: "Бокс/ММА", "HIIT/Табата", "Йога/Розтяжка" та "Силові/Кросфіт". Проведено тестування на 11 різних конфігураціях пристроїв, зокрема перевірена BLE-взаємодія, продуктивність та сумісність з версіями ОС. Критичні помилки відсутні, застосунок стабільно працює на платформах Windows, Android, iOS.

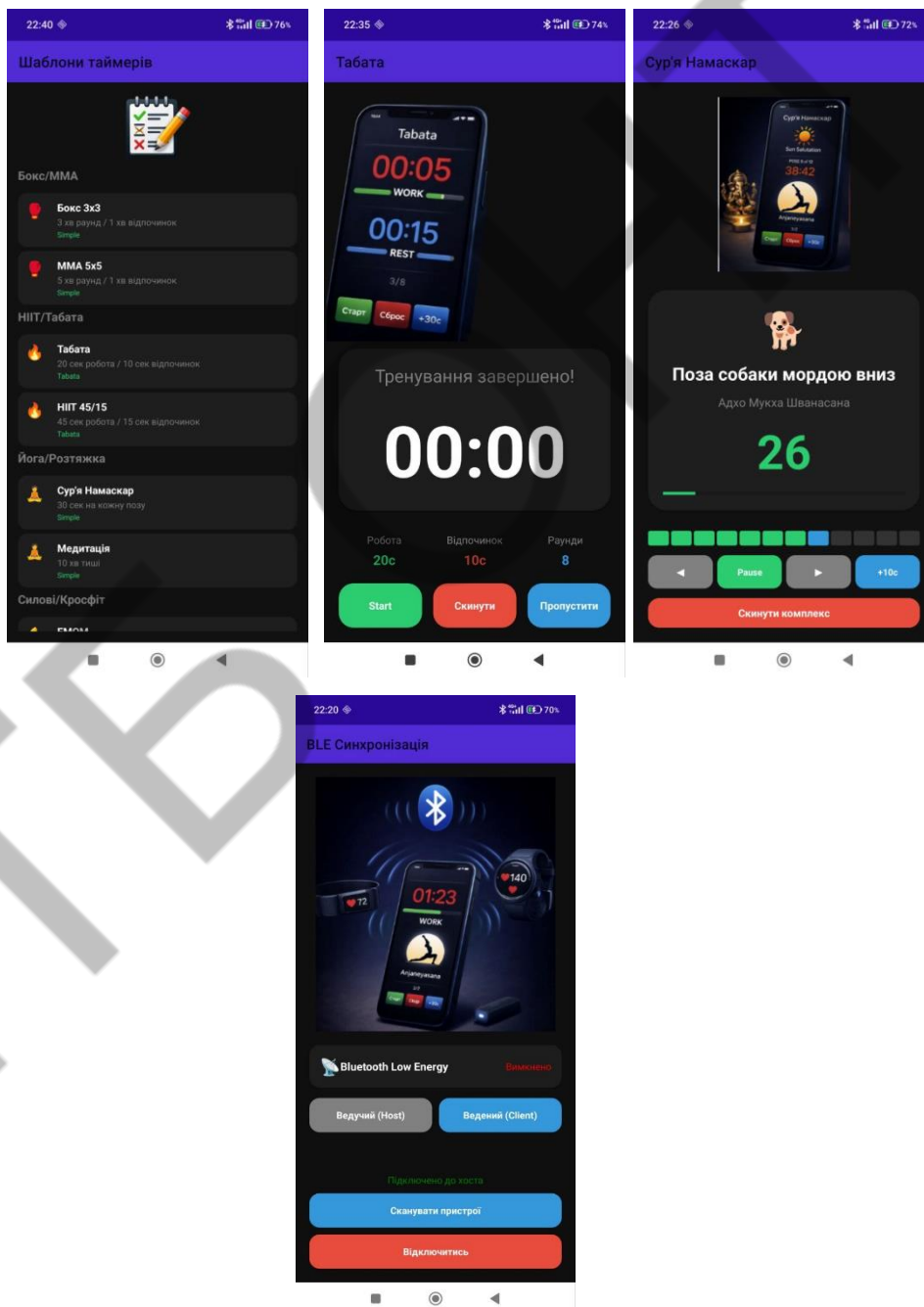


Рисунок 2 – Робота з таймером на Xiaomi Redmi Note 13

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Microsoft, .NET MAUI Documentation. «Офіційна документація для розробки кросплатформених застосунків на .NET MAUI», [Онлайн]. Доступно: <https://learn.microsoft.com/dotnet/maui/>.

[2] Plugin.BLE GitHub Repository, «Бібліотека для роботи з Bluetooth Low Energy у Xamarin і MAUI-застосунках», [Онлайн]. Доступно: <https://github.com/xabre/xamarin-bluetooth-le>.

УДК 004.42:004.65

## ПОРІВНЯННЯ СТРАТЕГІЙ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ОФЛАЙН-РЕЖИМУ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ

ШЕВЧЕНКО Ю.О.

(yuliia.shevchenko@student.karazin.ua)

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

*У цій роботі розглянуто сучасні підходи до організації локального зберігання даних у мобільних додатках, які підтримують офлайн-режим. Було проведено порівняння SQLite, Room, DataStore та Realm за продуктивністю, зручністю використання та підтримкою реактивних потоків. На основі цього було зроблено висновки щодо вибору підходу до зберігання даних залежно від складності проєкту. Також у межах роботи було реалізовано збереження даних у тестовому Android-проєкті за допомогою SQLite і Room, щоб порівняти їх поведінку на практиці.*

В умовах сьогодення мобільні додатки часто працюють при нестабільному інтернет-з'єднанні. Це дуже помітно під час поїздок, у місцях зі слабким покриттям мережі або під час форс-мажорних ситуацій. На перший погляд офлайн-режим може здаватися другорядною функцією, однак на практиці він суттєво впливає на зручність і навіть можливість використання додатку. Саме тому було вирішено детальніше розглянути підходи до локального збереження даних.

Для порівняння обрано SQLite, Room, DataStore та Realm. SQLite є класичним рішенням і, можна сказати, базою для більшості інших підходів. Room зараз виступає як стандарт в Android-розробці, DataStore підходить для простих налаштувань, а Realm пропонує зовсім інший підхід без використання класичного SQL.

Почнемо огляд з SQLite. Це вбудована реляційна база даних, яка працює через SQL-запити[1]. Створення таблиці виглядає досить стандартно:

```
CREATE TABLE users (  
    id INTEGER PRIMARY KEY,  
    name TEXT,  
    age INTEGER  
);
```

Такий підхід дає повний контроль над структурою бази. Тобто ручне написання запитів, створення таблиць, полів, зв'язків. На практиці це призводить до великої кількості однотипного коду, а також ускладнює інтеграцію з сучасними UI-рішеннями.

Наступним оглянемо використання Room. По більшій мірі, це просто офіційна обгортка над SQLite, яка значно спрощує розробку[2]. Сутності тут описуються через звичайні анотації:

```
@Entity  
data class User(  
    @PrimaryKey val id: Int,  
    val name: String,  
    val age: Int
```

```

)
Доступ до даних реалізується через інтерфейс DAO:
@Dao interface UserDao {
    @Query("SELECT * FROM User")
    fun getAllUsers(): Flow<List<User>>
}

```

Явно, що Room краще підходить для сучасної архітектури. Однією з його переваг є підтримка Flow. Завдяки цьому інтерфейс може оновлюватися автоматично при зміні даних, без додаткового коду. Це значно спрощує розробку і зменшується кількість ручної роботи.

Третім розглянемо DataStore, цей інструмент використовується для збереження простих даних у форматі ключ-значення[3].

```

val Context.dataStore by preferencesDataStore("settings")
val EXAMPLE_KEY = intPreferencesKey("example")
suspend fun saveValue(context: Context, value: Int) {
    context.dataStore.edit { prefs ->
        prefs[EXAMPLE_KEY] = value
    }
}

```

Цей підхід зручний для збереження локальних налаштувань користувача. А також для збереження параметрів навігації додатку. Недолік полягає в тому, що цей метод не підходить для складних списків даних. Тому використовується скоріше як допоміжний інструмент.

Realm, в свою чергу, працює без SQL і дозволяє зберігати об'єкти в пам'яті напряму. Це може спростити розробку на початковому етапі, але використання сторонньої бібліотеки може створювати певні обмеження в майбутньому[4].

Окремо було розглянуто роботу зі зв'язками між сутностями. Наприклад, зв'язок користувача та його списку поїздок:

- у SQLite потрібно явно писати JOIN-запити, що збільшує ризик помилок;
- у Room можна використовувати @Relation, що значно спрощує реалізацію;
- у Realm зв'язки реалізуються через вкладені об'єкти;
- у DataStore такі зв'язки фактично не підтримуються, оскільки він не призначений для складних структур.

Це було важливо перевірити, оскільки подібні зв'язки часто зустрічаються в реальних додатках. Результати порівняння зведено в таблицю (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняння стратегій зберігання даних

Характеристика	SQLite	Room	DataStore	Realm
Рівень складності налаштування	Високий	Середній	Низький	Низький
Підтримка реактивності (Flow)	Потребує обгортки	Вбудовано	Вбудовано	Підтримується (свій API)
Знання SQL	Обов'язкове	Базове	Не потрібне	Не потрібне
Основний сценарій використання	Legacy проекти	Складні реляційні дані	Налаштування	Швидка розробка (NoSQL)

Після проведення аналізу можна зробити висновок, що Room, на даний момент, є найбільш раціональним рішенням для більшості задач. Підхід вдало поєднує продуктивність

SQLite і зручність сучасного підходу до розробки. У свою чергу, DataStore добре справляється зі збереженням дрібних налаштувань, але не може замінити повноцінну базу даних.

Тому спираючись на отриманий досвід, у реальних проєктах найбільш доцільно використовувати комбінований підхід: Room – для збереження основних масивів даних, а DataStore – для налаштувань сесії. Такий розподіл обов'язків дозволяє досягти оптимального балансу між простотою розробки та гнучкістю архітектури, що на практиці виявилось найефективнішим варіантом.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] “SQLite Home Page”. SQLite Home Page. Дата звернення: 10 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.sqlite.org/index.html>

[2] “Save data in a local database using Room | App data and files | Android Developers”. Android Developers. Дата звернення: 10 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://developer.android.com/training/data-storage/room>

[3] “App Architecture: Data Layer - DataStore - Android Developers | App architecture”. Android Developers. Дата звернення: 10 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/datastore>

[4] “GitHub - realm/realm-kotlin: Kotlin Multiplatform and Android SDK for the Realm Mobile Database: Build Better Apps Faster.” GitHub. Дата звернення: 10 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://github.com/realm/realm-kotlin>

УДК 004.9

## **ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАВЧАННЯ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ У ВИГЛЯДІ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ**

ЯРОВЕНКО Д. О., СЕЛІВАНОВА А. В.  
(av\_selivanova@ukr.net)

*Одеський національний технологічний університет*

*В представлених тезах розглядається розробка інформаційної системи моніторингу навчання для здобувачів освіти у вигляді мобільного застосунку. Було сформовано структуру системи, визначено основні функціональні можливості, ролі користувачів та принципи взаємодії між компонентами системи..*

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровізацією різних сфер діяльності, зокрема й освіти. Зростання обсягів інформації та необхідність її оперативної обробки зумовлюють активне впровадження інформаційних систем, які забезпечують зручний доступ до даних, їх зберігання, аналіз та ефективне використання. У сфері освіти такі системи відіграють важливу роль у підвищенні якості навчального процесу та контролі за його результатами.

Особливого значення набувають мобільні застосунки, які дозволяють користувачам отримувати доступ до необхідної інформації у будь-який час та з будь-якого місця. Використання мобільних технологій у навчанні відкриває нові можливості для моніторингу успішності здобувачів освіти, аналізу їхніх результатів та покращення взаємодії між учасниками освітнього процесу.

Актуальність теми зумовлена необхідністю створення зручного та функціонального інструменту для відстеження навчальної діяльності здобувачів освіти. Існуючі рішення не завжди забезпечують достатній рівень зручності, гнучкості та доступності, тому виникає потреба у розробці мобільного застосунку, який дозволить ефективно контролювати навчальний процес та отримувати актуальну інформацію в режимі реального часу.

Метою роботи є розробка інформаційної системи моніторингу навчання здобувачів освіти у вигляді мобільного застосунку, а також набуття практичних навичок аналізу предметної

області, проектування архітектури програмного забезпечення та реалізації програмного продукту.

У процесі розробки було використано сучасні підходи до створення інформаційних систем. Зокрема, застосовано принципи модульної архітектури, що дозволяють забезпечити гнучкість системи та можливість її подальшого розширення. Також використано методи об'єктно-орієнтованого програмування, проектування баз даних та розробки інтерфейсу користувача для мобільного середовища, що забезпечує зручну взаємодію з системою.

Сучасні мобільні застосунки відіграють важливу роль у процесі навчання, дозволяючи користувачам отримувати доступ до навчальних матеріалів, відстежувати свій прогрес та взаємодіяти з освітнім середовищем у будь-який час. Такі системи активно використовуються в освітніх установах та онлайн-платформах, що підтверджує їх актуальність і ефективність [1].

Розроблювана інформаційна система дозволяє користувачам переглядати навчальні курси, виконувати завдання, проходити тести та отримувати результати. Також передбачено функціонал аналітики, що дає змогу відстежувати прогрес навчання, оцінки та активність користувачів. Система підтримує взаємодію між клієнтською частиною (мобільний застосунок) та серверною частиною через API.

Однією з ключових особливостей системи є підтримка ролей та прав доступу. Виділено такі ролі, як адміністратор, викладач та здобувач освіти. Адміністратор відповідає за керування користувачами та налаштування системи, викладач - за створення навчального контенту та перевірку завдань, а здобувач освіти - за проходження курсів та отримання результатів.

Перед початком розробки була визначена структура мобільного застосунку. Вона включає в себе екран авторизації, головний екран, розділ курсів, модуль тестування, сторінку з результатами та профіль користувача.

Головний екран містить основну інформацію про доступні курси та прогрес користувача. У розділі курсів відображається список навчальних матеріалів із можливістю фільтрації та пошуку. Кожен курс включає в себе опис, навчальні матеріали та завдання.

Модуль тестування дозволяє проходити тести різного типу, а також автоматично оцінює результати. У розділі результатів користувач може переглянути свої оцінки, статистику та динаміку навчання.

Також у застосунку передбачено профіль користувача, де відображається особиста інформація, досягнення та історія навчання. Це дозволяє зробити процес навчання більш структурованим та зручним для користувача.

Важливим етапом розробки інформаційної системи є вибір середовища програмування та інструментів, що забезпечують ефективну реалізацію функціоналу мобільного застосунку. Для створення системи моніторингу навчання обрано сучасний стек технологій: Visual Studio Code як основне середовище розробки завдяки зручності, розширюваності та підтримці налагодження; React Native - для створення кросплатформенного мобільного застосунку з єдиною кодовою базою; Node.js та Express.js - для реалізації серверної частини і побудови REST API; PostgreSQL - як надійну систему управління базами даних; а також Postman - для тестування та перевірки API. Такий набір інструментів забезпечує ефективну розробку, стабільність роботи системи та можливість її подальшого масштабування [2].

Розробка такої системи дозволяє підвищити ефективність навчального процесу, забезпечити контроль знань та створити сучасне цифрове освітнє середовище.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленого мобільного застосунку як інструменту для моніторингу навчальної діяльності здобувачів освіти. Система може бути використана як основа для подальшого розвитку, розширення функціоналу та впровадження у навчальних закладах.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] The Need for Mobile Speed: How Mobile Latency Impacts Publisher Revenue. *Google Research*. (date of access: 08.03.2026).
- [2] Bugl D. *Modern Full-Stack React Projects: Build, maintain, and deploy modern web apps using MongoDB, Express, React, and Node.js*. Бірмінгем, 2024. 506 p.

## Розділ 5

# Комп'ютерні телекомунікаційні мережі та технології

УДК 004.382.5:530.145

### АНАЛІЗ КВАНТОВОГО КОМП'ЮТЕРА

АРТЕМЧУК Д.О., РИБАЛОВ Б.О.

(daniildaniilov20199@gmail.com, borisr@ukr.net)

Одеський Національний Технологічний Університет

*У тезах розглядаються фізичні принципи функціонування квантових комп'ютерів, зокрема особливості використання кубітів, суперпозиції та квантової запутаності. Актуальність теми обумовлена стрімким розвитком обчислювальних технологій та потребою у вирішенні задач, які є недоступними для сучасних класичних систем. Авторами проаналізовано ключові переваги квантових алгоритмів, існуючі технічні обмеження, такі як декогеренція, а також перспективи інтеграції квантових вузлів у гібридні обчислювальні архітектури.*

Квантовий комп'ютер є перспективним напрямом розвитку обчислювальної техніки, який базується на законах квантової механіки. На відміну від класичних комп'ютерів, що використовують біти (0 або 1), квантові системи працюють з кубітами, які можуть перебувати у стані суперпозиції, тобто одночасно представляти 0 і 1. Це забезпечує принципово інший підхід до обробки інформації та дозволяє виконувати певні обчислення значно швидше.

Ключовими властивостями квантових обчислень є суперпозиція та квантова запутаність. Суперпозиція дозволяє кубіту існувати у комбінації станів, що створює можливість паралельної обробки великої кількості варіантів задачі. Запутаність забезпечує кореляцію між кубітами, завдяки чому зміна стану одного кубіта миттєво впливає на інші, навіть у віддалених системах. Саме ці властивості формують основу квантового прискорення обчислень.

Квантові обчислення реалізуються через квантові вентиля, які виконують операції над кубітами. На їх основі будуються алгоритми, серед яких найбільш відомими є алгоритм Шора для факторизації великих чисел та алгоритм Гровера для пошуку в неструктурованих базах даних. Алгоритм Шора становить загрозу сучасним криптографічним системам, оскільки здатен значно швидше розкласти великі числа на множники, ніж класичні методи. Алгоритм Гровера забезпечує квадратичне прискорення пошуку, що є важливим для аналізу великих масивів даних.

Попри високий потенціал, квантові комп'ютери мають низку технічних обмежень. Основною проблемою є декогеренція. Це втрата квантового стану через вплив зовнішнього середовища. І це може привести до помилок у обчисленнях і потребує складних методів квантової корекції помилок. Крім того, для стабільної роботи квантових систем необхідні наднизькі температури та спеціалізоване обладнання, що ускладнює їх масове впровадження.

Сучасні квантові комп'ютери знаходяться на етапі розвитку NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum), коли кількість кубітів вже достатня для експериментів, але рівень шуму ще

занадто високий для повноцінних практичних задач. Провідні компанії та наукові центри працюють над збільшенням кількості кубітів, підвищенням їх стабільності та зменшенням рівня помилок.

Найбільш перспективними сферами застосування квантових комп'ютерів є криптографія, моделювання складних молекулярних і хімічних процесів, оптимізаційні задачі та штучний інтелект. Водночас квантові системи не розглядаються як повна заміна класичних комп'ютерів, а скоріше як спеціалізовані обчислювальні пристрої для вирішення вузького класу задач.

Таким чином, квантовий комп'ютер є технологією нового покоління, що має потенціал суттєво змінити підходи до обчислень. Його розвиток залежить від подолання фізичних обмежень, підвищення стабільності кубітів та вдосконалення квантових алгоритмів. У майбутньому квантові системи можуть стати важливою складовою гібридних обчислювальних архітектур разом із класичними комп'ютерами.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] IBMResearch. What is quantum computing? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://research.ibm.com/quantum-computing/>.

[2] Preskill J. Quantum Computing in the NISQ era and beyond [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/abs/1801.00862>.

[3] IBM Quantum. Quantum Computing Basics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ibm.com/quantum-computing/>.

[4] National Institute of Standards and Technology (NIST). Post-Quantum Cryptography [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography>.

[5] Nielsen M. A., Chuang I. L. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2010.

УДК 621.397.7

## **5G ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МАЙБУТНЬОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ**

ГОНЧАРУК Д.О.

(d.honcharuk@student.karazin.ua)

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

*У статті розглядаються основні аспекти впровадження 5G технологій для мобільного зв'язку та їх можливий вплив на телекомунікаційні мережі. Досліджено основні принципи роботи 5G, зокрема їх здатність до значного зменшення латентності, підвищення швидкості передачі даних і збільшення кількості підключених пристроїв. Окремо розглянуто питання щодо необхідності модернізації існуючих телекомунікаційних інфраструктур, а також викликів і можливостей для операторів зв'язку.*

Технологія 5G є наступним етапом розвитку мобільних мереж і пропонує значні покращення порівняно з попередніми поколіннями зв'язку. Основна перевага 5G полягає в її здатності забезпечувати набагато більшу швидкість передачі даних, зменшення затримок і здатність підключати мільйони пристроїв до однієї мережі без втрати якості обслуговування.

Це відкриває нові можливості для реалізації інтернету речей (IoT), автономних транспортних засобів, медичних технологій в реальному часі та інших інноваційних сервісів.

Однією з головних особливостей 5G є низька латентність, яка є критично важливою для багатьох додатків, таких як автономне керування транспортними засобами або віддалене оперативне втручання в медичних установах. Латентність в мережах 5G може бути знижена до 1 мс, що є значним покращенням порівняно з 4G, де цей показник складає близько 30-50 мс [1]. Це дає можливість використовувати нові технології в реальному часі, що раніше було неможливим через обмеження швидкості передачі даних у попередніх поколіннях мереж.

Ще однією важливою особливістю 5G є можливість масового підключення пристроїв. Завдяки збільшеній пропускній здатності мережі 5G можна підключати до 1 мільйона пристроїв на квадратний кілометр, що відкриває нові можливості для розвитку інтернету речей (IoT), автоматизованих виробничих процесів та інших технологій, що вимагають підключення великої кількості пристроїв до однієї мережі [2]. Це має величезне значення для розвитку смарт-міст, сільськогосподарських технологій, умного дому та багатьох інших інновацій.

Завдяки високій швидкості передачі даних і зниженій латентності, 5G дає можливість операторів зв'язку надавати нові сервіси та послуги. Наприклад, технології віртуальної та доповненої реальності (VR/AR) можуть стати масовими завдяки високій швидкості та стабільності з'єднання. Мобільні платформи для геймерів, віддалені робочі простори та інші високошвидкісні послуги стануть доступні на новому рівні завдяки 5G [3].

Однак, впровадження 5G також несе певні виклики для існуючих телекомунікаційних мереж. Оператори мобільного зв'язку повинні модернізувати свої інфраструктури, включаючи встановлення нових базових станцій, підтримку нових частот і забезпечення високої безпеки мережі. Для 5G використовуються нові частотні діапазони, що потребує додаткових інвестицій і змін в існуючих мережах. Це може включати значні витрати на модернізацію мереж і закупівлю нового обладнання, що може стати бар'єром для деяких операторів [4].

Крім того, з'являються нові виклики, пов'язані з захистом даних і безпекою. Технології 5G відкривають нові можливості для кіберзлочинців, що вимагає розробки нових стандартів безпеки. Оператори зв'язку повинні зосередитися на розробці нових протоколів захисту даних і забезпеченні високого рівня безпеки на всіх етапах передачі та зберігання даних [5].

Таким чином, 5G є потужним інструментом для розвитку мобільного зв'язку і відкриває нові можливості для телекомунікаційних мереж, однак його впровадження потребує значних інвестицій у інфраструктуру та забезпечення високого рівня безпеки. Враховуючи переваги і виклики, оператори зв'язку повинні ретельно планувати стратегії впровадження та модернізації своїх мереж, щоб забезпечити ефективне використання технологій 5G.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Лапін І. О. Технології 5G: принципи, можливості та виклики / І. О. Лапін, О. М. Іванова // Журнал телекомунікацій. – 2021. – С. 10-15.
- [2] Нестеров В. А. Інтернет речей та 5G: як ці технології змінять майбутнє / В. А. Нестеров, Т. В. Коваль // Телекомунікаційні інновації. – 2020. – С. 120-128.
- [3] Мельник І. О. Вплив 5G на розвиток телекомунікаційних послуг / І. О. Мельник, А. В. Сидоренко // Технології та інновації в зв'язку. – 2019. – С. 75-81.
- [4] Савченко В. М. Виклики та можливості для телекомунікаційних операторів у впровадженні 5G / В. М. Савченко, І. Р. Мельник // Вісник телекомунікацій. – 2020. – С. 45-50.
- [5] Ковальчук О. Р. Безпека мереж 5G: нові загрози та способи захисту / О. Р. Ковальчук, О. А. Дмитрієв // Системи безпеки телекомунікацій. – 2021. – С. 56-62.

## МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ ТЕХНОЛОГІЇ 6G

ЗАІЧЕНКО Ю.П.

(d.honcharuk@student.karazin.ua)

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

*У статті розглядаються перспективи та виклики технології 6G, яка обіцяє стати наступним етапом у розвитку мобільних мереж після 5G. Досліджено основні концепції, які стоять за цією технологією, зокрема підвищення швидкості передачі даних, зменшення затримки, інтеграція штучного інтелекту та нові можливості для розвитку інтернету речей (IoT), автономних транспортних засобів та смарт-міст. Окремо розглянуто виклики, з якими стикаються розробники та оператори телекомунікаційних мереж при впровадженні 6G, а також можливі соціально-економічні та технічні наслідки.*

Технології мобільних мереж розвиваються стрімкими темпами. Після успішного впровадження 5G, технологія 6G знаходиться на етапі активних досліджень і має потенціал змінити наше уявлення про зв'язок і телекомунікації. Очікується, що мережі 6G забезпечать значно більшу пропускну здатність, зменшення затримок до мілісекунд, а також інтеграцію нових можливостей, таких як квантові обчислення та інтелектуальні мережі, що використовують штучний інтелект (ШІ) для автоматизації процесів управління мережею.

Основна мета 6G — не лише збільшити швидкість передачі даних, а й забезпечити нові можливості для застосувань, таких як розширена реальність (XR), голографічні комунікації, автоматизація транспорту, а також розвиток смарт-міст і інтернету речей (IoT). Для цього технологія 6G повинна об'єднувати різні типи з'єднань і забезпечувати практично миттєву реакцію на запити користувачів, а також значно підвищити рівень безпеки в мережах [1]. 6G обіцяє революцію в мобільних мережах, зокрема завдяки **надшвидкісній передачі даних**, яка може досягати швидкості понад 1 Тбіт/с, що в десятки разів перевищує можливості 5G. Це відкриває нові горизонти для технологій, таких як голографічні комунікації та віртуальні зустрічі, що вимагають високої пропускну здатності [2].

Іншою важливою характеристикою є **зниження затримки** до 1 мілісекунди, що дозволить реалізувати технології, які потребують миттєвого зворотного зв'язку, такі як автономні транспортні засоби, роботу в реальному часі з великими даними та нові медичні технології для віддалених операцій і діагностики [3]. Крім того, 6G сприятиме розвитку **інтернету речей (IoT)**, зокрема підключенню десятків мільярдів пристроїв до глобальної мережі. Це дозволить реалізувати смарт-міста, де всі елементи інфраструктури, від освітлення до транспортних систем, будуть інтегровані в одну мережу, що реагує на зміни в реальному часі.

Насправді, технологія 6G також матиме великий вплив на **використання штучного інтелекту (ШІ)** в управлінні мережею. Застосування ШІ для моніторингу та керування мережами дозволить автоматично виявляти і вирішувати проблеми, оптимізуючи використання ресурсів, покращуючи ефективність та безпеку мережі, що значно зменшить витрати на її обслуговування [4]. Впровадження 6G технологій зіштовхується з кількома **технічними та економічними викликами**. Один із головних викликів — це **обмеженість частотних діапазонів**. Для досягнення високих швидкостей і низької латентності 6G потребує нових частотних діапазонів, зокрема, використання терагерцевих хвиль, які можуть бути дуже чутливими до перешкод і зменшення покриття. Це ставить перед розробниками нові завдання щодо оптимізації частот і покриття мереж [5].

Інший виклик пов'язаний із **безпекою**. Збільшення кількості пристроїв, що підключаються до мереж 6G, а також розширення використання квантових обчислень і ШІ, ставлять нові

вимоги до рівня захисту даних. Проблеми з конфіденційністю та кібербезпекою можуть стати одними з головних перешкод для широкого впровадження 6G технологій [6]. Важливою складовою є також **екологічний аспект**, оскільки нові технології вимагають значних енергетичних витрат, що потребує розробки більш енергоефективних рішень для мереж 6G.

Реалізація 6G технологій може мати значний соціально-економічний вплив. Очікується, що з'єднання більшої кількості пристроїв та застосування нових технологій стимулюватиме розвиток нових індустрій, зокрема в сфері робототехніки, автономного транспорту та медичних послуг. Разом із тим, це потребуватиме значних інвестицій в інфраструктуру та підготовку кадрів, що може стати викликом для деяких країн, особливо тих, що мають обмежений доступ до новітніх технологій [7].

Технології 6G обіцяють значні покращення у сфері мобільного зв'язку, зокрема завдяки надшвидким передачам даних, зниженій затримці та інтеграції з ШІ та квантовими обчисленнями. Однак впровадження 6G зіштовхується з низкою викликів, таких як обмеження частотних ресурсів, проблеми безпеки та екологічні аспекти. Оператори зв'язку та розробники повинні ретельно планувати стратегії для подолання цих викликів і забезпечення успішного впровадження 6G технологій у глобальних масштабах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ковальчук І. М. Перспективи впровадження 6G у мобільних мережах / І. М. Ковальчук, В. А. Гуменюк // Телекомунікаційні технології майбутнього. – 2021. – С. 45-49.
- [2] Савченко О. П. Технологія 6G: можливості та виклики для телекомунікацій / О. П. Савченко, С. О. Іванов // Інновації в телекомунікаціях. – 2020. – С. 100-105.
- [3] Мельник Л. І. Вплив 6G на розвиток мобільних мереж / Л. І. Мельник, Т. М. Барабаш // Мобільний зв'язок. – 2021. – С. 23-28.
- [4] Гончарук О. О. Інтелектуальні мережі для 6G: ШІ та квантові обчислення / О. О. Гончарук, І. А. Коваленко // Журнал сучасних технологій. – 2022. – С. 71-76.
- [5] Іванов О. П. Виклики впровадження 6G та їх технічні аспекти / О. П. Іванов, П. М. Коваль // Вісник телекомунікацій. – 2021. – С. 89-92.
- [6] Ковальчук О. Р. Безпека в мережах 6G: нові загрози та підходи до захисту / О. Р. Ковальчук, В. І. Сидоренко // Технічні аспекти безпеки в телекомунікаціях. – 2020. – С. 58-64
- [7] Белявський В. М. Соціально-економічні наслідки впровадження 6G / В. М. Белявський, І. В. Бондаренко // Економіка і технології. – 2022. – С. 101-106.

УДК 004.42:004.7

### РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА НАЛАШТУВАННЯ МЕРЕЖНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ В ОС WINDOWS

ЗІБОРОВ Н.В., КАТЕЛЬНИКОВ Д.І.  
(niktelepat@gmail.com, katielnikov@vntu.edu.ua)  
Вінницький національний технічний університет

*У роботі досліджуються програмні методи взаємодії з мережною підсистемою ОС Windows. Наведено конкретні приклади WQL-запитів до WMI, описано параметри методів конфігурації TCP/IP та проаналізовано процес сканування радіоефіру за допомогою Native Wifi API.*

**Вступ.** Розробка спеціалізованого програмного забезпечення для діагностики та конфігурації мережних інтерфейсів в ОС Windows вимагає глибокого розуміння системних інтерфейсів прикладного програмування (API). Використання консольних утиліт через перехоплення їх виводу (парсинг netsh чи ipconfig) є ненадійним підходом, оскільки він

залежить від мови локалізації системи. Пряме редагування системного реєстру також є небезпечним, адже воно обходить системні перевірки цілісності і вимагає примусового перезавантаження мережного стеку. Тому найбільш надійним архітектурним рішенням є використання об'єктно-орієнтованої технології Windows Management Instrumentation (WMI) для керування протоколами та низькорівневої бібліотеки Native Wifi API для роботи з бездротовим середовищем. У даній роботі детально розглянуто механізми виклику та параметризації цих інтерфейсів.

Оснóву модуля збору телеметрії складає технологія WMI, доступ до якої в середовищі .NET реалізовано через простір імен System.Management (класи ManagementObjectSearcher та ManagementObject) [1]. Для отримання списку фізичного обладнання система формує запити мовою WQL (WMI Query Language) до сучасного класу MSFT\_NetAdapter, розташованого у просторі імен ROOT\StandardCimv2 [2]. Наприклад, для ідентифікації лише активних фізичних пристроїв використовується наступний WQL-запит – SELECT Name, InterfaceIndex, MACAddress, LinkSpeed FROM MSFT\_NetAdapter WHERE Virtual=False AND ConnectorPresent=True. Виконання цього запиту дозволяє алгоритму миттєво відсіяти програмні тунелі (VPN, Hyper-V) та отримати унікальний ідентифікатор InterfaceIndex, який у подальшому використовується для прив'язки апаратного рівня до логічних налаштувань TCP/IP.

Модифікація мережних налаштувань відбувається через виклик методів класу Win32\_NetworkAdapterConfiguration. Оскільки ці методи змінюють стан системи, вони викликаються через функцію InvokeMethod класу ManagementObject. Для встановлення статичної IP-адреси використовується метод EnableStatic. Він приймає два аргументи, які повинні бути передані як масиви рядків: IPAddress (наприклад, {"192.168.1.50"}) та SubnetMask (наприклад, {"255.255.255.0"}). Аналогічно, для встановлення основного шлюзу викликається метод SetGateways, який приймає масив адрес DefaultIPGateway (наприклад, {"192.168.1.1"}) та масив метрик GatewayCostMetric (зазвичай {"1"}). Результатом виконання цих методів є цілочисельний код повернення, де 0 означає успішне виконання, 1 - успіх з вимогою перезавантаження, а інші коди (наприклад, 64 або 91) свідчать про помилки формату або відмову в доступі.

Оскільки WMI має суттєві обмеження щодо керування бездротовим ефіром, для модуля Wi-Fi було застосовано бібліотеку wlanapi.dll [3]. Процес отримання списку мереж реалізується у два етапи. Спочатку викликається функція WlanOpenHandle для отримання дескриптора сесії клієнта. Далі ініціюється сканування викликом функції WlanScan. Вона приймає дескриптор клієнта, GUID бездротового інтерфейсу та покажчик на структуру DOT11\_SSID (якщо передати NULL, виконується широкомовне сканування всіх доступних мереж). Важливою особливістю WlanScan є її асинхронність: функція лише відправляє команду драйверу і відразу повертає керування програмі. Після завершення сканування (або із затримкою) викликається функція WlanGetAvailableNetworkList, яка повертає структуру з масивом доступних точок доступу. З цієї структури програма отримує назву мережі (SSID), алгоритми шифрування (наприклад, DOT11\_AUTH\_ALGO\_RSNA\_PSK для WPA2) та параметр wlanSignalQuality (значення від 0 до 100), який конвертується графічним інтерфейсом у звичний для користувача індикатор потужності сигналу.

**Висновки.** Проведене дослідження методів взаємодії з WMI та Native Wifi API доводить їх високу ефективність для створення засобів системного адміністрування. Застосування оптимізованих WQL-запитів до класу MSFT\_NetAdapter вирішує проблему надлишковості даних шляхом апаратної фільтрації. Пряма інвокація методів EnableStatic та SetGateways забезпечує транзакційну безпеку при зміні налаштувань IPv4, виключаючи необхідність редагування реєстру. Водночас використання асинхронної функції WlanScan дозволяє створити швидкодіючий модуль моніторингу бездротових мереж, який не блокує основний потік графічного інтерфейсу користувача.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] M. Lavy and A. Meggitt, Windows Management Instrumentation (WMI): Scripting. New Riders Publishing, 2019.

[2] "MSFT\_NetAdapter Class," Microsoft Learn. [Online]. Available: [https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/desktop/legacy/hh968170\(v=vs.85](https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/desktop/legacy/hh968170(v=vs.85)

[3] "Native Wifi API Functions," Microsoft Learn. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/nativewifi/native-wifi-api-functions>

УДК 004.75:004.056.2

## ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ

МИТРОФАНОВ О.Р., СІРЕНКО О.І.

(ashorteim5@gmail.com, olexandr.sirenko@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглянуто проблему забезпечення цілісності та довіри до даних у централізованих системах зберігання та обґрунтовано доцільність використання децентралізованих підходів. Запропоновано програмну систему, що базується на поєднанні технологій blockchain та IPFS для забезпечення незмінності та відстежуваності змін файлів. Описано архітектуру системи, модель даних і принципи взаємодії її компонентів. Реалізовано механізми контролю цілісності на основі криптографічного хешування, контентно-адресованого зберігання та незмінного реєстру метаданих. Розроблено алгоритми основних функціональних процесів, зокрема додавання файлів, перевірки їх цілісності, створення нових версій та перегляду історії змін. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого підходу для підвищення надійності, прозорості та достовірності даних у розподіленому середовищі.*

Сучасні інформаційні системи здебільшого ґрунтуються на централізованому зберіганні даних, що передбачає наявність єдиного сервера або довіреного посередника. Такий підхід має суттєві недоліки: єдину точку відмови, залежність від адміністратора, обмежену прозорість операцій і ризик несанкціонованої зміни, видалення чи підміни інформації. Особливо важливою є проблема забезпечення цілісності даних і підтвердження їх незмінності під час зберігання та передачі. Традиційні засоби контролю цілісності не гарантують належного захисту від навмисних змін і незалежної перевірки достовірності. Тому доцільним є використання децентралізованих підходів, зокрема blockchain і розподіленого зберігання даних.

Метою роботи є розробка програмної системи для забезпечення цілісності, автентичності та відстежуваності змін файлів у децентралізованому середовищі на основі blockchain та IPFS. Для цього передбачено розробку архітектури системи, моделі даних із підтримкою версіонування, механізмів захисту інформації, принципів взаємодії компонентів і алгоритмів основних функціональних процесів. Запропонований підхід базується на поєднанні контентно-адресованого зберігання файлів у IPFS і blockchain як незмінного реєстру метаданих. Вміст файлів розміщується у децентралізованому сховищі, а їх криптографічні характеристики фіксуються у blockchain. Принцип роботи системи передбачає обчислення хешу файлу, його завантаження до IPFS з отриманням CID та подальший запис метаданих у смарт-контракт.

Система реалізується як клієнтський застосунок, що взаємодіє з IPFS і blockchain-платформою Ethereum без централізованого сервера. Її основними компонентами є модуль обробки файлів, модуль взаємодії з blockchain, смарт-контракт як реєстр метаданих і

децентралізоване сховище IPFS. Така архітектура усуває єдину точку відмови та відповідає принципам децентралізованих застосунків. Ключові функції системи охоплюють криптографічне хешування, контентно-адресоване зберігання, версіонування, перевірку цілісності шляхом порівняння хеш-значень, отримання історії змін із blockchain, а також криптографічну ідентифікацію користувачів і контроль доступу на рівні смарт-контракту.

У результаті дослідження запропоновано й обґрунтовано архітектуру децентралізованої системи зберігання та перевірки файлів, розроблено модель даних із сутностями користувача, файлу та версії файлу, а також реалізовано підхід до забезпечення цілісності й захисту інформації на основі хешування, контентно-адресованого зберігання та незмінності blockchain. Запропоновано алгоритми додавання файлів, перевірки їх цілісності, створення нових версій і отримання історії змін. Отримані результати дозволяють підвищити довіру до даних у розподіленому середовищі, забезпечити їх незмінність і незалежну перевірку. Перевагами підходу є децентралізація, прозорість операцій, відсутність централізованого управління та можливість відстеження історії змін. Практична цінність роботи полягає у можливості застосування системи в електронному документообігу, наукових дослідженнях і цифрових архівах.



Рисунок 1 – Структурна схема децентралізованої системи зберігання та перевірки файлів

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] W. Stallings, Cryptography and Network Security: Principles and Practice, 7th ed. Harlow, UK: Pearson, 2018.
- [2] A. S. Tanenbaum and M. van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall, 2007.
- [3] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, “An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends,” Future Generation Computer Systems, vol. 75, pp. 1–16, 2017.
- [4] A. M. Antonopoulos and G. Wood, Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps. Sebastopol, CA, USA: O’Reilly Media, 2018.
- [5] J. Benet, “IPFS: Content Addressed, Versioned, P2P File System,” 2014. [Online]. Available: <https://ipfs.io>

[6] Protocol Labs, “Filecoin: A Decentralized Storage Network,” 2017. [Online]. Available: <https://filecoin.io>

[7] G. R. Annapureddy, “The impact of blockchain on data integrity and security in distributed systems,” The Eastasouth Journal of Information System and Computer Science, vol. 2, no. 2, pp. 150–155, 2024.

УДК 621.327:681.5

## КОНТЕНТНО-ЗАЛЕЖНИЙ ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ БІТОВОГО ПОТОКУ У ВІДЕОСЕРВІСАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

СОРОКУН А.Д.

(anton.sorokun@gmail.com)

Державний університет інформаційно-телекомунікаційних технологій

*Реферат. Розроблено контентно-залежний метод оптимізації бітового потоку у відеосервісах реального часу. Підхід забезпечує адаптивний розподіл бітів із урахуванням структури відеоконтенту. Показано придатність методу для систем з обмеженими обчислювальними ресурсами.*

**Вступ.** У сучасних відеосервісах реального часу ключовим фактором ефективності кодування стає здатність алгоритму адаптуватися до зміни структури відеоконтенту. Традиційні підходи до оптимізації бітового потоку базуються на глобальних моделях співвідношення швидкість–спотворення, які не враховують локальні особливості сцени та динаміку змін між кадрами. У результаті виникає нерівномірний розподіл бітів, що призводить до втрати якості у складних ділянках та неефективного використання ресурсу в однорідних областях. У зв'язку з цим активно розвиваються підходи, орієнтовані на врахування характеристик відеоконтенту при кодуванні. Зокрема, контентно-залежне кодування дозволяє адаптивно змінювати параметри обробки відповідно до складності сцени, що є особливо актуальним для задач хмарного геймінгу та потокових сервісів із високою динамікою зображення [1]. Подібні ідеї реалізуються також у методах розподілу бітів на рівні блоків кодування, де параметри квантування коригуються залежно від локальних характеристик сигналу [2], [3].

Важливим напрямом розвитку є використання перцептивних моделей якості, що враховують особливості зорового сприйняття людини. Метрики, такі як VMAF, дозволяють більш точно оцінювати якість відео порівняно з традиційними показниками та використовуються як орієнтир для оптимізації процесу кодування [4]. Узагальнюючі дослідження у цій галузі підтверджують, що врахування перцептивних факторів є критично важливим для забезпечення високої якості відеосервісів у реальному часі [5].

**Метод контентно-залежної оптимізації бітового потоку.** Запропонований контентно-залежний підхід до оптимізації бітового потоку ґрунтується на врахуванні просторово-часової неоднорідності відеоконтенту та адаптивному перерозподілі бітових ресурсів між сегментами кадру. На відміну від класичних методів, де параметри кодування визначаються на рівні всього кадру або групи кадрів, у даному підході основна увага приділяється локальним характеристикам сигналу, що дозволяє більш точно узгоджувати витрати бітів із візуально значущими областями.

Для забезпечення адаптивності до динаміки сцени вводиться контент-залежний коефіцієнт ваги  $w_c$ , який визначається на основі оцінювання просторових і часових варіацій у межах короткочасного вікна  $\Delta t$ . Це дозволяє враховувати як текстурну складність зображення, так і інтенсивність руху об'єктів. Подібні механізми адаптації широко застосовуються у системах контентно-залежного кодування, де вони забезпечують підвищення ефективності

стиснення без втрати якості [1]. На відміну від евристичних схем, запропонований підхід використовує детерміновану процедуру формування кодових представлень, у якій результати обробки SCL та NLS складових інтегруються у структуру фіксованої довжини. Така організація дозволяє зменшити локальну надмірність і забезпечити більш рівномірний розподіл бітів, що позитивно впливає на стабільність бітрейту та передбачуваність затримок.

Для оцінювання ефективності запропонованого контентно-залежного підходу було проведено серію експериментів на відеопослідовностях різної просторової роздільності та структурної складності (рис. 1). Дослідження виконано для двох типів відеозображень, що відрізняються рівнем структурної насиченості.

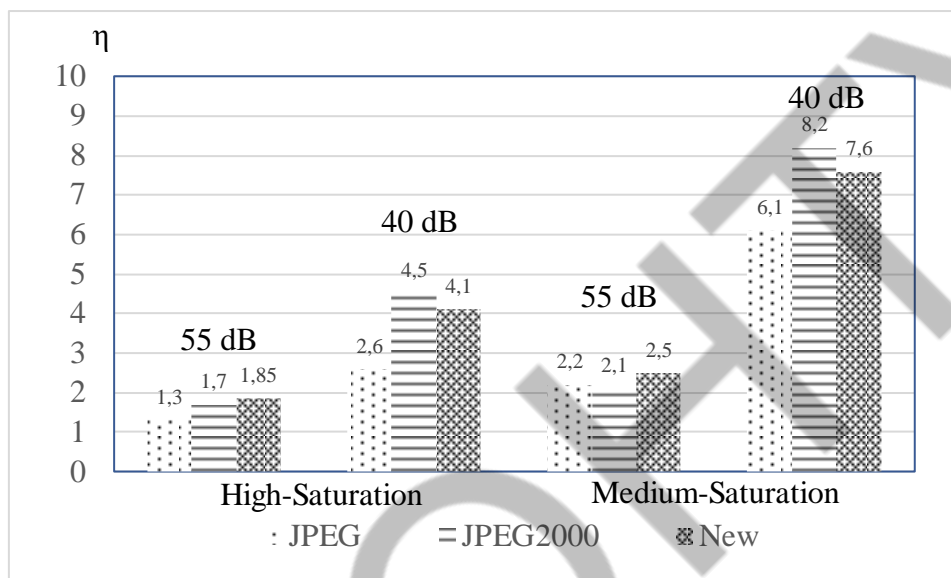


Рисунок 1. Залежність коефіцієнта зниження бітового об'єму  $\eta$  від рівня якості для різних методів кодування та типів відеозображень із різною структурною насиченістю

Як показник якості використано параметр  $\sigma$ , який відповідає піковому відношенню сигнал/шум (PSNR) і приймає значення 40 дБ (рівень достатньої якості) та 55 дБ (рівень високої якості відновлення). Для кожної комбінації параметрів оцінювався коефіцієнт зниження бітового об'єму  $\eta$ . Отримані результати демонструють залежність ефективності методів від рівня якості та структурної складності відеоконтенту, що дозволяє оцінити адаптивність алгоритмів до різних типів сцен.

**Висновки.** Порівняння з існуючими підходами показало, що запропонований метод забезпечує більш раціональний розподіл бітів порівняно з класичними схемами з фіксованими або глобальними параметрами квантування. При цьому підхід зберігає детермінованість і не потребує значних обчислювальних ресурсів.

Метод базується на контентно-залежному врахуванні просторово-часової структури відеозображення та дозволяє виконувати локальний перерозподіл бітових ресурсів відповідно до значущості ділянок кадру.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування контентно-залежної оптимізації бітового потоку для систем реального часу, зокрема в умовах обмежених обчислювальних ресурсів і вимог до передбачуваності алгоритмічної поведінки.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Hegazy, M., Diab, K., Saeedi, M., Ivanovic, B., Amer, I., Liu, Y., Sines, G., & Hefeeda, M. Content-aware video encoding for cloud gaming / In Proceedings of the 10th ACM Multimedia Systems Conference (MMSys '19). New York: Association for Computing Machinery, 2019. – pp. 60-73. <https://doi.org/10.1145/3304109.3306222>

[2] Liu, X., Zhang, Y., Zhu, L., & Liu, H. Perception-based CTU level bit allocation for intra high efficiency video coding // IEEE Access. – 2019. – 7 – pp. 154959-154970. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2948709>

[3] Pan, Z., Yi, X., Zhang, Y., Yuan, H., Wang, F. L., & Kwong, S. (2020). Frame-level bit allocation optimization based on video content characteristics for HEVC. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, 16(1), 1-20. <https://doi.org/10.1145/3380827>

[4] García, B., López-Fernández, L., Gortázar, F., & Gallego, M. (2019). Practical evaluation of VMAF perceptual video quality for WebRTC applications. Electronics, 8(8), 854. <https://doi.org/10.3390/electronics8080854>

[5] Min, X., Duan, H., Sun, W., Zhu, Y., & Zhai, G. (2024). Perceptual video quality assessment: A survey. Science China Information Sciences, 67, 211301. <https://doi.org/10.1007/s11432-024-4133-3>

УДК 004.7:621.31

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ РОЗУМНОГО ДОМУ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ПРІОРИТИЗАЦІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ІОТ**

ЧЕРКАСОВ Б. А., НІСНОВ О. Л.

([bogdancherkasov88@gmail.com](mailto:bogdancherkasov88@gmail.com), [anotnew@gmail.com](mailto:anotnew@gmail.com))

Одеський національний технологічний університет

*Робота присвячена дослідженню методів підвищення енергоефективності житлових приміщень за допомогою концепції Internet of Things (IoT). Розглянуто архітектуру системи з інтелектуальним керуванням електроприладами. Основну увагу приділено розробці алгоритму динамічного перерозподілу навантаження залежно від критичності споживачів та поточного ліміту потужності. Запропоновано підхід до мінімізації витрат при використанні багатотарифного обліку електроенергії.*

Сучасні житлові будинки характеризуються високою щільністю електронних пристроїв, що призводить до значного навантаження на електромережу та нераціонального споживання ресурсів. Більшість існуючих систем «розумного дому» орієнтовані на зручність інтерфейсу, проте не мають вбудованої логіки інтелектуального енергоменеджменту. Проблема полягає у відсутності автономних алгоритмів, здатних адаптивно реагувати на зміну вартості електроенергії в реальному часі та пікові навантаження, що робить актуальною розробку систем з елементами автоматизованого прийняття рішень.

Для досягнення поставленої мети було визначено та вирішено наступні завдання:

4. Аналіз сучасних протоколів передачі даних (MQTT, Zigbee) для побудови енергоефективної мережі датчиків.

5. Створення класифікації побутових приладів за ступенем їхньої критичності для життєзабезпечення та комфорту.

6. Розробка математичної моделі оптимізації споживання, що враховує графіки навантаження та тарифні сітки.

Оптимізація енергоспоживання досліджується на типовій сучасній архітектурі системи розумного дому (рисунок 1). На нижньому рівні розташовані «розумні» розетки, реле, та інші кінцеві пристрої, що збирають дані про споживання через протокол MQTT. На середньому рівні діє локальний шлюз (Edge-вузол), який виконує аналіз даних без затримок, характерних для хмарних сервісів верхнього рівня.

Ключовим елементом системи є розроблений алгоритм пріоритизації. Усі споживачі розділені на три групи:

- критичні (P1): холодильники, системи безпеки, опалення (вимкнення неможливе або обмежене коротким часом);
- важливі (P2): освітлення, робочі станції (вимкнення можливе при відсутності людей у зоні);
- другорядні (P3): бойлери, пральні машини, зарядні пристрої (можуть бути відкладені у часі).

Математична задача оптимізації формулюється як мінімізація цільової функції вартості:

$$C = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T(t) \cdot \Delta t \rightarrow \min,$$

$$\sum_{i=1}^n P_i < P_{max},$$

де  $T(t)$  — вартість одиниці електроенергії (кВт·год) у момент часу  $t$ .

Алгоритм використовує метод «ковзного вікна» для прогнозування пікових навантажень. Якщо система фіксує наближення до ліміту  $P_{max}$  (наприклад, одночасне ввімкнення плити та кондиціонера), вона автоматично переводить пристрої групи P3 у режим очікування або знижує їхню потужність (наприклад, через ШІМ-регулювання).

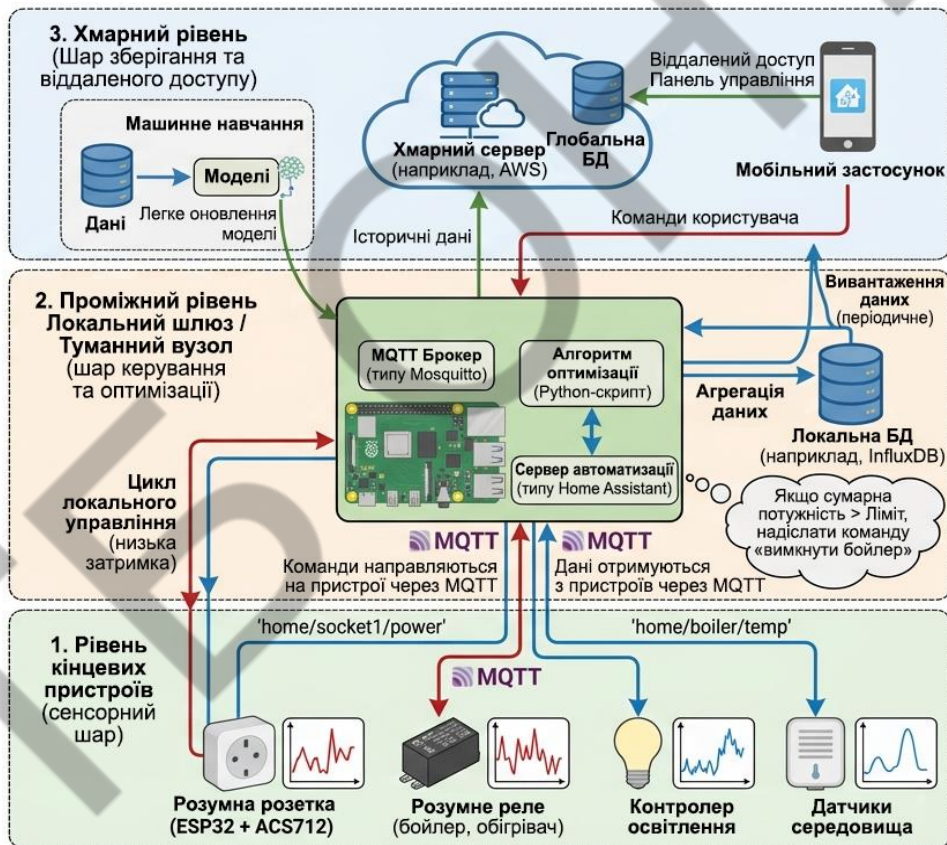


Рисунок 1 – Архітектура системи управління розумного дому

Окремим аспектом є інтеграція з багатотарифним обліком. Прототип системи отримує дані про поточний час і, у разі настання «нічного тарифу», ініціює енергоємні процеси (нагрів води в бойлері), які були заблоковані вдень. Це дозволяє не лише знизити загальне споживання за рахунок автоматизації (вимкнення світла в порожніх кімнатах за датчиками присутності), але й суттєво зменшити фінансові витрати користувача.

В роботі було запропоновано концепцію системи розумного дому, орієнтованої на енергозбереження. Впровадження алгоритму пріоритизації навантажень має на меті дозволити ефективно керувати енергоспоживанням у межах встановлених лімітів потужності. Наукова

новизна результатів полягає у поєднанні методів локального аналізу даних (Edge/Fog Computing) з динамічним перерозподілом ресурсів на основі пріоритетності споживачів. Використання методів машинного навчання дозволить прогнозувати профілі споживання для конкретної системи з урахуванням особливостей її використання.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] A. R. Al-Ali, I. A. Zualkernan, M. Rashid, R. Gupta та M. Alikarar, “A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach”, *IEEE Trans. Consum. Electron.*, т. 63, № 4, с. 426–434, 2017. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1109/tce.2017.015014>.

[2] Ch. Raut, Sh. Kothalkar, A. Hatwar, P. Harinkhede та K. Punde, “Review on IOT Based Smart Energy Management System”, *Int. J. Scientific Res. Sci. Technol.*, т. 12, № 1, с. 567–569, 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.32628/ijrsrst25121189>.

[3] S. Mouassa, T. Bouktir та F. Jurado, “Scheduling of smart home appliances for optimal energy management in smart grid using Harris-hawks optimization algorithm”, *Optimization and Engineering*, 2020. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1007/s11081-020-09572-1>.

[4] S. V. Thakkar та J. Dave, “FOG Computing: Recent Trends and Future Challenges”, у *IOT with Smart Systems*. Singapore: Springer Nature Singap., 2022, с. 643–651. [Онлайн]. Доступно: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-3575-6\\_62](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3575-6_62).

## Розділ 6

# Штучний інтелект та автоматизація робототехнічних систем

УДК 004.8:004.5

### ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПРОЄКТУВАННІ ІНТЕРФЕЙСІВ. ВІД ПРОСТОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ДО РОЗУМНОЇ АДАПТАЦІЇ ТА АНАЛІТИКИ

БОЛТАЧ С.В., ЖУК Є.М.

(boltach.svetlana@gmail.com, zhukliza2001@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі досліджено еволюцію штучного інтелекту, від простих генераторів контенту до самостійних систем (агентів). Основну увагу приділено поєднанню дизайну, аналізу даних та психології користувача. Розглянуто, як розумна автоматизація змінює звичні робочі процеси. Визначено роль нових підходів у керуванні алгоритмами та їхньої спільної роботи з людиною, що вже стає ключовою навичкою 2026 року. Також проаналізовано можливі ризики у роботі алгоритмів та готовність ринку праці до таких змін.*

Стрімке впровадження штучного інтелекту (ШІ), як проривної технології, докорінно змінює підходи до проєктування інформаційних систем [1]. Сьогодні головним викликом є не просто автоматичне створення даних, а розробка систем здатних самостійно приймати рішення та глибоко аналізувати поведінку користувачів. Актуальність теми зумовлена переходом від звичайної автоматизації до «розумних систем», які поєднують аналіз даних із творчими процесами [2].

В межах дослідження було:

–Визначено шляхи розвитку ШІ: від простих моделей-генераторів до самостійних цифрових помічників (агентів).

–Проаналізовано вплив спільної роботи людини та ШІ на ефективність сучасних компаній.

–Досліджено технічні та етичні перешкоди (помилки алгоритмів, складність навчання) при впровадженні інтелектуальних систем.

Сучасний етап розвитку технологій характеризується значним впливом автоматизації, що змінює всі сфери діяльності [3]. ШІ перестає бути статичним інструментом і стає активним учасником робочого процесу. Це підтверджується досвідом понад 1500 компаній, які вже впроваджують моделі спільної роботи людини та машини [4].

Новим етапом є інтеграція ШІ у проєктування інтерфейсів, де алгоритми не просто виконують команди, а передбачають потреби користувача [3]. В аналітиці дизайну це проявляється через використання моделей, що аналізують великі масиви даних про ринок та навички, адаптуючи інтерфейси під конкретні запити [5]. Проте складність ШІ часто недооцінюється – існують певні логічні обмеження, які поки що заважають машинам повністю копіювати людське мислення [4].

Автоматизація змінює структуру зайнятості, вимагаючи від фахівців нових навичок у сфері управління алгоритмами [2]. Важливим аспектом стає «менеджмент алгоритмів», який визначає умови праці та організацію процесів у цифровому середовищі [4]. При цьому критичним залишається питання об'єктивності ШІ – розробники мають активно виправляти алгоритмічні помилки, щоб забезпечити точність та етичність систем [3].

ШІ змінює світ в 2026 році через персоналізацію та швидкість обробки інформації [1]. Переваги технологій, такі як цілодобова доступність та відсутність людського фактору в рутині, можуть обмежуватися ризиками втрати конфіденційності. Ключовою навичкою майбутнього стає здатність працювати у спільному цифровому середовищі, де ШІ виступає одночасно аналітиком і помічником.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що ми стоїмо на порозі нової ери, де ШІ проходить розвиток від ролі пасивного інструмента до активного когнітивного партнера. Інтеграція агентних систем у дизайн та аналітиці не лише автоматизує рутинні операції, а й відкриває шлях до створення технологій, здатних передбачати потреби користувача ще до їх усвідомлення. Трансформація ринку праці та виклики алгоритмічного менеджменту вимагають від молодих вчених не лише технічної грамотності, а й здатності до стратегічного кураторства алгоритмів. Зрештою, майбутнє інформаційних систем полягає в гармонійному колаборативному інтелекті, де аналітична потужність машини підсилює творчий та етичний потенціал людини, створюючи якісно новий цифровий досвід.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] V. D. Păvăloaia and S. C. Necula, "Artificial Intelligence as a disruptive technology—A systematic literature review," *Electronics*, vol. 12, no. 5, p. 1102, 2023.
- [2] L. Strauss, "Intelligent automation: What it is and how to apply it," *Zapier*, Apr. 2023. [Online]. Available: <https://zapier.com/blog/intelligent-automation/>
- [3] M. Ford, *Rule of the robots: How Artificial Intelligence will transform everything*. Basic Books, 2021.
- [4] FutureSense, "AI Skills in Demand: UX and Analytics Perspective," 2025. [Online].
- [5] A. J. Wood, "Algorithmic Management. Consequences for Work Organisation and Working Conditions," European Commission, JRC Working Papers, 2021.

УДК 004.65:004.8

### ОПТИМІЗАЦІЯ КОНТЕНТНО-ОРІЄНТОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗАСОБАМИ ВЕКТОРНИХ РОЗШИРЕНЬ РЕЛЯЦІЙНИХ БД

ВАСЯНОВИЧ О.А., НЕРОДА С.І.  
(ipz223\_voa@student.ztu.edu.ua , kipz\_nsi@ztu.edu.ua )  
Державний університет «Житомирська політехніка»

**Реферат.** Досліджено перехід рекомендаційного модуля проекту Інформаційна система організації прослуховування аудіоконтенту «IndieStream». Через перехід від застарілих розріджених текстових векторів (TF-IDF) до щільних ембедінгів (Dense Vectors). Описано практичний досвід інтеграції розширення *pgvector* для СУБД PostgreSQL, що дозволяє реалізувати ефективний пошук за схожістю на рівні бази даних. Використання індексів HNSW дозволило мінімізувати затримки при обробці великих масивів медіаданих.

Проблема «холодного старту» в аудіосервісах вимагає обробки ознак контенту відразу після завантаження. Попередній підхід обчислення косинусної подібності на рівні прикладного ПЗ (наприклад, у Python-сервісах) створює критичні місця при масштабуванні каталогу треків.

**Постановка проблеми.** Обчислення матриць подібності у пам'яті сервера виснажує ресурси системи при масштабуванні [2]. При запитах у реальному часі це критично сповільнює роботу бекенду та збільшує час відповіді (latency). Виникає необхідність перенесення математичних обчислень подібності безпосередньо у середовище бази даних із використанням індексації.



**Висновки.** Використання індексу HNSW (Hierarchical Navigable Small Worlds) дозволяє забезпечити наближений пошук найближчих сусідів (ANN) із високою швидкістю, незалежно від глибини каталогу [3]. В перевагу над TF-IDF, векторні ембедінги розпізнають схожість композицій за настроєм і ігнорують розбіжності у текстових тегах. Використання pgvector з реляційною моделлю забезпечує стабільну роботу та дозволяє ефективно рекомендувати контент відразу після його завантаження.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] pgvector, "pgvector: Open-source vector similarity search for Postgres," GitHub. [Online]. Available: <https://github.com/pgvector/pgvector>. [Accessed: Apr. 10, 2026].

[2] Syfe Tech, "Harnessing pg\_vector for Building a Recommendation System in Postgres," Medium. [Online]. Available: <https://medium.com/@syfe.tech/harnessing-pg-vector-for-building-a-recommendation-system-in-postgres-2cde7891f938>. [Accessed: Apr. 10, 2026].

[3] Pinecone, "Hierarchical Navigable Small Worlds (HNSW)," Pinecone. [Online]. Available: <https://www.pinecone.io/learn/series/faiss/hnsw/>. [Accessed: Apr. 10, 2026].

УДК 004.89

## ГІБРИДНІ ПІДХОДИ В РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ: АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОЄДНАННЯ КОНТЕНТНОЇ ТА КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

ВОРОБІЙОВ В.С.

(victor\_vorobyov@knu.ua)

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

*У роботі досліджено ефективність гібридних рекомендаційних систем, що поєднують колаборативну та контентну фільтрацію. Проведено порівняльний аналіз трьох підходів на датасеті MovieLens за метриками Precision, Recall та F1-score. Результати підтверджують перевагу гібридного підходу над окремими методами фільтрації.*

Рекомендаційні системи стали невід'ємною частиною сучасних цифрових платформ — від Netflix і Spotify до Amazon і YouTube. Їх головне завдання полягає у фільтрації великих масивів інформації та наданні персоналізованих рекомендацій користувачам. Проте традиційні підходи — колаборативна фільтрація (CF) та контентна фільтрація (CBF) — мають суттєві обмеження, що знижують якість рекомендацій у реальних умовах. Відтак постає питання: чи здатна зважена гібридна модель системно перевищувати однометодні підходи за ключовими метриками якості?

Колаборативна фільтрація ґрунтується на аналізі поведінки схожих користувачів і є ефективною при достатньому обсязі даних. Однак вона характеризується проблемами холодного старту та розрідженості матриці оцінок. Контентна фільтрація використовує атрибути об'єктів і профілі користувачів, проте схильна до надмірної спеціалізації та не здатна виявляти несподівані, але релевантні рекомендації [1, 2].

Існує кілька стратегій побудови гібридних систем: зважене об'єднання, каскадний підхід, перемикання між методами та об'єднання ознак. Найпоширенішим є зважений підхід, що дозволяє динамічно регулювати внесок кожного методу залежно від контексту [3]. Дослідження показують, що оптимальне значення параметра балансування суттєво залежить від щільності даних та характеристик предметної області [4].

Гібридний підхід спрямований на усунення недоліків обох методів шляхом їх інтеграції в єдину систему. Математично це може бути представлено як зважена комбінація прогнозів:

$$\widehat{R}_{ui} = \alpha \cdot R_{ui}^{CF} + (1 - \alpha) \cdot R_{ui}^{CB} \quad (1)$$

де  $\widehat{R}_{ui}$  – фінальна оцінка,  $R_{ui}^{CF}$  та  $R_{ui}^{CB}$  – прогнози від CF та CBF відповідно,  $\alpha \in [0,1]$  – параметр балансування [3].

Для перевірки ефективності підходів було проведено власний обчислювальний експеримент на загальновізаному датасеті MovieLens 100K, що містить 100 000 оцінок 1 682 фільмів від 943 користувачів. CF реалізовано методом матричної факторизації SVD (100 латентних факторів), CBF — алгоритмом KNN на основі косинусної подібності між користувачами ( $k=40$ ). Поділ даних: 80% навчальна вибірка, 20% тестова. Поріг релевантності встановлено на рівні 3.5 з 5.0. Порівняльний аналіз трьох конфігурацій наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Порівняння методів рекомендаційних систем на датасеті MovieLens 100K

Метод	Precision	Recall	F1-score
Колаборативна фільтрація (CF)	0.7428	0.7389	0.7409
Контентна фільтрація (CBF)	0.6795	0.7870	0.7293
Гібридна модель (CF + CBF)	0.7356	0.7649	0.7499

За результатами експерименту гібридна модель досягла найвищого значення F1-score — 0.7507, що на 1.3% перевищує CF (0.7409) та на 2.9% перевищує CBF (0.7293). Колаборативна фільтрація показала найвищу точність серед однометодних підходів (Precision = 0.7428), тоді як контентна фільтрація — найвищий показник повноти (Recall = 0.7870). Гібридна модель збалансовано поєднує переваги обох підходів, забезпечуючи стабільно вище значення F1-score.

З метою визначення оптимального параметра балансування  $\alpha$  у формулі (1) було проведено додатковий аналіз чутливості з перебором значень від 0.1 до 0.9 (табл. 2). Результати демонструють, що зі збільшенням  $\alpha$  зростає Precision при одночасному зниженні Recall — що відображає відомий компроміс між цими метриками. Найвище значення F1-score = 0.7507 досягається при  $\alpha = 0.8$ , що свідчить про домінуючу роль колаборативної компоненти при збереженні помірного внеску контентної фільтрації. При  $\alpha < 0.3$  система значно втрачає у точності, а при  $\alpha > 0.9$  — у повноті, що підтверджує необхідність збалансованого поєднання обох підходів. Це узгоджується з результатами незалежних досліджень, де гібридні системи стабільно перевершують базові підходи [4, 5].

Таблиця 2. Вплив параметра балансування  $\alpha$  на якість гібридної моделі

$\alpha$ (вага CF)	Precision	Recall	F1-score
0.1	0.6886	0.7878	0.7349
0.2	0.6987	0.7898	0.7415
0.3	0.7071	0.7866	0.7447
0.4	0.7160	0.7844	0.7487
0.5	0.7227	0.7790	0.7498
0.6	0.7297	0.7712	0.7499
0.7	0.7356	0.7649	0.7499
0.8	0.7417	0.7599	0.7507
0.9	0.7428	0.7490	0.7459

Окремої уваги заслуговує проблема холодного старту — ситуації, коли про нового користувача або об'єкт недостатньо даних. Чиста CF у таких умовах практично не функціонує, тоді як CBF зберігає здатність генерувати рекомендації на основі атрибутів. Гібридна модель ефективно вирішує цю проблему завдяки динамічному балансуванню між компонентами [5].

Таким чином, проведений експеримент підтвердив перевагу гібридних рекомендаційних систем над однометодними підходами. Оптимальне значення параметра балансування  $\alpha = 0.8$

забезпечило найвищий F1-score = 0.7507, що на 1.3% перевищує чисту CF та на 2.9% — CBF. Перспективою подальших досліджень є автоматичний підбір  $\alpha$  за допомогою методів глибокого навчання залежно від профілю користувача.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jain, K. N., Kumar, V., Kumar, P., & Choudhury, T. (2018, January). Movie recommendation system: hybrid information filtering system. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7245-1\\_66](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7245-1_66)
2. Geetha, G., Safa, M., Fancy, C., & Saranya, D. (2018, April). A hybrid approach using collaborative filtering and content based filtering for recommender system. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1000/1/012101>
3. Guan, X., Li, C. T., & Guan, Y. (2017). Matrix factorization with rating completion: An enhanced SVD model for collaborative filtering recommender systems. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2772226>
4. Afoudi, Y., Lazaar, M., & Al Achhab, M. (2021). Hybrid recommendation system combined content-based filtering and collaborative prediction using artificial neural network. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102375>
5. Rajesh, D. B., & Kumar, A. (2025). Collaborative filtering models an experimental and detailed comparative study. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15096-4>

УДК 004.8:004.738.5

### РОЗРОБКА ТА ІНТЕГРАЦІЯ ЧАТ-БОТА НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВЕБ-ЗАСТОСУНКАХ

ДИЛЬОВА М.Є., БОЛТАЧ С.В.  
(d.maria2004@gmail.com, boltach.svetlana@gmail.com)  
Одеський національний технологічний університет

*В тезах розглядається процес розробки та інтеграції чат-бота на основі штучного інтелекту у веб-застосунках. Проаналізовано особливості використання клієнт-серверної архітектури, а також застосування API для взаємодії із сервісами штучного інтелекту. Визначено основні переваги використання чат-ботів для покращення взаємодії з користувачами.*

Сьогодні розвиток інформаційних технологій характеризується активним використанням систем штучного інтелекту у різних сферах діяльності, зокрема у веб-застосунках. Одним з перспективних напрямів є використання чат-ботів, які забезпечують автоматизовану взаємодію з користувачами та підвищують ефективність обслуговування. За одним зі стандартних визначень в джерелах літератури, штучний інтелект є галуззю комп'ютерних наук, що займається створенням інтелектуальних агентів, здатних сприймати середовище та приймати рішення [1].

Актуальність теми полягає у зростаючій потребі в автоматизації процесів комунікації між користувачем і програмною системою. Чат-боти дозволяють забезпечити швидку обробку запитів, зменшити навантаження на технічну підтримку та покращити користувацький досвід.

Метою роботи є дослідження особливостей розробки та інтеграції чат-бота на основі штучного інтелекту у веб-застосунках, а також аналіз ефективності його використання.

У ході роботи було розглянуто підходи до створення веб-застосунків із використанням клієнт-серверної архітектури. Для реалізації клієнтської частини застосовуються сучасні технології мови програмування JavaScript, що дозволяють створювати інтерактивний інтерфейс користувача. Серверна частина відповідає за обробку запитів і взаємодію із

зовнішніми сервісами. Зокрема, клієнт-серверна архітектура передбачає розподіл функцій між клієнтом і сервером, де клієнт відповідає за інтерфейс, а сервер – за обробку даних [2].

Інтеграція чат-бота здійснюється через використання API, що дозволяє організувати обмін даними між веб-застосунком та системою штучного інтелекту. Це дозволяє обробляти запити природною мовою користувача та формувати відповіді у режимі реального часу. Відповідно до документації, API забезпечує стандартизований спосіб взаємодії між різними програмними компонентами, що дозволяє інтегрувати зовнішні сервіси у веб-застосунках [3].

Основним перевагами використання чат-ботів у веб-застосунках є:

- підвищення швидкості обробки запитів користувачів;
- доступність сервісу у режимі 24/7;
- зниження витрат на обслуговування;
- покращення взаємодії з користувачем;

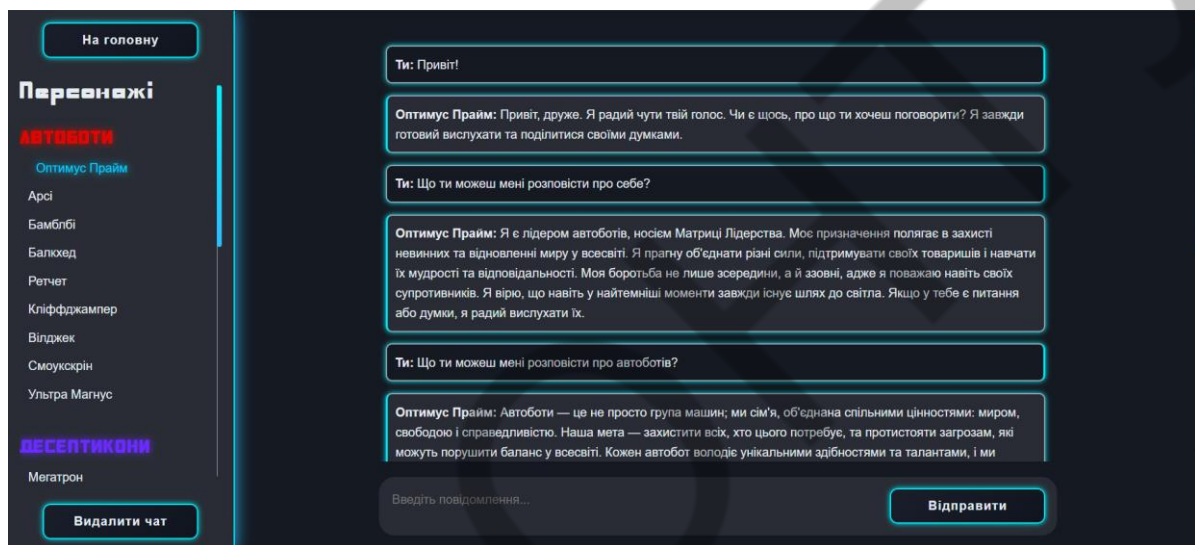


Рисунок 1 – Інтерфейс чат-бота у веб-застосунку

У результаті проведеного дослідження встановлено, що інтеграція чат-бота на основі штучного інтелекту значно підвищує ефективність функціонування веб-застосунку та рівень задоволеності користувачів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування розробленого чат-бота у різних веб-застосунках, зокрема інформаційних системах, сервісах підтримки користувачів та освітніх платформах. Використання таких рішень дозволяє підвищити ефективність взаємодії з користувачами та оптимізувати процес обробки запитів.

Отже, використання технологій штучного інтелекту у вигляді чат-ботів є перспективним напрямом розвитку сучасних веб-застосунків і має значний потенціал для подальших досліджень та вдосконалення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Pearson, 2021.
- [2] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2015.
- [3] “OpenAI API documentation,” OpenAI Developers. [Online]. Available: <https://developers.openai.com/api/docs>. Accessed: Apr. 3, 2026.

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ НА БАЗІ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

ЗІНІН М.Ю., ІЗВАЛОВ О.В.

(crabgmvs@gmail.com, General@cardswars.com)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

*У доповіді розглядається процес розробки та впровадження інтелектуального веб-додатка для надання первинної психологічної підтримки. Описано архітектуру системи, засновану на використанні великих мовних моделей (LLM), сучасних веб-технологій та механізми забезпечення безпеки користувачів під час емоційних криз.*

**Вступ.** В умовах сучасних криз та хронічного стресу потреба населення у доступній психологічній підтримці стрімко зростає. Традиційні методи консультування не завжди можуть задовольнити цей попит через фінансові бар'єри, нестачу спеціалістів або психологічний дискомфорт пацієнтів. Інформаційні системи, побудовані з використанням технологій штучного інтелекту, здатні запропонувати масштабоване рішення, забезпечуючи користувачам миттєву та анонімну первинну підтримку.

**Постановка проблеми.** Існуючі рішення у сфері ментального здоров'я часто обмежуються жорсткими скриптами або вимагають значних фінансових витрат на оплату послуг фахівців. Виникає проблема створення доступного, гнучкого та емпатичного інструменту, здатного адаптуватися до індивідуального емоційного стану користувача в режимі реального часу, зберігаючи при цьому високий рівень безпеки та конфіденційності.

**Мета роботи.** Розробка інтелектуального веб-сервісу «Спокій», який використовує можливості великих мовних моделей (Google Gemini) для надання персоналізованої емоційної допомоги, саморефлексії та стабілізації психологічного стану користувачів.

**Результати досліджень.** Архітектура системи реалізована за клієнт-серверною моделлю. Серверну частину (backend) розроблено мовою Python з використанням веб-фреймворку Flask та ORM SQLAlchemy для управління базою даних. Клієнтська частина (frontend) побудована на базі бібліотеки React із застосуванням Framer Motion для створення адаптивного та плавного користувацького інтерфейсу.

Центральним інтелектуальним компонентом сервісу є інтегрована через API модель Google Gemini. Завдяки розширеним можливостям обробки природної мови, система здатна аналізувати контекст звернення, розпізнавати емоційний стан користувача та генерувати відповіді, що імітують активне слухання. Особливістю платформи є наявність інноваційного голосового режиму (Voice Call), який імітує телефонну розмову з візуалізацією аудіохвиль для створення ефекту емоційної присутності співрозмовника.

Приклад взаємодії користувача з розробленою системою представлено на рис. 1.

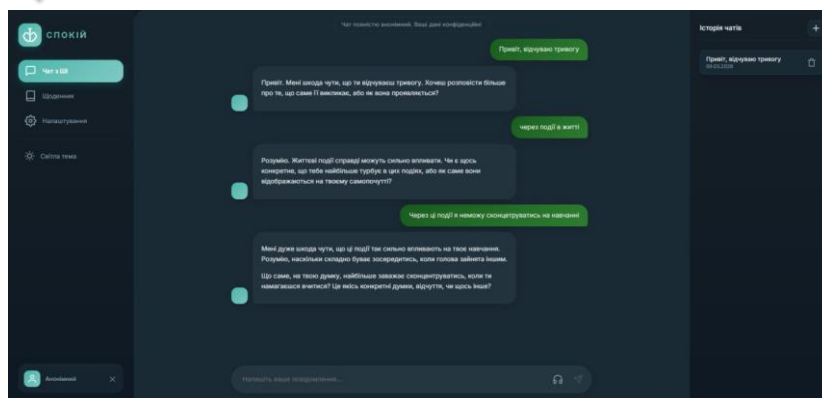


Рисунок 1 - Приклад взаємодії з інтелектуальним веб-додатком «Спокій»

Критично важливою функцією розробленої інформаційної системи є модуль безпеки. Штучний інтелект здійснює безперервний моніторинг діалогу на наявність тригерних слів та маркерів небезпечних станів, таких як наміри самоушкодження, та за потреби надає контакти кризових служб. Безпека даних та ізоляція сесій користувачів забезпечується інструментами Flask-JWT-Extended для авторизації та Flask-Scrypt для надійного хешування паролів. Додатково сервіс об'єднує модулі ведення щоденника настрою для виявлення емоційних патернів та регулярні психологічні чекапи у вигляді інтерактивних опитувань для самодіагностики.

**Висновки.** Розроблено повнофункціональний прототип веб-сервісу, який демонструє високу ефективність застосування великих мовних моделей у сфері ментального здоров'я. Програмний продукт не замінює професійної психотерапії, проте виступає дієвим інструментом першої лінії підтримки, пропонуючи безпечний простір для рефлексії та знижуючи навантаження на медичну систему.

**Ключові слова:** штучний інтелект, великі мовні моделі, веб-додаток, React, Flask, психологічна підтримка, ментальне здоров'я, обробка природної мови.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Google, "Gemini API Documentation", *Google AI for Developers*, 2026. [Online]. Available: <https://ai.google.dev/docs>. [Accessed: 02-Apr-2026].

[2] Pallets, "Flask Documentation", *Flask*, 2026. [Online]. Available: <https://flask.palletsprojects.com/>. [Accessed: 02-Apr-2026].

[3] Meta, "React Documentation", *React*, 2026. [Online]. Available: <https://react.dev/>. [Accessed: 02-Apr-2026].

УДК 004.89

## РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМ РОЗСАДКИ З АВТОМАТИЧНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТА АІ-ПІДТРИМКОЮ

ЛИТВИН А.Д., СУРКОВ К Ю.

(2858.allo.113@gmail.com, kskrua@gmail.com)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

*У доповіді розглядається процес розробки інтелектуальної системи для автоматизації проектування схем розсадки на заходах. Описано архітектуру рішення, що поєднує алгоритми автоматичної генерації на основі обмежень, візуальний редактор та модуль АІ-підтримки для аналізу й покращення сформованих конфігурацій.*

**Вступ.** У сучасних умовах підготовка масштабних заходів потребує швидкого та точного формування просторових схем. Ручне розміщення об'єктів (столів, крісел, проходів) стає неефективним при збільшенні кількості елементів через ризик помилок та значні часові витрати. Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення інструменту, який не лише візуалізує схему, а й інтелектуально допомагає у її створенні та оптимізації.

**Постановка проблеми.** Традиційні графічні редактори надають лише засоби малювання, залишаючи всю аналітичну роботу користувачеві. Існує потреба у системі, яка здатна автоматично генерувати початковий варіант розсадки, враховуючи геометричні обмеження

приміщення, санітарні норми та вимоги до комфорту, а також надавати рекомендації щодо покращення якості компонування.

**Мета роботи.** Метою дипломної роботи є розробка інтелектуальної системи проектування схем розсадки з автоматичною генерацією та AI-підтримкою. Виконано аналіз предметної області, створено модель подання схем, спроектовано структуру системи та реалізовано програмний прототип з можливістю AI-аналізу.

**Результати досліджень.** Архітектура системи реалізована за клієнт-серверною моделлю. Клієнтська частина побудована на базі Next.js та React, де для візуалізації використано бібліотеку Konva. Серверна частина базується на Supabase для зберігання знімків стану та логів. Центральним інтелектуальним компонентом є інтегрована через API модель OpenAI. Завдяки аналізу журналу подій та поточного стану схеми, система виявляє нерациональні проходи, надмірну щільність та надає рекомендації щодо покращення конфігурації. Приклад інтерфейсу системи представлено на рис. 1.



Рисунок 1 - Візуальний редактор схеми розсадки

Особливістю платформи є механізм автоматичної генерації, який на основі методів обмежувальної оптимізації формує початковий варіант розсадки, що відповідає заданим параметрам приміщення та санітарним нормам. Для забезпечення плавної роботи інтерфейсу при масовій генерації сотень об'єктів впроваджено механізми оптимізації рендерингу (React memo, useMemo), що мінімізують кількість зайвих перемалювань сцени.

**Висновки.** Розроблено прототип системи, який демонструє ефективність поєднання алгоритмічних методів автогенерації з можливостями LLM. Це дозволяє скоротити час на проектування та мінімізувати просторові конфлікти.

**Ключові слова:** інтелектуальна система, автоматична генерація, схеми розсадки, React, OpenAI, AI-підтримка.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Литвин А. Д. Розробка інтелектуальної системи проектування схем розсадки: кваліфікаційна робота бакалавра. Кропивницький: ЕТІ, 2026.
2. OpenAI API Reference. Structured Outputs, 2024. [Online]. Available: <https://platform.openai.com/docs/guides/structured-outputs>. [Accessed: 03-Apr-2026]
3. Meta, "React Documentation", *React*, 2026. [Online]. Available: <https://react.dev/>. [Accessed: 02-Apr-2026]

## **РОЛЬ БЕЗПІЛОТНИХ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У ФОРМУВАННІ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ ПОЛІЦЕЙСЬКИХ**

ЛУНГОЛ О.М.

(ordtaib@dnuvs.ukr.education)

Донецький державний університет внутрішніх справ

*У тезах розглядається значення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та наземних робототехнічних комплексів для підвищення рівня ситуаційної обізнаності працівників Національної поліції України. Окреслено основні напрями використання цих технологій в умовах підвищеного ризику, зокрема під час розвідки, оперативно-розшукової діяльності та моніторингу небезпечних територій*

Постановка проблеми. В умовах воєнного стану та зростання рівня техногенних і екологічних загроз виконання завдань підрозділами Національної поліції України потребує залучення новітніх технічних рішень [1]. Збереження життя та здоров'я особового складу під час проведення оперативно-розшукових заходів, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій чи обстеження потенційно небезпечних об'єктів є пріоритетним завданням. Традиційні методи збору інформації часто наражають правоохоронців на невиправдану небезпеку, що актуалізує потребу у впровадженні дистанційних, автоматизованих методів моніторингу та розвідки простору.

Виклад основного матеріалу. Ключовим елементом успішного виконання поліцейських операцій у складних умовах є «ситуаційна обізнаність» – здатність оперативно збирати, аналізувати та інтерпретувати масиви даних про навколишнє середовище для прийняття обґрунтованих управлінських і тактичних рішень. Інформаційні технології, зокрема безпілотні та робототехнічні системи, виступають сьогодні головним інструментом формування такої обізнаності.

Застосування БПЛА та наземних роботизованих комплексів дозволяє правоохоронцям вирішувати низку критичних завдань, серед яких виділяємо:

1. дистанційну розвідку та 3D-картографування за допомогою дронів, оснащених камерами високої роздільної здатності та тепловізорами, що дозволяє оперативно отримувати візуальні дані про обстановку, виявляти приховані об'єкти та аналізувати шляхи підходу до локацій без фізичної присутності оперативників;

2. моніторинг небезпечних та забруднених середовищ. Наприклад, застосування передового міжнародного досвіду (зокрема, британських підходів до технічної оцінки складних об'єктів [2]) доводить високу ефективність використання елементів робототехніки для дистанційного вимірювання рівня загроз (наприклад, радіаційного чи хімічного фону). Це дозволяє безпечно зонувати територію та планувати дії особового складу;

3. інформаційно-аналітична підтримка. Так, сучасні робототехнічні системи не лише збирають сирі дані, а й інтегруються з програмним забезпеченням для кримінального аналізу. Отримана інформація доповнюється даними з відкритих джерел (OSINT), формуючи єдину цифрову картину події для оперативного штабу.

Інтеграція зазначених технологій у практичну діяльність вимагає відповідної адаптації освітнього процесу в закладах вищої освіти зі специфічними умовами навчання. Майбутні правоохоронці під час вивчення профільних дисциплін повинні опанувувати не лише базові навички пілотування, а й складні алгоритми обробки отриманих масивів відео- та телеметричних даних із дотриманням вимог інформаційної безпеки.

Висновки. Впровадження безпілотних та робототехнічних систем кардинально змінює парадигму формування ситуаційної обізнаності поліцейських. Трансформація підходів до збору інформації гарантує суттєве зниження ризиків для життя правоохоронців, підвищує

швидкість реагування на загрози та оптимізує процеси кримінального аналізу і розшукової роботи в екстремальних умовах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Про Національну поліцію : Закон України від 02 лип. 2015 р. № 580-VIII (зі змінами). [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/580-19#Text>
- [2] University of Bristol, Training Initiative for Technical Assessment of Nuclear Sites (TITAN) : Programme overview. 3rd Edition. Bristol, UK: University of Bristol, 2026, 30 p.

УДК 004.896:612.014.42

### ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У МЕДИЧНИХ СИГНАЛАХ НА ОСНОВІ АВТОЕНКОДЕРІВ ТА ПОЯСНЮВАНОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПІДТРИМКИ КЛІНІЧНИХ РІШЕНЬ

МОСКАЛЕНКО А.С., МОСКАЛЕНКО В.В., МАМОНТОВ Є.О.  
(mamontovevgen2007@gmail.com)  
Сумський державний університет

*Тези обґрунтовують застосування систем ШІ як помічників лікаря для безперервного моніторингу медичних сигналів на основі автоенкодерів, які навчаються відтворювати нормальні стани й виявляти відхилення за зростанням помилки реконструкції.*

Зростання кількості обстежень і потреба в безперервному моніторингу призводять до ситуації, коли запитів на інтерпретацію медичних сигналів стає більше, ніж можуть оперативно опрацювати наявні фахівці. Тому важливо забезпечити лікаря інструментами, що швидко виділяють підозрілі фрагменти даних і пріоритезують випадки, які потребують негайної уваги. Саме з цієї причини в охороні здоров'я активніше впроваджують системи підтримки клінічних рішень на основі ШІ для раннього виявлення потенційно критичних станів. Водночас такі системи не є безпомилковими й не повинні замінювати клініциста: їхня роль - підсилювати можливості лікаря, зменшувати навантаження та пришвидшувати реагування, залишаючи остаточне рішення за фахівцем.

Щоб підтримка рішень працювала в потоці даних, потрібні алгоритми, здатні автоматично аналізувати сигнали й виявляти нетипові відхилення без повного переліку розмічених патологій для навчання. Перспективним підходом для цього є автоенкодери. Автоенкодер (АЕ) – нейронна мережа, що стискає входні дані в латентне представлення та відновлює їх до початкового вигляду за допомогою енкодера й декодера; навчання зводиться до мінімізації помилки реконструкції на «нормальних» даних, щоб модель відтворювала типові патерни сигналу [1].

Ключова ідея реконструкційного виявлення аномалій полягає в тому, що АЕ навчають переважно на нормальних фрагментах: для них помилка реконструкції мала, а для нетипових (можливих патологій або артефактів запису) - зростає і може слугувати показником аномальності (anomaly score). Для підвищення якості латентного представлення та стійкості застосовують модифікації автоенкодерів: розріджений (sparse), шумозаглушувальний (denoising) і згортковий (convolutional).

У медичних сигналах часто присутні шуми через рухи пацієнта, поганий контакт електродів і наводки від електромережі [2]. Шумозаглушувальний автоенкодер навчається відновлювати "чистий" сигнал із навмисно зашумленого входу, що зменшує чутливість до перешкод і допомагає відрізнити патологічні зміни від випадкового шуму. Згорткові автоенкодери (САЕ) доцільні для 1D-сигналів (ЕКГ/ЕЕГ), оскільки згорткові шари ефективно виявляють локальні шаблони та морфологічні особливості хвиль у межах вікна, підвищуючи

чутливість до змін форми, амплітуди чи тривалості компонент сигналу [3]. Розріджений автоенкодер вводить обмеження, за якого активується лише невелика частина нейронів (наприклад, через L1-регуляризацію або штраф за надмірні активації), що сприяє виділенню більш інформативних і рідкісних ознак, пов'язаних із патологічними сигнатурами [4].

У реконструкційних підходах аномальність часто оцінюють за середньоквадратичною помилкою (MSE) між вхідним сигналом  $x$  та реконструйованим сигналом  $\hat{x}$ : для типових (нормальних) вікон вона менша, а для нетипових – зростає, після чого рішення приймається шляхом порогоування цього показника:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2$$

де  $n$  – кількість відліків у вікні. Якщо значення  $MSE$  перевищує заздалегідь визначений поріг, стан або сегмент сигналу позначається як аномальний.

Для потокового аналізу сигнал ділять на послідовні часові вікна, і для кожного вікна автоенкодер виконує реконструкцію та обчислює anomaly score, що відповідає типовим AE/SAE-пайплайнам для ЕКГ. Порогування цього показника може бути статичним або адаптивним і безпосередньо визначає компроміс між пропущеними подіями та хибними тривогами під час довготривалого моніторингу [5].

Оскільки система є допоміжною, важливо надавати не лише “тривогу”, а й інтерпретоване пояснення: для автоенкодерів ним слугує часовий профіль реконструкційної помилки (різниця між вхідним і відновленим сигналом), який показує ділянки з найбільшими відхиленнями та підтримує швидку перевірку лікарем. В ургентних сценаріях рішення доповнюють керованою ескалацією: формується «черга уваги», а конвеєр включає фільтрацію/нормалізацію, вікна з перекриттям, anomaly score та правила ескалації з урахуванням ризику і якості сигналу [6].

Щоб зменшити хибні сповіщення, після первинного порогоування застосовують контроль якості: при ознаках деградації запису аномалію маркують як імовірний артефакт і вимагають перевірки каналу; додатково події підтверджують за кількома послідовними вікнами (аномалія триває  $N$  вікон), уникаючи ескалації одиничних коротких сплесків. Для взаємодії з клініцистом результат подають як список підозрілих вікон із пріоритетом (за anomaly score) та візуалізацією локалізації відхилення; рішення лікаря (підтвердити/відхилити, уточнити тип) використовують як зворотний зв'язок для налаштування порогів/правил ескалації та подальшого донавчання в межах human-in-the-loop протоколу [7].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Z. Z. Darban, G. I. Webb, S. Pan, C. C. Aggarwal, and M. Salehi, "Deep Learning for Time Series Anomaly Detection: A Survey," *ACM Comput. Surv.*, vol. 56, no. 11, art. no. 280, pp. 1–40, Jul. 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2211.05244>
- [2] Raj S. Autoencoders for ECG Anomaly Detection: A Survey. *Journal of Computing, Engineering and Applied Science (JCESH)*. 2024. Vol. 2, No. 1. P. 15–28. [Online]. Available: [https://fringeglobal.com/ojs/index.php/jcesh/article/view/autoencoders\\_for\\_ecg\\_anomaly\\_detection\\_a\\_survey/155](https://fringeglobal.com/ojs/index.php/jcesh/article/view/autoencoders_for_ecg_anomaly_detection_a_survey/155).
- [3] Y. Zhou et al., "Multi-scale Masked Autoencoder for Electrocardiogram Anomaly Detection," Feb. 2025, submitted for publication. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2502.05494>.
- [4] V. van der Valk, D. Atsma, R. Scherptong, and M. Staring, "Joint optimization of a  $\beta$ -VAE for ECG task-specific feature extraction," Jun. 2023, arXiv preprint arXiv:2304.06476. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2304.06476>.
- [5] U. Lomoio et al., "A convolutional autoencoder framework for ECG signal analysis," *Inform. Med. Unlocked*, vol. 45, art. no. 101452, 2024. [Online]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11782975/>

[6] J. Suh, J. Kim, E. Jung, and W. Rhee, "Evaluating Feature Attribution Methods for Electrocardiogram," arXiv, Nov. 2022, Art. no. 2211.12702. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2211.12702>.

[7] D. Gabrielli, B. Prenkaj, P. Velardi, and S. Faralli, "AI on the Pulse: Real-Time Health Anomaly Detection with Wearable and Ambient Intelligence," in Proc. 34th ACM Int. Conf. Inf. Knowl. Manage. (CIKM), Seoul, Republic of Korea, Nov. 2025, pp. 4717–4721. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2508.03436>.

[8] H. Guan, D. Bates, and L. Zhou, "Keeping Medical AI Healthy and Trustworthy: A Review of Detection and Correction Methods for System Degradation," arXiv, Jun. 2025, Art. no. 2506.17442. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2506.17442>.

[9] A. Gambetti, Q. Han, H. Shen, and C. Soares, "A Survey on Human-Centered Evaluation of Explainable AI Methods in Clinical Decision Support Systems," arXiv, Nov. 2023, Art. no. 2311.08272. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2502.09849v4>.

УДК 004.891:004.415.2

## **ВИКОРИСТАННЯ AI-АГЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ У SOFTWARE DEVELOPMENT LIFE CYCLE**

ОМЕЛЬНИЦЬКИЙ А., ФЕСЕНКО Т.Г.,  
(andrii.omelnytskyi@nure.ua, tetiana.fesenko@nure.ua)  
Харківський національний університет радіоелектроніки

*Розглянуто актуальність впровадження AI-агентів у життєвий цикл розробки програмного забезпечення. Окреслено проблему фрагментації інструментів штучного інтелекту та запропоновано використання платформи Langdock. Визначено концепцію AI-агента як автономної сутності, що діє за принципом міркування, планування та виконання дій. Описано методіку створення власного агента, включаючи налаштування інтеграцій з Jira, Confluence та проєктування промптів. Наведено результати апробації AI-агента для автоматизації сповіщень про баги. Доведено, що перехід від пасивних чат-ботів до активних «цифрових співробітників» підвищує продуктивність IT-команд.*

Станом на 2026 рік штучний інтелект (Artificial intelligence, AI) став невід'ємною частиною індустрії розробки програмного забезпечення. Інструменти AI демонструють високу ефективність на всіх етапах життєвого циклу розробки програмного забезпечення (Software Development Life Cycle, SDLC): від планування та аналізу вимог до тестування та фінальної підтримки продукту [1–2]. Сучасний ринок пропонує велику кількість моделей (ChatGPT, Gemini, Claude тощо), кожна з яких має свої переваги. Часто розробники використовують одночасно рівні AI інструменти та перемикаються між різними інтерфейсами.

Для розв'язання проблеми фрагментації інструментів з'явилися спеціалізовані платформи, такі як LangChain, LlamaIndex та Langdock. Зокрема, Langdock [3] пропонує: єдиний командний AI-чат; глибоку інтеграцію з корпоративними сервісами (Jira, Confluence, MS Teams, Bitbucket тощо); інструментарій для створення та управління AI-агентами.

AI-агент – автономна сутність або програма, яка приймає вподобання чи інструкції від користувача для виконання конкретних завдань від його імені [4]. Системи «Agentic AI» діють за логікою: Reasoning (міркування) → Planning (планування) → Action (дія) [5]. У цілому, AI-агент визначається як програмна система, що використовує моделі AI для автономного досягнення цілей шляхом сприйняття середовища, планування дій та використання зовнішніх інструментів без постійного втручання людини.

Процес розробки власного AI-агента в Langdock передбачає:

- 1) налаштування інтеграцій – підключення зовнішніх ресурсів/платформ для управління проектами (наприклад, Jira та Confluence);
- 2) визначення дій (*Actions*) – формулювання набору операцій (тікетів, архітектури пошуку сторінок у базі знань або для відправки повідомлень у месенджери);
- 3) проектування промпту – створення чіткої текстової інструкції, яка визначає роль агента, суть проблеми та інструменти, що мають бути залучені;
- 4) вибір моделі та бази знань – «прив'язка» агента до конкретної великої мовної моделі (Large Language Model, LLM), наприклад, Sonnet або Gemini, та завантаження необхідних документів компанії.

Дієвість запропонованого підходу була апробована на прикладі створення AI-агента для автоматизації сповіщень про критичні помилки. Замість стандартних автоматичних листів від Jira, які часто ігноруються через надмірність, AI-агент аналізував контекст нових задач, фільтрував їх за пріоритетністю та складністю, а також формував стислі звіти й надсилав їх у відповідний канал MS Teams (рисунок). AI-агент самостійно звертався до документації в Confluence, щоб додати до сповіщення посилання на відповідні регламенти вирішення інцидентів. Це дозволило значно скоротити час реакції команди (Mean Time to Repair, MTTR).

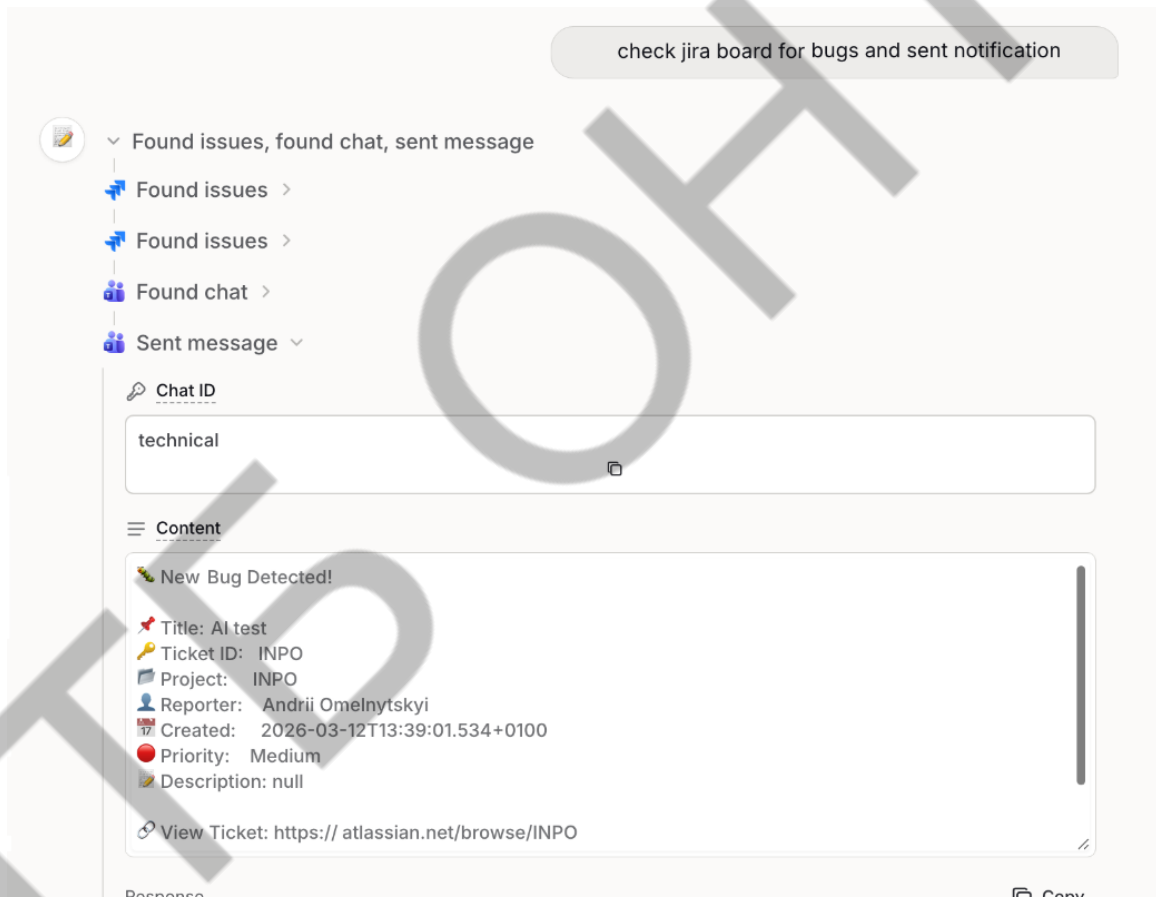


Рисунок 1 – Результат автоматизованого сповіщення про знайдену помилку в інтерфейсі MS Teams

У підсумку, впровадження AI-агентів у SDLC дозволяє трансформувати роль AI з пасивного «помічника в чаті» на активного «цифрового співробітника». Використання інтеграційних платформ (зокрема Langdock) забезпечує безпеку корпоративних даних та централізоване управління автономними процесами. Автоматизація рутинних операцій за допомогою агентів не лише підвищує продуктивність команди, а й мінімізує вплив людського фактору на етапах моніторингу та підтримки програмних систем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Fesenko T., Fesenko G., Fesenko H., Golovko G., Bibik N., Bortnyk A. Conceptualizing the ICT project management in the sustainability context. 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 587–593, doi: 10.1109/SIST61555.2024.10629257.

[2] Kholodov S., Fesenko T. Research on the application of time series in early risk detection systems for IT projects. XX International Scientific and Practical Conference «Innovative scientific research», January 22-23, 2026, Toronto, Canada. pp. 102–107. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18405372>.

[3] Langdock Official Documentation. [Online]. Available: <https://www.langdock.com/docs>. [Accessed: 12-Apr-2026].

[4] IEEE Standard Model Process for Addressing Ethical Concerns during System Design, IEEE Std P7000-2021, New York, NY, USA: IEEE, 2021. doi: 10.1109/IEEESTD.2021.9536679.

[5] ISO/IEC, Information technology – Artificial intelligence – Artificial intelligence concepts and terminology, ISO/IEC Std 22989:2022, Geneva, Switzerland: ISO/IEC, 2022.

УДК 004.891:159.9

## АІ-ЧАТБОТИ У СФЕРІ ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я: ВІД ПЕРСПЕКТИВ МАСШТАБУВАННЯ ДО ПРОБЛЕМ КЛІНІЧНОЇ ВАЛІДАЦІЇ

ПОПЛЕВИЧ О.О., НАУМЕНКО С.В.

([popilevych.oleksandr1122@vu.cdu.edu.ua](mailto:popilevych.oleksandr1122@vu.cdu.edu.ua))

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

*Розглянуто сучасний стан застосування АІ-чатботів на основі великих мовних моделей (LLM) у сфері психічного здоров'я. На підставі систематичного огляду 160 досліджень за 2020–2024 роки проаналізовано еволюцію архітектур від rule-based систем до LLM-чатботів, виявлено критичний розрив між темпами впровадження та клінічною валідацією. Висвітлено етичні ризики, зокрема систематичні порушення стандартів психологічної практики, стигматизуюче ставлення до користувачів та неадекватне реагування на кризові ситуації. Обґрунтовано необхідність стандартизованих протоколів оцінки безпеки та ефективності АІ-інструментів у сфері ментального здоров'я.*

Дефіцит кваліфікованих спеціалістів у сфері психічного здоров'я є глобальною проблемою: за даними ВООЗ, у країнах з низьким і середнім рівнем доходу на 100 тисяч населення припадає менше одного психіатра [1]. В Україні ситуація додатково ускладнена наслідками повномасштабної війни: за оцінками, 9,6 мільйонів громадян мають ризик психічного розладу, тоді як існуюча система охоплює менше 10 % прогнозованих випадків [2]. У цьому контексті АІ-чатботи, побудовані на основі великих мовних моделей (Large Language Models, LLM), розглядаються як потенційний інструмент для масштабування психологічної підтримки.

Систематичний огляд 160 досліджень за період 2020–2024 років, проведений Hua et al. (2025), зафіксував стрімку еволюцію архітектур чатботів. Якщо у 2020 році 100 % досліджень стосувалися виключно rule-based систем зі скриптованими діалогами, то у 2024 році LLM-

чатботи вже становили 45 % нових досліджень, випередивши як rule-based (41 %), так і ML-підходи (14 %) [3]. Водночас лише 16 % досліджень LLM-чатботів пройшли тестування клінічної ефективності, а 77 % залишаються на етапі ранньої валідації. Загалом лише 47 % з усіх досліджень були спрямовані на перевірку терапевтичного ефекту, що свідчить про критичний розрив між технологічними можливостями та доказовою базою.

Проблема ускладнюється розбіжністю між маркетинговими заявами та реальними технічними характеристиками. Hua et al. зафіксували випадки, коли системи позиціонувалися як «AI-powered», хоча фактично зводилися до простих скриптованих діалогів [3]. Parks et al. (2025) наголошують на необхідності стандартизованої системи оцінки, пропонуючи критерії відповідно до рекомендацій ВООЗ: етичні принципи, доказовість відповідей, навички ведення бесіди, протоколи безпеки та доступність [4].

Окремий блок ризиків пов'язаний з етичними аспектами. Дослідження Iftikhar et al. (2025), проведене за участю практикуючих психологів, виявило систематичні порушення етичних стандартів навіть тими LLM, які були промптовані для когнітивно-поведінкової терапії: неадекватне кризове реагування, надмірна валідація негативних переконань та створення хибного відчуття емпатії [5]. Дослідження Стенфордського університету продемонструвало стигматизуюче ставлення чатботів до користувачів із ознаками алкоголізму та шизофренії, причому новіші моделі з кращою фільтрацією не показали покращення [6].

Ці результати не заперечують перспектив AI у сфері ментального здоров'я. Чатбот Therabot, тонко налаштований на терапевтичних діалогах, продемонстрував клінічно значущі результати в рандомізованому контрольованому дослідженні [6]. Це свідчить про принципову різницю між загальними LLM та спеціалізованими системами з клінічним налаштуванням.

Таким чином, поточний стан AI-чатботів у сфері психічного здоров'я характеризується суттєвою невідповідністю між технологічним потенціалом і рівнем клінічної валідації. Ключовими напрямками є впровадження стандартизованих протоколів оцінки, розробка механізмів етичного нагляду та створення регуляторних рамок, аналогічних до вимог для медичних виробів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] World Health Organization, "World mental health report: transforming mental health for all," Geneva, 2022.
- [2] World Health Organization, "WHO 2024 Emergency Appeal: Ukraine," Geneva, 2024.
- [3] Y. Hua, S. Siddals, Z. Ma et al., "Charting the evolution of artificial intelligence mental health chatbots from rule-based systems to large language models: a systematic review," *World Psychiatry*, vol. 24, no. 3, pp. 383–394, 2025.
- [4] A. Parks, E. Travers, R. Perera-Delcourt et al., "Is This Chatbot Safe and Evidence-Based? A Call for the Critical Evaluation of Generative AI Mental Health Chatbots," *J. Participatory Medicine*, vol. 17, e69534, 2025.
- [5] Z. Iftikhar et al., "LLM counselors violate ethical standards in mental health practice," in *Proc. AAAI/ACM Conf. AI, Ethics and Society*, 2025.
- [6] N. Haber et al., "Exploring the dangers of AI in mental health care," in *Proc. ACM Conf. Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT)*, 2025.

### ШІ АСИСТЕНТ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЗУСТРІЧЕЙ І КОМУНІКАЦІЇ З БІЗНЕС КЛІЄНТАМИ

ПРОКОПЕНКО Р.О.  
(romio04pro@gmail.com)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

*Реферат.* Дана робота розглядає тему інтеграції штучного інтелекту в системи прийняття рішень та оптимізації роботи адміністратора по роботі з клієнтами. Також описано процес проектування та взаємодії ШІ з базами даних та інтерфейсом користувача, де кожен компонент спроектовано згідно з сучасними стандартами розробки програмного забезпечення та вимогами до масштабованості.

Актуальність такого підходу зумовлена тим, що автоматизація та спрощення адміністрування є критично важливим для ефективної організації зустрічей, швидкого пошуку вільних часових слотів та забезпечення якісного зворотного зв'язку. Впровадження інноваційних технологій дозволяє суттєво зменшити навантаження на персонал, спростити процеси запису клієнтів та управління розкладом, що залишається рутинною задачею у сфері клієнтського сервісу.

ШІ асистент створить єдиний інформаційний простір та забезпечить безперебійний взаємозв'язок між клієнтами, адміністраторами та задіяними співробітниками. Практичне застосування цього підходу мінімізує кількість помилок, спричинених людським фактором під час ручного планування, допоможе раціонально оптимізувати графік роботи співробітників і, як наслідок, значно підвищить рівень задоволеності клієнтів завдяки швидкій та зручній системі.

Для втілення даної концепції у життя, у проєкті було використано оптимальний технологічний стек. Для реалізації інтелектуальної складової та автоматизації процесів було обрано платформу n8n, яка надає широкі та гнучкі можливості інтеграції з різними моделями штучного інтелекту. Також для надійного збереження, структурування та швидкої обробки інформації про зустріч й клієнтів інтегровано реляційну базу даних MySQL, сервіси Google та месенджери. Поєднання даних інструментів гарантує високу продуктивність системи, цілісність даних, доступність сервісу 24/7 та простоту її подальшого обслуговування.

Взаємодія елементів системи побудована на принципі циклічного обміну даними: інтерфейс користувача передає запити клієнтів до платформи n8n, яка виступає інтеграційним центром. ШІ-модуль аналізує вхідну інформацію, звіряє її з актуальними даними про розклад у СУБД MySQL та формує оптимальне рішення (наприклад, пропонує вільний слот для запису). Після підтвердження операції база даних автоматично оновлюється, а користувач отримує миттєве сповіщення. Приклад принципу взаємодії частин представлено на рис. 1.

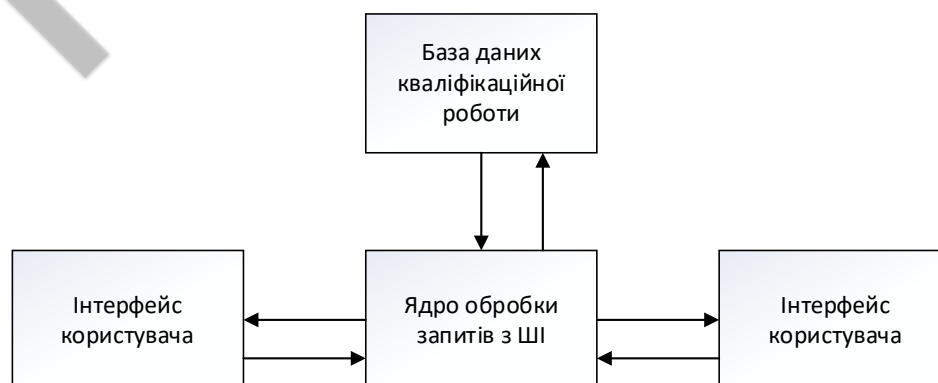


Рисунок 1 – Приклад використання ШІ як елемент прийняття рішень

Висновки. У ході роботи було спроектовано інтелектуальну систему, що кардинально змінює підхід до адміністрування у сфері послуг. Використання ШІ-асистента у поєднанні з надійними інструментами автоматизації дозволяє не лише зняти рутинне навантаження з персоналу, а й фактично виключити ризик помилок при плануванні. Запропоноване архітектурне рішення на базі  $\pi$ n та MySQL є масштабованим і гнучким, що дає можливість бізнесу адаптувати систему під змінні потреби ринку, забезпечуючи високий рівень сервісу та операційну ефективність.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1.] Гудфеллоу І., Бенджіо Й., Курвілль А. Глибинне навчання. — MIT Press, 2016.
- [2.] Дікс А., Фінлей Дж., Абоуд Г., Біл Р. Людино-комп'ютерна взаємодія. — Pearson, 2004.
- [3.] ISO/IEC 25010:2011. Інженерія систем і програмного забезпечення. Моделі якості.

УДК 004.8

### МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ МІСЬКИХ СЦЕН НА ОСНОВІ 3W-ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА НЕЧІТКИХ ПРАВИЛ

Б.В. ПРУС, Г.Б. РАКИТЯНСЬКА  
(bohdan.prus.vntu@gmail.com, rakit@vntu.edu.ua)  
Вінницький національний технічний університет, Україна

*У роботі розглянуто задачу оцінювання ризику міських сцен на основі аналізу зображень. Запропоновано метод, який поєднує результати детекції об'єктів із семантичним представленням сцени у вигляді 3W-опису (What–Where–With whom) та нечітким логічним виведенням. Запропонований підхід дозволяє виконувати інтерпретовану класифікацію сцен за рівнем ризику із врахуванням невизначеності.*

Сучасні системи комп'ютерного зору, зокрема моделі детекції об'єктів типу YOLO, забезпечують високоточне виявлення об'єктів на зображеннях [1]. Однак результати детекції у вигляді набору обмежувальних рамок і класів об'єктів не дають можливості безпосередньо оцінити рівень ризику сцени, оскільки ризик визначається не лише наявністю об'єктів, а й їх взаємним розташуванням та взаємодією [2].

Для подолання цього обмеження запропоновано використовувати 3W-представлення сцени, яке включає три компоненти:

- What – типи об'єктів сцени;
- Where – їх просторове розташування;
- With whom – взаємодії між об'єктами.

Такий підхід узгоджується з сучасними методами семантичного опису сцен та концепцією three-way decision для обробки невизначеності [3].

Нехай після детекції отримано множину об'єктів сцени, кожен з яких характеризується класом, координатами обмежувальної рамки та рівнем впевненості. На основі цих даних формуються 3W-ознаки: визначаються типи об'єктів, їх положення у сцені (near, medium, far) та взаємні відстані між ними.

Оцінювання ризику виконується за допомогою системи нечітких правил типу IF–THEN, що базується на підходах гранулярних обчислень та прототип-орієнтованих моделей [4]. Загальну структуру методу оцінювання ризику міських сцен, що включає етапи детекції

об'єктів, формування 3W-ознак та нечіткого виведення, наведено на рис. 1. Загальний вигляд правила має вигляд:

**IF (What = A) AND (Where = B) AND (With whom = C) THEN (Risk = R)**

Ступінь активації правила визначається як:

$$\mu = \min(\mu_{\text{what}}, \mu_{\text{where}}, \mu_{\text{interaction}})$$

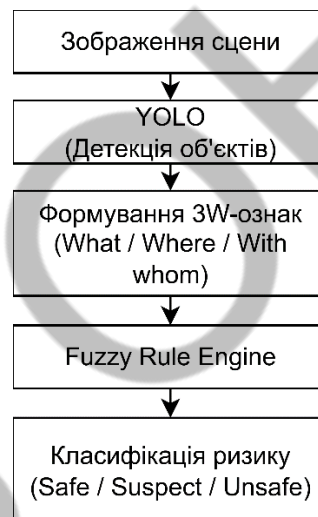
Кінцеве рішення формується на основі правила з максимальною активацією.

Для врахування невизначеності використано трьохкласову схему класифікації відповідно до концепції three-way decision [3], де всі сцени відносяться до одного з класів:

- Safe – безпечні ситуації;
- Suspect – невизначені або граничні випадки;
- Unsafe – небезпечні ситуації.

Введення класу Suspect дозволяє уникнути жорсткої бінарної класифікації та підвищує стійкість системи до шумів детекції та неоднозначних ситуацій.

Запропонований метод забезпечує інтерпретоване оцінювання ризику, оскільки рішення формується на основі нечітких правил, що враховують конфігурацію об'єктів сцени. Подібні підходи демонструють ефективність у задачах класифікації сцен та оцінювання ризику в умовах невизначеності [4].



Рисунки 1 – Структура методу оцінювання ризику міських сцен

Таким чином, поєднання 3W-представлення сцени та нечітких правил дозволяє ефективно вирішувати задачу оцінювання ризику міських сцен, забезпечуючи баланс між точністю та інтерпретованістю результатів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на врахування часової динаміки сцени та розширення набору правил для різних типів дорожніх ситуацій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Redmon, A. Farhadi, “YOLOv3: An Incremental Improvement,” 2018. DOI: 10.48550/arXiv.1804.02767
2. M. Cordts, M. Omran, S. Ramos et al., “The Cityscapes Dataset for Semantic Urban Scene Understanding,” Proc. IEEE CVPR, 2016, pp. 3213–3223. DOI: 10.1109/CVPR.2016.350
3. Y. Yao, “Three-way decision and granular computing,” International Journal of Approximate Reasoning, vol. 103, pp. 107–123, 2018. DOI: 10.1016/j.ijar.2018.09.005
4. H. Rakytyanska, B. Prus, “Constructing Prototype-Based Granular Fuzzy Rules for Scene Classification on Mobile Devices,” Lecture Notes in Data Engineering and Communications Technologies, vol. 219, Springer, 2024, pp. 194–218. DOI: 10.1007/978-3-031-70959-3\_10

## **ПРОГРАМНА СИСТЕМА ВІЗУАЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ РОБОТИЗОВАНОГО МАНІПУЛЯТОРА**

РОМАНОВ І.О., СВИНЧУК О.В.

(illiaromanow1310@gmail.com, 7011990@ukr.net)

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*У роботі розглядається проектування підсистеми комп'ютерного зору для роботизованого маніпулятора PUMA 560 у середовищі ROS 2 Jazzy. Описано використання сенсорів глибини та бібліотек комп'ютерного зору для виявлення та класифікації об'єктів у тривимірному просторі. Наведено архітектуру інтеграції зорових даних із системою керування маніпулятором для захоплення і переміщення об'єктів.*

Автоматизація процесів маніпулювання об'єктами в реальному середовищі вимагає надійних та універсальних методів їх розпізнавання. Класичні методи керування промисловими роботами-маніпуляторами історично спиралися на жорстко визначені умови роботи і фіксоване положення об'єкта. Такий підхід ефективний для, наприклад, конвеєрного виробництва на заводі, але він водночас робить систему нефункціональною при найменшій зміні положення предметів або появі перешкод у робочій зоні. Сучасний розвиток робототехніки вимагає переходу до гнучких систем, в тому числі інтеграції систем комп'ютерного зору. Такі системи дозволяють маніпулятору в режимі реального часу аналізувати робочу зону та коригувати свої дії відповідно до обставин [1].

У межах дослідження визначено підхід до інтеграції алгоритмів комп'ютерного зору у загальну систему керування маніпулятором. Описано алгоритм 3D-локалізації цільових об'єктів у робочому просторі за допомогою OpenCV та сенсорів глибини.

Під час роботи проектується комплексна підсистема комп'ютерного зору. Основною метою цієї підсистеми є забезпечення можливості виконання завдань пошуку, захоплення та переміщення об'єктів (pick-and-place) в автоматичному режимі. Базовим середовищем для розробки та обміну повідомленнями між апаратними та програмними модулями системи обрано Robot Operating System 2 (ROS 2, найновіший LTS-дистрибутив Jazzy). Використання ROS 2 зумовлене його універсальністю при роботі із задачами автоматизації і керування роботизованими системами у реальному часі [2]. Це забезпечує безпечний та надійний обмін великими масивами даних (зокрема відеопотоками) між сенсорами та контролерами. Крім того, модульна організація такого середовища спрощує подальше розширення системи додатковими сенсорами, альтернативними алгоритмами тощо. При цьому не виникає потреби у зміні загальної архітектури.

Процес локалізації об'єктів базується на обробці даних, що надходять з RGB-D сенсора (наприклад, камери з підтримкою вимірювання глибини). Підсистема комп'ютерного зору отримує вхідні потоки даних у вигляді карт глибини та RGB-зображень. Для розпізнавання та сегментації цільових об'єктів застосовуються алгоритми з відкритої бібліотеки OpenCV [3]. На першому етапі отримане зображення перетворюється з кольорового простору BGR у простір HSV, таким чином забезпечуючи певний рівень стійкості до змін у освітленні. Далі застосовується порогова фільтрація (thresholding) для створення бінарної маски об'єкта. Щоб усунути дрібні оптичні шуми та закрити розриви у знайдених контурах, виконуються морфологічні операції ерозії та дилатації. На основі відфільтрованих контурів алгоритм обчислює двовимірні координати центроїда об'єкта на площині зображення у пікселях.

Проте для забезпечення роботизованого захоплення лише 2D-координат недостатньо, оскільки системі планування руху необхідне точне просторове положення об'єкта. З цією метою двовимірний центроїд накладається на відповідну йому карту глибини. Завдяки

зчитуванню значення пікселя з карти глибини система отримує координату  $Z$  (відстань від площини камери до фізичної поверхні об'єкта) та формує повноцінну 3D-точку [4]. Перехід від координат точки на площині зображення до просторових координат об'єкта описується співвідношенням:

$$X = \frac{(u - c_x)Z}{f_x}, \quad Y = \frac{(v - c_y)Z}{f_y}, \quad Z = d(u, v),$$

де  $u, v$  – координати точки на зображенні;  $c_x, c_y$  – координати головної точки камери;  $f_x, f_y$  – фокусні відстані в пікселях;  $d(u, v)$  – значення глибини в точці  $(u, v)$ ;  $X, Y, Z$  – кінцеві координати об'єкта у тривимірному просторі.

Інтеграція підсистеми зору в загальну архітектуру маніпулятора відбувається через механізм публікації повідомлень. Отримані 3D-координати об'єкта спочатку визначаються у локальній системі координат сенсора. Щоб маніпулятор зміг коректно виконати захоплення, ці координати трансформуються у базову систему координат робота (`base_link`). Ця операція виконується автоматично за допомогою бібліотеки `tf2`, яка відстежує дерево просторових трансформацій робота [2]. Після трансформації вузол комп'ютерного зору публікує сформоване повідомлення, яке зчитує підсистема планування руху для генерації кінематичної траєкторії маніпулятора.

Практична цінність роботи полягає у підвищенні гнучкості роботизованого комплексу за рахунок використання комп'ютерного зору. Такий підхід зменшує залежність системи від жорстко фіксованого положення об'єктів і дає змогу враховувати зміни, що виникають безпосередньо під час роботи. Якщо предмет зміщується в межах робочої зони або його початкове розташування відрізняється від очікуваного, система може скоригувати подальші дії на основі поточних візуальних даних. У результаті маніпулятор точніше реагує на реальний стан середовища та стабільніше виконує операції захоплення. Це робить запропонований підхід більш придатним для практичних задач, у яких неможливо забезпечити повністю однакові умови для кожного циклу роботи.

Впровадження розробленої підсистеми комп'ютерного зору на базі даних з камери значно розширює функціональні можливості роботизованих маніпуляторів, дозволяючи системі керування динамічно адаптуватися до змін у робочому середовищі. Такий метод обробки даних забезпечує швидку сегментацію цільових об'єктів та обчислення їх просторових 3D-координат за рахунок об'єднання RGB-зображень з картою глибини. Завдяки інтеграції з екосистемою ROS 2, ці дані автоматично трансформуються у базову систему координат маніпулятора для подальшого захоплення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. G. Du, K. Wang, S. Lian, and K. Zhao, «Vision-based robotic grasping from object localization, object pose estimation to grasp estimation for parallel grippers: A review», *Artificial Intelligence Review*, vol. 54, no. 3, pp. 1677–1734, 2021, <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09888-5>
2. S. Macenski, T. Foote, B. Gerkey, C. Lalancette, and W. Woodall, «Robot Operating System 2: Design, architecture, and uses in the wild», *Science Robotics*, vol. 7, no. 66, 2022, <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abm6074>
3. M. Vagaš and A. Galajdová, «Industrial vision system for object detection», *Технічні науки та технології*, no. 2(24), pp. 99–105, 2021, [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-2\(24\)-99-105](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-2(24)-99-105)
4. V.-T. Nguyen, C.-D. Do, T.-V. Dang, T.-L. Bui, and P. X. Tan, «A comprehensive RGB-D dataset for 6D pose estimation for industrial robots pick and place: Creation and real-world validation», *Results in Engineering*, vol. 24, art. 103459, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103459>

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ МАЙБУТНЄ ТЕХНОЛОГІЙ: ЯК ШІ ТРАНСФОРМУЄ СВІТОВІ ІНДУСТРІЇ ТА СФЕРУ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ**

СЕЛІВАНОВА А.В.

(av\_selivanova@ukr.net)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглянуто вплив технологій штучного інтелекту (ШІ) на трансформацію сучасних інформаційних систем і світових індустрій, зокрема у сфері зберігання та обробки даних. Проаналізовано обмеження традиційних підходів до проектування баз даних, пов'язані з недостатньою гнучкістю, масштабованістю та складністю оптимізації, а також визначено роль ШІ у автоматизації етапів їх життєвого циклу - від аналізу вимог і моделювання до моніторингу та еволюції систем. Особливу увагу приділено концепції ШІ-агентів як інтелектуальної команди, застосуванню ШІ в різних галузях та ключовим викликам, зокрема безпеці даних, необхідності людського контролю й нормативному регулюванню. Зроблено висновок, що штучний інтелект є ключовим фактором створення адаптивних, самонавчальних систем і подальшого розвитку цифрових технологій.*

У сучасних умовах цифровізації та стрімкого зростання обсягів даних особливого значення набувають ефективні методи їх зберігання, обробки та аналізу. Традиційні підходи до проектування інформаційних систем і баз даних не завжди забезпечують необхідний рівень гнучкості, масштабованості та продуктивності.

Одночасно із розвитком цифрових технологій відбувається активне впровадження методів штучного інтелекту, що кардинально змінює підходи до створення, експлуатації та управління даними. Це обумовлює актуальність дослідження впливу ШІ на трансформацію технологічних та соціальних систем.

Проектування баз даних є складним процесом, що включає аналіз вимог, моделювання структури, оптимізацію та підтримку системи. Серед основних проблем можна зазначити: нечіткість або змінність вимог, помилки у визначенні сутностей і зв'язків, неефективну нормалізацію; складність оптимізації продуктивності.

Впровадження методів штучного інтелекту дозволяє: автоматизувати процеси проектування, підвищити якість структур даних, адаптувати системи до змінних умов, зменшити кількість помилок [1].

Інтелектуальні технології охоплюють усі етапи життєвого циклу БД:

1. Аналіз вимог і моделювання: перетворення текстових описів у структури даних, побудова ER-моделей, визначення зв'язків.
2. Генерація структури БД: створення SQL-скриптів, вибір типів даних, автоматична нормалізація.
3. Оптимізація системи: аналіз продуктивності, оптимізація індексів, прогнозування навантаження.
4. Генерація запитів і API: формування SQL-запитів за текстовими запитами, створення backend-логіки.
5. Тестування і наповнення: генерація тестових даних, моделювання крайових випадків.
6. Моніторинг і самонавчання: виявлення аномалій, автоматична оптимізація.
7. Еволюція системи: підтримка міграцій, забезпечення сумісності змін.

Сучасним трендом є використання ШІ-агентів — автономних систем, що можуть виконувати різні ролі серед яких:

- аналітик, що замається збором вимог;
- архітектор, який відповідає за проєктування;
- розробник, що автоматизує генерацію коду;
- оптимізатор, що відповідає за автоматизацію процесів;
- моніторинг.

Це формує концепцію «інтелектуальної команди», що суттєво прискорює створення складних систем [2].

Інструментальні засоби на основі ШІ також активно використовуються у проєктуванні складних технічних об'єктів, в інженерії та архітектурі, у бізнес-аналітиці та в хмарних технологіях.

Зокрема штучний інтелект активно впроваджується в освітню діяльність, забезпечуючи: персоналізацію навчання, автоматизацію оцінювання, розвиток критичного мислення, доступність освіти. Водночас виникають ризики пов'язані із порушенням академічної доброчесності, використанням недостовірної інформації та складністю контролю знань. На міжнародному рівні наразі формується нормативна база регулювання використання ШІ, а саме:

- європейський AI Act — регламент використання ШІ за рівнями ризику [3];
- українські підходи до стандартизації, орієнтовані на європейські норми [4].

Широке використання ШІ у світовій індустрії несе наступні проблеми та ризики:

- некоректне трактування вимог;
- потреба у контролі людиною;
- питання безпеки даних;
- надмірна складність систем.

У якості висновка можна вказати, що у поточний момент штучний інтелект є ключовим фактором трансформації сучасних технологій, зокрема у сфері зберігання даних та освіти. Його використання дозволяє створювати адаптивні, інтелектуальні системи, здатні до самонавчання та оптимізації.

Водночас ефективне застосування ШІ можливе лише за умов поєднання технологічних можливостей із людським контролем та нормативним регулюванням.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Петро Білик. “AI Акт: Нова ера регулювання штучного інтелекту в Європі | Бізнес”. Бізнес | Останні новини бізнесу України. Дата звернення: 28 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: [https://biz.ligazakon.net/analytics/229744\\_a-akt-nova-era-regulyuvannya-shtuchnogo-ntelektu-v-vgor](https://biz.ligazakon.net/analytics/229744_a-akt-nova-era-regulyuvannya-shtuchnogo-ntelektu-v-vgor)

[2] П. І. Сагайда, О. А. Костіков та С. К. Добряк, “Метод застосування агентів штучного інтелекту в багатоагентній системі для автоматизації процесів інтелектуального аналізу даних”, Вісн. Херсон. нац. техн. ун-ту, № 4(91), с. 325–332, груд. 2024. Дата звернення: 28 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.43>

[3] Петро Білик. “AI Акт: Нова ера регулювання штучного інтелекту в Європі | Бізнес”. Бізнес | Останні новини бізнесу України. Дата звернення: 28 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: [https://biz.ligazakon.net/analytics/229744\\_a-akt-nova-era-regulyuvannya-shtuchnogo-ntelektu-v-vgor](https://biz.ligazakon.net/analytics/229744_a-akt-nova-era-regulyuvannya-shtuchnogo-ntelektu-v-vgor)

[4] Т. Я. Гельжинська і О. Р. Кравчик, «Правове регулювання використання штучного інтелекту в освіті: український та європейський досвід», AV, вип. 42, Квіт 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1897>

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕМІЩЕННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ ДЕКАРТОВИМ РОБОТОМ**

СТАНКОВ А.М.

(amstankov13@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглянуто розробку та реалізацію чотирьохосового декартового робота для автоматизації процесів переміщення штучних вантажів. Запропоновано підхід до створення фінансово доступної, повнофункціональної роботизованої системи на базі промислових компонентів. Описано апаратну та програмну частини системи, а також результати експериментальних досліджень точності та продуктивності. Отримані результати підтверджують ефективність використання розробленої системи в задачах палетизації, складання та обробки матеріалів.*

У сучасних умовах розвитку промисловості актуальною є задача автоматизації процесів переміщення та обробки вантажів. Використання роботизованих систем дозволяє підвищити продуктивність, точність та зменшити вплив людського фактору.

Основною проблемою є висока вартість роботизованих комплексів (ціна найдешевшого імпортного рішення становить близько 60 тис. євро без ПДВ), а також складність їх ввезення з-за кордону, що включає логістичні витрати та митне оформлення.

Запропонований у роботі проект є доступною альтернативою (орієнтовна вартість розробленого роботизованого комплексу становить 20–25 тис. євро), яка може бути ефективно впроваджена на малих та середніх підприємствах.

Метою роботи є розробка чотирьохосового декартового робота на базі промислових компонентів із забезпеченням високої функціональності та можливістю дослідження математичних моделей руху.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі завдання:

- розроблено технічне завдання;
- створено концептуальну модель робота;
- здійснено підбір компонентів;
- розроблено електричні схеми та конструкцію;
- реалізовано програмне забезпечення для ПЛК та НМІ;
- зібрано систему керування;
- проведено налагодження та оптимізацію алгоритмів руху.

Апаратна частина системи побудована на базі промислового контролера Schneider Electric Modicon M241, сервоприводів Schneider Electric Lexium 28 та операторської панелі HMIST6500. Механічна частина включає ремінні та рейкові передачі, а також пневматичний захват на присосках. Робот має чотири ступені свободи та робочу зону 3000×3000×3000 мм.

Програмна частина реалізована у середовищі EcoStruxure Machine Expert із використанням мов FBD, LD, ST та SFC. Реалізовано ручний та автоматичний режими роботи, задання координат із панелі оператора, режим «фрідрайв», а також систему обробки аварій та керування периферійними пристроями.

У результаті експериментальних досліджень досягнуто точність позиціонування на рівні 1 мм при заданій 50 мм. Продуктивність системи становить до 1000 кг/год із потенціалом збільшення до 3000 кг/год. Вантажопідйомність системи досягає 60 кг.



Рисунок 1 – Фото реального робота .



Рисунок. 2 – Фото тестового щита.

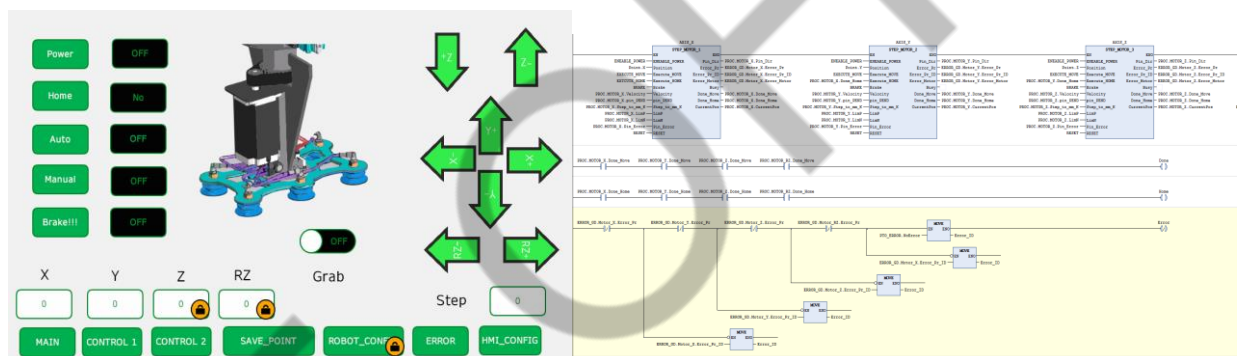


Рисунок 3 – Фото вкладки управління на ХМІ панелі та частина програмного коду.

Отримані результати свідчать про високу ефективність розробленої системи. Впровадження робота дозволяє замінити працю до трьох операторів із терміном окупності близько 2 років. Подальший розвиток системи передбачає створення полегшеної версії з підвищеною продуктивністю та розширеними функціями колаборативної взаємодії.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Schneider Electric. Modicon M241 Logic Controller – Programming Guide.
2. Schneider Electric. Lexium 28 Servo Drives – User Manual.

## **АРХІТЕКТУРНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ**

ТРАЧ О.Р.

(lointc@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*Запропоновано гібридну архітектурну модель управління ЗВО, що поєднує LLM та формалізовану логіку для складання розкладів. LLM виступає семантичним посередником у мультиагентній системі з чотирма рівнями: формалізація, оркестрація, інтерфейс та пояснювальний штучний інтелект. Система верифікує обмеження через модуль RAG та адаптує параметри алгоритмів залежно від пріоритетів.*

Заклад вищої освіти є складною системою, де якість навчального процесу залежить від ефективності управління. Ключова проблема полягає у складності формалізації рішень через динамічні обмеження та конфлікт інтересів. Детерміновані алгоритми забезпечують математичну коректність, але потребують структурованих даних і не інтерпретують вимоги, задані вербально. Великі мовні моделі (LLM) гнучкі, проте схильні до «галюцинацій» у задачах оптимізації, що неприпустимо для складання розкладів через ризик каскадних помилок [1].

Для вирішення цієї проблеми пропонується гібридна архітектурна модель управління ЗВО з інтеграцією штучного інтелекту та формалізованої логіки. У цій моделі LLM виступає семантичним посередником між людиною та обчислювальним ядром, а не розв'язувачем задач. Архітектура включає чотири рівні: семантична формалізація, оркестрація обчислень, когнітивний інтерфейс та пояснювальний штучний інтелект.

Реалізація системи базується на мультиагентній архітектурі (MAS), де оркестратор координує субагентів для вирішення підзадач розкладу. Субагентами виступають, наприклад: пошук аудиторій, розподіл викладачів та перевірка конфліктів. Когнітивний інтерфейс забезпечує діалогову взаємодію та аналіз сценаріїв «що, якщо» на основі детермінованого графа знань [2]. LLM дозволяє адаптувати параметри метаевристичних алгоритмів залежно від пріоритетів (наприклад, мінімізація пауз у навчальному процесі, максимальна зайнятість аудиторного фонду тощо). Модуль пояснювального штучного інтелекту генерує зрозумілі висновки для адміністрації, усуваючи ефект «чорної скриньки» [3]. Верифікація обмежень здійснюється за допомогою модуля RAG (Retrieval-Augmented Generation), опираючись на базу нормативних актів із подальшою формальною перевіркою перед передачею розв'язувачу.

Запропонована архітектура забезпечує замкнений контур опрацювання інформації з механізмом самовдосконалення, зокрема, через оновлення ваг обмежень у графі знань на основі зворотного зв'язку. Таке рішення підвищує адаптивність системи та дозволяє формувати оптимальні компроміси при обробці м'яких обмежень (soft constraints). На відміну від статичних систем управління, підхід, що пропонується, забезпечує математичну коректність розкладів у динамічному освітньому середовищі.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Y. Wan, “Large Language Models for Mathematical Problem Solving: Applications, Challenges and Future Directions”, *Academic J. Sci. Technol.*, т. 19, № 2, с. 424–431, січ. 2026. Дата звернення: 6 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.54097/0pbd1t53>.

[2] T. Al-Moslmi, M. Gallofre Ocana, A. L. Opdahl та C. Veres, “Named Entity Extraction for Knowledge Graphs: A Literature Overview”, *IEEE Access*, т. 8, с. 32862–32881, 2020. Дата звернення: 6 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2973928>

[3] S. Ali та ін., “Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence”, Inf. Fusion, с. 101805, квіт. 2023. Дата звернення: 6 квіт. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101805>.

УДК 004

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОСІВІВ: ВИКЛИКИ ТА СУЧАСНІ РІШЕННЯ

ФУРКАЛО Д.Ю.  
(daniilf077@knu.ua)

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

*Інтелектуальні системи моніторингу посівів є важливим інструментом підвищення ефективності сучасного сільського господарства. Вони базуються на методах комп'ютерного зору та глибокого навчання для автоматизованого виявлення хвороб рослин і оцінки стану культур за зображеннями. У роботі розглянуто основні виклики впровадження таких систем у реальних умовах та сучасні підходи до їх подолання. Запропоновані рішення сприяють зниженню втрат урожаю та оптимізації агротехнічних процесів.*

Зростання населення планети, зміни клімату та інтенсифікація сільськогосподарських технологій створюють нагальну потребу у підвищенні ефективності агропромислових процесів. Однією з ключових проблем є забезпечення своєчасного контролю за станом посівів, виявлення хвороб та шкідливої рослинності, а також оптимізація витрат на захист культур. Традиційні методи моніторингу полів, такі як візуальний огляд фермером або агрономом, агрохімічні аналізи та ручна фіксація даних, є трудомісткими, дорогими та часто суб'єктивними. Вони не дозволяють забезпечити масштабний і оперативний контроль на великих площах, що обмежує ефективність агровиробництва та підвищує ризик втрат урожаю [1,3].

Останніми роками спостерігається значний прогрес у впровадженні цифрових технологій у сільському господарстві, зокрема у сфері прецизійного землеробства. Використання датчиків, безпілотних літальних апаратів (дронів), камер високої роздільності та супутникових знімків дозволяє збирати великі обсяги даних про стан рослин і посівів, як показано на рис. 1.

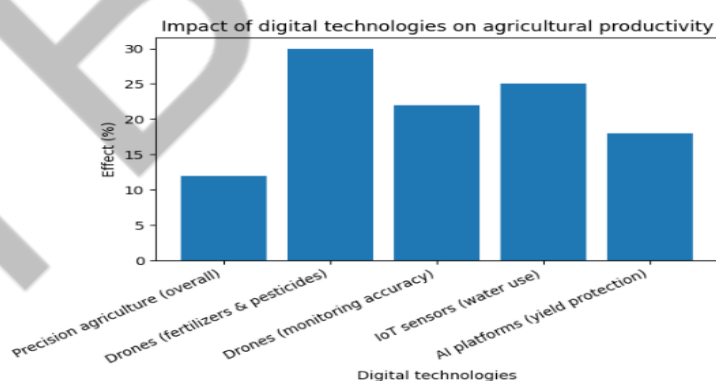


Рисунок 1 - Вплив цифрових технологій прецизійного землеробства на продуктивність та ефективність агровиробництва

Проте для перетворення цих даних у практичні рішення необхідні автоматизовані алгоритми обробки зображень та інтелектуальні системи, здатні швидко і точно визначити наявність шкідників, бур'янів або симптомів хвороб [2,4].

Наукові дослідження у цій сфері охоплюють кілька ключових напрямів. Перший із них - детекція та класифікація рослин і бур'янів на зображеннях полів. Використовуються класичні методи обробки зображень, такі як виділення контурів, аналіз кольору та текстури, гістограми

градієнтів, сегментація на основі порогових значень. Ці методи дозволяють виділити окремі об'єкти та розрізнити культурні та небажані рослини. Однак вони чутливі до змін освітлення, наявності тіні, варіативності форм рослин та різного фону, що обмежує їхню практичну ефективність [3].

Другий напрямок - застосування методів машинного навчання та глибинного навчання. Сучасні підходи передбачають використання згорткових нейронних мереж (CNN) для класифікації зображень, сегментації та локалізації об'єктів. Наприклад, моделі YOLOv8, Faster R-CNN та U-Net довели високу ефективність у задачах виділення бур'янів серед культурних рослин, а також у виявленні уражених ділянок на листках [1,5]. Такі методи автоматично виокремлюють складні патерни у зображеннях, враховують контекст і морфологічні особливості рослин, що дозволяє підвищити точність класифікації та швидкість обробки великих полів.

Особливу увагу приділяють трансферному навчанню, тобто використанню моделей, попередньо натренованих на великих загальних датасетах (ImageNet) та адаптованих до специфіки сільськогосподарських задач. Цей підхід дозволяє зменшити потребу у великій кількості маркованих зображень і підвищує стійкість моделей до варіативності даних [2]. Крім того, застосування ансамблевих методів (поєднання декількох моделей) дає змогу збільшити точність і надійність детекції бур'янів та хвороб.

Додатково, у дослідженнях активно розглядають аналіз часових рядів і мультиспектральних знімків для прогнозування розвитку хвороб та поширення шкідників. Такі методи дозволяють виявляти наявні проблеми й передбачати їх розвиток, що дає змогу аграріям приймати проактивні рішення щодо захисту посівів і планування обробки полів [4].

Проблемою сучасних систем є їх обмежена універсальність та масштабованість. Багато моделей демонструють високу точність на лабораторних або обмежених датасетах, проте в реальних умовах точність часто знижується через шумові фактори, неоднорідність рослин, змінну освітленість і різні фони. Це створює потребу у комплексних методах, які поєднують автоматичну сегментацію, класифікацію та оцінку стану рослин із врахуванням контексту та часової динаміки.

Таким чином, постає завдання розробки інтелектуального програмного забезпечення для моніторингу стану посівів та виявлення шкідливої рослинності, яке базуватиметься на сучасних алгоритмах комп'ютерного зору, глибинного навчання та аналізу мультиспектральних зображень. Така система дозволить виявляти проблемні ділянки на ранніх стадіях та й оптимізувати агропроцеси, підвищити врожайність і знизити економічні втрати фермерів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Crop-Weed Segmentation and Classification Using YOLOv8 Approach for Smart Farming. ResearchGate. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/387550267\\_Crop-Weed\\_Segmentation\\_and\\_Classification\\_Using\\_YOLOv8\\_Approach\\_for\\_Smart\\_Farming](https://www.researchgate.net/publication/387550267_Crop-Weed_Segmentation_and_Classification_Using_YOLOv8_Approach_for_Smart_Farming)
2. Deep Learning Methods for Smart Agriculture: A Review. ArXiv. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://arxiv.org/pdf/2507.01269>
3. New Emerging Digital Technologies in Weed Management. ResearchGate. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/390300985\\_New\\_Emerging\\_Digital\\_Technologies\\_in\\_Weed\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/390300985_New_Emerging_Digital_Technologies_in_Weed_Management)
4. AI Crop Predictor and Weed Detector Using Wireless Technologies: A Smart Application for Farmers. ResearchGate. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/345398118\\_AI\\_Crop\\_Predictor\\_and\\_Weed\\_Detector\\_Using\\_Wireless\\_Technologies\\_A\\_Smart\\_Application\\_for\\_Farmers](https://www.researchgate.net/publication/345398118_AI_Crop_Predictor_and_Weed_Detector_Using_Wireless_Technologies_A_Smart_Application_for_Farmers)
5. Deep Learning for Weed and Crop Classification in Precision Agriculture. ScienceDirect. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375525001169>

## Розділ 7

# Комп'ютерні ігри та WEB-дизайн

УДК 004.9:794

### ЕВОЛЮЦІЯ ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ: ВІД АРКАДНИХ АВТОМАТІВ ДО ХМАРНОГО ГЕЙМІНГУ

АНТОНОВ З.Є.  
(zhrntnv@gmail.com)

ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій» ОНТУ

*У роботі досліджується еволюція ігрової індустрії від перших аркадних автоматів 1970-х років до сучасних хмарних ігрових платформ. Проаналізовано ключові технологічні стрибки, що визначили розвиток кожного покоління ігрових систем: від 8-бітної графіки до реалістичної 4K-візуалізації та технологій доповненої реальності. Розглянуто вплив індустрії на суспільство, економіку та культуру, а також окреслено перспективні напрямки її подальшого розвитку.*

Постановка проблеми. Ігрова індустрія є однією з найбільш динамічних галузей цифрової економіки. За даними аналітичних агенцій, її обсяг у 2023 році перевищив 200 млрд доларів США, що ставить її поряд з кіно- та музичною індустрією разом узятими. Попри очевидну значущість, питання систематизації етапів її розвитку та виявлення закономірностей технологічного прогресу залишаються недостатньо дослідженими в україномовному науковому просторі.

Вирішені завдання. У межах дослідження виконано такі завдання: виокремлено та охарактеризовано основні покоління ігрових систем; проведено аналіз ключових технологічних факторів, що спричинили перехід від одного покоління до наступного; оцінено економічний та культурний вплив ігрової індустрії на суспільство; визначено сучасні та перспективні тенденції її розвитку.

Суть дослідження. Зародження ігрової індустрії пов'язане з появою перших аркадних автоматів у 1970-х роках. Гра Pong (Atari, 1972) стала першим комерційно успішним електронним розважальним продуктом і поклала початок цілій галузі. Наприкінці 1970-х – на початку 1980-х років домашні ігрові консолі (Atari 2600, Intellivision) зробили відеоігри масовим явищем. Стрімке насичення ринку неякісними іграми спричинило галузеву кризу 1983 року, яка практично знищила американський ринок консолей.

Відродження індустрії пов'язане з виходом Nintendo Entertainment System (NES) у 1985 році. Жорсткий контроль якості ігор з боку Nintendo встановив нову парадигму розвитку ринку. У 1990-х роках перехід до 3D-графіки та поява носіїв CD-ROM кардинально змінили можливості розробників: з'явилися повноцінні сюжетні ігри з озвученням та кінематографічними вставками. PlayStation (Sony, 1994) та Nintendo 64 стали символами цього переходу і заклали основи сучасної геймерської культури.

У табл. 1 наведено порівняльну характеристику ключових поколінь ігрових систем за технологічними ознаками.

Початок 2000-х років ознаменувався масовим поширенням широкосмугового інтернету, що відкрило еру онлайн-ігор та цифрової дистрибуції. Поява Steam (Valve, 2003) революціонізувала ринок ПК-ігор, а розвиток мобільних платформ після виходу iPhone (2007) вивів мобільний геймінг у лідери за кількістю гравців. Сьогодні понад 3,2 млрд людей у світі грають у відеоігри на тих чи інших платформах.

Табл. 1. Покоління ігрових систем та їх ключові характеристики

Покоління	Роки	Ключові технології	Приклади платформ
1-ше	1970–1980	Аналогові схеми, 8-біт	Atari 2600, Pong
2-ге	1980–1990	16-біт, картриджі	NES, Sega Genesis
3-тє	1990–2000	3D-графіка, CD-ROM	PlayStation, N64
4-тє	2000–2010	HD-графіка, інтернет	PS3, Xbox 360
5-тє	2010–нині	4К, хмарний геймінг, VR	PS5, Xbox Series X

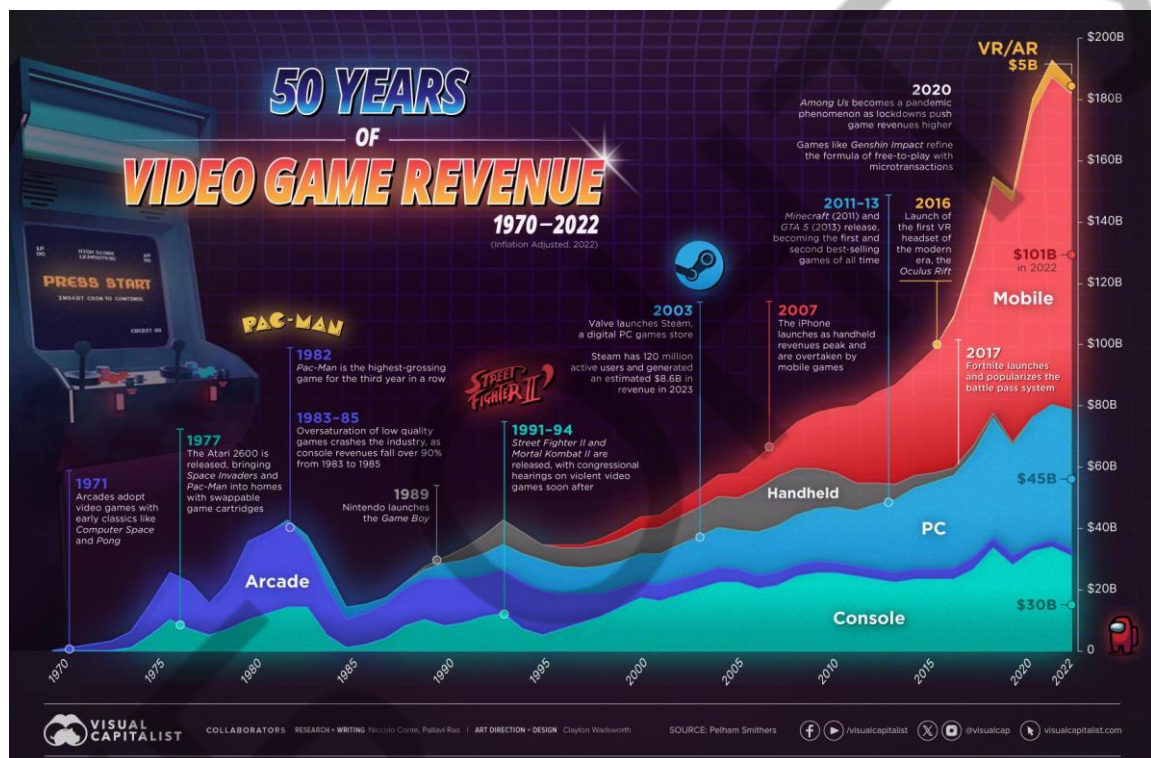


Рисунок 1 - Динаміка доходів світової ігрової індустрії (1970–2023 рр.)

Найновішою тенденцією є хмарний геймінг (Cloud Gaming) – технологія стрімінгу ігрового контенту з віддалених серверів безпосередньо на пристрій користувача без необхідності потужного «заліза». Сервіси Xbox Cloud Gaming (Microsoft), GeForce NOW (NVIDIA) та PlayStation Now (Sony) вже сьогодні дозволяють грати у AAA-ігри на смартфонах та слабких ПК. Паралельно розвиваються технології VR/AR, метавсесвіту та play-to-earn моделей на основі блокчейн, що формують принципово нову екосистему цифрових розваг.

Висновки. Ігрова індустрія пройшла шлях від простих аркадних автоматів до глобального мультимільярдного ринку менш ніж за 60 років. Кожне нове покоління ігрових систем визначалося технологічним стрибком у графіці, носіях інформації або мережових можливостях. Сучасні тенденції – хмарний геймінг, VR/AR та штучний інтелект – свідчать про те, що індустрія знаходиться на порозі чергової трансформації, наслідки якої будуть значущими не лише для розваг, а й для освіти, медицини та соціальних комунікацій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Newzoo, "Global Games Market Report 2023," Newzoo BV, Amsterdam, Netherlands, Tech. Rep., 2023. [Online]. Available: <https://newzoo.com/resources/trend-reports/global-games-market-report>

[2] S. L. Kent, The Ultimate History of Video Games: From Pong to Pokémon and Beyond. New York, NY: Three Rivers Press, 2001.

[3] D. Takahashi, "The DeanBeat: How the video game industry evolved over 50 years," VentureBeat, Mar. 2022. [Online]. Available: <https://venturebeat.com/games/the-deanbeat-how-the-video-game-industry-evolved-over-50-years>

УДК 004.5

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІМЕРСИВНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ НА КОРИСТУВАЦЬКИЙ ДОСВІД У СУЧАСНИХ WEB3-ДОДАТКАХ**

БАБЕНКО А.Ю.

(anna.babenko@student.karazin.ua)

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

*У дослідженні розглядається проблема перевантаженого користувацького досвіду (UX) у Web3-додатках, що гальмує їх масове впровадження. Для вирішення цієї проблеми пропонується інтеграція імерсивних інтерфейсів та технологій просторового обчислення (Spatial Computing). Проведений порівняльний аналіз взаємодії в традиційних 2D-екранах та імерсивних 3D-середовищах довів, що візуалізація абстрактних криптографічних процесів у просторі суттєво знижує когнітивне навантаження та ризик помилок.*

Стрімкий розвиток Web3, заснованого на децентралізації та блокчейн-технологіях, відкриває нові можливості для створення цифрових екосистем. Проте масове впровадження Web3-додатків суттєво гальмується через високий поріг входу та перевантажений користувацький досвід (UX). Складна взаємодія з криптогаманцями, незрозумілі процеси виконання транзакцій та крута крива навчання створюють значне когнітивне навантаження. Згідно з аналізом сучасних Web3-рішень, зниження цієї складності, усунення тертя та спрощення взаємодії є критичним фактором для залучення масового користувача [1]. Ефективним шляхом вирішення цієї проблеми стає інтеграція імерсивних інтерфейсів (просторового обчислення, віртуальної та доповненої реальності), які здатні трансформувати абстрактні блокчейн-процеси у зрозумілий просторовий досвід.

У рамках даного дослідження було проаналізовано ключові «вузькі місця» поточного UX у Web3 та досліджено вплив технологій просторового обчислення (Spatial Computing) на патерни взаємодії користувачів з децентралізованими системами. На відміну від традиційного комп'ютерного, який обмежується плоскими 2D-екранами, клавіатурами та мишами, просторове обчислення дозволяє взаємодіяти з цифровим середовищем у тривимірному просторі за допомогою природних жестів та рухів [2]. Це дозволяє залучити людські звички взаємодії з фізичним світом до роботи з абстрактними цифровими активами.

Для практичної оцінки цього впливу було проведено порівняльний аналіз користувацького досвіду під час виконання типових Web3-завдань (авторизація, перевірка балансу, підтвердження смарт-контракту та передача NFT-активу). Аналіз базувався на зіставленні двох сценаріїв: використання традиційного 2D-інтерфейсу (браузерного веб-розширення) та прототипу імерсивного WebXR-середовища, де цифрові активи візуалізувалися як тривимірні об'єкти, а транзакції супроводжувалися візуальним та аудіальним зворотним зв'язком. Оцінювання проводилося з урахуванням базових UX-метрик, зокрема когнітивного навантаження, частоти критичних помилок під час підтвердження транзакцій та загального рівня довіри користувачів до системи. Результати засвідчили, що просторова візуалізація суттєво знижує відчуття абстрактності операцій, перетворюючи криптографічні процеси на зрозумілу механіку взаємодії з віртуальними предметами.

Аналіз показує, що синергія просторового обчислення та блокчейну формує децентралізовану структуру, яка не лише підвищує безпеку, але й створює інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для управління цифровою власністю [3]. Наприклад, замість складного копіювання криптографічних адрес, обмін активами може реалізовуватися як візуалізована взаємодія у 3D-просторі. Інтеграція Web3 та імерсивних технологій вже демонструє свою практичну ефективність: наприклад, у сфері нерухомості створення цифрових двійників будівель та можливість проведення імерсивних віртуальних турів ще до початку фізичного будівництва суттєво економить час та ресурси учасників ринку [4].

Висновки дослідження показують, що впровадження імерсивних інтерфейсів у Web3-додатки є не просто інструментом візуалізації, а критичною необхідністю для еволюції децентралізованого інтернету. Просторовий UX робить концепцію цифрової власності відчутною, а транзакційні процеси – прозорими. Незважаючи на те, що повна інтеграція цих технологій потребує часу, вже зараз формується новий стандарт взаємодії [3], що здатен адаптувати складні децентралізовані додатки для масового споживача.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] "dappOS: Redefining User Experience in Web3 with Intent Execution Networks," *Binance Square*, 2024. [Online]. Available: <https://www.binance.com/en/square/post/13166810941394>.

[2] "Spatial Computing Explained: What You Need to Know," *Metana*, 2025. [Online]. Available: <https://metana.io/blog/what-is-spatial-computing-simply-explained/>.

[3] "How immersive technology, blockchain and AI are converging," *World Economic Forum*, 2024. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/stories/2024/06/the-technology-trio-of-immersive-technology-blockchain-and-ai-are-converging-and-reshaping-our-world/>.

[4] "What is Spatial Computing and How Does it Relate with Web3 and Blockchain," *Gate.com*, 2023. [Online]. Available: <https://www.gate.com/learn/articles/what-is-spatial-computing/972>.

УДК 004.652.4

### ВИКОРИСТАННЯ FIREBASE ЯК ХМАРНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІГОР В UNITY

ДАВИДОВ А.Г., БУЛГАКОВА О.С.  
(artemdavydov321b@gmail.com, sashabulgakova2@gmail.com)  
Одеський національний технологічний університет

*У тезах розглянуто використання Firebase як хмарної бази даних для створення ігор в Unity. Описані деякі переваги NoSQL БД у порівнянні з стандартними реляційними, також обгрунтовано чому саме Firebase вибрано для зберігання та синхронізації даних у грі.*

У сучасних умовах ігрової індустрії зростає потрібність у зберіганнях даних користувачів, підключення статистики. Особливо ці технології застосовуються у сучасних відеоіграх, де потрібна швидкість доступу до інформації користувачів, досягнення, рекорди, статистика тощо. Реляційні бази даних не завжди є оптимальним рішенням, оскільки потребують складні структури таблиць та серверної частини.

Системи управління базами даних (СУБД) класифікуються за моделлю даних, за способом зберігання та обробки, за розташуванням [1]. Найпоширенішими наразі є реляційні бази даних, вони мають структуру у вигляді таблиць та мають чітко визначенні зв'язки між ними. Але все частіше у мобільних додатках починають використовувати NoSQL бази даних, які забезпечують більш гнучку структуру для зберігання інформації

Під час розробки гри на ігровому рушії Unity було вибрано хмарну платформу Firebase, адже вона надає відразу декілька сервісів одразу, такі як, наприклад, аутентифікація та

аналітика. Firebase використовує NoSQL підхід та зберігає інформацію у вигляді документів або JSON структур [2]. Саме такий підхід значно полегшує роботу з ігровими даними, адже завдяки цьому можна легко змінювати структуру без перероблення складної схеми таблиць.

Однією з ключових переваг Firebase є можливість синхронізації у реальному часі, що достатньо важливо для відеоігор. Крім цього, ця хмарна платформа дає готові інструменти для, як вже писалося, аутентифікації, аналітики також для зберігання файлів та відправлення повідомлень, що набагато спрощує розробку.

Ще один значний плюс інтеграції Firebase з Unity це те, що є зручний, офіційний SDK. Це дозволяє не використовувати власний сервер і швидко підключити БД до додатку [3]. Завдяки використанню хмарної структури забезпечується можливість обробки даних великої кількості гравців без зміни архітектури проекту.

На рисунку 1 представлено архітектурний вид взаємодії Unity з системами Firebase та даними користувачів. Гра надсилає дані сервісам, які здійснюють обробку та зберігають дані в Google Cloud [4]. Користувачі отримують доступ до даних за допомогою хмарних сервісів Firebase

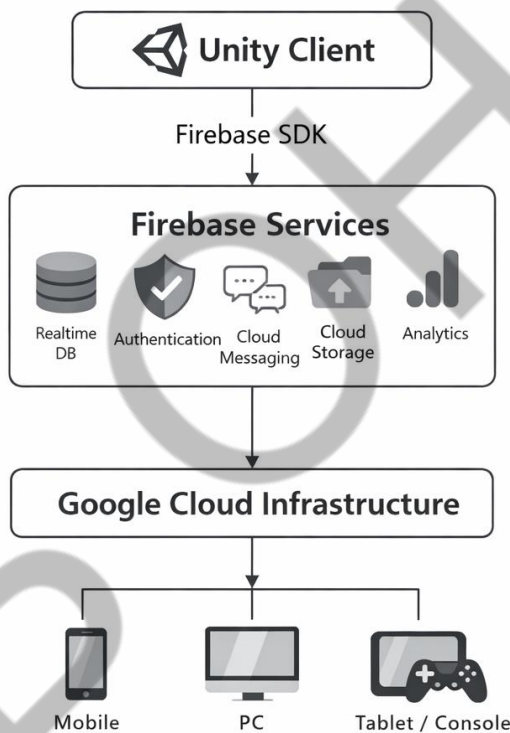


Рисунок 1 – Архітектура взаємодії Unity з Firebase

Отже, використання хмарної NoSQL бази даних для відеоігор в Unity – ефективне рішення завдяки багатьом факторам, таких як гнучка структура даних, можливість синхронізації в реальному часі та SDK для інтеграції з Unity.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] СУБД: що це таке й навіщо вона потрібна. Go IT. Дата звернення: 6 берез. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://goit.global/ua/articles/subd-shcho-tse-y-navishcho-potribna/>.
- [2] Firebase. Google's Mobile and Web App Development Platform". Firebase. Дата звернення: 6 берез. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://firebase.google.com/>.
- [3] Add Firebase to your Unity project. Firebase for Unity". Firebase. Дата звернення: 6 берез. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://firebase.google.com/docs/unity/setup>.
- [4] Firestore. Дата звернення: 6 берез. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://firebase.google.com/docs/firestore>.

## РОЗРОБКА ВЕБЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ПЕРЕГЛЯДУ ТА РЕДАГУВАННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ЄВЛАХОВИЧ І.В., ІЗВАЛОВ О.В.

(ol9892757@gmail.com, alexey@globalgamejam.org)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті

*Розглядається проблема високого порогу входження у сферу 3D-моделювання для початківців, зокрема для аудиторії шкільного віку. Аналізуються недоліки існуючих професійних та освітніх інструментів, що створює нішу для інноваційних рішень. Запропоновано концепцію та архітектуру навчального браузерного 3D-редактора, що функціонує за принципом «Scratch для 3D». Ключовими особливостями проєкту є інтуїтивно-зрозумілий mobile-friendly інтерфейс, гейміфіковані елементи навчання та унікальна інтеграція ШІ-асистента, здатного виконувати команди природною мовою для маніпуляції об'єктами на сцені. Проєкт спрямований на демократизацію 3D-моделювання та розвиток у дітей просторового мислення та творчих навичок.*

**Вступ.** Тривимірна графіка та моделювання стали невід'ємною частиною сучасної цифрової екосистеми. Навички роботи з 3D-об'єктами є затребуваними в розробці комп'ютерних ігор, віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності, а також у таких галузях, як архітектура, промисловий дизайн, медицина та кінематограф. Попри це, освоєння 3D-моделювання залишається складним завданням для новачків. Професійні програмні пакети, такі як Blender, Autodesk 3ds Max або Cinema 4D, мають надзвичайно високий поріг входження. Їхні інтерфейси перевантажені сотнями функцій, вимагають тривалого вивчення гарячих клавіш та мають високі системні вимоги до апаратного забезпечення, що робить їх недоступними для широкого кола користувачів, особливо для дітей.

**Мета.** Проєктування та розробка прототипу браузерного 3D-редактора, орієнтованого на дітей шкільного віку, який би слугував першим кроком у вивченні 3D-моделювання.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- Розробити інтуїтивний, mobile-friendly інтерфейс з великими елементами керування.
- Реалізувати базовий функціонал для створення та маніпуляції примітивними 3D-об'єктами.
- Інтегрувати модуль ШІ-асистента для обробки команд природною мовою.
- Спроектувати елементи гейміфікації для підвищення мотивації користувачів.
- Забезпечити архітектуру, що відділяє дані сцени від логіки відображення для гнучкості та подальшого розширення.

**Аналіз конкурентів.** Для визначення вільного ринкового сегмента було проаналізовано три основні категорії існуючих продуктів:

1. **Професійні 3D-редактори (Blender, 3ds Max).** Їхня головна перевага полягає в безмежному функціоналі. Проте, для освітніх цілей це може стати недоліком через надмірну складність, що часто призводить до швидкої втрати мотивації у початківців.

2. **Спрощені освітні редактори (Tinkercad [2], BlocksCAD, Leopoldy).** Ці інструменти дійсно допомагають знизити бар'єри для входження, пропонуючи обмежений набір основних функцій. Однак у них є й недоліки: вони в основному орієнтовані на десктопні платформи, мають обмежені можливості для кастомізації та не підтримують інтеграцію з сучасними технологіями штучного інтелекту.

3. **Сервіси для генерації 3D-моделей за допомогою ШІ (Meshy, Spline AI).** Це новий тренд, де користувач може отримати готову 3D-модель за допомогою текстового запиту (промпту). Хоча такі сервіси вражають своїми можливостями, їхня освітня цінність залишає бажати кращого. Вони працюють як «чорна скринька», не даючи користувачеві зрозуміти, як

створюється модель, і не пропонуючи інструменти для її інтерактивної зміни чи взаємодії з іншими об'єктами на сцені.

**Етапи розробки:**

**1. Дослідження та вибір технологій.** Провели аналіз вимог до кросплатформеного 3D-редактора. Вибрали стек: Next.js (фреймворк), React (інтерфейс), React Three Fiber та Three.js (3D-графіка). Цей набір технологій дозволяє створити швидкий, адаптивний застосунок з потужним рендерингом безпосередньо у браузері.

**2. Проєктування архітектури.** Розроблено модель даних, яка відокремлює опис 3D-сцени (об'єкти та їхні властивості) від логіки візуалізації. Спроєктовано систему взаємодії з ШІ: клієнт → API Next.js → сервіс Google Gemini AI (обробка запиту) → оновлення стану сцени на основі JSON-відповіді.

**3. Розробка ядра редактора та інтерфейсу.** Розроблено базову 3D-сцену, а також інструменти для додавання простих форм, таких як куби та сфери, і для їх маніпуляцій — переміщення, обертання та масштабування. Створено адаптивний інтерфейс, зручний для сенсорних екранів, з великими кнопками та зрозумілою навігацією.

**4. Інтеграція ШІ-асистента.** Налаштували серверну частину для роботи з AI-API. Розробили систему промптів, яка навчає LLM-модель розуміти команди природної мови, наприклад, "створи червоний куб", і повертати чіткі інструкції у JSON-форматі для оновлення сцени. Також реалізували чат-інтерфейс для введення команд.

**5. Впровадження гейміфікації та фінальне тестування.** Додали нові елементи гри: систему досягнень за виконання певних дій. Провели всебічне тестування інтерфейсу, продуктивності 3D-рендерингу та перевірили, як працює ШІ-помічник. Також виконали оптимізацію для стабільної роботи на різних пристроях.

**Перспективи подальшого розвитку:**

- Розширення бібліотеки примітивів та інструментів.
- Реалізацію експорту моделей у популярні формати (наприклад, .glTF, .obj) для використання в інших програмах або для 3D-друку.
- Інтеграцію з технологіями доповненої реальності (AR), що дозволить «розміщувати» створені об'єкти в реальному світі за допомогою камери смартфона.
- Створення спільноти користувачів з можливістю ділитися своїми роботами.

**Висновки.** Розроблений концепт 3D-редактора має великий потенціал стати чудовим освітнім інструментом, який допоможе знизити бар'єри для тих, хто хоче зануритися в 3D-моделювання. Поєднання простоти, доступності на різних пристроях та інноваційного управління за допомогою штучного інтелекту створює унікальний досвід для користувачів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Резнік М. та ін. Scratch: програмування для всіх // Communications of the ACM. – 2009. – Т. 52, № 11. – С. 60–67.
2. Tinkercad: From mind to design in minutes [Електронний ресурс]. – Autodesk. – Режим доступу: <https://www.tinkercad.com>. – Дата звернення: 11.09.2025.
3. Пул Б. та ін. DreamFusion: перетворення тексту в 3D за допомогою 2D дифузії [Електронний ресурс] // arXiv. – 2022. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2209.14988>. – Дата звернення: 11.09.2025.
4. Капп К. М. Гейміфікація навчання та інструктажу: ігрові методи та стратегії для тренувань та освіти. – John Wiley & Sons, 2012. – 336 с.
5. Three.js – JavaScript 3D Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://threejs.org>. – Дата звернення: 11.09.2025.
6. React Three Fiber Documentation [Електронний ресурс]. – Poimandres. – Режим доступу: <https://docs.pmnd.rs/react-three-fiber/getting-started/introduction>. – Дата звернення: 11.09.2025.

## ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ШУМУ ПЕРЛІНА ДО ГЕНЕРАЦІЇ ІГРОВОГО СЕРЕДОВИЩА У ПІКСЕЛЬНИХ ІГРАХ

ЖАЖИН Д.О., ЖУКОВЕЦЬКА С.Л.

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглядається застосування алгоритму шуму Перліна для процедурної генерації оточення у двовимірних іграх. Окреслено математичні основи роботи градієнтного шуму та його відмінності від звичайного генератора псевдовипадкових чисел. Сформульована пропозиція вирішення завдання автоматичного розставлення статичних об'єктів (дерев та каміння) на ігровій мапі з урахуванням природності їх розподілу.*

У сучасній розробці 2D-ігор, зокрема в інді-сегменті, генерація ігрового середовища є ключовою механікою, оскільки ручне розміщення об'єктів є ресурсоємним і обмежує масштаб та реіграбельність проєктів. Тому використання математичних алгоритмів для автоматичного, але при цьому візуально природного розподілу об'єктів на мапі є надзвичайно актуальним завданням, що дозволяє оптимізувати час розробки та покращити ігровий досвід.

Завдання полягає у розробці системи процедурної генерації для 2D-ігри, яка повинна автоматично заповнювати порожню карту статичними елементами оточення – деревами та камінням. Розподіл об'єктів має виглядати органічно: дерева повинні утворювати ліси або невеликі гаї, а не стояти ідеальними лініями чи бути повністю хаотично розкиданими; каміння має групуватися у специфічних кам'янистих зонах. Система повинна базуватися на шумі Перліна, враховувати запобігання накладанню об'єктів один на одного.

В основі більшості сучасних систем процедурної генерації лежить алгоритм градієнтного шуму – шум Перліна. На відміну від звичайного «білого шуму», який генерує хаотичні та різкі переходи між значеннями, шум Перліна створює псевдовипадкові послідовності з плавними, неперервними інтерполяціями. Математично цей процес виглядає як розбиття простору на координатну сітку. У кожному вузлі сітки генерується випадковий псевдовектор (градієнт). Для визначення значення в будь-якій точці всередині комірки сітки алгоритм обчислює скалярний добуток між векторами відстаней від точки до вузлів та векторами градієнтів у цих вузлах. Згодом ці значення змішуються за допомогою функції згладжування (1.1)

$$6t^5 - 15t^4 + 10t^3, \quad (1.1)$$

де  $t \in [0,1]$ — відносна координата між вузлами.

Результатом є неперервна функція, що повертає значення у діапазоні  $[0, 1]$ . Завдяки комбінуванню кількох шарів такого шуму з різною частотою та амплітудою, можна отримати складні карти висот або щільності, які ідеально імітують природні явища.

В роботі запропоновано наступний підхід:

1. Процес реалізації починається зі створення двовимірної сітки, яка представляє ігровий світ.
2. Для розставлення об'єктів ініціалізуються дві окремі карти шуму Перліна: одна для дерев, інша для каміння. Щоб уникнути ідентичного розподілу, для кожної карти використовується унікальне початкове значення та різні налаштування масштабу.
3. Алгоритм проходить циклом через кожен координату  $(x, y)$  на мапі та отримує значення шуму від 0.0 до 1.0.
4. Для створення природних кластерів застосовуються порогові значення. Наприклад, якщо значення шуму для дерев у точці  $(x, y)$  перевищує 0.65, алгоритм приймає рішення про розміщення спрайту дерева. Якщо значення шуму для каміння перевищує 0.75 — розміщується камінь. Для того, щоб ліси виглядали масивними, для карти дерев

використовується низька частота шуму (плавні великі плями). Для каміння частота збільшується, що створює менші, але більш розкидані кластери.

5. Окремим етапом реалізації є вирішення конфліктів розміщення. Оскільки дві карти шуму незалежні, виникають ситуації, коли в одній точці  $(x, y)$  умови виконуються і для дерева, і для каменя. У такому випадку впроваджується система пріоритетів, дерево завжди перекриває камінь.

**Висновки.** Застосування шуму Перліна для процедурної генерації 2D-світів є високоефективним методом симуляції природного розподілу об'єктів. Шляхом маніпуляцій з параметрами шуму розробники можуть створювати різноманітні біоми з реалістичними скупченнями дерев та каміння. Такий підхід не лише значно скорочує час на левел-дизайн, але й гарантує гравцям унікальний ігровий досвід при кожному новому запуску гри, зберігаючи при цьому стабільну продуктивність системи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Perlin K. An Image Synthesizer. ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1985. Vol. 19, No. 3. P. 287–296.
2. Unity Documentation: Mathf.PerlinNoise. URL: <https://docs.unity3d.com/6000.3/Documentation/ScriptReference/Mathf.PerlinNoise.html>
3. Perlin K. Implementing Improved Perlin Noise. GPU Gems. URL: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems/part-i-natural-effects/chapter-5/implementing-improved-perlin-noise>.

УДК 004.388.4:004.42

## ЕМЕРДЖЕНТНИЙ ГЕЙМПЛЕЙ: СИСТЕМНИЙ ДИЗАЙН ЯК ІНСТРУМЕНТ ГЕНЕРАЦІЇ НЕСКРИПТОВАНИХ ІГРОВИХ СИТУАЦІЙ

ЛОГІНОВ Д. О.

(777loginovdanja@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*Робота присвячена дослідженню парадигми системного дизайну в архітектурі сучасних відеоігор. Проаналізовано ключовий виклик індустрії – кризу масштабування детермінованих систем, де ручне скриптування подій стає економічно та технічно недоцільним. Визначено складові моделі емерджентної взаємодії: атрибутивні сутності, ядро системних правил та ініціюючі агенти. Зазначено, що делегування процесу генерації ігрових ситуацій внутрішнім логічним алгоритмам дозволяє досягти високої реіграбельності при суттєвій оптимізації програмного коду та обчислювальних потужностей.*

Сучасна індустрія інтерактивних розваг демонструє стрімкий перехід від статичних ігрових середовищ до складних віртуальних симуляцій. З огляду на тенденції AAA-розробки, де обсяги контенту зростають експоненційно, виникає гостра потреба у впровадженні нових архітектурних рішень для спеціалізованих комп'ютерних систем, які забезпечують роботу ігрових рушіїв.

На сьогоднішній день фундаментальною перешкодою для подальшого розвитку ігрових систем є обмеженість методу лінійного скриптування. Спроба розробників вручну закодувати реакцію світу на кожен потенційну дію користувача призводить до явища «комбінаторного вибуху» станів системи. Це спричиняє надмірну складність архітектури ПЗ, утруднює налагодження та створює жорсткі межі ігрового досвіду, що негативно впливає на залученість гравця. Для вирішення цієї проблеми пропонується методологічний перехід до системного

дизайну (*Systemic Design*), де розробник проектує не фіксовані сцени, а динамічні логічні взаємодії між незалежними ігровими системами.

Центральним поняттям даного підходу є емерджентний геймплей. Визначенням емерджентності у відеоіграх є виникнення складних патернів поведінки та ситуацій, які не були безпосередньо закладені в код розробником, а стали результатом синергії простих механік [1]. Фактично, інженерна задача зміщується з проектування конкретних подій на створення стійкої архітектури глобальних правил (фізики, хімії, штучного інтелекту).

В результаті аналізу системної ієрархії визначено три ключові рівні, що формують емерджентну модель: база атрибутивних сутностей (об'єкти), ядро системних правил (логіка взаємодії) та ініціюючі агенти (гравець або *NPC*) (рис. 1).



Рисунок 1 – Структурна блок-схема архітектури системної взаємодії

Ефективність такого підходу підтверджується досвідом розробки «хімічного рушія» у проєкті «*The Legend of Zelda: Breath of the Wild*». На відміну від детермінованих систем, даний рушій оперує абстрактними станами матеріалів. Наприклад, взаємодія вогню з рослинністю автоматично породжує тепловий потік, який гравець може конвертувати у підйомну силу для зльоту (рис. 2) [2]. Це наочно демонструє вирішення проблеми скриптування: одна системна константа замінює тисячі локальних тригерів.



Рисунок 2 – Генерація нескриптованої ситуації засобами «хімічного рушія»

Аналогічні архітектурні принципи лежать в основі механік гри «*Baldur's Gate 3*», де емерджентність реалізована через систему поверхонь. Взаємодія динамічних об'єктів (наприклад, води) з енергетичними станами (електрика, холод) створює ланцюгові реакції, що розраховуються рушієм у реальному часі (рис. 3) [3]. Такий підхід дозволяє радикально оптимізувати використання *CPU*, оскільки система обробляє уніфіковані матриці тегів замість індивідуальних логічних умов для кожного об'єкта.



Рисунок 3 – Системна обробка взаємодії стихій у «Baldur's Gate 3»

Як результат, впровадження системного дизайну є критично важливим етапом у розвитку комп'ютерної інженерії ігор. Вирішення проблеми масштабування контенту через емерджентність дозволяє не лише знизити навантаження на апаратні ресурси системи, але й трансформувати гру з лінійного продукту у гнучку екосистему, де кожна сесія є унікальним результатом роботи алгоритмів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Bycer, "Examining Emergent Gameplay," *Game Developer*, Sep. 16, 2015. [Online]. Available: <https://www.gamedeveloper.com/design/examining-emergent-gameplay>. [Accessed: Apr. 09, 2026].
- [2] A. Bolano, "Systemic Games: A New Philosophy in Gaming," *The Artifice*, Sep. 6, 2018. [Online]. Available: <https://the-artifice.com/systemic-games-philosophy>. [Accessed: Apr. 10, 2026].
- [3] A. Wawro, "Emergent gameplay: RPG devs mull what the future holds for big RPGs," *Game Developer*, Jun. 26, 2018. [Online]. Available: <https://www.gamedeveloper.com/design/-emergent-gameplay-rpg-devs-mull-what-the-future-holds-for-big-rpgs>. [Accessed: Apr. 10, 2026].

УДК 004.92

### ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ ДО СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ У ПІКСЕЛЬНИХ ІГРАХ

СИРГІЙ П.А., ЖУКОВЕЦЬКА С.Л.

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглядається застосування сучасних підходів до реалізації освітлення, тіней, систем частинок та постобробки в умовах обмеженої роздільної здатності та необхідності збереження стилю pixel art. Наведено основні методи створення ефектів (sprite-based та shader-based), проаналізовано їх переваги та обмеження. Описано типові сценарії застосування візуальних ефектів, представлено висновки щодо доцільності використання комбінованих підходів для забезпечення балансу між візуальною якістю та продуктивністю системи*

У сучасній індустрії комп'ютерних ігор піксельна графіка використовується не лише як художній стиль, а й як ефективний підхід до розробки ігрових застосунків. Піксельна графіка характеризується низькою роздільною здатністю, обмеженою палітрою кольорів та чіткою структурою зображення. Це накладає обмеження на реалізацію візуальних ефектів, які у сучасних іграх часто базуються на складних алгоритмах обробки графіки.

Завдання полягає у створенні системи візуальних ефектів для 2D-піксельної гри, яка забезпечує коректне відображення елементів середовища без порушення стилю, реалізацію ефектів частинок із мінімальним навантаженням на систему, можливість використання різних підходів до генерації ефектів, а також стабільну роботу на різних пристроях. Особливістю застосування є наявність динамічного середовища, в якому відбуваються поступові зміни, наприклад очищення території або поява нових об'єктів. У зв'язку з цим система ефектів має адаптуватися до поточного стану ігрового світу та підкреслювати ці зміни.

Ключовою особливістю візуальних ефектів у піксельних іграх є необхідність збереження «*pixel-perfect*» відображення. Термін «*pixel-perfect*» відображення означає максимально точне відтворення елемента інтерфейсу або зображення піксель у піксель без будь-яких відхилень. Будь-яке згладжування або розмиття можуть порушити стиль гри. Виходячи з цього, виникають наступні проблеми:

1. Створення освітлення. Традиційні підходи до створення освітлення, що базуються на плавних переходах, у піксельній графіці мають обмеження використання через дискретність пікселів і обмежену кількість кольорів. Тому використовуються дискретні переходи кольорів або спеціальні маски освітлення.

2. Системи частинок, які застосовуються для відтворення ефектів вогню, диму, пилу або опадів, також має свої обмеження. На відміну від високодеталізованих сцен, у піксельних іграх частинки мають бути чіткими та простими за формою. Це досягається шляхом використання невеликих спрайтів та обмеженої кількості анімаційних кадрів, що дозволяє зберігати візуальну узгодженість.

3. Застосування постобробки (*glow, bloom*). Ці ефекти зазвичай створюють розмиття, що суперечить принципам *pixel art*. Тому необхідно адаптувати їх або повністю замінювати альтернативними методами.

В піксельній графіці використовується два підходи до створення ефектів:

1. *Shader-based* (*shader* сам «рухає» текстуру). Базується на обчисленнях у реальному часі та дозволяє створювати динамічні ефекти, однак може негативно впливати на чіткість піксельного зображення. Тобто дозволяють створювати динамічні ефекти (хвилювання повітря або світіння), що може порушувати чіткість пікселів. Тому вони застосовуються обмежено, переважно для допоміжних або фонових ефектів.

2. *Sprite-based* (малюється ефект як картинка). Передбачає використання заздалегідь підготовлених зображень, що забезпечує повний контроль над стилем. Основна частина візуальних елементів реалізована саме за допомогою спрайтів.

В роботі запропоновано підхід, що поєднує різні методи створення ефектів:

1. Освітлення реалізується через зміну кольорової палітри об'єктів та використання локальних елементів світіння, що дозволяє уникнути складних обчислень і водночас зберегти стилістику гри.

2. Система частинок побудована на основі малих спрайтів розміром 8×8 або 16×16 пікселів. Для підвищення продуктивності використовується *batching* – об'єднання великої кількості елементів у межах одного виклику до графічного процесора. Анімація реалізується через циклічну зміну кількох кадрів, що створює ефект руху.

3. Ефект світіння (*glow*) використовується у спрощеному вигляді – шляхом додавання додаткових пікселів навколо об'єкта або накладання окремих спрайтів. Це дозволяє досягти візуального акценту без застосування складної постобробки.

Для оптимізації продуктивності використано такі підходи:

- застосування *texture atlas* для зменшення кількості звернень до графічного процесора;
- обмеження кількості одночасно активних частинок;
- кешування незмінних елементів сцени (рушій зберігає тайли як одну структуру).

Запропонований підхід дозволяє досягти балансу між якістю візуальних ефектів та ефективністю роботи системи.

**Висновки.** У роботі розглянуто основні технічні складнощі створення візуальних ефектів у піксельних іграх. Встановлено, що головними викликами є збереження стилістичної

цілісності зображення та забезпечення стабільної продуктивності. Запропоновані підходи до реалізації освітлення, частинок і постобробки дозволяють ефективно поєднати візуальну якість і технічні обмеження. Отримані результати можуть бути використані при розробці 2D-ігор із динамічним середовищем та обмеженими ресурсами.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Unity Game Engine – офіційна документація. URL: <https://docs.unity3d.com/>
2. How To Create 2D Glow Effects in Unity. URL: <https://www.gamedeveloper.com/design/how-to-create-2d-glow-effects-in-unity>.
3. Бородкіна Х., Тігарев В. Методи оптимізації комп'ютерних ігор, створених за допомогою Unity. URL: <https://archive.liga.science/index.php/universum/article/view/1010/1020>

УДК 004.92:794

### **ЦИФРОВИЙ СКУЛЬПТИНГ У ГЕЙМДЕВІ: ЕВОЛЮЦІЯ СТВОРЕННЯ ПЕРСОНАЖІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ ВІДЕОІГОР**

СІДЕНКО А.Ю., ПРОЦЕНКО Н.М.

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

Державний біотехнологічний університет

*У роботі досліджується трансформаційна роль цифрового скульптингу в сучасному процесі створення персонажів відеоігор. Розглянуто перехід від традиційного моделювання до інтуїтивних методів художнього ліплення у віртуальному середовищі, що дозволяє досягати гіперреалізму та високої деталізації ігрових об'єктів.*

Ігри завжди були частиною людського життя впродовж всієї еволюції. Однак, розвиток цифрових технологій та інтеграції їх у повсякденне життя призвели до кардинальних змін в ігровій індустрії. Відеоігри, які на початку свого зародження були одним із способів розваг – на сьогодні стали наріжним камінням сучасних розваг, де сформувався та функціонує величезний майданчик для залучення аудиторії та отримання прибутку. Згідно з галузевою статистикою, у світі налічується близько 3,32 мільярда активних відеогеймерів. Це число зросло більш ніж на 1 мільярд лише за вісім останніх років, а ринок відеоігор оцінюється приблизно в \$282 мільярди (217 мільярдів фунтів стерлінгів) [1]. Технології, що лежать в основі відеоігор, такі як програмне забезпечення та графіка, призвели до стрімкого прогресу, який вплинув також на інші галузі та сектори, включаючи інженерію, промислове виробництво, будівництво та архітектуру. Тому питання можливостей створення реалістичних і високо деталізованих об'єктів та персонажів навколишнього середовища є актуальними.

Дизайн персонажів у відеоіграх є одним із найважливіших аспектів та значною мірою впливає на успіх проекту та на те, як саме гравці будуть взаємодіяти зі світом гри [2]. Сучасні гравці хочуть не просто грати, а відчувати, співпереживати героям і встановлювати з ними емоційний зв'язок, персонажі відіграють дедалі більшу роль у досягненні цього емоційного зв'язку. Один з методів задоволення швидкозростаючих потреб у високоякісній графіці, що створюється за допомогою комп'ютерних систем, це цифровий скульптинг.

Цифровий скульптинг – це сучасний спосіб створення 3D-моделей, який нагадує ліплення з глини або пластиліну, але в цифровому світі. На відміну від традиційного моделювання, що потребує значної ручної роботи, цей метод завдяки використанню спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє створювати складні та органічні форми в значно коротші строки та з більшим ступенем ефективності. Художники можуть додавати своїм персонажам реалістичні текстури та деталі, наприклад, передаючи найдрібніші елементи зовнішності персонажа, такі як риси обличчя, текстура шкіри (зморшки, пори) та одяг [3].

Саме через існування цифрового скульптингу персонажі стають більш реалістичними, привабливими та дають можливість повністю зануритись у гру через асоціації з персонажем або можливість співпереживати історії.

Відеоігри пройшли довгий шлях від простих чорно-білих піксельних екранів до захоплюючих віртуальних світів. Існує думка, що революція відеоігор почалася у 1972 році з виходом гри «Pong». «Pong», проста гра в стилі тенісу, дозволяла гравцям керувати ракетками і перекидати м'яч на двовимірному екрані. Варто відмітити той факт: хоча це і не перша відеогра, що створена в історії, багато дослідників вважають її першою, яка привернула до себе широку увагу публіки [4].

У середині 1980-х років такі компанії, як Nintendo та Sega, представили свої ігрові системи – Nintendo Entertainment System (NES) та Sega Genesis (Mega Drive) відповідно, завдяки чому аркадні ігри з'явилися на домашніх комп'ютерах, забезпечивши більш персоналізований та доступний ігровий досвід [4]. Такі культові персонажі, як Маріо та Їжак Сонік, не зважаючи на те, що були максимально спрощеними, мали мінімальну деталізацію, проте стали відомими та заклали основу для майбутніх ігрових франшиз, які працюють і досі успішно.

Знаменною віхою в історії відеоігор стали 90-ті роки минулого століття. Саме впродовж цього десятиліття відбулося значне зрушення від традиційної 2D-графіки до повністю іммерсивної 3D-графіки, перетворивши ігрову індустрію не тільки в одну з найприбутковіших галузей, а й відкривши ясніше бачення потенціалу ігрової індустрії завдяки технологічним досягненням. Оскільки все більше і більше гравців бажали зручності та розваги, граючи в комфорті своїх будинків, прагнення розробників точніше передавати природні форми та риси призвело до ускладнення дизайн персонажів. Героїня гри Tomb Raider (1996) Lara Croft вже була представлена у вигляді 3D-моделі, хоча її геометрія залишалась досить простою. У наступних проєктах, таких як Mass Effect (2007) чи Assassin's Creed II (2009), художники ігор змогли створювати персонажів з набагато більшою точністю рис обличчя, текстурами одягу і більш природніми рухами, що демонструє більш поступовий розвиток технології цифрового ліплення та анімації [2].

У цифровій 3D-скульптурі використовується кілька ключових технік, які є основою цього виду цифрового мистецтва. В переліку основних технік слід відмітити: моделювання з підрозділом – метод додавання деталей до моделі за рахунок збільшення кількості полігонів, що дозволяє створювати складніші елементи; картування переміщень – використовуються карти висот для зміни поверхні моделі, додаючи глибину та складність; ретопологізація: процес створення версії високодеталізованої моделі з меншою кількістю полігонів, оптимізований для анімації або графіки в реальному часі. Поєднання цих технік робить цифрову скульптуру надзвичайно універсальною та потужною, нагадуючи фізичну скульптуру у віртуальному просторі.

Технологія цифрового скульптинга постійно розвивається. Однією з нових тенденцій є використання процедурного скульптурування, яке включає алгоритмічне створення візерунків і форм. Це може призводити до несподіваних художніх творів і особливо корисно у додатках, що вимагають великомасштабної деталізації текстури, таких як ландшафти чи органічні поверхні. Ці нововведення були використані при розробці гри Kingdom Come: Deliverance II гра, яка вийшла 4 лютого 2025 року. Гра привернула увагу багатьох не тільки за сюжет, а за високу реалістичність, деталізованість та покращене світло і анімації [4].

Таким чином, цифровий скульптинг радикально впливає на процес розробки персонажів, дозволяючи дизайнерам створювати надзвичайно деталізованих, особливих і запам'ятовуваних героїв. Область цифрової скульптури постійно розвивається завдяки інтеграції технологій штучного інтелекту, завдяки чому персонажі в іграх стають набагато більше, ніж просто об'єктами, вони можуть бути справжніми героями, які можуть викликати співчуття та повністю занурити гравця в історії гри.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. The Social Impact of Games in Modern. URL: <https://www.sae.edu/gbr/insights/the-social-impact-of-games-in-modern-society/> (дата звернення 04.04.2026).
2. Василюк Д.В. Розробка концепції персонажів до відеогри «Чумаки». Київський національний університет технологій та дизайну, 2024. С 4-30.
3. Скорюкова Я. Г., Марецький Д. Є. Аналітичний огляд методів скульптингу при моделюванні 3D-об'єктів. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2020. С 1-3.
4. The Evolution of Video Games: From “Pong” to Virtual Realities. Anythink. URL: <https://www.anythinklibraries.org/blog/the-evolution-of-video-games-from-pong-to-virtual-realities/> (дата звернення 04.04.2026).

УДК 004.8

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ UX-ПАТЕРНІВ У СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ІНТЕРФЕЙСАХ

ШЕВЧУК В.С.

(st01234697@stud.duikt.edu.ua)

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

*У сучасних цифрових продуктах — від мобільних застосунків до складних веб-платформ — якість взаємодії користувача з інтерфейсом безпосередньо визначає рівень залученості, конверсії та утримання аудиторії. Проектування UX дедалі більше спирається не лише на інтуїцію дизайнера, а на формалізовані патерни взаємодії, що повторюються у різних продуктах і довели свою ефективність.*

*UX-патерни формуються на основі когнітивної психології, принципів юзабіліті та поведінкових моделей користувачів. Систематизація таких патернів дозволяє перейти від фрагментарного дизайну до структурованого аналізу взаємодії як цілісної системи. Хоча існує багато численних дизайн-гайдів (зокрема, Material Design, Human Interface Guidelines), у практиці часто відсутній саме системний підхід до класифікації та оцінки ефективності UX-патернів у різних контекстах використання.*

*Таким чином, актуальною є задача формування узагальненої моделі аналізу UX-патернів, яка б дозволяла структуровано оцінювати їхню функціональну доцільність, когнітивне навантаження та вплив на поведінкові метрики користувача.*

### Постановка задачі

Попри широку практику використання UX-патернів у сучасних цифрових інтерфейсах, відсутня універсальна системна модель їх аналізу та класифікації. У більшості випадків патерни застосовуються інтуїтивно або за аналогією з популярними продуктами без глибокого дослідження їхньої відповідності контексту.

Завдання дослідження полягає у побудові структурованої класифікації UX-патернів та розробці узагальненої моделі їх системного аналізу з урахуванням таких критеріїв, як:

- тип сценарію взаємодії;
- когнітивне навантаження;
- частота використання;
- контекст середовища (web, mobile, desktop);
- вплив на ключові UX-метрики (task completion rate, time on task, error rate).

### Мета дослідження

Метою дослідження є розробка системної моделі аналізу UX-патернів у цифрових інтерфейсах та експериментальна перевірка її придатності для оцінки ефективності окремих патернів взаємодії.

Основним завданням є:

- Формування класифікації UX-патернів за функціональною та поведінковою ознакою.
- Побудова узагальненої структурної моделі їх аналізу.
- Емпірична перевірка впливу обраних патернів на поведінкові показники користувачів.

### **Результати дослідження**

У межах роботи було здійснено аналіз сучасних цифрових інтерфейсів (веб та мобільних застосунків) із фокусом на повторювані патерни взаємодії. На основі огляду літератури та практичних кейсів сформовано класифікацію UX-патернів за трьома рівнями:

1. Навігаційні патерни (hamburger menu, bottom navigation, breadcrumbs, tab bar).
2. Патерни введення та обробки даних (floating labels, inline validation, progressive disclosure, multi-step forms).
3. Поведінкові та мотиваційні патерни (infinite scroll, skeleton screens, microinteractions, gamification elements).

Було запропоновано узагальнену модель системного аналізу UX-патерну, яка включає такі компоненти:

- Контекст використання (платформа, тип користувача, сценарій).
- Функціональна роль патерну.
- Когнітивне навантаження (за принципами Nielsen та законами UX).
- Поведінковий вплив (час виконання задачі, частота помилок, рівень відмов).
- Ризики некоректного застосування.

На прикладі порівняльного аналізу двох навігаційних рішень (hamburger menu vs bottom navigation) у мобільному інтерфейсі. Теоретичний аналіз свідчить, що прихована навігація (hamburger) знижує видимість функціоналу та збільшує кількість кроків до виконання задачі, тоді як bottom navigation покращує discoverability та зменшує час доступу до ключових розділів.

Отримані результати підтвердили, що ефективність UX-патерну суттєво залежить від контексту використання та не може оцінюватися ізольовано від сценарію взаємодії.

### **Висновки та перспективи**

У результаті дослідження було сформовано системний підхід до аналізу UX-патернів, що дозволяє:

- перейти від інтуїтивного застосування патернів до формалізованої оцінки;
- зменшити ризик когнітивного перевантаження користувача;
- підвищити обґрунтованість дизайн-рішень.

Запропонована модель може використовуватися як аналітичний інструмент під час проєктування цифрових інтерфейсів, а також як основа для подальших досліджень, зокрема інтеграції UX-аналітики з data-driven підходами (A/B testing, behavioral analytics).

Перспективним напрямом є застосування методів машинного навчання для автоматичного виявлення неефективних UX-патернів на основі поведінкових даних користувачів.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Nielsen J. Usability Engineering. — San Diego : Academic Press, 1993.
2. Norman D. A. The Design of Everyday Things. — Revised and expanded ed. — New York : Basic Books, 2013.

## ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ UX/UI ДИЗАЙНУ У WEB-ДОДАТКАХ

ЯНЧЕВ Д., КОТЛИК С.В.

(dimasyanchev@gmail.com, sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

У роботі здійснено аналітичне дослідження основних концепцій UX/UI дизайну, що застосовуються під час розробки сучасних web-додатків. Розглянуто їх функціональні та візуальні особливості, а також оцінено ефективність використання з точки зору взаємодії користувача з інтерфейсом.

**Актуальність.** В умовах цифровізації більшість сервісів функціонує у web-середовищі, де якість інтерфейсу безпосередньо впливає на ефективність взаємодії користувача з системою. UX/UI дизайн виступає не лише засобом візуального оформлення, а й інструментом оптимізації користувацьких сценаріїв. Помилки у проєктуванні інтерфейсу можуть призводити до зростання когнітивного навантаження, збільшення часу виконання завдань та зниження задоволеності користувача. Метою роботи є аналіз поширених концепцій UX/UI дизайну з позиції їх практичної ефективності та доцільності застосування.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасний UX/UI дизайн формується на перетині ергономіки, когнітивної психології та програмної інженерії, визначаючи не лише зовнішній вигляд інтерфейсу, але й логіку взаємодії користувача з системою. Оцінювання ефективності дизайнерських підходів доцільно здійснювати за такими критеріями: швидкість виконання користувацьких сценаріїв, рівень когнітивного навантаження, інтуїтивність навігації та загальна задоволеність користувача.

У межах дослідження проаналізовано найбільш поширені концепції UX/UI дизайну: односторінковий дизайн, скломорфізм, плоский дизайн та адаптивний дизайн на основі сіткових структур.

Односторінковий дизайн передбачає розміщення ключового контенту в межах однієї сторінки із вертикальною прокруткою. Такий підхід зменшує кількість переходів між сторінками та скорочує час доступу до інформації. Практична реалізація даної концепції спостерігається у веб-інтерфейсах типу landing page, зокрема у сервісах на кшталт «Digital-Cover» та «monobank» (рис.1а). Перевагою є швидкість сприйняття інформації та простота взаємодії, проте при великому обсязі даних така структура ускладнює навігацію та пошук необхідного контенту.

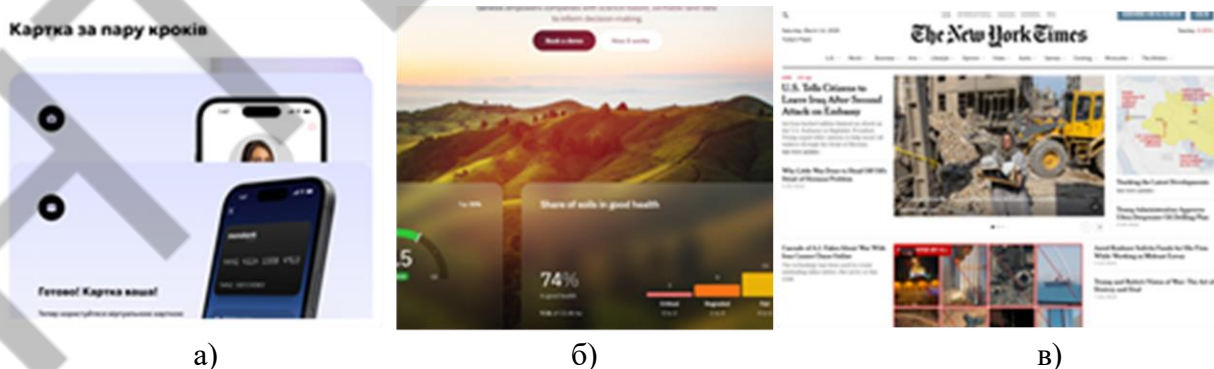


Рисунок 1 - Приклади UX/UI дизайну: а) monobank б) Genesis в) The New York Times

Скломорфізм (glassmorphism) базується на використанні напівпрозорих елементів, ефектів розмиття та світлотіньових переходів. Даний підхід підвищує естетичну привабливість інтерфейсу та формує відчуття глибини (рис.1б). Активне впровадження

скломорфізму у продуктах компанії Apple сприяло його популяризації. Водночас надмірне використання прозорості може знижувати контрастність та ускладнювати сприйняття текстової інформації, що негативно впливає на доступність інтерфейсу.

Плоский дизайн орієнтований на мінімалізм та функціональність, передбачає відмову від декоративних елементів та акцент на змісті. Завдяки спрощенню візуальної структури зменшується когнітивне навантаження та підвищується швидкість орієнтації користувача в інтерфейсі. Даний підхід широко використовується у інформаційних ресурсах, таких як Wikipedia або The New York Times (рис.1в), де пріоритетом є читабельність та структурованість контенту.

Адаптивний дизайн, що ґрунтується на сіткових (grid-based) структурах, забезпечує коректне відображення інтерфейсу на різних пристроях. Його основною перевагою є універсальність та збереження функціональної цілісності незалежно від роздільної здатності екрана. Приклади реалізації можна спостерігати у сервісах «Цитрус» та Amazon, де інтерфейс динамічно перебудовується залежно від пристрою користувача. Водночас реалізація адаптивності потребує додаткових ресурсів розробки та ретельного тестування.

Порівняльний аналіз показує, що кожна з розглянутих концепцій має власну сферу доцільного застосування. Односторінковий дизайн ефективний для презентаційних ресурсів, плоский дизайн — для інформаційно насичених систем, скломорфізм — для візуально орієнтованих продуктів, а адаптивний дизайн є обов'язковим для сучасних багатоплатформних сервісів. Для узагальнення результатів аналізу доцільно представити порівняльну характеристику розглянутих концепцій UX/UI дизайну (табл 1).

Таблиця 1 - порівняльна характеристика концепцій

Концепція	Основні характеристики	Переваги	Недоліки	Сфера застосування
Односторінковий дизайн	Один екран, вертикальна прокрутка	Швидкий доступ до інформації, простота	Погана навігація при великому обсязі даних	Landing page, презентаційні сайти
Склморфізм	Прозорість, розмиття, ефект глибини	Висока естетика, сучасний вигляд	Проблеми з читабельністю, навантаження на GPU	Креативні та брендові продукти
Плоский дизайн	Мінімалізм, відсутність декоративних ефектів	Швидкість, зручність, низьке навантаження	Менша виразність, іноді «сухий» вигляд	Інформаційні системи, новинні ресурси
Адаптивний дизайн	Сіткова структура, масштабованість	Універсальність, підтримка різних пристроїв	Складність реалізації, додаткові ресурси	Всі сучасні web-додатки

Представлена таблиця дозволяє зробити висновок про доцільність вибору тієї чи іншої концепції залежно від функціонального призначення web-додатку та умов його використання.

**Висновки.** Вибір концепції UX/UI дизайну є стратегічним рішенням, що визначає ефективність взаємодії користувача з web-додатком. Проведений аналіз показав, що універсального підходу не існує, а оптимальним є комбінування різних дизайнерських рішень залежно від задач системи. При цьому ключовим критерієм залишається не естетика, а зручність та ефективність користувацької взаємодії. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на кількісне оцінювання впливу дизайнерських рішень на поведінку користувачів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. <https://prjctr.com/> // Projector: [Website]. URL: <https://prjctr.com/knowledge-base/interface-design/ui-ux-design/ui-ux-design-profession-guide> (viewed on: 14.03.2026).
2. <https://developer.apple.com/> // Apple Developer: [Website]. URL: <https://developer.apple.com/documentation/technologyoverviews/liquid-glass> (viewed on: 14.03.2026).
3. <https://medium.com/> // Medium: [Website]. URL: <https://medium.com/@azizuruiux/1-flat-design-25d1a28f5737> (viewed on: 14.03.2026).

## Розділ 8

# Інформаційні технології у медицині

UDC 004.85:519.23

### USING ROC CURVES FOR THE VALIDATION OF CLASSIFICATION MODELS

MARUSHCHAK K., KOZBUR H.

(katiamarushchak@gmail.com, kozbur.galina@gmail.com)

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

*The ROC curve is considered as a visual tool for evaluating the quality of classification models, as well as the AUC metric, which is used during the validation of machine learning models to compare them. Examples of its application in medicine and bioinformatics are provided.*

Validation is a critical stage in the development of machine learning models, especially in medical applications where errors can directly impact patients' health and lives. At this stage, the model's performance is evaluated, particularly using visual tools that allow not only for the generation of numerical metrics but also for understanding the nature of errors. Validation is often an iterative process, as the results of the analysis are used to further improve the model. Among the main visualization tools for classification tasks are heatmaps, ROC curves, and Precision–Recall curves.

The ROC (Receiver Operating Characteristic) curve is one of the key tools for evaluating the quality of binary classification. ROC curves are used in medicine and bioinformatics to assess the overall effectiveness of a diagnostic test for a disease, compare the effectiveness of two or more tests, predict gene function by constructing a sensitivity graph, and identify biomarkers. It is also used to select the optimal threshold value for determining the presence or absence of a disease. The ROC curve reflects the ability of a model or test to distinguish between patients with the disease (the “true positive” class) and those without it (the “true negative” class), regardless of the specific threshold value [3].

In a medical context, the vertical axis represents the True Positive Rate, or “sensitivity” (the proportion of patients with the disease that the model correctly identified). The horizontal axis represents the False Positive Rate, or “specificity” (the proportion of healthy patients who were incorrectly classified as having the disease). Thus, the ROC curve illustrates the trade-off between sensitivity and specificity as the decision threshold changes (Fig. 1). Each point on the ROC curve corresponds to a specific threshold—such as a biomarker value or probability—at which a doctor or system makes a decision regarding the presence of the disease. Lowering the threshold increases sensitivity (fewer patients are missed), but at the same time increases the number of false-positive results (more healthy people are flagged as having the disease).

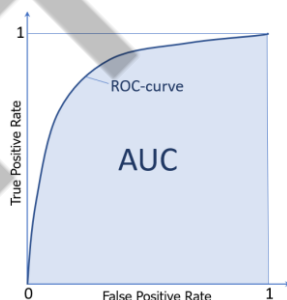


Fig.1 ROC curve and the area under it

A key metric for the ROC curve is the area under the curve (AUC). The AUC value ranges from 0.5 to 1.0. A value of 0.5 corresponds to random guessing (the ROC curve lies near the diagonal), while values close to 1 indicate the model's high ability to correctly distinguish between patients with and without the disease (the ROC curve lies closer to the upper left corner). In clinical interpretation, the AUC can be viewed as the probability that the model will assign a higher risk to a patient with the disease than to a patient without it.

ROC analysis is widely used to compare different models, even if they operate on different principles or use different thresholds, such as when comparing diagnostic tests, evaluating new biomarkers, and selecting the optimal threshold. The choice of such a threshold depends on the clinical task. For example, in screening studies (early disease detection), high sensitivity is usually prioritized to minimize the number of missed cases. At the same time, in confirmatory tests, high specificity may be more important to avoid false diagnoses and unnecessary interventions. Additionally, comparing ROC curves on training and test data allows for the detection of overfitting in the classification model. In such cases, the performance on the training set is significantly better than on the test set.

The advantages of the ROC curve include its independence from a specific threshold, its clarity, and the ability to compare different models or tests. It allows for an assessment of a method's overall ability to distinguish between classes and is the standard in medical statistics and bioinformatics. In some cases, rather than analyzing the entire ROC curve, only a part of it is examined in the region of low False Positive Rates, where it is critically important to minimize the number of false-positive results, for example, when additional tests are expensive or invasive.

At the same time, the ROC curve has limitations in its application. It does not account for the clinical consequences of different types of errors. For example, a missed case of a serious disease can have significantly more severe consequences than a false-positive result. Also, when there is a significant data imbalance (when the disease is rare), the ROC curve may create an overly optimistic impression of the model's quality. Furthermore, it does not reflect how well the predicted probabilities correspond to the actual incidence of the disease in the population.

ROC curves can also be used to evaluate the performance of multi-class classification models. One of the most common approaches in this context is to distinguish a single category from the rest, as is often the case in differential diagnosis. An alternative method is to use a Receiver Operating Surface, which follows the same principle as the ROC curve.

Modern software tools are used to construct ROC curves, including Python libraries (Scikit-learn, Plotly), as well as specialized software such as MedCalc or XLSTAT, which are widely used in medical research.

The ROC curve is a fundamental tool for evaluating the performance of classification models, providing a comprehensive view of the model's ability to distinguish between classes, allowing for a fair comparison of different algorithms, and helping to select a decision threshold. At the same time, for a comprehensive and practically meaningful assessment of quality, it is advisable to combine it with other analysis methods, especially in cases of data imbalance or errors of varying severity – such as the Precision-Recall (PR) curve, Average Precision, the MCC coefficient, and others.

## REFERENCES

1. Tetiana Torovets. ROC-криві. Оглядова стаття. DOU. URL: <https://dou.ua/forums/topic/33858/>.
2. Davis, J., & Goadrich, M. (2006, June). The relationship between Precision-Recall and ROC curves. In Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning (pp. 233-240).
3. Nahm, F. S. (2022). Receiver operating characteristic curve: overview and practical use for clinicians. Korean journal of anesthesiology, 75(1), 25-36.

## **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

ГІТІС В.Б., БІЛОЗЕРОВА О.В.

(veniamin.gitis@gmail.com)

Донбаська державна машинобудівна академія

*У роботі досліджено можливості застосування методів машинного та глибинного навчання для прогнозування серцево-судинних захворювань на основі медичних даних пацієнтів. Виконано аналіз вхідних ознак, побудовано ансамблеву модель класифікації та багатошарову нейронну мережу, а також проведено порівняльне оцінювання їхньої ефективності. Показано перспективність використання інтелектуальних моделей у задачах підтримки прийняття рішень у медичній практиці.*

Серцево-судинні захворювання залишаються однією з основних причин смертності у світі, тому актуальним є створення інтелектуальних систем раннього прогнозування патологічних станів. Традиційні методи діагностики ґрунтуються на клінічному аналізі багатьох медичних параметрів, однак їх комплексна інтерпретація є складною. У зв'язку з цим методи машинного навчання є доцільними для автоматизованої обробки медичних даних і формування прогнозу щодо стану пацієнта.

Метою роботи є розробка та дослідження моделі прогнозування серцево-судинних захворювань на основі методів машинного та глибинного навчання.

Для цього використано набір даних UCI Heart Disease Data, що містить клінічні характеристики пацієнтів [1]. Задача формалізована як багатокласова класифікація стану пацієнта. До вхідного вектора ознак включено вік, стать, тип болю в грудях, артеріальний тиск, рівень холестерину, результати електрокардіографії, максимальну частоту серцевих скорочень, наявність стенокардії при навантаженні, депресію сегмента ST, кількість основних судин та інші клінічно значущі показники.

На етапі попередньої обробки виконано очищення даних, заповнення пропущених значень, кодування категоріальних ознак та нормалізацію числових параметрів. Додатково враховано нерівномірний розподіл об'єктів за класами, що є важливим для побудови стійкої прогностичної моделі.

Для розв'язання задачі було використано два підходи. Перший підхід базувався на ансамблевому навчанні. Побудовано стекінг-модель, яка поєднує Gradient Boosting та Random Forest, а фінальне рішення формує метакласифікатор на основі логістичної регресії. Такий підхід дозволяє підвищити точність прогнозування та зменшити вплив випадкових похибок у даних. Другий підхід передбачав використання багатошарової нейронної мережі прямого поширення. Модель складається з вхідного шару на 14 ознак, двох прихованих повнозв'язних шарів на 64 та 32 нейрони відповідно і вихідного шару на 5 класів.

Оцінювання якості моделей здійснювалося за допомогою метрик accuracy, precision, recall та F1-score. За результатами експериментів ансамблева модель показала найвищу точність прогнозування – 0,9821, тоді як нейронна мережа продемонструвала точність на рівні близько 0,97 (рис. 1). Отримані результати підтверджують високу ефективність обох підходів, однак ансамблева модель виявилася дещо кращою для використаного набору даних.

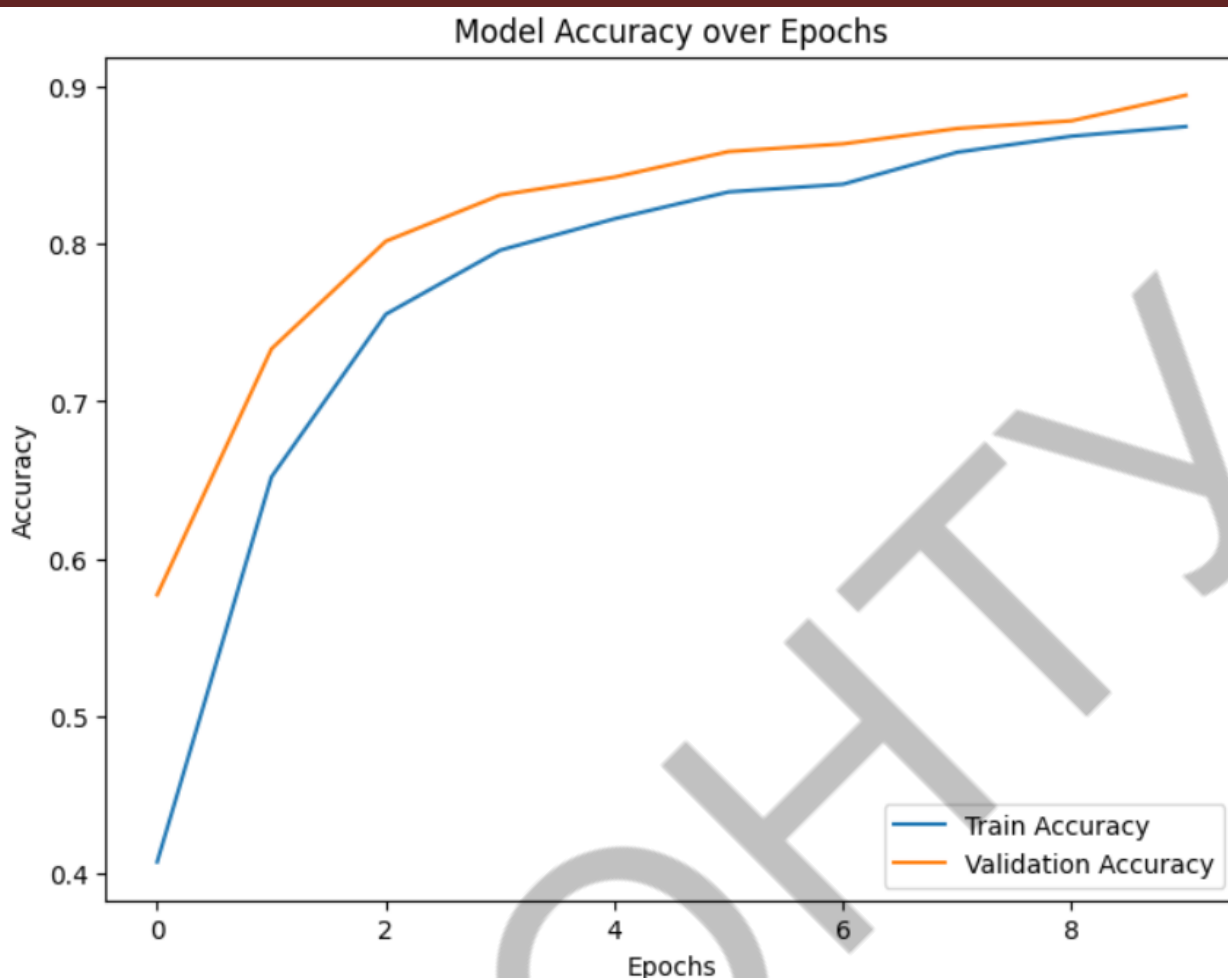


Рисунок 1 – Результати точності на тренувальному та валідаційному наборах даних

Проведене дослідження підтверджує доцільність застосування методів машинного та глибокого навчання для задачі прогнозування серцево-судинних захворювань. Практичне значення роботи полягає у можливості використання розроблених моделей як основи для створення інформаційної системи підтримки прийняття рішень у медичній практиці. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення набору медичних даних, оптимізацію архітектури моделей та підвищення їх інтерпретованості.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Kaggle: UCI Heart Disease Data [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/redwankarimsony/heart-disease-data>.

## **БАР'ЄРИ ТА РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ІТ В УПРАВЛІННІ ЗАКЛАДАМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я**

ПОЛОВ'ЯН Н.С. (n.s.polovyan@dnmu.edu.ua)  
Донецький національний медичний університет

*Цифрова трансформація сучасної системи охорони здоров'я базується на розбудові комплексної інформаційної екосистеми, де електронні медичні записи, МІС та аналітичні платформи Business Intelligence стають фундаментом для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Проте успішна інтеграція цих технологій неможлива без подолання критичних бар'єрів, зокрема проблем інтероперабельності даних, ризиків кібербезпеки та психологічного спротиву персоналу.*

**Постановка проблеми.** обґрунтування підходів до оптимізації управлінських рішень у сфері охорони здоров'я шляхом використання сучасних інформаційних технологій у системі публічного управління та адміністрування.

**Завдання:** провести комплексне дослідження використання ІТ технологій в закладах охорони здоров'я, оцінити потенціал інформаційних технологій як інструменту підвищення ефективності управлінської діяльності.

Сучасна система охорони здоров'я функціонує в умовах зростаючих інформаційних потоків, що зумовлює необхідність використання різних видів інформаційних систем для підтримки управлінських, клінічних та аналітичних процесів. Інформаційні системи в охороні здоров'я забезпечують інтеграцію даних, підвищують ефективність управління та створюють підґрунтя для прийняття обґрунтованих управлінських рішень на всіх рівнях публічного управління.

Залежно від функціонального призначення та рівня використання, у сфері охорони здоров'я доцільно виокремити електронні медичні записи, телемедичні системи, медичні інформаційні системи та системи Business Intelligence [1]. Електронні медичні записи є базовим елементом цифрової інфраструктури охорони здоров'я. Вони являють собою структурований електронний масив даних про стан здоров'я пацієнта, історію хвороб, результати обстежень, призначене лікування та взаємодію з медичними закладами.

Запровадження електронних медичних записів забезпечує: безперервність медичної допомоги; зменшення дублювання обстежень; підвищення точності клінічних рішень; спрощення управлінського та фінансового обліку.

З управлінської точки зору EMR є джерелом достовірних даних для аналізу навантаження на заклади охорони здоров'я, оцінки якості медичних послуг та планування ресурсів. Для державних органів управління електронні медичні записи формують основу національних реєстрів та інформаційних платформ.

Медичні інформаційні системи є комплексними програмними рішеннями, що забезпечують автоматизацію управлінських, клінічних та адміністративних процесів у закладах охорони здоров'я. МІС інтегрують роботу різних підрозділів закладу та забезпечують єдиний інформаційний простір. До основних функцій медичних інформаційних систем належать: управління потоками пацієнтів; облік медичних послуг та медичних втручань; фінансовий та статистичний облік; формування управлінської звітності.

Для керівників закладів охорони здоров'я МІС є інструментом оперативного управління, що дозволяє контролювати ефективність використання ресурсів, навантаження персоналу та дотримання стандартів надання медичної допомоги. На рівні державного управління такі системи сприяють уніфікації даних та покращенню міжвідомчої взаємодії.

Системи Business Intelligence (BI) є аналітичним рівнем інформаційної інфраструктури охорони здоров'я та спрямовані на глибоку обробку великих масивів даних з метою підтримки

стратегічних управлінських рішень [1]. ВІ-системи дозволяють: аналізувати показники діяльності закладів охорони здоров'я; виявляти тенденції та ризики; оцінювати ефективність управлінських рішень; формувати прогнози розвитку системи охорони здоров'я.

Процес оптимізації управлінських рішень через впровадження ІТ стикається з комплексом бар'єрів, які можна класифікувати за походженням: технічні, організаційні, людські та юридичні. Ігнорування цих ризиків на етапі планування призводить до того, що дорогі ІТ-системи стають «цифровим баластом» для закладу.

Технологічні бар'єри та інфраструктурні ризики. Більшість ЗОЗ використовують різні МІС, які часто не мають повної синхронізації між собою. Це створює розрив у передачі даних при переведенні пацієнта або обміні аналітикою [1]. В умовах нестабільного енергопостачання та ризиків відключення зв'язку, повна цифровізація стає вразливим місцем. Відсутність автономних серверів або надійних хмарних бекапів може призвести до паралічу роботи закладу. ЗОЗ є об'єктами критичної інфраструктури. Ризики втручання в роботу систем або витоку персональних даних пацієнтів створюють загрозу не лише репутації, а й національній безпеці.

Організаційні та економічні бар'єри. Окрім початкової закупівлі софту, існують постійні витрати на оновлення ліцензій, технічну підтримку та навчання персоналу. В умовах дефіциту ресурсів це часто стає причиною відмови від інновацій. Темпи розвитку технологій випереджають законодавче регулювання, що створює для керівника юридичну невизначеність при прийнятті рішень.

Людський фактор та соціальний опір. Це чи не найскладніший бар'єр, що напругу підживлює бюрократію. Персонал часто сприймає ІТ як засіб додаткового контролю або як надмірне навантаження. Це призводить до саботажу - формального заповнення даних або внесення недостовірної інформації. Брак кваліфікованих системних адміністраторів та аналітиків у штаті ЗОЗ змушує лікарів виконувати невласливі їм технічні функції, що посилює професійне вигорання.

Бар'єри цифровізації в охороні здоров'я не є нездоланими, проте вони вимагають від менеджера зміни стратегії: від «впровадження технологій» до «управління змінами». Лише через подолання людського опору та забезпечення кіберстійкості ІТ-рішення зможуть реально оптимізувати управлінський цикл, а не стати додатковим джерелом проблем. Використання ІТ у публічному управлінні охороною здоров'я сприяє переходу до управління на основі даних, що є особливо актуальним в умовах реформування та обмежених ресурсів. Такі системи підвищують обґрунтованість управлінських рішень та забезпечують прозорість діяльності органів влади.

**Висновок.** Отже, різні види інформаційних систем в охороні здоров'я виконують взаємодоповнюючі функції та формують єдину цифрову екосистему управління. Їх комплексне використання створює передумови для оптимізації управлінських рішень, підвищення ефективності функціонування системи охорони здоров'я та покращення якості медичних послуг для населення. Для нівелювання розглянутих викликів менеджмент медичних закладів має перейти від простого впровадження софту до стратегічного управління змінами, поєднуючи технічну стійкість хмарних рішень із безперервним розвитком цифрових компетенцій медиків. Лише за умови гармонізації технологічних можливостей та людського фактора цифрові інструменти перестануть бути бюрократичним тягарем, перетворившись на реальний механізм підвищення якості медичної допомоги та прозорості державного управління.

## СПИСОК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Digital Transformation in Healthcare : Methods and Applications / ed. by S. Givas. New York : Springer, 2021. 340 p.

## **ВІРТУАЛЬНІ СИМУЛЯЦІЇ ХІРУРГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ**

РОМАНЮК<sup>1</sup> О.Н., ТІТОВА<sup>2</sup> Н. В. ПАВЛОВ<sup>1</sup> С.В., РОМАНЮК С.О.  
(rom8591@gmail.com)

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет,

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська політехніка»

*Розглянуто віртуальні симуляції операцій як сучасний напрям розвитку інформаційних технологій у медицині, що поєднує комп'ютерну графіку, біомеханічне моделювання, системи віртуальної та доповненої реальності. Проаналізовано технологічні засади створення тривимірних анатомічних моделей, методи фізичного моделювання м'яких тканин і застосування алгоритмів штучного інтелекту для оцінювання професійних навичок хірургів.*

Віртуальне моделювання хірургічних втручань [1-5] сьогодні належить до найбільш прогресивних напрямів розвитку медичних інформаційних технологій, оскільки поєднує інструментарій тривимірної графіки, математичного опису фізичних процесів, алгоритмів штучного інтелекту та засобів віртуальної реальності. Поява сучасних симуляційних платформ стала можливою завдяки удосконаленню методів рендерингу, розвитку інтерактивного 3D-моделювання та впровадженню високопродуктивних графічних процесорів, що забезпечують відтворення складної поведінки біологічних тканин у режимі реального часу. Базові принципи фізично обґрунтованої візуалізації, викладені у фундаментальних працях з комп'ютерної графіки [5], стали теоретичним підґрунтям для створення медичних симуляційних середовищ. У системі підготовки хірургів такі симулятори виконують функцію безпечного тренажера, який дозволяє відпрацьовувати практичні навички, розвивати просторове мислення та формувати клінічне рішення без ризику для пацієнта, що відповідає сучасним вимогам до підвищення якості медичної допомоги.

Одним із важливих елементів симуляцій є створення точних тривимірних моделей органів і тканин на основі даних комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії. Методи сегментації зображень, реконструкції поверхонь і оптимізації полігональних сіток дають змогу формувати деталізовані анатомічні структури з урахуванням індивідуальних особливостей конкретного пацієнта. Вітчизняні дослідження у сфері тривимірної візуалізації підкреслюють важливість зменшення надлишкової геометрії моделей та застосування адаптивних текстурних алгоритмів для досягнення оптимального співвідношення між швидкістю та якістю зображення [5]. Використання багаторівневої деталізації дозволяє раціонально розподіляти обчислювальні ресурси під час активної взаємодії користувача із симуляційним середовищем.

Не менш важливим компонентом є моделювання механічної поведінки м'яких тканин. У практиці застосовують метод кінцевих елементів, масово-пружинні структури та комбіновані підходи, що забезпечують прийнятний баланс між точністю розрахунків і швидкістю обчислень/ Для підвищення реалістичності взаємодії використовуються гаптичні пристрої, які імітують опір тканин при контакті з інструментами. Значний внесок у розвиток таких систем зробили наукові групи провідних університетів США, зокрема Stanford University та Johns Hopkins University, де створено експериментальні комплекси для відпрацювання лапароскопічних навичок/ Клінічні дослідження, проведені у Сполучених Штатах, засвідчують зменшення кількості помилок у лікарів, які проходили навчання із використанням VR-симуляторів.

Подальший розвиток симуляцій пов'язаний із впровадженням алгоритмів машинного навчання. Такі системи аналізують траєкторії рухів, швидкість реакції та послідовність дій користувача, що дає змогу автоматизувати оцінювання практичних навичок і формувати індивідуальні сценарії навчання. Моделі глибинного навчання здатні відтворювати різні

клінічні ситуації, включаючи можливі ускладнення, що підвищує варіативність тренувального процесу/

Перспективним напрямом є інтеграція технологій доповненої реальності, коли реальне операційне поле поєднується з цифровими підказками та навігаційними елементами. Такі рішення впроваджуються у провідних медичних центрах США, зокрема в Mayo Clinic та Cleveland Clinic, де системи AR використовуються під час складних нейрохірургічних втручань. Поєднання віртуального та доповненого середовищ створює поетапну модель підготовки — від повністю цифрового тренування до роботи в операційній.

Економічна доцільність впровадження симуляційних центрів також підтверджується практикою. Хоча розроблення та закупівля обладнання потребують значних інвестицій, у довгостроковій перспективі це сприяє скороченню витрат на навчальні матеріали, оптимізації часу підготовки та зниженню ризиків для пацієнтів.

За результатами досліджень, проведених у медичних установах США, окупність інвестицій у симуляційні технології досягається протягом кількох років. Для українських закладів актуальним залишається питання адаптації таких рішень до наявної матеріально-технічної бази та оптимізації програмних компонентів.

Отже, симуляційні технології у хірургії формують міждисциплінарний напрям, у межах якого поєднуються комп'ютерна графіка, біомеханіка, інтелектуальні алгоритми та освітні методики. Практика провідних медичних центрів свідчить про ефективність використання VR та AR у підготовці фахівців, а результати досліджень у сфері оптимізації графічних процесів створюють передумови для подальшого розвитку національних рішень.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Є. Завальнюк, О. Романюк, Р. Чехмestрук, Н. Тітова, С. Романюк, "Використання тривимірної моделювання для проведення хірургічних операцій," Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики», Вінниця, 7 квітня 2023 р., с. 18–22.

2. О. Н. Романюк, О. І. Черняк, М. Л. Нечипорук, "Адаптивне визначення дифузної та спекулярної складових кольору для рендерингу зображень обличчя при плануванні пластичних операцій," Матеріали I Науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 10–12 березня 2021 р., [Електронний ресурс]. Доступ: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2021/paper/view/12133>

3. С. В. Павлов, О. Н. Романюк, С. О. Романюк, "Морфологічний аналіз зображень обличчя людини для проведення пластичних і реконструктивних операцій," Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту», Вінниця, 13–15 травня 2021 р., [Електронний ресурс]. Доступ: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2021/paper/viewFile/13402>

4. С. О. Романюк, С. В. Павлов, О. Н. Романюк, Н. В. Тітова, "Інтелектуалізовані високопродуктивні системи планування пластичних і реконструктивних операцій на обличчі людини," Міжнародний науково-технічний журнал "Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології", №2 (40), 2020, с. 56–65.

5. О. Н. Романюк, О. В. Романюк, Р. Ю. Чехмestрук, Комп'ютерна графіка, електронний навчальний посібник, Вінниця: ВНТУ, 2023.

## Розділ 9

### 3D моделювання та 3D друк

УДК 004.94:69

#### РОЛЬ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ В РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ БУДІВЕЛЬ

ГАЙДАЙЧУК А.Ю., БОЛТАЧ С.В.

(2004ndrew2004@gmail.com, boltach.svetlana@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*В тезах розглядається впровадження тривимірного моделювання та технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) в архітектурну практику за життєвим циклом об'єкту. Приведено етапи від ідеї до цифрового прототипу. Висвітлюється роль 3D-візуалізації у маркетинговій комунікації та управлінні. Проаналізовано переваги цифрових інструментів для підвищення точності проєктних рішень та економічної ефективності будівництва. Визначено перспективи інтеграції штучного інтелекту в галузі.*

Розвиток архітектурно-будівельної галузі вже протягом певного часу характеризується своєю цифровізацією. Сучасні системи автоматизованого проєктування (CAD) та інформаційне моделювання будівель (BIM) стають базовими інструментами створення об'єктів. Двовимірне проєктування здебільшого не дозволяє наочно виявити просторові конфлікти між архітектурними елементами та інженерними мережами. Ця проблема призводить до значних фінансових втрат на стадії будівництва. У зв'язку з цим виникає необхідність формування чіткої послідовності використання 3D-технологій протягом усього життєвого циклу об'єкта [1][2].

В дослідженні вирішуються наступні задачі:

- систематизовано етапи життєвого циклу проєкту в середовищі BIM [3];
- проаналізовано роль 3D-візуалізації та технологій VR/AR у маркетинговій комунікації;
- досліджено вплив 3D-моделювання на точність кошторисів і координацію інженерних систем [4].

Реалізація проєкту починається з формування концепції. На цьому етапі параметричне 3D-моделювання дозволяє архітекторам швидко перевіряти різні варіанти дизайну з урахуванням енергоефективності, вартості та естетичних характеристик ще до початку детального проєктування [2, С.20-25].

Далі модель доповнюється даними і таким чином стає єдиною інформаційною моделлю об'єкта. Кожному елементу задаються фізичні та функціональні характеристики відповідно до формату Industry Foundation Classes (IFC) [2, С.100-101]. Використання багатовимірних моделей (4D – час, 5D – вартість) дозволяє автоматично формувати відомості матеріалів і точно планувати виконання робіт, що зменшує перевитрати бюджету на 29–33% [5].

Після цього цифрова модель використовується як інструмент презентації та перемовин. Завдяки технологіям віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності замовник отримує наочне уявлення про майбутній об'єкт, що підвищує рівень довіри та спрощує погодження

рішень. На етапі будівництва 3D-технології забезпечують автоматичне виявлення колізій (clash detection), що дозволяє уникнути 10–20% витрат на виправлення помилок [6].

Після завершення будівництва модель трансформується у «цифровий двійник» (Digital Twin). Завдяки сенсорам Internet of Things (IoT) отримуються дані про стан будівлі в реальному часі. Це дозволяє виконувати прогнозне обслуговування, зменшувати енергоспоживання та ефективно керувати об'єктом протягом усього життєвого циклу. Таким чином, 3D-моделювання забезпечує перехід від окремих етапів проєктування до єдиного цифрового середовища. У перспективі важливу роль відіграватиме штучний інтелект (AI). Серед можливостей його використання можна зазначити:

- збір інформації, робота з великим обсягом даних;
- аналіз місцевості (рельєф, клімат);
- варіації будівлі з урахуванням параметрів, вже реалізовано за допомогою Autodesk Generative Design;
- допомога з розрахунками;
- автоматизація з проєктною документацією;
- оптимізація робіт по проєктуванню та моделюванню.
- автоматизація аналізу моделі та перевірка їх на відповідність будівельним нормам [6].

Використанням 3D-технологій в проєктах забезпечує перехід від лінійного проєктування до циклічного інформаційного менеджменту. Кожна фаза генерує корисні дані для наступних етапів. Впровадження BIM-технологій дозволяє не лише створювати візуально складні архітектурні форми, а й гарантує їхню економічну життєздатність та сталість. Попри високі початкові витрати на програмне забезпечення та навчання персоналу, окупність інвестицій досягається завдяки зниженню ризиків та підвищенню якості експлуатації активу. Як висновок, можна зазначити, що використання 3D-технологій ефективно і є основою інтегрованого управління будівельними проєктами.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] О. Бондаренко та А. Пекер, «Інформаційні технології в архітектурі як інструмент підвищення енергоефективності та ресурсозбереження», у Матер. Міжнар. наук.-практ. конф. "Build Master Class 2025", Київ: КНУБА, 2025, с. 53–54.
- [2] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.
- [3] «BIM в Україні: цифрова трансформація галузі», Українська Асоціація Девелоперів, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.ua-developers.com.ua/en/posts/bim-v-ukrayini-cifrova-transformaciya-galuzi>.
- [4] «BIM Trends 2026: Evolving Design, Construction, and Skills», BibLus - ACCA software, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-trends-2026-evolving-design-construction-and-skills/>.
- [5] «Top BIM Trends in 2026 Every Construction Company Should Know», Optimar, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://optimarprecon.com/top-bim-trends/>.
- [6] «20 Best BIM Software in 2026: Complete Guide & Comparison», ConstructionPlacements, 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://www.constructionplacements.com/bim-software/>.

## ТОПОЛОГІЯ 3D-МОДЕЛЕЙ: ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ ВІДТВОРЕННЯ

КОТЛИК С.В., КІРІЄНКО О.О.

(sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

***Анотація.** У роботі представлено результати комплексного дослідження впливу топології 3D-моделей на швидкість рендерингу в ігровому рушії та якість їх фізичного відтворення за допомогою технологій 3D-друку. Актуальність теми зумовлена необхідністю поєднання вимог двох різних підходів до використання тривимірних моделей — оптимізації продуктивності в середовищах реального часу та забезпечення високої геометричної точності у процесах адитивного виробництва. У ході дослідження було створено набір 3D-моделей із різною топологічною структурою, що відрізнялися рівнем полігональності, типом сітки та наявністю топологічних дефектів. Проведено експериментальне оцінювання продуктивності рендерингу в ігровому рушії та якості 3D-друку виготовлених моделей за низкою критеріїв, зокрема швидкодією, точністю відтворення геометрії, якістю поверхні та стабільністю процесу друку. Встановлено залежності між характеристиками топології та ефективністю використання моделей у різних середовищах. Виявлено компромісну область, у межах якої забезпечується баланс між продуктивністю рендерингу та якістю фізичного відтворення.*

Дослідження впливу топології 3D-моделей на швидкість рендерингу в ігровому рушії та якість 3D-друку є актуальним напрямом сучасних комп'ютерних наук, що знаходиться на перетині комп'ютерної графіки, інженерного моделювання та адитивних технологій. У процесі виконання даної роботи було здійснено комплексне дослідження, спрямоване на виявлення закономірностей між структурою геометричної сітки 3D-об'єктів та їх поведінкою у двох різних середовищах - цифровому (ігровий рушії) та фізичному (3D-друк). Особливістю дослідження стало те, що ці два напрями розглядалися не ізольовано, як це традиційно відбувається, а у взаємозв'язку, що дозволило отримати більш глибоке розуміння впливу топологічних характеристик на ефективність використання моделей.

У ході роботи було встановлено, що у сфері розробки ігрових застосунків пріоритет надається зменшенню кількості полігонів та оптимізації геометрії моделей з метою підвищення продуктивності рендерингу. Водночас у сфері 3D-друку ключовим фактором є геометрична точність та цілісність моделі, що, як правило, потребує більш високої деталізації та коректної топології. Саме ця суперечність стала основою для постановки задачі дослідження, у межах якої було здійснено спробу визначити баланс між вимогами двох підходів.

Експериментальна частина роботи базувалася на створенні базової 3D-моделі, яка слугувала еталоном для подальших модифікацій. На її основі було сформовано кілька варіантів моделей із різною топологічною структурою. Зокрема, були реалізовані варіанти з високою, середньою та низькою полігональністю, а також моделі з різними типами сітки, включаючи трикутну та квадратну структури. Окрему групу становили моделі з навмисно внесеними топологічними дефектами, такими як неорієнтовані нормалі, отвори в сітці, самоперетини та некоректні ребра. Такий підхід дозволив сформулювати повноцінну експериментальну вибірку, придатну для порівняльного аналізу.

Для оцінювання впливу топології на швидкість рендерингу моделі було імпортовано в ігрове середовище, де проводилося вимірювання продуктивності з використанням стандартних інструментів профілювання. Аналіз включав визначення частоти кадрів, часу рендерингу сцени та навантаження на графічний процесор. Було встановлено, що зі зростанням кількості полігонів спостерігається закономірне зниження продуктивності, однак цей вплив не є лінійним. Зокрема, моделі із впорядкованою топологією демонстрували кращі результати навіть за однакової кількості полігонів, що свідчить про важливість не лише кількісних, але й якісних характеристик сітки.

Паралельно здійснювалося дослідження поведінки тих самих моделей у процесі підготовки до 3D-друку та їх фізичного виготовлення. На цьому етапі оцінювалися такі параметри, як коректність нарізки (slicing), стабільність процесу друку, точність відтворення геометрії, якість поверхні та витрати матеріалу. Було встановлено, що моделі з низькою полігональністю, хоча й демонструють високу продуктивність у рендерингу, часто призводять до появи видимих граней, втрати плавності поверхонь та зниження точності деталей при друці. У свою чергу, надмірно деталізовані моделі створюють труднощі на етапі підготовки до друку, збільшують час обробки та можуть викликати нестабільність процесу.

Особливу увагу в дослідженні було приділено впливу топологічних дефектів на обидва процеси. Виявлено, що навіть незначні порушення структури сітки можуть призводити до критичних помилок як у рендерингу, так і під час 3D-друку. Зокрема, дефекти типу «дір» або самоперетинів можуть бути частково непомітними у візуалізації, але спричинити серйозні проблеми при побудові шарів під час друку. Це підкреслює необхідність ретельної перевірки топології моделей перед їх використанням у практичних задачах.

У результаті проведеного дослідження було встановлено існування так званої компромісної області, у межах якої модель зберігає достатній рівень деталізації для якісного 3D-друку та водночас не створює надмірного навантаження під час рендерингу. Було визначено, що оптимальні результати досягаються при використанні моделей із середнім рівнем полігональності та впорядкованою топологією без дефектів. Саме такі моделі демонструють найкраще співвідношення між якістю та продуктивністю.

На основі отриманих результатів було сформульовано практичні рекомендації щодо оптимізації 3D-моделей для подвійного використання. Зокрема, доцільним є застосування методів ретопології, адаптивного зниження деталізації, а також автоматизованих інструментів перевірки геометрії. Запропоновано підхід, за якого модель створюється з орієнтацією на максимальну якість, після чого оптимізується під конкретні задачі рендерингу або друку з урахуванням вимог середовища.

Таким чином, виконане дослідження дозволило не лише підтвердити наявність суперечності між вимогами ігрової графіки та адитивного виробництва, але й показати можливість її часткового подолання шляхом оптимізації топології 3D-моделей. Отримані результати мають як теоретичну, так і практичну цінність і можуть бути використані при розробці ігрових застосунків, створенні цифрових прототипів та впровадженні технологій 3D-друку.

У цілому робота демонструє, що ефективне використання 3D-моделей у сучасних умовах потребує комплексного підходу, який враховує як особливості цифрового середовища, так і вимоги фізичного виробництва. Це відкриває перспективи для подальших досліджень у напрямі автоматизації аналізу топології, створення інтелектуальних систем оптимізації моделей та інтеграції процесів 3D-моделювання з технологіями штучного інтелекту.

## **ЦИФРОВА РЕКОНСТРУКЦІЯ АРХІТЕКТУРНИХ ДЕКОРАТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МІСТА ОДЕСИ ЗАСОБАМИ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗБЕРЕЖЕННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ**

КОТЛИК С.В., СОКОЛОВА О.П., СТОЛЯР В.О.

(sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

***Анотація.** У роботі розглядається проблема поступового зникнення архітектурних декоративних елементів історичних будівель міста Одеси та обґрунтовується доцільність використання сучасних технологій 3D-моделювання для їх збереження та реконструкції. Запропоновано комплексний підхід до створення цифрових моделей архітектурних деталей, який поєднує інструменти художнього моделювання, інженерного проектування та текстурування. Методика базується на використанні історичних джерел, фотоматеріалів та сучасного програмного забезпечення, що дозволяє відтворювати навіть частково втрачені або сильно пошкоджені елементи. Результати дослідження демонструють ефективність застосування комбінованого підходу та відкривають перспективи для формування цифрового середовища збереження історичних об'єктів.*

**Вступ.** Одеса завжди була містом, де архітектура — це не просто будівлі, а мова. Мова деталей. Карнизи, маскарони, барельєфи, ліпнина — усе це створює той самий “одеський характер”, який неможливо переплутати ні з чим іншим. Але є одна проблема: ця мова поступово стирається. Час, клімат, відсутність належного догляду та іноді банальна байдужість призводять до того, що декоративні елементи фасадів руйнуються або зникають повністю. І тут виникає парадокс: ми живемо у світі, де можемо моделювати цілі всесвіти, але не завжди встигаємо зберегти власний під'їзд.

Саме тому питання цифрової реконструкції архітектурних елементів набуває особливої актуальності. Якщо фізичний об'єкт руйнується — його можна зберегти хоча б у цифровому вигляді. А інколи навіть більше: відновити таким, яким він був сто років тому.

У цій роботі розглядається підхід до створення 3D моделей архітектурних декоративних елементів Одеси, заснований на методиці, адаптований до реальних умов міського середовища та задач цифрового збереження спадщини.

**Постановка задачі.** Проблема збереження архітектурної спадщини давно перебуває у фокусі наукових досліджень. Традиційні методи реставрації базуються на фізичному відновленні об'єктів із використанням матеріалів, максимально наближених до оригінальних. Проте такі підходи мають обмеження: висока вартість, складність виконання, а іноді й неможливість відновлення через критичний стан об'єкта.

Сучасні дослідження демонструють зростаючий інтерес до цифрових методів реконструкції. Зокрема, широко використовуються фотограмметрія, лазерне сканування та тривимірне моделювання. Ці технології дозволяють створювати точні цифрові копії об'єктів, які можуть використовуватися як для наукових досліджень, так і для практичної реставрації.

Проте існуючі підходи мають свої недоліки. Фотограмметрія ефективна лише за наявності достатньої кількості якісних зображень. Лазерне сканування потребує дорогого обладнання та доступу до об'єкта. У випадку сильно пошкоджених або частково втрачених елементів ці методи не дозволяють відновити первісний вигляд.

У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці методики, яка б поєднувала точність цифрових технологій із гнучкістю художньої реконструкції. Такий підхід має враховувати не лише геометричні характеристики об'єкта, але й його стилістичні особливості. Отже, постановка задачі полягає у створенні універсальної методики цифрової реконструкції архітектурних декоративних елементів, яка дозволяє: відтворювати пошкоджені або втрачені

деталі; забезпечувати баланс між точністю та художньою достовірністю; використовувати доступні інструменти без необхідності складного обладнання; формувати цифрові архіви архітектурної спадщини.

**Методи і матеріали досліджень.** Методологічною основою дослідження є комплексний підхід до створення 3D моделей, який поєднує декілька етапів: збір даних, моделювання, інтеграція та візуалізація.

На першому етапі здійснюється збір інформації. Використовуються фотографії об'єктів, архівні матеріали, історичні зображення та аналогічні архітектурні елементи. У випадках, коли об'єкт частково втрачений, проводиться аналіз стилістичних особливостей відповідного історичного періоду.

Другий етап передбачає створення базової геометрії. Для цього використовується середовище SolidWorks, яке дозволяє забезпечити точність пропорцій і конструктивних елементів. Це особливо важливо для відтворення симетричних структур і повторюваних деталей.

На третьому етапі здійснюється художнє доопрацювання моделей у середовищі ZBrush. Саме тут модель “оживає”: додаються нерівності, текстура, мікродеталі, які роблять об'єкт реалістичним. Якщо сказати просто — це момент, коли з “креслення” виходить “архітектура”. Далі моделі імпортуються у Blender, де відбувається їх об'єднання в єдину сцену. Тут же налаштовується освітлення, композиція та загальна структура об'єкта.

Завершальний етап — текстурування та візуалізація у Substance Painter. Це дозволяє відтворити матеріали, кольори та ефекти старіння, що додає моделі історичної правдоподібності. Okремо варто зазначити використання інструментів штучного інтелекту. Вони застосовуються для створення попередніх варіантів моделей або реконструкції відсутніх фрагментів. Проте фінальна модель завжди проходить ручну корекцію, оскільки саме людина відповідає за історичну достовірність.

**Результати досліджень.** У результаті проведеного дослідження було розроблено та апробовано методику створення 3D моделей архітектурних декоративних елементів, адаптовану до умов міста Одеси. Було змодельовано ряд типових елементів, характерних для одеської забудови: декоративні карнизи, барельєфи, елементи ліпнини. У процесі роботи підтверджено, що навіть за відсутності повної інформації про об'єкт можливо відтворити його первісний вигляд на основі аналізу аналогів та історичних джерел.

Отримані моделі відзначаються високим рівнем деталізації та можуть використовуватися як у цифровому середовищі, так і для фізичного відтворення за допомогою 3D-друку. Це відкриває можливість використання результатів у реальних реставраційних проєктах.

Крім того, було сформовано підхід до створення цифрових архівів архітектурних елементів. Такий архів дозволяє зберігати інформацію про об'єкти незалежно від їх фізичного стану. Фактично, мова йде про створення “резервної копії” міста. Практичні результати дослідження демонструють, що використання комбінованої методики значно підвищує ефективність реконструкції.

**Висновки.** Проведене дослідження підтверджує, що цифрові технології можуть відігравати ключову роль у збереженні архітектурної спадщини. Використання 3D-моделювання дозволяє не лише фіксувати стан об'єктів, але й відновлювати їх первісний вигляд.

Запропонована методика забезпечує ефективне поєднання технічної точності та художньої реконструкції, що є критично важливим для роботи з історичними об'єктами. Вона не потребує складного обладнання та може бути застосована в умовах обмеженого доступу до об'єктів.

Практична цінність роботи полягає у можливості створення цифрових архівів, використання моделей у реставрації, освіті та культурних проєктах. У перспективі це дозволяє сформулювати новий підхід до збереження міського середовища.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РЕАЛІЗАЦІЇ 3D ВЕРСІЇ ПЛАТФОРМЕРНОЇ ГРИ У ІГРОВОМУ РУШІЇ UNITY**

ПАША Д.О., ЛОМОВЦЕВ П.Б., БОЛТАЧ С.В.

(pashadasha2016@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*Розглядаються підходи до створення тривимірних ігор у жанрі платформер з використанням ігрового рушія Unity. Розглядаються ключові технології розробки, зокрема формування ігрового простору, організація взаємодії об'єктів, реалізація керування персонажем та забезпечення коректної роботи фізики у 3D-середовищі*

Еволюція тривимірних технологій у 1990-х роках кардинально змінила архітектуру відеоігор. Нові методи візуалізації зробили середовище динамічнішим, що дало гравцям змогу по-справжньому взаємодіяти з об'ємом, а не лише з площиною. Це особливо перетворило жанр платформерів: ігровий процес ускладнився, з'явився багатошаровий дизайн рівнів, а механіки переміщення героїв набули нової глибини [1].

Жанр платформерів існує вже багато років і за цей час зазнав значної еволюції. З переходом до тривимірного простору сформувався новий тип платформерів, які відзначаються більш складною структурою та розширеними можливостями геймплею порівняно з двовимірними варіантами. У таких іграх гравець взаємодіє з об'ємним середовищем, досліджує великі локації та виконує різноманітні завдання [2].

На відміну від класичних платформерів, тривимірні проекти часто включають елементи дослідження відкритого світу, збір предметів, а також вирішення просторових головоломок. Важливу роль відіграє камера та навігація у просторі, що безпосередньо впливає на складність і зручність ігрового процесу. Це дозволяє створювати більш різноманітний, глибокий і захоплюючий досвід для гравця [2].

Для реалізації таких проектів може використовуватися середовище Unity, яке забезпечує необхідні інструменти для роботи з тривимірною графікою. У середовищі рушія здійснюється створення сцен, налаштування освітлення, застосування матеріалів та обробка фізичних взаємодій. Завдяки компонентній архітектурі розробник має змогу гнучко керувати поведінкою об'єктів, комбінуючи різні функціональні елементи [3].

Формування ігрового рівня у Unity виконується за допомогою базових об'єктів та вбудованих інструментів моделювання, що дозволяє створювати структуру рівня без залучення сторонніх засобів. У процесі розробки визначаються ключові зони взаємодії, розміщуються платформи, перешкоди та допоміжні елементи, що формують логіку проходження рівня.

Реалізація керування персонажем здійснюється шляхом використання фізичних компонентів та програмної логіки. Обробка руху, стрибків і зіткнень відбувається через поєднання Rigidbody, Collider та скриптів на мові C#. Окремо налаштовується система камери, яка забезпечує зручне відображення ігрового процесу та адаптується до переміщення персонажа [4].

Значна увага приділяється організації взаємодії між об'єктами. Використання тригерів і колізій дозволяє реалізувати різноманітні події, включаючи активацію механізмів, зміну станів об'єктів або завершення рівня. Такий підхід забезпечує динамічність ігрового процесу та підвищує його інтерактивність.

У результаті дослідження встановлено, що використання середовища Unity дозволяє ефективно реалізувати 3D платформу завдяки поєднанню інструментів для роботи з графікою, фізикою та програмною логікою. Отримані висновки можуть бути застосовані при створенні власних ігрових проєктів у тривимірному середовищі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1]Еволюція жанрів комп'ютерних ігор: від аркад до VR-ігор. – URL: <https://mindscope.biz.ua/mandrivka-v-chasi-evolyucziya-zhanriv-kompyuternyh-igor/>
- [2]Що таке ігри-платформери - Acer Corner. Acer Corner. URL: <http://blog.acer.com/ua/discussion/3083/scho-take-igri-platformeri>
- [3]Движок unity: основи роботи, 3D і 2D розробка, скриптинг. FoxmindEd. URL: <https://foxminded.ua/dvyzhok-unity/>
- [4]Компоненти 3D GameObjects. Курс Unity для митців (6-7 уроки) (форум GameDev DOU). – URL: <https://gamedev.dou.ua/forums/topic/38332/>

УДК 004.738:004.4'2

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ НЕФОТОРЕАЛІСТИЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У СЕРЕДОВИЩІ BLENDER: ФОРМУВАННЯ НАБОРУ ТЕСТОВИХ СЦЕН

РОМАНЕНКО К.Є., ЛОМОВЦЕВ П.Б., БОЛТАЧ С.В.  
(smalldragonket@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У роботі розглядається проблема оцінювання методів нефотореалістичної візуалізації (NPR). Через відсутність універсальних benchmark-сцен для аналізу стилізації пропонується сформуванню набір тестових сцен для дослідження NPR у середовищі Blender. Запропоновано критерії формування таких сцен: геометрична складність, глибина сцени, перекриття об'єктів, динаміка, загальна складність та тип форми. Використання набору тестових сцен дозволяє системно оцінювати поведінку стилізації в різних умовах та порівнювати різні NPR-методи.*

Нефотореалістична візуалізація (NPR) є напрямом комп'ютерної графіки, метою якого є створення стилізованих зображень, що імітують різні художні техніки (малюнок, штрихування, гравюру, живопис тощо) [1]. На відміну від фотореалістичного рендерингу, де основна задача – максимально точно відтворити реальне освітлення і матеріали, у NPR важливішими є стилізація, виразність і читабельність форми.

Для оцінки методів нефотореалістичної візуалізації важливо аналізувати, як стилізація поводить себе у різних умовах сцени: при зміні освітлення, глибини кадру, геометрії об'єктів або під час анімації. Тому у дослідженнях комп'ютерної графіки часто використовують спеціальні тестові сцени (benchmark scenes), які дозволяють порівнювати різні алгоритми в однакових умовах [2].

Водночас у сфері NPR наразі не існує чітко стандартизованого набору тестових сцен для загальної оцінки методів стилізації. Наприклад, у роботі Portrait Style Transfer Benchmark for Non-Photorealistic Rendering було запропоновано бенчмарк для оцінювання стилізації портретів, однак автори зазначають, що універсальних benchmark-сцен для NPR все ще не існує [3].

У зв'язку з цим у даній роботі пропонується сформувати власний набір тестових сцен для дослідження методів нефотореалістичної візуалізації у середовищі Blender. Такі сцени повинні відображати різні ситуації, у яких може застосовуватись стилізація, та дозволяти оцінювати її поведінку в різних умовах.

Як критерії формування тестових сцен пропонується використати кілька параметрів, які можуть суттєво впливати на результат стилізації.

Першим критерієм є геометрична складність, тобто кількість полігонів і рівень деталізації моделей. При збільшенні полігональності зростає кількість можливих контурів і поверхневих особливостей, що може призводити до перевантаження зображення лініями або штрихами. Тому доцільно тестувати методи NPR як на простих моделях, так і на деталізованих.

Другим критерієм є глибина сцени, тобто розташування об'єктів на різній відстані від камери. Це дозволяє перевірити, як стилізація поводить себе при зміні масштабу об'єктів у кадрі та чи зберігається читабельність контурів у сценах з переднім і заднім планом.

Третім критерієм є перекриття об'єктів. У сценах, де об'єкти перекривають один одного, формуються так звані контури оклюзії – межі між видимими і прихованими поверхнями. Для багатьох NPR-методів коректне відображення таких контурів є важливим для передачі форми і просторових відношень між об'єктами.

Ще одним критерієм є динаміка сцени, тобто наявність анімації (рух об'єктів або камери). У цьому випадку важливо оцінити стабільність стилізації між кадрами, оскільки деякі методи можуть створювати мерехтіння або нестабільні штрихи під час руху.

Окремо враховується загальна складність сцени, яка визначається кількістю об'єктів і їх взаємодією. У складних сценах може виникати перевантаження зображення стилізованими елементами або зниження продуктивності рендерингу.

Також важливим є тип форми – зокрема відмінність між жорсткими технічними формами (hard-surface) та органічними формами. Органічні об'єкти мають плавні поверхні та складні силуети, що може по-різному впливати на роботу алгоритмів генерації контурів.

Таким чином, запропонований набір критеріїв дозволяє сформувати репрезентативний набір тестових сцен для дослідження методів нефотореалістичної візуалізації. Використання таких сцен у середовищі Blender дає змогу системно порівнювати різні техніки NPR і аналізувати їхню поведінку в різних умовах.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Non-photorealistic rendering // Wikipedia: [Веб-сайт]. 2025. URL: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Non-photorealistic\\_rendering&oldid=1320522396](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Non-photorealistic_rendering&oldid=1320522396) (дата звернення: 14.03.2026).

[2] Karazija L., Laina I., Rupperecht C. ArXiv // ClevrTex: A Texture-Rich Benchmark for Unsupervised Multi-Object Segmentation. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.10265> (дата звернення: 14.03.2026).

[3] NPRportrait 1.0: A three-level benchmark for non-photorealistic rendering of portraits / Rosin P. та ін. // Computational Visual Media. 2022. № 8. С. 445-465.

## **МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО РЕАЛІЗМУ У ТРИВИМІРНИХ СЦЕНАХ БЕЗ ЗБІЛЬШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОЛІГОНІВ**

РОМАНЮК О.Н.<sup>1</sup>, МАЙДАНЮК В.П.<sup>1</sup>, РОМАНЮКС.О.<sup>2</sup>, НОВОСЕЛЬЦЕВ О.О.<sup>1</sup>  
(rom8591@gmail.com)

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет,

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська політехніка»

*Розглянуто сучасні методи створення візуального реалізму у тривимірних сценах без збільшення кількості полігонів. Особливу увагу приділено рельєфному та паралаксовому текстуруванню, а також оптимізації шейдерів для рендерингу в реальному часі.*

Досягнення високого рівня реалізму у тривимірних сценах традиційно пов'язують зі збільшенням кількості полігонів, що призводить до зростання обчислювальних витрат, підвищення вимог до відеопам'яті та зменшення частоти кадрів під час інтерактивного відтворення [1], [5]. Історично підвищення геометричної складності було основним шляхом деталізації моделей, однак із розвитком інтерактивних систем, зокрема комп'ютерних ігор, тренажерів та VR/AR застосунків, стало очевидно, що такий підхід є обмеженим через апаратні ресурси. Саме тому сучасні методи комп'ютерної графіки орієнтуються на створення візуальної складності за рахунок текстурних та шейдерних технологій без фізичного ускладнення сітки об'єкта. Це дозволяє зберігати баланс між якістю зображення та швидкістю рендерингу, що є критично важливим для систем реального часу [2], [6].

Найпоширенішими підходами до підвищення візуального реалізму без збільшення кількості полігонів є рельєфне текстурування (Bump mapping), нормал-маппінг (Normal mapping) та паралаксне текстурування (Parallax mapping) [2], [4]. Рельєфне текстурування створює ілюзію складного рельєфу поверхні шляхом модифікації векторів нормалей у процесі освітлення, не змінюючи при цьому реальної геометрії об'єкта. Класичний Bump mapping використовує карту висот, що зберігає інформацію про відносну висоту мікронерівностей поверхні. На основі цієї карти обчислюються похідні функції висоти, які впливають на нормаль у кожній точці поверхні. Такий підхід дозволяє значно економити ресурси системи, оскільки замість додавання нових полігонів виконується лише додаткова обробка в шейдері [2], [3].

Normal mapping є більш точним та універсальним методом. Замість зберігання висоти використовується карта нормалей, у якій кожен піксель кодує напрямок нормалі у просторі тангенсів. Це забезпечує більш коректну взаємодію зі складними моделями освітлення, зокрема з використанням фізично коректного рендерингу (PBR). Нормал-мапи часто генеруються на основі високополігональної моделі та переносяться на низькополігональну сітку, що дозволяє зберегти деталізацію оригіналу без збільшення кількості полігонів [3], [6]. Такий підхід активно використовується у сучасних ігрових рушіях, оскільки забезпечує високу якість відображення при помірних апаратних витратах.

Паралаксне текстурування створює більш виражений ефект глибини. Використовуючи карту висот, метод обчислює зміщення текстурних координат залежно від кута огляду, що дозволяє імітувати самоперекриття мікродеталей поверхні. На відміну від звичайного нормал-маппінгу, паралаксне текстурування враховує напрямок погляду спостерігача, завдяки чому виникає ілюзія об'ємності та реальної глибини структури матеріалу [2], [4]. Подальшим розвитком є Parallax Occlusion Mapping, який передбачає ітераційний пошук точки перетину променя з поверхнею, описаною картою висот. Це дозволяє досягти ще більш реалістичного ефекту, зокрема для поверхонь типу цегляної кладки, кам'яної плитки або гравіювання.

Важливим аспектом створення реалізму є також оптимізація шейдерних програм. Оскільки всі перелічені методи реалізуються на рівні фрагментних або вершинних шейдерів,

їх ефективність безпосередньо впливає на продуктивність графічного процесора. Зменшення кількості текстурних вибірок, уникнення складних умовних конструкцій, використання попередньо обчислених значень і табличних апроксимацій дозволяють суттєво знизити навантаження на GPU [5], [6]. Крім того, сучасні графічні API підтримують механізми оптимізації, такі як раннє відсікання фрагментів, апаратна тесселяція та обчислювальні шейдери, що дозволяє раціонально розподіляти ресурси.

Техніки рівня деталізації (LOD) відіграють ключову роль у збереженні продуктивності. Вони дозволяють динамічно змінювати якість геометрії або текстур залежно від відстані до камери. Поєднання LOD з нормал-мапами та паралаксними картами забезпечує стабільну частоту кадрів навіть у великих відкритих сценах [5], [6]. Додатково застосовується стиснення текстур із використанням сучасних форматів.

Для підсилення ефекту реалізму широко використовуються методи екранного простору, зокрема ambient occlusion та screen-space reflections. Ambient occlusion моделює затінення у важкодоступних для світла ділянках, що створює враження глибини та контактної тіні. Screen-space reflections дозволяє імітувати відбиття на поверхнях без трасування променів, що значно економить ресурси [2], [4]. Поєднання цих методів із нормал-маппінгом та паралаксними техніками формує комплексний підхід до створення реалістичних сцен.

Окрему роль відіграє фізично коректне освітлення. Використання моделей BRDF та PBR-матеріалів дозволяє більш точно передавати властивості матеріалів, такі як шорсткість, металевість і відбивна здатність. У поєднанні з картами нормалей і висот це забезпечує правдоподібне відтворення мікроструктури поверхні без необхідності ускладнення геометрії [6], [7].

Таким чином, сучасні методи створення візуального реалізму базуються на комплексному використанні текстурних технологій, шейдерних алгоритмів та оптимізаційних підходів. Це робить такі технології ефективними для застосування у комп'ютерних іграх, навчальних системах, інженерних симуляторах та науковій візуалізації.

[1] Романюк О.Н., Романюк О.В., Чехмestрук Р.Ю., *Комп'ютерна графіка*, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, 2023. [Електронне навчальне видання]. Available: pdf.lib.vntu.edu.ua

[2] Романюк О.Н., Новосельцев О.О., “Динамічне рельєфне текстурування,” *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, 2025. [Електронний ресурс]. Available: ir.lib.vntu.edu.ua

[3] Романюк О.Н., Романюк О.В., *Бази даних для задач текстурування тривимірних зображень*, Вінницький національний технічний університет, 2025. [Електронний ресурс]. Available: ir.lib.vntu.edu.ua

[4] Романюк О.Н., Захарчук М.Д., Новосельцев О.О., Котлик С.В., *Використання рельєфного текстурування в комп'ютерних іграх*, Вінницький національний технічний університет, 2025. [Електронний ресурс]. Available: ir.lib.vntu.edu.ua

[5] Романюк О.Н., Майданюк В.П., Новосельцев О.О., *Реалізація рельєфного текстурування на графічних процесорах*, Вінницький національний технічний університет, 2025. [Електронний ресурс]. Available: ir.lib.vntu.edu.ua

[6] Романюк О.Н., Майданюк В.П., Новосельцев О.О., “Класифікація методів рельєфного текстурування для високореалістичного рендерингу,” *Наукові праці ВНТУ*, т. 3, вер. 2025, с. 101–111, doi: 10.31649/2307-5376-2025-3-101-111. Available: praci.vntu.edu.ua

[7] Романюк О.Н., Дудник О.О., *Метод перспективно-коректного текстурування*, Вінницький національний технічний університет, 2021. [Електронний ресурс]. Available: ir.lib.vntu.edu.ua

[8] Романюк О.Н., *Комп'ютерна графіка* (навчальний посібник), Вінницький національний технічний університет, 1999. [Електронне видання]. Available: ir.lib.vntu.edu.ua

## **ПАРАМЕТРИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ ВИРОБІВ В АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

ШИБ МИКОЛА

(mykola.shyb.av.2022@lpnu.ua)

Інститут поліграфії та медійних технологій  
Національного університету «Львівська політехніка»

*Проведено аналіз технологічних особливостей адитивного виробництва конструкцій з композитних матеріалів. Здійснено логічне структурування взаємозв'язків між реологічними характеристиками суміші та динамічними параметрами екструзії, що дозволило інтегрувати їх у єдину послідовність керування процесом формування шарів. Розроблено алгоритм керування параметрами процесу формування 3D-виробу у системі адитивного виробництва для автоматизованого контролю та моніторингу композитних матеріалів.*

**Постановка проблеми та актуальність.** Сучасний розвиток виробничих технологій у будівництві та суміжних галузях зумовлений необхідністю підвищення ефективності використання матеріалів, скорочення тривалості виготовлення виробів і забезпечення гнучкості технологічних процесів [1]. Традиційні методи формування конструкцій і деталей пов'язані з обмеженнями щодо складності геометрії та високою трудомісткістю виконання робіт [2]. У цих умовах зростає потреба у впровадженні технологій, які дозволяють безпосередньо відтворювати виріб за цифровою моделлю без використання складної оснастки та з мінімальними відходами.

**Мета та завдання дослідження.** Одним із таких підходів є адитивне виробництво, що забезпечує пошарове формування об'єктів із керованим розподілом матеріалу. Застосування цього підходу до композитних матеріалів, зокрема будівельних сумішей, відкриває можливості автоматизації процесів виготовлення конструктивних елементів різної складності [3]. Такий принцип пошарового нанесення матеріалу дозволяє розглядати адитивне виробництво як один із різновидів технологій поліграфічної галузі, де також реалізується кероване формування структури виробу шляхом послідовного нанесення шарів матеріалу за заданою програмою.

### **Виклад суті дослідження.**

На відміну від традиційних субтрактивних методів, при яких форма отримується шляхом видалення зайвого матеріалу з заготовки, у даному випадку відбувається кероване нарощування об'єму. Такий підхід забезпечує високу гнучкість процесу, можливість виготовлення складних геометричних форм і зменшення втрат сировини.

Особливістю адитивного виробництва з використанням композитних матеріалів є поєднання декількох компонентів у складі вихідної суміші, що визначає її фізико-механічні та реологічні властивості. До таких матеріалів належать суміші на основі полімерів, цементу або інших в'язучих речовин із додаванням наповнювачів, волокон чи модифікаторів. У будівельній практиці це можуть бути композиції, призначені для формування конструктивних елементів, що накладає додаткові вимоги до міцності, однорідності та стабільності властивостей. Водночас сам принцип дозованого нанесення матеріалу через формуючий інструмент є близьким до поліграфічних процесів, де також важливе точне відтворення структури барвника.

Виробничий цикл адитивного виготовлення будівельного виробу включає підготовку композитного матеріалу, його подачу до зони формування, екструзію або інше дозоване нанесення, а також укладання шарів із заданими параметрами (рис. 1). Узгодженість зазначених стадій визначає стабільність процесу та якість сформованого виробу. При цьому

кожна зі стадій характеризується власними технологічними параметрами, що змінюються в часі та взаємно впливають один на одного.

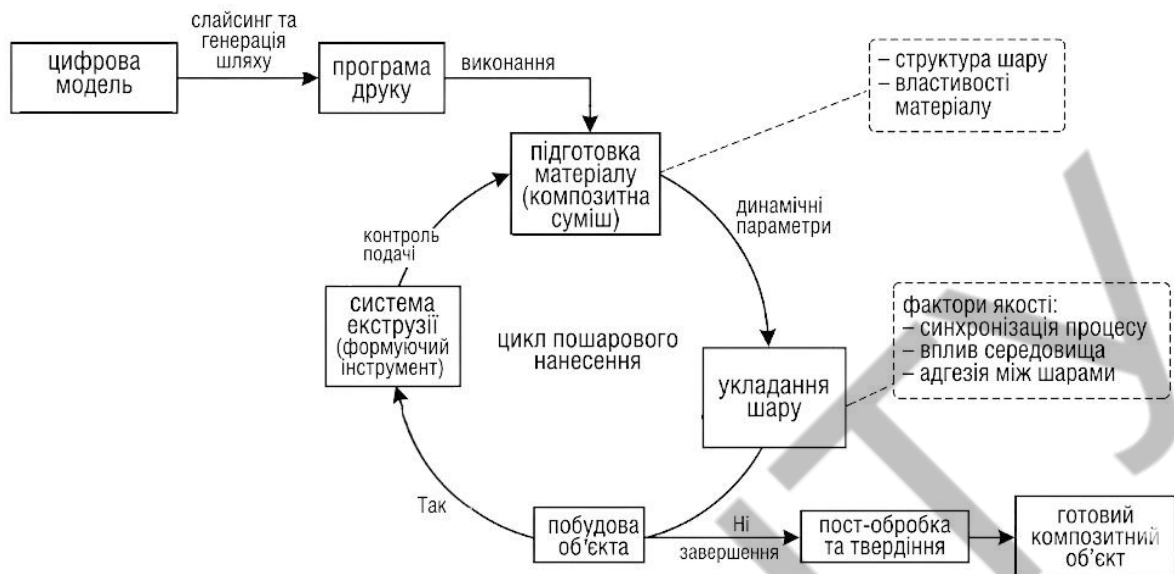


Рисунок 1 – Алгоритм керування життєвим циклом у системі адитивного виробництва

Зокрема, нестабільність подачі матеріалу, відхилення товщини шару або порушення температурного режиму призводять до зміни геометричних характеристик виробу та неоднорідності його внутрішньої структури. Для композитних матеріалів ці ефекти посилюються через змінність їх фізико-механічних властивостей у процесі формування. У цьому аспекті адитивне виробництво має подібність до поліграфічних процесів, де якість відбитка визначається точністю дозування та рівномірністю нанесення матеріалу на кожному етапі. Забезпечення стабільності технологічного процесу вимагає постійний контроль властивостей композитного матеріалу, що визначає умови формування кожного шару виробу.

**Висновки.** Виконаний аналіз технологічного процесу адитивного виготовлення будівельного виробу показав, що фактори якості визначаються комплексною взаємодією характеристик матеріалу та режимів його подачі. Змінність фізико-механічних властивостей композитної суміші, коливання температури, нерівномірність подачі та інші динамічні параметрів призводять до накопичення відхилень у структурі шарів, що безпосередньо впливає на геометричну точність і міцність виробу. Параметри матеріалу та режими обладнання інтегровані у наскрізну логічну послідовність єдиного технологічного контуру, що забезпечує перехід від аналізу властивостей композиту до формалізації кроків алгоритму керування. Представлений алгоритм придатний для подальшого проєктування системи автоматизованого моніторингу та оцінки властивостей композитних матеріалів, здатної в реальному часі збирати та обробляти дані про критичні параметри процесу виготовлення будівельних 3D-об'єктів, прогнозувати відхилення та забезпечувати умови стабільного формування адитивного виробу. Отримані результати можуть бути використані для впровадження моделей управління адитивним виробництвом у промислових і будівельних галузях.

#### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Струтинська О.В. Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання, №20, 2018. С. 88-94.
2. Іванова Т.М., Клименко М.О., Згалат-Лозинська Л.О. Техніко-економічні аспекти впровадження інноваційних технологій 3D друку в будівництві. Будівельне виробництво №77, 2024. С. 51-57.

3. Іванов-Костецький С., Гуменник І., Воронкова І. Шляхи застосування технологій 3D-друку у створенні сучасних об'єктів архітектури. Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Архітектура, № 1(7), 2022. С. 54–64.

УДК 004.92

## **МОДЕЛЮВАННЯ СТИЛІЗОВАНОЇ 3D-СЦЕНИ У СЕРЕДОВИЩІ BLENDER**

ШПАРУТА А.А., БОЛТАЧ С.В.

(boltach.svetlana@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

*У тезах розглянуто особливості створення стилізованої тривимірної сцени у програмному середовищі Blender. Проаналізовано основні етапи побудови сцени, зокрема моделювання об'єктів, текстурування, налаштування матеріалів, освітлення та фінальний рендеринг. Особливу увагу приділено використанню стилізованого рендерингу як одного з напрямів сучасної комп'ютерної графіки.*

Сучасні технології комп'ютерної графіки широко застосовуються у сфері візуалізації, цифрового дизайну, анімації та розробки ігрового контенту. Одним із найбільш популярних інструментів для створення тривимірної графіки є програмне середовище Blender, яке надає широкі можливості для моделювання, створення матеріалів, налаштування освітлення та рендерингу сцен [1].

Одним із напрямів розвитку комп'ютерної графіки є стилізований рендеринг, або non-photorealistic rendering (NPR). На відміну від фотореалістичного підходу, NPR орієнтований на відтворення художніх стилів, подібних до ілюстрації, коміксів або традиційної анімації. Такий підхід дозволяє створювати візуально виразні сцени, де основна увага приділяється формі, кольору та композиції [2].

Процес створення стилізованої 3D-сцени включає кілька основних етапів. Першим етапом є формування концепції майбутньої сцени. На цьому етапі визначаються художній стиль, загальна атмосфера, кольорова палітра та ключові елементи композиції. Для уточнення ідей активно використовуються референси, які допомагають сформувати візуальне уявлення про майбутню сцену.

Наступним етапом є моделювання об'єктів сцени. У середовищі Blender моделі створюються на основі базових геометричних примітивів, які редагуються за допомогою інструментів полігонального моделювання. Для стилізованих сцен характерним є використання спрощених форм і чітких силуетів, що дозволяє підкреслити художній стиль композиції.

Важливим аспектом моделювання є правильна організація полігональної сітки, або топології моделі. Топологія визначає структуру поверхні об'єкта та впливає на якість відображення, можливість анімації та ефективність подальшої обробки моделі. Невдала топологія може призводити до появи артефактів або спотворення геометрії.

Після завершення моделювання виконується текстурування об'єктів. Для цього використовується UV-розгортка, яка дозволяє проектувати поверхню тривимірної моделі на двовимірну площину для подальшого нанесення текстур. Якісна UV-розгортка забезпечує коректне відображення текстур та дозволяє уникнути їх деформації [3].

Наступним етапом є створення матеріалів і налаштування шейдерів. Шейдери визначають взаємодію поверхні об'єкта зі світлом і дозволяють контролювати такі параметри, як колір, відбивання, прозорість та шорсткість. У Blender налаштування матеріалів здійснюється за допомогою вузлової системи, що забезпечує гнучке керування візуальними характеристиками поверхні.

Значну роль у створенні атмосфери сцени відіграє освітлення. Розміщення джерел світла впливає на глибину сцени, контрастність та загальне сприйняття композиції. У стилізованих сценах освітлення часто використовується для підсилення художнього ефекту та виділення ключових елементів сцени.

Завершальним етапом є рендеринг – процес формування фінального зображення сцени на основі параметрів освітлення, матеріалів, геометрії та положення камери. У Blender для цього використовуються різні рендер-движки, що дозволяють отримувати як фотореалістичні, так і стилізовані результати.

Таким чином, створення стилізованої 3D-сцени є комплексним процесом, який поєднує технічні можливості програмних інструментів і художні принципи побудови композиції. Використання середовища Blender дозволяє ефективно реалізовувати різні підходи до візуалізації та створювати якісний цифровий контент.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Blender Foundation, “Blender Manual,” Blender Documentation. [Online]. Available: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>. Accessed: Apr. 1, 2026.

[2] “Non-photorealistic rendering,” Wikipedia. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Non-photorealistic\\_rendering](https://en.wikipedia.org/wiki/Non-photorealistic_rendering). Accessed: Apr. 1, 2026.

[3] BlenderLoop, “Complete Understanding of Blender’s UV Mapping.” [Online]. Available: <https://www.blenderloop.com/2022/07/complete-understanding-of-blenders-uv.html>. Accessed: Apr. 1, 2026.

[4] Blender Foundation, “Shading, Texturing and UV,” Blender Education. [Online]. Available: [https://education.blender.org/blender\\_education\\_badges/shading-texturing-uv/](https://education.blender.org/blender_education_badges/shading-texturing-uv/). Accessed: Apr. 1, 2026.

## **Наукове видання**

**XXVI Всеукраїнська науково-технічна конференція  
молодих вчених, аспірантів та студентів**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ  
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ»**

**[https://www.ontu.edu.ua/information\\_systems\\_technologies](https://www.ontu.edu.ua/information_systems_technologies)**

**Одеський національний технологічний університет**

**<https://www.ontu.edu.ua/>**

Одеса

16-17 квітня 2026 р

Збірник включає доповіді учасників конференції. Тези доповідей публікуються у вигляді, в якому вони були подані авторами. Редакційна колегія може внести незначні зміни пов'язані з форматуванням і версткою.

Відповідальність за зміст і форму подачі матеріалу несуть автори матеріалів.

**Редакційна колегія:** Селіванова А В, Котлик С.В., Корнієнко Ю.К.

**Комп'ютерний набір і верстка:** Селіванова А. В.

**Відповідальна за випуск:** Селіванова А. В.