



Прикладні інформаційні технології



22 травня 2025 року
м. Вінниця

Міністерство освіти і науки України
Донецький національний університет імені Василя Стуса
Київський національний університет будівництва і архітектури
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Львівський національний університет імені Івана Франка
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя Громад-
ська організація «Освітня фундація продуктового ІТ»

ПРИКЛАДНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

МАТЕРІАЛИ VI ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

22 травня 2025 року

*Матеріали надруковані в авторській редакції.
Достовірність поданої інформації лежить на авторах публікацій*

Вінниця
2025

*Рекомендовано до друку
вченою радою факультету інформаційних і прикладних технологій
Донецького національного університету імені Василя Стуса
(протокол № 7(11) від 16.06.2025)*

Організаційний комітет конференції:

Голова оргкомітету:

ПРЯМУХІНА Наталія Валентинівна, доктор економічних наук, декан факультету інформаційних і прикладних технологій ДонНУ імені Василя Стуса.

Заступники голови комітету:

ЗЕЛІНСЬКА Оксана Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент, в. о. завідувача кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса.

Відповідальний секретар оргкомітету:

БАБАКОВ Роман Маркович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса.

Члени комітету:

НІКОЛЮК Петро Карпович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

РОТШТЕЙН Олександр Петрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

ПОТАПОВА Надія Анатоліївна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

СІЧКО Тетяна Василівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

РУЗАКОВА Ольга Володимирівна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

АНТОНОВ Юрій Сергійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

ФРИЗ Ірина Василівна, кандидат фізико-математичних наук, старший викладач кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

ПОРЕМСЬКИЙ Юрій Віталійович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

РИМАР Павло Володимирович, старший викладач кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса;

ХМЕЛІВСЬКИЙ Юрій Сергійович, асистент кафедри інформаційних технологій ДонНУ імені Василя Стуса.

Прикладні інформаційні технології: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, аспірантів та молодих вчених (22 травня 2025 р.). Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2025. 150 с.

У збірнику розміщено матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, аспірантів та молодих вчених, яка відбулася 22 травня 2025 року. У збірнику висвітлено актуальні питання, що стосуються сучасних викликів вітчизняної та світової науки, інноваційних розробок, а також перспективних напрямів досліджень. Конференція спрямована на активізацію наукового діалогу між молодими дослідниками, обмін ідеями та досвідом, а також сприяння розвитку міждисциплінарних досліджень.

Для науковців, викладачів закладів вищої освіти, а також аспірантів і здобувачів технічних факультетів.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

ПРИКЛАДНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОРГАНІЗАЦІЙНИХ, СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ

Андрієнко С. О., Ніколюк П. К.

МОДЕЛЮВАННЯ СПАЛАХУ ГЕПАТИТУ А СЕРЕД ВНУТРІШНЬО
ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ У ТИМЧАСОВИХ ПРИХИСТКАХ 9

Бевзюк А. Ю., Ніколюк П. К.

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ У КОРПОРАТИВНОМУ
УПРАВЛІННІ..... 11

Бежсин Є. В., Ніколюк П. К.

МЕТОДИ WEB MINING ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВЕБРЕСУРСІВ 13

Бежсин Є. В., Ніколюк П. К.

ВЕБІНТЕРФЕЙС ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХІВ РУКИ
З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖ 16

Бурківський О. С., Рузакова О. В.

ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ
ЯК ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ 19

Грибаніна А. О., Римар П. В.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ
РЕСУРСІВ 22

Гуцуляк Д. В., Рузакова О. В.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ
РОЗКЛАДУ РОБОТИ ПЕРСОНАЛУ 24

Зигарь Д. Д., Рузакова О. В.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ
ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я 27

Короленко С. О. Веселовська Н. Р.

РОЗРОБКА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОЇ ЧЕРГИ ГРОМАДСЬКОГО
ЗАКЛАДУ..... 30

Костенко Р. О., Поремський Ю. В.

МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ
ВОЛОНТЕРСЬКОЇ ДОПОМОГИ ВЕТЕРАНАМ 32

Кохан Д. Ю., Ніколюк П. К.

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТА ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ
МІКРОФОНІВ..... 34

Левченко М. Р., Ніколюк П. К.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ ПОРАНЕНИХ У ПОЛЬОВИЙ ГОСПІТАЛЬ.... 37

Попик М. І., Римар П. В.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ
ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ..... 40

<i>Приходський Г. С., Рузакова О. В.</i> МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СИСТЕМ.....	42
<i>Сапожнікова В. Є., Ніколюк П. К.</i> ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СВІТЛОФОРА З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ANYLOGIC.....	45
<i>Тищенко О. М., Січко Т. В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАДАННЯ БАНКІВСЬКИХ ПОСЛУГ	48
<i>Чемес В. С., Ніколюк П. К.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ДЕМОГРАФІЧНИХ ЗМІН У РЕГІОНІ.....	51
<i>Щербина Д. С., Потапова Н. А.</i> ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ШАХАХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СПРИЙНЯТТЯ МАТЕРІАЛУ	54
<i>Юрчук Д. М., Рузакова О. В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСІВ МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ СИМПЛЕКС-МЕТОДУ	56

СЕКЦІЯ 2

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

<i>Журовський Я. О., Римар П. В.</i> РОЗРОБКА СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ САЙТА ПРО ПОЛЕГЛИХ ГЕРОЇВ НА ОСНОВІ ВІДКРИТИХ ДАНИХ	61
<i>Коновал М. С., Римар П. В.</i> РОЗРОБКА КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ САЙТА ПРО ПОЛЕГЛИХ ГЕРОЇВ ВІННИЦЬКОЇ ОТГ	63
<i>Куцмай В. Я., Антонов Ю. С.</i> МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ОСОБИСТОГО КАЛЕНДАРЯ ТА РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ.....	66
<i>Мисько Б. В., Фриз І. В.</i> ІНТЕГРАЦІЯ JWT ТА АЛГОРИТМІВ ГЕШУВАННЯ ДЛЯ АВТЕНТИФІКАЦІЇ ТА АВТОРИЗАЦІЇ В CRM-СИСТЕМАХ	68
<i>Первачук Р. Ю., Антонов Ю. С.</i> РОЗРОБКА УТИЛІТ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ БЛОКУВАННЮ	71
<i>Підруцький Д. А., Січко Т. В.</i> РОЗРОБКА ВЕБСАЙТА ДЛЯ ПРОДАЖУ ВІЙСЬКОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ	73
<i>Сіклічук А. С., Фриз І. В.</i> РОЗРОБКА CRM-СИСТЕМИ ДЛЯ ТАНЦЮВАЛЬНОЇ СТУДІЇ	75

<i>Снитко А. Р., Антонов Ю. С.</i> ВЕБДОДАТОК ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ ТА ПРОВЕДЕННЯ ОПИТУВАНЬ.....	77
<i>Чернишченко Я. А., Зелінська О. В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ШАБЛОНУ MVVM У РЕАЛІЗАЦІЇ UI-ЛОГІКИ ДЕСКТОПНИХ ДОДАТКІВ	79

СЕКЦІЯ 3

ТЕХНОЛОГІЇ ЗБОРУ, ПРЕДСТАВЛЕННЯ, ОБРОБКИ, ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

<i>Байраківська В. В., Фриз І. В.</i> КОЕФІЦІЄНТ КОРЕЛЯЦІЇ І НАПРЯМИ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ	83
<i>Гуменчук П. С., Римар П. В.</i> РОЗРОБКА ВЕБІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ДЛЯ РОБОТИ З ГЕНЕРАТИВНИМ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ	85
<i>Гуцол Н. А., Потапова Н. А.</i> АВТОМАТИЗОВАНЕ МАСКУВАННЯ ТА АНОНІМНІСТЬ ДАНИХ НА РІВНІ SQL	87
<i>Колібабчук Д. І., Римар П. В.</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОЗВУЧЕННЯ ВІДЕО	89
<i>Лисак В. О., Зелінська О. В.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАПИТІВ ДО БАЗИ ДАНИХ У ВЕБПРОЄКТАХ	91
<i>Ліваковський В. К., Римар П. В.</i> РОЗРОБКА ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ХАРЧУВАННЯМ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	94
<i>Малінін А. О., Веселовська Н. Р.</i> РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ ІНТЕРНЕТ- МАГАЗИНУ ПОБУТОВОЇ ТЕХНІКИ	96
<i>Марчук А. І., Поремський Ю. В.</i> РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ	98
<i>Теплов Б. С., Хмелівський Ю. С.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАЗ ДАНИХ.....	100

СЕКЦІЯ 4

ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

<i>Афанасьєва Д. С., Ніколюк П. К.</i> МОДЕЛЬ КООПЕРАТИВНОЇ СИСТЕМИ БПЛА ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІСЛЯ КАТАСТРОФ	104
--	-----

<i>Байраківська В. В., Потапова Н. А.</i> МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ У МАШИННОМУ НАВЧАННІ	106
<i>Байраківська В. В., Січко Т. В.</i> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ ЕКОНОМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ	109
<i>Короленко О. О., Ротштейн О. П.</i> РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ БАЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ.....	111
<i>Левченко М. Р., Хмелівський Ю. С.</i> АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЛЬМІВ ТА ЇХ УСПІШНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ DATASET MOVIES У МОВІ R.....	113
<i>Менделюк К. В., Хмелівський Ю. С.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ФІНАНСОВИХ ІНВЕСТИЦІЙ.....	116
<i>Мишківська Я. В., Овчар М. І., Ніколюк П. К.</i> МУЛЬТИМОДАЛЬНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ	119
<i>Рудь О. С., Потапова Н. А.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ВИТРАТ НА ПІДПРИЄМСТВІ: МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ.....	121
<i>Семенюк А. М., Січко Т. В.</i> СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ НА БАЗІ МІС НДІ-ЕКСПЕРТ	123
<i>Трохимчук О. М., Потапова Н. А.</i> ОЦІНКА МЕТОДІВ ХОРД ТА ДОТИЧНИХ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ КОРЕНЯ АПРОКСИМОВАНОЇ ФУНКЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УКРАЇНИ	126
<i>Черніхевич О. В., Потапова Н. А.</i> ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТІ	129
<i>Чулюк В. В., Бабаков Р. М.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЧАТ-БОТИ НА ОСНОВІ GPT-АРХІТЕКТУР: ПРОБЛЕМИ Й ПЕРСПЕКТИВИ.....	131
<i>Яценко В. В., Ніколюк П. К.</i> МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ У ПОБУТОВІЙ ЕНЕРГОМЕРЕЖІ.....	132

СЕКЦІЯ 5 ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Байраківська В. В., Зелінська О. В.</i> АНАЛІЗ ПОПУЛЯРНИХ СТИЛІВ ВЕБСАЙТІВ	137
--	-----

<i>Ліхоткіна В. І., Бабаков Р. М.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ CRM-СИСТЕМ У МАЛОМУ ТА СЕРЕДНЬОМУ БІЗНЕСІ: ЕФЕКТИВНІСТЬ І ВИКЛИКИ	141
<i>Цегольник В. В., Потапова Н. А.</i> ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ ЗАСОБІВ ТАКТИЧНОЇ МЕДИЦИНИ	143
<i>Цирульник М. С., Потапова Н. А.</i> КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКА ФІНАНСОВОГО СЕРВІСУ	146
<i>Шманов Я. К., Потапова Н. А.</i> ВЕБДОДАТОК ДЛЯ СПІЛЬНОЇ КОМУНІКАЦІЇ РОЗРОБНИКІВ У МЕЖАХ ІТ-ПРОЄКТУ.....	148

СЕКЦІЯ 1
ПРИКЛАДНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ОРГАНІЗАЦІЙНИХ, СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ
СИСТЕМАХ

МОДЕЛЮВАННЯ СПАЛАХУ ГЕПАТИТУ А СЕРЕД ВНУТРІШНЬО ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ У ТИМЧАСОВИХ ПРИХИСТКАХ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

В умовах тривалого воєнного вторгнення в Україні значна кількість ВПО проживає у тимчасових прихистках. Через щільне розміщення та обмежені ресурси існує загроза спалахів інфекцій, зокрема гепатиту А. З метою прогнозування динаміки спалаху доцільно використати математичне моделювання.

Для дослідження реалізовано SIR-модель у Python [1] з використанням бібліотек NumPy, SciPy та Matplotlib. Модель базується на системі рівнянь, що описують перехід між станами S (сприйнятливі), I (інфіковані) та R (одужалі).

Для проведення чисельного експерименту було задано модельну популяцію, що складалася з 1 000 осіб. На початковий момент часу 5 % цієї сукупності (тобто 50 осіб) перебували в інфікованому стані, тоді як решта 950 осіб були сприйнятливими до інфекції. Параметри моделі визначалися з урахуванням специфіки умов тимчасових прихистків, де існує висока щільність проживання та обмежений доступ до медичних і санітарно-гігієнічних послуг.

Коефіцієнт передачі інфекції (β) набував значення 0.3, що відображає інтенсивність контактів та ймовірність інфікування однієї людини від хворої в умовах недостатньої ізоляції. Коефіцієнт одужання (γ) становив 0.1, що свідчить про середній термін перебування людини в інфікованому стані до моменту одужання або ізоляції.

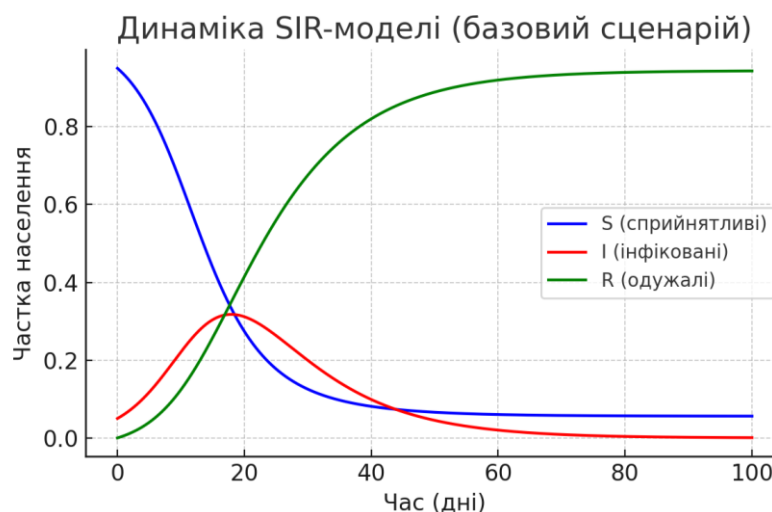


Рис. 1. Динаміка SIR-моделі (базовий сценарій)

Моделювання здійснювалося на часовому проміжку тривалістю 100 діб, що дає змогу простежити повний цикл розвитку епідемічного процесу – від початко-

вого спалаху до його згасання. Для чисельного інтегрування системи диференціальних рівнянь було використано метод `odeint` із бібліотеки SciPy [2]. Такий підхід забезпечує достатню точність і гнучкість у моделюванні різних сценаріїв розвитку подій залежно від заданих параметрів.

Крім базового сценарію, у моделі були реалізовані два додаткові варіанти з урахуванням втручань, що мають практичне значення для стримування епідемії. У першому випадку передбачено початкову імунізацію 40 % населення. Така інтервенція дає змогу суттєво знизити пікову кількість інфікованих і скоротити тривалість епідемії. У другому сценарії модель враховувала зменшення коефіцієнта передачі вірусу β з 0.3 до 0.15, що може відповідати умовам підвищеної гігієни, покращення водопостачання або впровадження карантинних заходів [3]. Внаслідок цього в обох випадках загальна динаміка поширення хвороби ставала значно м'якшою, а система охорони здоров'я отримувала більше часу для реагування.

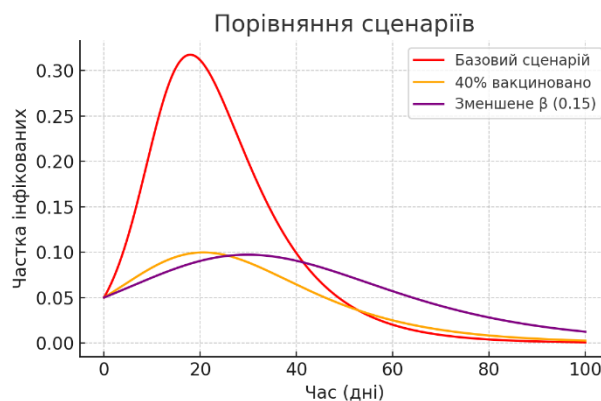


Рис. 2. Порівняння сценаріїв: базовий, вакцинація, зниження β

За результатами моделювання було підтверджено, що в умовах високої щільності проживання ризик стрімкого поширення гепатиту А є критичним. Навіть за початкової частки інфікованих у 5 % кількість захворілих швидко зростає та досягає максимуму менш ніж за місяць. Проведений аналіз також показав, що часткова вакцинація (на рівні 40 %) або покращення санітарних умов, що знижує параметр β , мають відчутний вплив на загальний перебіг епідемії. Обидві інтервенції зменшують пік захворюваності та розтягують епідемію в часі, що дає змогу ефективніше розподіляти ресурси системи охорони здоров'я.

Список використаних джерел

1. The impact of conflict on infectious disease: a systematic literature review / V. Marou, C. I. Vardavas, K. Aslanoglou, K. Nikitara, Z. Plyta, J. Leonardi-Bee, K. Atkins, O. Condell, F. Lamb, J. E. Suk. *Conflict and Health*. 2024. Vol. 18, № 27. DOI: 10.1186/s13031-023-00568-z. URL: <https://d-nb.info/1333826451/34>
2. Harnessing technology for infectious disease response in conflict zones: Challenges, innovations, and policy implications. *Medicine (Baltimore)*. 2024. Vol. 103(28): e38834. DOI: 10.1097/MD.00000000000038834. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11245197/>
3. The Impact of Armed Conflicts on the Prevalence, Transmission, and Management of Infectious Diseases: A Systematic Review / R. Alfaleh, W. A. Alsuwailam, R. T. Almazyad, F. F. Alanazi, L. T. Alanazi. *Cureus*. 2025. Vol. 17(2): e79450. DOI: 10.7759/cureus.79450. URL: https://assets.cureus.com/uploads/review_article/pdf/332647/20250324-55895-io17ax.p

*Бевзюк А. Ю., здобувачка вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри комп'ютерних технологій*

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ У КОРПОРАТИВНОМУ УПРАВЛІННІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

В епоху стрімкої цифрової трансформації, коли кожна організація прагне до підвищення ефективності та гнучкості, цифрові двійники (DT) постають як потужний інструмент сучасного корпоративного управління. Ці віртуальні копії фізичних об'єктів, процесів чи систем, інтегруючи дані в режимі реального часу, надають унікальні можливості для моделювання, аналізу, контролю та прогнозування. Завдяки здатності здійснювати моніторинг, оптимізацію та своєчасне впровадження змін цифрові двійники стають ключовим складником успішного управління, даючи змогу організаціям не лише зменшувати витрати та підвищувати адаптивність у швидкоплинному бізнес-середовищі, але й якісно вдосконалювати управлінські процеси в усіх аспектах їх діяльності, від ресурсів і логістики до виробництва та управління персоналом [1].

Стратегічні переваги інтеграції цифрових двійників у корпоративне управління різноманітні та взаємопов'язані. Вони варіюються від моніторингу в режимі реального часу та прогнозової аналітики до покращеного прийняття рішень та інтеграції між підрозділами. На рис. 1 нижче показано карту стратегічних переваг, що висвітлює ключові сфери, на які впливають технології цифрових двійників.



Рис. 1. Стратегічні переваги технології цифрових двійників у корпоративному управлінні

Однією з ключових переваг використання цифрових двійників у бізнесі є можливість безпечно тестувати стратегічні рішення та оцінювати їх потенційний вплив. Завдяки цифровому образу компанії лідери можуть експериментувати з реорганізацією, виходом на нові ринки або зміною розподілу ресурсів, що дає змогу мінімізувати ризики та зробити бізнес більш гнучким. До того ж ця здатність до моделювання є надзвичайно важливою для планування стійкості бізнесу та аналізу різних сценаріїв, особливо в періоди невизначеності, як-от збої в ланцюгах постачання або економічні кризи [2].

Впровадження технологій цифрових двійників (DT) забезпечує можливість безперервного моніторингу та оптимізації бізнес-процесів на основі аналізу даних, що надходять у режимі реального часу, а також історичних даних. Шляхом ідентифікації неефективних ділянок та потенційних вузьких місць підприємства отримують змогу проактивно реагувати на операційні складнощі, мінімізуючи в такий спосіб негативні наслідки [3]. Зазначений безперервний цикл зворотного зв'язку є важливим елементом методології бережливого управління, сприяє більш ефективному розподілу ресурсів та підвищенню загальної продуктивності.

Одним із найяскравіших прикладів інноваційного впровадження цифрових двійників є завод Digital Native Factory компанії Siemens у місті Нанкін, Китай. Цей завод від початку проєктувався з використанням цифрових технологій і віртуального моделювання. За допомогою цифрового двійника було змодельовано всі аспекти об'єкта – від архітектури будівлі до виробничих процесів (рис. 2). Такий підхід дав змогу виявити й пом'якшити потенційні проблеми ще на стадії проєктування, усунувши помилки, які раніше призводили до значних фінансових та часових витрат [4].

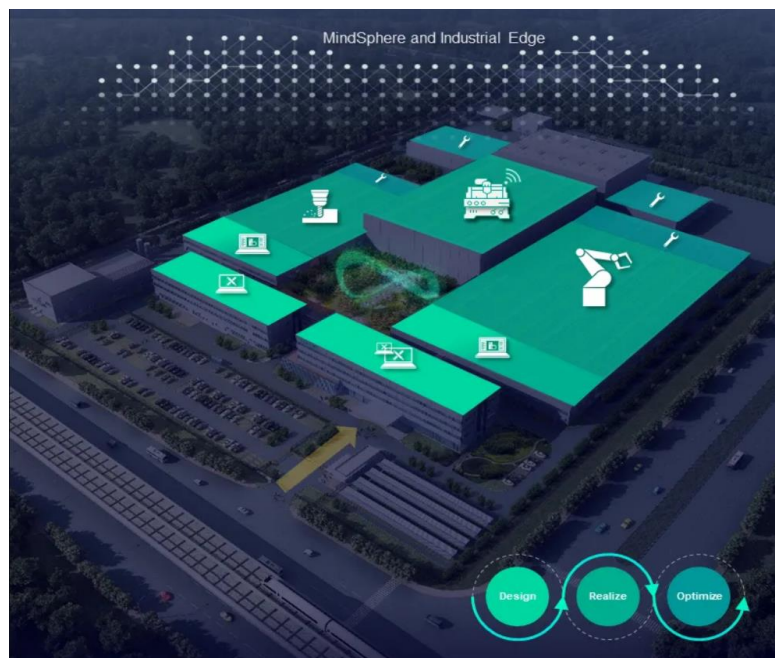


Рис. 2. Візуалізація цифрового двійника заводу Digital Native Factory компанії Siemens у Нанкіні (Китай)

Цифровий двійник продовжує використовуватися і на етапі експлуатації заводу, даючи змогу моніторити та прогнозувати стан обладнання в реальному часі, а також швидко реагувати на зміни в умовах виробництва.

Внаслідок впровадження цифрової фабрики було досягнуто значних покращень:

- виробнича потужність збільшилася на 200 %;
- продуктивність зросла на 20 %;
- суттєво підвищилась ефективність управління ресурсами та було скорочено час простоїв.

Отже, Digital Native Factory у Нанкіні є вражаючим прикладом того, як цифрові двійники допомагають підприємствам не лише проєктувати і контролювати виробництво, але й впроваджувати принципи сталого розвитку, забезпечуючи високу продуктивність і гнучкість ще до початку фактичного виробництва.

Інтеграція цифрових двійників у корпоративне управління являє собою значний прогрес у тому, як організації проєктують, контролюють і оптимізують свої операції. Забезпечуючи динамічну та інтерактивну модель організаційних елементів, цифрові двійники дають змогу приймати проактивні рішення, підвищувати ефективність і стратегічну адаптивність. Із розвитком технологій впровадження цифрових двійників має стати стандартною практикою в перспективних організаціях.

Список використаних джерел

1. Digital twins' impact on organizational control: perspectives on formal vs social control / J. Ukko, M. Saunila, M. Nasiri, T. Rantala, M. Holopainen. *Information technology & people*. 2022. Vol. 35, № 8. P. 253–272. DOI: 10.1108/itp-09-2020-0608.
2. Parmar R., Leiponen A., Thomas L. D. W. Building an organizational digital twin. *Business horizons*. 2020. Vol. 63, № 6. P. 725–736. DOI: 10.1016/j.bushor.2020.08.001.
3. Digital twins of business processes: a research manifesto / F. Fornari et al. *Internet of things*. 2024. P. 101477. DOI: 10.1016/j.iot.2024.101477.
4. Промисловий метавсесвіт. *press.siemens.com*. 30.12.2022. URL: <https://press.siemens.com/ua/uk/presreliz/promisloviy-metavsesvit>

УДК 004.678.3

*Бєжин Є. В., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

МЕТОДИ WEB MINING ДЛЯ МОНІТОРИНГУ WEBРЕСУРСІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. У сучасному цифровому світі вебресурси стали основним джерелом інформації, комунікації та бізнесу. Щодня генеруються мільйони терабайтів даних: від текстових публікацій і соціальних мереж до складних мультимедійних матеріалів. Однак ефективний моніторинг цих даних вручну неможливий через їх обсяги, різноманітність і динамічність. Тому **web mining** – галузь, що поєднує методи штучного інтелекту, статистики та обробки даних – стає ключовим інструментом для автоматизації аналізу вебконтенту, структури сайтів і користувацької поведінки [1].

Мета цієї роботи – дослідити основні підходи web mining, їх застосування для моніторингу вебресурсів, а також виклики, пов’язані з їх реалізацією. Актуальність теми обумовлена стрімким зростанням кіберзагроз (фейки, DDoS-атаки), потребою в оптимізації бізнес-процесів (SEO, персоналізація) та необхідністю аналізу соціальних трендів для академічних і маркетингових досліджень.

Web Mining – це процес автоматизованого аналізу вебданих за допомогою штучного інтелекту, статистики та обробки даних. Він поділяється на три основні напрями:

1. Вебконтент-майнінг – аналіз текстового, графічного та мультимедійного контенту;
2. Аналіз вебструктури – дослідження зв’язків між вебсторінками;
3. Web Usage Mining – аналіз поведінки користувачів на вебсайтах [1].

На рис. 1 зображена схема Web Mining.

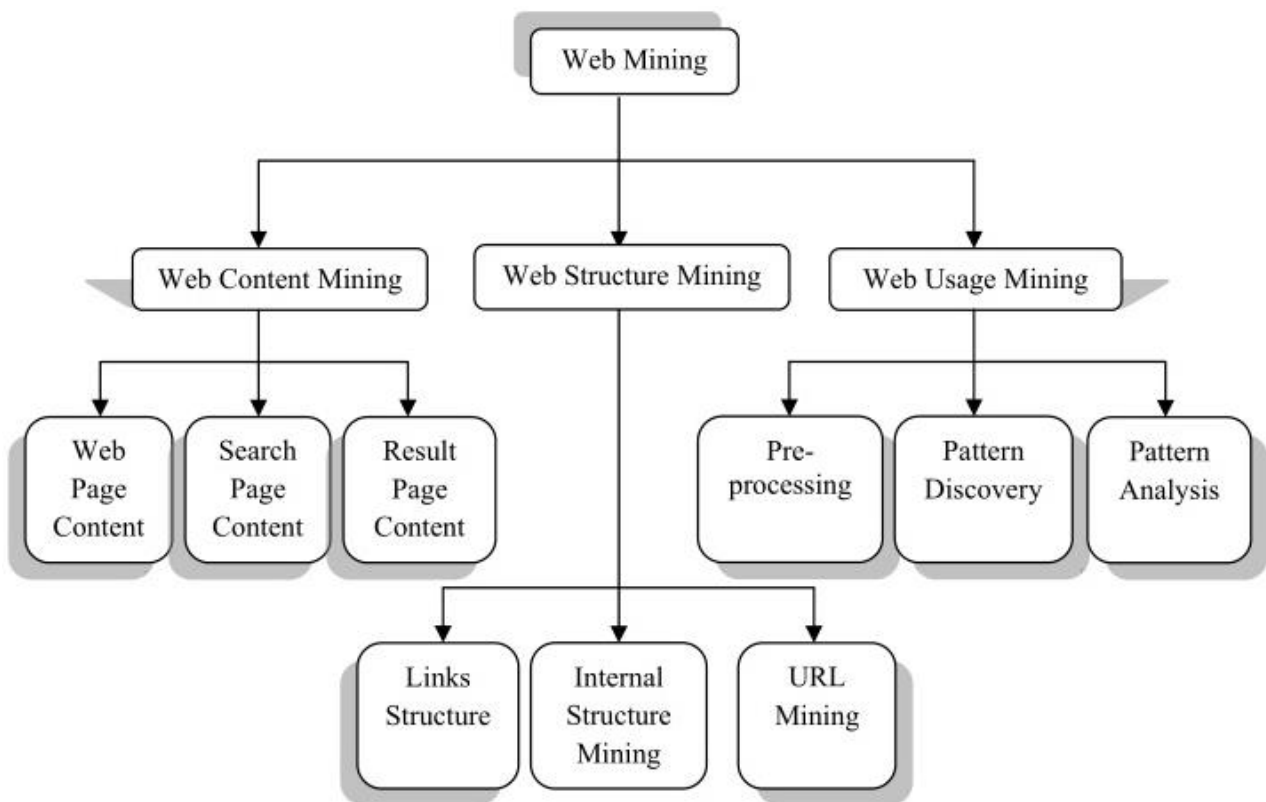


Рис. 1. Класифікація Web Mining

Вебконтент-майнінг підхід фокусується на витягуванні знань із текстових, графічних та мультимедійних даних. Наприклад, алгоритми кластеризації (на кшталт k-середніх) групують новинні статті за темами, що допомагає виявляти тренди та важливі теми. Для підвищення точності застосовують моделі машинного навчання, як-от BERT, які розуміють контекст та семантичні зв’язки між словами. Це дає змогу класифікувати контент і виявляти фейкові новини.

Для аналізу мультимедіа використовуються згорткові нейромережі (CNN), які розпізнають об’єкти на зображеннях. Для відеоаналізу застосовуються методи виділення ключових кадрів, наприклад, Optical Flow [2].

Напрямок **аналізу вебструктури** досліджує зв’язки між вебсторінками через гіперпосилання. Алгоритм PageRank, розроблений Google, оцінює важливість

сторінок на основі кількості та якості посилань [3]. Формула PageRank враховує «вагу» посилань, що дає змогу будувати рейтинги сайтів для пошукових систем. Приклад такого розбиття показаний на рис. 2.

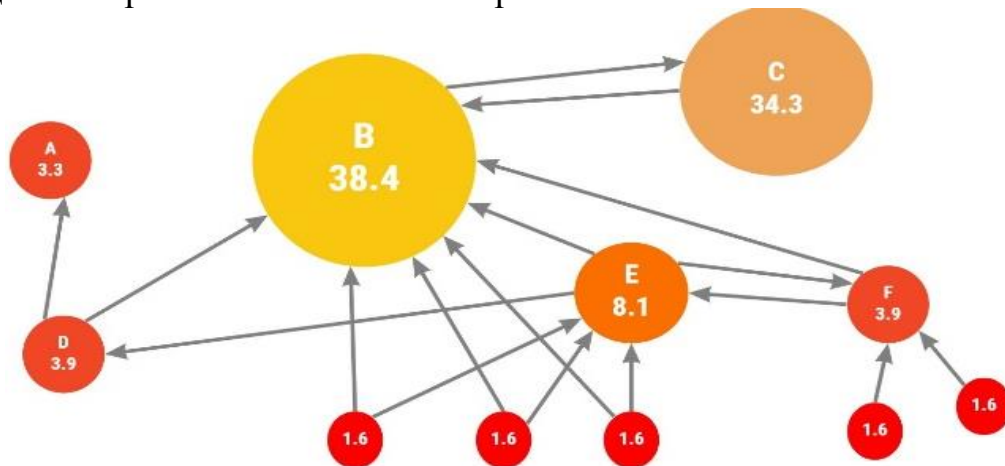


Рис. 2. Приклад розбиття за допомогою PageRank

Сучасні технології, як-от графові неймережі (GNN), використовуються для аналізу соціальних мереж. Алгоритм Louvain виявляє спільноти користувачів, що допомагає виявляти бот-мережі та дезінформаційні кампанії.

Підхід **Web Usage Mining** базується на аналізі лог-файлів, cookies та історії сесій. Алгоритм Apriori виявляє шаблони переходів між сторінками, що оптимізує навігацію сайту [4]. Для електронних магазинів це може означати створення персоналізованих рекомендацій на основі користувацької активності. Блок-схема цього алгоритму наведена на рис. 3.

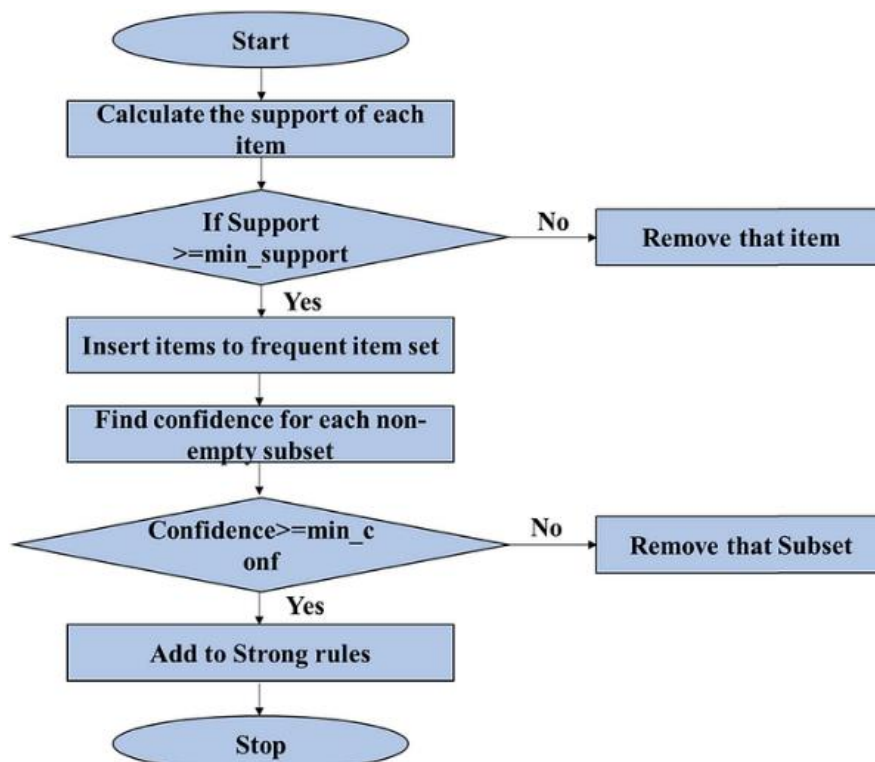


Рис. 3. Блок-схема алгоритму Apriori

Прогнозування майбутньої активності здійснюється за допомогою рекурентних неймереж (LSTM), які аналізують часові ряди даних. Це критично важливо

для запобігання DDoS-атакам, де аномальний трафік виявляється за допомогою кластеризації (к-середніх) та методів виявлення аномалій (наприклад, Isolation Forest) [5].

Висновки. Web mining є потужним інструментом для моніторингу вебресурсів, що поєднує аналіз контенту, структури та користувацької активності. Незважаючи на технічні та етичні виклики, його застосування в бізнесі, академії й кібербезпеці продовжує розширюватися. Подальший розвиток галузі залежить від вдосконалення алгоритмів штучного інтелекту, інтеграції етичних норм і адаптації до нових цифрових реалій.

Список використаних джерел

1. What is Web Mining? *Scaler Topics*. 31.05.2023. URL: <https://www.scaler.com/topics/data-mining-tutorial/web-mining/>
2. Optical flow. *Wikipedia*. 15.09.2025. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_flow
3. Web Mining Techniques and Applications. *GeeksforGeeks*. 11.07.2025. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/web-mining/>
4. Analyzing Users Behavior from Web Access Logs using Automated Log Analyzer Tool. *International Journal of Computer Applications*. Vol. 62(2). P. 29–33. 01.2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/258789714_Analyzing_Users_Behavior_from_Web_Access_Logs_using_Automated_Log_Analyzer_Tool
5. Tan P.-N., Steinbach M., Kumar V. *Introduction to Data Mining*. Pearson, 2005. 769 p.

УДК 004.678:004.85:004.932

*Бєжин Є. В., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

ВЕБІНТЕРФЕЙС ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХІВ РУКИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. Сучасні технології штучного інтелекту, як-от нейронні мережі та комп'ютерний зір, суттєво змінюють принципи взаємодії людини з цифровими системами. У цій роботі представлено інноваційний вебдодаток для розпізнавання рухів руки, який поєднує алгоритми комп'ютерного зору з глибинними нейромережами для аналізу жестів у реальному часі. Система дає змогу користувачам керувати інтерфейсом без фізичного контакту, що розширює можливості її застосування у сферах віртуальної та доповненої реальності, медичних системах тощо [1].

Методологія. Архітектура застосунку побудована за принципом MVVM (Model-View-ViewModel) і реалізує взаємодію між користувачем, системою відстеження жестів і нейромережею для розпізнавання букв, написаних у повітрі. В основі проєкту лежить вебінтерфейс, розроблений із використанням Flask, через який користувач отримує доступ до функціоналу системи. Візуальна частина

реалізована з використанням HTML, CSS та JavaScript: користувач відкриває веб-сторінку, на якій відображається потік із камери та область для малювання.

Система захоплення зображення використовує першу доступну камеру пристрою, а обробка відеопотоку та розпізнавання жестів реалізовані за допомогою бібліотеки MediaPipe. Вона відстежує положення руки, пальців і жестів у реальному часі, визначаючи момент початку «написання» в повітрі. Координати руху передаються в модуль, який аналізує траєкторію й формує на її основі зображення, що імітує рукописну літеру.

Отримане зображення подається на вхід моделі машинного навчання. У системі використовуються два підходи – згорткова нейромережа, навчена на базі рукописних символів EMNIST, та алгоритм KNN. Обидві моделі використовуються для класифікації отриманого зображення й визначення написаної літери. Після розпізнавання результат повертається в основний керуючий модуль, який зв'язує всі компоненти між собою: він отримує дані від трекара руки, обробляє їх, передає до моделі, а потім надсилає відповідь назад у фронтенд (інтерфейс). Інтерфейс відображає розпізнаний результат у реальному часі та надає користувачеві зручний візуальний зворотний зв'язок.

Архітектура забезпечує чіткий розподіл відповідальності: логіка трекінгу, нейромережеві обчислення й інтерфейс працюють незалежно один від одного, але взаємодіють через чітко визначені зв'язки.

Основна перевага запропонованого рішення полягає у використанні згорткових нейромереж (CNN) для підвищення точності розпізнавання жестів, порівняно з традиційними методами. Система інтегрує три ключові модулі: вебінтерфейс для візуалізації результатів, модуль відстеження рухів за допомогою бібліотеки MediaPipe та нейромережу для класифікації жестів. Алгоритм системи показаний на рис. 1.

Для навчання нейромережі використовували адаптований набір даних, що містить зображення жестів у різних ракурсах. Була обрана нейромережа моделі CNN, яка складається з кількох шарів: два згорткові шари для виділення ознак із зображень, два шари субдискретизації для зменшення розмірності даних та обчислювальних витрат, а також покращення узагальнюючої здатності моделі. Після цього дані перетворюються в одновимірний вектор за допомогою шару Flatten, щоб передати їх у повнозв'язний шар для класифікації. Шар Dropout використовується для регуляризації – випадкове відключення нейронів допомагає уникнути перенавчання [2]. Вихідний шар з активацією softmax генерує ймовірності для кожного класу, що забезпечує точну класифікацію об'єктів. Така архітектура є ефективною для обробки зображень і навчання на великих обсягах даних.

На рис. 2 продемонстровано приклад трекінгу руки з використанням бібліотеки MediaPipe, де видно ключові точки суглобів пальців та їх з'єднання. Така візуалізація дає змогу системі точно визначати положення кисті та розпізнавати жести в реальному часі, що критично для подальшої обробки й класифікації рухів у системі керування.

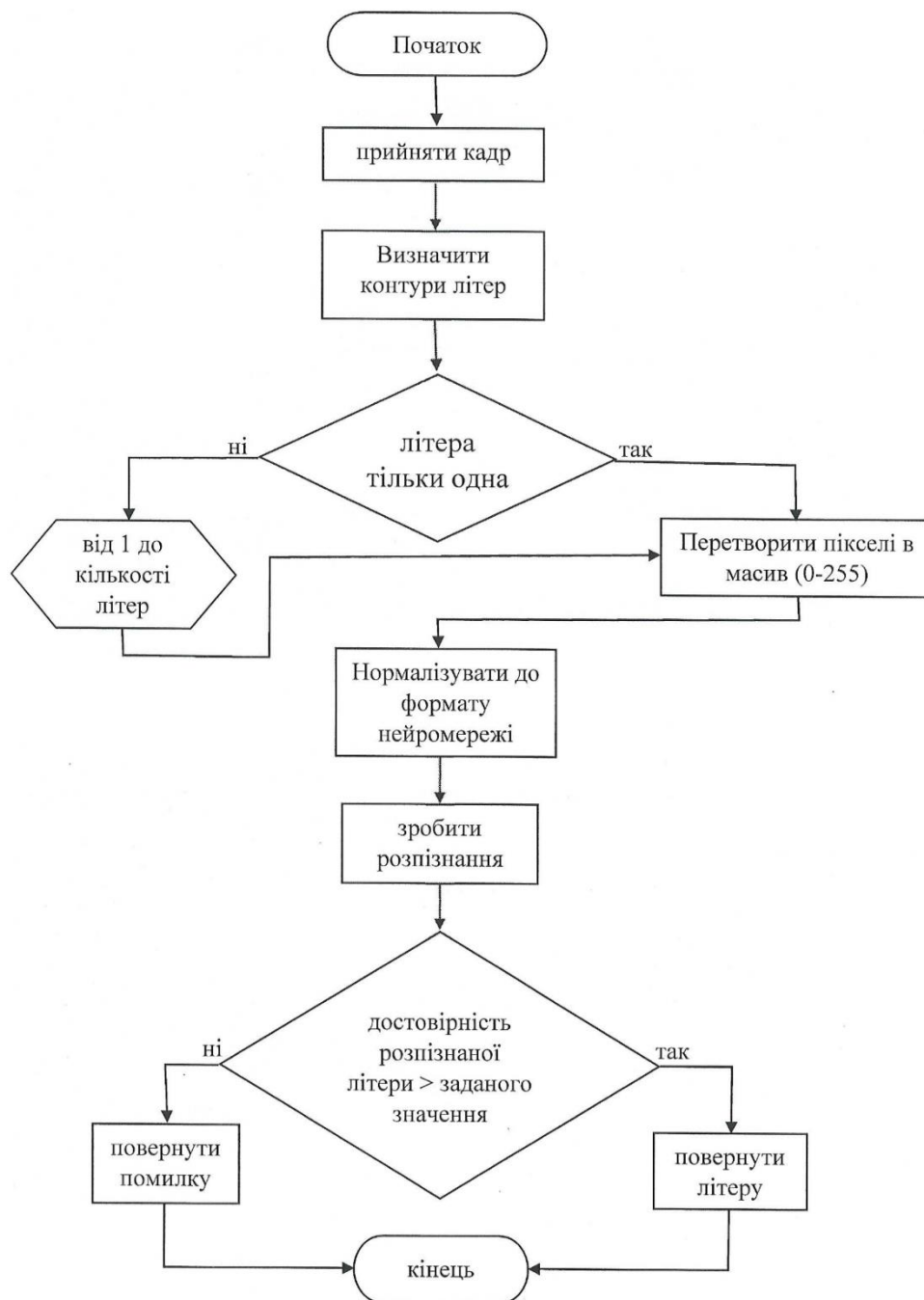


Рис. 1. Алгоритм системи розпізнавання рухів руки

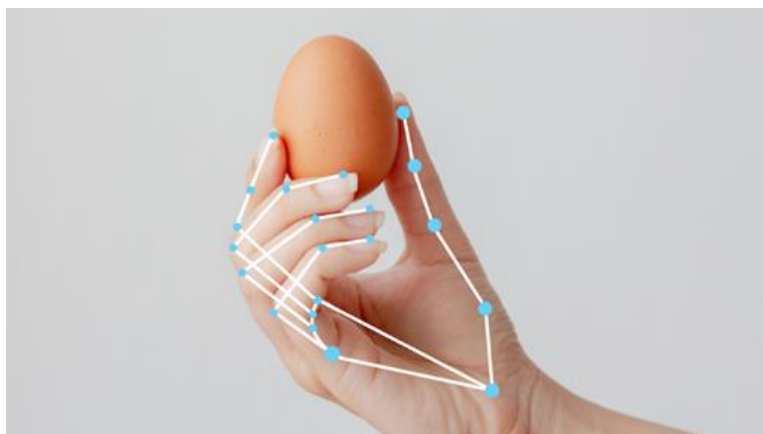


Рис. 2. Виявлення положення пальців руки під час захоплення об'єкта за допомогою MediaPipe

Висновки. Запропонована система ефективно поєднує вебтехнології та нейромережі для розпізнавання жестів у реальному часі. Впровадження такого інструменту може суттєво покращити взаємодію з цифровими середовищами, зокрема в освітніх платформах, медичних пристроях та ігровій індустрії. Подальші дослідження спрямовані на оптимізацію продуктивності для мобільних пристроїв.

Список використаних джерел

1. Deep learning in computer vision: A critical review of emerging techniques / J. Chai, H. Zeng, A. Li, E. W. T. Ngai. *Machine Learning with Applications*. 2021. Vol. 6. DOI: 10.1016/j.mlwa.2021.100134. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666827021000670>
2. Khan A. A., Laghari A. A., Awan Sh. A. Machine Learning in Computer Vision: A Review. *EAI Endorsed Transactions on Scalable*. 2021. Vol. 8, № 32. URL: <https://publications.eai.eu/index.php/sis/article/view/2055>

УДК 519.86:519.87:005.334

*Бурківський О. С., здобувач вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Рузакова О. В., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ЯК ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному світі високої невизначеності аналіз ризиків є ключовим елементом ефективного управління в різних сферах діяльності – від економіки та бізнесу до екології та безпеки. У зв'язку з цим зростає інтерес до використання математичних підходів, зокрема методів оптимізації, як інструментів для підвищення точності оцінки ризиків та прийняття обґрунтованих рішень.

Сучасні дослідження демонструють, що методи оптимізації дають змогу формалізувати проблему ризику у вигляді математичної моделі та визначити оптимальне рішення з урахуванням обмежень і критеріїв ефективності. Особливе значення вони мають у сферах управління ресурсами, аналізу інвестиційних проєктів, моделювання різних сценаріїв та розробки антикризових стратегій. Останнім часом спостерігається тенденція до інтеграції оптимізаційних методів з інструментами штучного інтелекту та машинного навчання, що дає змогу створювати більш гнучкі та адаптивні системи прогнозування ризиків [1].

Отже, застосування оптимізаційних підходів відкриває широкі можливості для ефективного управління ризиками, підвищуючи стійкість організацій у складних умовах сучасного середовища.

Одним із найперспективніших методів оптимізації є динамічне програмування. Цей метод полягає в розбитті складних завдань на послідовні кроки, що дає змогу знаходити оптимальні рішення навіть за умов обмежень та непередбачуваних факторів.

Динамічне програмування є потужним інструментом для аналізу ризиків, оскільки дає змогу будувати моделі прийняття рішень у мінливих умовах, де поточні дії визначають майбутні результати [2].

Цей підхід особливо корисний у галузях, як-от управління інвестиціями за умов коливань ринку; розподіл обмежених ресурсів під час кризових ситуацій; стратегічне планування, що враховує можливі непередбачені зміни.

Динамічне програмування ґрунтується на кількох фундаментальних принципах. По-перше, використовує покроковий аналіз, розбиваючи складну задачу на послідовні етапи, кожен з яких вимагає прийняття окремого рішення. По-друге, метод спирається на принцип оптимальних підрішень – це означає, що найкращий загальний результат досягається шляхом поєднання оптимальних рішень для окремих підзадач. Також важливим елементом є мемоізація, яка полягає у збереженні проміжних результатів для уникнення повторних обчислень і підвищення ефективності алгоритму.

Уявімо компанію, яка має оптимально розподілити обмежений бюджет між кількома проєктами протягом п'ятирічного періоду. Кожен фінансовий крок впливає на подальші результати – як на потенційний дохід, так і на рівень ризику. Динамічне програмування допомагає вибудувати стратегію, що забезпечує максимальну ефективність витрат із мінімізацією довгострокових ризиків.

Чому цей підхід ефективний для аналізу ризиків? Він забезпечує врахування змінних ризиків на кожному кроці, поєднуючи це з можливістю швидко адаптувати стратегію до нових умов. До того ж метод особливо корисний для роботи з різними сценаріями, де потрібно оцінювати множинні варіанти розвитку подій.

У наведеному фрагменті коду (рис. 1) реалізовано базовий принцип ДП для задачі оптимального розподілу обмежених ресурсів із мінімізацією ризику. Алгоритм послідовно аналізує кожен етап, зберігаючи проміжні результати для подальшого використання, що дає змогу ефективно знаходити оптимальне рішення.

```
projects = [
    (60, 10),
    (100, 20),
    (120, 30)
]

max_risk = 50

n = len(projects)

dp = [[0 for _ in range(max_risk + 1)] for _ in range(n + 1)]

for i in range(1, n + 1):
    profit, risk = projects[i - 1]
    for r in range(max_risk + 1):
        if risk <= r:
            dp[i][r] = max(dp[i - 1][r], dp[i - 1][r - risk] + profit)
        else:
            dp[i][r] = dp[i - 1][r]

print("Максимальний прибуток при допустимому ризику:", dp[n][max_risk])
```

Рис. 1. Реалізація методу динамічного програмування для вибору оптимального набору проєктів з урахуванням ризику

Результат роботи програми виглядає так (рис. 2):

Максимальний прибуток при допустимому ризику: 220

Рис. 2. Результат роботи програми

За результатом виконання коду динамічного програмування ми отримали максимальний прибуток, якого можна досягти за заданого обмеження на рівень ризику. Розглянутий алгоритм успішно врахував співвідношення прибутків і ризиків для кожного з можливих проєктів та знайшов оптимальну комбінацію. Код імітує типову задачу з управління ризикованими активами (наприклад, інвестиціями), де обсяг ризику обмежено, а мета полягає у досягненні максимальної вигоди. З практичного погляду такий підхід дає змогу керівникам, аналітикам або фінансовим фахівцям обґрунтовано приймати рішення у ситуаціях з обмеженими ресурсами та підвищеним рівнем невизначеності [3].

Отже, застосування методів оптимізації, зокрема динамічного програмування, є ефективним підходом до аналізу ризиків у задачах, де рішення потрібно приймати поетапно з урахуванням змінних факторів. Використання цього методу дає змогу:

- зменшити вплив ризиків шляхом оптимального розподілу ресурсів;
- враховувати залежність поточних рішень від попередніх;
- забезпечити прозорість і структурованість процесу прийняття рішень.

Алгоритм динамічного програмування легко адаптується до різних сценаріїв – від вибору інвестицій до планування логістичних маршрутів – і є важливим складником сучасного підходу до управління ризиками в умовах нестабільності.

Список використаних джерел

1. Gurobi Optimization, LLC. Gurobi Optimizer Reference Manual. 2024. URL: <https://docs.gurobi.com/projects/optimizer/en/current/index.html> (дата звернення: 03.05.2025).
2. Bertsekas D. P. Dynamic Programming and Optimal Control. Vol. I. 4th edition. Belmont, MA: Athena Scientific, 2017. XVI, 576 p. URL: https://www.dl.behinehyab.com/Ebooks/DP/D001_814807_www.behinehyab.com.pdf (дата звернення: 03.05.2025).
3. Birge J. R., Louveaux F. Introduction to Stochastic Programming. Springer Science & Business Media, 2011. 485 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-0237-4> (дата звернення: 03.05.2025).

*Грибаніна А. О., здобувачка вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Римар П. В., старший викладач кафедри інформаційних технологій*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах ефективне управління ресурсами відіграє вирішальну роль у досягненні успіху підприємств і організацій. Через їх обмеженість, а також постійне підвищення стандартів якості та оперативності роботи стає необхідним застосовувати наукові методи оптимізації для ефективного розподілу. В роботі розглянуто підходи до оптимізації у сферах бюджетного планування, управління проектами та функціонування технічних систем. Розглянемо конкретні приклади використання оптимізації.

Лінійне програмування є одним із найбільш уживаних методів оптимізації, що дає змогу знаходити найкращі рішення в умовах заданих обмежень. У фінансовому забезпеченні військових підрозділів його використовують для ефективного розподілу бюджету між різними напрямками діяльності. Проведені дослідження свідчать, що застосування лінійного програмування сприяє максимальному використанню фінансів і забезпечує повне покриття потреб військової частини [1].

Приклад: максимізувати ефективність витрат військового підрозділу за обмежень на бюджет.

Код:

```
f = [-3; -2; -4];  
A = [1 1 1; 2 1 3; 1 0 2];  
b = [500; 900; 300];  
lb = zeros(3,1);  
[x, fval] = linprog(f, A, b, [], [], lb);  
disp('Оптимальний розподіл бюджету:'); disp(x);  
disp(['Максимальна ефективність:' num2str(-fval)]);
```

Результат: оптимальний розподіл бюджету: 300; 200; 0; Максимальна ефективність: 1 300

У системах, де працює багато пристроїв або використовуються хмарні технології, важливо правильно ділити ресурси між усіма частинами. Щоб усе працювало стабільно та швидко, використовують спеціальні методи, як-от балансування навантаження, резервування ресурсів, автоматичне масштабування та зворотний зв'язок. Вони автоматично розподіляють навантаження, додають ресурси за потреби та слідкують за тим, щоб нічого не перевантажувалося [2].

Приклад: необхідно рівномірно розподілити навантаження між серверами. В результаті отримаємо таке:

Результат:

Місткість серверів: 10 15 20

Ваги завдань: 4 1 5 5 4 4 4 2 4 1

Призначення завдань по серверах:

Сервер 1: завдання 1 5 8 (сумарне навантаження: 10)

Сервер 2: завдання 2 4 7 10 (сумарне навантаження: 11)

Сервер 3: завдання 3 6 9 (сумарне навантаження: 13)

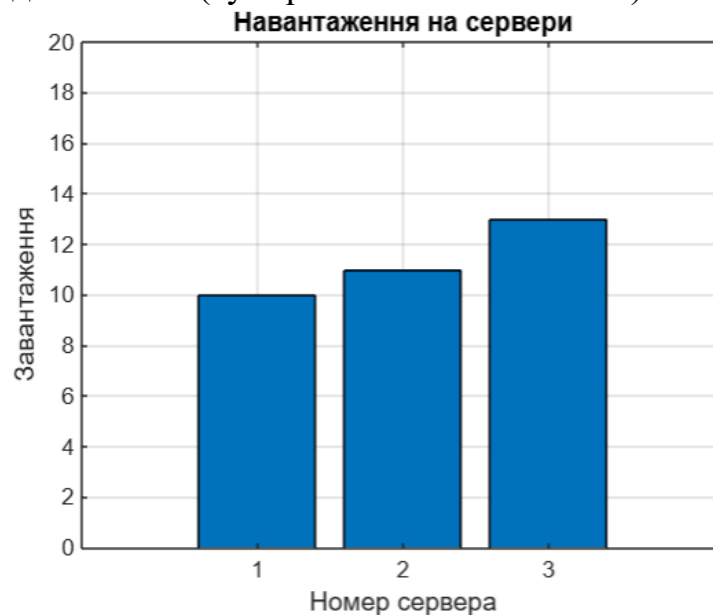


Рис. 1. Розподіл навантаження на сервери

У масштабних міських водопровідних мережах із багатьма насосними станціями постає питання оптимального розподілу води для зниження енергоспоживання. Для вирішення цієї задачі ефективно застосовуються методи нелінійного програмування та пошукової оптимізації, зокрема покоординатний спуск, сканування зі змінним кроком, метод деформованого багатогранника Нелдера–Міда, а також методи прямого пошуку Хука–Дживса, Розенброка та Пауелла. Серед них метод Хука–Дживса виявився найбільш ефективним за показниками економії обчислювального часу та ресурсів оперативної пам'яті [3].

Приклад: мінімізувати енергоспоживання насосної станції за допомогою методу Хука–Дживса. Внаслідок цього отримаємо: оптимальні швидкості: 0.5 і 0.5, енергоспоживання: 0,6375.

У багатопроекторних системах дуже важливо правильно розподіляти ресурси, щоб усе працювало ефективно. Метод точної квадратичної регуляризації допомагає створювати математичні моделі для різних задач і знаходити оптимальні рішення. Це підтверджується результатами численних експериментів [4].

Приклад: Оптимізувати розподіл обчислювальних ресурсів.

Код:

```
H = [2 -1; -1 3];  
f = [-4; -6];  
Aeq = [1 1];  
beq = 1;  
[x, fval] = quadprog(H, f, [], [], Aeq, beq, [0; 0], [1; 1]);  
disp('Оптимальний розподіл ресурсів:'); disp(x);
```

Результат: оптимальний розподіл ресурсів 0,2857 і 0,7143.

Оптимізація розподілу ресурсів є ключовим елементом для підвищення ефективності управління в різних галузях. Використання методів, як-от лінійне та нелінійне програмування, машинне навчання та динамічні стратегії розподілу, дає змогу гнучко реагувати на зміни та досягати максимально раціонального використання ресурсів. Подальший розвиток і впровадження цих підходів сприятимуть створенню більш продуктивних систем управління.

Список використаних джерел

1. Артюшенко О. Застосування методів лінійного програмування та оптимізації для підвищення ефективності бюджетних видатків у сфері фінансового забезпечення військ. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2023. № 3(55). С. 41–47.
2. Дядюн С. Аналіз ефективності методів оптимізації потокорозподілу в системах водопостачання з великою кількістю насосних станцій. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління*. 2024. Вип. 61. С. 25–32. URL: <https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/24351/22048>
3. Tanenbaum A. S., van Steen M. *Distributed Systems: Principles and Paradigms*. 2nd edition. Pearson Education, 2007. 705 p.

УДК 519.8:658.3

*Гуцуляк Д. В., здобувачка вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Рузакова О. В., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ РОЗКЛАДУ РОБОТИ ПЕРСОНАЛУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах ведення бізнесу, коли оптимізація операційних процесів визначає конкурентоздатність організації, особливого значення набуває ефективне управління людськими ресурсами. Важливим елементом такого управління є розробка оптимальних графіків роботи персоналу. Відсутність науково обґрунтованого підходу до планування розкладів може спричинити неефективне використання робочого часу, зростання витрат на заробітну плату, зниження продуктивності праці та деградацію рівня мотивації співробітників. У цьому контексті застосування методів оптимізації виступає ключовим інструментом автоматизації та вдосконалення процесу складання робочих графіків.

Дослідження в галузі оптимізації управління персоналом підкреслюють критичну роль автоматизованих методів планування робочих графіків. Науковці А. С. Панчук та Н. С. Ляліна [1] доводять, що традиційні підходи до складання розкладів, засновані на ручному плануванні, є неефективними через дисбаланс у розподілі навантаження (перевантаження / недовантаження); неоптимальні ви-

трати на оплату праці (надлишкові виплати за понаднормові або простой); зниження продуктивності через стрес, втому та демотивацію персоналу.

Дослідження І. Ю. Івченко [2] та А. С. Жуковської [3] демонструють, що застосування математичного програмування, алгоритмів на основі правил та штучного інтелекту (AI) дає змогу мінімізувати ці проблеми завдяки точному прогнозуванню потреби в персоналі; автоматизації розподілу змін з урахуванням обмежень (ТК, норми відпочинку, кваліфікація); адаптації до динамічних умов бізнесу.

Мета дослідження полягає у науковому обґрунтуванні та практичній реалізації методів оптимізації для підвищення ефективності планування робочих графіків. Для досягнення мети необхідно проаналізувати наявні методи оптимізації та їх застосовність у кадровому плануванні; визначити ключові критерії оптимальності (мінімізація витрат, баланс навантаження, дотримання трудового законодавства).

Методи оптимізації являють собою сукупність математичних та обчислювальних підходів, спрямованих на пошук оптимального рішення в рамках заданих критеріїв та обмежень. Їх застосування поширене в різних сферах економічної діяльності, включно з логістикою, виробництвом, фінансами та телекомунікаціями, і сприяє підвищенню операційної ефективності, скороченню витрат та прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. У сфері управління персоналом ці методи використовуються для вирішення завдань оптимізації робочих розкладів, розподілу трудових обов'язків та управління змінним режимом роботи.

Ступінь ефективності функціонування підприємства значною мірою залежить від раціонального використання наявних ресурсів, серед яких людський капітал займає провідне місце. Планування трудових графіків є стратегічно важливим процесом, оскільки саме воно визначає розподіл робочого часу між працівниками для виконання операційних цілей, задоволення потреб клієнтів та дотримання нормативних вимог. Водночас неефективність ручного планування може стати причиною системних проблем, які суттєво впливають на результативність діяльності організації [1].

Однією з ключових проблем у сфері управління персоналом є дисбаланс у розподілі робочого навантаження, який проявляється у вигляді надмірного завантаження одних працівників за одночасного недостатнього використання інших. Таке явище має низку негативних наслідків: перевантажені співробітники відчують хронічний стрес і втому, що призводить до зниження продуктивності, зростання кількості помилок та погіршення якості виконуваної роботи. З іншого боку, недостатньо завантажені працівники схильні до втрати мотивації, зниження зацікавленості у трудовій діяльності, що також негативно впливає на загальну ефективність організації.

Ще однією суттєвою проблемою є нераціональне використання трудових ресурсів, що веде до зростання витрат на оплату праці. За ручного планування робочого графіка важко точно прогнозувати необхідну кількість персоналу у різні періоди часу. Внаслідок цього виникають дві протилежні, але однаково шкідливі ситуації:

1. Дефіцит кадрів у пікові періоди, що змушує компанію оплачувати додаткові години або понаднормову роботу, збільшуючи витрати.

2. Надлишок персоналу у періоди низького навантаження, коли компанія зобов'язана виплачувати заробітну плату працівникам, які не задіяні у повному обсязі.

Обидва сценарії призводять до неоптимальних витрат на персонал та зменшення прибутковості бізнесу. До того ж неефективне планування робочого графіка спричиняє зниження продуктивності. Неправильний розподіл завдань, недостатня кількість працівників у критичні моменти або недостатній рівень кваліфікації окремих співробітників призводять до уповільнення операційних процесів, порушення термінів виконання завдань та зниження якості наданих послуг або вироблених продуктів.

Також недосконала система планування графіків, відсутність гнучкості та ігнорування індивідуальних потреб персоналу можуть стати причиною підвищеної плинності кадрів. Співробітники, які постійно стикаються з перевантаженням, нестачею часу на відпочинок або незадоволеністю графіком роботи, схильні до пошуку альтернативних місць працевлаштування. Це змушує компанію нести додаткові витрати на рекрутинг, адаптацію та навчання нового персоналу [4].

Для подолання цих проблем і підвищення ефективності управління персоналом, підприємства використовують методи оптимізації для автоматизованого та інтелектуального планування розкладу роботи. У табл. 1 представлені кілька ключових методів, які застосовуються в цій сфері.

Таблиця 1 – Методи оптимізації для планування розкладу роботи персоналу

Метод оптимізації	Використання в плануванні розкладу для персоналу
Математичне програмування (лінійне, цілочисельне)	Формулюється як задача оптимізації: мінімізується кількість годин, витрати або перевищення норми, враховуються обмеження (зміни, відпустки)
Алгоритми на основі правил	Задаються фіксовані правила (напр., не більше 40 год/тиждень, не більше 2 змін поспіль) – система формує розклад, перевіряючи відповідність
Методи штучного інтелекту AI	Моделі навчаються на історичних даних і прогнозують оптимальний розподіл змін з урахуванням попередніх результатів і поведінки працівників

Впровадження методів оптимізації у процеси планування трудових графіків персоналу становить стратегічно важливий напрям для сучасних підприємств, що прагнуть досягти підвищення операційної ефективності, зниження витрат і створення оптимальних умов праці. Вибір конкретного оптимізаційного інструментарію обумовлений специфікою господарської діяльності організації, рівнем складності планувальних завдань та наявністю ресурсного забезпечення.

Висновки. Застосування оптимізаційних методологій є науково обґрунтованим підходом до вирішення складних задач кадрового планування. Їх імплементація дає змогу досягти раціоналізації використання трудового потенціалу; мінімізації операційних витрат; підвищення рівня продуктивності праці; поліпшення соціально-трудових умов для персоналу.

Подальший розвиток даного напрямку досліджень та його широке впровадження у практику управління персоналом сприятиме системному вдосконаленню механізмів планування робочого розкладу на рівні окремих підприємств.

Список використаних джерел

1. Панчук А. С., Ляліна Н. С. Соціально-економічні проблеми управління бізнесом: монографія. Харків: ФОП Федорко, 2021. 210 с. URL: <https://surli.cc/btnmlu>
2. Івченко І. Ю. Математичне програмування: навч. посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 232 с.
3. Жуковська А. Методи планування та розподілу завдань у тайм-менеджменті. *Соціально-економічні відносини в цифровому суспільстві. Socio-Economic Relations in the Digital Society*. 2023. Т. 1, № 47. С. 50–60. DOI: 10.55643/ser.1.47.2023.478. URL: <https://www.ser.net.ua/index.php/SER/article/view/478>
4. Ouazene Y., Arbaoui T., Yalaoui F. Planning and Scheduling Optimization. *MDPI*. 2021. Vol. 11, iss. 19. P. 1–7. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/8980>

УДК 519.8:614.2

*Зигарь Д. Д., здобувач вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Рузакова О. В., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Оптимізація являє собою науково обґрунтований процес пошуку оптимального варіанта серед можливих альтернатив, спрямований на досягнення екстремуму (максимуму чи мінімуму) цільової функції з урахуванням накладених обмежень. Вона є фундаментальним складником дослідження операцій, де застосовуються строгі математичні моделі та кількісні методи для підвищення якості управлінських рішень у складних системах, зокрема в медичній галузі. Використання оптимізаційних підходів дає можливість замінити суб'єктивні оцінки на точні розрахункові методи, що забезпечує раціональний розподіл ресурсів та оптимізацію медичних процесів. Особлива актуальність цих методів у системах охорони здоров'я обумовлена їх високою складністю, наявністю багатьох взаємозалежних елементів та необхідністю знаходити баланс між ефективністю, якістю й економічною доцільністю. Це дає змогу не лише аналізувати наявні процеси, а й визначати оптимальні стратегії використання обмежених ресурсів для покращення результатів у сфері охорони здоров'я.

Сучасні дослідження в галузі оптимізації медичних систем підкреслюють критичну роль математичного моделювання для підвищення ефективності охорони здоров'я. Зростання витрат, дефіцит ресурсів (лікарні, персонал, обладнання) та вимоги до якості медичних послуг обумовлюють необхідність розробки та впровадження науково обґрунтованих методологій управлінських рішень [1].

Метою роботи є дослідження застосування методів оптимізації в системах охорони здоров'я, зокрема:

- аналіз ефективності лінійного програмування для розподілу ресурсів;
- оцінка можливостей імітаційного моделювання для покращення роботи медичних закладів;

– визначення оптимальних стратегій управління в умовах обмежених ресурсів.

Розглянемо застосування методів оптимізації для вирішення проблем ефективності в системах охорони здоров'я.

Суть оптимізації полягає у пошуку абсолютно найкращого рішення з урахуванням всіх обмежень. Вона включає визначення мети (цільової функції), ідентифікацію змінних рішення та розуміння обмежень. Це забезпечує структурований аналітичний підхід, що є критично важливим у сфері, де рішення можуть мати серйозні наслідки [2].

Загальна задача оптимізації може бути сформульована таким чином:

$$\min(\text{або } \max)f(x) \quad (1)$$

за умов:

$$\begin{aligned} g_i(x) &\leq b_i, \quad \forall i \in \{1, \dots, m\}, \\ h_j(x) &\leq c_j, \quad \forall j \in \{1, \dots, p\}, \\ x &\in X, \end{aligned} \quad (2)$$

де $f(x)$ – цільова функція, яку необхідно оптимізувати;

x – вектор змінних рішення;

$g_i(x) \leq b_i$ та $h_j(x) = c_j$ – функціональні обмеження;

X – множина допустимих рішень, що визначається обмеженнями на змінні (наприклад, невід'ємність).

Серед методів оптимізації виділяють лінійне програмування (ЛП), яке застосовується для задач розподілу ресурсів (фінансів, персоналу, ліжок-місць) з лінійними цільовою функцією та обмеженнями [3]. Наприклад, задача максимізації кількості пролікованих пацієнтів за обмеженого бюджету.

Задача лінійного програмування має вигляд:

$$\max \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (3)$$

за умови:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \\ x_j &\geq 0; \quad j = 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (4)$$

де x_j – змінні рішення (наприклад, кількість пацієнтів певного типу або обсяг ресурсів);

c_j – коефіцієнти цільової функції (наприклад, прибуток або кількість пацієнтів);

a_{ij} – технологічні коефіцієнти;

b_i – обмеження ресурсів.

Імітаційне моделювання дає змогу створити комп'ютерну модель системи (наприклад, приймального відділення) та протестувати різні сценарії змін перед їх реальним впровадженням [4]. Це корисно для аналізу динаміки системи, виявлення «вузьких місць» та оцінки впливу потенційних покращень.

До інших методів оптимізації, застосовних в охороні здоров'я, належать ціло-числове програмування, нелінійне програмування, динамічне програмування, стохастичне програмування, мережева оптимізація, евристичні та метаевристичні методи, а також програмування в обмеженнях. Вибір методу залежить від специфіки проблеми, даних та цілей [4].

Застосування ЛП в охороні здоров'я демонструє ефективність під час розв'язання задач оптимального розподілу ресурсів. Типовим прикладом є стратегічне планування бюджету медичного закладу, де за допомогою ЛП визначається оптимальний розподіл коштів між підрозділами з метою максимізації кількості пацієнтів. Це моделювання враховує ключові фактори, як от вартість лікування для різних категорій хворих, місткість відділень та загальні бюджетні обмеження, що дає змогу керівництву лікарні приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу фінансування.

Імітаційне моделювання знаходить широке застосування в оперативному управлінні медичними закладами. Зокрема, цей метод є незамінним для аналізу та вдосконалення роботи приймальних відділень. Створення комп'ютерної моделі роботи відділення дає змогу медичним адміністраторам:

- досліджувати вплив різних факторів на потоки пацієнтів;
- тестувати альтернативні варіанти організації робочого процесу;
- оцінювати ефективність різних схем розподілу персоналу;
- моделювати різні сценарії обслуговування.

Особливу цінність імітаційне моделювання має для оптимізації часу очікування пацієнтів. Шляхом багаторазового тестування різних конфігурацій робочих процесів і кадрового розкладу можна визначити оптимальну модель організації роботи відділення, яка забезпечує мінімальні терміни очікування за максимальної ефективності використання ресурсів [4]. Такі моделі дають змогу прогнозувати наслідки організаційних змін до їх практичного впровадження, знижуючи ризики та економлячи кошти закладу.

Обидва методи – лінійне програмування та імітаційне моделювання – є потужними інструментами в руках керівників медичних установ, що дають змогу перейти від інтуїтивних рішень до науково обґрунтованого управління, заснованого на точних розрахунках і прогнозуванні. Їх комплексне застосування відкриває нові можливості для підвищення ефективності роботи закладів охорони здоров'я та поліпшення якості медичного обслуговування.

Висновки. Методи оптимізації надають об'єктивні, науково обґрунтовані підходи до ефективного використання обмежених ресурсів в охороні здоров'я. Їх застосування призводить до скорочення витрат, зменшення часу очікування, підвищення якості та ефективності послуг. Успішне впровадження вимагає якісних даних, міждисциплінарної команди та підтримки керівництва. Інвестиції в оптимізацію є стратегічно важливими для стабільності системи охорони здоров'я та добробуту суспільства.

Список використаних джерел

1. Yinusa A., Faezipour M. Optimizing Healthcare Delivery. *Applied System Innovation*. 2023. Vol. 6, iss. 5. DOI: 10.3390/asi6050078. URL: <https://www.mdpi.com/2571-5577/6/5/78> (дата звернення: 12.05.2025).

2. Better Healthcare – How Resource Optimization Help Save More Lives. *eResourceScheduler*. URL: <https://www.eresourcescheduler.com/blog/better-healthcare-how-resource-optimization-can-help-save-more-lives> (дата звернення: 12.05.2025).
3. Woodruff J. MHA Patient Care Optimization. *Patient Better*. 06.08.2023. URL: <https://patientbetter.com/health-literacy-patient-care-optimization/> (дата звернення: 12.05.2025).
4. What Is Healthcare Technology Optimization and Why Is It Important? *Medical Revenue Cycle Specialists LLC*. 01.01.2023. URL: <https://www.medrevenuecycle.com/post/what-is-healthcare-technology-optimization-and-why-is-it-important> (дата звернення: 12.05.2025).

УДК 004.8:613.2

*Короленко С. О., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Веселовська Н. Р., д-р техн. наук, професор,
професор кафедри прикладної математики та кібербезпеки*

РОЗРОБКА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОЇ ЧЕРГИ ГРОМАДСЬКОГО ЗАКЛАДУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному динамічному світі, що стрімко трансформується під впливом цифрових технологій, зростає потреба у вдосконаленні підходів до організації взаємодії між громадянами та різноманітними сервісними структурами, зокрема державними установами. На тлі зростаючої значущості понять зручність, доступність, ефективність і прозорість обслуговування все частіше стає необхідним впровадження нових рішень, здатних забезпечити якісно новий рівень надання послуг. Одним із напрямів, що активно розвивається в цьому контексті, є автоматизація черг як невід'ємної частини сервісного обслуговування населення.

Традиційні механізми, до яких ми звикли ще з минулого століття – паперові списки, черги «вживу», суб'єктивні домовленості – дедалі частіше демонструють свою неадекватність в умовах зростаючого потоку клієнтів, підвищених вимог до точності та обліку, а також нових викликів, що стосуються безпеки, зокрема в контексті епідеміологічних загроз. Усе це формує соціальний запит на більш гнучкі, технологічні й водночас зручні для користувача рішення, що здатні адаптуватися до потреб конкретної установи або навіть ситуації.

У зв'язку з цим зростає актуальність розробки інформаційних систем, які б не лише замінювали паперові черги на електронні таблиці, а й формували принципово нову логіку організації процесу обслуговування. Йдеться про створення систем, які враховують людський фактор, потребу у зворотному зв'язку, необхідність контролю й аналітики, а також готовність до розширення й інтеграції з іншими сервісами. В цьому контексті особливе значення набуває концепція електронної черги – інструменту, який має на меті не просто регулювати потоки відвідувачів, а створювати цілісну систему управління часом, ресурсами і взаємодією.

Розробка подібної системи є складним і багатогранним процесом, що передбачає не лише суто програмну реалізацію, а й врахування психологічних, соціаль-

них та організаційних аспектів. Під час дослідження було поставлено завдання створити таку систему електронної черги, яка б урахувала недоліки наявних підходів, водночас залишаючись доступною, простою у використанні та потенційно масштабованою. У фокусі розробки перебувала ідея створення рішення, яке не вимагало б значних технічних знань для впровадження, але могло б забезпечити відчутне полегшення як для клієнтів, так і для співробітників установ.

У процесі реалізації проєкту значна увага приділялася не лише технічним аспектам, а й концептуальному наповненню – структурі взаємодії між користувачем і системою, сценаріям роботи, зручності інтерфейсу. Було здійснено спробу поєднати сучасні технологічні можливості з потребами конкретних установ, як-от центри надання адміністративних послуг, медичні заклади, університети, де потік відвідувачів постійний, а ефективність організації має вирішальне значення.

Також важливо наголосити, що ця система не є виключно технічним проєктом – вона є частиною загального бачення цифрової трансформації сервісного простору. Її впровадження має потенціал впливати не лише на швидкість чи порядок обслуговування, але й на загальне враження громадян від взаємодії з державою чи іншими інституціями. Це враження, сформоване завдяки дрібницям – чи легко записатися, чи зрозуміло відслідковувати свій статус, чи можна уникнути зайвого очікування – і є тим, що формує рівень довіри й задоволеності.

Отже, в межах цієї статті було проведено комплексне осмислення ідеї електронної черги як соціально значущого сервісу. Результатом стало рішення, яке далі може бути адаптоване, розширене, інтегроване з іншими сервісами, зокрема через API або спеціальні модулі. Перспективи його розвитку включають і автоматизовану аналітику, і інтеграцію з мобільними платформами, і навіть елементи штучного інтелекту, однак вже зараз система є повноцінним функціональним продуктом, готовим до пілотного впровадження в умовах реального середовища.

Список використаних джерел

1. Кривунець О. М. Комп'ютеризована система електронної черги. Бакалаврський дипломний проєкт зі спеціальності 123 Комп'ютерна Інженерія, Вінниця: ВНТУ, 2022. URL: <https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/4682.pdf>
2. What Technologies Are Used in Queue Management Systems. Oct 28, 2024. URL: <https://efficientsystems.hashnode.dev/what-technologies-are-used-in-queue-management-systems>
3. Тулашвілі Ю. Web-програмування. MERN fullstack development: навчальний посібник. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2023. 242 с. URL: surl.li/skplfc
4. Томашевський В. М. Моделювання систем. Київ: Видавнича група BHV, 2005. 352 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Tomashev_2005_352.pdf

*Костенко Р. О., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Поремський Ю. В., канд. техн. наук, старший
викладач кафедри інформаційних технологій*

МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВОЛОНТЕРСЬКОЇ ДОПОМОГИ ВЕТЕРАНАМ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Поточна повномасштабна війна в Україні створила унікальні виклики для державного управління, соціальної інфраструктури та громадянського суспільства. Одним із найбільш чутливих напрямів стала підтримка ветеранів – військово-службовців, які повертаються до цивільного життя після виконання бойових завдань. Успішна реінтеграція цієї категорії громадян є критично важливою не лише для їхнього фізичного та психологічного добробуту, а й для зміцнення стійкості суспільства загалом.

Згідно з даними Міністерства у справах ветеранів України, у найближчі роки кількість осіб, які матимуть статус учасника бойових дій, зростатиме в геометричній прогресії. Це ставить перед суспільством питання не лише пільг та формальної підтримки, а й створення зручного механізму щоденної взаємодії, допомоги та комунікації. На цьому тлі надзвичайно важливою стає роль волонтерського руху – динамічної та гнучкої форми громадської участі, яка часто діє ефективніше, ніж традиційні бюрократичні інституції. Проте самі волонтерські ініціативи мають низку обмежень – від відсутності координації до нестачі технологічної підтримки.

Як засвідчено у джерелах [1], сьогодні значна частина волонтерських сервісів та платформ працюють без єдиної структури, що призводить до дублювання зусиль, втрати часу, а подекуди – до виникнення недовіри з боку користувачів. Особливо це стосується ветеранів, які через специфіку свого досвіду потребують підвищеного рівня конфіденційності, поваги до приватності, а також чітких, зрозумілих та оперативних алгоритмів взаємодії. Водночас, як зазначають аналітики [2], приклади з інших сфер – зокрема цифрової інклюзії під час пандемії COVID-19 – продемонстрували, що правильно спроектовані технологічні рішення можуть радикально змінити ефективність соціальної допомоги.

Попри наявність великої кількості мобільних застосунків соціального або волонтерського спрямування, проведений аналіз [3] виявив низку суттєвих прогалин у їх відповідності потребам українських ветеранів. Зокрема, більшість платформ не передбачають двосторонню верифікацію користувачів, не забезпечують шифрування особистих даних, не використовують адаптивні сценарії взаємодії або не підтримують локальні повідомлення про термінові запити допомоги. Такі обмеження істотно знижують потенційну ефективність використання подібних сервісів саме у військово-цивільному контексті.

У відповідь на ці виклики було розроблено концепцію спеціалізованого мобільного додатка, який слугуватиме платформою для оперативної взаємодії між

ветеранами, які потребують допомоги, та волонтерами, готовими її надати. Основу архітектури додатка складають такі компоненти:

- Безпечність та верифікація. Авторизація через Firebase Authentication дає змогу уникнути зловживань, забезпечити персоніфікацію запитів, а також захистити дані користувачів за допомогою шифрування.
- Геолокаційна підтримка. Інтеграція з Mapbox API дає змогу волонтерам бачити запити на карті в режимі реального часу.
- Сценарії взаємодії. Система передбачає створення запитів, їх перегляд, прийняття волонтерами, зворотний зв'язок після виконання завдання, а також можливість позначати виконані запити.
- Простота інтерфейсу. Особлива увага приділена користувацькому досвіду: мінімалістичний дизайн, великі кнопки, контрастна палітра, адаптивність до людей з вадами зору.
- Технічна оптимізація. Використання Kotlin Coroutines забезпечує ефективну обробку запитів без блокування основного потоку додатка.
- Push-сповіщення. Firebase Cloud Messaging використовується для інформування волонтерів про підтвердження раніше створених запитів.

Реалізована модель функціонування платформи базується на двох основних ролях: ветеран (ініціатор запиту) та волонтер (виконавець). Запити можуть містити короткий опис ситуації, категорію потреби (транспорт, супровід, доставка ліків тощо) та фото проблеми. Після підтвердження запиту волонтер отримує доступ до контактної інформації для узгодження деталей.

З урахуванням аналізу потреб цільової аудиторії [4], наявних рішень і технічних можливостей було сформульовано низку рекомендацій щодо подальшої розробки та впровадження цифрових сервісів для ветеранів. По-перше, доцільно забезпечити офіційну інтеграцію з державними реєстрами (наприклад, «Дія» або Єдиний реєстр ветеранів), що дає змогу автоматично підтверджувати статус користувача та уникати шахрайства. По-друге, інтерфейс додатка має бути максимально інклюзивним: підтримка темної теми, голосових підказок, масштабованого шрифту, а також можливість використання жестів. Третім важливим напрямом є впровадження пріоритезації запитів – наприклад, за терміновістю або критичністю – що дає змогу волонтерам краще розподіляти зусилля. До того ж бажано передбачити можливість мультипрофільного доступу, коли одна особа може виконувати роль як ветерана, так і волонтера, залежно від ситуації. Не менш важливо впровадити модуль аналітики та статистики, який даватиме змогу відстежувати динаміку запитів, навантаження на волонтерів, час реакції та рівень задоволеності, що стане основою для подальших рішень на рівні політик. У перспективі також доцільно розглянути інтеграцію з елементами штучного інтелекту – наприклад, для автоматичного підбору волонтера на основі його історії, геолокації та поточного навантаження.

Сьогодні, як ніколи, важливо використовувати інноваційні підходи для вирішення соціальних проблем, особливо у сфері допомоги тим, хто ціною власного здоров'я та життя захищає нашу державу. Запропонована концепція мобільного додатка спрямована на системне вирішення питання координації волонтерської

допомоги ветеранам через поєднання технологічних інструментів і гуманітарного підходу. Завдяки безпечній архітектурі, простому інтерфейсу та можливостям масштабування така платформа може стати ефективним посередником між тими, хто потребує допомоги, і тими, хто готовий її надати.

Розробка подібного рішення відкриває перспективи не лише для підвищення ефективності волонтерської діяльності, але й для формування стійкої цифрової екосистеми підтримки ветеранів, що інтегрується у ширший контекст цифрової трансформації держави. Подальші дослідження можуть зосередитися на UX-тестуванні серед реальних користувачів, оцінці економічної доцільності масштабування проєкту, а також на розробці нормативної бази, яка регламентуватиме обробку чутливих даних у межах таких сервісів.

Список використаних джерел

1. Шапошникова І. В., Макара М. М. Інноваційні соціальні технології у роботі з учасниками бойових дій. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: педагогіка та психологія*. 2024. № 3. DOI: 10.54929/2786-9199-2024-3-03-01.
2. Давиденко Г. Інклюзія та доступність: соціальна діджиталізація: монографія. Вінниця: Твори, 2023. 240 с. URL: https://vsei.vn.ua/images/Doc/Nauka/Inclusivna_osvita/cifrova-inklyuzya-ta-dostupnist-socialna-didzhitalizaciya.pdf
3. Аналіз системи соціального захисту ветеранів та військовослужбовців. National Endowment for Democracy. 2022. URL: <https://legal100.org.ua/wp-content/uploads/2022/08/2022-Bila-kniga.pdf>.
4. Гальчинська О., Єрмак І., Тарко А. Застосування технічних прийомів у дизайні інтерфейсів для волонтерських організацій. Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного дизайну» (м. Київ, 27 квітня 2023 р.): у 2 т. Київ: КНУТД, 2023. Том 1. С. 320–323. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/24663/1/APSD_2023_V1_P320-323.pdf

УДК 621.395.61:004.942:534.6:623.4/.5

*Кохан Д. Ю., здобувач вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТА ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ МІКРОФОНІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні умови ведення бойових дій та забезпечення безпеки критичної інфраструктури висувають підвищені вимоги до систем виявлення повітряних загроз. Особливу небезпеку становлять низьколітаючі малорозмірні об'єкти, як-от безпілотні літальні апарати (БПЛА) та крилаті ракети, які часто є складними цілями для традиційних радіолокаційних систем (РЛС) через їх малу ефективну площу розсіювання та здатність рухатися на малих висотах, використовуючи рельєф місцевості [1]. Акустичні системи локації завдяки їх пасивності, потенційно меншій вартості та стійкості до деяких видів радіоелектронної протидії можуть стати важливим елементом комплексних систем безпеки.

Метою цієї роботи є розробка та дослідження симуляційної моделі системи акустичного локатора для виявлення та визначення 2D-координат повітряних цілей. Розроблена модель, реалізована на мові програмування Python з використанням бібліотеки Matplotlib для візуалізації, імітує ключові етапи роботи такої системи. Програмний код моделі доступний у репозиторії проєкту на GitLab: <https://gitlab.com/pumax5/acousticlocatorproject.git>

Система включає масив з чотирьох мікрофонів, для яких можуть бути задані різні типи діаграм спрямованості: всеспрямована та вузькоспрямована. Для спрямованих мікрофонів реалізовано механізм математичного наведення на попередньо оцінену позицію цілі. Коефіцієнт підсилення G вузькоспрямованого мікрофона залежно від кута відхилення θ реального напрямку на ціль від напрямку наведення мікрофона описується так:

$$G(\theta) = \begin{cases} G_1, & |\theta| \leq \alpha; \\ G_2, & |\theta| > \alpha, \end{cases}$$

де α – половина кутової ширини основного пелюстка діаграми направленості;

G_1 – коефіцієнт підсилення в межах основного пелюстка;

G_2 – коефіцієнт підсилення поза основним пелюстком.

Модель імітує поширення акустичного сигналу від цілі (синусоїдальний сигнал) до кожного мікрофона, враховуючи часові затримки, згасання сигналу обернено пропорційно відстані та додавання адитивного білого гаусового шуму для забезпечення заданого співвідношення сигнал / шум.

Визначення координат цілі базується на методі різниці часу прибуття сигналів. Оцінка різниці часу прибуття Δt між опорним мікрофоном (з індексом 0) та іншими мікрофонами з індексом k здійснюється за допомогою методу взаємної кореляції оброблених сигналів [2]. Отримані значення різниці часу прибуття використовуються для розв'язання системи нелінійних рівнянь методом мультилатерації (з використанням оптимізації за методом найменших квадратів) для обчислення 2D-координат цілі:

$$\sqrt{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2} - \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} = c \times \Delta t_{k,0},$$

де (x, y) – шукані координати цілі;

(x_k, y_k) – координати k -го мікрофона;

(x_0, y_0) – координати опорного мікрофона (мікрофона з індексом 0);

c – швидкість звуку;

$\Delta t_{k,0}$ – оцінена різниця часу прибуття сигналу між k -м та опорним мікрофоном.

Розроблена симуляційна модель дає змогу візуалізувати рух кількох цілей (включно зі «своїми» та «ворожими»), їх реальні та оцінені траєкторії, роботу мікрофонів та засобів протидії (рухомий ЗРК з логікою перезарядки та запобігання ураженню своїх об'єктів) [3]. На рис. 1 представлено головне вікно симуляції.

На рисунку показано 2D-карту з мікрофонами (M1-M4), ЗРК та його зоною виявлення. Візуалізуються активні цілі (наприклад, ворожа) з реальною та оціненою траєкторіями, а також її координати. Легенда пояснює позначення. Під картою – графіки сигналів з мікрофонів, праворуч – динамічні полярні діаграми спря-

мованості для М3 та М4, що показують їх наведення та напрямок на ціль. Заголовок вікна інформує про час, кадр та стан ЗРК.

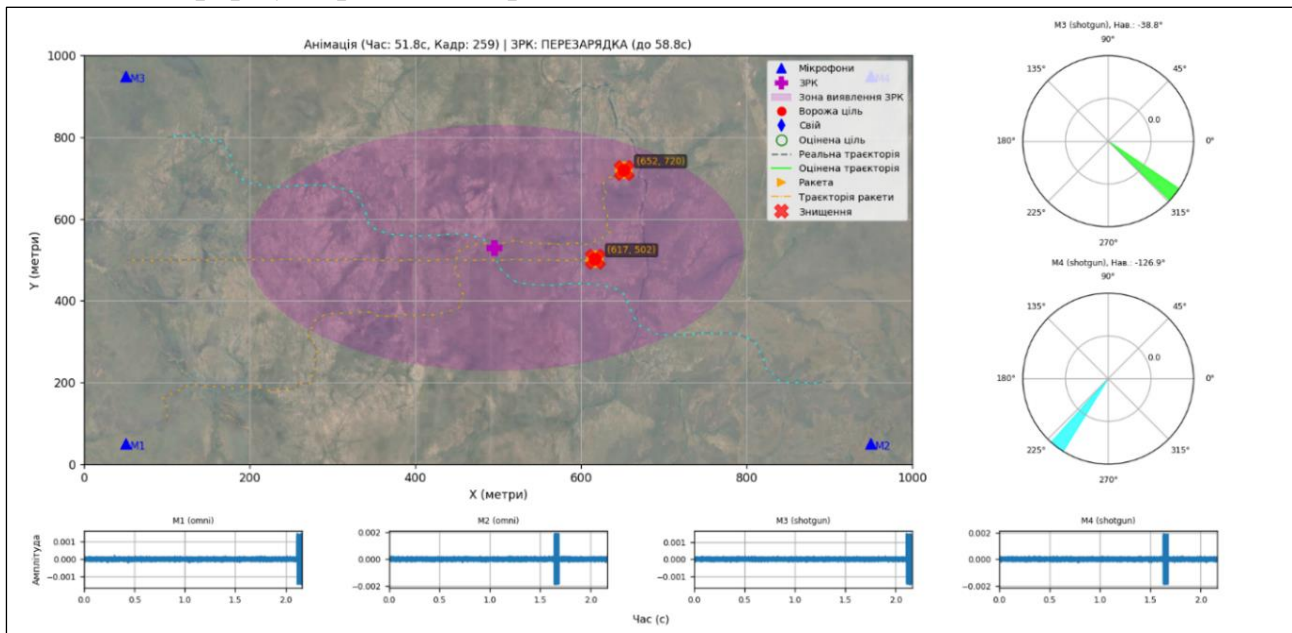


Рис. 1. Головне вікно моделі акустичного локатора

Для наочного представлення теоретичних характеристик мікрофонів модель генерує окреме вікно з діаграмами спрямованості для перших двох мікрофонів (М1 та М2) відповідно до їх типів, заданих у файлі конфігурації. Приклад таких діаграм для випадку, коли обидва мікрофони (М1 та М2) налаштовані як всеспрямовані, показано на рис. 2.

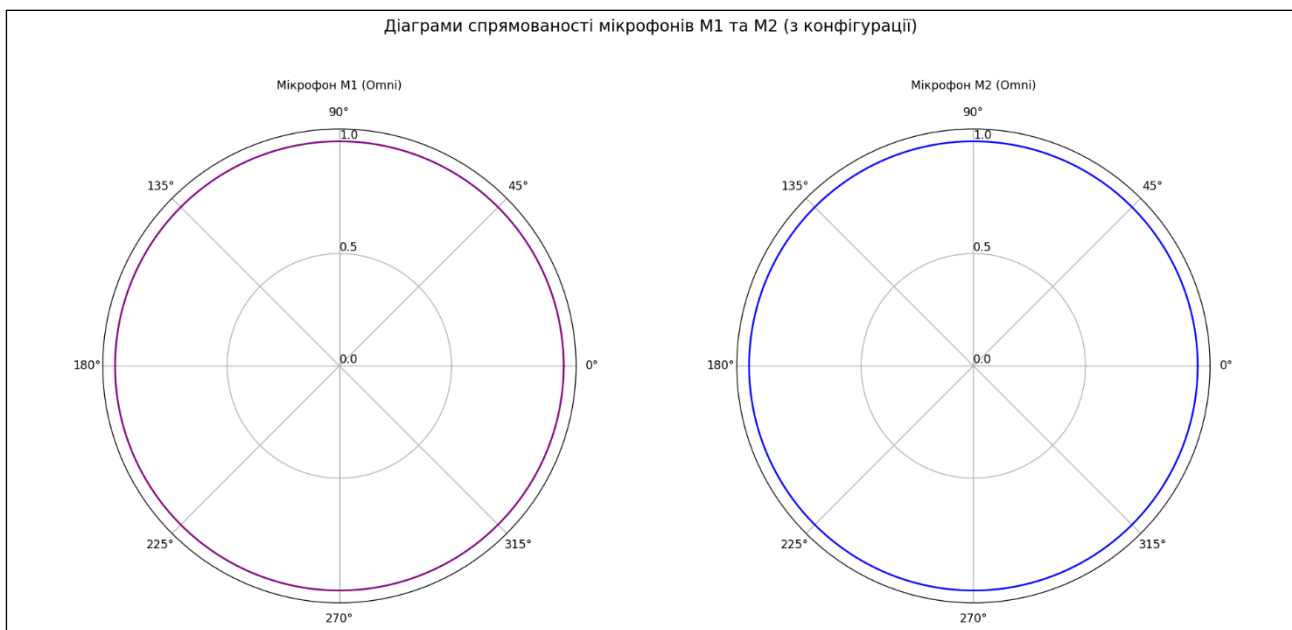


Рис. 2. Діаграми спрямованості для мікрофонів М1 та М2

На рисунку зображено дві полярні діаграми. Ліва діаграма (фіолетового кольору) відповідає мікрофону М1, права (синього кольору) – мікрофону М2. Обидві діаграми мають форму кола, що є характерним для всеспрямованих мікрофонів, які однаково чутливі до звуків з усіх напрямків у горизонтальній площині [4].

Проведене моделювання демонструє практичну корисність розробленого інструменту для дослідження систем акустичної локації. Модель дає змогу оцінювати вплив ключових параметрів системи на точність і ефективність локалізації, що є важливим для проєктування та оптимізації реальних систем. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення типів модельованих засобів протидії, вдосконалення алгоритмів обробки сигналів та врахування впливу факторів навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Сокольський С. О., Мовчанюк А. В. Електроакустичний тракт детектора для виявлення малих безпілотних літальних апаратів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2023. № 2. С. 135–144. URL: <https://surl.li/uhgwbf> (дата звернення: 16.05.2025).
2. Сокольський С. О., Мовчанюк А. В. Огляд методів виявлення та локалізації малих безпілотних літальних апаратів. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування*. 2021. № 87. С. 46–55. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/f49e2926-8e83-4fb7-80b2-21841787c88c/content> (дата звернення: 16.05.2025).
3. Comparison of acoustic localisation techniques for drone position estimation using real-world experimental data / A. Altena, S. Luesutthiviboon, G. de Croon, M. Snellen, M. Voskuil. *Proceedings of the 29th International Congress on Sound and Vibration (ICSV 2023)*. Crete, Greece, 9–13 July 2023.
4. Sound source localization for unmanned aerial vehicles in low signal-to-noise ratio environments / S. Wu, Y. Zheng, K. Ye, H. Cao, X. Zhang, H. Sun. *Remote Sens*. 2024. Vol. 16, № 11. P. 1847.

УДК 004.94:[617.5:355.1-056.266

Левченко М. Р., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій

МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ ПОРАНЕНИХ У ПОЛЬОВИЙ ГОСПІТАЛЬ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах ведення бойових дій організація медичної допомоги є критично важливим складником збереження життів. Польові госпіталі, як елемент мобільної медичної інфраструктури, відіграють ключову роль у наданні допомоги пораненим. Їх робота відбувається в умовах обмежених ресурсів, підвищеного навантаження та постійного ризику. Саме тому моделювання таких систем дає змогу виявити «вузькі місця», оптимізувати розподіл медперсоналу та зменшити час очікування лікування. Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю прийняття ефективних рішень на основі об'єктивного аналізу, який можна отримати через комп'ютерне моделювання [1].

У цій роботі було створено імітаційну модель потоку поранених у польовий госпіталь з використанням засобів Python, зокрема бібліотек `simpy`, `matplotlib` та `streamlit`. В основу моделі покладено дискретно-подійну логіку: кожен пацієнт прибуває з випадковою затримкою, має певний ступінь тяжкості (легкий, серед-

ній, важкий) і потребує медичної допомоги. Для реалізації інтерфейсу було використано платформу Streamlit, яка дає змогу користувачу запускати симуляцію з різними параметрами через зручний вебінтерфейс [2; 3].

Основна логіка моделі реалізована у вигляді Python-скрипта. Створене інтерактивне середовище, де користувач задає кількість медиків, середній інтервал прибуття поранених і тривалість симуляції. Після натискання кнопки запускається симуляція, яка створює пацієнтів за розподілом ймовірностей. Важливим елементом є використання PreemptiveResource, що дає змогу моделювати пріоритети: важкі поранені можуть перервати лікування пацієнтів з меншою тяжкістю. Нижче наведено фрагмент коду, який відповідає за створення пацієнта, визначення його тяжкості та взаємодію з ресурсом (медичним персоналом):

```
def patient(env, name, hospital, stats, timeline):
    arrival_time = env.now
    severity = choose_severity()
    priority = {'важкий': 0, 'середній': 1, 'легкий': 2}[severity]

    with hospital.request(priority=priority, preempt=True) as req:
        yield req
        wait_time = env.now - arrival_time
        service_time = SERVICE_TIMES[severity]
        start_time = env.now

        try:
            yield env.timeout(service_time)
            end_time = env.now
            stats['wait_times'].append(wait_time)
            stats['service_times'].append(service_time)
            timeline.append((name, start_time, end_time, severity))
        except simpy.Interrupt:
            pass
```

Функція choose_severity() визначає тип травми пацієнта зі ймовірнісного розподілу:

```
def choose_severity():
    r = random.random()
    cumulative = 0
    for severity, prob in SEVERITY_DISTRIBUTION:
        cumulative += prob
        if r < cumulative:
            return severity
```

Далі модель візуалізує результати у вигляді горизонтальної діаграми Ганта. Пацієнти, які пройшли лікування, відображаються смужками різного кольору: зелений для легких, жовтий для середніх і червоний для важких. Це дає змогу наочно оцінити, які категорії пацієнтів накопичуються, як працює черга, скільки часу триває обслуговування [2].

```
for i, (name, start, end, severity) in enumerate(timeline):
    ax.barh(i, end - start, left=start, color=colors[severity])
    y_labels.append(name)
    y_ticks.append(i)
```

Результатом симуляції є таймлайн (Gantt-діаграма), що показує, як відбувалося лікування кожного пацієнта в часі. Колірні позначення відповідають типу травми: зелений для легких, жовтий для середніх і червоний для важких. Окрім візуалізації, користувач отримує розрахунок середнього часу очікування та лікування, що дає змогу оцінити ефективність системи за різних параметрів [4].

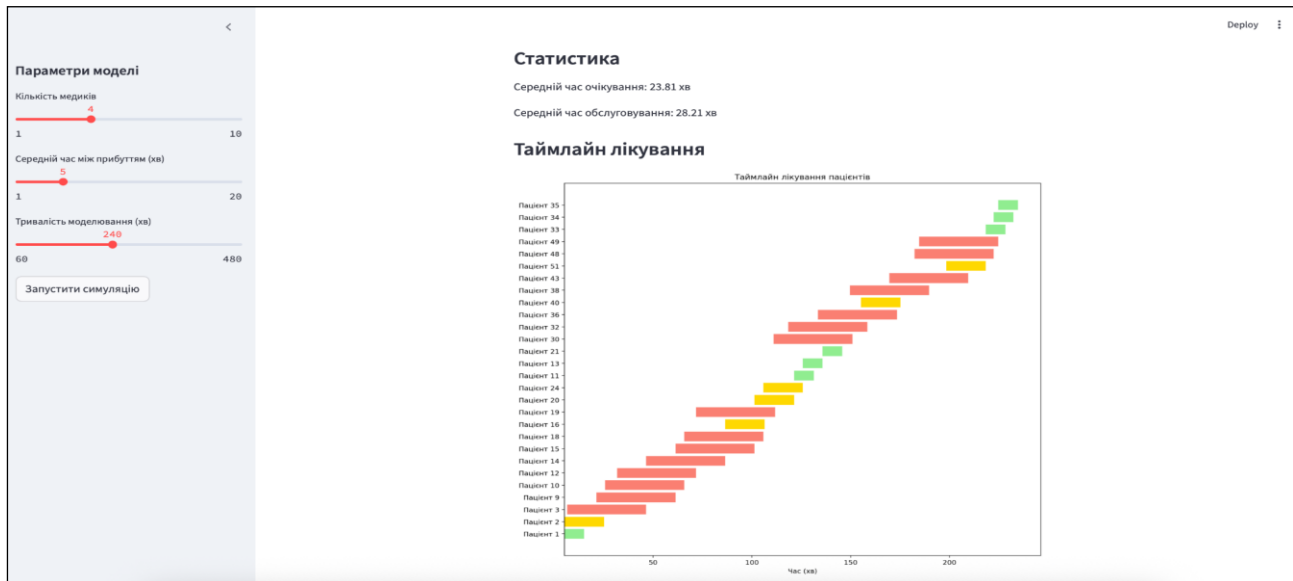


Рис. 1. Результат виконання програми

Наприклад, під час симуляції на 240 хвилин із трьома медиками та середнім інтервалом надходження поранених у 5 хвилин система обробила кілька десятків пацієнтів. Виявилось, що у разі зростання кількості важких випадків черги починають накопичуватись, а середній час очікування зростає. Це вказує на те, що у кризових ситуаціях варто збільшувати кількість медперсоналу або оптимізувати сортування поранених.

Отже, розроблена модель дає змогу гнучко й наочно аналізувати роботу польового госпіталю в умовах бойових дій. Завдяки інтерактивному інтерфейсу користувач має змогу досліджувати різні сценарії та оперативно реагувати на зміни. Такий підхід може бути використаний не лише для навчання, а й для прийняття рішень у реальних умовах обмежених ресурсів.

Список використаних джерел

1. Law A. M., Kelton W. D. Simulation Modeling and Analysis. 2007, McGraw-Hill Education.
2. Matloff N. Introduction to Discrete-Event Simulation and the SimPy Language. 2008.
3. Офіційна документація SimPy. URL: <https://simpy.readthedocs.io/>
4. Streamlit Docs. URL: <https://docs.streamlit.io/>

*Попик М. І., здобувач вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Римар П. В., старший викладач кафедри інформаційних технологій*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному світі логістика відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування підприємств та економіки загалом. Зростання обсягів товарообігу, розвиток електронної комерції, необхідність зниження витрат і покращення сервісу вимагають від компаній постійного вдосконалення логістичних процесів. У цьому контексті особливого значення набуває застосування методів оптимізації для аналізу ефективності логістичних систем.

Підвищення ефективності логістичних систем є пріоритетом для більшості підприємств, які прагнуть скоротити витрати, зменшити час доставки і поліпшити обслуговування клієнтів. Методи оптимізації дають змогу знайти найкращі рішення з-поміж багатьох можливих варіантів, що особливо важливо у випадках складної багаторівневої логістики. Сучасні логістичні мережі часто є динамічними, що вимагає адаптивних та швидкодіючих моделей управління, здатних реагувати на зовнішні виклики, як-от зміни вартісних параметрів, перебої з постачанням чи збої в транспортних маршрутах [1; 5].

Останніми роками відбувається значне зростання кількості наукових праць, присвячених застосуванню оптимізаційних алгоритмів у логістиці. Зокрема, активно досліджуються методи математичного програмування, еволюційні алгоритми, методи імітаційного моделювання, а також гібридні підходи. У роботах І. М. Коваленка [1], С. В. Пархоменка [2] показано, що використання комбінованих методів дає змогу досягти підвищення ефективності логістичних операцій до 15–25 %. До того ж дослідження, проведені в МІТ [6], свідчать про ефективність застосування моделей машинного навчання для прогнозування попиту та оптимізації складування.

Метою цієї роботи є дослідження можливостей застосування методів оптимізації для аналізу ефективності логістичних систем та розробка рекомендацій щодо їх удосконалення на прикладі транспортної логістики.

Завдання – проаналізувати наявні методи оптимізації, що застосовуються в логістиці, оцінити ефективність обраних методів на прикладі конкретної логістичної системи, розробити модель для аналізу ефективності з урахуванням специфіки логістичних процесів, порівняти результати до і після впровадження оптимізаційних підходів.

Для аналізу було обрано транспортну логістичну систему середнього підприємства, яке здійснює доставку товарів по регіонах України. Розглянуто застосування методу лінійного програмування для мінімізації витрат на перевезення,

генетичного алгоритму для оптимізації маршрутів доставки [2; 7] та моделі кластеризації для раціоналізації навантаження на транспортні засоби.

Уявімо, що підприємство має доставити товари до 6 пунктів: А, В, С, D, Е, F. Відомі відстані між пунктами. Завдання полягає в тому, щоб знайти найкоротший маршрут, який починається і закінчується в пункті А, охоплюючи всі інші точки лише один раз.

Для розв'язання використано генетичний алгоритм, що враховує:

- обмеження по вантажопідйомності транспорту;
- часові вікна доставки;
- коефіцієнти затримок у міських зонах.

Результат: початковий маршрут мав довжину 380 км. Після оптимізації – 295 км. Зменшення загального маршруту на 22 % дало змогу:

- скоротити витрати на паливо;
- зменшити кількість рейсів з 25 до 21;
- скоротити час доставки на 6 годин;
- знизити кількість простоїв на 4 години.

Етапи дослідження включали:

- збір статистичних даних щодо витрат, відстаней, кількості рейсів;
- побудову базової моделі логістичної мережі;
- формалізацію задачі оптимізації (TSP, CVRP);
- застосування оптимізаційних методів до вхідних параметрів;
- аналіз отриманих результатів.

У таблиці 1 наведено порівняльний аналіз витрат до і після застосування оптимізаційних методів.

Таблиця 1 – Порівняння логістичних витрат до та після оптимізації

Показник	До оптимізації	Після оптимізації
Середня відстань маршруту, км	380	295
Витрати на паливо, грн	58 000	44 500
Час доставки, год	28	22
Кількість рейсів	25	21
Вантажонавантажувальні витрати, грн	12 000	9 200
Зайві простої, год	6	2

За допомогою математичних методів вдалося зменшити загальні логістичні витрати на 25–30 %. Особливо ефективними виявилися адаптивні генетичні алгоритми [7], які дали змогу враховувати реальні обмеження (об'єм кузова, часові вікна клієнтів тощо).

Застосування методів оптимізації у логістичних системах є ефективним інструментом підвищення продуктивності та зниження витрат. Найбільшу ефективність демонструє комбіноване використання математичних та еволюційних методів, що допомагає адаптувати логістичні рішення до специфіки підприємства. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на інтеграції штучного інтелекту, Big Data та IoT у логістичні моделі, що відкриває нові горизонти для автоматизації та підвищення ефективності ланцюгів постачання.

Список використаних джерел

1. Назаренко Я. М. Оптимізація логістичних процесів із застосуванням генетичного алгоритму: кваліф. робота магістра зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2023. 84 с. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/15414>
2. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management. Pearson Education, 2021. 528 p.
3. Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E. Designing and Managing the Supply Chain. New York: McGraw-Hill, 2020. 440 p.
4. Захарченко Р., Расторгуєв В. ефективність використання оптимізаційних методів в задачах логістики. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 2025. Vol. 347(1). P. 362–367. DOI: 10.31891/2307-5732-2025-347-49.
5. MIT Center for Transportation & Logistics. URL: <https://ctl.mit.edu/> (date of access: 18.05.2025).
6. Gendreau M., Potvin J.-Y. Handbook of Metaheuristics. Springer, New York, Springer Publ., 2010. 640 p. DOI: 10.1007/978-1-4419-1665-5.

УДК 519.2:519.6:519.8

*Приходський Г. С., здобувач вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Рузакова О. В., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах високої складності та невизначеності метод Монте-Карло відіграє ключову роль у процесах аналізу, прогнозування та оптимізації систем. Він дає змогу оцінити ймовірності характеристики системи шляхом чисельного експерименту на основі випадкових величин. Сучасні дослідження підтверджують ефективність методу Монте-Карло у роботі зі складними стохастичними системами. Зокрема, у фінансах він використовується для оцінки ризиків інвестиційних портфелів, у логістиці – для оптимізації ланцюгів поставок, а в інженерії – для аналізу надійності технічних систем.

Метою роботи є дослідження застосування методу Монте-Карло для аналізу та оптимізації складних систем в умовах невизначеності та практична реалізація його під час моделювання інвестиційного портфеля.

Основна ідея методу Монте-Карло полягає у використанні великої кількості випадкових симуляцій для наближення розв'язку задач, які є складними або неможливими для аналітичного вирішення. Він особливо ефективний у випадках, коли система має стохастичну природу або значну кількість змінних і обмежень [1].

Метод Монте-Карло широко використовується:

- для моделювання поведінки динамічних систем зі стохастичними параметрами;
- під час оцінки ризиків у фінансових портфелях;

- для обчислення багатовимірних інтегралів у фізиці та інженерії;
- у задачах оптимального управління в умовах невизначеності;
- для перевірки надійності технічних систем;
- для пошуку оптимальних параметрів систем з багатьма змінними.

Один із прикладів використання методу Монте-Карло стосується оцінки ризиків та прибутковості інвестиційних портфель. Уявимо, що інвестор має портфель, який складається з акцій і облігацій. Для кожного з активів дохідність змінюється щороку залежно від ринкових умов. Інвестора цікавить ймовірність того, що через 10 років загальна вартість його портфеля перевищить певний фінансовий поріг, наприклад, 150 000 грн, враховуючи випадковий характер прибутковості.

Окрім оцінки ймовірностей, метод Монте-Карло може бути використаний і для оптимізації параметрів системи. Наприклад, інвестор може не лише оцінити ризики, а й знайти оптимальне співвідношення між акціями та делегаціями, яке максимізує ймовірність досягнення фінансового порогу або мінімізує ризик збитків. Це досягається шляхом тестування різних конфігурацій портфеля в межах великої кількості симуляцій [2].

Розглянемо, як працює метод Монте-Карло:

1. Визначається розподіл ймовірностей для дохідності кожного активу, наприклад, на основі історичних даних: для акцій середня дохідність може бути 7% зі стандартним відхиленням 20 %, а для облігацій – 3 % з відхиленням 5 %.
2. Створюється велика кількість симуляцій (наприклад, 10 000), у кожній з яких у випадковий спосіб генеруються дохідності для акцій і облігацій протягом кожного з 10 років.
3. Для кожної симуляції обчислюється, як змінюється загальна вартість портфеля з року в рік, враховуючи ці дохідності.
4. Після всіх симуляцій підраховується, у скількох випадках портфель перевищив заданий поріг.

Отже, інвестор отримує оцінку ймовірності досягнення бажаного фінансового результату та краще уявлення про ризики.

Нижче наведено приклад реалізації методу Монте-Карло в середовищі MATLAB для оцінки ймовірності досягнення заданого фінансового результату (рис. 1, 2). У цьому прикладі змодельовано інвестиційний портфель з акцій і облігацій, дохідність яких змінюється у випадковий спосіб протягом 10 років. Кожна симуляція показує один можливий сценарій розвитку подій, а результат дає змогу оцінити ймовірність перевищення порогового значення капіталу [3].

Внаслідок виконання моделі на основі методу Монте-Карло було отримано ймовірність у 56,10 % того, що інвестиційний портфель перевищить заданий фінансовий поріг у 150 000 грн протягом 10 років. Такий підхід дає змогу кількісно оцінити невизначеність, пов'язану з коливанням прибутковості активів, і забезпечує інвестору краще розуміння ризиків.

Метод Монте-Карло демонструє свою ефективність у задачах прогнозування, де значну роль відіграють випадкові фактори. Він дає змогу моделювати велику кількість можливих сценаріїв розвитку подій, аналізувати їх результати та оцінювати ймовірність досягнення цільових показників. У практиці фінансового

аналізу це сприяє ухваленню зважених рішень, орієнтованих на довгострокову ефективність інвестицій [4].

```
>> % Параметри
startCapital = 100000;           % Початковий капітал, грн
threshold = 150000;              % Поріг, який хочемо перевищити
years = 10;                      % Кількість років
simulations = 10000;             % Кількість симуляцій

% Параметри доходності
% Акції: середнє 7%, стандартне відхилення 20%
% Облігації: середнє 3%, стандартне відхилення 5%
stockMean = 0.07; stockStd = 0.20;
bondMean = 0.03; bondStd = 0.05;

% Частка портфеля: 60% акцій, 40% облігацій
stockShare = 0.6;
bondShare = 0.4;

% Ініціалізація змінної для підрахунку успішних симуляцій
successCount = 0;

% Основний цикл симуляцій
for i = 1:simulations
    capital = startCapital;
    for y = 1:years
        % Генерація випадкової доходності для кожного активу
        stockReturn = normrnd(stockMean, stockStd);
        bondReturn = normrnd(bondMean, bondStd);

        % Обчислення доходу портфеля
        totalReturn = stockShare * stockReturn + bondShare * bondReturn;

        % Оновлення капіталу
        capital = capital * (1 + totalReturn);
    end

    % Перевірка, чи перевищено поріг
    if capital > threshold
        successCount = successCount + 1;
    end
end

% Результат
probability = successCount / simulations;
fprintf('Ймовірність перевищення порогу %.0f грн: %.2f%%\n', threshold, probability * 100);
```

*Рис. 1. Реалізація методу Монте-Карло
для оцінки ймовірності прибутковості інвестиційного портфеля*

Ймовірність перевищення порогу 150000 грн: 56.10%

Рис. 2. Результат роботи програми

Отже, застосування методу Монте-Карло в аналізі складних систем із високим рівнем невизначеності є доцільним та інформативним інструментом, який розширює можливості планування, прийняття рішень та оптимізації конфігурацій систем, що працюють в умовах обмеженої передбачуваності.

Список використаних джерел

1. Kroese D. P., Taimre T., Botev Z. I. HandBook of Monte Carlo Methods. Wiley, 2013. 772 с. URL: url.it/eqsxhx (дата звернення: 12.05.2025).
2. Agarwal K. Monte Carlo Simulation Explained: A Guide for Investors and Analysts. 16.11.2025. URL: <https://www.investopedia.com/articles/investing/112514/monte-carlo-simulation-basics.asp#toc-uses-in-portfolio-management> (дата звернення: 12.05.2025).
3. Monte Carlo Simulation. MATLAB Documentation. MathsWorks. 2023. URL: <https://www.mathworks.com/discovery/monte-carlo-simulation.html> (дата звернення: 12.05.2025).

4. Glasserman P. Monte Carlo Methods in Financial Engineering. Springer, 2003. 596 p. URL: https://www.bauer.uh.edu/spirrong/Monte_Carlo_Methods_In_Financial_Enginee.pdf (дата звернення: 12.05.2025).

УДК 004.94:656.05 (043.2)

*Сапожнікова В. Є., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор
кафедри інформаційних технологій*

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СВІТЛОФОРА З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ANYLOGIC

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному світі ефективне управління транспортними потоками є однією з ключових проблем, що безпосередньо впливає на мобільність, безпеку та екологічний стан міст. В Україні спостерігається постійне зростання кількості автомобілів, що спричиняє перевантаження на перехрестях, затори та зниження якості пересування містом. У цих умовах особливої актуальності набуває цифровізація транспортної інфраструктури, зокрема впровадження розумних світлофорних систем, здатних динамічно реагувати на поточну дорожню ситуацію.

Для перевірки ефективності таких підходів доцільно використовувати імітаційне моделювання, що дає змогу дослідити поведінку системи до її реального впровадження. Середовище AnyLogic надає інструменти для створення цифрових копій транспортних об'єктів, у тому числі світлофорів, зі врахуванням логіки перемикання фаз, структури дорожньої мережі та змінного потоку транспорту.

У сфері інтелектуального управління дорожнім рухом «розумні» світлофори розглядаються як ефективний засіб зниження заторів у міському середовищі. Головна ідея таких систем полягає в динамічній зміні тривалості фаз світлофора залежно від реального стану трафіка. Це дає змогу скорочувати середній час очікування на перехрестях та підвищувати пропускну здатність вузлів транспортної мережі [1]. У моделюванні транспортних процесів подібні підходи демонструють високу ефективність у сценаріях зі змінною інтенсивністю руху, зокрема у години пік.

Суттєвим компонентом таких систем є механізм виявлення кількості транспортних засобів, які наближаються до перехрестя. У моделюванні це реалізується за допомогою логічних сенсорів або спеціальних блоків, які виконують роль точок детекції. Під час перетину автомобілем цієї зони відбувається інкремент змінної-лічильника (наприклад, `queueWest++`), яка відображає довжину черги. Коли автомобіль перетинає стоп-лінію – значення зменшується. На основі поточного значення черги система приймає рішення: або залишити зелений сигнал активним, або перейти до наступної фази [2].

AnyLogic чудово справляється з моделюванням широкого спектра транспортних сценаріїв – від простих маршрутів до складних міських перехресть. Завдяки

гнучкості середовища можна вручну створювати логіку світлофорів, визначати правила руху агентів, керувати чергами автомобілів та змінювати сигнали на основі поточних умов. Такий підхід дає змогу точно контролювати поведінку моделі та випробовувати різні алгоритми оптимізації руху без використання шаблонних компонентів [3].

Перед початком розробки логіки адаптивного світлофора необхідно змодельовувати перехрестя. Для цього у середовищі AnyLogic було використано бібліотеку Road Traffic Library, яка дає змогу створювати дорожню інфраструктуру з точним контролем руху, смугами, напрямками і логікою перетинів. За допомогою елементів цієї бібліотеки створено хрестоподібне перехрестя, яке включає чотири підходи – з півночі, півдня, заходу та сходу.

Кожна дорога містить сегмент руху, блок генерації машин (CarSource), точку завершення (CarDispose) і стоп-лінію, яка допомагає регулювати проїзд світлофором. Також визначено можливі траєкторії руху – прямо, ліворуч, праворуч – через конфігурацію стрілок і контурних ліній у центрі перехрестя. Створена конфігурація дає змогу перевіряти сценарії руху з різних напрямків та оцінювати ефективність світлофорного регулювання.

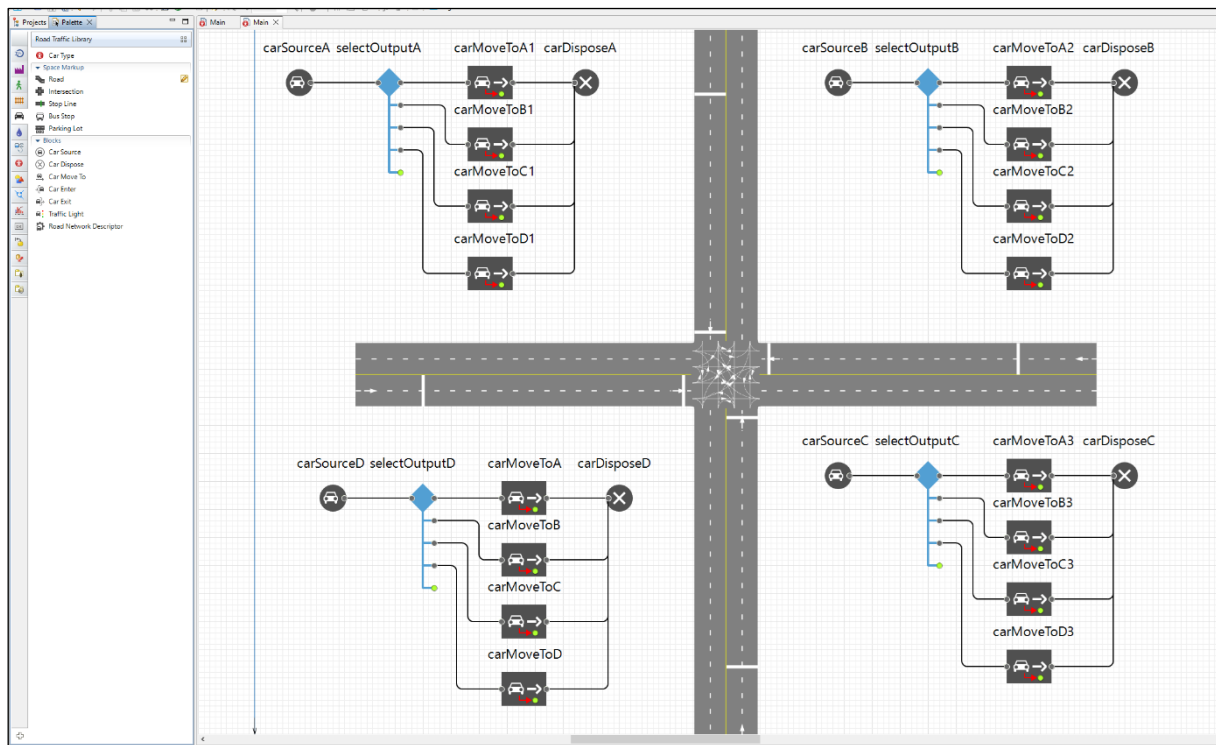


Рис. 1. Модель інтелектуального перехрестя в AnyLogic

Тепер доцільно приступити до регулювання руху. Загальна ідея полягає в імітації адаптивного, «розумного» світлофора, що змінює фази залежно від довжини черги автомобілів на кожному напрямку (захід, північ, схід, південь). Кожен напрямок має власний лічильник (queueWest, queueNorth тощо), який збільшується, коли машина в'їжджає в зону детекції, і зменшується після перетину перехрестя. Усі фази керуються подією (Event), яка циклічно перевіряє черги й перемикає фазу, якщо черга поточної фази дорівнює нулю. На кожному кроці модель активує одну з чотирьох фаз згідно зі змінною phaseIndex (0–3). Для активного напрямку встановлюється зелений сигнал, для решти – червоний. Після кож-

ного переключення phaseIndex змінюється на наступне значення, забезпечуючи ротацію між напрямками. Перед перемиканням фази подія оцінює довжину черг та визначає, наскільки довго має тривати зелений сигнал. Якщо максимальна черга ≥ 5 – 0 фаза триває 30 секунд, якщо ≤ 3 – 15 секунд, інакше – стандартні 20 секунд. Після цього подія перезапускається з оновленим інтервалом. Отже, світлофор динамічно реагує на ситуацію на дорозі без потреби у фіксованих таймерах.

```
// Обчислюємо тривалість фази залежно від найбільшої черги
int maxQueue = Math.max(Math.max(queueWest, queueNorth), Math.max(queueEast, queueSouth));
double phaseDuration;
if (maxQueue >= 5) { phaseDuration = 30; } // дуже довга черга - продовжуємо зелене
else if (maxQueue <= 3) { phaseDuration = 15; } // слабкий трафік - скорочуємо зелене
else { phaseDuration = 20; } // середній рівень - стандартна тривалість

switch (phaseIndex) { // Установка сигналів згідно з поточним індексом фази
case 0: // phaseIndex: 0=West
    stopLineWest.setSignal(SIGNAL_GREEN);
    stopLineNorth.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineEast.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineSouth.setSignal(SIGNAL_RED);
    break;
case 1: // phaseIndex: 1=North
    stopLineWest.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineNorth.setSignal(SIGNAL_GREEN);
    stopLineEast.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineSouth.setSignal(SIGNAL_RED);
    break;
case 2: // phaseIndex: 2=East
    stopLineWest.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineNorth.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineEast.setSignal(SIGNAL_GREEN);
    stopLineSouth.setSignal(SIGNAL_RED);
    break;
case 3: // phaseIndex: 3=South
    stopLineWest.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineNorth.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineEast.setSignal(SIGNAL_RED);
    stopLineSouth.setSignal(SIGNAL_GREEN);
    break;
}

phaseIndex = (phaseIndex + 1) % 4; // Готуємо індекс наступної фази
eventSmartTrafficLight.restart(phaseDuration, SECOND); // Рестарт з новим інтервалом
```

Рис. 2. Лістинг коду моделі «розумного» світлофора

Представлений фрагмент коду реалізує адаптивну логіку роботи світлофора на перехресті. Такий механізм дає змогу динамічно реагувати на зміну транспортного навантаження.

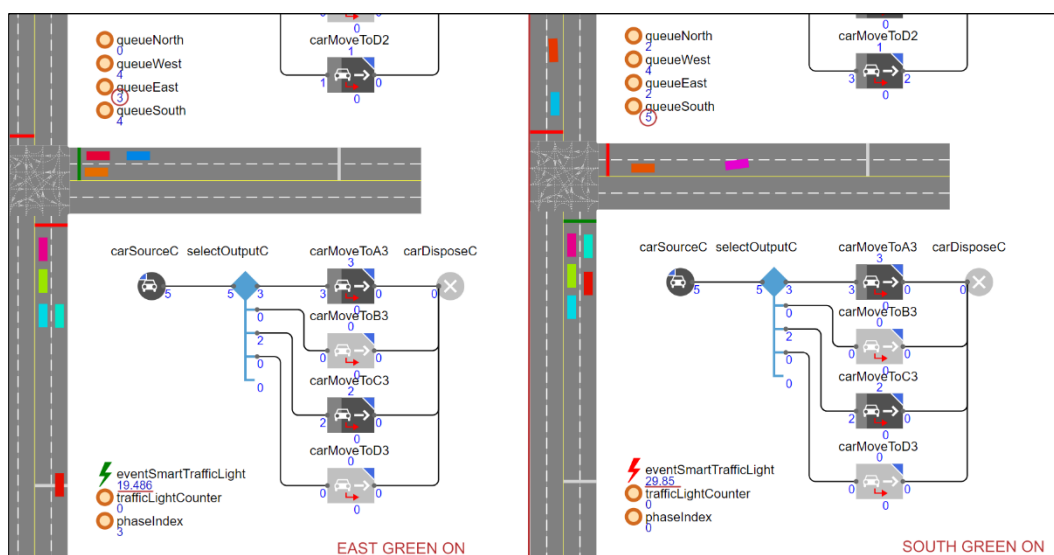


Рис. 3. Результат роботи «розумного» світлофора

Отже, реалізація адаптивного світлофора на основі довжини черги дасть змогу підвищити ефективність управління дорожнім рухом на перехресті. Це забезпечує динамічну реакцію на навантаження та зменшує затримки транспорту, а саме виконання динамічної зміни фаз не є проблемним.

Список використаних джерел

1. Comert G., Cetin M., Begashaw N. A Simple Traffic Signal Control Using Queue Length Information. *arXiv:2006.06337. Electrical Engineering and Systems Science*. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/342120862_A_Simple_Traffic_Signal_Control_Using_Queue_Length_Information
2. Aljaafreh A. Adaptive Traffic-Signal Control using Discrete Event Simulation Model. Academia.edu, 2016. *International Journal of Computer Applications*. 2014. Vol. 101, № 12. P. 7–12. DOI: 10.5120/17737-8910. URL: <https://research.ijcaonline.org/volume101/number12/pxc3898910.pdf>
3. Liu Y., Song Y. Research on Simulation and Optimization of Road Traffic Flow Based on AnyLogic. *8th International Symposium on Vehicle Emission Supervision and Environment Protection (E3S Web of Conferences)*. 2022. Vol. 360. URL: https://www.researchgate.net/publication/365687632_Research_on_simulation_and_optimization_of_road_traffic_flow_based_on_Anylogic

УДК 004.414.23:336.71

*Тищенко О. М., здобувач вищої освіти 2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Січко Т. В., канд. техн. наук, доцент, доцент
кафедри інформаційних технологій*

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАДАННЯ БАНКІВСЬКИХ ПОСЛУГ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах цифрової трансформації банківська сфера потребує ефективних інструментів для моделювання, аналізу та оптимізації бізнес-процесів. BPWin дає змогу детально відображати та вдосконалювати процеси надання банківських послуг, що підвищує продуктивність, мінімізує ризики та покращує клієнтський досвід.

Метою роботи є дослідження використання методології IDEF0 для моделювання банківських процесів, оцінка ефективності її застосування у фінансових установах.

Автоматизація та оптимізація бізнес-процесів у банківській сфері є важливими складниками підвищення конкурентоспроможності та якості обслуговування клієнтів. Інструмент побудови блок-схем за методологією IDEF0 дає змогу чітко структурувати робочі процеси, ідентифікувати вузькі місця та впроваджувати вдосконалення. Завдяки цьому банки можуть ефективніше керувати операційними процесами, підвищувати їх прозорість і відповідність сучасним вимогам ринку.

Інформаційні технології бізнес-моделювання надають користувачам широкий набір функцій для аналізу та моделювання процесів, зокрема:

- графічне представлення процесів: побудова моделі за методологією IDEF0, що дає змогу чітко візуалізувати послідовність процесів і взаємодію між ними;
- документування бізнес-процесів: формування звітів та описів процесів для подальшого аналізу та впровадження змін;
- ідентифікація вузьких місць: визначення проблемних ділянок у процесах, що можуть сповільнювати роботу або спричиняти ризики;
- оптимізація робочих процесів: внесення змін до моделі з метою вдосконалення ефективності та скорочення часу виконання завдань;
- інтеграція з іншими системами: можливість використання моделей у комплексних інформаційних системах банку.



Рис. 1. Контекстна діаграма процесу відкриття банківського рахунку

На рис. 1 зображено контекстну діаграму, яка відображає загальний процес надання банківських послуг. Вона містить:

- вхідні дані: заявка від клієнта, документи;
- керуючі фактори: вимоги банку, законодавство;
- механізми: співробітники банку, банківська система;
- вихідні дані: відкритий рахунок, реквізити.

На рис. 2 розглянуто процес детальніше. Він поділяється на такі підпроцеси:

- прийом заявки: клієнт подає заявку на відкриття рахунку;
- перевірка документів: банк перевіряє надані документи на відповідність;
- обробка заявки у системі: введення даних клієнта у банківську систему;
- створення рахунку: автоматичне або ручне створення рахунку;
- надання реквізитів: клієнт отримує реквізити та доступ до рахунку.

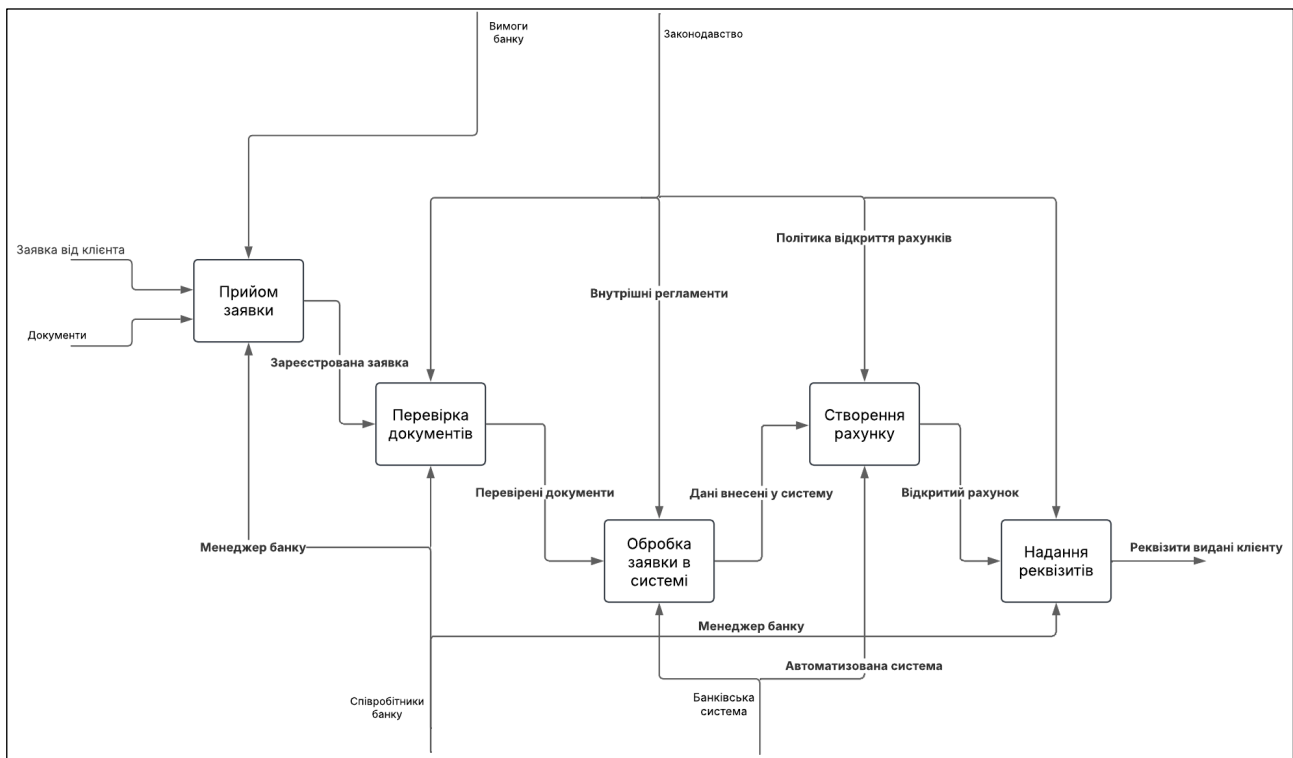


Рис. 2. Модель процесу відкриття банківського рахунку (IDEF0)

У процесі виконання роботи було використано методологію IDEF0 для моделювання процесу відкриття банківського рахунку. Ця методологія дає змогу чітко розподілити ролі та ресурси, визначити взаємозв'язки між підпроцесами та їх виконавцями.

Висновки. Використання методології IDEF0 у моделюванні процесів надання банківських послуг дає змогу значно підвищити ефективність роботи фінансових установ. Завдяки її функціональним можливостям можна систематизувати операційні процеси, оптимізувати ресурси та мінімізувати помилки. Це сприяє підвищенню рівня обслуговування клієнтів і зменшенню витрат на управління процесами.

Список використаних джерел

1. Січко Т. В. Методи моделювання бізнес-процесів підприємства засобами системного аналізу. *Галицький економічний вісник*. 2016. № 2(51). С. 190–201. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20640>
2. Створення схем IDEF0. *Microsoft*. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/topic/створення-схем-idef0-ea7a9289-96e0-4df8-bb26-a62ea86417fc> (дата звернення: 13.03.2025).
3. Добровська Л. М., Аверьянова О. В. Проєктування інформаційних систем: Комп'ютерний практикум: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 202 с. URL: <https://ela.kpi.ua/items/f708badc-821c-4fc9-bb99-5ec010ea9f7a>
4. Долганова О. В. Методологія IDEF0, Основні елементи діаграми IDEF0. *Моделювання бізнес-процесів*. *StudLancer*. URL: https://stud.com.ua/87184/ekonomika/metodologiya_idef0 (дата звернення: 13.03.2025).

МОДЕЛЮВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ДЕМОГРАФІЧНИХ ЗМІН У РЕГІОНІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні демографічні процеси характеризуються низкою викликів, серед яких посилення внутрішньої та зовнішньої міграції, що призводить до просторових диспропорцій у розселенні населення. Водночас спостерігається старіння населення, зумовлене зниженням народжуваності та збільшенням тривалості життя, що змінює вікову структуру та створює додаткове навантаження на системи охорони здоров'я й соціального забезпечення. Урбанізація також відіграє значну роль, спричиняючи концентрацію населення в містах і поступове обезлюднення сільських територій. Усі ці процеси потребують комплексного моделювання для адекватного відображення реальності та створення точних прогнозів. У цьому контексті моделювання популяцій виступає важливим інструментом аналізу й підтримки прийняття рішень.

Точний прогноз демографічних показників та розуміння їх взаємозв'язку з економічними та соціальними тенденціями дає змогу розробляти ефективні стратегії регіонального розвитку. Сучасні методи математичного моделювання надають інструментарій для створення комплексних прогностичних моделей, які враховують багаторівневу взаємозалежність різних факторів.

Одна з перших математичних моделей зростання популяції була запропонована Томасом Мальтусом наприкінці XVIII століття. Вона ґрунтується на припущенні, що в ідеальних умовах чисельність населення зростає пропорційно до поточного розміру популяції [1].

Модель описується диференціальним рівнянням:

$$\frac{dN}{dt} = rN,$$

де N – чисельність популяції в момент часу t ;

r – коефіцієнт природного приросту;

$\frac{dN}{dt}$ – швидкість зміни чисельності популяції.

Ця модель добре описує популяційне зростання в умовах необмежених ресурсів, однак у реальних соціально-економічних системах вона переоцінює потенціал зростання. Графік моделі зображений на рис. 1 [1].

Для врахування обмежених ресурсів та середовищних факторів у системах зростання чисельності населення використовується логістична модель, також відома як модель Ферхюльста. Вона модифікує модель Мальтуса, вводячи граничне значення чисельності – так звану «ємність середовища» або «несучу здатність» (K) [2]:

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right),$$

де K – максимальна чисельність популяції, яку може підтримувати середовище.

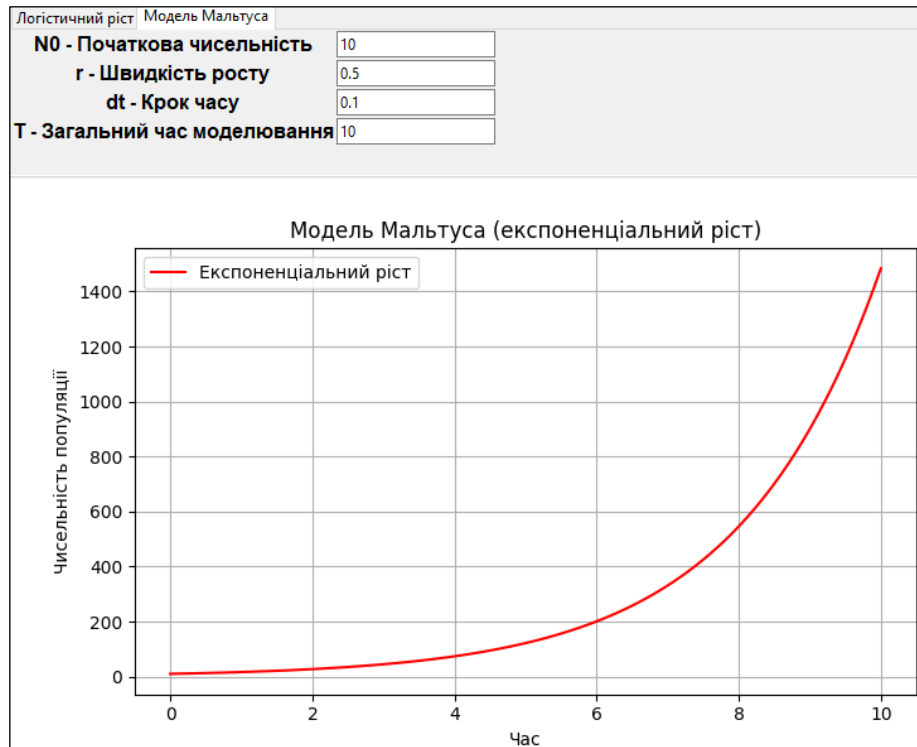


Рис. 1. Графік моделі Мальтуса

На початковому етапі модель поводить себе подібно до експоненційної. Однак із наближенням до K темп зростання сповільнюється, а чисельність стабілізується (рис. 2) [2].

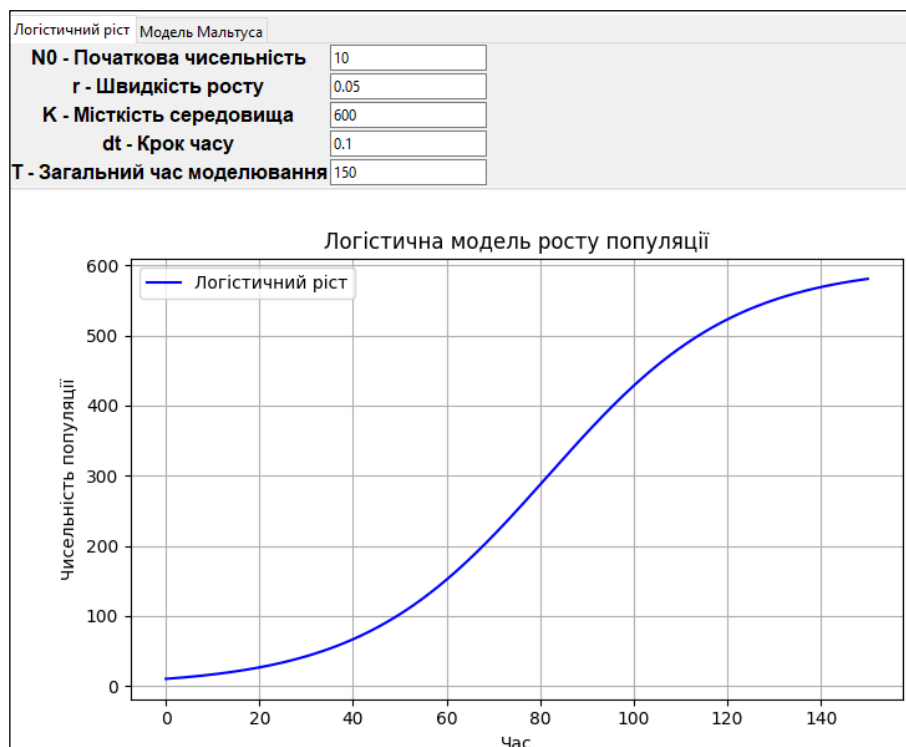


Рис. 2. Графік логістичної моделі

Модель логістичного зростання краще підходить для прогнозування, однак для достовірного моделювання демографічних змін у регіоні необхідно враховувати три основні чинники: народжуваність, смертність і міграцію. Їх поєднання дає змогу створювати балансові моделі для соціального планування та прогнозування [3].

Комплексне поєднання цих трьох компонентів дає змогу сформулювати загальне балансове рівняння демографічної динаміки:

$$P_{t+1} = P_t + B_t - D_t + IM_t - OM_t,$$

де P_t – чисельність населення в момент часу t ;

B_t – кількість народжених;

D_t – кількість померлих;

IM_t – кількість іммігрантів (в'їзд);

OM_t – кількість емігрантів (виїзд) [3].

Запропонована модель відрізняється глибиною аналізу завдяки врахуванню просторової диференціації, часових трендів, логістичних обмежень та впливу розвитку інфраструктури на міграційні потоки.

У наведеній моделі реалізовано симуляцію для умов, де початкове міське населення становить 2,5 млн, а сільське – 3,5 млн, з переважанням міграції з села до міста. Результати візуалізуються у вигляді графіків, які показують динаміку чисельності населення, рівень урбанізації та внесок окремих компонентів у зміну чисельності (рис. 3).

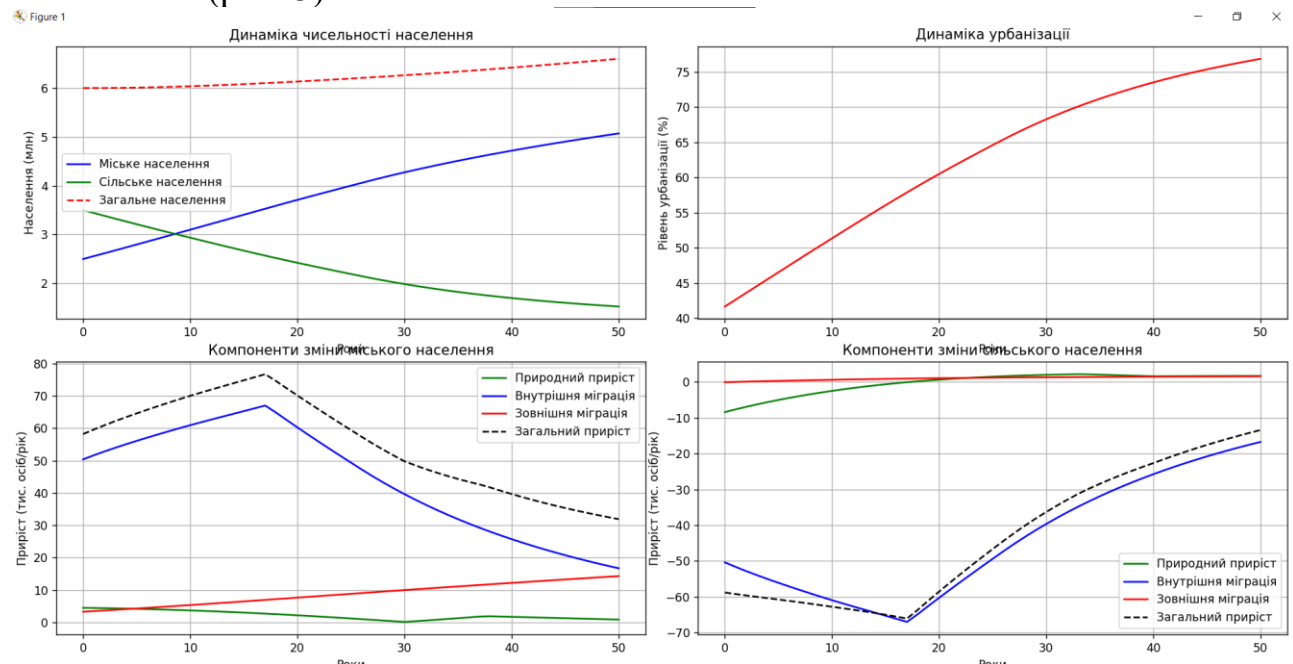


Рис. 3. Графіки загального балансового рівняння

Запропонована модель демографічної динаміки забезпечує комплексне уявлення про зміну чисельності населення, враховуючи природний приріст і міграцію. Вона дає змогу аналізувати як загальні тенденції, так і глибинні чинники змін, що робить її корисною для прогнозування та прийняття управлінських рішень.

Список використаних джерел

1. Meerson B. Fluctuations of blowup time in a simple model of a super-Malthusian catastrophe. *Journal of Statistical Mechanics Theory and Experiment*. 2025. Vol. 5:053201. DOI: 10.1088/1742-5468/adca22. URL: https://www.researchgate.net/publication/391720614_Fluctuations_of_blowup_time_in_a_simple_model_of_a_super-Malthusian_catastrophe
2. Hu Q. Population Growth Prediction Using Logistic-Based Grey Forecasting Model. *International Journal of Global Economics and Management*. 2024. Vol. 4(2). P. 475–484. DOI: 10.62051/ijgem.v4n2.54. URL: https://www.researchgate.net/publication/384430896_Population_Growth_Prediction_Using_Logistic-Based_Grey_Forecasting_Model
3. The Baltic growth model: Balanced growth under the EMU playbook. *Competition & Change*. DOI: 10.1177/10245294251333203. URL: https://www.researchgate.net/publication/390912242_The_Baltic_growth_model_Balanced_growth_under_the_EMU_playbook

УДК 004.5

*Щербина Д. С., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потанова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ШАХАХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СПРИЙНЯТТЯ МАТЕРІАЛУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному освітньому середовищі одним із ключових завдань є утримання уваги й інтересу учнів, особливо під час засвоєння складних або стратегічно орієнтованих дисциплін, як-от шахи. Шахи вважаються інтелектуальною грою, що потребує концентрації, стратегічного мислення та терпіння. Проте для новачків, особливо дитячого або підліткового віку, класичний підхід до навчання шахам може виявитися занадто складним або нецікавим. У таких умовах поєднання гейміфікації і навчального процесу виглядає гарним рішенням.

Гейміфікація – це процес, під час якого до стандартних способів навчання додаються ігрові елементи з метою підвищення залученості, мотивації та ефективності навчання. В її основі лежить ідея, що людям легше й цікавіше вчитися, коли вони відчують свободу вибору, можуть бачити власний прогрес та мають можливість спілкуватися або змагатися з іншими. Ігрові елементи, як-от бали, рівні, досягнення або рейтинги, сприяють задоволенню цих потреб. Навчальний процес стає більш захопливим, структурованим і емоційно привабливим, що дуже важливо під час роботи з новачками або у разі зниження мотивації в інших учнів [1].

Класичні методи навчання шахів базуються на викладенні правил, демонстрації стандартних позицій і аналізі зіграних партій. Хоча цей підхід є ефективним для учнів, які мають високий рівень самодисципліни та попередньо зацікавлені грою, проте для новачків це може виявитися занадто абстрактним і одноманітним. Тому під час навчання шахів можуть виникнути такі труднощі:

- швидка втрата інтересу через відсутність миттєвих результатів;
- відсутність індивідуальності, оскільки у перші тижні або місяці навчання учні проходять однакову програму;

– низький рівень зворотного зв'язку між учнем та викладачем, оскільки новачки багато чого можуть не розуміти, проте вони бояться запитати, чому їх рішення не правильне;

– на початку вивчення шахів дуже переважають заняття з теорії, а не відточення практичних навичок.

Щоб уникнути цих проблем, варто підібрати ті ігрові аспекти гейміфікації, які є повністю їм протилежними. Наприклад, для підняття інтересу варто додати різні типи нагород, а саме бали, систему рівнів, досягнень та значків або медалей, це допоможе підтримувати інтерес, оскільки в учнів буде жага до винагород. Додавання різних траєкторій навчання дають змогу підібрати кожному учню свій цікавий шлях для вивчення шахів, що запобігатиме втраті мотивації серед великої кількості одноманітного матеріалу. Також варто додати або рівень здоров'я, або кількість життів, оскільки це допоможе вказати на помилку та надати правильний варіант без емоційного впливу на учня. А щоб вирішити нестачу практики, варто додати квести, мініігри або інші цікаві завдання, які поєднують нудну теорію з елементами гри [2]. На прикладі шахів це все може бути реалізовано так:

– Елементи (рівні, досягнення та значки або медалі) пов'язані між собою, а саме: рівні – це якісь етапи або теми з шахів, наприклад, вивчення ходів фігур, основні правила чи вивчення ендшпілю, досягнення – це конвертація вашого рівня у якусь іншу одиницю, яка зацікавить учня, а значки та медалі можуть демонструвати ваші найкращі показники, наприклад, «ви перший, хто поставив мат двома слонами» чи «ви увійшли у топ-10 класу за вирішенням задач».

– Накопичення балів може відбуватися після вирішення правильної задачі чи проходження уроку, виграшу партії та інше. Після цього за бали можна буде придбати підказку чи додаткове життя, або щось подібне, що зможе пришвидшити процес навчання.

– Квести та мініігри подібні до звичайних шахових задачок, проте мають незвичне оформлення та інтерактивність, що надає більшої привабливості та мотивації для їх проходження (рис. 1) [3].

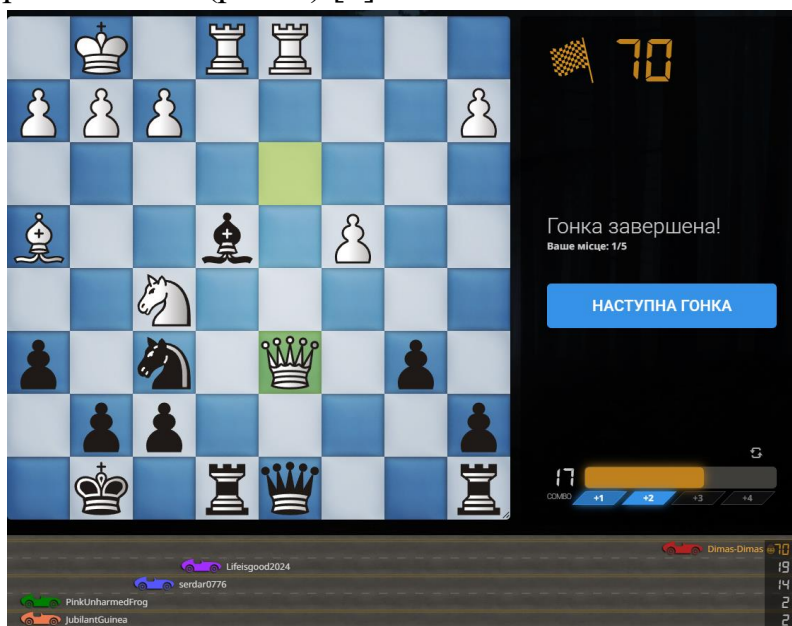


Рис. 1. Вирішення шахових задачок у вигляді гонки автівок на платформі Lichess

Як можна побачити, методи гейміфікації поширені на багатьох платформах, найбільш відомими для вивчення шахів є Chess.com та Lichess. Обидві мають дуже великий вибір різних уроків, лекцій, теорії та задачок, проте Chess.com є платною платформою, а Lichess – безкоштовною, тому значну перевагу у новачків має остання. Загалом інтеграція гейміфікації у шаховий процес вимагає педагогічної компетентності, технічної реалізації та уважного підбору ігрових елементів відповідно до цілей навчання. У майбутньому поєднання гейміфікації зі штучним інтелектом може стати наступним етапом еволюції шахової освіти, оскільки тоді можна буде підібрати набагато зручніші та адаптивні шляхи навчання для кожного новачка або можливо навіть гарного гравця чи професіонала.

Підсумовуючи, можна сказати, гейміфікація є ефективним інструментом для покращення сприйняття навчального матеріалу у шахах. Завдяки впровадженню ігрових механік можна зробити навчання більш захопливим, адаптивним і результативним. Вона особливо ефективна на початкових етапах навчання, коли виникає потреба зацікавити учня та надати йому можливість легко орієнтуватися в новій системі знань.

Список використаних джерел

1. Янчук Р. Л. Гейміфікація як тренд освіти XXI століття. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Тернопіль, 2021. С. 48–50. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/23377?mode=full>
2. Заруцька В. О. Гейміфікація у освітньому процесі вищої школи: переваги та ризики. *Міжнародні наукові дослідження: інтеграція науки та практики як механізм ефективного розвитку*: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 23–24 квітня 2021 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. Київ: ГО «Інститут інноваційної освіти», 2021. С. 21–30.
3. Горбенко Є. Особливості підбору та використання інструментів гейміфікації в освітньому процесі. *Освіта. Інноватика. Практика* / Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, редкол.: О. В. Семеніхіна (гол. ред.) та ін. Суми, 2024. Т. 12, № 7. С. 29–35. DOI: 10.31110/2616-650X-vol12i7-004. URL: <https://oip-journal.org/index.php/oip/issue/view/28>

УДК 519.852:334.722

*Юрчук Д. М., здобувач вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Рузакова О. В., канд. екон. наук., доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСІВ МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ СИМПЛЕКС-МЕТОДУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

За сучасних умов стрімкого економічного розвитку та загострення конкуренції раціональне використання ресурсів стає вирішальним фактором успішної роботи малого бізнесу. Обмеженість у фінансах, кадрах та матеріальних активах змушує малі підприємства шукати точні методи управлінських рішень, які дає

змогу оптимально розподіляти ресурси для досягнення найкращих результатів. У такій ситуації методи дослідження операцій, особливо симплекс-метод, стають незамінними інструментами для моделювання оптимізаційних задач у менеджменті.

Методи математичного моделювання та оптимізації вже давно використовуються в економічних дослідженнях і практиці управління. Зокрема, симплекс-метод був запропонований Джорджем Данцигом у 1947 р. та зарекомендував себе як ефективний інструмент розв'язання задач лінійного програмування. У сучасних наукових працях багато уваги приділяється адаптації цього методу до потреб малого та середнього бізнесу. Наприклад, дослідження [1; 2] демонструють практичне застосування симплекс-методу для оптимізації виробничих і логістичних процесів. У працях [3; 4] розглядаються моделі планування ресурсів, орієнтовані на малі підприємства, з урахуванням економічних та організаційних обмежень. Водночас залишається актуальним створення прикладних моделей, що враховують специфіку конкретних видів діяльності малого бізнесу, адаптацію класичних підходів до сучасних умов ринку та інтеграцію оптимізаційних методів у IT-інфраструктуру підприємства.

Метою цього дослідження є аналіз можливостей застосування симплекс-методу для оптимізації розподілу ресурсів у діяльності малого підприємства. Основна увага приділяється теоретичному обґрунтуванню використання методів лінійного програмування в управлінні ресурсами, а також аналізу певних прикладних моделей. Завдання дослідження полягають в узагальненні теоретичних основ симплекс-методу та його застосуванні у сфері операційного менеджменту, аналізі типових постановок задач оптимізації ресурсів у малому бізнесі та визначенні переваг і обмежень використання симплекс-методу в реальних умовах господарювання.

Симплекс-метод є одним із базових алгоритмів лінійного програмування, який дає змогу ефективно знаходити оптимальні розв'язки задач у скінченному числі кроків. Його основна ідея полягає у послідовному переміщенні по вершинах допустимого багатогранника (множини можливих рішень), доки не буде знайдено максимум (або мінімум) цільової функції. Такий підхід є особливо придатним для задач управління ресурсами, де кожне обмеження відповідає наявному обсягу трудових, матеріальних, часових або фінансових ресурсів.

Розглянемо мале підприємство, яке спеціалізується на випуску двох видів товарів – А та В. Процес їх виробництва обмежений трьома ключовими ресурсами:

1. Матеріальні ресурси – щоденний ліміт сировини становить 100 кг.
2. Трудові ресурси – денний фонд робочого часу – 80 годин.
3. Фінансові ресурси – максимальні добові витрати на виробництво – 5 000 грн.

Витрати на одиницю продукції наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Витрати на одиницю продукції

Ресурс	Виріб А	Виріб В
Сировина (кг)	2	4
Час (год)	3	1
Собівартість (грн)	100	200
Прибуток (грн)	150	250

Необхідно визначити оптимальні обсяги виробництва продукції А і В, що забезпечують максимальний прибуток підприємства з урахуванням наявних ресурсних обмежень.

1. Формалізуємо задачу оптимізації виробництва у вигляді моделі лінійного програмування (1), (2):

$$Z = 150x_1 + 250x_2 \rightarrow \max, \quad (1)$$

де x_1 – кількість продукції виду А;

x_2 – кількість продукції виду В.

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 100; \\ 3x_1 + x_2 \leq 80; \\ 100x_1 + 200x_2 \leq 5\,000; \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

2. Розв'яжемо задачу симплекс-методом.

Додаємо балансові змінні s_1, s_2, s_3 для перетворення нерівностей у рівняння (3):

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 + s_1 = 100; \\ 3x_1 + x_2 + s_2 = 80; \\ 100x_1 + 200x_2 + s_3 = 5\,000. \end{cases} \quad (3)$$

Після 2–3 ітерацій отримуємо оптимальне рішення: $x_1 = 20$ од., $x_2 = 10$ од.

Максимальний прибуток складає $Z = 150 \cdot 20 + 250 \cdot 10 = 5\,500$ грн.

Проведене дослідження демонструє ефективність застосування симплекс-методу для оптимізації виробничих процесів малого підприємства. На основі побудованої математичної моделі було отримано кількісно обґрунтоване рішення, що задовольняє умови максимізації цільової функції (прибутку) за наявних ресурсних обмежень.

Сучасний розвиток інформаційних технологій істотно спростив практичне застосування симплекс-методу в економічному аналізі та прийнятті управлінських рішень. Сьогодні існує цілий спектр спеціалізованих програмних рішень, які дають змогу ефективно впроваджувати цей математичний інструмент у виробничу та фінансову діяльність підприємств.

Впровадження симплекс-методу стало особливо доступним завдяки розвитку інтегрованих аналітичних платформ та програмних модулів. Інструменти, як от Excel Solver, MATLAB Optimization Toolbox, бібліотеки SciPy для Python та lpSolve для R, надають зручний інтерфейс для реалізації складних оптимізаційних алгоритмів без необхідності глибокого знання математичного апарату. Це відкриває нові можливості для економістів та керівників, даючи їм змогу зосередитись на аналізі результатів, а не на технічних аспектах розрахунків.

Застосування симплекс-методу в управлінні ресурсами малого підприємства є обґрунтованим як з теоретичного, так і з практичного погляду. Метод дає змогу формалізувати задачі оптимального розподілу обмежених ресурсів, що є особливо актуальним для малих підприємств, які часто функціонують у складному економічному середовищі та за умови дефіциту ресурсів. Проведений аналіз літератури засвідчив, що симплекс-метод широко використовується в задачах виробничого планування, логістики, фінансового менеджменту та інших сфер діяльності

бізнесу. Важливою перевагою симплекс-методу є його алгоритмічна реалізація, доступність програмних засобів для розв'язання задач лінійного програмування та можливість адаптації до специфіки конкретного підприємства. Урахування цих факторів відкриває перспективи для подальшого впровадження моделей оптимізації в практику управління малим бізнесом. Отже, симплекс-метод можна вважати ефективним інструментом підтримки управлінських рішень у системі ресурсного забезпечення та планування діяльності малого підприємства.

Список використаних джерел

1. Dantzig G. B. Linear Programming and Extensions. Princeton: Princeton University Press, 1963. 625 p.
2. Winston W. L. Operations Research: Applications and Algorithms. Belmont: Duxbury Press, 2004.
3. Slack N., Chambers S., Johnston R. Operations Management. Harlow, England: Pearson Education, 2010. 686 p.
4. Smallbone D., Welter F. The Distinctiveness of Entrepreneurship in Transition Economies. *Small Business Economics*. 2001. Vol. 16, № 4. P. 249–262.

СЕКЦІЯ 2
АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*Журовський Я. О., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Римар П. В., старший викладач кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ САЙТА ПРО ПОЛЕГЛИХ ГЕРОЇВ НА ОСНОВІ ВІДКРИТИХ ДАНИХ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Актуальність. Збереження історичної пам'яті про героїв, які віддали своє життя за свободу, незалежність і територіальну цілісність України, є не лише моральним, а й соціальним обов'язком держави та суспільства. У сучасному світі, коли цифрові технології стали невід'ємною частиною комунікацій, освіти та архівування, особливої ваги набувають електронні засоби фіксації пам'яті. Традиційні форми вшанування, як-от пам'ятники, меморіальні дошки чи друковані книги, хоч і залишаються важливими, але мають обмежену гнучкість в оновленні та поширенні інформації.

Вступ. В умовах повномасштабної війни, яка триває в Україні з 2022 року, кількість загиблих захисників зростає щодня. Відповідно виникає необхідність оперативної фіксації цих даних, їх перевірки, структурування та надання відкритого доступу для родичів, дослідників, журналістів і всіх небайдужих громадян. Для цього потрібні сучасні технічні рішення, які базуються на інформаційних технологіях, здатні автоматизовано обробляти великі обсяги даних і водночас зберігати високий рівень достовірності та безпеки.

У цьому контексті цифрові меморіальні платформи стають важливим інструментом для суспільства. Вони не лише дають змогу зберігати пам'ять, а й сприяють підвищенню обізнаності громадян, розвитку національної ідентичності, а також створенню відкритого архіву, який може слугувати джерелом для наукових досліджень, історичних реконструкцій та освітніх ініціатив.

Одним із важливих аспектів під час створення таких систем є інтеграція з офіційними відкритими джерелами, зокрема з даними, що надаються на державному порталі відкритих даних. Такий підхід забезпечує верифікацію інформації, дає змогу автоматизувати процес оновлення та зменшує ризик дублювання або викривлення фактів.

У зв'язку з цим розробка ефективної серверної частини (бекенду) сайту, який би надавав API-доступ до відфільтрованих, перевірених і актуальних даних про загиблих воїнів, є актуальним та суспільно важливим завданням.

Основна частина. Розроблена система має чітко структуровану багаторівневу архітектуру, яка забезпечує логічне розділення відповідальностей між компонентами та спрощує супровід і розширення функціоналу в майбутньому. Архітектура побудована за принципом трирівневої моделі, де кожен рівень виконує окремі завдання. На рівні контролерів реалізовано точки входу до API, які обробляють HTTP-запити від клієнтів та передають їх у відповідні сервіси. Сервіси відповідають за бізнес-логіку – обробку даних, фільтрацію, агрегацію та підготовку

результатів для клієнта. Репозиторії забезпечують доступ до джерел даних – у цьому випадку до локальних JSON-файлів, які містять десеріалізовані об’єкти з офіційного відкритого реєстру Вінницької міської ради.

З метою поділу функціональності та організації даних у проєкті використовуються дві окремі моделі: Soldier – для представлення офіційних даних про загиблих воїнів, та RipSoldier – для локального обліку поховань, що містить додаткову інформацію, наприклад, координати поховання, назви кладовищ, розташування могил тощо. Такий підхід дає змогу комбінувати дані з двох джерел та формувати повну картину для кожного окремого запису.

Для реалізації бекенду було обрано платформу ASP.NET Core Web API, що є сучасним, продуктивним і зручним фреймворком для побудови RESTful-сервісів. Вона забезпечує високу масштабованість, підтримку асинхронних операцій, зручну інтеграцію з клієнтськими застосунками, а також відповідає сучасним вимогам до безпеки та продуктивності.

JSON-файли, які використовуються для зберігання інформації, регулярно оновлюються шляхом звернення до відкритого API. Після завантаження вміст файлів десеріалізується у відповідні об’єкти моделей. Для оптимізації швидкості доступу до інформації та зменшення навантаження на файлову систему реалізовано кешування в пам’яті, що забезпечує миттєвий доступ до вже оброблених даних без потреби повторного зчитування з файла.

У межах API реалізовано широкий функціонал пошуку та фільтрації, що дає змогу користувачам отримувати дані на основі різних критеріїв: прізвище та ім’я, рік загибелі, звання, підрозділ, нагороди, стать та ідентифікатор кладовища. Це забезпечує високу гнучкість у роботі з даними, дає змогу формувати статистику та підтримує аналітичні запити. Додатково реалізовано окремі методи для отримання координат місць поховань, назв кладовищ за ідентифікатором, а також для пошуку героїв за QR-номером. Загалом така архітектура є надійною основою для подальшого розвитку системи: впровадження бази даних, розширення API, інтеграції з геосервісами або мобільними застосунками, а також створення аналітичних панелей та візуалізацій.

Функціональність. Система забезпечує реалізацію широкого спектра функціональних можливостей, спрямованих на ефективну взаємодію з даними про загиблих військовослужбовців. Вона дає змогу користувачам отримати повний перелік загиблих воїнів, що зберігається у форматі структурованих об’єктів, сформованих на основі офіційних даних, завантажених із відкритих джерел. Отримані дані можуть бути відфільтровані за низкою ключових параметрів, зокрема за військовим званням, роком загибелі, належністю до певного підрозділу, наявністю нагород, а також за статтю, що дає змогу швидко сформувати цільову вибірку для подальшого аналізу або перегляду.

Додатково система реалізує можливість перегляду розширеної інформації про окремого воїна. Цей функціонал включає відображення не лише загальних анкетних даних, а й інформації про місце поховання, супровідні коментарі, дату смерті, зображення, а також пов’язані нагороди. У межах підтримки меморіального характеру ресурсу реалізовано функцію автоматичного визначення «героїв дня», яка відбирає записи тих воїнів, чия дата загибелі відповідає поточному дню, що дає змогу щоденно актуалізувати увагу до конкретних особистостей.

Окремий напрям функціоналу пов'язаний із просторовою візуалізацією. Система забезпечує отримання координат поховань, що зберігаються у вигляді географічних даних. Це дає змогу надалі інтегрувати дані з картографічними сервісами, створюючи можливість для відображення поховань на інтерактивній мапі. До того ж реалізовано функції для отримання унікального списку кладовищ, до яких прив'язані записи про загиблих, із можливістю подальшого пошуку за ідентифікатором кладовища. Це допомагає ефективно структурувати дані, пов'язані з місцями поховання, та здійснювати навігацію по них у межах системи.

Тестування та верифікація. Для локального тестування системи було використано Swagger – інструмент, що дає змогу тестувати REST API у браузері. Завдяки цьому було перевірено правильність роботи всіх контролерів, коректну передачу параметрів фільтрації, а також правильне відображення відповіді у форматі JSON.

Висновки. Запропонована інформаційна система є прикладом ефективної інтеграції відкритих державних даних із сучасними вебтехнологіями для збереження пам'яті про загиблих героїв. Її використання дає змогу автоматизувати збір, фільтрацію та представлення інформації, що є важливим етапом у розвитку цифрових меморіалів. Надалі система може бути доповнена новими модулями, зокрема для візуалізації геоданих, інтеграції з мобільними додатками та підтримки кількох мов.

Список використаних джерел

1. Дія. Відкриті дані. URL: <https://diia.data.gov.ua/> (дата звернення: 15.05.2025).
2. Fielding R. Th. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures: diss. ... d-r of philosophy. 2000. 180 p. URL: https://roy.gbiv.com/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf (date of access: 15.05.2025).
3. Zbigniew Banach How to ensure REST API security. June 18, 2020. URL: <https://www.invecti.com/blog/web-security/rest-api-web-service-security>
4. Биков В. Ю., Яцишин А.В. Цифрова трансформація освіти і науки: теорія і практика: збірник наукових праць. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2019. 123 с. <https://surl.lu/spezcu>

УДК 004.5

*Коновал М. С., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Римар П. В., старший викладач кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ САЙТА ПРО ПОЛЕГЛИХ ГЕРОЇВ ВІННИЦЬКОЇ ОТГ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. З початком повномасштабного вторгнення російської федерації у 2022 році багато українців стали на захист своєї країни, часто віддаючи за неї своє життя. Для збереження пам'яті про полеглих героїв Вінницької ОТГ, за ініціативи Вінницької міської ради було вирішено створити онлайн-меморіал, тобто сайт, як

інструмент обізнаності громадян. Цей ресурс розроблений, щоб увіковічнити пам'ять і слугувати джерелом інформації.

Актуальність теми. У сучасному світі попит на онлайн-ресурси постійно зростає, оскільки вони є зручним інструментом для отримання актуальної інформації про події у світі та задоволення інших інформаційних потреб. Вебсайти перетворилися на основний засіб комунікації та доступу до цифрових матеріалів. У контексті меморіального проєкту вебсайт набуває особливого значення – диджитал-пам'ятника. Основними завданнями цього проєкту були забезпечення доступності ресурсу для широкого кола користувачів, створення емоційно насиченого, інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу з урахуванням потреб та проблем представників різних вікових та соціальних груп.

Аналіз досліджень. Аналіз літератури підтвердив, що сайти є ефективним інструментом інформування цільової аудиторії [1]. Значну увагу в дослідженнях приділено аналізу аудиторії, адаптивності дизайну, UX-дослідженням і впливу візуального оформлення на емоції та дії користувачів. Особливо матеріали про дизайн-дослідження та дизайн-мислення доволі широко описують зміну показників після проведення детального аналізу аудиторії та як правильний підхід до розробки візуального стилю впливає на ефективність та актуальність сайту для користувачів [2; 3]. Також вивчено технічні рішення, зокрема використання HTML, CSS та Svetle для фронтенд-розробки.

Мета роботи. Мета проєкту полягала в розробці повноцінного, зручного і доступного сайту для вшанування полеглих героїв Вінницької ОТГ з урахування потреб користувачів.

Постановка задачі. Необхідно розробити вебсайт про полеглих героїв Вінницької ОТГ. Для цього потрібно провести аналіз аналогічних ресурсів та на основі отриманих результатів розробити зручний у користуванні ресурс, який буде надавати необхідну інформацію. Вебсайт повинен коректно відображатися на пристроях будь-якої діагоналі. Для реалізації зрозумілого функціоналу пошуку та фільтрації інформації було використано архітектуру на базі Svetle.

Основний матеріал. Розробка клієнтської частини вебсайту про полеглих героїв Вінницької ОТГ складається з кількох ключових етапів: дослідження, дизайн та фронтенд-розробка.

На початковому етапі було проведено детальну аналітику та UX-дослідження для виділення основних потреб і проблем цільової аудиторії сайту. Глибокий аналіз аудиторії дав змогу виявити, хто основний користувач вебсайту, що йому потрібно, з якими проблемами він може зіткнутися та як їх позбутися. Аналіз аудиторії був проведений за модифікованою системою запитань від Марка Шеррингтона. Такий формат базується на 5 основних запитаннях: Хто? Що? Чому? Коли? Де? Додатково було застосовано кілька інших визначень, які стосуються проблем зі здоров'ям та інших особливостей певних соціальних груп [4]. Додатковий аналіз конкурентів показав основні функціональні особливості подібних проєктів, переваги та невдачі на таких сайтах та як реалізувати подібний функціонал.

Було складено карту шляху користувача (CJM або User-Flow), що дало змогу зрозуміти емоційні та функціональні потреби користувачів і визначити потенційні проблеми, з якими користувачі можуть зіткнутися під час користування веб-

сайтом. Основними проблемами були поганий зір більшості людей похилого віку, доволі примітивний досвід користування онлайн-ресурсами та різноманіття пристроїв.

На основі зібраних даних було створено декілька прототипів та візуальних елементів, які згодом були протестовані на предмет зручності використання та сприйняття. Було виявлено, що деякі девайси погано відображають певні кольори через технічні обмеження, люди можуть не розуміти певні елементи або просто їх не бачити. Для уникнення та вирішення подібних проблем було застосовано комплекс дизайнерських і технічних рішень.

Дизайн-частина проєкту була поділена на 3 етапи: прототип, ідея, дизайн. Вся візуальна частина сайту є ідеалом використання ієрархії. Побудований сайт за основою модульної сітки блоків для збереження раніше поширеної газетної верстки, що знайома більшості користувачів. Для керування увагою відвідувачів були використані різні розміри текстів для підкреслення основних текстових елементів та фото.

Також візуальна частина сайту побудована за таким принципом, щоб проєкт зберігав у собі певні емоції та асоціації під час відвідування і запам'ятовувався не тільки візуально, але й емоційно. Технічно дизайн реалізований за допомогою бібліотеки компонентів, що дає змогу в майбутньому швидко вносити зміни.

Технічна реалізація вебсайту здійснювалася з використанням HTML, CSS та JavaScript-фреймворку Svetle [5]. Завдяки цьому вдалося забезпечити високу продуктивність, швидке завантаження сторінок та легку адаптивність сайту до різних пристроїв, зокрема й великих екранів у розмірах 2 000 пікселів та навіть 4 000, що є приблизно 32-дюймовим екраном. Структура сайту є логічною та простою, що дає змогу зберігати сайт оптимізованим. Декілька сторінок, із яких головна – це список усіх військових. Сторінка військового з детальною інформацією про людину та додаткова сторінка «Про нас», де коротко розкажується про проєкт і учасників.

Окрему увагу приділено контенту. Кожен профіль героя містить високоякісну фотографію, яку потрібно швидко опрацьовувати та завантажувати користувачам. Для цього були застосовані протоколи оптимізації та кешування. Уся інша інформація про військового (ім'я, звання, підрозділ, дата загибелі) перевірялася на достовірність за участю місцевої влади та родичів.

Висновки. Вебсайт про полеглих героїв Вінницької ОТГ виконує важливу соціальну місію – збереження пам'яті. Його розробка базувалася на глибокому аналізі потреб користувачів, що дало змогу створити емоційно значущий, функціональний і доступний для усіх продукт. Застосовані принципи дизайну та сучасні технології й алгоритми розробки сприяли реалізації якісного онлайн-меморіалу, який є не лише інформативним, але й морально важливим ресурсом для громади.

Список використаних джерел

1. Сухорукова Г. Як аналізувати цільову аудиторію та визначати її потреби. *Kyivstar Business Hub – корпоративний блог для бізнесу*. 22.11.2023. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/yak-analizuvati-czilovu-auditoriyu-ta-viznachati-yiyi-potrebi> (дата звернення: 15.05.2025).

2. Що таке дизайн мислення: етапи, принципи, застосування, приклади / редакція Академії ITSTEP. *ITSTEP Академія. Online освіта*. 29.03.2023. URL: <https://cloud.itstep.org/blog/what-is-design-thinking-and-how-is-it-used-in-modern-design> (дата звернення: 15.05.2025).
3. Yarovyi D. Дизайн-мислення, Round Robin та брейншторми – як отримувати менше правок й ефективно розв'язувати завдання. *dou.ua*. 05.01.2023. URL: <https://dou.ua/forums/topic/41463/> (дата звернення: 15.05.2025).
4. Сегментація цільової аудиторії за методом 5W Марка Шеррінгтона. *EdgeLab*. 24.11.2023. URL: <https://edgelab.com.ua/blog/metod-5w-sherringtona-yak-i-chomu-treba-segmentuvaty-audytoriyu-medychnogo-brendu/> (дата звернення: 15.05.2025).
5. Gonul E. Styling Custom Components in Svelte. *Medium*. 14.12.2021. URL: <https://erdem-gonul.medium.com/styling-custom-components-in-svelte-3723ad752cd2> (date of access: 15.05.2025).

УДК 004.514

*Куцмай В. Я., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Антонов Ю. С., канд. фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ОСОБИСТОГО КАЛЕНДАРЯ ТА РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні студенти часто витрачають час на ручне перенесення розкладу занять зі шкільного чи університетського порталу в особисті календарі. Такий процес є трудомістким і може допускати помилки. Водночас існують мобільні додатки або телеграм-боти для перегляду розкладу [1–2], але вони зазвичай лише відображають розклад без автоматичної синхронізації з особистим календарем. Переваги автоматичної синхронізації очевидні – зменшення ручної праці та своєчасне оновлення подій без помилок. Зазначимо, що в аналогічному випадку застосунок «Розклад занять в ПУЕТ» реалізував інтеграцію з Google Calendar API, що дозволяє автоматично додавати та видаляти події розкладу користувача.

Мета роботи – розробити Android-додаток, який забезпечить автоматичну синхронізацію особистого календаря користувача з розкладом занять. Для досягнення цієї мети реалізовано веб-API-з'єднання (Google Calendar API) для обміну даними між сервером розкладу та мобільним додатком. У структуру програми закладено принципи Clean Architecture, що розділяє логіку, відображення та дані на окремі шари, а також застосовано архітектурний патерн MVI (Model-View-Intent) для ефективно організації реактивного взаємодії користувацького інтерфейсу зі станом програми.

Методи дослідження та розробки включали аналіз наявних рішень, проєкування та прототипування. Проведено огляд літератури та програмних засобів у сфері мобільних календарів і синхронізації. На основі Clean Architecture організовано шари Domain, Data та Presentation, забезпечено залежності через Dependency Injection. Для графічного інтерфейсу застосовано декларативний фреймворк (Jetpack Compose) у поєднанні з MVI-патерном: це було виправдано потребою реактивного оновлення розкладу відповідно до даних сервера. Взаємодію з

Google Calendar реалізовано через REST-запити до Google Calendar API з авторизацією по OAuth, що гарантує безпечну передачу даних про події.

За результатами дослідження було створено прототип мобільного додатку для Android, який реалізує повний цикл автоматичної синхронізації навчального розкладу з особистим календарем користувача. Розроблений застосунок дає змогу студенту після автентифікації отримувати актуальний розклад занять з вебджерела, зберігати його локально в базі даних пристрою, а також експортувати події у форматі календаря Google. Архітектура додатка побудована на основі принципів Clean Architecture [3], що передбачає чітке розділення логіки на окремі шари (Presentation, Domain, Data). До того ж організації взаємодії з користувачем застосовано патерн MVI (Model-View-Intent), який забезпечує реактивне оновлення інтерфейсу у відповідь на зміну даних та подій.

Однією з ключових функціональних можливостей додатка є автоматична синхронізація з Google Calendar. Застосунок реалізує повноцінну взаємодію з Google Calendar API, що дає змогу додавати, змінювати або видаляти події розкладу без необхідності ручного введення. Події створюються на основі даних розкладу, зокрема із зазначенням дати, часу, назви дисципліни та місця проведення заняття. Передача інформації відбувається через захищене з'єднання з використанням OAuth 2.0. Такий підхід дає змогу користувачу бачити навчальні події безпосередньо у своєму календарі поряд з іншими особистими справами, що підвищує ефективність планування.

Крім технічної реалізації, було проведено тестування розробленого застосунку з метою оцінки його зручності, швидкодії й точності синхронізації. Порівняння з традиційним ручним способом перенесення розкладу показало істотну перевагу автоматизованого підходу: середній час, необхідний для додавання події в календар, зменшився майже вдвічі. За відгуками користувачів, також суттєво знизилася ймовірність помилок у введенні даних, а ризик пропуску занять через неувважність або застарілу інформацію в календарі був практично усунутий. Отже, результати підтвердили практичну доцільність запропонованого рішення та його потенціал для повсякденного використання студентами.

Отже, у роботі виконано аналіз проблеми ручного перенесення розкладу занять, обґрунтовано переваги Web-API-синхронізації та реалізовано прототип відповідного мобільного додатка. Використання Clean Architecture забезпечило зручність підтримки та розширення проєкту, а застосування MVI-патерну значно спростило управління станом інтерфейсу. Інтеграція з Google Calendar API гарантувала, що дані розкладу автоматично оновлюються у персональному календарі користувача. Практична перевірка показала, що новий додаток підвищує ефективність планування навчального процесу та зменшує рутинні операції, підтверджуючи доцільність обраних рішень.

Список використаних джерел

1. Козиряцький А. П. Мобільний додаток SKED. *Зв'язок*. 2018. № 1. С. 46–48.
2. Коляструк Б. А., Антонов Ю. С. Особливості розробки telegram бота для інформаційної підтримки навчального процесу. *Матеріали конференцій МЦНД*. 2020. С. 67–69. DOI: 10.36074/02.10.2020.v1.15.

3. Розробка мобільного android-додатку з застосуванням принципів clean architecture / Г. Козуб, Ю. Козуб, Г. Могильний, А. Жуков. *Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. Володимира Даля*. 2021. № 5(269). С. 5–10. URL: <https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/view/38>

4. Козуб Ю., Козуб Г. Особливості розробки мультиплатформних застосунків на kotlin. *Вісник Хмельн. нац. ун-ту*. 2023. № 1. С. 224–229. URL: <https://journals.khnu.km.ua/vestnik/?p=16772>

УДК 004.056.523:004.651.54:004.439:681.5

*Мисько Б. В., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Фриз І. В., канд. фіз.-мат. наук, старший
викладач кафедри інформаційних технологій*

ІНТЕГРАЦІЯ JWT ТА АЛГОРИТМІВ ГЕШУВАННЯ ДЛЯ АВТЕНТИФІКАЦІЇ ТА АВТОРИЗАЦІЇ В CRM-СИСТЕМАХ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних інформаційних системах, зокрема у CRM-системах (Customer Relationship Management), безпека користувацьких даних та контроль доступу до ресурсів є критично важливими аспектами. З огляду на активне впровадження вебтехнологій та хмарних обчислень традиційні методи автентифікації, які базуються на збереженні паролів у відкритому вигляді або в сесійних змінних, втратили актуальність. Їм на зміну прийшли криптографічно стійкі алгоритми гешування та маркерні механізми авторизації, серед яких особливої уваги заслуговує JSON Web Token (JWT) [1].

Метою дослідження є розробка надійного механізму автентифікації та авторизації користувачів для CRM-системи. У межах роботи передбачено впровадження безпечного способу зберігання облікових даних, реалізацію цифрового токена для підтвердження ідентичності користувача, а також побудову гнучкої рольової моделі контролю доступу.

Гешування паролів – це незворотний процес, у якому зі вхідного значення (пароля) створюється фіксованої довжини геш-код. Одним із найбільш надійних алгоритмів є BCrypt, який має вбудований механізм сольової генерації та адаптивної складності [2]. Перевагами BCrypt є стійкість до атак методом перебору та можливість збільшення складності з часом.

JWT – відкритий стандарт (RFC 7519), який описує компактний, автономний спосіб безпечної передачі інформації між сторонами як JSON-об'єкт [1]. Токен складається з трьох частин: заголовка (header), корисного навантаження (payload) та підпису (signature). Його переваги включають можливість безсерверної авторизації, розширюваність і незалежність від конкретного протоколу передачі [3]. Архітектурна модель реалізації механізму автентифікації та авторизації базується на поєднанні трьох основних компонентів:

1. Гешування пароля для збереження паролів у захищеному вигляді:

```
namespace CRMSystem.WebAPI.Auth
{
    public class PasswordHasher : IPasswordHasher
    {
        public string Generate(string password) =>
            BCrypt.Net.BCrypt.EnhancedHashPassword(password);

        public bool Verify(string password, string hashedPassword) =>
            BCrypt.Net.BCrypt.EnhancedVerify(password, hashedPassword);
    }
}
```

2. Генерація JWT для створення цифрового токена на основі користувацьких даних:

```
public class JwtProvider(IOptions<JwtOptions> options)
    : IJwtProvider
{
    private readonly JwtOptions _options = options.Value;

    public string GenerateToken(User user)
    {
        Claim[] claims =
        [
            new("userId", user.Id.ToString()),
            new("username", user.Username),
            new("role", user.RoleId.ToString())
        ];

        var signingCredentials = new SigningCredentials(
            new
            SymmetricSecurityKey(Encoding.UTF8.GetBytes(_options.SecretKey)),
            SecurityAlgorithms.HmacSha256);

        var token = new JwtSecurityToken(
            claims: claims,
            signingCredentials: signingCredentials,
            issuer: _options.Issuer,
            audience: _options.Audience,
            expires: DateTime.UtcNow.AddHours(_options.ExpireHours));

        return new JwtSecurityTokenHandler().WriteToken(token);
    }
}
```

3. Авторизація за ролями для контролю доступу до ресурсів залежно від ролі користувача:

```
public static void AddApiAuthentication(this IServiceCollection services,
    IConfiguration configuration)
{
    var jwtOptions =
    configuration.GetSection(nameof(JwtOptions)).Get<JwtOptions>();
}
```

```

        services.AddAuthentication(JwtBearerDefaults.AuthenticationScheme)
            .AddJwtBearer(options =>
            {
                options.TokenValidationParameters = new
TokenValidationParameters
                {
                    ValidateIssuer = false,
                    ValidateAudience = false,
                    ValidateLifetime = true,
                    ValidateIssuerSigningKey = true,
                    IssuerSigningKey = new
SymmetricSecurityKey(Encoding.UTF8.GetBytes(jwtOptions!.SecretKey))
                };

                options.Events = new JwtBearerEvents
                {
                    OnMessageReceived = context =>
                    {
                        context.Token = context.Request.Cookies["jwt"];
                        return Task.CompletedTask;
                    }
                };
            });

        services.AddAuthorization();
    }

    public static void AddAuthorizationPolicy(this IServiceCollection services)
    {
        services.AddAuthorizationBuilder()
            .AddPolicy(AuthorizationPolicies.AdminOnly, policy =>
                policy.RequireRole(((int)Roles.Admin).ToString()))
            .AddPolicy(AuthorizationPolicies.UserOnly, policy =>
                policy.RequireRole(((int)Roles.User).ToString()))
            .AddPolicy(AuthorizationPolicies.UserOrAdmin, policy =>
                policy.RequireRole(((int)Roles.User).ToString(),
                ((int)Roles.Admin).ToString()));
    }

    public static void AddCookiePolicy(this IApplicationBuilder app)
    {
        app.UseCookiePolicy(new CookiePolicyOptions
        {
            MinimumSameSitePolicy = SameSiteMode.Strict,
            HttpOnly = HttpOnlyPolicy.Always,
            Secure = CookieSecurePolicy.Always
        });
    }
}

```

Представлені фрагменти коду демонструють реалізацію безпечного механізму ідентифікації та розмежування доступу користувачів у CRM-системі. Для зберігання паролів застосовується стійкий криптографічний алгоритм, який унеможливиює їх пряме відновлення. Цифрові токени, сформовані на основі корис-

тувацьких атрибутів, дають змогу здійснювати перевірку прав доступу без необхідності зберігати сесію на сервері. Застосування ролей та політик доступу забезпечує гнучке управління дозволами в межах системи, а інтеграція токена в Cookies з налаштуваннями безпеки мінімізує ризик атак типу XSS та CSRF [3].

Отже, проведене проектування та впровадження дали змогу створити модель, що забезпечує як безпечне зберігання облікових даних, так і контроль доступу на основі ролей без постійного зберігання сесійної інформації. Така архітектура відповідає актуальним вимогам до захисту персональних даних, є масштабованою, ефективною для розподілених систем і може бути адаптована для різних типів користувацьких інтерфейсів. Запропонований підхід доводить доцільність поєднання гешування та токен-орієнтованої авторизації як основи для побудови надійної та гнучкої системи безпеки у корпоративному програмному забезпеченні.

Список використаних джерел

1. A TOTP-based secure data storage system in the cloud environment using the JWT token approach / A. Shah Nawaz, A. Mohd, A. Javed, M. Shabana. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*. 2025. Vol. 16. P. 1565–1578. DOI: 10.1007/s13198-025-02775-8.
2. Enhancing the Security of JSON Web Token Using Signal Protocol and Ratchet System / P. Singh, G. Choudhary, S. K. Shandilya, V. Sihag. *Proceedings of Emerging Trends and Technologies on Intelligent Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 1414. Springer, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-19-4182-5_31.
3. Pyroh M., Tereshchuk G., Toroshanko O. Authentication Principles as Security aspects of Web Development. *Measuring And Computing Devices In Technological Processes*. 2025. №. 1. P. 294–301. DOI: 10.31891/2219-9365-2025-81-36.

УДК 004.056.5

*Первачук Р. Ю., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Антонов Ю. С., канд. фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА УТИЛІТ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ БЛОКУВАННЮ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному інформаційному просторі за допомогою інтернет-ресурсів здійснюються різноманітні кібератаки, від фішингу до ransomware або DDoS-атак [1–3]. У зв'язку з цим підтримка актуального переліку інтернет-ресурсів, що підлягають блокуванню, має здійснюватись як на основі локальних списків, так і на основі списків, доступних у мережі Інтернет. Блокування таких джерел є одним із базових засобів протидії кіберзагрозам як у державних, так і в приватних мережах. Проте наявні засоби фільтрації часто є вузькоспеціалізованими, обмеженими у форматах або залежними від хмарних сервісів, що знижує рівень автономності та адаптивності.

Метою цієї роботи є створення модульної системи утиліт, яка виконує повний цикл: від завантаження та обробки даних про шкідливі домени до формування форматів блокування, придатних для використання у реальному середовищі. Об'єкт дослідження – процеси обробки, агрегації та фільтрації інтернет-ресурсів. Предмет – алгоритми та структури даних, що реалізують ці процеси.

Для досягнення мети були сформульовані та реалізовані такі задачі:

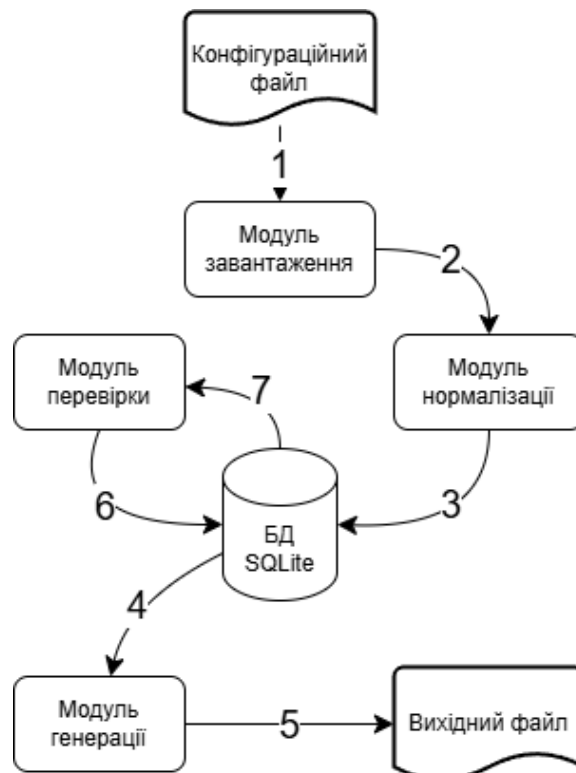
- виявлено типи загроз і механізми їх поширення, у тому числі через DNS;
- узагальнено сучасні підходи до фільтрації (локальні, хмарні, автономні);
- розроблено архітектуру системи та data-flow модель;
- спроектовано структуру бази даних та реалізовано механізми нормалізації;
- обґрунтовано формати вихідних даних (hosts, dnsmasq, csv);
- розроблено алгоритми перевірки доступності ресурсів (ping, DNS).

Система реалізується мовою Python з використанням бібліотек: requests, PyYAML, sqlite3, dns.resolver, ping3. Зберігання даних здійснюється у SQLite, що забезпечує автономність і гнучке керування вибірками. Для генерації вихідних файлів підтримуються класичні текстові формати hosts, dnsmasq.conf, а також csv для перегляду й аналізу[4–5].

Архітектура системи має модульну будову. Усі компоненти працюють незалежно:

- модуль агрегації зчитує конфігурацію і завантажує фіди;
- модуль парсингу нормалізує записи;
- база даних виступає централізованим сховищем;
- утиліта генерації формує вихідні файли згідно з параметрами;
- модуль перевірки тестує доступність ресурсів.

Для наочності зобразимо на рисунку:



підпис!

У підсумку реалізовано прототип автономної системи фільтрації, яка дає змогу збирати та аналізувати дані з відкритих джерел, гнучко керувати категоріями загроз, а також автоматично оновлювати списки блокування для використання на комп'ютерах і маршрутизаторах.

Список використаних джерел

1. Kosinski M. What is ransomware? *International Business Machines*. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/ransomware>
2. What is a Botnet? *CrowdStrike*. URL: <https://www.crowdstrike.com/.../botnets/>
3. Антонов Ю. С., Римар П. В., Антонова О. Г. Проблема DoS/DDoS атак навчальних ресурсів здобувачами. *Сучасний захист інформації*. 2019. № 4(40). С. 52–62. DOI: 10.31673/2409-7292.2019.045262.
4. Документація Pi-Hole. URL: <https://github.com/pi-hole/docs>
5. Dnsmasq. *ArchWiki*. URL: <https://wiki.archlinux.org/title/Dnsmasq>

УДК 004.738.1

*Підруцький Д. А., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Січко Т. В., канд. техн. наук, доцент, доцент
кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА ВЕБСАЙТА ДЛЯ ПРОДАЖУ ВІЙСЬКОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У контексті триваючої війни особливої важливості набуває забезпечення військових якісним спорядженням. Традиційні канали закупівлі не завжди здатні оперативно задовольнити попит, тому виникає потреба у створенні спеціалізованих онлайн-ресурсів для продажу військового обладнання.

Актуальність посилюється потребою у безпечному та масштабованому середовищі для обробки великого обсягу критичних даних.

Наразі, активно досліджуються питання побудови вебплатформ на основі технологій, як от MongoDB, Express, React. Особлива увага приділяється захисту персональних даних JWT, bcrypt, структурі REST API, та інтеграції платіжних систем, як от Stripe, у системи електронної комерції.

Метою роботи є розробка повнофункціонального вебсайта військового спорядження з акцентом на забезпеченні безпеки користувачів, масштабованості та зручного користувацького інтерфейсу.

Постановка задачі:

- створити backend-сервер на Node.js з використанням Express;
- спроектувати та реалізувати гнучку структуру бази даних на MongoDB;
- побудувати frontend-інтерфейс на основі React із використанням Tailwind CSS, Axios, React Router DOM і React Toastify;
- забезпечити безпеку автентифікації, збереження даних і реалізувати платіжну систему Stripe;

– організувати взаємодію між клієнтом і сервером за принципами REST API.

У проєкті реалізовано збереження та обробку даних на основі нереляційної бази даних MongoDB, що забезпечує гнучке й масштабоване зберігання інформації про:

- користувачів, включно з ролями, контактами, хешованими паролями;
- товари, їх опис, категорії, фото, ціну, наявність;
- замовлення, а саме: деталі кошика, способи доставки, статус, дата створення;
- адміністративні дії, як-от: створення / редагування / видалення товарів, зміна статусу замовлень.

Усі дані зберігаються у вигляді взаємопов'язаних колекцій, що дає змогу ефективно здійснювати запити, оновлення, фільтрацію та сортування. Для взаємодії з базою даних використано Mongoose – обгортку для MongoDB, що дає змогу будувати схеми з валідацією, відношеннями та методами для логіки на рівні моделей [1].

Розроблена структура бази даних забезпечує:

- швидкий доступ до інформації навіть за великої кількості записів;
- безпечне збереження конфіденційних даних через bcrypt та JWT;
- можливість масштабування та подальшого розвитку системи, наприклад, додавання складів, історії замовлень, обліку постачання тощо.

Фронтенд-частина проєкту реалізована з використанням бібліотеки **React**, яка забезпечує компонентну структуру інтерфейсу, що дає змогу створювати зручний, динамічний та масштабований вебдодаток. Для стилізації застосовано **Tailwind CSS**, що допоможе швидко будувати адаптивний інтерфейс без надлишкового CSS-коду. Передача даних між клієнтом і сервером реалізована за допомогою **Axios**, що забезпечує зручну роботу з API-запитами [2]. Для навігації між сторінками без перезавантаження використовується **React Router DOM**, а для зворотного зв'язку з користувачем – **React Toastify**, що дає змогу виводити сповіщення про помилки, підтвердження дій чи інші події в зручному форматі.

Бекенд-частина створена на основі **Node.js** з використанням фреймворка **Express**, що дає змогу реалізувати гнучке управління серверною логікою, обробку HTTP-запитів, керування сесіями, авторизацію через JWT та взаємодію з базою даних. У систему інтегровано платіжну платформу **Stripe**, яка дає змогу здійснювати реальні онлайн-платежі з дотриманням високих стандартів безпеки [3]. Загальна архітектура побудована за принципами REST, що дає змогу ефективно обмінюватися даними між клієнтською та серверною частинами, забезпечуючи стабільну роботу інтернет-магазину та його готовність до подальшого розширення функціоналу.

Отже, ключовим складником сайту є правильно спроектована та реалізована база даних, що є основою для надійного функціонування онлайн-магазину. Вона дає змогу ефективно зберігати, обробляти та захищати інформацію в умовах динамічного середовища та високих вимог до безпеки.

Список використаних джерел

1. Шаров С. В., Петровський В. В. Огляд нереляційних баз даних. *Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення*: тези доп. всеукр. наук. інтернет-конф. (м. Тернопіль, 26–27 жовт.) / Тернопіль: Тернопільський національний економічний університет, 2015. С. 16–18. URL: https://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/602/1/%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2_%D0%BF%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf
2. Здор О. В. Розробка веб-додатку SPA з використанням фреймворку React: пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні, спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка / М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків, 2023. 69 с. URL: <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/91e0cfc4-f711-441e-a638-bbdcfff965e3> (дата звернення: 21.05.2025).
3. REST API CRUD Operations Using ExpressJS. *geeksforgeeks.org*. 19.02.2025. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/rest-api-using-the-express-to-perform-crud-create-read-update-delete/> (дата звернення: 21.05.2025).
4. Степанюк О. С., Січко Т. В. Особливості використання реляційних та нереляційних баз даних в Big Data. *Комп'ютерні технології обробки даних*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. (м. Вінниця, 2020). С. 103–106. URL: <https://jktod.donnu.edu.ua/article/view/10450>

УДК 004.01

*Сіклічук А. С., здобувачка вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Фриз І. В., канд. фіз-мат. наук, старший
викладач кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА CRM-СИСТЕМИ ДЛЯ ТАНЦЮВАЛЬНОЇ СТУДІЇ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному цифровому середовищі автоматизація процесів управління клієнтськими базами є необхідністю для більшості бізнесів, зокрема й у сфері послуг. Танцювальні студії, як частина цієї сфери, також потребують ефективних рішень для організації своєї роботи: обліку клієнтів, тренувань, абонементів, відвідуваності та розкладу. Використання CRM-систем дає змогу не лише зменшити адміністративне навантаження, а й покращити якість взаємодії з клієнтами та знизити ризики людських помилок.

З огляду на ці потреби в роботі розглянуто підходи до створення CRM-системи для танцювальної студії, яка відповідає основним вимогам до такого типу програмного забезпечення: зручність користування, гнучкість, масштабованість і можливість подальшого розширення. Як оптимальне рішення обрано десктопну клієнт-серверну архітектуру, що поєднує незалежність від браузера з можливістю централізованого зберігання даних [1].

Для реалізації системи доцільно використати такі інструменти і технології:

1. ASP.NET Core Web API для побудови серверної частини;
2. WPF (Windows Presentation Foundation) для створення десктопного клієнта [2];
3. MySQL як СУБД [3];

4. Entity Framework Core (Code First) як ORM-рішення, що дає змогу легко керувати структурою бази даних через C#-код, спрощуючи розробку та підтримку [4].

Використання REST-архітектури на стороні сервера забезпечує чіткий поділ логіки за модулями – контролерами, сервісами, моделями та DTO, що відповідає принципам побудови сучасних масштабованих систем. Такий підхід дає змогу ефективно організувати програмний код, полегшує внесення змін та адаптацію системи під нові вимоги.

Клієнтська частина, побудована на WPF, здійснює запити до API-сервера через HTTP, отримуючи й обробляючи дані для відображення у лаконічному та інтуїтивно зрозумілому інтерфейсі. Це допомагає відокремити користувацький інтерфейс від логіки обробки даних, що позитивно впливає на стабільність і гнучкість системи.

У межах реалізованої структури були враховані ключові вимоги до функціоналу CRM-системи для танцювальних студій, зокрема:

- реєстрацію клієнтів;
- створення та редагування абонементів;
- облік тренувань та відвідувань;
- розподіл клієнтів за тренуваннями;
- управління розкладом викладачів;
- автоматичне надсилення нагадувань про завершення терміну дії абонементу.

Система розроблена з урахуванням принципів масштабованості та розширюваності. Завдяки модульній архітектурі її легко доповнювати новими можливостями. Програмне забезпечення має потенціал для впровадження в реальних умовах невеликих студій, яким часто не вистачає ресурсів для дорогих комерційних CRM-продуктів.

Отже, реалізована система дає змогу вирішити низку актуальних проблем організації внутрішніх процесів у танцювальній студії. Подальший розвиток проєкту може включати покращення дизайну, багатомовність, систему повідомлень у реальному часі або хмарне зберігання даних.

Список використаних джерел

1. Client-Server Model – GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/system-design/client-server-model/> (дата звернення: 18.05.2025).
2. GitHub – dotnet/wpf: WPF is a .NET Core UI framework for building Windows desktop applications. *GitHub*. URL: <https://github.com/dotnet/wpf> (дата звернення: 18.05.2025).
3. MySQL. URL: <https://www.mysql.com/> (дата звернення: 18.05.2025).
4. Entity Framework Core. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/ef/> (дата звернення: 18.05.2025).

*Снитко А. Р., здобувачка вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Антонов Ю. С., канд. фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ВЕБДОДАТОК ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ ТА ПРОВЕДЕННЯ ОПИТУВАНЬ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

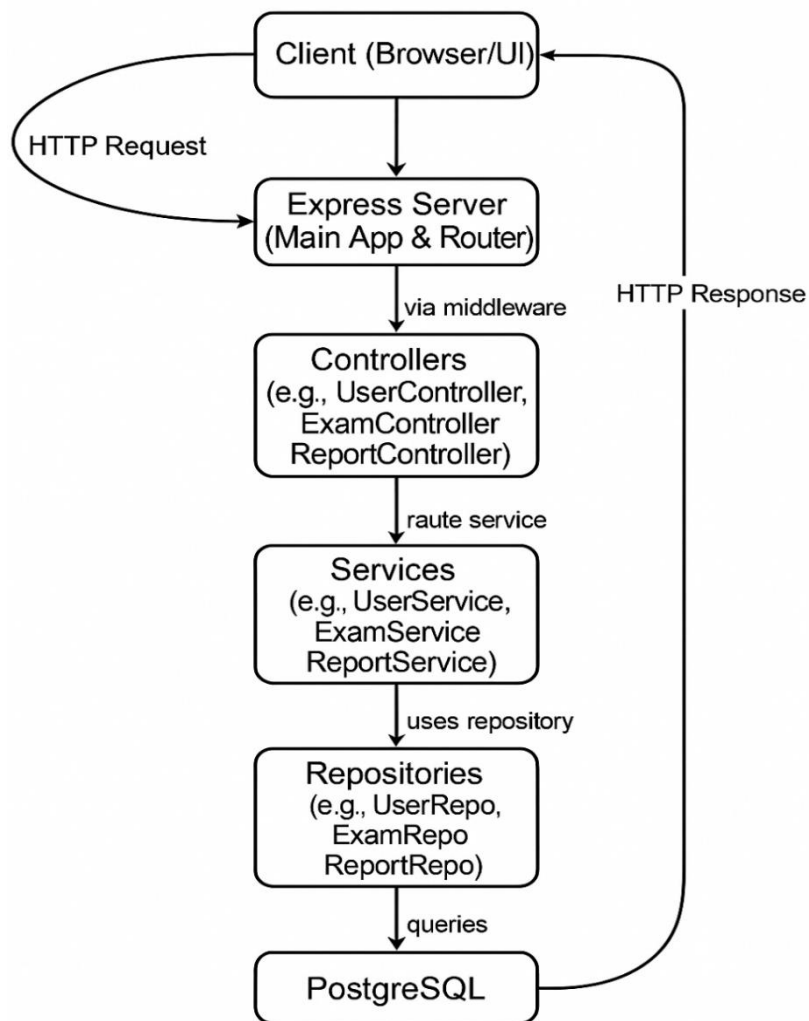
В умовах стрімкої цифровізації освіти та бізнесу вебсистеми для проведення опитувань і тестування знань набувають критичної важливості, особливо зважаючи на поширення дистанційних форм навчання та роботи [1–5]. Однак наявні платформи часто мають технічні та методичні обмеження, що знижують їх ефективність, зручність використання й адаптивність до потреб користувачів, зокрема у контексті забезпечення масштабованості, надійності та підтримки мотивації.

Для досягнення мети були реалізовані такі кроки:

- проаналізовано еволюцію систем тестування й опитувань, визначено їх сильні й слабкі сторони;
- сформовано функціональні та нефункціональні вимоги до нової системи;
- спроектовано модель даних у PostgreSQL, що підтримує нормалізацію (1–3 НФ) та запитання з кількома правильними відповідями;
- розроблено back-end на Node.js з фреймворком Express та Drizzle ORM, реалізовано REST-API, JWT-захист та механізми логування;
- створено front-end SPA на React з використанням бібліотеки компонентів Ant Design, адаптивним інтерфейсом та клієнтським роутингом;
- інтегровано механізми логування й базову аналітику для відстеження взаємодії користувачів та формування звітів.

Система реалізована мовою JavaScript із застосуванням сучасного стеку технологій. Серверна частина (back-end) розроблена на платформі Node.js з використанням фреймворку Express.js та Drizzle ORM для взаємодії з реляційною СУБД PostgreSQL. Клієнтська частина (front-end) є односторінковим додатком (SPA) на базі бібліотеки React та UI-компонентів Ant Design.

Архітектура системи є трірівневою («клієнт – сервер застосунків – база даних»), що забезпечує модульність, масштабованість і чіткий розподіл відповідальності між компонентами. Ключові функціональні компоненти включають: модуль реєстрації та автентифікації користувачів (адміністратор, звичайний користувач); модуль створення та управління тестами й опитуваннями, що підтримує питання з кількома правильними відповідями; модуль проходження тестування з можливістю обмеження часу; модуль автоматичної обробки, збереження та перегляду результатів. На рис. 1 зображена архітектура back-end-частини вебдодатка з використанням багатошарової структури.



У підсумку реалізовано повнофункціональний вебдодаток для проведення опитувань і тестування знань. Система забезпечує реєстрацію та автентифікацію користувачів, створення й управління тестами та питаннями (включно з підтримкою питань із кількома правильними відповідями), проходження тестувань з обмеженням часу, автоматизовану обробку та перегляд результатів. Реалізовано розмежування ролей користувачів та механізми логування дій для аналізу та вдосконалення. Розробка має наукову новизну у комплексному підході до вирішення проблем наявних платформ шляхом інтеграції логування та базової аналітики, та практичну цінність для автоматизації процесів оцінювання в освітніх закладах і збору даних у бізнес-середовищі.

Список використаних джерел

1. Антонов Ю. С., Смоктей К. В. Використання експертних систем для аналізу відповідей у автоматизованих системах контролю знань. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2024. № 4(339). С. 323–331. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-339-4-51.
2. Зінов'єва І. С., Зембіцька А. Г. Порівняльна характеристика сучасних онлайн-інструментів тестування знань при дистанційному навчанні. *Електронне моделювання*. 2021. Т. 43, № 3. С. 109–123. DOI: 10.15407/emodel.43.03.109 (дата звернення: 24.10.2022).
3. Антонов Ю. С. Комп'ютерні системи тестування на основі технології трирівневих баз даних. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2008. № 2. DOI: 10.33407/itlt.v6i2.133. URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/ITZN/em6/content/08aystdt.htm>

4. Антонов Ю. С. Оцінка повноти відповідей в автоматизованих системах контролю знань. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка*. 2012. № 15. С. 113–117.

5. Антонов Ю. С., Космінська О. М. Методика аналізу тестових завдань на основі отриманих результатів тестування. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2009. № 4. DOI: 10.33407/itlt.v12i4.81. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/81/>

УДК 004.42:004.43

*Чернишенко Я. А., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Зелінська О. В., канд. техн. наук, доцент,
в. о. завідувача кафедри інформаційних технологій*

ЗАСТОСУВАННЯ ШАБЛОНУ MVVM У РЕАЛІЗАЦІЇ UI-ЛОГІКИ ДЕСКТОПНИХ ДОДАТКІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасній розробці десктопних додатків шаблон Model-View-ViewModel (MVVM) став одним із ключових підходів до організації логіки користувацького інтерфейсу (UI). Він спрямований на чітке розділення графічного інтерфейсу (View) та прикладної логіки, що дає змогу уникнути надмірної залежності між ними. Завдяки MVVM інтерфейс користувача визначається окремо від коду, який обробляє дії користувача та оперує даними додатка. Такий підхід підвищує зрозумілість структури програми та закладає основу для більш керованої і масштабованої розробки [1].

Сьогодні MVVM фактично став стандартом проектування інтерфейсної логіки у багатьох сучасних фреймворках для десктопних застосунків. Зокрема, у технологіях на кшталт Windows Presentation Foundation (WPF) та сучасних крос-платформних фреймворках – Avalonia, .NET MAUI [1]. Цей шаблон використовується для побудови чіткого розмежування між відображенням даних і бізнес-логікою. Популярність MVVM пояснюється тим, що він розв'язує типові проблеми розробки UI:

- ускладнення підтримки коду під час росту додатка;
- труднощі тестування;
- повторного використання компонентів.

Завдяки цьому MVVM залишається актуальним і вважається ефективним підходом для створення складних інтерфейсів користувача у сучасних десктопних застосунках.

Шаблон MVVM передбачає чітке розподілення відповідальностей між трьома складниками:

- Model;
- View;
- ViewModel.

Модель (Model) відповідає за управління даними і бізнес-логікою застосунку, тоді як вигляд (View) містить тільки опис графічного інтерфейсу – вікон, кно-

пок, полів та інших елементів UI. Модель вигляду (ViewModel) виступає посередником між ними: вона отримує дані від Моделі, адаптує їх до потреб інтерфейсу та надає вигляду через властивості, а також містить команди для обробки дій користувача. Така архітектура гарантує, що логіка роботи інтерфейсу ізольована у ViewModel і може змінюватися незалежно від реалізації самого відображення на екрані.

Практичне застосування MVVM демонструє підвищення ефективності розробки та підтримки програмного забезпечення. Завдяки відокремленню інтерфейсу від логіки зміни у користувацькому інтерфейсі можна вносити без ризику порушити роботу бізнес-логіки, і навпаки, що скорочує витрати часу на доопрацювання масштабного застосунку. Модель вигляду, яка не залежна від графічного фреймворка, легко піддається модульному тестуванню, тож ключова логіка інтерфейсу перевіряється автономно від візуальної частини [1]. До того ж використання прив'язки даних автоматизує синхронізацію стану між ViewModel та View, що зменшує обсяг шаблонного коду і кількість потенційних помилок під час взаємодії з елементами інтерфейсу.

У межах технології WPF шаблон MVVM став найпоширенішим та є загальноприйнятою практикою. WPF має розвинену систему двостороннього зв'язування даних і команд (ICommand), що природно підтримує принципи MVVM, де елементи інтерфейсу прив'язуються до властивостей та команд ViewModel замість прямого виклику логіки [2]. Це дає змогу майже повністю відмовитися від розміщення бізнес-логіки у коді форм (code-behind), що забезпечує чистий поділ XAML-розмітки інтерфейсу та програмної логіки. Тому застосунки з використанням WPF, побудовані на MVVM, вирізняються гнучкістю у розвитку, де можна змінювати або розширювати інтерфейс без значних змін у внутрішній логіці, і навпаки [2].

Схожі архітектурні підходи реалізовані і в аналогічних кросплатформових фреймворках – Avalonia та .NET MAUI, які успадковують ключові принципи WPF, зокрема підтримку шаблону MVVM. У Avalonia використовується XAML-подібна розмітка та механізми прив'язування даних і команд, що дає змогу застосовувати знайомі розробникам WPF-підходи під час створення інтерфейсів для різних ОС [3]. Завдяки цьому можна використовувати одну й ту саму ViewModel-логіку для додатків під Windows, Linux і macOS без істотних змін. Натомість .NET MAUI, як наступник Xamarin.Forms, також підтримує MVVM і дає змогу будувати інтерфейс під мобільні й десктопні платформи з єдиною базою коду. До того ж .NET MAUI пропонує альтернативу у вигляді Blazor-компонентів, які реалізують розподілення логіки та UI як у MVVM [3]. Тож попри різні цільові платформи, MVVM зберігає свою роль як уніфікований архітектурний підхід в екосистемі .NET.

Отже, шаблон MVVM затвердився як ефективний спосіб організації логіки інтерфейсу в десктопних додатках. Його застосування дає змогу створювати програмні системи, які легше тестувати, масштабувати та підтримувати у довгостроковій перспективі. MVVM успішно інтегрується з різними сучасними технологіями розробки UI, від класичних платформ Windows до кросплатформних рішень. Збереження чіткого поділу між виглядом і логікою продовжує бути запорукою надійної та гнучкої архітектури інтерфейсу в сучасному програмному забезпеченні.

Список використаних джерел

1. Fuksa M., Speth S., Becker S. MVVM Revisited: Exploring Design Variants of the Model-View-View Model Pattern / *Enterprise Design, Operations, and Computing*. EDOC 2024. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 15409. Springer, Cham. DOI: /10.1007/978-3-031-78338-8_9.
2. MvvmCross: Introduction to Model/View/ViewModel pattern for building WPF apps (2023). URL: <https://www.mvvmcross.com/documentation/fundamentals/viewmodel-lifecycle>
3. Classon I. .NET MAUI: Features, Alternatives, and Future. *Migrating from Xamarin. Forms to .NET MAUI*. Apress, Berkeley, CA. 2025. DOI: /10.1007/979-8-8688-1215-6_2.

СЕКЦІЯ 3
ТЕХНОЛОГІЇ ЗБОРУ, ПРЕДСТАВЛЕННЯ,
ОБРОБКИ, ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ
В СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ
СИСТЕМАХ

КОЕФІЦІЄНТ КОРЕЛЯЦІЇ І НАПРЯМИ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. У сучасних інформаційних технологіях важливо не лише збирати дані, а і вміти виявляти між ними приховані зв'язки. Одним із ключових інструментів для цього є кореляційний аналіз – метод статистичної оцінки сили і напрямку зв'язку між двома або більше змінними. Він широко використовується в машинному навчанні, обробці сигналів, розпізнаванні образів, криптографії та кібербезпеці.

У цій роботі розглянемо деякі застосування коефіцієнта кореляції в різних галузях інформаційних технологій.

Основна частина. Кореляційний аналіз відіграє ключову роль у виявленні статистичних зв'язків між змінними та знаходить широке застосування у різних галузях науки й техніки. Для характеристики кореляційного зв'язку використовується коефіцієнт кореляції. Коефіцієнтом кореляції r_{xy} між двома ознаками X і Y називається відношення їх коваріації до добутку середніх квадратичних відхилень цих величин [1]:

$$r_{xy} = \frac{\text{cov}_{xy}}{\sigma_x \sigma_y},$$

де $\text{cov}_{xy} = \overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}$ – кореляційний момент;

$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$ та $\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}$ – середні квадратичні відхилення;

$$|r_{xy}| \leq 1.$$

У машинному навчанні кореляційний аналіз використовується для визначення, які вхідні ознаки мають сильний лінійний зв'язок із цільовою змінною. Ознаки з високою кореляцією можуть бути більш інформативними для побудови прогностичних моделей. Наприклад, у задачі прогнозування ціни акцій можна оцінити кореляцію між різними економічними індикаторами та ціною акцій, щоб відібрати найбільш релевантні індикатори [2].

Для виявлення залежностей для багатофакторної моделі використовується кореляційна матриця, яка відображає парні коефіцієнти кореляції між усіма факторами і має вигляд:

$$\Delta = \begin{pmatrix} 1 & r_{yx_1} & r_{yx_2} & \dots & r_{yx_m} \\ r_{x_1y} & 1 & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_m} \\ r_{x_2y} & r_{x_2x_1} & 1 & \dots & r_{x_2x_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_my} & r_{x_mx_1} & r_{x_mx_2} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

де r_{x_iy} – коефіцієнт кореляції між x_i , $i = 1, \dots, m$, та y ;

$x_1, \dots, x_m$ – незалежні змінні;
 y – залежна змінна [3].

Висока кореляція між двома або більше факторами у моделі регресії (мультиколінеарність) ускладнює інтерпретацію коефіцієнтів регресійної моделі та призводить до нестабільності моделі. Метод головних компонент (PCA) може бути застосований для зменшення впливу мультиколінеарності шляхом перетворення корельованих змінних на некорельовані головні компоненти [4].

До того ж кореляційний аналіз застосовується для обробки сигналів, зокрема допомагає виявляти приховані сигнали та аналізувати їх характеристики, а автокореляція і кроскореляція дають змогу виявити періодичні компоненти та ступінь подібності між двома сигналами зі зсувом відповідно [5]. В інформаційній безпеці використовується для мережевої активності, щоб виявити аномальні події (наприклад, різкі зміни між обсягом трафіка та кількістю з'єднань можуть свідчити про кібератаки, зокрема сканування мережі або DDoS-атаки), а також дає змогу виявляти підозрілу поведінку на ранньому етапі між подіями, що є критично важливим для захисту інформаційних систем [6]. У криптографічних системах важливо, щоб згенеровані послідовності мали низьку автокореляцію, що зменшує ймовірність їх прогнозування [7]. Інструменти кореляційного аналізу використовуються для розпізнавання образів та комп'ютерного зору, зокрема допомагає оцінювати симетрію об'єктів і виявляти структурні зміни. Зниження кореляції між симетричними ключовими точками обличчя може свідчити про деформації, що має практичне значення в біометричних системах, медичній діагностиці та задачах відстеження руху об'єктів [8].

Висновки. Кореляційний аналіз є потужним інструментом для виявлення, оцінювання та інтерпретації зв'язків між змінними в інформаційних системах. Його універсальність дають змогу застосовувати цей метод у задачах від вибору релевантних ознак у машинному навчанні до виявлення кіберзагроз та прихованої інформації. Завдяки своїм аналітичним можливостям, коефіцієнт кореляції сприяє побудові ефективних моделей, точнішій інтерпретації даних і забезпеченню безпеки систем.

Список використаних джерел

1. Зайцев Є. І. Теорія ймовірностей і математична статистика: навч. посіб. Київ: Алерта, 2017. 440 с.
2. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer, 2009.
3. Економетрика в електронних таблицях: навчальний посібник / Н. К. Васильєва, А. О. Мироненко, Н. М. Самарець, Н. О. Чорна. Дніпро: Видавець Біла К. О., 2017. 152 с. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/713/1/Posibnyk.pdf>
4. Jolliffe I. T. Principal Component Analysis. Educational manual. Springer New York, NY. 2002. 488 p. URL: [http://cda.psych.uiuc.edu/statistical_learning_course/Jolliffe%20I.%20Principal%20Component%20Analysis%20\(2ed.,%20Springer,%202002\)\(518s\)_MVsa_.pdf](http://cda.psych.uiuc.edu/statistical_learning_course/Jolliffe%20I.%20Principal%20Component%20Analysis%20(2ed.,%20Springer,%202002)(518s)_MVsa_.pdf)
5. Johnson F., Duric Z., Jajodia S. Information Hiding: Steganography and Watermarking – Attacks and Countermeasures. Kluwer Academic Publishers, 2001. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-4375-6>
6. Cover T. M., Thomas A. Elements of Information Theory. 2nd ed. Wiley-Interscience, 2006. URL: https://cs-114.org/wp-content/uploads/2015/01/Elements_of_Information_Theory_Elements.pdf

7. Manning D., Raghavan P., Schütze H. Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press, 2009. 581 c. URL: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/pdf/irbookonlinereading.pdf>
8. Alan V. Oppenheim and Ronald W. Schafer. Discrete-Time Signal Processing. Prentice Hall, 1999. 997 p. URL: <http://103.203.175.90:81/fdScript/RootOfEBooks/E%20Book%20collection%20-%202023/EEE/DiscreteTimeSignalProcessing2n.pdf>

УДК 004.89

*Гуменчук П. С., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Римар П. В., старший викладач кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА ВЕБІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ДЛЯ РОБОТИ З ГЕНЕРАТИВНИМ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. Генеративний штучний інтелект (ГШІ) демонструє значний прогрес у створенні різного типу контенту, зокрема і відеороликів. Це відкриває нові можливості для різних галузей, однак ефективне використання ГШІ часто обмежується складністю наявних інструментів та відсутністю зручних користувацьких інтерфейсів.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю розробки доступних та інтегрованих програмних рішень, які б дали змогу широкому колу користувачів, включно з тими, хто не має глибоких технічних знань, ефективно взаємодіяти з моделями ГШІ для генерації відео. Існує потреба в системах, що забезпечують повний цикл роботи (від налаштування параметрів до управління результатами).

Аналіз наукових публікацій показує, що незважаючи на значні досягнення в розробці самих генеративних моделей, як-от GAN [1], та їх наступників StyleGAN [2], а також наявність загальних рекомендацій щодо взаємодії «людина – ШІ» [3], комплексні рішення, що поєднують зручний вебінтерфейс, релевантний API, який задовольняє своїми можливостями весь потенційний функціонал вебзастосунку та засоби управління для систем генерації відео, залишаються недостатньо дослідженими. Наявні інструменти часто або є вузькоспеціалізованими, або не забезпечують цілісного користувацького досвіду, зокрема в частині управління сесіями та історією запитів [4].

Мета роботи – розробити архітектуру та ключові компоненти вебінтерфейсу системи для роботи з генеративним штучним інтелектом, орієнтованої на створення відеоконтенту, що забезпечує інтуїтивну взаємодію, управління користувацькими даними та процесом генерації.

Постановка задачі. Для досягнення мети необхідно виконати таке:

- 1) спроектувати архітектуру клієнтської частини вебінтерфейсу на основі сучасного фреймворка;
- 2) розробити структуру бази даних для зберігання інформації про користувачів, сесії користувачів, запити та згенеровані відео;

3) визначити принципи взаємодії між клієнтською та серверною частинами системи через RESTful API.

Виклад основного матеріалу. У межах дослідження було розроблено вебінтерфейс, спрямований на подолання розриву між можливостями ГШІ та зручністю їх застосування.

Клієнтська частина вебзастосунку реалізована на базі фреймворка Angular, що забезпечує створення складних односторінкових застосунків, більш відомих як SPA. Архітектура клієнтської частини побудована на принципах сервісно-орієнтованого підходу, модульності та реактивного програмування з використанням RxJS. Такий підхід забезпечує переваги, зокрема чітке розділення відповідальностей, масштабованість і тестованість. Потенційні недоліки, як-от високий поріг входу та залежність від фреймворка, було проаналізовано, та запропоновано стратегії їх нівелювання (наприклад, обґрунтування складності структури для комплексного проєкту та використання Angular CLI для спрощення налаштування).

Серверна частина системи реалізується на основі фреймворка FastAPI, що дає змогу створити RESTful API для ефективної взаємодії між клієнтом та сервером, включно з управлінням завданнями генерації, доступом до даних та автентифікацією на базі надійних JWT-токенів, які генеруються сервером після успішної перевірки облікових даних користувача (зокрема й порівняння хешу наданого пароля зі збереженим хешем) та передаються на клієнтську частину для подальшої авторизації запитів.

Висновки. За результатами проведеної роботи було спроектовано архітектурні рішення для вебінтерфейсу системи роботи з генерацією відеоконтенту за допомогою ГШІ. Розроблено структуру клієнтської частини на базі Angular, визначено її переваги та шляхи мінімізації недоліків. Спроектовано схему бази даних для зберігання ключової інформації системи. Запропоновані рішення формують основу для створення інтегрованої платформи, що спрощує доступ до технологій генерації відео та може бути використана для подальших досліджень у сфері взаємодії «людина – комп'ютер» та практичного застосування ГШІ.

Список використаних джерел

1. Goodfellow I. J., Pouget-Abadie J., Mirza M. Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*. 2014. № 27. URL: <https://arxiv.org/pdf/1406.2661>
2. Analyzing and improving the image quality of StyleGAN / T. Karras, S. Laine, M. Aittala, J. Hellsten, L. Jaakko, T. Aila. *Proceedings of the IEEE / CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2020. P. 8110–8119.
3. Amershi S., Weld D., Vorvoreanu M. Guidelines for human-AI interaction. *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*. 2019. P. 1–13.
4. Generative AI and HCI at CHI / M. Muller et al. *GenAICHI 2023*. 2023. P. 1–7.
5. Angular. *Home Angular*. URL: <https://v17.angular.io/docs> (date of access: 18.05.2025).

*Гуцол Н. А., здобувач вищої освіти 2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потанова Н. А., канд. екон. наук., доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

АВТОМАТИЗОВАНЕ МАСКУВАННЯ ТА АНОНІМНІСТЬ ДАНИХ НА РІВНІ SQL

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У час швидкого розвитку цифрових технологій та збільшення кількості особистих даних, що зберігаються в базах даних, одним із головних завдань сучасних інформаційних систем стає захист конфіденційності даних зі збереженням їх користі для аналізу. Закони, як-от Загальний регламент про захист даних у Європейському Союзі та подібні правила в інших країнах, підкреслюють важливість впровадження технологій захисту особистої інформації.

Один із дієвих способів захисту конфіденційності даних – використання технологій маскування прямо в SQL-запитах [3]. Цей підхід дає змогу зберігати початкові дані в базі даних, але надавати користувачам та програмам доступ лише до захищених версій цих даних, зменшуючи ризики неправомірного доступу до чутливої інформації. Аналіз сучасних досліджень показує великий інтерес до питань захисту приватності даних. Але практичні аспекти впровадження таких підходів безпосередньо на рівні SQL-запитів залишаються недостатньо висвітленими в наукових публікаціях.

Метою нашого дослідження є розробка методів та практичних порад щодо впровадження автоматичного маскування даних на рівні SQL, що забезпечує захист чутливої інформації без зниження швидкодії систем та без потреби зміни наявної структури баз даних. Існують основні підходи до маскування різних типів даних, що передбачають використання вбудованих функцій SQL для зміни даних під час їх вибірки [1]:

1. Часткове маскування – заміна частини даних символами-замінниками зі збереженням певної частини початкової інформації, як-от перші символи імені чи домен електронної пошти.

2. Узагальнення – зниження рівня деталізації даних (наприклад, показ лише року народження замість повної дати).

3. Заміна даних на псевдоніми – заміна ідентифікаторів на випадкові значення з можливістю зворотної зміни за наявності відповідного ключа.

Розглянемо підхід до побудови системи, що полягає у створенні проміжного шару між базою даних та програмами через використання представлень і функцій, що реалізують логіку маскування [4]. Такий підхід дає змогу:

1. Зберігати початкові дані для адміністративних, перевірочних та статистичних цілей.

2. Надавати різним категоріям користувачів різні рівні доступу до даних із відповідним рівнем маскування.

3. Централізовано керувати правилами маскування та забезпечувати їх однакове застосування.

4. Впроваджувати маскування в наявні системи без потреби зміни структури бази даних.

Експериментальне дослідження ефективності запропонованого підходу було проведене на тестовій базі даних, що містить інформацію користувачів, включено з іменами, контактними даними, датами народження. Результати показали, що:

1. Впровадження маскування на рівні SQL призводить до незначного зниження швидкодії системи – збільшення часу виконання запитів становить у середньому 7–10 %.

2. Використання відповідних індексів дає змогу мінімізувати вплив на швидкість під час роботи з великими обсягами даних.

3. Застосування розроблених шаблонів маскування дає змогу зберегти аналітичну цінність даних за умови ефективного захисту конфіденційної інформації.

Особливу увагу приділено розробці методів динамічного маскування, що враховують контекст запиту та рівень доступу користувача [4]. Цей підхід ґрунтується на використанні контекстно-залежних функцій, що дає змогу динамічно налаштовувати рівень маскування даних залежно від ролі користувача та мети запиту. Для оцінки ефективності захисту даних запропоновано спосіб кількісного аналізу ризику розпізнавання особи на основі замаскованих даних [2]. Спосіб ґрунтується на обчисленні інформаційної різноманітності даних до та після маскування й оцінці ймовірності успішного витоку особистих даних.

Порівняно з наявними підходами до захисту даних, як-от шифрування на рівні бази даних та фізичне розділення баз даних для різних рівнів доступу, запропонований підхід показує більшу гнучкість, простішу інтеграцію з наявними системами та менші витрати на адміністрування [5].

Подальші дослідження планується спрямувати на розробку автоматизованих інструментів для виявлення чутливих даних у базах даних та створення відповідних правил маскування.

Список використаних джерел

1. Data Masking and Virtualization for Development and Test Environments. *RDTEX – Raw Data Technologies*. URL: <https://rdtex.ua/eng/project-solutions-2/data-masking-and-virtualization/> (дата звернення 23.03.2025).

2. Інструменти безпеки в системі керування базами даних (СКБД) MySQL Enterprise Edition. 25.04.2024. URL: <https://erc.ua/news-reviews/24517/instrumenti-bezpeki-v-sistemi-keruvannia-bazami-danikh-skbd-mysql-enterprise-edition> (дата звернення 13.03.2025).

3. Understanding SQL Server Dynamic Data Masking. DataSunrise Knowledge Center. URL: <https://www.datasunrise.com/knowledge-center/sql-server-dynamic-data-masking/> (дата звернення 13.03.2025).

4. Dynamic data masking. *Microsoft Learn*. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/security/dynamic-data-masking?view=sql-server-ver16> (дата звернення 23.03.2025).

5. A Basic Guide to SQL Server Security Fundamentals. 10.04.2025. URL: <https://corewin.ua/en/blog-en/sql-server-security-basics/> (дата звернення 20.03.2025).

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОЗВУЧЕННЯ ВІДЕО

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Системи синтезу мовлення (TTS) відіграють ключову роль в автоматизованому озвученні текстових сценаріїв, особливо у відеопродукції, де швидкість синтезу та природність голосу є надзвичайно важливими. Сучасні нейронні моделі, як-от Tacotron 2 та FastSpeech 2, у поєднанні з вокодерами на кшталт WaveNet демонструють значний прогрес у генерації мовлення, близького до людського [1].

Метою цієї роботи є проведення всебічного порівняльного аналізу сучасних систем синтезу мовлення (TTS), які знаходять застосування в автоматизованому озвученні відеоконтенту. Особлива увага приділяється дослідженню їх архітектурних особливостей, фундаментальних принципів функціонування, а також оцінці якості та швидкості генерації мовлення. До того ж важливим аспектом є виявлення ключових тенденцій, що визначають подальший розвиток технологій у цій динамічній галузі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити комплекс завдань. По-перше, потрібно детально дослідити ключові архітектури провідних TTS-систем, як-от Tacotron 2 та FastSpeech 2, включно з аналізом їх основних компонентів, зокрема мереж прогнозування акустичних ознак та вокодера. По-друге, важливо проаналізувати роль та принципи роботи вокодерів, зокрема WaveNet та універсальних нейронних вокодерів, у контексті забезпечення високої природності синтезованого мовлення. По-третє, необхідно розглянути сучасні підходи, спрямовані на прискорення процесу синтезу мовлення, що включають вивчення неавто-регресійних моделей на прикладі FastSpeech 2 та повністю наскрізних систем, як-от FastSpeech 2s. Наступним кроком є проведення порівняльної характеристики розглянутих TTS-систем за низкою ключових критеріїв: тип вхідних даних, наявність проміжного представлення, принцип роботи вокодера, тип генерації (авто-регресійний чи неавто-регресійний) та їх основні переваги. На завершення, на основі проаналізованих технологій, потрібно визначити основні вектори розвитку систем автоматизованого озвучення відео.

Більшість передових TTS-систем, наприклад, Tacotron 2, використовують двокомпонентну архітектуру: мережу прогнозування акустичних ознак (часто мел-спектрограм) з тексту та вокодер, який синтезує з цих ознак звукову хвилю. Мережа прогнозування зазвичай базується на архітектурі sequence-to-sequence з механізмом уваги, що забезпечує точне вирівнювання тексту та мовлення. Мел-спектрограми, як проміжне представлення, спрощують тренування та є інваріантними до фази [2].

Для досягнення високої природності звучання вирішальну роль відіграють вокодери. WaveNet, авторегресивна генеративна модель, що працює безпосеред-

ньо з сирими аудіоданими, використовує дилатовані каузальні згортки для моделювання довготривалих залежностей, забезпечуючи високу якість синтезу [2–3]. Існують також універсальні нейронні вокодери на базі WaveRNN, здатні працювати з багатьма дикторами та мовами [4].

Для подолання повільності авторегресійних моделей розробляються системи для швидкого синтезу, як-от FastSpeech 2. Вони відмовляються від авторегресії на етапі генерації мел-спектрограм, тренуються на реальних даних та інтегрують додаткову інформацію про варіативність мовлення (висота тону, енергія, тривалість фонем) для кращого вирішення проблеми «один-до-багатьох» [5].

Тенденцією в розвитку TTS-систем є перехід до повністю наскрізних моделей, як FastSpeech 2s, що генерують звукову хвилю безпосередньо з тексту, мінаючи проміжне представлення. Це спрощує архітектуру та потенційно прискорює синтез, часто із застосуванням адверсаріального навчання для покращення якості [5]. У табл. 1 наведено порівняльну характеристику TTS-систем.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика ключових TTS-систем

Характеристика	Tacotron 2	FastSpeech 2s	WaveNet (як вокодер)
Вхідні дані	Ембединги символів	Послідовність фонем	Мел-спектрограми або лінгвістичні ознаки
Проміжне представлення	Мел-спектрограми	Прямий синтез хвилі	Відсутнє (генерує звукову хвилю)
Принцип вокодера	Модифікований WaveNet	Внутрішній генератор хвилі	Авторегресійна генерація сирого аудіо
Тип генерації (спектрограма)	Авторегресійний (Seq2Seq + увага)	Неавторегресійний	Не застосовується
Тип генерації (хвиля)	Авторегресійний (WaveNet)	Неавторегресійний	Авторегресійний
Ключові переваги	Висока природність, MOS близький до людського мовлення	Дуже швидкий синтез, висока якість, вирішення проблеми «один-до-багатьох» через використання адаптерів варіативності (тон, енергія, тривалість)	Найвища природність генерації звукової хвилі, слугує еталоном якості

Отже, проведений аналіз систем для автоматизованого озвучення відео демонструє значний прогрес у галузі синтезу мовлення, зумовлений переважно розвитком нейронних мереж. Системи, як-от Tacotron 2, що базуються на двокомпонентній архітектурі з генерацією мел-спектрограм та використанням вокодерів на кшталт WaveNet, досягають високої природності звучання, наближеної до людського мовлення. Водночас для вирішення проблеми швидкості синтезу, критично важливої для відеопродукції, були розроблені неавторегресійні моделі, як FastSpeech 2, що забезпечують швидку генерацію за умови збереження високої якості та ефективного моделювання варіативності мовлення. Тенденція до створення повністю наскрізних систем, як FastSpeech 2s, що генерують звукову хвилю безпосередньо з тексту, свідчить про прагнення до спрощення архітектур та подальшого прискорення процесу синтезу.

З огляду на дані можна зробити висновок, що якщо пріоритетом є максимальна природність голосу, а час синтезу не є критичним обмеженням, Tacotron 2 у

поєднанні з високоякісним вокодером (як WaveNet) може вважатися кращим вибором, оскільки він часто встановлює стандарт якості. Проте якщо ключовими факторами є швидкість генерації, ефективність і можливість обробки великих обсягів тексту для відео, то системи на кшталт FastSpeech 2 та особливо FastSpeech 2s є значно привабливішими. Вони пропонують відмінний компроміс між швидкістю та якістю, що робить їх більш практичними для багатьох реальних завдань автоматизованого озвучення. Отже, оптимальна TTS-система обирається шляхом зважування переваг у природності звучання проти переваг у швидкості та ефективності генерації відповідно до потреб конкретного проекту.

Список використаних джерел

1. A Survey on Neural Speech Synthesis / X. Tan, T. Qin, F. Soong, T. -Y. Liu. *arXiv.org*. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2106.15561> (дата звернення: 12.05.2025).
2. Natural TTS Synthesis by Conditioning WaveNet on Mel Spectrogram Predictions / J. Shen, R. Pang, R. J. Weiss, M. Schuster, N. Jaitly, Z. Yang, Z. Chen, Y. Zhang, Y. Wang, R. J. Skerry-Ryan, R. A. Saurous, Y. Agiomyrgiannakis, Y. Wu. *arXiv.org*. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1712.05884> (дата звернення: 12.05.2025).
3. WaveNet: A Generative Model for Raw Audio / A. van den Oord, S. Dieleman, H. Zen, K. Simonyan, O. Vinyals, A. Graves, N. Kalchbrenner, A. Senior, K. Kavukcuoglu. *arXiv.org*. 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1609.03499> (дата звернення: 12.05.2025).
4. Towards achieving robust universal neural vocoding / J. Lorenzo-Trueba, T. Drugman, J. Latorre, T. Merritt, B. Putrycz, R. Barra-Chicote, A. Moinet, V. Aggarwal. *arXiv.org*. 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1811.06292> (дата звернення: 12.05.2025).
5. FastSpeech 2: Fast and High-Quality End-to-End Text to Speech / Y. Ren, C. Hu, X. Tan, T. Qin, S. Zhao, Z. Zhao, T.-Y. Liu. *arXiv.org*. 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2006.04558> (дата звернення: 12.05.2025).

УДК 004.415.2:004.657

*Лисак В. О., здобувач вищої освіти 2 курсу
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Зелінська О. В., канд. техн. наук, доцент,
в. о. завідувача кафедри інформаційних технологій*

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАПИТІВ ДО БАЗИ ДАНИХ У ВЕБПРОЄКТАХ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних вебпроєктах, де PHP виступає серверною мовою, а MySQL – системою керування базами даних, обсяг інформації постійно зростає. Відповідно ефективність SQL-запитів стає критично важливою для продуктивності системи. Запити без належної оптимізації можуть значно «стиснути» швидкодію програми та спричинити затримки у відповіді [1].

Для забезпечення взаємодії між вебдодатками та базами даних використовуються переважно два підходи: безпосереднє виконання SQL-запитів або застосування ORM (Object-Relational Mapping). Перший підхід полягає у прямому написанні SQL-команд у коді програми для роботи з базою даних. Натомість другий підхід ORM представляє технологію абстракції, що забезпечує відображення структур бази даних на об'єкти цільової мови програмування вебдодатку [7].

Оптимізація запитів є надзвичайно актуальною у контексті сучасних інформаційних систем. Неоптимізовані запити часто стають «вузькими місцями», що уповільнюють виконання операцій з базою даних (БД) і збільшують навантаження на сервер [2]. Своєчасне застосування технік оптимізації дає змогу знизити кількість звернень до БД, прискорити відповіді сервера і покращити користувацький досвід. Актуальність теми зумовлена потребою обробки великих обсягів даних та забезпечення масштабованості вебдодатків.

Сучасні керівництва з оптимізації SQL рекомендують низку перевірених практик. Зокрема, документація MySQL радить використовувати оператор EXPLAIN для отримання плану виконання запиту і визначення, де треба додати індекси [3]. Інші джерела зазначають, що нормалізація структури БД зменшує надлишковість даних і складність запитів, що часто дає змогу спростити потрібні JOIN-операції і підвищити швидкодію [4]. Дослідження оптимізації JOIN-ів підкреслюють важливість індексації стовпців, за якими відбувається з'єднання: без відповідних індексів MySQL змушений робити повне сканування таблиць, що суттєво сповільнює виконання [5]. Також у літературі зазначаються і практики ефективного проєктування запитів (наприклад, уникнення зайвого SELECT*) та використання кешування для зменшення кількості звернень до БД. Зазначені публікації рекомендують мінімізувати перенесення зайвих полів і використовувати обмеження кількості рядків (LIMIT) під час формування результатів [1; 2].

Експерти з веброзробки підкреслюють, що ефективність роботи з базами даних є одним із найважливіших чинників, що визначають загальну продуктивність вебдодатків і, як наслідок, задоволеність користувачів від роботи з системою. Фахівці рекомендують веброзробникам дотримуватися комплексу перевірених методик для покращення ефективності роботи з базами даних [8]:

1. Використання EXPLAIN із запитами SELECT.
2. Включення індексів на шуканих стовпцях.
3. Використання ідентифікаційних полів, коли це можливо.
4. Мінімізування NULL-значення за замовчуванням.
5. Використання небуферизованого режиму для запитів.
6. Оптимізація розміру стовпця для ефективності.

1. Використання EXPLAIN із запитами SELECT

Одним із найважливіших інструментів для оптимізації запитів до бази даних у MySQL є оператор EXPLAIN. Він дає змогу розробникам отримати детальну інформацію про те, як MySQL виконує запити SELECT. Аналізуючи вивід EXPLAIN, можна виявити «вузькі місця» запиту, як-от повне сканування таблиць (Full Table Scan), відсутність або неефективне використання індексів, а також некоректне об'єднання таблиць [3].

2. Включення індексів на шуканих стовпцях

Індекси є фундаментальним механізмом для прискорення доступу до даних у базах даних. Вони працюють аналогічно предметному покажчику в книзі: замість повного перегляду всіх сторінок для пошуку потрібної інформації, індекс дає змогу швидко перейти до необхідного місця [6]. Для MySQL індексація стовпців, за якими здійснюється пошук (WHERE), сортування (ORDER BY) або об'єднання таблиць (JOIN) є критично важливими.

3. Використання ідентифікаційних полів, коли це можливо

Ідентифікаційні поля, або первинні ключі (Primary Keys), відіграють центральну роль у структурі реляційних баз даних. Вони забезпечують унікальність кожного запису в таблиці та є основним засобом для швидкого доступу до конкретних даних. Зазвичай первинні ключі реалізуються як автоінкрементні цілі числа, що забезпечує їх компактність і ефективність для індексації [8].

4. Мінімізування NULL-значення за замовчуванням

Під час проектування структури бази даних важливо враховувати вплив NULL-значень на продуктивність запитів. Хоча NULL може здаватися зручним для представлення відсутності даних, його використання має свої наслідки. По-перше, NULL-значення можуть ускладнити логіку запитів, оскільки для них потрібні спеціальні оператори (IS NULL, IS NOT NULL) замість звичайних порівнянь. По-друге, NULL-значення можуть негативно впливати на ефективність індексів, оскільки індекси не завжди охоплюють рядки з NULL.

5. Використання небуферизованого режиму для запитів

У деяких сценаріях роботи з базою даних, особливо під час обробки великих обсягів даних, використання небуферизованого режиму для запитів може значно покращити продуктивність. За замовчуванням більшість драйверів баз даних (у тому числі для PHP) буферизують усі результати запиту в пам'яті сервера додатків перед тим, як надати їх програмі [4]. Це може призвести до значного споживання пам'яті та затримок, якщо результат запиту великий.

6. Оптимізація розміру стовпця для ефективності

Правильний вибір типів даних та розмірів стовпців є ключовим аспектом оптимізації схеми бази даних. Використання надлишкових типів даних або необґрунтовано великих розмірів стовпців може призвести до зайвого споживання дискового простору та оперативної пам'яті, а також сповільнити виконання запитів. Кожен зайвий байт, що зберігається в таблиці, впливає на швидкість читання даних, оскільки більше даних потрібно завантажувати з диска [5].

Проведене дослідження підтверджує, що оптимізація запитів до бази даних є критично важливою для забезпечення високої продуктивності та масштабованості сучасних вебпроектів на PHP з MySQL. Аналіз останніх досліджень та рекомендацій фахівців виявив низку ключових практик, впровадження яких дає змогу ефективно вирішувати проблему «вузьких місць», спричинених неоптимізованими SQL-запитами. Зокрема, систематичне використання EXPLAIN для аналізу запитів SELECT, грамотне індексування шуканих стовпців, застосування ідентифікаційних полів, мінімізація NULL-значень та використання NOT NULL, а також задіяння небуферизованого режиму для великих обсягів даних і ретельна оптимізація розмірів стовпців – усі ці методики є фундаментальними. Їх комплексне застосування не лише покращує швидкість взаємодії вебдодатків з базою даних, але й підвищує загальну стабільність системи і задоволеність користувачів, що є ключовим у динамічному середовищі веброзробки.

Список використаних джерел

1. Оптимізація запитів SQL в PHP. *Foxminded*. 09.04.2025. URL: <https://surl.li/vkxnrj> (дата звернення: 13.05.2025).

2. PHP Performance Tuning Tips and Tricks. *MoldStud Research Team*. URL: <https://surl.li/hcjqux> (дата звернення: 13.05.2025).
3. MySQL 8.4 Reference Manual. Optimization. Oracle. 2024 (section «Optimizing Queries with EXPLAIN»). URL: <https://surl.li/hrcnww> (дата звернення: 13.05.2025).
4. Prakash A. MySQL Query Optimization: Faster Performance & Data Retrieval. *Airbyte Data Engineering*. 05.09.2025. URL: <https://surl.li/kwjwxx> (дата звернення: 13.05.2025).
5. Crudu A. Optimizing MySQL Join Queries for Efficiency. *Moldstud Tech Blog*. 2024. URL: <https://surl.li/wqupiww> (дата звернення: 13.05.2025).
6. Shykunov K. Індеси в MySQL – чому вони потрібні та як з ними працювати. *Developers.org.ua*. 01.11.2023. URL: <https://dou.ua/forums/topic/45982/> (дата звернення: 18.05.2025).
7. Керування базами даних та інтеграція з веб-додатками: MySQL, MongoDB і SQL Server. *Redstone*. 14.10.2025. URL: <https://redstone.agency/blog/keruvannia-bazamy-danych-ta-intehracija-z-veb-dodatkam-mysql-mongodb-i-sql-server/> (дата звернення: 18.05.2025).
8. Rose-Collins F. 10 найкращих практик оптимізації баз даних для веб-розробників. *Ranktracker*. 03.11.2023. URL: <https://www.ranktracker.com/uk/blog/top-10-best-practices-for-optimizing-databases-for-web-developers/> (дата звернення: 18.05.2025).

УДК 004.8:613.2

*Ліваковський В. К., здобувач вищої освіти
4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Римар П. В., старший викладач кафедри
інформаційних технологій*

РОЗРОБКА ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ХАРЧУВАННЯМ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Раціональне харчування є ключовим фактором підтримки здоров'я людини. У сучасному інформаційному просторі користувачі стикаються з браком персоналізованих інструментів та складністю формування здорових звичок. Цифрові платформи мають потенціал для вирішення цих проблем [1]. У дослідженні [2] детально розглянуто класифікацію рекомендаційних систем, серед яких контентно-орієнтовані та колаборативні фільтри. Саме їх поєднання дає змогу створити гібридну модель, здатну адаптуватися до поведінкових змін користувача. У роботі [3] автор досліджує використання нейромереж у побудові рекомендацій, акцентуючи на їх здатності навчатися на великих обсягах користувацьких даних та формувати точні прогностичні оцінки.

Окремий напрям розвитку систем – це застосування комп'ютерного зору для аналізу візуальних характеристик страв, їх складу та відповідності дієтичним обмеженням, що представлено у праці [4]. Водночас впровадження інтелектуальних платформ для харчування супроводжується низкою викликів. Серед основних – необхідність побудови якісної бази харчових продуктів із точною калорійністю та мікроелементами, адаптованої до локального ринку; забезпечення етичного збору персональних даних; труднощі з підтриманням мотивації користувача в довгостроковій перспективі. Для подолання цих бар'єрів важливо передбачити гейміфікацію процесу, гнучке навчання системи на індивідуальних даних та прозору політику конфіденційності.

У контексті цифрової дієтології найбільш ефективними вважаються гібридні рекомендаційні системи, які поєднують елементи контентно-орієнтованого підходу (на основі характеристик продуктів і вподобань користувача) та колаборативного фільтрування (на основі поведінки схожих користувачів). Такий підхід дає змогу враховувати як попередній досвід, так і колективну поведінку аудиторії, що підвищує точність пропозицій.

Метою роботи є розробка вебплатформи для управління харчуванням із застосуванням штучного інтелекту. Вона дає змогу формувати персоналізовані рекомендації на основі даних користувача, автоматизує планування раціону та забезпечує безпечну обробку персональної інформації відповідно до ISO/IEC 27001 [5].

Зважаючи на те, що система зберігає персональні дані, зокрема вагу, стан здоров'я, фізичну активність і харчові вподобання користувача, важливо впровадити практики відповідно до міжнародного стандарту ISO/IEC 27001. Стандарт визначає політики з управління інформаційною безпекою, контроль доступу, аудит журналів, зберігання резервних копій та шифрування – що критично важливо для довіри до платформи.

Для розрахунку добової потреби в калоріях може бути використана формула Mifflin–St Jeor, яка враховує вагу, зріст, вік та стать:

$$BMR = 10W + 6,25H - 5A + S,$$

де *BMR* – базальна швидкість обміну;

W – вага (кг);

H – зріст (см);

A – вік (років);

S – стать: +5 для чоловіків, –161 для жінок.

Запропонована система базується на контентно-орієнтованому та колаборативному підходах, із можливістю адаптації до змін у способі життя користувача. Залучення носимих пристроїв (фітнес-браслетів, трекерів) дає змогу збирати фізіологічні показники, автоматизувати моніторинг активності та підвищити точність рекомендацій.

Важливою перевагою таких систем є їх вплив на поведінковий складник харчування. Не лише відстеження, а й контекстна інтерпретація даних дає змогу формувати усвідомлений підхід до їжі. Платформа здатна виступати як цифровий консультант, який не просто контролює, а допомагає змінити стиль життя користувача, що особливо важливо в контексті формування здорових звичок серед молоді.

Отже, потенційними сферами практичного застосування запропонованої платформи є профілактичні програми у медичних закладах, супровід користувачів із хронічними захворюваннями (цукровий діабет, ожиріння), а також корпоративне використання для моніторингу здоров'я працівників. Платформа може інтегруватися з національними ініціативами в галузі eHealth, забезпечуючи автоматизований обмін даними з електронною медичною картою.

У подальшому розвиток такої системи може передбачати використання даних генетичного тестування (нутрігенетики) для глибшої персоналізації раціону, застосування нейромережових моделей для передбачення ризиків харчових порушень, а також створення мобільних додатків для щоденного супроводу користувача.

Концепція інтелектуальної платформи управління харчуванням поєднує знання з дієтології, ІТ та поведінкової науки. Її реалізація сприятиме формуванню сталих харчових звичок, підвищенню обізнаності користувачів та розвитку елементів електронної охорони здоров'я в Україні.

Список використаних джерел

1. Григор'єва І. В. Роль харчування у збереженні здоров'я людини. *Сучасна медицина*. 2020. № 3. С. 45–51.
2. Гриневич М. І. Рекомендаційні системи у цифровій медицині: підходи та виклики. *Штучний інтелект*. 2021. № 2. С. 25–32.
3. Кравченко О. В. Нейромережева рекомендаційна система для вибору товару на основі оглядів користувачів і продуктів: магістерська дис.: 122 Комп'ютерні науки. Київ, 2022. 133 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/54498>
4. Варламов М. Д. Рекомендаційна система з приготування страв для набору розпізнаних та класифікованих продуктів харчування: кваліфікаційна робота здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні, спеціальність 122 Комп'ютерні науки / Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків, 2021. 74 с.
5. ISO/ IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements. Official edition. URL: <https://www.iso.org/standard/27001>

УДК 004.8:613.2

*Малінін А. О., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Веселовська Н. Р., д-р техн. наук професор,
професор кафедри прикладної математики та кібербезпеки*

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ ПОБУТОВОЇ ТЕХНІКИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Електронна комерція стрімко трансформує сучасні підходи до продажу товарів і послуг, змінюючи уявлення про класичну торгівлю. Інтернет-магазини стають невіддільною частиною повсякденного життя, а особливо актуальним є сегмент побутової техніки, який потребує не лише ефективного функціоналу, а й зручної системи навігації, подання даних та інструментів для керування товаром. З огляду на ці тенденції виникає необхідність у створенні простих, адаптивних та ефективних інформаційно-довідкових систем для онлайн-магазинів, які можуть бути легко масштабовані й модифіковані залежно від потреб бізнесу.

Під час дослідження було створено вебзастосунок, який виконує ключові завдання інтернет-магазину: пошук, фільтрація, перегляд товарів та оформлення замовлень у сфері продажу побутової техніки. Розробка виконана на базі мови програмування Python із використанням мікрофреймворка Flask та реляційної бази даних MySQL. Обґрунтовано вибір цієї технологічної зв'язки як оптималь-

ної для систем середнього рівня складності, що вимагають як простоти впровадження, так і можливості подальшого розширення.

На етапі аналітичної підготовки було розглянуто класифікацію інформаційно-довідкових систем, проаналізовано особливості наявних інтернет-магазинів побутової техніки в Україні, зокрема Rozetka, Comfy, Foxtrot, Allo, MOYO. У процесі аналізу виявлено сильні сторони подібних платформ (фільтрація, адаптивність, багаторівнева категоризація), а також недоліки, зокрема надлишкову складність або перенасиченість функціоналом. Відтак було сформовано концепцію створення власного вебдодатка з базовим, але повноцінним функціоналом.

У реалізованій системі особливу увагу приділено архітектурі, структурі даних та зручності інтерфейсу. Створено базу даних із таблицями для зберігання товарів, замовлень, адміністраторів та окремих позицій у замовленнях. Вебдодаток побудований за моделлю MVC, яка дає змогу розділити логіку програми на три рівні: модель (база даних), контролер (логіка обробки запитів) та представлення (інтерфейс користувача).

Користувач має змогу здійснювати пошук товарів за назвою, фільтрувати їх за брендом і ціновим діапазоном, переглядати картки товарів з детальним описом та зображенням, формувати замовлення, заповнивши контактну інформацію. Оформлення замовлення супроводжується записом усієї необхідної інформації в базу даних. Інтерфейс розроблено з використанням HTML, CSS і Bootstrap, що забезпечує адаптивність до різних типів пристроїв.

Для адміністратора передбачено окрему панель керування, де реалізовано функціонал авторизації, додавання, редагування та видалення товарів, а також перегляду й оновлення статусів замовлень. Доступ до панелі обмежено, що забезпечує базовий рівень захисту даних. Усі операції виконуються через вебінтерфейс без потреби в безпосередньому доступі до бази.

Функціональність системи перевірено через тестування основних сценаріїв використання, включно з типово очікуваними діями користувача й адміністратора. Було перевірено стабільність роботи CRUD-операцій, правильність фільтрації, коректність взаємодії з базою даних, а також логіку обробки замовлень. Тестування юзабіліті засвідчило, що навіть недосвідчені користувачі без технічної підготовки легко орієнтуються в інтерфейсі сайту.

Загалом розроблений вебзастосунок демонструє приклад компактної, але ефективної інформаційно-довідкової системи, яка може бути використана як стартова основа для впровадження у реальні онлайн-магазини побутової техніки або як навчальний проєкт для вивчення основ веброзробки, роботи з базами даних та архітектурними шаблонами. Вебдодаток відкритий до доповнення новими модулями, як-от інтеграція з платіжними системами, створення особистих кабінетів, логістична інтеграція тощо. Отже, проєкт може мати практичне продовження в межах стартапу або реального бізнесу малого масштабу.

Список використаних джерел

1. Стан та перспективи розвитку e-commerce в Україні. *Promodo*. 05.03.2025. URL: <https://www.promodo.com/blog/research-of-the-ukrainian-ecommerce-market>

2. Web development trends 2025. *WP Engine Blog*. 06.05.2025. URL: <https://wpengine.com/blog/web-development-trends>
3. MySQL at 30: Still important, but no longer king. *InfoWorld*. 12.05.2025. URL: <https://www.infoworld.com/article/3982439/mysql-at-30-still-important-but-no-longer-king.html>
4. Основні тренди у вебдизайні 2024–2025. *SendPulse*. 15.11.2024. URL: <https://sendpulse.ua/blog/web-design-trends>
5. Тренди та виклики українського ринку eCommerce у 2024 році. *UAA Team*. 21.10.2024. URL: <https://uaateam.agency/blog/trendy-ta-vyklyky-ukrainskogo-rynku-ecommerce>

УДК 004.738.5:004.912:316.77

*Марчук А. І., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Поремський Ю. В., канд. техн. наук, старший викладач кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному цифровому середовищі соціальні медіа стали важливим інструментом для розвитку бізнесу. Їх популярність зумовлена не лише зростанням кількості користувачів, а й високою ефективністю у формуванні лояльності до бренду, залученні клієнтів та поширенні інформації. Компанії все частіше використовують соціальні мережі для взаємодії зі споживачами, просування продукції та отримання зворотного зв'язку в режимі реального часу. Це створює нові можливості для оптимізації маркетингових стратегій, зниження витрат на рекламу та підвищення конкурентоспроможності.

Сьогодні аналіз соціальних мереж широко застосовується в маркетингових дослідженнях, зокрема для вивчення споживчих уподобань, настроїв та реакцій клієнтів на продукти і послуги. Це дає змогу компаніям оперативно відстежувати тенденції поведінки цільової аудиторії, прогнозувати попит, реагувати на коментарі та покращувати якість обслуговування. Використовуючи статистику переглядів, лайків, поширень і коментарів, бізнес отримує нові можливості для прийняття обґрунтованих рішень на основі реальної взаємодії з клієнтами [1].

Соціальні мережі також відіграють важливу роль у поширенні інформації. Приблизно 20 % новин в українських ЗМІ беруть свій початок саме у соцмережах, із яких 63 % – з Facebook, а 23 % – з Instagram [2]. Це свідчить про їх цінність як джерела первинних даних для подальшого аналізу.

Мета роботи – створити адаптивну систему збору та аналізу публічних даних із соціальних мереж через зручний інтерфейс у месенджері, з дотриманням вимог конфіденційності, згідно з GDPR. Система працює лише з відкритими даними, не обробляючи персональну інформацію без згоди користувачів. Згідно зі ст. 5 GDPR, дані мають оброблятися «законно, сумлінно та прозоро» [3].

Для досягнення запланованого результату було впроваджено сучасні методи збору та обробки даних, які забезпечують гнучкість, масштабованість і високу

ефективність. Основним методом збору інформації виступив вебскрапінг – процес автоматизованого витягування публічних даних із HTML-структури вебсторінок соціальних мереж. Такий підхід є особливо актуальним у випадках, коли офіційні API обмежені, недоступні або потребують авторизації. Вебскрапінг дає змогу обходити ці обмеження, допомагаючи отримувати структуровані дані без прямої інтеграції з платформою [4].

На етапі обробки зібраної інформації було використано низку інструментів для її структурування, очищення та подальшого аналізу. Основною мовою реалізації стала Python завдяки її простоті, потужній екосистемі та широкій підтримці з боку спільноти розробників. Для аналізу даних були задіяні такі бібліотеки: BeautifulSoup – для парсингу HTML-документів та вилучення структурованого контенту; requests – для надсилання HTTP-запитів до вебресурсів; pandas – для обробки табличних даних, агрегації метрик та підготовки до аналітики; re – для фільтрації й очищення текстів за допомогою регулярних виразів; matplotlib та seaborn – для створення графіків і діаграм, що візуалізують результати аналізу. Вибір саме цих бібліотек зумовлений їх надійністю, гнучкістю та активною підтримкою у професійному середовищі.

У межах аналітичного блоку система здійснює розрахунок базових метрик активності: кількість публікацій, коментарів, лайків, поширень тощо. Ці показники дають змогу виявити динаміку взаємодії користувачів, визначити пікові періоди активності та охарактеризувати настрій аудиторії.

Реалізація системи базується на модульній архітектурі, що забезпечує легкість розширення та адаптації до нових платформ або змін у форматах даних. Такий підхід дає змогу швидко масштабувати систему під нові джерела та інтегрувати додаткову функціональність, наприклад, машинне навчання або класифікацію тональності текстів.

За результатами роботи створено систему збору та аналізу публічних даних із соціальних мереж Instagram і Facebook. Вона дає змогу отримувати структуровану аналітичну інформацію про активність конкурентів, що є корисним для ухвалення маркетингових рішень. Система базується на вебскрапінгу, реалізована на Python і забезпечує зручність, гнучкість та масштабованість.

Список використаних джерел

1. Чирак І. М. Економіка соціальних медіа: навч. посіб. Тернопіль: ЗУНУ, 2023. 300 с. URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/items/22a56bd9-97dd-4e61-8e2a-6e971ab909eb>
2. Гарматій О., Онуфрив С. Соціальні мережі як джерело інформації у роботі журналіста. *Вісник НУ «Львівська політехніка»: Журналістика*. 2021. № 2. С. 45–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnulpjn_2021_2_9
3. Regulation (EU) 2016/679 (GDPR). General Data Protection Regulation. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>
4. Web scraping. *Вікіпедія*. Останнє редагування 01.09.2025. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Web_scraping

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАЗ ДАНИХ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах цифровізації бази даних відіграють ключову роль як основа інформаційних систем у різноманітних сферах, зокрема в електронній комерції, фінансовому секторі, охороні здоров'я, наукових дослідженнях та державному управлінні. Зі стрімким зростанням обсягів даних, що мають експоненційний характер, виникає нагальна потреба у вдосконаленні механізмів їх зберігання, обробки та отримання. У цьому контексті фактори, як-от швидкість виконання запитів, відмовостійкість системи та її здатність до масштабування, стають вирішальними для ефективного функціонування ІТ-інфраструктури.

Системи управління базами даних (СУБД) мають забезпечувати не лише цілісність і надійність даних, а й мінімізацію часу обробки складних запитів. Саме тому проблема оптимізації баз даних – як реляційних, так і NoSQL – набуває стратегічного значення для фахівців у галузі розробки програмного забезпечення, аналізу даних, адміністрування та проєктування архітектури інформаційних систем. У сучасних високонавантажених середовищах, де час відгуку системи вимірюється мілісекундами (наприклад, у системах алгоритмічної торгівлі або потокової передачі даних), впровадження ефективних оптимізаційних методик є обов'язковою вимогою, а не додатковим покращенням.

Оптимізація баз даних охоплює широкий спектр методологічних підходів – від традиційних (нормалізація схем даних, побудова індексів) до сучасних (кешування, шардинг, розподілені обчислення, in-memoгу технології, адаптивний підбір планів запитів). Вона може реалізовуватися на різних рівнях: структурному (організація таблиць і зв'язків), апаратному (налаштування серверної інфраструктури) або логічному (оптимізація бізнес-процесів, що взаємодіють із СУБД).

З огляду на вищесказане дослідження методів оптимізації баз даних є актуальним напрямом, спрямованим на підвищення ефективності інформаційних систем в умовах обмежених обчислювальних ресурсів, високих операційних навантажень та постійного збільшення обсягів даних. Комплексний аналіз наявних підходів, оцінка їх продуктивності та визначення критеріїв застосовності дають змогу розробити практичні рекомендації щодо вдосконалення роботи СУБД у реальних експлуатаційних умовах.

Метою дослідження є вивчення, систематизація та оцінка ефективності сучасних методів оптимізації баз даних, які забезпечують зменшення часу обробки запитів, підвищення швидкодії інформаційних систем та ефективне використання апаратних ресурсів.

У зв'язку з безперервним зростанням обсягів даних, складністю запитів і збільшенням навантаження на СУБД забезпечення їх стабільної та швидкої роботи стає одним із головних завдань під час розробки та експлуатації сучасних інформаційних систем. Без впровадження належної оптимізації бази даних можуть стати «вузьким місцем» у продуктивності програмного забезпечення, навіть за умови використання сучасного обладнання. Різні методи, як-от створення індексів, перепроєктування структури таблиць, кешування результатів, розподіл даних між вузлами тощо, можуть бути використані окремо або в комбінації для досягнення найкращих результатів. Важливо не тільки знати доступні інструменти, а й розуміти, коли і які з них доцільно застосовувати залежно від типу системи, характеру даних та навантаження.

Завдання дослідження включають:

- Аналіз теоретичних основ оптимізації баз даних та класифікація методів за типом впливу (структурні, запитні, апаратні тощо).
- Дослідження впливу індексування, нормалізації / денормалізації, кешування, шардингу та інших технік на продуктивність СУБД.
- Оцінка ефективності різних методів оптимізації на прикладах або моделях систем.
- Формування практичних рекомендацій щодо вибору методів оптимізації залежно від контексту задачі.
- Визначення можливих обмежень і ризиків під час використання окремих стратегій оптимізації в реальних умовах.

Розглянемо дослідження та оцінку ефективності різних методів оптимізації баз даних на прикладі реальної таблиці, шляхом вимірювання продуктивності до та після впровадження оптимізаційних стратегій.

Експериментальна база:

- СУБД: PostgreSQL 15;
- Інструменти: pgAdmin 4, EXPLAIN ANALYZE, psql;
- Навантаження: 1 000 000 записів у таблиці;
- Методи оптимізації:
 - Індексация;
 - Переписування SQL-запитів (структурна оптимізація);
 - Денормалізація (структурна модифікація);
 - Кешування.

Етап 1: Індексация

До: Результат: Seq Scan

Час виконання: ~210 мс.

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT * FROM orders WHERE customer_id = 12345;
```

Після: Результат: Index Scan

Час: ~15 мс.

```
CREATE INDEX idx_customer_id ON orders(customer_id);
```

Етап 2: Оптимізація складного запиту

До: Час виконання: ~180 мс.

```
SELECT name FROM customers
WHERE id IN (SELECT customer_id FROM orders WHERE total > 1000);
```

Після (через JOIN): Час виконання: ~95 мс.

```
SELECT DISTINCT c.name
FROM customers c
JOIN orders o ON c.id = o.customer_id
WHERE o.total > 1000;
```

Етап 3: Денормалізація

До: дві таблиці products та categories.

```
SELECT p.name, c.name
FROM products p
JOIN categories c ON p.category_id = c.id;
```

Після: в таблиці products додано поле category_name, оновлюється під час вставки / оновлення.

- Час виконання JOIN-запиту: ~120 мс.
- Час у разі звернення до одного поля: ~40 мс.

Етап 4: Кешування

До: кожен SELECT-запит виконується повністю заново.

Після: кешування результатів запитів у Redis або в матеріалізованому представленні (PostgreSQL):

```
CREATE MATERIALIZED VIEW top_customers AS
SELECT customer_id, SUM(total) AS total_spent
FROM orders
GROUP BY customer_id;
```

- Час запиту з кешу: ~10–15 мс.
- Без кешу: ~150 мс.

Проведене дослідження підтвердило критичну важливість оптимізації баз даних у сучасних умовах експоненційного зростання обсягів інформації та високих вимог до продуктивності інформаційних систем. На основі експериментальних даних було встановлено, що застосування різних методів оптимізації дає змогу значно підвищити ефективність роботи СУБД, зменшити час виконання запитів та раціональніше використовувати апаратні ресурси.

Список використаних джерел

1. Garcia-Molina H., Ullman J. D., Widom J. Database Systems: The Complete Book. Upper Saddle River: Pearson Education, 2008. 1248 p.
2. Silberschatz A., Korth H. F., Sudarshan S. Database System Concepts. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2020. 1376 p.
3. Lahdenmäki R., Leach G. Relational Database Index Design and the Optimizers. Wiley, 2005. 328 p.
4. Elmasri R., Navathe S. B. Fundamentals of Database Systems. 7th ed. Boston: Pearson, 2016. 1273 p.

СЕКЦІЯ 4
ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ
ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

*Афанасьєва Д. С., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

МОДЕЛЬ КООПЕРАТИВНОЇ СИСТЕМИ БПЛА ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІСЛЯ КАТАСТРОФ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У наш час питання аналізу та ліквідації наслідків катастроф набувають нового значення. У зв'язку з частішими техногенними, природними та військовим катастрофами, як-от вибухи, землетруси, пожежі або обстріли, виникає потреба в ефективних методах швидкої оцінки стану об'єктів і територій. Люди не завжди можуть швидко або безпечно дістатися до зони катастрофи, що значно ускладнює пошуково-рятувальні операції. У таких ситуаціях на перший план виходять безпілотні літальні апарати (БПЛА). Однак ефективність одного дрона обмежена, тому все більше розглядається варіант використання групи дронів, які можуть спільно охоплювати значні площі з мінімальними затратами часу. Такий підхід дає змогу не лише отримати швидкий огляд постраждалої території, а й сформувати цифрову карту пошкоджень у максимально короткі строки.

Кооперативна система БПЛА означає, що дрони не працюють автономно поодиночці, а координують свої дії між собою або через централізовану систему управління. З погляду практичного використання такі системи БПЛА можна застосовувати також у сільському господарстві, моніторингу лісів, охороні кордонів, під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Їх перевага полягає у здатності швидко зібрати дані з великої площі, не наражаючи на небезпеку людей. Але для досягнення справжньої ефективності дронів потрібно не просто запускати у повітря одночасно, а продумано організувати їх взаємодію між собою. Модель, яка враховує простір, перешкоди, обмеження огляду, а також логіку взаємодії між апаратами – необхідна частина для створення подібних систем [1].

Для проведення дослідження було обрано варіант централізованого управління, оскільки він дає змогу чітко контролювати роботу кожного БПЛА та мінімізує конфлікти маршрутів.

У побудованій моделі використовується умовна двовимірна карта, яка виступає абстрактним відображенням зони катастрофи – це може бути, наприклад, міський квартал після обстрілу, промислова зона з пошкодженими об'єктами чи лісова ділянка, яка зазнала масштабної пожежі. Кожна клітинка карти містить визначений стан: вільна, недоступна (перешкода) або така, що вимагає детального обстеження. Перешкоди задаються випадково, але з урахуванням щільності, що дає змогу імітувати реалістичні умови – наприклад, 30 % площі покриті завалами або рештками конструкцій, через які дрон не може пролетіти. Їх наявність дає змогу додатково протестувати гнучкість алгоритму та його здатність адаптувати маршрут до пріоритетів.

Для аналізу доцільно, щоб у кожного дрона в моделі були параметри, які визначають його фізичні можливості: швидкість руху (умовно фіксована), максимальна дальність огляду (радіус сканування), а також здатність обходити перешкоди. На практиці це відповідає, наприклад, оглядовості камери або дальності ультразвукового сенсора. Зони прольоту дронів орієнтовно однакові за площею, проте якщо в якійсь зоні перешкод більше, вона автоматично зменшується, щоб зберегти баланс навантаження [2].

Кожен дрон після отримання своєї зони відповідальності починає послідовне обстеження. Найпростіший метод – це рух за шаблоном «змійка», коли дрон сканує ряд за рядом і переходить на наступний тільки після завершення попереднього. Це дає змогу повністю охопити простір без пропусків. У складніших умовах, коли перешкоди перекривають частину маршруту, активується алгоритм A^* – класичний пошуковий алгоритм, що дає змогу знайти оптимальний шлях з однієї точки в іншу з урахуванням перешкод [2].

Окремим сценарієм можна моделювати ситуацію, коли один із дронів виходить з ладу – через втрату зв'язку, пошкодження або розряд батареї. У такому випадку його зона передається іншому дрону, який на той момент уже виконав своє основне завдання. Так забезпечується надійність системи та її здатність до часткової самовідновлюваності.

У межах проведеного дослідження було реалізовано дещо спрощену згідно з описом модель кооперативного сканування зони катастроф за допомогою БПЛА, створену мовою програмування Python [3] із використанням бібліотек matplotlib, tkinter та алгоритму пошуку шляху A^* (рис. 1). Побудована модель дає змогу в реальному часі моделювати обліт заданої території з урахуванням динамічних перешкод, критичних точок та зон відповідальності дронів. Виводить загальну статистику прольоту і наносить на карту в реальному часі перешкоди та критичні місця.

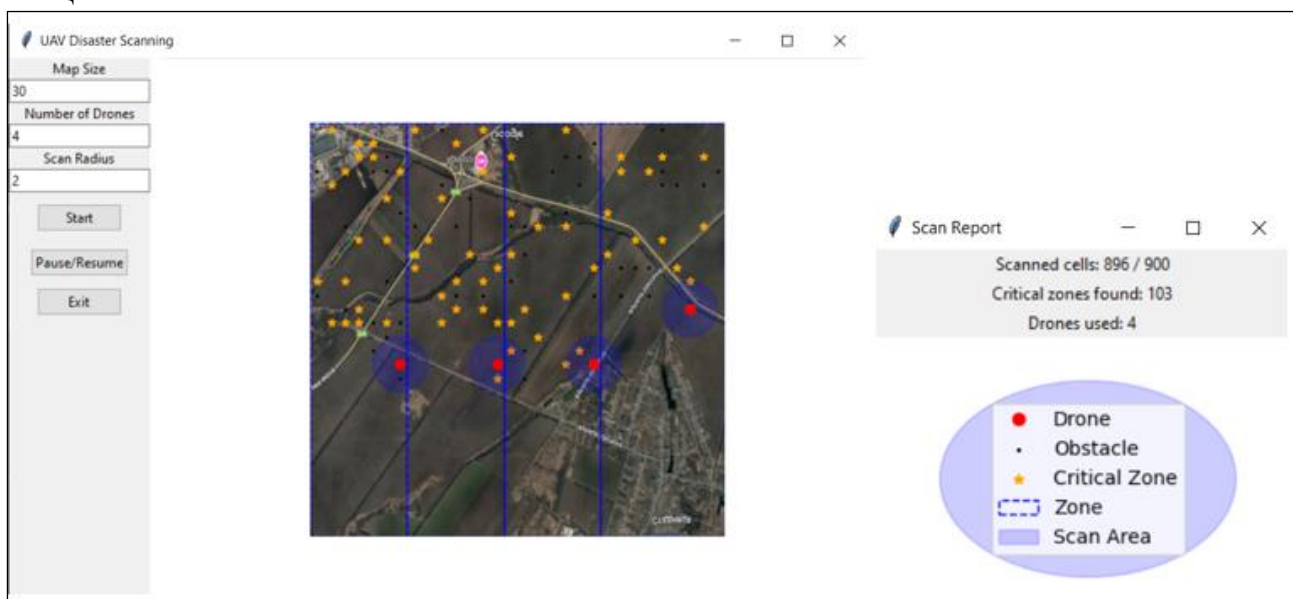


Рис. 1. Робота моделі

Під час симуляції дрони автономно адаптували свої траєкторії до змін у середовищі. Після завершення сканування було отримано такі результати: зі 100 %

доступної площі (900 клітин) вдалося обстежити 896 клітин, водночас виявлено 103 критичні зони. Жоден із дронів не вийшов з ладу, що підтверджує стабільність реалізованої логіки кооперативної роботи.

Розроблена модель демонструє ефективність адаптивного сканування території в умовах обмеженого доступу та змінної обстановки. Впровадження A*-алгоритму дало змогу уникнути значної втрати покриття навіть у випадках із високою щільністю перешкод. Отримані результати підтверджують доцільність застосування моделі в задачах моніторингу, пошуку та рятування, а також як основи для подальшого вдосконалення інтелектуального управління мультиагентними системами.

Список використаних джерел

1. Kobori H., Sekiyama K. Mutual Cooperation System for Task Execution Between Ground Robots and Drones Using Behavior Tree-Based Action Planning and Dynamic Occupancy Grid Mapping. *Drones* 2025. Vol. 9(2), 95. DOI: 10.3390/drones9020095.
2. Яровий О. В. Системи управління безпілотними літальними апаратами для здійснення моніторингу наземних об'єктів. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2018. Вип. 3(49). DOI: 10.26906/SUNZ.2018.3.033.
3. Python 3.13.3 documentation. URL: <https://docs.python.org/3/>

УДК 004.4

*Байраківська В. В., здобувачка вищої освіти
2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потапова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ У МАШИННОМУ НАВЧАННІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Машинне навчання – це потужний інструмент аналізу даних, здатний виявляти закономірності, робити прогнози та приймати рішення на основі статистичних і обчислювальних методів. В основі роботи будь-якої моделі машинного навчання лежить обробка числової інформації, тож точність і ефективність обчислень мають вирішальне значення. Особливо важливими є класичні чисельні методи, що дають змогу аналізувати дані, будувати та навчати моделі, а також оцінювати їх точність [1; 2].

Початковим кроком у створенні моделі є оцінка точності її передбачень, яка базується на понятті похибки. У машинному навчанні похибка – це різниця між передбаченим і фактичним значенням. Похибки бувають різних типів: середньоквадратична похибка (MSE), середня абсолютна похибка (MAE), середня абсолютна процентна похибка (MAPE) тощо. Вони визначають, наскільки добре модель узагальнює закономірності в даних [2]. Наприклад, у задачі регресії модель може давати незначні помилки на тренувальних даних, але водночас сильно помилятися на нових – у цьому випадку аналіз похибок дає змогу виявити проблему перенавчання. У чисельних методах похибка також відіграє критичну роль. Зок-

рема, під час обчислення похідних або інтегралів із кроком h завжди наявні похибки дискретизації, які потрібно враховувати, щоб не накопичити критичних помилок у кінцевому результаті [6].

Наступним елементом є інтерполяція – метод, що дає змогу знаходити проміжні значення функції за заданими точками. У машинному навчанні інтерполяція може використовуватись для заповнення пропущених даних, передобробки сигналів, згладжування або створення синтетичних прикладів. Серед основних методів інтерполяції виділяють поліноміальну інтерполяцію Лагранжа та Ньютона [1; 6]. Інтерполяція Лагранжа дає змогу побудувати єдиний поліном, який точно проходить через усі задані точки. Проте зростання ступеня полінома веде до осциляцій (ефект Рунге), тож цей метод ефективний лише за умови невеликої кількості точок. Натомість інтерполяція Ньютона використовує розділені різниці та дає змогу поступово додавати нові точки без повного перерахунку полінома, що робить її зручнішою для адаптивних обчислень. У системах машинного навчання ідеї інтерполяції використовуються у згладжувальних алгоритмах, як *radial basis functions*, у згорткових мережах для ресемплінгу зображень або під час реконструкції відсутніх значень у часових рядах [3].

З інтерполяцією тісно пов'язана апроксимація, яка не ставить за мету точне проходження через усі точки, а прагне знайти функцію, що наближено описує поведінку об'єкта. Саме апроксимаційна здатність – головна мета будь-якої моделі машинного навчання [2; 4]. Наприклад, лінійна регресія апроксимує зв'язок між вхідними ознаками та цільовою змінною, будуючи гіперплощину в багатовимірному просторі. Інші моделі, як-от дерева рішень, нейронні мережі чи метод опорних векторів, також виконують апроксимацію, але з використанням нелінійних функцій. Ефективна апроксимація часто вимагає зменшення впливу шуму в даних, і саме тут виникає необхідність контролю за рівнем узгодження функції з реальною залежністю. Чим краще метод апроксимації відображає тенденції в даних, тим точнішою буде модель [2; 7].

Щоб оцінити залежність між змінними, часто застосовується коефіцієнт кореляції. Класичним прикладом є коефіцієнт Пірсона, який показує ступінь лінійної залежності між двома числовими змінними [1; 5]. Якщо ознака має високу кореляцію з цільовою змінною, її можна вважати корисною для навчання моделі. Якщо ж кореляція близька до нуля, ця ознака, ймовірно, не має значення. У машинному навчанні це використовується під час етапу вибору ознак, а також для зменшення розмірності. До того ж кореляційний аналіз дає змогу виявляти мультиколінеарність – ситуацію, коли дві або більше ознак надто подібні одна до одної, що погіршує точність моделей регресії.

Усі вищезгадані методи неможливо реалізувати без активного використання лінійної алгебри та матричних операцій. Машинне навчання у своїй основі – це робота з векторами, матрицями та тензорами. Наприклад, тренування лінійної моделі регресії з використанням методу найменших квадратів зводиться до розв'язання системи лінійних рівнянь, яка у матричній формі виглядає як

$$w = (X^T X)^{-1} X^T y, \quad (1)$$

де X – матриця ознак;

u – вектор відповідей;

w – вектор ваг [4].

У більш складних моделях, як-от нейронні мережі, використовуються десятки та сотні матричних операцій під час кожної ітерації навчання. Вміння ефективно працювати з матрицями – ключ до швидкого навчання моделей, особливо за умови великої кількості даних. Тому використовуються методи LU-, QR- та SVD-розкладів для обчислювальної оптимізації, стабілізації рішень та зниження розмірності даних [4; 5].

Нарешті, важливе місце в аналітичній частині займає чисельне інтегрування. У машинному навчанні воно застосовується, зокрема, в баєсівських моделях, де необхідно обчислювати апостеріорні розподіли, очікування та ймовірності [3]. Класичні методи прямокутників, трапецій, Сімпсона використовуються для наближеного обчислення інтегралів, коли неможливо знайти точне аналітичне значення [6]. До того ж у класифікаційних задачах оцінка AUC (area under the ROC curve) – це, по суті, обчислення площі під кривою, що також виконується чисельно. Сучасні методи, як-от Монте-Карло інтегрування, дають змогу оцінювати складні багатовимірні інтеграли в задачах високої складності [2; 3].

Отже, усі перелічені методи обчислень – похибки, інтерполяція, апроксимація, кореляція, робота з матрицями та чисельне інтегрування – мають тісний зв'язок із машинним навчанням. Вони є не лише фундаментальною основою для створення моделей, а й практичними інструментами для їх оптимізації та аналізу. Розуміння цих методів дає змогу будувати ефективні алгоритми, які точно працюють із реальними даними, виявляють закономірності та формують прогнози. Саме тому класичні методи обчислень і надалі залишаються актуальними в епоху інтелектуальних технологій.

Список використаних джерел

1. Чисельні методи (для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики, ОП «Системний аналіз»): навч. посіб. / К. М. Голубєва, О. Ф. Кашпур, Д. А. Ключин. Київ: 2022. 145 с.
2. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. 2nd ed. O'Reilly Media, 2019. 812 p.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016. 775 p.
4. Strang G. Introduction to Linear Algebra. 5th ed. Wellesley-Cambridge Press, 2016. 584 p.
5. Математичні методи аналізу даних: навч. посіб. / В. М. Бондарчук, Р. М. Головня, О. А. Громовий, І. В. Давидова, А. Г. Ткачук. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2023. 145 с.
6. Burden R. L., Faires J. D. Numerical Analysis. 10th ed. Cengage Learning, 2015. 888 p.
7. Метод інтерполяції для прогнозування метрик використання хмарних обчислень в статистичному навчанні / Н. А. Потапова, Л. О. Волонтир, І. П. Чостоколенко, М. С. Григоренко. *Наука і техніка сьогодні*. 2024. № 4(32). С. 1192–1205. URL: <https://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/10943>

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ ЕКОНОМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Використання штучного інтелекту в управлінні є одним із ключових напрямів розвитку сучасного бізнесу. Штучний інтелект допомагає оптимізувати управлінські процеси, підвищувати ефективність роботи компаній та покращувати взаємодію з клієнтами [1; 4]. Завдяки аналізу великих обсягів даних та прогнозуванню тенденцій компанії можуть приймати більш обґрунтовані та ефективні рішення [3].

Штучний інтелект активно використовується в логістиці, даючи змогу значно оптимізувати маршрути доставки, скорочувати витрати на паливо та зменшувати затримки. Прикладом є компанії UPS та Amazon, які застосовують алгоритми для аналізу дорожнього трафіка та автоматизації складських процесів. Це дає змогу прогнозувати попит і оптимізувати роботу складів, що позитивно впливає на швидкість виконання замовлень та зменшує витрати [4].

У фінансовому секторі штучний інтелект допомагає виявляти шахрайські операції, аналізувати фінансові ризики та прогнозувати динаміку ринку [8]. Банк UniCredit застосовує систему DealSync, яка аналізує великі обсяги даних та знаходить вигідні фінансові угоди. JPMorgan Chase використовує платформу COiN для автоматизації аналізу юридичних документів, що дає змогу зменшити ймовірність помилок і прискорити процес обробки даних. Хедж-фонд Point72 використовує машинне навчання для вдосконалення торгових стратегій, підвищуючи ефективність прийняття рішень [6].

Штучний інтелект також впливає на сферу взаємодії з клієнтами та управління персоналом. Віртуальні асистенти та чат-боти автоматизують обслуговування клієнтів, підвищуючи швидкість і якість відповідей [5]. Наприклад, рішення IBM Watson використовуються для аналізу великих масивів даних та оптимізації HR-процесів, що допомагає компаніям ефективніше приймати кадрові рішення. Завдяки штучному інтелекту підприємства можуть виявляти закономірності у поведінці працівників, що сприяє кращій адаптації стратегії управління персоналом [1].

У спорті та медицині штучний інтелект також має значний вплив. Футбольна ліга LaLiga використовує алгоритми прогнозного аналізу для вивчення ігрових стратегій та вдосконалення роботи спортивних організацій. У медицині технологія DeepMind допомагає у виявленні структури білків, що відкриває нові можливості для розробки ліків та вдосконалення діагностики. Компанія VideaHealth застосовує штучний інтелект для аналізу рентгенівських знімків зубів, що дає змогу лікарям швидше й точніше встановлювати діагнози [4].

Штучний інтелект змінює традиційні методи ведення сільського господарства. Наприклад, компанія John Deere розробила систему автоматичного розпізнавання бур'янів серед культур, що дає змогу зменшувати використання гербіцидів та покращувати екологічність виробництва [7]. Стартап Plenty використовує роботизовані системи з елементами штучного інтелекту для ведення вертикального фермерства, що сприяє економії води та землі [4].

Попри численні переваги, використання штучного інтелекту в управлінні підприємствами супроводжується низкою ризиків. Насамперед це високі фінансові витрати, які можуть бути непосильними для малого та середнього бізнесу [1]. Брак кваліфікованих спеціалістів у сфері машинного навчання та аналізу даних є ще одним серйозним викликом [2]. Важливою проблемою є також питання кібербезпеки та конфіденційності, оскільки автоматизовані системи обробляють величезні обсяги персональних даних, що може спричинити ризики витоку інформації та хакерських атак [6; 8].

Етичні аспекти та соціальні наслідки впровадження штучного інтелекту також є важливими питаннями. Автоматизація багатьох бізнес-процесів може призвести до скорочення робочих місць, що викликає занепокоєння серед працівників та може мати значний вплив на ринок праці [5]. Тому необхідно розробляти стратегії, які дають змогу адаптувати суспільство до змін, зумовлених технологічним прогресом [4].

Перспективи розвитку штучного інтелекту у сфері управління підприємствами є значними. Інноваційні технології сприятимуть подальшій інтеграції ШІ у бізнес-процеси, що допоможе компаніям підвищувати свою конкурентоспроможність і ефективність управління [3]. Водночас важливо враховувати можливі виклики та ризики, щоб створити збалансовану та етично відповідальну модель використання штучного інтелекту в управлінні підприємствами [1; 5].

Список використаних джерел

1. The State of AI in Business. McKinsey & Company, 2023. 24 p. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year>
2. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach: підручник. Pearson, 2021. 1136 p.
3. Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Книга. Harvard Business Review Press, 2018. 272 p.
4. Січко Т. В., Зелінська О. В., Афанасьєва Д. Вища освіта в епоху штучного інтелекту: можливості та виклики. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2025. Вип. 347, № 1. С. 314–319. URL: <https://heraldts.khmnu.edu.ua/index.php/heraldts/article/view/931>

*Короленко О. О., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ротштейн О. П., д-р техн. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ БАЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та активного впровадження інтелектуальних рішень у практику бізнесу, медицини, освіти й інших сфер життєдіяльності особливого значення набувають питання ефективного і швидкого прийняття рішень в умовах високої невизначеності. У ситуації, коли дані можуть бути частковими, неповними, зашумленими або суперечливими, класичні детерміновані алгоритми часто виявляються недостатньо гнучкими. Саме тому дедалі більшої популярності набувають ймовірнісні методи, зокрема баєсівські мережі (Bayesian Networks, БМ), що дають змогу моделювати причинно-наслідкові зв'язки між змінними та робити обґрунтовані висновки на основі наявної інформації [1; 2].

Баєсівські мережі поєднують у собі потужність графових структур і математичний апарат теорії ймовірностей. Їх суть полягає у представленні складної системи у вигляді орієнтованого ациклічного графу, де вузли відповідають змінним, а дуги – причинно-наслідковим залежностям. Завдяки можливості враховувати попередні знання (апостеріорні ймовірності) та динамічно оновлювати оцінки після отримання нових даних (апостеріорні ймовірності) такі мережі ідеально підходять для задач, де повнота інформації змінюється у часі [3; 4].

У межах виконаної роботи було реалізовано повноцінну систему підтримки прийняття рішень на основі баєсівських мереж, зосереджену на прикладі медичної діагностики. Актуальність обраної предметної області обумовлена критичною важливістю точності та пояснюваності рішень у медицині, де навіть незначна помилка у прогнозі може мати серйозні наслідки для здоров'я або життя людини.

Для реалізації системи було обрано технологічний стек на основі мови програмування Python та бібліотеки `rgmpy`, яка забезпечує інструменти для побудови графу, створення умовних таблиць ймовірностей (CPT), виконання параметричного навчання (використано алгоритми Hill-Climbing, Expectation-Maximization) та проведення ймовірнісного виведення за допомогою методу Variable Elimination [5].

Система має модульну структуру, яка включає: модуль збору та обробки вхідних даних (симптоми пацієнта), модуль побудови мережі та навчання, механізм прогнозування на основі виведення ймовірностей, інтерфейс користувача (реалізовано за допомогою Flask і Streamlit), а також REST API для подальшої інтеграції із зовнішніми платформами. Така архітектура дає змогу не лише локально аналізувати дані, але й підключатися до віддалених медичних баз чи IoT-сенсорів у майбутньому.

Особливу увагу приділено пояснюваності результатів. Користувач (лікар, аналітик чи системний оператор) має змогу побачити не лише фінальний прогноз, але й дізнатися, які саме симптоми або комбінації факторів вплинули на результат, які ймовірності змінилися після введення нових даних, а також отримати візуальне відображення змін у графі. Саме цей аспект – інтерпретованість – виділяє БМ серед інших підходів, наприклад, нейронних мереж, які часто функціонують як «чорна скринька» [6].

Результати численних сучасних досліджень підтверджують ефективність використання баєсівських мереж у медичній практиці. Зокрема, у роботах [7; 8] наведено приклади застосування БМ для виявлення онкологічних захворювань, оцінки ризиків серцево-судинних хвороб та аналізу електронних медичних записів. До того ж останнім часом активно досліджуються гібридні підходи, де БМ поєднуються з нейромережами для покращення точності за умови збереження логічної пояснюваності [9].

Водночас перспективним напрямом розвитку таких систем є впровадження динамічних баєсівських мереж (DBN), які дають змогу враховувати часову залежність параметрів. Це відкриває можливість розробки моніторингових медичних систем, що здатні оцінювати динаміку стану пацієнта в реальному часі (наприклад, на основі показників пульсу, температури, тиску тощо) [10].

За результатами тестування реалізованої системи з використанням навчального набору симптомів та діагнозів встановлено, що точність прогнозу у більшості випадків перевищує 85 %, навіть за неповної інформації. Система здатна гнучко реагувати на зміни вхідних даних, надаючи нові оцінки з мінімальним часом обчислення.

Отже, розроблена система підтверджує доцільність використання баєсівських мереж як основи для створення сучасних, надійних та пояснюваних рішень у сфері інтелектуального аналізу даних. Її застосування є перспективним не лише в медицині, але й у суміжних сферах: кібербезпеці, логістиці, праві, фінансовому моніторингу. Подальше розширення функціоналу, інтеграція із зовнішніми джерелами даних, а також масштабування до хмарних платформ дасть змогу використовувати такі системи як ключовий інструмент для підтримки прийняття рішень у різних галузях цифрової трансформації.

Список використаних джерел

1. Koller D., Friedman N. *Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques*. MIT Press, 2009. 1231 p.
2. Pearl J. *Causality: Models, Reasoning and Inference*. Cambridge University Press, 2009.
3. Ankan A., Panda A. pgmpy: Probabilistic Graphical Models using Python. *Proceedings of the Python in Science Conference*. 2015. P. 1–6. URL: https://www.researchgate.net/publication/328778465_pgmpy_Probabilistic_Graphical_Models_using_Python
4. A Survey of Methods for Explaining Black Box Models / R. Guidotti, A. Monreale, S. Ruggeri et al. *ACM Computing Surveys*. 2019. Vol. 51(5). P. 93:1–93:42. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3236009>
5. Fenton N., Neil M. *Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks*. 2nd ed. CRC Press, 2018. URL: http://bayesianrisk.com/sample_chapters/K31678_C000.pdf

6. A Hybrid Deep Learning and Bayesian Network Model for Decision-Making under Uncertainty / S. Zhu, B. Chen, S. Gao et al. *2021 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM)*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9486527>
7. Barber D. *Bayesian Reasoning and Machine Learning*. Cambridge University Press, 2012.

УДК 004.82:004.85]:791.6(043.2)

*Левченко М. Р., здобувачка вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Хмелівський Ю. С., асистент кафедри інформаційних технологій*

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЛЬМІВ ТА ЇХ УСПІШНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ DATASET MOVIES У МОВІ R

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Аналіз даних є важливим інструментом для виявлення закономірностей у великих масивах інформації. У цій роботі досліджується набір даних про фільми (movies) з пакету ggplot2movies [1] у середовищі R, який містить інформацію про жанри, рік випуску, тривалість, рейтинг та інші характеристики понад 58 тисяч фільмів. Метою дослідження є вивчення структури даних за допомогою кластерного аналізу та побудова моделей класифікації для прогнозування успішності фільмів. Робота базується на методах ієрархічної кластеризації, К-середніх та логістичної регресії, а також демонструє можливості мови R для статистичного аналізу та візуалізації.

Почнемо з кластерного аналізу [2].

Лістинг програми:

```
library(ggplot2movies)
library(dplyr)
data("movies")
movies_clean <- movies %>%
  select(title, year, length, rating, votes, Action, Comedy, Drama, Romance,
Short) %>%
  na.omit()
summary(movies_clean[, c("year", "length", "rating", "votes")])
colMeans(movies_clean[, c("Action", "Comedy", "Drama", "Romance", "Short")])
```

Результат:

Після очистки залишилось 58 788 фільмів і 10 змінних. Цільової змінної немає, тому задача кластеризації є без учителя. У більшості фільмів тривалість приблизно 82 хв, рейтинг – 5.9, а медіана голосів – 30. Найпоширеніші жанри: драма (37 %), комедія (29 %) та короткометражки (16 %).

```

Кількість об'єктів у вибірці: 58788
> cat("Кількість атрибутів:", ncol(movies_clean), "\n")
Кількість атрибутів: 10
>
> cat("Цільовий атрибут відсутній – це задача кластерного аналізу.\n")
Цільовий атрибут відсутній – це задача кластерного аналізу.
>
> summary(movies_clean[, c("year", "length", "rating", "votes")])
      year      length      rating
Min.   :1893   Min.    :  1.00   Min.    : 1.000
1st Qu.:1958   1st Qu.: 74.00   1st Qu.: 5.000
Median :1983   Median : 90.00   Median : 6.100
Mean   :1976   Mean    : 82.34   Mean    : 5.933
3rd Qu.:1997   3rd Qu.:100.00   3rd Qu.: 7.000
Max.   :2005   Max.    :5220.00   Max.    :10.000

      votes
Min.    :    5.0
1st Qu.:   11.0
Median :   30.0
Mean    :  632.1
3rd Qu.:  112.0
Max.    :157608.0
>
> genre_props <- colMeans(movies_clean[, c("Action", "Comedy", "Drama",
mance", "Short")])
> print(round(genre_props, 3))
Action Comedy Drama Romance Short
 0.080   0.294  0.371  0.081  0.161

```

Рис. 1. Результат кластерного аналізу

Далі було проведено кластеризацію. Для ієрархічної взято випадкову підвибірку з 1 000 фільмів, щоб уникнути перевантаження пам'яті. За результатами, оптимальною виявилась кількість кластерів – чотири [3].

Лістинг програми:

```

library(factoextra)
library(dplyr)
set.seed(123)
data_cluster <- movies_clean %>%
  select(length, rating, votes, Action, Comedy, Drama, Romance, Short) %>%
  scale()
sample_data <- data_cluster[sample(1:nrow(data_cluster), 1000), ]
hc <- hclust(dist(sample_data), method = "ward.D2")
fviz_dend(hc, k = 4, rect = TRUE)
km <- kmeans(data_cluster, centers = 4, nstart = 25)
fviz_cluster(km, data = data_cluster)

```

Результат:

Кластеризація показала, що фільми можна поділити на чотири групи зі спільними ознаками. Деякі кластери частково перекриваються, але загалом структура в даних простежується чітко.

Для оцінки впливу жанру, тривалості та року на успішність фільмів було побудовано логістичну регресію. Значущими виявилися тривалість, а також жанри Action, Comedy, Drama та Short. Короткометражки й драми частіше отримують високі оцінки, тоді як бойовики – рідше [2].

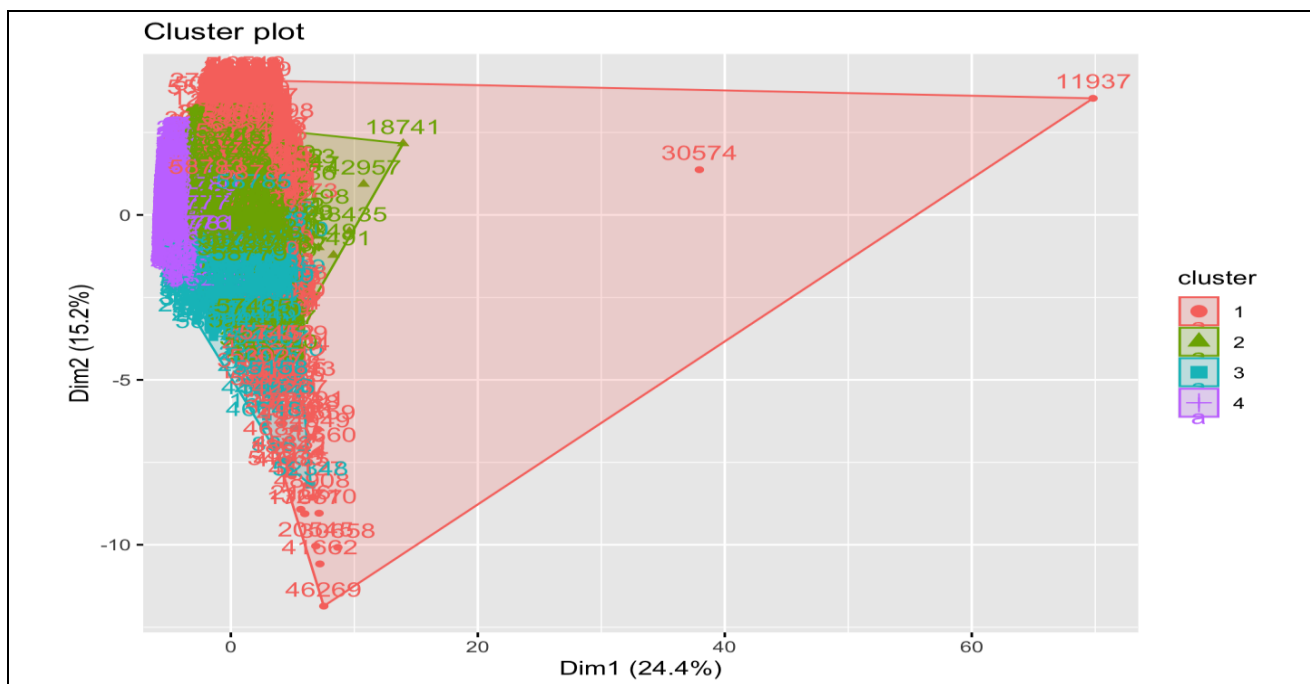


Рис. 2. Дендрограма кластерного аналізу

Лістинг програми:

```
movies_logit_data <- movies_clean %>%
  mutate(high_rating = rating > 7) %>%
  select(high_rating, year, length, Action, Comedy, Drama, Romance, Short) %>%
  na.omit()
logit_model <- glm(high_rating ~ ., data = movies_logit_data, family =
binomial)
summary(logit_model)
```

Результат:

Call:
glm(formula = high_rating ~ ., family = binomial, data = movies_logit_data)

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.9649357	0.8271136	-4.794	1.64e-06 ***
year	0.0007377	0.0004205	1.754	0.0794 .
length	0.0121181	0.0004772	25.393	< 2e-16 ***
Action	-0.7278759	0.0448627	-16.225	< 2e-16 ***
Comedy	-0.1236248	0.0231138	-5.349	8.87e-08 ***
Drama	0.2551355	0.0221252	11.531	< 2e-16 ***
Romance	0.0529373	0.0366527	1.444	0.1487
Short	1.8300761	0.0456593	40.081	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 64618 on 58787 degrees of freedom
Residual deviance: 62283 on 58780 degrees of freedom
AIC: 62299

Number of Fisher Scoring iterations: 5

Рис. 3. Логістична регресія

Модель показала, що найбільше на ймовірність високої оцінки впливають тривалість, жанри Action, Comedy, Drama та формат Short. Короткометражки й драми частіше отримують високий рейтинг, а бойовики – рідше. Жанр Romance і рік випуску не мають значущого впливу.

Загалом кластеризація виявила чотири групи фільмів із подібними характеристиками, а логістична регресія підтвердила, що навіть базові ознаки можуть бути інформативними для оцінки успішності.

Список використаних джерел

1. Datasets. URL: <https://www.kaggle.com/datasets>
2. Освоюємо мову R. *Вікіпідручник*. 04.12.2025. URL: https://uk.wikibooks.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D0%BE%D1%8E%D1%94%D0%BC%D0%BE_R
3. Кофанов О. Є., Солнцев С. О., Зозульов О. В. Програмування із використанням R у статистичних та маркетингових дослідженнях: навчально-методичний комплекс дисципліни: навч. посіб. для студентів спеціальності 075 «Маркетинг» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 204 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/f78aa74c-7d8d-4c84-87eb-18a4aec57476/content>
4. Data Science, лекція – Мова програмування R. *YouTube*. 03.05.2022. URL: https://www.youtube.com/watch?v=DiKwo_hgFfM

УДК 519.852:334.722

*Менделюк К. В., здобувачка вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Хмелівський Ю. С., асистент кафедри інформаційних технологій*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ФІНАНСОВИХ ІНВЕСТИЦІЙ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах економічної нестабільності та високої конкуренції ефективне управління фінансовими ресурсами є одним із ключових завдань як для великих корпорацій, так і для дрібних інвесторів. Прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень вимагає врахування великої кількості змінних: дохідності активів, рівня ризику, обмеженості ресурсів, ринкових коливань та макроекономічних факторів.

Методи оптимізації дають змогу формалізувати задачу вибору найкращого інвестиційного рішення, враховуючи всі важливі показники та обмеження. Завдяки цим методам можна розрахувати оптимальні варіанти розподілу ресурсів, підвищити дохідність інвестиційного портфеля та мінімізувати ризики.

Оптимізація у фінансових інвестиціях передбачає:

- формалізацію задачі у вигляді математичної моделі;
- визначення цільової функції (максимізація доходу, мінімізація ризику);
- врахування системи обмежень (обсяги капіталу, нормативи, ринкові фактори);

- пошук оптимального рішення (найкращого варіанта інвестування).

Оптимізація – це процес пошуку найкращого рішення серед можливих варіантів з урахуванням заданих критеріїв. У сфері фінансів метою оптимізації є максимізація прибутковості інвестицій або мінімізація ризику за умови обмежених ресурсів.

Фінансові інвестиції – це вкладення капіталу в різні фінансові інструменти з метою отримання прибутку: акції, облігації, депозити, інвестиційні фонди тощо.

Основні елементи задачі оптимізації інвестицій:

- Цільова функція – наприклад, максимізація доходу чи мінімізація ризику.
- Змінні рішення – обсяги вкладень у кожен з інвестиційних інструментів.
- Обмеження – доступний капітал, допустимий рівень ризику, ліміти на інвестування.

– Лінійне програмування використовується для задач, де цільова функція та обмеження є лінійними.

Приклад:

- Інвестор має 1 млн грн і розглядає два проєкти:
- Проєкт А – прибутковість 12 %.
- Проєкт В – прибутковість 15 %, але обсяг вкладення обмежено 400 тис. грн.

Цільова функція:

$$\text{Max } Z = 0,12 \times x_1 + 0,15 \times x_2.$$

Обмеження:

$$x_1 + x_2 \leq 1\,000\,000;$$

$$x_2 \leq 400\,000;$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$

Розв'язавши цю задачу, можна визначити оптимальний обсяг інвестування в кожен проєкт.

Модель Марковіца (оптимізація інвестиційного портфеля) дає змогу сформулювати оптимальний портфель активів, враховуючи співвідношення прибутковості та ризику.

Приклад:

Потрібно обрати пропорції вкладення у 3 види акцій так, щоб за очікуваної доходності 10 % портфель мав мінімальний ризик (мінімальну дисперсію). Методика дає змогу визначити такі частки кожного активу в портфелі, які мінімізують ризик за заданого рівня доходу.

Цілочислове програмування використовується у випадках, коли змінні не можуть бути дробовими (наприклад, кількість куплених акцій чи облігацій).

Приклад:

Інвестор має 500 тис. грн і планує придбати пакети акцій трьох компаній, де один пакет містить 100 акцій. Необхідно визначити оптимальну кількість пакетів для максимізації.

Методи оптимізації використовуються в таких сферах:

- Банківська справа – оптимізація кредитного портфеля, управління ризиками.
- Інвестиційні фонди – розподіл активів, управління ризиками портфеля.

– Пенсійні фонди – забезпечення дохідності за умови мінімізації ризику для вкладників.

– Корпоративне фінансове планування – оцінка доцільності інвестиційних проєктів.

– Приватні інвестори – оптимізація особистого інвестиційного портфеля.

Інструменти для розв’язання задач з оптимізації:

– Microsoft Excel (Solver) – базові задачі лінійного програмування.

– Python (cvxpy, scipy.optimize) – складні моделі портфельної оптимізації.

– MATLAB (Financial Toolbox) – розрахунок оптимальних інвестиційних стратегій.

– R (ROI, PortfolioAnalytics) – фінансова аналітика та оптимізація портфелів.

– LINGO, GAMS – розв’язання задач цілочислового та нелінійного програмування.

Приклад застосування в реальній практиці:

Припустимо, інвестор формує портфель з трьох активів:

- Акції компанії А – прибутковість 12 %, ризик 10 %;
- Акції компанії В – прибутковість 8 %, ризик 5 %;
- Облігації державні – прибутковість 6 %, ризик 2 %.

Метою є досягнення середньої прибутковості портфеля не нижче 8 % за мінімального ризику. За допомогою моделі Марковіца та використання cvxpy (Python) можна розрахувати оптимальні частки кожного активу в портфелі, які задовольнять дані критерії.

Методи оптимізації є незамінним інструментом у фінансовому плануванні та інвестуванні. Вони дають змогу раціонально розподіляти ресурси, знижувати ризики та підвищувати ефективність фінансових рішень. Використання математичних моделей та сучасних програмних засобів забезпечує об’єктивність і наукову обґрунтованість прийнятих рішень.

У ХХІ столітті оптимізаційні методи активно застосовуються в банках, інвестиційних фондах, страховому бізнесі та особистому фінансовому плануванні. В умовах динамічних ринків їх значення лише зростатиме, а інвестори, які володіють цими методиками, отримуватимуть конкурентні переваги.

Список використаних джерел

1. Black F., Litterman R. Global Portfolio Optimization, Financial Analysts Journal, 1992. 16 p.
2. Kritzman M., Rich D. Risk and Asset Allocation, Springer. 2013. 456 p.
3. Fabozz F. J., Markowitz H. M. The Theory and Practice of Investment Management, Wiley. 2011. 640 p.
4. Luenberger D. G. Investment Science, Oxford University Press. 1998. 432 p.

*Мишківська Я. В., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Овчар М. І., здобувач вищої освіти 3 курсу
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

МУЛЬТИМОДАЛЬНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні БПЛА активно використовуються у військовій сфері для розвідки й моніторингу. Актуальним завданням є розробка адаптивних систем розпізнавання об'єктів, здатних працювати в реальному часі в умовах обмежених ресурсів. У роботі досліджено підходи мультимодального розпізнавання на основі об'єднання RGB, інфрачервоних та глибинних даних. Запропоновано архітектуру з механізмом late fusion та використанням модифікованої нейронної мережі YOLOv5. Розроблений прототип демонструє потенціал до впровадження в системи оперативного спостереження та може бути адаптований для роботи на вебплатформах або вбудованих пристроях.

У роботі досліджено підходи мультимодального розпізнавання на основі об'єднання RGB, інфрачервоних та глибинних даних. Перед об'єднанням усі сенсорні зображення піддаються попередній обробці, зокрема нормалізації пікселів у діапазоні $[0;1][0;1][0;1]$. Застосовано формулу контрастної нормалізації:

$$R_{norm} = \min\left(\max\left(\frac{1,5 \cdot R}{255}, 0\right), 1\right).$$

Такий підхід дає змогу посилити важливі ознаки та відкинути незначні перепади яскравості, забезпечуючи кращу узгодженість між різними модальностями. Запропоновано архітектуру з механізмом late fusion та використанням модифікованої нейронної мережі YOLOv5.

Порівняльну характеристику найпоширеніших підходів до об'єктного розпізнавання наведено в табл. 1. Зокрема, YOLOv5 обрано як базову модель завдяки її гнучкості, точності та простоті адаптації до мультимодальних даних [1]. Водночас з огляду на практичну реалізацію у новій версії прототипу передбачено також використання SSD, яка забезпечує обробку в реальному часі з помірним споживанням ресурсів.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика методів розпізнавання

Критерій	YOLOv5	YOLOv3	Faster R-CNN	SSD
Мультимодальна інтеграція	Підтримує через late fusion	Потребує зовнішніх рішень	Архітектурно не передбачено	Частково можлива
Придатність для реального часу	Висока, оптимізована для edge-пристроїв	Середня	Низька	Висока, спроектована для ріалтайму
Гнучкість і масштабованість	Висока, легко модифікується	Обмежена	Складна для адаптації	Середня

Критерій	YOLOv5	YOLOv3	Faster R-CNN	SSD
Адаптивність до змін середовища	Передбачена через сенсорну нормалізацію	Лише часткова	Залежить від навчальних даних	Часткова

Як показують результати досліджень [2], використання мультимодальних підходів суттєво підвищує точність розпізнавання об'єктів у складних умовах, як-от нічне спостереження або погіршення погодних умов. Інтеграція даних із різних сенсорів дає змогу компенсувати втрату інформації від окремих каналів і покращити стійкість роботи систем (рис. 1, 2).

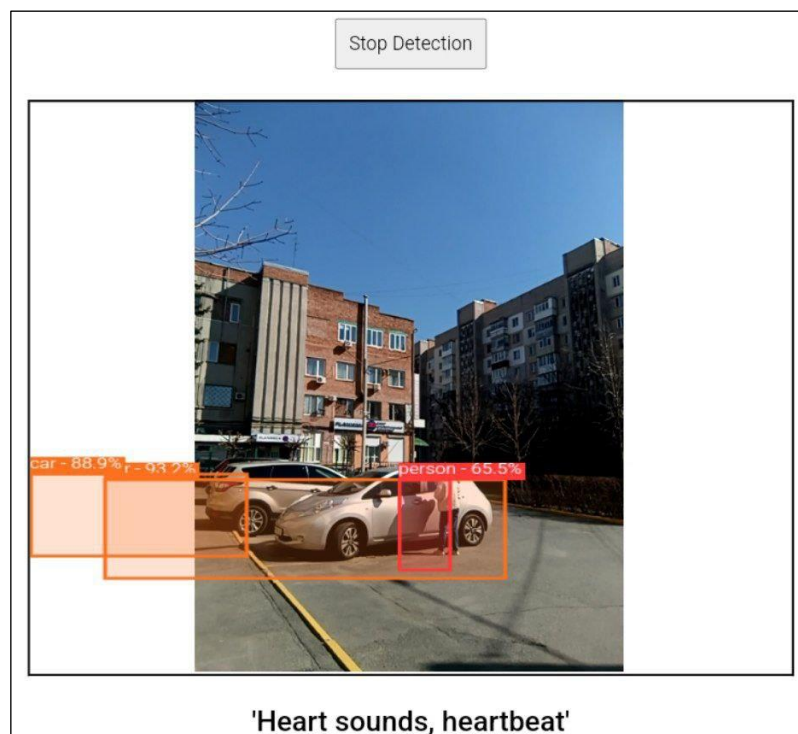


Рис. 1. Виявлення об'єктів у денному середовищі за допомогою мультимодальної системи

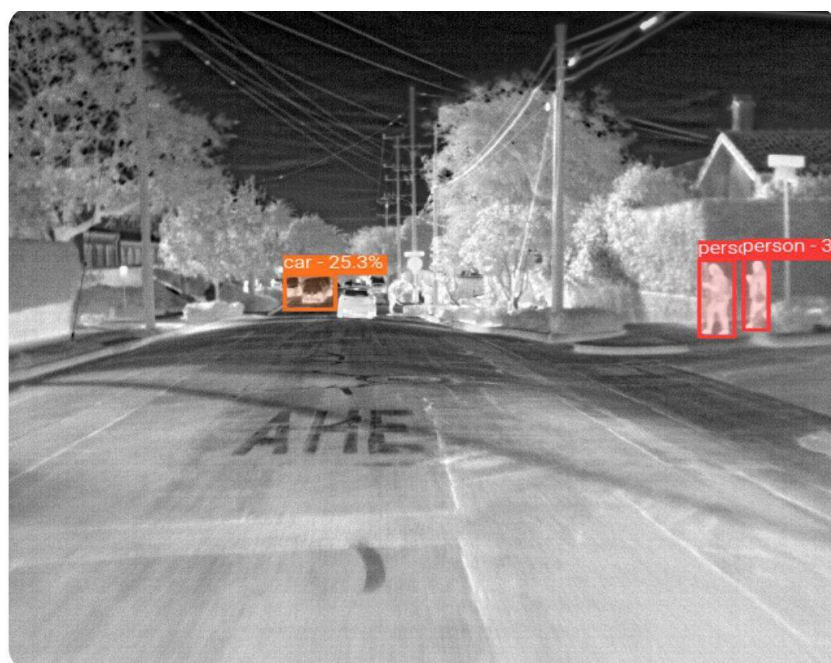


Рис. 2. Виявлення об'єктів на інфрачервоному зображенні вночі

Отже, запропоноване рішення демонструє потенціал для інтеграції в системи БПЛА, що діють у реальному часі. Використання мультимодальної обробки даних дає змогу підвищити надійність і точність класифікації в умовах змінного середовища.

Проведене дослідження підтвердило доцільність застосування мультимодальних методів розпізнавання для платформ із обмеженими ресурсами. Система, розроблена в межах проєкту, може стати основою для подальших досліджень і впровадження в галузі військової розвідки та спостереження. Подальші етапи роботи передбачають розширення тестувань у польових умовах та оптимізацію адаптивних механізмів обробки даних.

Код прототипу системи доступний у відкритому доступі [3], що сприяє відкритості дослідження та можливості його подальшого вдосконалення.

Список використаних джерел

1. YOLOv5 Drone Detection Using Multimodal Data Registered by the Vicon System / W. Lindenhein-Locher, A. Świtoński, T. Krzeszowski, G. Paleta, P. Hasić, H. Josiński, M. Paszkuta, K. Wojciechowski, J. Rosner. *Sensors*. 2023. Vol. 23, № 13. Article ID: 6396. DOI: 10.3390/s23146396.
2. M2FNet: Multi-modal fusion network for object detection from visible and thermal infrared images / Ch. Jiang, H. Ren, H. Yang, H. Huo, P. Zhu, Z. Yao, J. Li, M. Sun, S. Yang. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2024. Vol. 130. P. 102300. DOI: 10.1016/j.jag.2024.103918.
3. Ovchar M. Мультимодальне розпізнавання об'єктів за допомогою YOLOv11 та YAM-Net. URL: https://github.com/MichailOvchar/multimodal_object_detection (дата звернення: 27.04.2025).

УДК 004.9

*Рудь О. С., здобувачка вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потанова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ВИТРАТ НА ПІДПРИЄМСТВІ: МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

В умовах глобалізації ринку, економічної нестабільності та зростаючих вимог до швидкості обслуговування питання ефективного управління логістичними витратами, безперечно, набуває актуальності. Логістичні витрати охоплюють широкий спектр складників: транспортування, зберігання, обробку вантажів, управління запасами, інформаційне забезпечення логістики, витрати на персонал тощо. Рационалізація цих витрат є рішенням до підвищення загальної ефективності логістичної системи підприємства та його конкурентоспроможності [1].

Згідно з результатами досліджень, понад 60 % витрат у логістичному ланцюзі пов'язані з транспортними операціями та зберіганням продукції. Оптиміза-

ція цих компонентів передбачає використання як стратегічних, так і тактичних підходів, зокрема планування маршрутів, управління транспортними засобами, вибір типів складів, обґрунтовану політику управління запасами [2].

Одним з ефективних інструментів оптимізації є використання економіко-математичного моделювання. Зокрема, за допомогою задачі Комівояжера, задачі розміщення складів та моделі потоків у мережах можна формалізувати логістичні процеси і мінімізувати витрати на основі аналізу альтернатив. Наприклад, застосування методів лінійного програмування дає змогу оптимально розподіляти ресурси між пунктами відвантаження та споживання.

Водночас інформаційні системи, зокрема ERP та TMS (Transportation Management Systems), відіграють важливу роль у забезпеченні прозорості логістичних витрат та ефективності управління процесами. Інтеграція даних про постачання, транспорт, складування та фінанси в єдину систему допомагає приймати обґрунтовані управлінські рішення та оперативно реагувати на зміну умов зовнішнього середовища.

Особливу увагу треба приділити аналітичним інструментам, які дають змогу підприємствам здійснювати моніторинг, візуалізацію та прогнозування логістичних витрат. Наприклад, у програмному середовищі Power BI можливо реалізувати дашборди, що відображають структуру витрат, тенденції їх зміни, ефективність постачальників і транспортних операторів.

Ще одним підходом до зменшення витрат є впровадження методів управління запасами. Широко використовуються моделі EOQ, Just-in-Time та VMI (Vendor Managed Inventory), які дають змогу зменшити витрати на зберігання та знизити рівень «заморожених» коштів у надлишкових запасах.

Цифровізація процесів також відіграє значну роль, зокрема застосування технологій Big Data та машинного навчання. Збір та аналіз великих обсягів даних з GPS-трекерів, сенсорів, ERP-систем, логістичних платформ допомагає не лише моніторити поточні витрати, а й будувати прогнозні моделі для ухвалення управлінських рішень. Наприклад, прогнозування попиту дає змогу скоротити витрати на зберігання продукції, а аналіз дорожньої ситуації в реальному часі – оптимізувати витрати на доставку [3].

Важливо також вводити організаційні методи оптимізації, які забезпечують зниження витрат, підвищення гнучкості та адаптивності логістичної системи. Одним із таких підходів є аутсорсинг логістичних функцій, зокрема транспортування, складування чи обробки замовлень, що допомагає підприємствам сконцентруватися на своїй основній діяльності, зменшити капітальні витрати та підвищити рівень сервісу завдяки спеціалізованим провайдерам. До того ж ефективним є структурований підхід до оцінки та класифікації постачальників за критеріями вартості, надійності, географічної доступності, часу виконання замовлень і гнучкості у надзвичайних ситуаціях.

Також ефективним є інвестування в розвиток персоналу, особливо у сфері цифрових компетенцій, управління логістичними процесами та використання сучасних IT-систем. Працівники, які володіють необхідними знаннями та розуміють цілі оптимізації, здатні не лише ефективно реалізовувати поточні задачі, а й ініціювати внутрішні покращення.

Отже, оптимізація логістичних витрат на підприємстві – це процес, що потребує комплексного підходу, поєднання аналітичних, технологічних і організаційних інструментів. Ефективна реалізація цього підходу дає змогу підприємствам знизити витрати, побудувати гнучку та адаптивну логістичну систему, здатну функціонувати в умовах високої мінливості ринку.

Список використаних джерел

1. Цифрові технології у логістиці. *Блог YC.Market*. 25.06.2024. URL: <https://blog.you-control.market/tsifrovi-tiekhnologhiyi-u-loghistitsi/> (дата звернення: 30.04.2025).
2. Потапова Н. А., Волонтир Л. О., Зелінська О. В. Математичне та комп'ютерне моделювання функціонування логістичних процесів та систем. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2022. № 2. С. 73–80. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/?cat=65> (дата звернення: 30.04.2025).
3. Журавльов О. В., Гармаш А. О. Удосконалення ІТ-забезпечення логістичної діяльності підприємств. *Ефективна економіка*. 2020. № 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8041> (дата звернення: 12.05.2025).

УДК 004.65:519.2

*Семенюк А. М., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Січко Т. В., канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ НА БАЗІ МІС НДІ-ЕКСПЕРТ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Коло завдань, які покладаються на медичні інформаційні системи (МІС), доволі широке, оскільки головне призначення подібних програмних комплексів – автоматизація всіх основних процесів, пов'язаних із роботою медичної установи.

В Україні використовуються МІС різної направленості: як комплексні, рекомендовані МОЗ України (DOCTOR ELEKS, HEALTCH 24, HELSI, та ін.), так і спеціалізовані – розроблені під потреби окремих закладів. Але, незалежно від потреб, всі системи складається з блоків, що відповідають за автоматизацію різних складників діяльності [1]:

- реєстрація пацієнтів та ведення електронних медичних карток;
- формування даних функціональної діагностики;
- АРМ лікаря: лікарські призначення, журнал аналізів;
- облік та використання медикаментів і допоміжних лікарських засобів;
- адміністративна робота;
- розподіл ресурсів установи, управління фінансами й облік;
- стандарти надання медичної допомоги та обмін інформацією.

Ці складники формують структуру МІС (рис. 1) – окремі компоненти, які можна об'єднати у кілька великих груп і використовувати за необхідності.

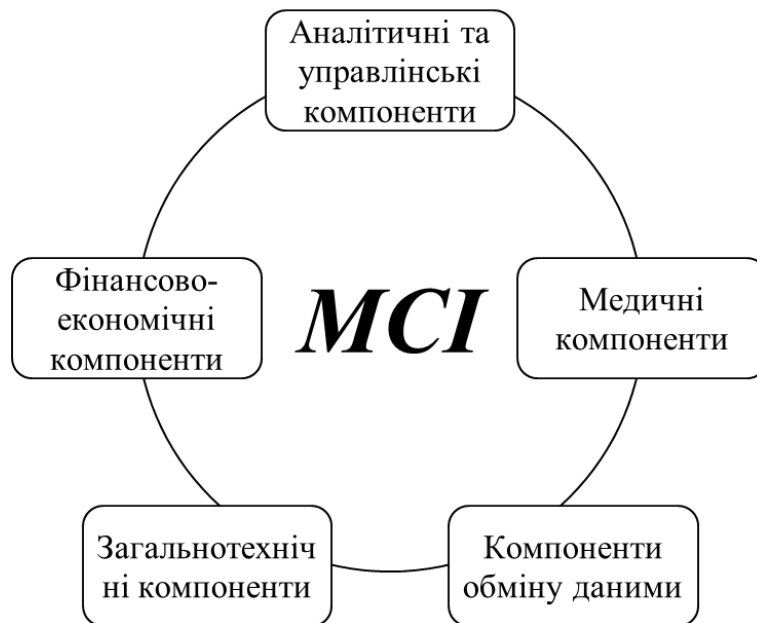


Рис. 1. Структура типової МІС

Модулі аналітичної і управлінської компоненти та компоненти обміну даними є основними в плані отримання, накопичення та обміну відомостями про стан пацієнта, фактично це медична база даних МІС. Її аналіз, обробка, формування і є головною ланкою медичної інформаційної системи.

В роботі розглядаються можливості саме такого програмного комплексу:

- збір медичних показників та станів пацієнта для формування його «лікувальної історії»;
- обробки статистичних медичних даних, зокрема – аналіз діяльності медико-соціальних показників [2; 3].

Інформаційна система дає змогу управляти великими масивами даних (BigData) про пацієнтів та результатами медичних обстежень в організації, яка проводить експертну оцінку стану осіб з інвалідністю. Вся занесена в МІС інформація (рис. 2) зберігається і доступна в будь-який час у будь-якій точці входу в систему.

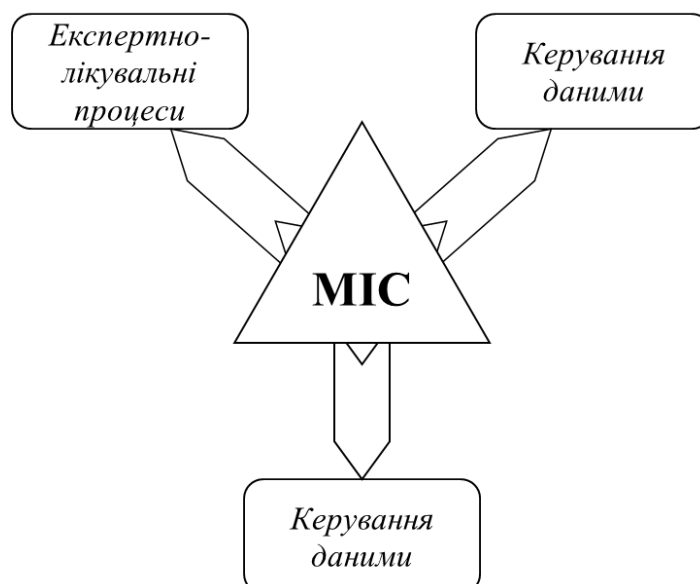


Рис. 2. Взаємодія інформації МІС

Результат експертизи ґрунтується на припущенні, що ймовірність отримання висновку може бути здійснена методом побудови моделі на базі знань експертів – їхнього досвіду, інтуїції. Для цього вони повинні мати у своєму розпорядженні визначений об’єм даних та математичний апарат: обчислення за певними математичними формулами ймовірностей захворювань на основі зіставлення ознак, одержаних під час обстеження.

Інформація в медицині часто буває неточною – ймовірнісною. Для її оцінки в експертних системах використовують теорему Баєса (рис. 3), а точніше, наслідок з неї – формулу повної ймовірності події, що залежить від декількох несумісних причин (у нашому випадку симптомів – «гіпотез») [4]:

$$P(B) = \sum_{i=1}^N P(A_i) P(B|A_i), \quad (1)$$

де $P(B)$ – ймовірність настання події;

i – номер відповідної гіпотези (симптому);

$P(A_i)$ – ймовірність гіпотези;

$P(B|A_i)$ – апріорна ймовірність результату для гіпотези.

Формула Баєса дає змогу за відомим фактом події обчислити ймовірність того, що вона була викликана даною причиною, тобто «переставити причину і наслідок».

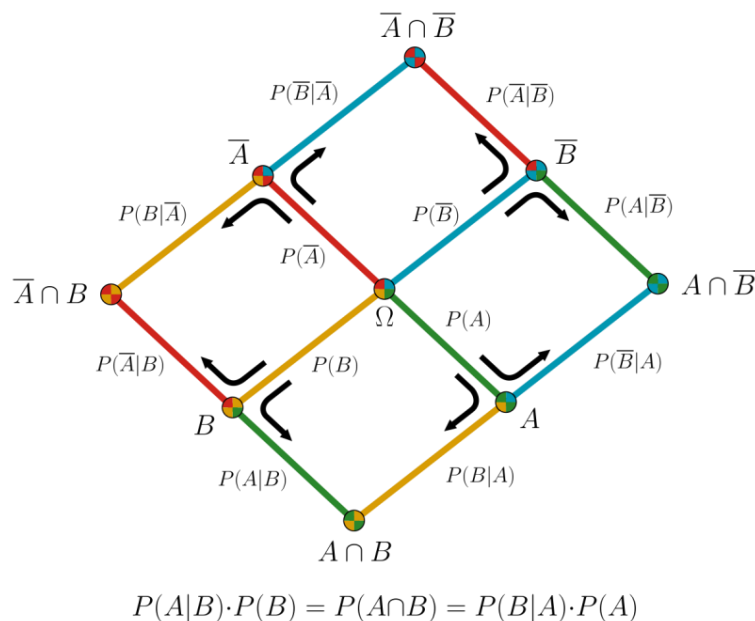


Рис. 3. Графічне представлення Теорему Баєса

Для затвердження експертного рішення, встановлення діагнозу вводиться поняття «діагностичного порогу», тобто критерій ймовірності захворювання – поріг, зазвичай більше 90 %. Діагностування вважається правильним за умови, що ймовірність досягне цього «порогу». Інакше особу направляють на дообстеження.

Отже, представлена медична інформаційна система фактично є довідково-експертним інструментом, призначеним для введення, зберігання, пошуку, аналізу (експертизи) і видачі медичної інформації за запитом користувача. МІС роз-

роблена зі врахуванням того, що формування даних, їх інтерпретація та групування за потрібними ознаками може бути виконане особами з базовою комп'ютерною підготовкою. Водночас формат і об'єм (як функціональний, так і кількісний) бази даних системи дає змогу за наявності знань сформувати різноманітний зріз інформації та потрібну вибірку.

Список використаних джерел

1. Медичні інформаційні системи: огляд можливостей і приклади використання. *Evergreens*. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/medical-information-systems.html>
2. Основні показники медико-соціальної реабілітації осіб з інвалідністю в Україні за 2023 рік: аналітико-інформаційний довідник / В. І. Шевчук, Р. Я. Перепелична, Л. О. Сторожук, І. В. Куриленко, Л. Г. Семененко, М. В. Семенюк, А. М. Семенюк: Вінниця: ФОП Данилюк В. Г., 2024. 114 с.
3. Основні показники медико-соціальної реабілітації осіб з інвалідністю в Україні за 2022 рік: аналітико-інформаційний довідник / В. І. Шевчук, Р. Я. Перепелична, Л. О. Сторожук, І. В. Куриленко, Л. Г. Семененко, М. В. Семенюк, А. М. Семенюк: Вінниця: ФОП Данилюк В. Г., 2023. 119 с.
4. Теорема Басса. *Bikinedia*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%91%D0%B0%D1%94%D1%81%D0%B0

УДК 004:005:51

*Трохимчук О. М., здобувачка вищої освіти
2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потапова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ОЦІНКА МЕТОДІВ ХОРД ТА ДОТИЧНИХ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ КОРЕНЯ АПРОКСИМОВАНОЇ ФУНКЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УКРАЇНИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

В обчислювальній математиці існує низка чисельних методів, які дають змогу знаходити корені рівнянь, коли їх аналітичний розв'язок неможливо отримати. Зокрема, методи хорд і дотичних широко застосовуються для розв'язання нелінійних рівнянь. У цій статті розглядається застосування цих методів для уточнення кореня апроксимованої функції, що відображає залежність кількості зайнятих працівників у сфері інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) від валової доданої вартості (ВДВ) суб'єктів господарювання України.

Актуальність дослідження полягає у важливості точного прогнозування економічних показників та аналізу впливу одного економічного фактора на інший. Використання методів чисельного аналізу дає можливість покращити оцінку економічних даних та визначити критичні точки у їх розвитку.

Пошук кореня є важливим завданням у багатьох галузях науки, включно з економікою. У даному дослідженні апроксимована функція встановлює зв'язок між ВДВ та кількістю зайнятих у сфері ІКТ. Враховуючи, що апроксимація не

завжди забезпечує точне аналітичне представлення, необхідно застосувати чисельні методи для точнішого визначення нульових точок цієї функції.

Метод хорд і метод дотичних є ітераційними методами для знаходження кореня рівняння $f(x) = 0$. Метод хорд базується на побудові послідовності відрізків (хорд), що наближують корінь функції. Формула ітераційного процесу:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)(x_n - x_{n-1})}{f(x_n) - f(x_{n-1})}.$$

Метод дотичних (Ньютона) використовує похідну функції для знаходження кореня, що дає змогу отримувати розв'язки швидше за методом хорд. Ітераційна формула методу:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}.$$

Для проведення дослідження використовуються статистичні дані за 2014–2023 роки, що характеризують зміну валової доданої вартості (ВДВ) та кількості зайнятих у сфері ІКТ (табл. 1).

Таблиця 1 – Апроксимована функція, яка описує залежність кількості зайнятих у сфері ІКТ від ВДВ

Рік	ВДВ (млн грн)	Зайняті у ІКТ (осіб)
2014	1 109 207.30	273 811
2015	1 376 872.90	245 056
2016	1 513 071.90	252 779
2017	1 916 591.50	267 437
2018	2 356 757.20	294 306
2019	2 640 886.40	331 441
2020	3 121 256.50	355 828
2021	3 294 768.50	401 724
2022	4 594 232.30	396 960
2023	3 947 735.80	401 700

Отримані результати апроксимації залежності такі:

Поліноміальна апроксимація. Для апроксимації рівняння, яке описує залежність ВДВ від часу, використаємо поліном 3-го ступеня: $f(x) = a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$. Після апроксимації отримуємо: $f(x) = -5621.29x^3 + 3.40 \times 10^7x^2 - 6.87 \times 10^{10}x + 4.63 \times 10^{13}$ (x – рік). Знайдемо x , при якому $f(x) = 0$.

Метод хорд. Початкові значення: $x_0 = 2014$, $x_1 = 2023$.

1. Для перших ітерацій отримуємо: $f(2014)$ і $f(2023)$.

2. Маємо: $f(2014) = -5621.29(2014)^3 + 3.40 \times 10^7(2014)^2 - 6.87 \times 10^{10}(2014) + 4.63 \times 10^{13}$;

3. $f(2023) = -5621.29(2023)^3 + 3.40 \times 10^7(2023)^2 - 6.87 \times 10^{10}(2023) + 4.63 \times 10^{13}$.

4. Обчислюємо числові значення:

$f(2014) \approx 1.109 \times 10^6$,

$f(2023) \approx 3.948 \times 10^6$.

5. За методом хорд:

$$x_2 = 2023 - \frac{(3.948 \times 10^6)(2023 - 2014)}{(3.948 \times 10^6) - (1.109 \times 10^6)}.$$
$$x_2 \approx 2026.5: x \approx 2030.21.$$

Метод дотичних. Для розрахунку використано значення похідної функції:

$$f'(x) = -16863.87x^2 + 6.81 \times 10^7x - 6.87 \times 10^{10}.$$

Алгоритм розрахунку:

1. Обираємо початкове наближення: $x_0 = 2030,21$.
2. Обчислюємо $f(2030.21)$: $f(2030.21) = -5621.29(2030.21)^3 + 3.40 \times 10^7(2030.21)^2 - 6.87 \times 10^{10}(2030.21) + 4.63 \times 10^{13}$;
 $f(2030.21) \approx 0$.
3. Обчислюємо: $f'(2030.21) = -16863.87(2030.21)^2 + 6.81 \times 10^7(2030.21) - 6.87 \times 10^{10}$.
4. За формулою Ньютона: $x_1 = 2030.21 - \frac{0}{-1.25 \times 10^6}$.

Оскільки $f(2030.21) \approx 0$, значення не змінюється, метод Ньютона підтверджує результат. За методом Ньютона отримано результат: $x \approx 2030.21$.

Проведений аналіз двох чисельних методів знаходження коренів рівнянь (методу дотичних (Ньютона) та методу хорд) показав, що обидва методи широко застосовуються для розв'язання нелінійних рівнянь, але мають суттєві відмінності, що впливають на швидкість збіжності, точність розрахунків і застосовність до різних класів задач. Було визначено, що:

- Метод Ньютона є ефективнішим для пошуку кореня рівняння, оскільки має квадратичну швидкість збіжності. Він дає змогу швидко і точно знаходити розв'язки, якщо функція має добре визначену похідну.

- Метод хорд, хоча й повільніший, не потребує обчислення похідної, що робить його корисним у складних випадках, де функція задана емпірично або її похідну важко знайти.

Отже, отримані результати можуть бути корисні для чисельного розв'язання рівнянь у прикладних задачах науки, техніки та економіки.

Список використаних джерел

1. Чисельні методи: навчальний посібник / Л. О. Волонтир, О. В. Зелінська, Н. А. Потапова, І. А. Чіков. Вінниця: ВНАУ, 2020. 322 с. URL: <https://surli.cc/trqnf>
2. Чисельні методи в комп'ютерних науках / В. А. Андруник, В. А. Висоцька, В. В. Пасічник, Л. Б. Чирун, Л. В. Чирун. Львів: Видавництво «Новий світ – 2000», 2017. 470 с.
3. Задачин В. М., Конюшенко І. Г. Чисельні методи: навчальний посібник. Харків: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. 180 с. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/8310?locale=en>
4. Гончаров О. А., Васильєва Л. В., Юнда А. М. Чисельні методи розв'язання прикладних задач: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2020. 142 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0f8e860a-c101-4db8-9e54-c823abb78b76/content>
5. Потапова Н. А., Волонтир Л. О., Зелінська О. В. Апроксимація функцій причинно-наслідкових зв'язків метрик виробництва в аналізі даних галузі тваринництва. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. № 3. С. 285–292. URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/729

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Чисельні методи – методи наближеного або точного розв'язування задач прикладної математики, які ґрунтуються на побудові послідовності дій над скінченною множиною чисел. Відповідно до основних вимог, чисельні методи мають бути стійкими та збіжними. Чисельні методи називають збіжними, якщо результати прямують до точного розв'язання задачі за умови прямування параметрів чисельних методів до певних граничних значень. Основне питання теорії чисельних методів – отримання чисельних методів, які задовольняють вимоги високої точності, стійкості та економічності. Отримання чисельних методів, що задовольняють ці вимоги, є складним завданням оптимізації чисельних методів. Статистичне опрацювання експериментальних даних зазвичай ґрунтується на граничних теоремах теорії ймовірностей та обчисленні порівняльних оцінок.

Однак для підвищення якості оцінок необхідна велика кількість даних, об'єм обчислень може виявитися дуже великим. Чисельні методи націлені на скорочення об'єму обчислень за умови збереження якості результатів. До найбільш ефективних чисельних методів в цій галузі належать методи, які застосовують швидко перетворення Фур'є. Для розв'язання задач апроксимації та обчислення функцій різних класів застосовують чисельні методи інтерполювання, найменших квадратів, ортогоналізації, врівноваження значень, умовної мінімізації тощо. Найбільш актуальними є методи кусково-многочленної та раціональної сплайнової апроксимації, а також адаптивної апроксимації та нелінійної за параметром апроксимації [1].

Стрімкий розвиток інформаційних технологій та обчислювальних процесів зумовлює необхідність чіткого розуміння й обґрунтування сучасних напрямів науки та техніки. Потужним інструментом прийняття рішень, який має значення для прогресивного науково-технічного розвитку держави, є штучний інтелект. Вирішення надскладних завдань, пов'язаних із застосуванням технологічних процесів та наукових рішень, напряму залежить від ефективного використання алгоритмів та систем штучного інтелекту.

Проблематика застосування методів та систем штучного інтелекту є новим напрямом прикладної науки, який повинен мати ґрунтовну теоретичну деталізацію. Зважаючи на потребу у розвитку інтелектуальних технічних систем, спрямованих на розв'язання нескладних виробничих завдань, дослідження методів та систем штучного інтелекту є актуальним напрямом наукових узагальнень та пошуків. Наукове обґрунтування інноваційних моделей та систем штучного інтелекту пов'язується з дослідженнями Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України та Національної академії наук України, який роз-

виває теорію і практику інтелектуальних систем та технологій штучного інтелекту [2].

Сучасні дослідження демонструють роль систем штучного інтелекту як «драйверів цифрової трансформації», що діють як у державному, так і приватному секторі [3].

Чисельні методи дають змогу звести розв'язування задачі до виконання скінченного числа арифметичних і логічних дій з числами. Водночас розв'язок визначається як набір чисел, що надалі можуть бути інтерпретовані різним способом (наприклад, подані у вигляді таблиць, графіків, анімації тощо). Їх перевагою є абсолютна універсальність, бо теоретично вони можуть бути застосовані для розв'язання будь-яких задач, добре пристосовані для реалізації на комп'ютері. Недоліком є велика трудомісткість під час ручного рахунку, що зазвичай не є проблемою, оскільки вони призначені для використання на комп'ютері. Чисельні методи є основним апаратом розв'язання математичних задач, а їх значущість тільки збільшуватиметься у міру вдосконалення комп'ютерної техніки [4].

Складність поставлених завдань і сфера використання інструментів штучного інтелекту дає змогу стверджувати, що методи штучного інтелекту поєднують методи аналізу та синтезу, методи обчислювального інтелекту, моделювання і прогнозування, методи пошуку рішень та представлення завдань і багато інших. Так, під час оцінювання ступеня інтелектуальності на рівні інтуїції ШІ базується на методах експертних оцінок та тестування [5].

Отже, чисельні методи є важливим інструментом для розв'язання складних математичних задач у штучному інтелекті. Вони забезпечують точність, стійкість і ефективність обчислень, що дає змогу покращити алгоритми машинного навчання, оптимізації та обробки даних. Розвиток чисельних методів сприяє вдосконаленню інтелектуальних систем, розширюючи їх можливості у різних сферах науки і техніки.

Список використаних джерел

1. Гончаров О. А., Васильєва Л. В., Юнда А. М. Чисельні методи розв'язання прикладних задач: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2020. 142 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0f8e860a-c101-4db8-9e54-c823abb78b76/content>
2. Методи та системи штучного інтелекту / В. Г. Фратавчан, Т. М. Фратавчан, Т. О. Лукашів, Ю. А. Літвінчук. Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича, 2023. 114 с. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6778/штучний-інтелект.pdf> (дата звернення 20.03.2025).
3. Піжук О. І. Штучний інтелект як один із ключових драйверів цифрової трансформації економіки. *Економіка, управління та адміністрування*. Вип. 3(89). С. 41–46. URL: <http://ema.ztu.edu.ua/article/view/185177> (дата звернення 20.03.2025).
4. Чисельні методи. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2024. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/8310/1/ЧИСЕЛЬНІ%20МЕТОДИ.pdf> (дата звернення 21.03.2025).
5. Чисельні методи: навчальний посібник / Л. О. Волонтир, О. В. Зелінська, Н. А. Потапова, І. А. Чіков. Вінниця: ВНАУ, 2020. 322 с. URL: <https://surli.cc/trqnfj>

*Чулюк В. В., здобувач вищої освіти 2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Бабаков Р. М., д-р техн. наук, доцент,
професор кафедри інформаційних технологій*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЧАТ-БОТИ НА ОСНОВІ GPT-АРХІТЕКТУР: ПРОБЛЕМИ Й ПЕРСПЕКТИВИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному цифровому середовищі інтелектуальні чат-боти на основі архітектури GPT (Generative Pre-trained Transformer) стали потужним інструментом автоматизації комунікацій. Вони активно застосовуються у сфері обслуговування клієнтів, онлайн-навчанні, медичних консультаціях, технічній підтримці та інших галузях. Завдяки здатності генерувати зв'язний, контекстно обґрунтований текст, такі системи імітують живе спілкування з високим рівнем достовірності. Водночас зростає увага до питань етичності, безпеки, контролю якості відповідей і обмежень у розумінні контексту. У цій роботі розглянуто основні переваги та виклики впровадження GPT-базованих чат-ботів, а також перспективи їх розвитку в умовах швидкої еволюції штучного інтелекту. Чат-бот – це програма, що взаємодіє з користувачем та імітує реальну розмову за допомогою текстових або аудіо-та відеоповідомлень на сайтах, по телефону, в додатках і месенджерах, використовуючи власні алгоритми [1].

З огляду на стрімкий розвиток штучного інтелекту ринок ботів стає дедалі різноманітнішим. Кожна модель має власне призначення, функціональні особливості та рівень складності. Деякі боти створені для базової автоматизації запитів клієнтів, інші – для глибокого аналізу текстів, ведення діалогів, генерації креативного контенту або навіть допомоги у програмуванні.

Отже, розглянемо найбільш відомі приклади інтелектуальних чат-ботів, серед яких:

- ChatGPT – це чат-бот з великою мовною моделлю, розроблений компанією OpenAI на основі версії бота GPT-3.5. Він має здатність взаємодіяти у формі розмовного діалогу і давати відповіді, які можуть здатися людьми. ChatGPT працює на основі навчання з підкріпленням зі зворотним зв'язком від людини (Reinforcement Learning with Human Feedback – RLHF) – це додатковий рівень навчання, в якому бере участь людина, щоб навчити чат-бота дотримуватися вказівок і генерувати відповіді, які здаватимуться людям живими [2].

- Gemini – це чат-бот зі штучним інтелектом від всесвітньо відомої компанії Google, раніше також відомий як Google Bard. Він розроблений на базі LaMDA (Language Model for Dialogue Applications) – великої мовної моделі від компанії Google AI. Нейронна мережа, яка лежить у її основі, здатна генерувати тексти, перекладати, створювати творчий контент та інформативно відповідати на питання користувача [3].

- Grok – це чат-бот на основі штучного інтелекту від компанії X, раніше відомої як Twitter. Унікальність Grok у тому, що він має знання про світ у реаль-

ному часі, користуючись матеріалами з Х. Також чат-бот відповідає на ті запитання, які відхиляє більшість інших сервісів ІІІ [4].

Застосування GPT-базованих чат-ботів відкриває нові горизонти в автоматизації взаємодії з користувачами. Наприклад, у сфері маркетингу вони дають змогу створювати персоналізовані повідомлення та рекламні матеріали, що підвищує ефективність комунікації з клієнтами та сприяє розвитку брендів. У сфері електронної комерції чат-боти можуть оптимізувати процеси купівлі, надаючи клієнтам допомогу у виборі товарів та оформленні замовлень. Проте впровадження таких систем супроводжується низкою викликів. Серед них – необхідність забезпечення етичності відповідей, уникнення упередженості в даних, а також гарантування безпеки та конфіденційності інформації користувачів. До того ж важливо враховувати обмеження моделей у розумінні контексту та забезпечити належний контроль якості відповідей [5].

Інтелектуальні боти мають значний потенціал для трансформації взаємодії між людьми й цифровими системами, використовуючи складні обчислення та алгоритми. Їх впровадження може суттєво підвищити ефективність обслуговування клієнтів, оптимізувати бізнес-процеси та сприяти розвитку нових форм комунікації. Водночас важливо усвідомлювати та вирішувати пов'язані з цим виклики, забезпечуючи етичність, безпеку та якість роботи таких систем.

Список використаних джерел

1. Hillel IT School. URL: <https://blog.ithillel.ua/articles/what-is-chatgpt-and-how-to-use-it> (дата звернення 16.05.2025).
2. Happy Monday. URL: <https://happymonday.ua/shho-take-gemini-vid-google> (дата звернення 16.05.2025).
3. Grok 3: що відомо про нову версію чат-бота на основі штучного інтелекту від компанії Ілона Маска xAI (оновлено). *Медіамейкер*. 27.03.2025. URL: <https://mediamaker.me/news/kompaniya-x-prezentovala-chatbot-na-osnovi-shi-grok/> (дата звернення 16.05.2025).
4. Піжук О. І. Штучний інтелект як один із ключових драйверів цифрової трансформації економіки. *Економіка, управління та адміністрування*. Вип. 3(89). С. 41–46. URL: <http://ema.ztu.edu.ua/article/view/185177> (дата звернення 16.05.2025).

УДК 621.311:004.8

*Яценко В. В., здобувач вищої освіти 3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ У ПОБУТОВІЙ ЕНЕРГОМЕРЕЖІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Моделювання систем – процес створення спрощених копій реальних об'єктів чи процесів з метою їх дослідження, аналізу поведінки та пошуку методів їх покращення [1]. Цей підхід набув широкого застосування у багатьох критичних галузях – у транспортних мережах, медицині, енергетиці.

Сучасні енергомережі стикаються з безпрецедентними викликами, серед яких: нестабільність у роботі систем генерації відновлюваних джерел енергії, залежність від погодних умов, необхідність балансування пікових навантажень, інтеграція розподілених систем зберігання енергії та загальне зростання навантаження на систему через постійне збільшення кількості електричних пристроїв.

В українських реаліях ситуація ускладнюється наслідками цільових атак на енергетичну інфраструктуру, що змушує операторів мереж одночасно забезпечувати енергопостачання в умовах дефіциту потужності та оперативно відновлювати пошкоджені об'єкти. У відповідь на ці виклики споживачі активно долучаються до балансування навантаження через використання автономних генераторів і систем зберігання енергії у періоди відсутності централізованого електропостачання. Такі екстремальні умови вимагають від системи управління енергоресурсами надзвичайної гнучкості та адаптивності, що важко реалізувати в межах класичних підходів.

Стандартні системи управління енергомережами спираються на жорстко закріплені правила та сценарії, які враховують обмежений набір параметрів. Німеччина базується саме на такому підході [2]. Такі системи забезпечують базовий рівень надійності, демонструють недостатню ефективність у динамічних умовах. Екстремальні погодні явища внаслідок змін клімату, коливання обсягу споживання та генерації, а також зростаюча складність самих мереж – основні причини, чому сучасні енергосистеми потребують більш прогресивних методів управління.

Адаптивні алгоритми, зокрема машинне навчання і штучний інтелект, відкривають нові можливості в управлінні енергосистемами. Вони здатні аналізувати великі масиви даних, враховують численні фактори, що неможливо врахувати вручну, та пропонують оптимальні стратегії розподілу ресурсів у режимі реального часу, тому можуть стати ефективною заміною класичних систем.

Метою цього дослідження є аналіз наявної системи управління енергоресурсами та способів, що можуть її покращити. Під час дослідження необхідно розглянути поточну енергосистему та правила, за якими вона функціонує, визначити переваги та недоліки наявного підходу, дослідити потенційні алгоритми та методи оптимізації, оцінити переваги й обмеження кожного з запропонованих методів, розглянути комбінований підхід, що поєднає аспекти різних методів, визначити найбільш доцільний алгоритм з урахуванням специфіки української енергосистеми і підсумувати отримані результати.

У статті «Enhancing Energy Efficiency: Advances in Smart Grid Optimization» розглядаються сучасні технології оптимізації енергомереж із використанням штучного інтелекту, машинного навчання та Інтернету речей [4]. Автори акцентують на інтелектуальних системах керування, що забезпечують ефективний розподіл навантаження та адаптацію до змін попиту в режимі реального часу. Застосування таких рішень дає змогу оптимізувати керування побутовими приладами, інтегрувати відновлювані джерела енергії та зменшити втрати в локальній мережі.

Традиційною основою для управління енергосистемами протягом багатьох десятиліть є системи, що базуються на правилах [3]. Така архітектура передбачає застосування заздалегідь встановлених протоколів дій відповідно до поточного

стану системи. Наприклад, якщо навантаження досягає критичного рівня, запускається процедура відключення певних груп споживачів відповідно до пріоритетності. В Україні такий підхід реалізується через графіки відключень. Перевагами таких систем є простота впровадження, прозорість прийняття рішень, надійність, низькі вимоги до ресурсів, можливість ручного втручання. Недоліками є обмежена адаптивність, низька оптимальність у складних ситуаціях, складність масштабування, низька ефективність під час інтеграції відновлюваних джерел енергії та відсутність можливості прогнозувати ситуацію надалі.

Для подолання цих обмежень використовуються математичні методи оптимізації, зокрема лінійне програмування та жадібні алгоритми. Вони дають змогу формалізувати задачу розподілу енергії як систему рівнянь з обмеженнями та цільовою функцією. Перевагами є врахування економічних факторів, можливість максимально енергоефективного балансування кількох цілей. Недоліками є складність для великих систем, потреба у точних даних, динамічних перерахунках та деталізації моделі.

З розвитком технологій машинне навчання та штучний інтелект набувають все більшого значення і знаходять призначення у різноманітних моделях та системах [5]. Машинне навчання дає змогу виявляти закономірності у даних, формуючи моделі для прогнозування та оптимізації. Натомість штучний інтелект охоплює не лише навчання з даних, а й міркування, планування, прийняття рішень. На відміну від машинного навчання, він не лише здійснює прогнозування, а і може керувати системою комплексно. Сильними сторонами їх використання є здатність працювати з великими даними, виявляти приховані закономірності, висока адаптивність до різноманітних умов. Слабкими – вимоги до ресурсів, потреба в даних, складність інтерпретації, ненадійність у критичних ситуаціях, висока вартість і складність впровадження.

Для вирішення цієї задачі можна скористатися комбінованим рішенням, що поєднує переваги всіх підходів – архітектура з кількома рівнями реагування.

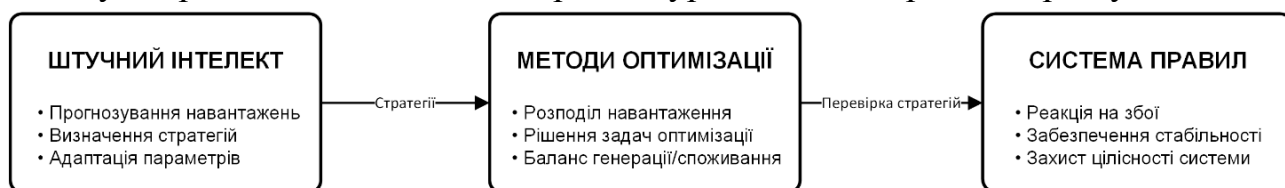


Рис. 1. Багаторівнева архітектура реагування

У такій багаторівневій архітектурі базовий рівень реалізує систему правил для забезпечення стабільності у разі відмов інших рівнів. Середній рівень виконує економічно ефективний розподіл навантаження за допомогою оптимізаційних алгоритмів. Верхній рівень – система штучного інтелекту, що прогнозувати зміни, буде адаптувати параметри та пропонувати стратегії на майбутнє. Комбінований підхід дасть змогу уникнути більшості збоїв, швидко адаптуватися до змін, ефективно керувати системою, поступово її вдосконалювати, навіть працюючи з неповними даними. Основні недоліки цього підходу – складність реалізації, потенційні конфлікти між рівнями, висока вартість впровадження, складність тестування, потреба у кваліфікованому персоналі. Для української енергосистеми

такий підхід є найбільш перспективним: він забезпечує стабільність у кризових умовах і максимальну ефективність у нормальних.

Отже, кожен підхід до управління енергосистемами має власні переваги та обмеження. Умови сучасної енергетики потребують гнучких, адаптивних рішень, тому саме комбіновані моделі, що поєднують стабільність правил, ефективність алгоритмічного підходу та гнучкість штучного інтелекту, мають найвищий потенціал серед названих. Впровадження таких систем може стати новим етапом у еволюції енергетичних мереж.

Список використаних джерел

1. System modeling. URL: <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/engineering/mechanical-engineering/system-modeling/> (дата звернення: 17.05.2025).
2. TransmissionCode 2007 Network and System Rules of the German Transmission System Operators. URL: <https://www.vde.com/resource/blob/937766/bfe325518ace878935966b6efbc493e4/transmissioncode-2007--network-and-system-rules-of-the-german-transmission-system-operators-data.pdf> (дата звернення: 17.05.2025).
3. What are Rules Based Systems? URL: <https://www.nected.ai/blog/rules-based-systems> (дата звернення: 17.05.2025).
4. Kushawaha V., Gupta G., Singh L. Enhancing Energy Efficiency: Advances in Smart Grid Optimization URL: https://www.researchgate.net/publication/380703430_Enhancing_Energy_Efficiency_Advances_in_Smart_Grid_Optimization (дата звернення: 17.05.2025).
5. Artificial Intelligence (AI) vs. Machine Learning. URL: <https://ai.engineering.columbia.edu/ai-vs-machine-learning/> (дата звернення: 17.05.2025).

СЕКЦІЯ 5
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

*Байраківська В. В., здобувачка вищої освіти
2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Зелінська О. В., канд. техн. наук, доцент,
в. о. завідувача кафедри інформаційних технологій*

АНАЛІЗ ПОПУЛЯРНИХ СТИЛІВ ВЕБСАЙТІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Анотація. У цій роботі проведено аналіз популярних стилів вебдизайну протягом 2023–2025 років. Розглянуто ключові характеристики, переваги, недоліки та сфери застосування мінімалізму, неоморфізму, бруталізму / необруталізму, глассморфізму та скевоморфізму. Виявлено тенденції зміни їх популярності з плином часу та надано рекомендації щодо вибору стилю для вебсайтів у 2025 р. з урахуванням зручності користування та актуальних трендів.

Вступ. Вебдизайн є динамічною сферою, що постійно розвивається під впливом технологічних інновацій, змін у поведінці користувачів та естетичних трендів. Розуміння популярних стилів вебсайтів є важливим для створення ефективних та сучасних онлайн-платформ.

Метою цієї роботи є аналіз ключових стилів вебдизайну, що були актуальними у 2023 р., демонстрували розвиток у 2024 р. та прогнозуються як значущі у 2025 р. Дослідження охоплює їх характерні риси, переваги та недоліки використання, а також сфери їх застосування. На основі проведеного аналізу будуть сформульовані рекомендації щодо вибору стилю вебсайту у 2025 році.

2023 – Основні стилі

Мінімалізм. Переважає чистий, «легкий» дизайн з великою кількістю вільного простору, обмеженою палітрою кольорів і простою типографікою [1; 2]. Переваги: висока зручність (легка навігація і фокус на контенті), швидке завантаження та покращена SEO [2]. Недоліки: може сприйматися як нудний або «порожній», важко передати складний контент без графічних елементів [2]. Найчастіше застосовується на сайтах компаній, корпоративних порталах, блогах, інтернет-магазинах та портфоліо (демонструє елегантність і професійність) [1].

Неоморфізм. Стиль, що поєднує мінімалізм зі скевоморфізмом: елементи інтерфейсу ніби «виступають» із фону або формують «западину» в ньому завдяки м'яким тіням та світловим акцентам. Візуально – пастельні тони (сірий, бежевий, блакитний), гладкі плавні кнопки та «пилові» тіні. Переваги: свіжий і сучасний вигляд, ефект «тактильності», стираються межі між фоном і кнопками. Недоліки: низький контраст і погана читабельність, складно зрозуміти, які елементи клікабельні; погана доступність для людей з порушеннями зору; не підходить для інформативних сайтів зі складною структурою. Використовується переважно в концептуальних проєктах і застосунках зі спокійною тематикою: додатках для медитації / здоров'я, інтерфейсах «розумних» гаджетів, творчих портфоліо. У 2023 р. неоморфізм вже не був домінуючим трендом (масово віддавали перевагу flat / minimal-дизайну), тому зустрічався в основному як візуальний експеримент [3].

Бруталізм / необруталізм. Контрастний «рваний» стиль: грубі геометричні форми, великі блокові елементи, часто – чорні або яскраві кольори на білому

фоні, з необробленою графікою та незгладженими кутами. Тут використовується максимально ефективний дизайн без «краси заради краси» – все іде на користь чіткого функціоналу (мінімум CSS / JavaScript). Переваги: виділяє бренд із натовпу (створює унікальний, відвертий образ), швидке завантаження, не потребує ресурсів (його простота корисна для SEO та продуктивності). Недоліки: може бути неестетичним (спричинити відторгнення через «негарний» вигляд), має негативні асоціації (вважається холодним, «апокаліптичним»); складно довго «читати» та використовувати таку структуру, тому її довговічність сумнівна. Зазвичай підходить для творчих чи нетривіальних проєктів: дизайнерських студій, портфоліо художників / режисерів, стартапів, що прагнуть ексцентричності [4].

Глассморфізм. Ефект «затемненого скла»: напівпрозорі панелі з розмитим тлом за ними [6]. Створює глибину та візуальну ієрархію (як показують системи Apple і Microsoft, акцентує на передньому плані) [6; 7]. Переваги: сучасний футуристичний вигляд, виокремлення важливих елементів (створює відчуття багаторівневості) [6]. Недоліки: високе навантаження на рендеринг (важко на старих пристроях), може знижувати читабельність тексту та викликати проблеми з доступністю [8]. Найчастіше використовується в інтерфейсах гаджетів, додатках та корпоративних сайтах технологічних компаній (як фоновий шар під меню або блоками контенту).

Скевоморфізм. Класичний стиль імітації реальних об'єктів (текстури дерева, металу тощо). На 2023 рік цей підхід втратив актуальність після ери плоского дизайну. Переваги історично – інтуїтивна знайомість (іконки – сміттєві баки, флопі-дискетки тощо). Недоліки – «важкий» для сприйняття, громіздкий, не адаптивний до малих екранів. Сьогодні скевоморфізм практично не застосовується, окрім ностальгічних чи спеціальних проєктів (ігри, VR-додатки або просто дизайнерські експерименти) [7].

2024 – Основні стилі

Мінімалізм. Зберігає домінуюче становище: ще більше акцентується на простоті і функціональності. У тренді – ультрамінімалізм із чистими макетами, монохромними схемами (біле / чорне, нейтральні тони) і акцентними кольорами для важливої інформації [8]. Використовується у всіх галузях (корпоративні сайти, стартапи, портфоліо).

Необруталізм. Зростаючий інтерес: дизайнери активно повертаються до «сирих» форм і фактур (жирна геометрія, груба типографіка) [3]. Це – реакція на надто «приглажені» стилі, особливо популярна серед креативних агентств.

Неоморфізм. За даними деяких оглядів, у 2024 р. він знову набуває значення «рушія», особливо в мобільних UI [8]. Елементи виглядають напівреалістичними, із плавними тінями. Однак багато дослідників (UXPUB) усе ще вказують на обмежений «масовий» успіх цього стилю. Радше він використовується точково (наприклад, для піктограм чи кнопок) [3].

Скевоморфізм. У 2024 р. частково повернувся як дизайнерська «реінкарнація» – імітація фізичних об'єктів з більш стриманим виконанням [7]. Наприклад, з'являються гладкі 3D-іконки, легкі тіні і натяки на матеріали. Проте великі фотореалістичні текстури майже не використовуються; радше акцент на інтерактивних елементах, схожих на реальні.

Глассморфізм. Стабільно актуальний у UI-системах (Apple, Microsoft), але вже менш «гучний». Залишається в дизайні для візуального поглиблення інтерфейсів, особливо в корпоративних дашбордах і мобільних додатках.

Інші тенденції: зросло застосування 3D-моделей та моушн-дизайну у вебінтерфейсах, а також ретро-естетики 90–00-х (атмосферний Neon, мемфіс-стиль). Неактивними залишаються чистий скевоморфізм і надмірно деталізований flat-дизайн (замість них – фокус на UX та анімаціях).

2025 – Основні стилі

Мінімалізм. Спрямовує подальшу еволюцію: ще більше зосередження на швидкості, простоті та доступності. «Екстремальний мінімалізм» зберігає свою роль як «безпечний вибір» для бізнес-сайтів.

Необруталізм. Оголошено очікуване повернення – дизайнери прагнуть відвертості [3]. Цього року проголошено «відмову від полірованих інтерфейсів» і популярність bold-контрасту.

Неоморфізм. Вважається радше історичною цікавинкою: до 2025 р. багато трендових джерел вказували, що дизайн рухається в бік практичності і чіткості [3]. Однак гібридні рішення («soft shadows + чіткі межі») можуть з'являтися в мобайл UI.

Глассморфізм. Технічно підтримується, але вже не в авангарді. Проте деякі системи (AR/VR-інтерфейси, інтерфейси «розумних» пристроїв) можуть використовувати прозорі панелі для футуристичного ефекту [5; 6].

Скевоморфізм. Практично відсутній; у крайньому випадку – у AR / VR-додатках, які швидко розвиваються, для створення «знайомої» атмосфери.

Інші віяння: очікується акцент на гіперреалізмі (фотореалістичні візуальні елементи) і кастомній типографії. Модними будуть темні теми з неоновими акцентами. Виводяться на передній план AR / VR-технології інтерфейсів. Також регресом називають тренд «sustainable design»: інтерфейс, дружній до людини і довкілля (екстенсивне використання мінімалізму, оптимізована продуктивність) [3].

Зміни популярності за роками та їх причини

– Мінімалізм стабільно високий. Як класика дизайну, він «завжди в моді» через універсальність і зручність [1, 8].

– Бруталізм / необруталізм – наростання інтересу: якщо в 2023 р. він був нішевим, то до 2025 р. зростає завдяки «унікальності» і тренду на «публічну правдивість» [4; 11]. Однак цей стиль досі вважається непостійним (немає гарантії, що не набридне користувачам) [4].

– Неоморфізм – помітний спад. Після «буму» 2019–2020 рр. він швидко втратив популярність через труднощі з юзабіліті [3]. У 2023–2025 рр. його використовують лише в гібридних, «м'яких» акцентах, а не повністю.

– Глассморфізм – затребуваним лишається в сучасних UI, але вже не «мейнстрім». Багато дизайнерів відмовилися від надмірної розмитості фонів через слабку контрастність.

– Скевоморфізм – практично зійшов із трендів. Останнім часом його поверненням живлять скоріше стилістичні ностальгічні проєкти [7], а не широке використання.

Загалом стильовий ландшафт зміщує акцент із декоративної новизни на юзабіліті й системність: «практичні» стилі (flat, мінімалізм) утримують своє значення, тоді як експериментальні (неоморфізм, чистий бруталізм) культивуються радше в окремих елементах або концепт-дизайнах [3; 4].

Рекомендації щодо використання стилів у 2025 році

Мінімалізм (flat / design-by-function): рекомендується для бізнес-сайтів, медіа- та екомерсів, де цінні час завантаження та акцент на контенті. Він універсальний і добре масштабується для різних пристроїв.

Гладкий футуризм (гібридний глассморфізм): для технічних платформ, SaaS, мобільних додатків, де варто створити «легкість» інтерфейсу, але з відчуттям глибини. У темних режимах добре виділятимуться акценти – «скло» з неоном.

Бруталізм / необруталізм: варто застосовувати точково – для творчих агентств, портфоліо, тизерних лендінгів або промороликів. У таких проєктах він зможе показати сміливість і виділити бренд, але треба ретельно контролювати читабельність. Ідея – балансувати між жорсткими формами і сучасною зручністю (щоб не відштовхувати користувачів) [4].

Неоморфізм: повністю відмовлятися необов'язково, проте використовувати обережно (наприклад, для декоративних кнопок чи графіки) у поєднанні з високим контрастом інтерфейсу. Найчастіше застосовують у мобільних додатках або смарт-пристроях, де можна підкреслити «тактильність» управління [3].

Скевоморфізм: у більшості випадків невиправданий на стандартних сайтах. Рекомендується лише для тематичних або ігрових ресурсів (ретро- / вінтаж-дизайн) чи для інтерфейсів віртуальної / доповненої реальності, де потрібна глибша імерсія.

Загалом у 2025 році треба обирати стиль з урахуванням аудиторії: для корпоративних клієнтів і фінтех-компаній варто робити ставку на мінімалізм / лаконічність; для молодіжних та креативних брендів – сміливіші прийоми (neo-brutal, неон-акценти, інтерактивні анімації); а для мобільних і IoT-платформ – плавну 3D- чи glass-графіку. Кожен стиль має використовуватися поєднано з урахуванням доступності та зручності: сучасний вебдизайн 2025 р. прагне знайти золоту середину між естетикою й інформативністю.

Висновки. Аналіз популярних стилів вебдизайну за період 2023–2025 рр. демонструє еволюцію трендів та зміщення акцентів у вебдизайні. Мінімалізм залишається стабільно популярним завдяки своїй універсальності та зручності. Необруталізм переживає відродження, пропонуючи унікальний та сміливий візуальний досвід. Неоморфізм втрачає свої позиції через проблеми з юзабіліті, а глассморфізм хоч і залишається актуальним, але вже не є домінуючим трендом. Скевоморфізм практично зник зі стандартних вебсайтів, знаходячи застосування лише в нішевих проєктах. У 2025 р. під час вибору стилю вебсайта ключовими факторами стають зручність користування, доступність і відповідність цільовій аудиторії. Рекомендується комбінувати різні елементи стилів, враховуючи останні тенденції та технологічні можливості для створення ефективних та сучасних вебсайтів.

Список використаних джерел

1. Сучасний дизайн сайту, який точно запам'ятається: 6 найкращих трендів на 2023 рік. *Сайтобудування. Партнерські публікації*. 13.03.2023. URL: ТОП-6 найкращих трендів веб-дизайну на 2023 рік | Cityhost.ua (дата звернення: 08.05.2025).
2. Pros and Cons of Minimalist Web Design. Rojeena KCP. 16.04.2024. URL: Pros and Cons of Minimalist Web Design – DevotePress (дата звернення: 08.05.2025).
3. Неоморфізм: чи актуальний він у 2025 році? *Нестор*. 16.01.2024. URL: Неоморфізм: чи актуальний він у 2025 році? – UXPUБ UA Дизайн-спільнота (дата звернення: 08.05.2025).
4. What Is Brutalism in Web Design? and How to Use it + 7 Great Examples. *Nofar Shviro on Web Design Inspiration*. 24.05.2022. URL: Brutalism Web Design: What It Is + 7 Great Examples (дата звернення: 08.05.2025).
5. Glassmorphism: The Future of Transparent Design. *Roberto Lisandro*. 22.09.2024. URL: Glassmorphism: The Future of Transparent Design | Bootcamp (дата звернення: 08.05.2025).
6. Glassmorphism: Definition and Best Practices. *Megan Brown*. 07.06.2024. URL: Glassmorphism: Definition and Best Practices – NN/g (дата звернення 08.05.2025).
7. Skeuomorphism: The Lost Art of Familiarity in Digital Design. *Blog*. 07.06.2023. URL: Skeuomorphism: The Lost Art of Familiarity in Digital Design | 360 (дата звернення: 08.05.2025).
8. Dominating Website Design Trends in 2024. *Globital*. 2024. URL: Dominating Website Design Trends in 2024 – Globital (дата звернення 08.05.2025).
9. Зелінська О. В., Колосова К. К. Огляд методів UX-досліджень під час створення ІТ-продуктів. *Вісник студентського наукового товариства Донецького національного університету імені Василя Стуса*. 2022. Вип. 14, т. 1. С. 267–270. URL: <https://jvestnik-sss.donnu.edu.ua/article/view/12827>
10. Афанасєва Д. С., Зелінська О. В. Впровадження адаптивного дизайну з react: техніки для кросплатформної сумісності. *Вісник студентського наукового товариства ДонНУ імені Василя Стуса* / ред. кол. М. І. Прихненко (гол.) та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2024. Вип. 16, т. 1. С. 111–114.

УДК 004.422.5.

*Ліхоткіна В. І., здобувачка вищої освіти
2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Бабаков Р. М., д-р техн. наук, доцент,
професор кафедри інформаційних технологій*

ВПРОВАДЖЕННЯ CRM-СИСТЕМ У МАЛОМУ ТА СЕРЕДНЬОМУ БІЗНЕСІ: ЕФЕКТИВНІСТЬ І ВИКЛИКИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах високої конкуренції та динамічного розвитку ринку інформаційних технологій малий і середній бізнес дедалі активніше впроваджує інструменти цифрової трансформації для підвищення своєї ефективності. Одним із ключових напрямів такої трансформації є використання CRM-систем (Customer Relationship Management) – програмного забезпечення для управління відносинами з клієнтами. CRM-системи дають змогу автоматизувати процеси продажів, маркетингу, обслуговування клієнтів і аналітики, аналізувати дані та підвищувати рівень задоволеності клієнтів, забезпечуючи централізований доступ до даних про споживачів [1].

CRM-системи (Customer Relationship Management) працюють як централізовані платформи для збору, зберігання та обробки даних про клієнтів. Вони інтегруються з каналами комунікації, забезпечуючи єдину точку доступу до історії взаємодій. Завдяки базам даних та автоматизованим бізнес-процесам CRM дає змогу керувати лідами, відстежувати статус угод, сегментувати клієнтів і формувати аналітичну звітність у реальному часі [3]. Також системи часто включають API для інтеграції з ERP, сервісами email-маркетингу та іншими корпоративними інструментами.

Головна мета впровадження CRM-системи – це трансформувати хаотичні бізнес-процеси в ефективну, автоматизовану систему, яка фокусується на клієнті, оптимізує роботу команди та забезпечує максимальний результат від кожної взаємодії.

Ефективність впровадження CRM-систем у малий та середній бізнес проявляється насамперед у покращенні обслуговування клієнтів. Завдяки централізованій базі даних співробітники мають можливість швидко реагувати на запити споживачів, враховувати історію взаємодій, персоналізувати пропозиції та підтримувати тривалі довірливі відносини. Також CRM-системи значно підвищують внутрішню операційну ефективність компанії, даючи змогу стандартизувати процеси, зменшити ручну роботу та оптимізувати використання людських ресурсів. Суттєвим є й аналітичний потенціал: завдяки вбудованим інструментам звітності керівництво може приймати обґрунтовані управлінські рішення, ґрунтуючись на фактичних даних.

Однак попри очевидні переваги, впровадження CRM-систем у секторі МСБ супроводжується низкою викликів. Ключові бар'єри впровадження CRM-систем у МСБ – людський чинник, технічна інтеграція та навчання. Розглянемо детальніше кожен проблему.

1. Попри технологічну зрілість сучасних CRM-рішень, головні виклики впровадження у малому та середньому бізнесі найчастіше пов'язані не з інфраструктурою, а з людським чинником. Зокрема, опір змінам з боку персоналу – один із найпоширеніших бар'єрів. Працівники з тривалим досвідом, які звикли до неформалізованих методів взаємодії з клієнтами, часто не сприймають нову систему через її контрольні механізми [2]. CRM-система сприймається ними як надлишковий інструмент контролю, що викликає психологічний дискомфорт і саботаж процесу впровадження.

2. Іншою проблемою є трансформація наявних бізнес-процесів. Навіть за умови лояльного ставлення до змін працівникам буває складно інтегрувати нові рутинні дії в усталені схеми роботи.

3. Важливим технічним бар'єром є інтеграція CRM із наявними інформаційними системами. Якщо CRM не підтримує сумісність із діючими рішеннями, це може призвести до дублювання роботи, втрати даних. Така несумісність знижує ефективність роботи та негативно впливає на прийняття системи кінцевими користувачами.

4. Окрему роль відіграє процес навчання персоналу. Навіть інтуїтивно зрозумілі CRM-системи вимагають первинного ознайомлення, налаштування й адаптації. Без цього користувачі не зможуть ефективно освоїти функціонал. Наявність

внутрішніх менторів, а також якісно організоване навчання – критично важливі для подолання бар'єру прийняття системи.

Загалом CRM-системи мають потужний потенціал для зміцнення конкурентних позицій малого та середнього бізнесу, підвищення рівня клієнтського сервісу й оптимізації внутрішньої діяльності. Проте до їх впровадження потрібно підходити з урахуванням як технологічних, так і людських аспектів. Комплексна стратегія цифрової трансформації з акцентом на гнучкість і адаптацію є ключем до успіху в умовах сучасної ринкової динаміки.

Список використаних джерел

1. Мейкерська В. Проблеми впровадження CRM-систем у малому та середньому бізнесі. *Modern Economics*. 2025. № 49. С. 133–137. DOI: 10.31521/modecon.V49(2025)-18.
2. Ситник Н., Себестянович І. Цифровізація та її вплив на розвиток малого та середнього бізнесу. 2022. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.12.2021.00>.
3. Мозгова Г. В., Морозов А. О., Фомін О. Д. Використання CRM-систем на українському ринку: особливості та перспективи. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2017. Вип. 2. С. 89–94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PSPE_print_2017_2_17

УДК 004.4

*Цегольник В. В., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потапова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ ЗАСОБІВ ТАКТИЧНОЇ МЕДИЦИНИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Розвиток електронної комерції є важливим етапом у цифровій трансформації економіки, і зокрема в секторі охорони здоров'я та тактичної медицини. Зокрема, з огляду на потребу у швидкому та ефективному постачанні медичних засобів для військових і цивільних осіб у надзвичайних ситуаціях розробка онлайн-платформи для продажу засобів тактичної медицини стає критично важливою. Незважаючи на численні досягнення в галузі онлайн-торгівлі, ринок тактичної медицини в Україні ще не має повноцінно розвинених цифрових платформ для організації продажу спеціалізованих товарів, як-от турнікети, гемостатичні бинти та інші засоби. В умовах сучасних викликів, а саме воєнних конфліктів та природних катастроф, наявність такої онлайн-платформи може суттєво підвищити ефективність надання допомоги та значно полегшити доступ до критично важливих медичних товарів [1].

Тактична медицина в Україні почала активно розвиватися з 2014 р., коли на Сході України розпочалися бойові дії. Цей період став каталізатором для створення нових медичних протоколів та удосконалення методів надання допомоги, що зумовлено високими ризиками для життя військових в умовах бойових дій.

Одним з основних інструментів цифровізації сфери охорони здоров'я є Е-каталоги на платформі Prozorro, які були запущені 25 квітня 2019 р. Як зазначено в офіційному повідомленні Кабінету Міністрів України [2], Е-каталоги дають змогу державним замовникам здійснювати покупки медичних товарів, як-от ліки, шприци, рукавички та інші необхідні предмети, через інтернет. На початковому етапі цей інструмент застосовується для закупівель до 200 000 грн.

Інші цифрові ініціативи, як проєкт eStock для моніторингу залишків медичних товарів, також сприяють прозорості у сфері охорони здоров'я. Як зазначено в аналізі фармацевтичної галузі [3], цей проєкт дає змогу пацієнтам, закладам охорони здоров'я та управлінням ефективно планувати та розподіляти ресурси.

Архітектура онлайн-платформи для електронної комерції засобів тактичної медицини складається з кількох основних компонентів, кожен з яких виконує свою функцію у загальній системі.

1. Користувач (Frontend). Користувач взаємодіє з платформою через вебсайт або мобільний додаток. На цьому етапі він переглядає товари, додає їх до кошика, оформляє замовлення, реєструється та входить до свого облікового запису.

2. Сервер (Backend). Сервер обробляє запити від користувачів, взаємодіє з базою даних і виконує бізнес-логіку. Він відповідає за управління товарами, кошиками, обробку замовлень, а також за реєстрацію та автентифікацію користувачів.

3. База даних. База даних зберігає всю необхідну інформацію, включно з даними про користувачів, товарами, кошиками, замовленнями та історією покупок. Структура бази даних включає кілька таблиць, як-от таблиці для користувачів, товарів, замовлень і фінансових транзакцій. Це дає змогу зберігати та швидко отримувати необхідну інформацію для обробки запитів.

4. Платіжна система. Цей компонент інтегрується з платіжними шлюзами для обробки платіжних операцій. Платіжна система збирає платіжну інформацію від користувача і передає її до обраного платіжного сервісу, наприклад, PayPal або Stripe. Після успішної транзакції система підтверджує оплату і надає користувачу підтвердження покупки.

5. Адміністративна панель. Це інтерфейс для адміністраторів платформи. Через адміністративну панель адміністратори можуть керувати товарами, обробляти замовлення, перевіряти наявність товарів на складі, змінювати інформацію про користувачів і управляти фінансовими операціями.

Після того, як замовлення підтверджено і товар готовий до відправки, користувачу надаються дані для відслідковування посилки. Статус доставки також оновлюється в системі, що дає змогу користувачу стежити за процесом.

Якщо користувач має питання або проблеми, він може звернутися до служби підтримки через контактну форму або чат на платформі. Співробітники підтримки отримують запити та вирішують проблеми або надають консультації користувачам.

Ця архітектура та модель бізнес-процесів забезпечують ефективне управління онлайн-платформою, створюючи зручний процес покупки для користувачів і надаючи можливість ефективного адміністрування замовлень та товарів.

Практична цінність цього дослідження полягає у створенні вузьконаправленої та дешевої у собівартості онлайн-платформи, яка може бути використана під-

приємствами, що спеціалізуються на продажу товарів тактичної медицини. Впровадження такої платформи дасть змогу:

- значно покращити доступність критично важливих медичних засобів для кінцевих споживачів, включно з військовими та цивільними особами;
- оптимізувати процеси постачання цих товарів до медичних установ та волонтерських організацій.

Отже, розробка проводилася так:

Фронтенд, або клієнтська частина, створений з використанням HTML5, CSS3 та JavaScript. Це забезпечує структуру, стилізацію та інтерактивність вебсторінок. Для підвищення динамічності інтерфейсу використовувалися можливості JavaScript, а також розглядалися бібліотеки React.js та Vue.js. Реалізовано основні сторінки: головна з каталогом товарів, сторінка окремого товару, кошик, форма оформлення замовлення, особистий кабінет і контактна форма. Особлива увага приділена адаптивному дизайну для коректного відображення на різних пристроях та безпеці передачі даних через HTTPS.

Серверна частина платформи розроблена на мові PHP. Вона відповідає за обробку запитів, взаємодію з базою даних та реалізацію бізнес-логіки.

Аналіз продуктивності відбувався за аспектами:

- Швидкість завантаження сторінок, оптимізація якої досягається завдяки кешуванню та оптимізації ресурсів.
- Час обробки запитів на сервері, який мінімізується через оптимізацію SQL-запитів та використання асинхронних операцій.
- Продуктивність бази даних, що забезпечується оптимізацією схеми та індексацією.

У підсумку була отримана платформа, приклад якої зображений на рис. 1.

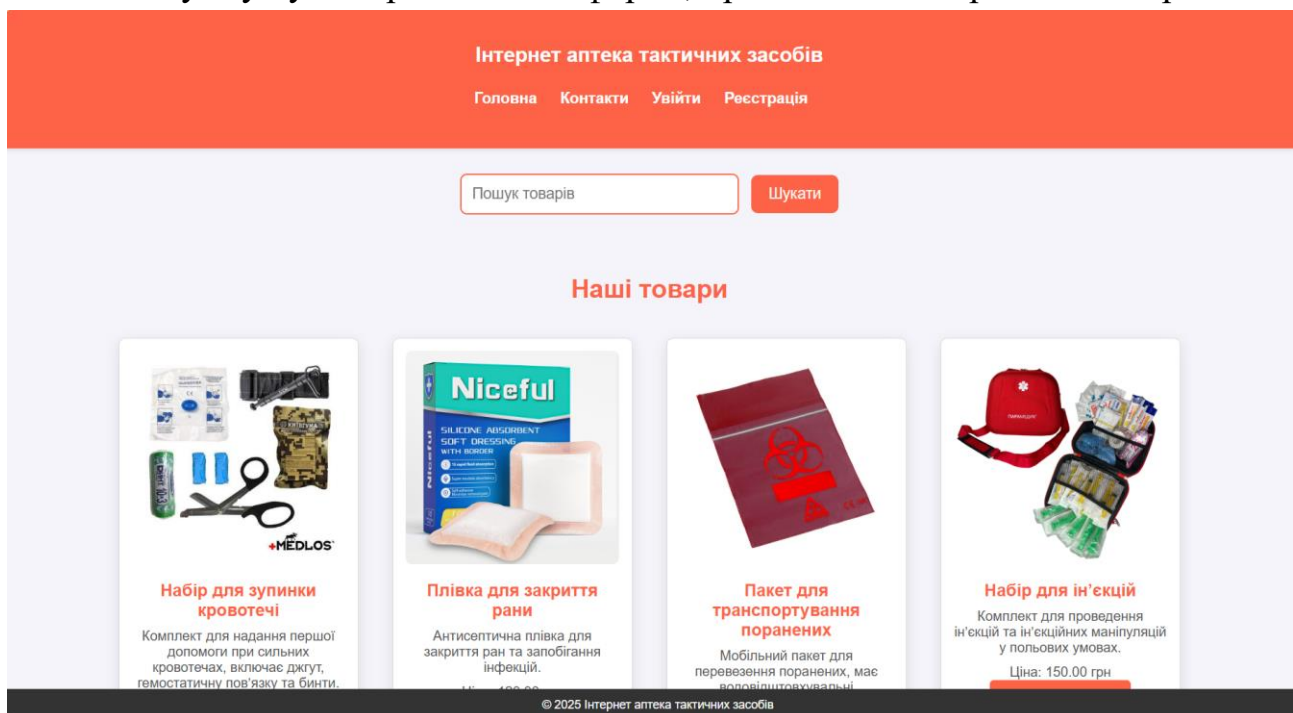


Рис. 1. Головна сторінка розробленої платформи

Список використаних джерел

1. Копотій О. С., Скоба В. С. Становлення тактичної медицини стандартів НАТО в Україні. *Актуальні питання сучасної медицини і фармації*: зб. тез доп. наук.-практ. конф. з міжнар. участю молодих вчених та студентів (13–17 трав. 2019 р.). Запоріжжя: ЗДМУ, 2019. С. 69.
2. Ліки і медичні вироби можна буде купувати онлайн: На Prozorro запрацював інтернет-магазин. *Урядовий портал*. 25.04.2019. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/lik-i-medichni-virobi-mozhna-bude-kupuvati-onlajn-na-prozorro-zaprasyuvav-internet-magazin>
3. Лур'є Д. Що заважає повноцінній диджиталізації фармацевтичної галузі України в 2022 році. *Європейська Бізнес Асоціація*. 12.01.2022. URL: <https://eba.com.ua/shho-zavazhayepovnotsinnij-dydzhytalizatsiyi-farmatsevtichnoyi-galuzi-ukrayiny-v-2022-rotsi/>

УДК 004.4

*Цирульник М. С., здобувач вищої освіти
4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потанова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКА ФІНАНСОВОГО СЕРВІСУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Внаслідок переходу на цифрові технології в усіх сферах діяльності компаній сфера фінансових технологій (FinTech) набуває ключового значення в удосконаленні фінансового сектору [1]. Термін «фінансові технології» зараз охоплює будь-які інновації, які впливають на спосіб ведення бізнесу: від розробки цифрових валют до вдосконалення процесу бухгалтерського обліку. Після настання інтернет-революції та розвитку мобільного інтернету і смартфонів фінансові технології отримали стрімкий розвиток.

Розробка додатків FinTech охоплює використання передового досвіду розробки програмного забезпечення, методологій і передових технологій для створення фінансових додатків, адаптованих як для мобільних, так і для вебплатформ. Цей процес також об'єднує дизайн взаємодії з користувачем і фінансову експертизу для створення інтуїтивно зрозумілих, практичних і орієнтованих на користувача програм, які відповідають фінансовим потребам користувачів [2].

Проект react-bank-new представляє сучасний фінансовий додаток з повним циклом обробки транзакцій. На основі аналізу макетів визначено ключові сторінки:

- авторизація (/signin, /signup, /recovery);
- основні фінансові операції (/balance, /receive, /send);
- історія транзакцій (/transactions);
- налаштування (/settings, /notifications);

Під час розробки архітектури Frontend використано рішення:

- використання React Native для кросплатформної реалізації;
- компонентний підхід з елементами (кнопки, форми, картки);

- навігація через React Navigation (стекові та таб-навігатори);
- оптимізація UI для мобільних пристроїв (адаптивні grids, touch-елементи);

Під час розробки розробці архітектури Backend доцільне рішення на основі REST API з Express.js або NestJS:

- модульна структура маршрутів (/api/auth, /api/transactions);
- JWT-автентифікація з refresh-токенами;
- шифрування конфіденційних даних (AES-256 для платежів);

Ключовими функціональними модулями додатку є: система авторизації та транзакційний модуль. Система авторизації включає:

- реєстрація з підтвердженням email / SMS;
- двофакторна аутентифікація;
- відновлення пароля через одноразові коди.

Транзакційний модуль враховує виконання функцій:

- перекази між рахунками (peer-to-peer);
- QR-коди для швидких платежів (/receive);
- ліміти операцій та фрод-моніторинг;
- Webhooks для інтеграції з банківськими АПІ.

Основними особливостями реалізації UI / UX є: анімовані переходи між екранами (Lottie), скелетон-завантаження для контенту, dark / light теми з системним визначенням, валідація форм у реальному часі, push-сповіщення про операції (/notifications).

Одним з найскладніших завдань для банків та інших постачальників фінансових послуг є ідентифікація та перевірка особи користувачів. Біометрія, яка включає розпізнавання голосу, відбитків пальців або обличчя, змінює спосіб надання фінансових послуг. Ця тенденція не тільки відповідає вимогам перевірки KYC, але й вирішує нагальні проблеми споживачів. Складність введення паролів і кодів утримує велику кількість клієнтів від використання нових цифрових фінансових рішень. Впровадження біометричного єдиного платіжного інтерфейсу [3] призводить до збільшення обсягу цифрових платіжних транзакцій. Тому під час проєктування додатка необхідно передбачити заходи безпеки: блокування підозрілих операцій, шифрування всіх мережевих запитів (HTTPS / TLS), зберігання логів операцій (ELK-стек).

З метою оптимізації роботи доцільним передбачити такі операції, як-от: кешування даних через React Query, оптимізація зображень (WebP format), tree-shaking для зменшення бандлу, ліниве завантаження екранів.

Отже, запропонована архітектура дає змогу: забезпечити стабільність при 10k+ DAU, знизити час розробки завдяки готовим компонентам, легко масштабувати функціонал (мікросервісний підхід), відповідати вимогам NBU для фін-тех-рішень.

Список використаних джерел

1. Digital tiger: the Market Power of Ukrainian IT (research for 2024). URL: <https://itukraine.org.ua/files/DigitalTiger2024.pdf>
2. Стратегія цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року. Грудень 2024 – січень 2025. URL: <https://surli.cc/yxgzyl>

3. Десять перспективніших напрямів розвитку фінтеху в Україні. *FintechInsider*. 24.08.2024. URL: <https://fintechinsider.com.ua/desyat-najperspektyvnishyh-napryamiv-rozvytku-fintehu-v-ukrayini/>

УДК 004.42

*Шманов Я. К., здобувач вищої освіти 4 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потапова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

ВЕБДОДАТОК ДЛЯ СПІЛЬНОЇ КОМУНІКАЦІЇ РОЗРОБНИКІВ У МЕЖАХ ІТ-ПРОЄКТУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні ІТ-компанії працюють у швидкоплинному середовищі, де ефективна комунікація є ключовим складником успіху проєктів. Відсутність централізованої платформи для обміну повідомленнями, управління завданнями та інтеграції з іншими інструментами ускладнює командну роботу. Актуальність такої платформи обумовлена:

- необхідністю ефективних інструментів для комунікації та координації в сучасних ІТ-командах;
- низкою проблем, що виникають без централізованої платформи: втрата інформації, неузгодженість дій, складнощі у відстеженні прогресу;
- потребою в рішеннях для організації спільної роботи розробників.

Основними функціями цього вебдодатка мають стати: управління проєктами, візуалізація робочого процесу, управління завданнями, автентифікація та безпека.

У межах управління проєктами реалізації підлягають задачі: створення, редагування та перегляд проєктів; можливість додавання та видалення учасників проєкту.

У межах візуалізації робочого процесу реалізуються задачі: створення та управління колонками (статусами) завдань; переміщення завдань між колонками (Drag-and-Drop функціонал за допомогою react-beautiful-dnd).

Управління завданнями передбачає функції: створення, редагування, видалення завдань; призначення виконавців (учасників проєкту) на конкретні завдання; додавання описів, міток / маркерів до завдань для кращої деталізації.

Функції автентифікації та безпеки мають враховувати: реєстрацію та вхід користувачів у систему; використання JWT (JSON Web Tokens) та Passport.js для безпечної автентифікації та авторизації запитів; хешування паролів (bcryptjs) для безпечного зберігання; керування сесіями користувачів (зберігання токена та перевірка його актуальності) [1].

Технологічні рішення під час розробки цього програмного продукту повинні враховувати особливості архітектури та технологічний стек. Такий додаток має бути побудованим за принципами архітектури клієнт-серверної моделі, яка перед-

бачає чітке розділення на Frontend (інтерфейс користувача) та Backend (серверна логіка, робота з даними). Реалізація інтерфейсу користувача використовує технології: React, Redux (для управління станом), React Router (для навігації), використання Axios для запитів до Backend [2]. Реалізація серверної частини використовує технології: Node.js, Express.js. Також необхідно враховувати створення бази даних (PostgreSQL з використанням Sequelize ORM для взаємодії) та API (RESTful підхід для обміну даними між клієнтом та сервером) [3].

Перевагами розробки цього вебдодатка є:

- централізація інформації;
- покращена прозорість робочих процесів;
- спрощення комунікації та координації;
- ефективне управління завданнями та ресурсами.

Отже, розроблений вебдодаток сприятиме покращенню організації роботи команд розробників, підвищенню продуктивності та спрощенню процесів управління проектами. Інтеграція основних інструментів у єдину платформу дає змогу значно зменшити інформаційне навантаження та підвищити ефективність комунікації.

Список використаних джерел

1. Шаблони проектування. Повторне використання об'єктно-орієнтованого програмного забезпечення / Е. Гамма, Р. Гельм, Р. Джонсон, Дж. Влісідес. Київ: Діалектика, 2020. 448 с.
2. Head First Design Patterns / Е. Freeman, Е. Robson, В. Bates, К. Sierra. O'Reilly Media, 2020. 694 p.
3. Flanagan D. JavaScript: The Definitive Guide. 7th Edition. O'Reilly Media, 2020. 706 p.
4. Banks A., Porcello E. Learning React: Modern Patterns for Developing React Apps. O'Reilly Media, 2020. 350 p.

Наукове видання

ПРИКЛАДНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

МАТЕРІАЛИ VI ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

22 травня 2025 року

*Матеріали надруковані в авторській редакції.
Достовірність поданої інформації лежить на авторах публікацій*

Редактор О. А. Солдатова
Технічний редактор О. К. Гомон

Підписано до друку 29.05.2025 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Друк – цифровий. Умовн. друк. арк. 8,71.
Тираж 100 прим. Зам. № 86.

Донецький національний університет імені Василя Стуса
21021, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру
серія ДК № 5945 від 15.01.2018 р.