

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**МАТЕРІАЛИ ПІДСУМКОВОЇ НАУКОВОЇ  
СТУДЕНТСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ФАКУЛЬТЕТУ МАТЕМАТИКИ ТА  
ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**м. Ужгород | 18 травня 2026 року**

УДК 51+001

Матеріали підсумкової наукової студентської конференції факультету математики та цифрових технологій ДВНЗ «УжНУ», 18 травня 2026 року.  
Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2026. 82 с.

У збірнику представлено тези доповідей учасників щорічної підсумкової наукової студентської конференції факультету математики та цифрових технологій ДВНЗ «УжНУ» (18 травня 2026 року). Матеріали наукової конференції подані в авторському варіанті. Відповідальність за представлений матеріал несуть здобувачі освіти та їх наукові керівники.

*Рекомендовано до друку науково-методичною комісією факультету математики та цифрових технологій ДВНЗ “Ужгородський національний університет” від 20 травня 2026 року, протокол № 10.*

**Укладач:** Синявська О. О.

© ДВНЗ «УжНУ», 2026

© Автори публікацій, 2026

# ЗМІСТ

<b>Секція 1. СЕРЕДНЯ ОСВІТА (МАТЕМАТИКА), МАТЕМАТИКА.....</b>	<b>6</b>
<i>Вішован А.І.</i> Застосування прикладних програмних засобів для формування математичної компетентності учнів при вивченні алгебри у старшій школі ...	7
<i>Гайович В.В.</i> Аналіз ризиків інвестиційних проєктів засобами математичної статистики .....	8
<i>Глагола Я.М.</i> Застосування диференціального та інтегрального числення для розрахунку фінансових показників. ....	10
<i>Глушко А.Ю.</i> Застосування тригонометрії в астрономії, навігації, архітектурі.....	11
<i>Канигін С.О.</i> Використання інтерактивних геометричних середовищ під час вивчення трикутників у середній школі .....	13
<i>Клевець Є.Є.</i> Вивчення алгебраїчних нерівностей як засіб розвитку логічного мислення школярів .....	14
<i>Кунак М.Я., Процишина І.М.</i> Штучний інтелект як засіб створення інтерактивних навчальних матеріалів .....	16
<i>Процишина І.М., Кунак М.Я.</i> Сучасні сервіси зі штучним інтелектом для створення презентаційних матеріалів: функціональні можливості та застосування у сфері освіти й бізнесу .....	18
<i>Рильський О.С.</i> Розробка цифрової освітньої платформи «Collainer».....	20
<i>Семак І.І.</i> Розвиток навичок та умінь учнів виконувати арифметичні дії з дробами.....	22
<b>Секція 2. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ .....</b>	<b>24</b>
<i>Андрусик В.М.</i> Оптимізація графіків відпочинку персоналу у виробничих системах на основі ергономічних параметрів та індексів вигорання .....	25
<i>Балко Я.В.</i> Застосування методів ABC-XYZ та RFM-аналізу в оптимізації бізнес-процесів .....	26
<i>Бедей М.Р.</i> Порівняльний аналіз нейромережових архітектур для розв'язання задачі класифікації зображень.....	28
<i>Брила П.А.</i> Інтелектуальне керування на основі візуальної інформації .....	30
<i>Брич І.І.</i> Розробка клієнт-серверного застосунку для миттєвого обміну повідомленнями .....	31

<i>Кириленко Я.Я.</i> Архітектура та оптимізація клієнт-серверних додатків на основі Node.js та MongoDB .....	32
<i>Кобаль В.А.</i> Предиктивний аналіз харчової поведінки користувача засобами NeuralProphet та XGBoost: реалізація веб-застосунку .....	33
<i>Коваль С.О.</i> Моделі та методи аналізу фінансового стану ФОП.....	34
<i>Ковач Р.В.</i> Архітектура мультиагентного AI-коучу на базі LangGraph для систем персоналізованого харчування .....	36
<i>Мойсей К.А.</i> Гейміфікація шашкової гри .....	37
<i>Нечипорук Є.І.</i> Використання методів обробки природної мови (NLP) для аналізу товарних описів у системах контентної фільтрації .....	39
<i>Новак Т.В.</i> Розробка електронного журналу обліку відвідуваності студентів навчальної групи .....	40
<i>Новікова Р.В.</i> Мережі Петрі як інструмент моделювання дискретних систем. ....	41
<i>Петриченко О.О.</i> Статистичний аналіз IT-ринку праці України: дослідження метрик та трендів з використання веб-парсингу.....	42
<i>Староста А.В.</i> Розробка системи підтримки прийняття рішень для онлайн-сервісів .....	44
<i>Стрижак К.А.</i> Ефективність передачі даних та проектування API у сучасних веб-системах .....	45
<i>Трикур А.І.</i> Розробка автоматизованої системи формування оптимального раціону «Мої рецепти» .....	46
<i>Фейса Б.І.</i> Системний аналіз архітектур Deep Learning для задачі комп'ютерного зору .....	47
<i>Фітас Д.В.</i> Системи та сервіси веб-аналітики та їх використання в E-Commerce веб-додатках .....	48
<i>Цанько В.В.</i> Порівняльний аналіз методів сортування.....	49
<i>Цапулич А.І.</i> Розробка адаптивної системи аналізу контенту у системах тестування додатків .....	50
<b>Секція 3. ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА.....</b>	<b>51</b>
<i>Бабяк О.Я.</i> Робота з базами даних у середовищі Odoо .....	52
<i>Габорець О.В.</i> Розробка векторного сховища на основі алгоритму Vamana для задачі семантичного пошуку.....	54

<i>Гушвар А. Ю.</i> Перспективи та ризики використання штучного інтелекту в системах кібербезпеки бізнесу .....	56
<i>Дідик А.Є.</i> Мультимодальні великі мовні моделі у виявленні об'єктів і розумінні зображень .....	57
<i>Зінченко М.О.</i> Методи запобігання перенавчанню моделей машинного навчання .....	58
<i>Кондрук Г. Є.</i> Методи А/В-тестування для оцінювання ефективності процесу ухвалення рішень .....	59
<i>Кость А.В.</i> Візуалізація аналітичних даних засобами Chart.js у вебдодатку для обліку фінансових витрат.....	61
<i>Крічфалушій О.І.</i> Штучний інтелект як персональний асистент у сучасному бізнесі .....	62
<i>Лазур Ю.В.</i> Аналіз ефективності алгоритмів ISOLATION FOREST та LOCAL OUTLIER FACTOR у задачах детекції аномалій .....	64
<i>Лакота Д.Р.</i> Моделювання процесу сегментації клієнтів із використанням методів машинного навчання .....	66
<i>Пендlišак Т.В.</i> Математичні моделі у прогнозуванні бізнес-трендів.....	68
<i>Плющ М.В.</i> Роль машинного навчання у побудові рекомендаційних систем у цифровому бізнесі .....	70
<i>Пуґа Ю.В.</i> Physics-Informed Neural Networks (PINN): навчання нейронних мереж за допомогою математичних формул .....	72
<i>Русанюк К.С.</i> Порівняльний аналіз технологій для розробки систем управління персональними нотатками на базі ASP.NET CORE .....	73
<i>Семен В. В.</i> Проєктування веб-платформи для цифрового представлення меморіального контенту .....	74
<i>Сідун К.В.</i> Застосування методу найменших квадратів для прогнозування попиту в цифровому маркетингу .....	75
<i>Сорока К. А.</i> Розробка інформаційної системи для генерації та управління користувацьким контентом .....	76
<i>Тегза М.М.</i> Оптимізація процедурної генерації у BLENDER .....	78
<i>Фатич В.М.</i> Розробка інтелектуальної діалогової системи українською мовою на основі математичних методів обробки текстових даних .....	79
<i>Шулла А. Б.</i> Вплив методів зниження розмірності на ефективність машинного навчання .....	80

## **Секція 1. СЕРЕДНЯ ОСВІТА (МАТЕМАТИКА), МАТЕМАТИКА**

*Керівник секції:* канд. фіз.-мат. наук, доц. Синявська Ольга  
Олександрівна

# ЗАСТОСУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ПРИ ВИВЧЕННІ АЛГЕБРИ У СТАРШІЙ ШКОЛІ

Вішован Анатолій Іванович, vishovan.anatolii@student.uzhnu.edu.ua

*студент 4 курсу, спеціальність 014.04 Середня освіта (Математика)*

**Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Млавець Ю.Ю.**

Сучасний розвиток освіти в Україні пов'язаний із реалізацією компетентнісного підходу, який передбачає формування в учнів не лише системи знань, умінь і навичок, а й здатності застосовувати їх у практичній діяльності та життєвих ситуаціях. У зв'язку з цим особливого значення набуває проблема формування математичної компетентності учнів старшої школи, оскільки саме математика сприяє розвитку логічного мислення, аналітичних здібностей, уміння досліджувати, моделювати та розв'язувати практичні задачі [1].

Одним із ефективних засобів формування математичної компетентності є використання інформаційно-комунікаційних технологій та прикладного програмного забезпечення. Застосування цифрових ресурсів у процесі навчання алгебри дає можливість зробити навчальний матеріал більш наочним і доступним для сприйняття, активізувати пізнавальну діяльність учнів, підвищити їхню мотивацію до навчання та сприяти розвитку самостійності.

Особливе місце серед сучасних програмних засобів займають системи динамічної математики GeoGebra та Desmos. Їх використання дозволяє будувати графіки функцій, досліджувати їх властивості, візуалізувати елементарні перетворення графіків, аналізувати поведінку функцій за допомогою похідної та здійснювати геометричну інтерпретацію математичних понять. Завдяки динамічній візуалізації учні можуть краще розуміти взаємозв'язок між аналітичним записом функції та її графічним поданням, що позитивно впливає на формування математичних уявлень і розвиток дослідницьких умінь. Використання онлайн сервісів GeoGebra та Desmos також є ефективним під час вивчення інтегралів, зокрема для побудови площ плоских фігур і графічного пояснення змісту визначеного інтеграла. Поєднання аналітичного та графічного підходів сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу та формуванню практичних навичок застосування математичних знань.

Важливу роль у навчанні математики відіграють сервіси WolframAlpha та Photomath [2]. Мобільний додаток Photomath дозволяє учням здійснювати покрокову перевірку правильності розв'язування математичних завдань, сприяє розвитку навичок самоконтролю та самостійної роботи. Водночас система WolframAlpha не лише надає готовий результат, а й демонструє етапи розв'язання, графічні інтерпретації та додаткові відомості, що сприяє розвитку аналітичного мислення та дослідницького підходу до навчання.

Отже, використання прикладних програмних засобів у процесі навчання алгебри створює умови для реалізації компетентнісного підходу, підвищення ефективності навчального процесу та формування математичної компетентності учнів старшої школи. Інтеграція сучасних цифрових технологій у навчання математики сприяє розвитку пізнавальної активності, самостійності та готовності учнів до застосування математичних знань у практичній діяльності.

## **Література**

1. Раков С. А. Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ : монографія. Харків: Факт, 2005. 360 с.
2. Таблер Т. Огляд та класифікація онлайн-сервісів для підтримки процесів математичного моделювання. Сучасні проблеми моделювання, 2025 (28), 149-164. <https://doi.org/10.33842/2313-125X-2025-30-149-164>.

# АНАЛІЗ РИЗИКІВ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

Гайович Валентина Василівна, haiovych.valentyna@student.uzhnu.edu.ua

студентка 3 курсу, спеціальність 111 Математика

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Тегза А. М.

У сучасних умовах розвитку фінансових ринків важливим є оцінювання ризиків інвестиційних проєктів. Для кількісного аналізу ризику широко використовуються методи математичної статистики, які дозволяють оцінювати можливі фінансові втрати та прогнозувати результати інвестування [1].

Інвестиційний ризик — це ймовірність виникнення фінансових втрат або відхилення фактичного прибутку від очікуваного результату [2]. Для кількісного оцінювання ризику використовуються математичне сподівання, дисперсія та середньоквадратичне відхилення.

Математичне сподівання характеризує середнє значення доходності та визначається за формулою:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i,$$

де  $R_i$  — значення доходності,  $n$  — кількість спостережень [1].

Для оцінювання розсіювання значень використовується дисперсія:

$$D(R) = \frac{1}{n-1} \sum (R_i - \bar{R})^2,$$

а також середньоквадратичне відхилення [1]:

$$\sigma(R) = \sqrt{D(R)}.$$

Чим більшим є значення стандартного відхилення, тим вищий рівень ризику проєкту.

У сучасному фінансовому аналізі використовуються також показники Value at Risk (VaR) та Expected Shortfall (ES). Показник VaR характеризує максимально можливі втрати, які не будуть перевищені з певною ймовірністю [3]:

$$VaR_{0.95} = q_{0.05}(R), [3]$$

Показник Expected Shortfall характеризує середній розмір втрат у випадках перевищення рівня VaR [3].

Після пояснення основних статистичних показників розглянемо приклади їх практичного застосування.

**Приклад 1.1.** Нехай доходність інвестиційного проєкту за 5 періодів дорівнює:

$$R_1 = 0.05, R_2 = 0.08, R_3 = 0.03, R_4 = 0.07, R_5 = 0.06.$$

Кількість спостережень  $n = 5$ .

Середнє значення доходності:

$$\bar{R} = \frac{0.05 + 0.08 + 0.03 + 0.07 + 0.06}{5} = 0.058.$$

Сума квадратів відхилень:

$$(0.05 - 0.058)^2 + \dots + (0.06 - 0.058)^2 = 0.00148.$$

Тоді дисперсія:

$$D(R) = \frac{0.00148}{4} = 0.00037.$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma(R) = \sqrt{0.00037} \approx 0.0192.$$

Отримане значення стандартного відхилення становить 1.9%.

**Приклад 1.2.** Припустимо, що в результаті 10 імітаційних випробувань отримано впорядкований ряд відносних втрат (у % від капіталу):

$$0.5, 1.0, 1.5, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0.$$

Для рівня довіри  $\alpha = 0.9$  показник  $VaR_{0.9}$  відповідає 90-му перцентилу вибірки:

$$VaR_{0.9} = 3.5\%.$$

Показник  $ES_{0.9}$  визначається як середнє арифметичне значень, що перевищують рівень VaR:

$$ES_{0.9} = \frac{3.5 + 4.0}{2} = 3.75\%.$$

Отже, середня величина збитків при перевищенні рівня VaR становитиме 3.75%, що демонструє ефективність показника Expected Shortfall для оцінювання екстремальних ризиків.

Практичний аналіз проведено на прикладі акцій Apple Inc.. Для дослідження використано щоденні скориговані ціни закриття акцій за період 2025–2026 років. У результаті розрахунків середня доходність становила  $r = -0.0046104$ , а стандартне відхилення —  $\sigma = 0.064673228$ . Значення показника  $VaR_{0.95} = -0.02018672$  показало, що з імовірністю 95% денні втрати не перевищують 2.02%.

Для прогнозування можливих фінансових результатів використано метод Монте-Карло — метод імітаційного моделювання випадкових сценаріїв [1]. Моделювання здійснювалося у середовищі Microsoft Excel із використанням нормального розподілу та статистичних параметрів, отриманих на основі історичних даних.

Окремо проведено аналіз малого бізнесу на прикладі проекту відкриття кав'ярні у місті Ужгород. Для оцінювання можливих фінансових результатів сформовано песимістичний, реалістичний та оптимістичний сценарії. Місячний дохід визначався за формулою:

$$Income = N \cdot C \cdot D,$$

де  $N$  — кількість клієнтів за день,  $C$  — середній чек,  $D$  — кількість робочих днів [2].

За результатами розрахунків песимістичний сценарій становив 109200 грн/міс, реалістичний — 169650 грн/міс, а оптимістичний — 265200 грн/міс. Результати моделювання показали, що найбільш імовірний діапазон доходу знаходиться в межах 150000–200000 грн на місяць.

Таким чином, методи математичної статистики дозволяють ефективно оцінювати ризики інвестиційних проєктів та прогнозувати можливі фінансові результати. Використання статистичних показників і методів моделювання підвищує обґрунтованість управлінських рішень.

### Література

1. McNeil A., Frey R., Embrechts P. *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*. Princeton University Press, 2015.
2. Bodie Z., Kane A., Marcus A. *Investments*. McGraw-Hill Education, 2014.
3. Jorion P. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. McGraw-Hill, 2007.

# ЗАСТОСУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТА ІНТЕГРАЛЬНОГО ЧИСЛЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ФІНАНСОВИХ ПОКАЗНИКІВ

Глагола Ярина Мирославівна, hlahola.yaryna@student.uzhnu.edu.ua

*студентка 3 курсу, спеціальність III Математика*

Науковий керівник: *ст. викл. Семчишин Г. Я.*

Сучасний етап розвитку економіки характеризується зростанням ролі математичних методів у фінансовому аналізі. Диференціальне та інтегральне числення є базовими інструментами дослідження фінансових процесів, оскільки дозволяють вивчати як миттєві зміни показників, так і накопичені результати за певний проміжок часу. Їх застосування дає змогу перейти від дискретних розрахунків до неперервних моделей, які більш точно відображають реальну економічну динаміку.

Похідна функції у фінансовому аналізі має чітку економічну інтерпретацію – вона показує швидкість зміни відповідного показника. Граничний дохід характеризує додатковий дохід від продажу додаткової одиниці продукції, а граничні витрати – додаткові витрати на її виробництво. Умова рівності граничного доходу та граничних витрат визначає оптимальний обсяг виробництва, що максимізує прибуток підприємства. Такий підхід є фундаментальним для мікроекономічної теорії та широко застосовується в практиці управлінських рішень [1].

Інтегральне числення використовується для оцінювання сукупних фінансових результатів. Визначений інтеграл від функції, що описує швидкість надходження доходу, дозволяє обчислити загальний дохід за певний період. Аналогічно визначаються сукупні витрати та накопичений прибуток. Особливого значення інтегральні методи набувають у задачах дисконтування, де необхідно привести майбутні грошові потоки до теперішнього моменту з урахуванням безперервного нарахування відсотків [2].

Серед прикладних задач економіки, які розв'язуються за допомогою диференціального та інтегрального числення, можна виділити: оптимізацію виробництва, оцінку ефективності інвестиційних проектів, аналіз динаміки фондового ринку, прогнозування фінансових показників, а також оцінювання соціально-економічної нерівності через коефіцієнт Джинні, що обчислюється як площа між кривою Лоренца та лінією абсолютної рівності [3].

Ефективним інструментом реалізації зазначених моделей є системи комп'ютерної математики, зокрема Wolfram Mathematica. Їх використання дозволяє автоматизувати аналітичні обчислення, візуалізувати результати та створювати інтерактивні моделі, що значно підвищує якість аналізу та інтерпретації фінансових даних.

Таким чином, методи диференціального та інтегрального числення є потужним інструментарієм для розв'язання широкого спектру фінансових задач – від поточного аналізу ефективності до довгострокового прогнозування та прийняття стратегічних рішень.

## **Література**

1. Chiang A. C., Wainwright K. *Fundamental Methods of Mathematical Economics*. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2005. 688 p.
2. Sydsaeter K., Hammond P. *Mathematics for Economic Analysis*. London: Pearson Education, 2008. 721 p.
3. Закаблук Г. О. Дослідження динаміки показників фінансово-економічного стану промислових підприємств на засадах інтегрального оцінювання // *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 12. С. 36–41.

# ЗАСТОСУВАННЯ ТРИГОНОМЕТРІЇ В АСТРОНОМІЇ, НАВІГАЦІЇ ТА АРХІТЕКТУРІ

Глушко Ангеліна Юріївна, [hlushko.anhelina@student.uzhnu.edu.ua](mailto:hlushko.anhelina@student.uzhnu.edu.ua)

студентка 2 курсу, спеціальність III Математика

Науковий керівник: к. ф.-м. наук, доцент Тегза А. М.

Сучасні прикладні науки базуються на точному математичному моделюванні, де тригонометричні функції виступають як ключовий інструмент аналізу просторових відношень. У математичній практиці перехід від теоретичних формул до конкретних обчислень дозволяє вирішувати задачі метрики космічного простору, геодезичної зйомки та архітектурного формоутворення.

В астрономії тригонометрія є фундаментом для вимірювання космічних масштабів. Основним методом є обчислення відстані за допомогою річного паралаксу.

**Приклад 1 (Астрономія):** Для визначення відстані ( $L$ ) до зірки за відомим паралаксом ( $p$ ) використовуємо формулу  $L = \frac{a}{\sin(p)}$ . Оскільки кути паралаксу є надзвичайно малими, застосовуємо наближення  $\sin(p) \approx p$  (в радіанах). Якщо паралакс зірки Проксима Центавра становить  $0,768''$ , то відстань

$$r = \frac{1}{0,768} \approx 1302 \text{ парсека.}$$

Розрахунок координат на небесній сфері додатково потребує застосування сферичної теореми косинусів:

$$\cos(a) = \cos(b) \cos(c) + \sin(b) \sin(c) \cos(A).$$

Навігаційні розрахунки на сферичній поверхні Землі вимагають переходу до формул сферичної тригонометрії для побудови найкоротших маршрутів (ортодромій).

**Приклад 2 (Навігація):** Обчислення центрального кута ( $\Delta\sigma$ ) між двома точками з широтами  $\varphi_1, \varphi_2$  та різницею довгот  $\Delta\lambda$  виконується за рівнянням:

$$\cos(\Delta\sigma) = \sin(\varphi_1) \sin(\varphi_2) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \cos(\Delta\lambda).$$

Довжина шляху на сфері розраховується як

$$D = R \cdot \arccos(\cos(\Delta\sigma)).$$

Такі математичні моделі дозволяють авіації скорочувати маршрути на тисячі кілометрів порівняно з прямолінійною прокладкою на плоских картах.

В архітектурі та геодезії тригонометричні методи забезпечують міліметрову точність монтажу та проектування жорстких конструкцій.

**Приклад 3 (Геодезія):** Для визначення перевищення висоти ( $h$ ) точки використовуємо тригонометричне нівелювання:

$$h = d \operatorname{tg}(\alpha) + i - v,$$

де  $d$  — горизонтальна прокладення,  $\alpha$  — кут нахилу,  $i$  — висота теодоліта,  $v$  — висота візирної цілі. Аналіз похибок

$$\delta h = d \cdot \sec^2(\alpha) \cdot \Delta\alpha$$

доводить критичну важливість точності кутових вимірювань для висотного будівництва.

Таким чином, тригонометричний апарат перетворює абстрактні кутові вимірювання на точні лінійні координати. Використання наближених обчислень, розв'язання сферичних трикутників та аналіз тригонометричних функцій нахилу є обов'язковими складниками наукового підходу в прикладній математиці.

**Приклад 4.** Визначити довжину тіні  $L$ , яку відкидає будівля висотою  $H = 24$  м, якщо кут висоти сонця над горизонтом  $\alpha = 40^\circ$ .

Розв'язання: використовуємо тригонометричну залежність:

$$L = H \cdot \operatorname{ctg}\alpha = \frac{24}{\operatorname{tg} 40^\circ} \approx \frac{24}{0,839} \approx 28,6 \text{ м.}$$

**Приклад 5.** Математичний маятник здійснює коливання за законом  $x(t) = A \sin(\omega t)$ . Визначити зміщення маятника через  $t = 0,2$  с, якщо амплітуда  $A = 0,05$  м, а циклічна частота  $\omega \approx 3,14$  рад/с.

Розв'язання: Підставимо значення у формулу:

$$x(0,2) = 0,05 \cdot \sin(3,14 \cdot 0,2) = 0,05 \cdot \sin(0,628 \text{ рад})$$

Враховуючи, що  $0,628$  рад  $\approx 36^\circ$  :

$$x(0,2) = 0,05 \cdot \sin(36^\circ) \approx 0,05 \cdot 0,588 \approx 0,0294 \text{ м.}$$

Отже, зміщення становить приблизно 2,94 см.

### **Література**

1. Істер О. С. Геометрія: Підручник. К.: Генеза, 2017.
2. Казановський В. І., Африканова А. Г. Вища математика. К.: Аграрна освіта, 2014.
3. Сиротюк В., Мирошніченко Ю. Фізика і астрономія: Підручник. К., 2019.

# ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ТРИКУТНИКІВ У СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

Канигін Сергій Олександрович, kanyhin.serhii@student.uzhnu.edu.ua

студент 3 курсу, спеціальність 014.04 Середня освіта (Математика)

Науковий керівник: ст. викл. Семчишин Г. Я.

Тема «Трикутники» є фундаментом шкільного курсу планіметрії, оскільки вона формує базовий понятійний апарат та вводить учнів у світ дедуктивних доведень, вона є критичним етапом у 7–9 класах, оскільки вимагає високого рівня абстракції. Впровадження реформи «Нова українська школа» (НУШ) вимагає переходу від статичного зазубрювання теорії до діяльнісного підходу та формування цифрової компетентності. У цьому контексті інтерактивні геометричні середовища (ІГС) стають ключовим інструментом модернізації навчання, їх використання дозволяє подолати когнітивні бар'єри та реалізувати діяльнісний підхід.

Згідно з методичними дослідженнями, використання ІГС виконує дві стратегічні ролі: *підсилювача*, що автоматизує рутинні побудови, та *реорганізатора*, що змінює структуру мислення учнів через можливість динамічного маніпулювання різними об'єктами. Ключовою інновацією є *«режим перетягування» (dragging mode)*, який дозволяє учням досліджувати не окремі малюнки, а цілі класи геометричних об'єктів, зберігаючи закладені властивості.

У роботі проаналізовано можливості трьох провідних середовищ для вивчення трикутників:

1. **GeoGebra** – це універсальна платформа, яка реалізує принцип «подвійного відображення» (алгебраїчного та геометричного), дозволяє учням усвідомити зв'язок між геометричною формою та її аналітичним описом (координатами, рівняннями), найкраще підходить для комплексних досліджень у 7–11 класах.

2. **Desmos** – це середовище продемонструвало високу ефективність у 9 класі під час вивчення методу координат завдяки ергономічності та швидкості побудов.

3. **Cabri Express** – зберігає актуальність як середовище, що акцентує увагу на суворій логіці евклідових побудов, імітуючи роботу з класичними креслярськими приладами.

Ефективна інтеграція цих інструментів базується на моделі «Дидактичного тетраедра», де технологія стає рівноправною вершиною взаємодії вчителя та учня. Успіх навчання залежить від володіння вчителем моделлю ТРАСК (Technological Pedagogical Content Knowledge), що передбачає поєднання технологічних, педагогічних та предметних знань.

Практична частина дослідження, представлена у формі плану-конспекту уроку для 8 класу, демонструє верифікацію теореми Піфагора в GeoGebra. Комп'ютерний експеримент дозволяє учням самостійно «відкрити» співвідношення площ квадратів, побудованих на катетах і гіпотенузі, що значно підвищує мотивацію та розуміння матеріалу. Таким чином, використання ІГС забезпечує перехід від інтуїтивного сприйняття фігур до глибоких логічних міркувань, як того вимагають сучасні освітні стандарти.

## Література

1. Бурда М. І. Методика навчання геометрії в школі. Київ: Освіта, 2019. 256 с.
2. Концепція Нової української школи. Київ: МОН України, 2016. [Електронний ресурс]. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
3. Гречук В. Методичний супровід до «Вивчаємо геометрію із GeoGebra». Посібник для вчителя, 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://naurok.com.ua/metodichniy-suprovod-do-vivchamo-geometriyu-iz-geogebra-posibnik-dlya-vchitelya-478140.html>

# ВИВЧЕННЯ АЛГЕБРАЇЧНИХ НЕРІВНОСТЕЙ ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ ЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ ШКОЛЯРІВ

Клевец Євгенія Євгенівна, [klevets.yevheniia@student.uzhnu.edu.ua](mailto:klevets.yevheniia@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 4 курсу, спеціальність 014.04 Середня освіта (Математика)*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Юрченко Н. В.*

Реформування сучасної математичної освіти в Україні, зумовлене впровадженням концепції Нової української школи (НУШ), ставить перед вчителями завдання переходу від репродуктивного навчання до формування в учнів ключових компетентностей. У цьому контексті розвиток логічного мислення стає пріоритетним завданням, оскільки саме воно забезпечує здатність школярів до аналізу складних ситуацій, критичної оцінки тверджень та побудови обґрунтованих дедуктивних висновків. Тема «Алгебраїчні нерівності» володіє значним потенціалом для формування цілісного апарату логічних операцій у школярів базової та старшої ланки.

Однією з ключових операцій, що розвиваються при вивченні нерівностей, є *узагальнення*. На відміну від рівнянь, де результатом часто є конкретне значення, розв'язок нерівності – це ціла множина значень, що потребує від учня переходу на вищий рівень абстракції. Формування множини розв'язків через числовий проміжок вчить оперувати поняттями неперервності та цілісності. Це сприяє розвитку здатності до виокремлення суттєвих ознак математичного об'єкта, що є основою для подальшого вивчення математичного аналізу.

Операції *аналізу та синтезу* виявляються через структурування алгоритму розв'язування. Робота з раціональними та ірраціональними нерівностями вимагає від учня розчленування складної задачі на ряд підзадач: визначення області допустимих значень (ОДЗ), знаходження критичних точок, дослідження поведінки знака виразу на кожному з інтервалів. Синтез відбувається на етапі об'єднання результатів розв'язання окремих систем у загальну відповідь. Аналіз області допустимих значень у процесі знаходження спільних розв'язків розвиває критичну увагу школяра та закріплює вміння вибудовувати логічні ланцюжки.

Формування *дедуктивного та доказового мислення* найбільш ефективно реалізується через задачі на доведення нерівностей. Використання методів порівняння різниці з нулем, міркування від супротивного та застосування класичних нерівностей (Коші, Коші-Буняковського) вимагає від школяра побудови довгих логічних ланцюжків, де кожна наступна ланка є дедуктивним наслідком попередньої. Це вчить учнів не просто слідувати правилам, а розуміти внутрішню логіку доказу, де «очевидне» має бути підтверджено математичним фактом. Такі вправи є базою для розвитку наукового стилю мислення.

Важливим аспектом сучасної методики є поєднання абстрактної логіки з динамічною візуалізацією. Використання середовища GeoGebra дозволяє перевести розв'язування нерівностей у формат візуального дослідження. Побудова динамічних моделей квадратних нерівностей дає змогу учням самостійно встановлювати кореляцію між зміною параметрів (коефіцієнтів параболы чи значення дискримінанта) та фінальною множиною розв'язків. Це перетворює логіку з набору сухих правил на наочний інструмент дослідження властивостей функцій, сприяючи глибшому засвоєнню матеріалу.

Таким чином, алгебраїчні нерівності є не лише об'єктом вивчення, а й тренажером для мозку. Систематична робота з нерівностями та їх доведенням через поєднання класичних методів математичної строгості з сучасними засобами візуалізації забезпечує розвиток гнучкого, критичного та алгоритмічного мислення учнів, що є однією з головних цілей сучасної математичної освіти.

## Література

1. Державний стандарт базової середньої освіти. Міністерство освіти і науки України.  
URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrayinska-shkola/derzhavnij-standart-bazovoyi-serednoyi-osviti>
2. Слєпкань З. І. Методика навчання математики: Підручник. 2-ге вид., допов. і переробл. Київ: Вища шк., 2006. 582 с.
3. Соколовська І. С., Швець В. О. Нерівності в шкільному курсі математики та їх доведення. Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2022. 128 с.
4. Рикова Л. Дидактичні умови використання навчальних моделей у процесі викладання природничо-математичних дисциплін // Актуальні питання природничо-математичної освіти. 2016. № 7-8. С. 73.

# ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ЗАСІБ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Кунак Мирослава Ярославівна, [kunak.myroslava@student.uzhnu.edu.ua](mailto:kunak.myroslava@student.uzhnu.edu.ua)

Процишина Іванна Миколаївна, [protsyshyna.ivanna@student.uzhnu.edu.ua](mailto:protsyshyna.ivanna@student.uzhnu.edu.ua)

*студентки 2 курсу, спеціальність 014.04 Середня освіта (Математика)*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н. Герич М.С.*

Ще декілька років тому створення інтерактивного уроку займало у вчителя години роботи. Сьогодні штучний інтелект здатний виконати частину цих завдань за лічені хвилини. Розвиток технологій зумовлює зміни в освітньому процесі та професійній діяльності педагога. Інструменти штучного інтелекту дедалі активніше використовуються у сфері освіти, стаючи помічниками вчителя у створенні різних навчальних матеріалів: тестів, презентацій, інтерактивних вправ та планів уроків. Використання ШІ-технологій сприяє урізноманітненню форм організації навчання, оптимізації часу підготовки вчителя до уроків та підвищенню ефективності освітнього процесу. Станом на сьогодні існує велика кількість ШІ-інструментів, які допомагають удосконалювати освітню діяльність.

Одним із найбільш популярних є ChatGPT, який може бути застосований для розробки конспектів уроків, тестових завдань в онлайн- та офлайн-форматах, пояснення тем, генерації ідей для проєктних робіт і творчих завдань, а також підготовки звітів та характеристик. Матеріали, згенеровані цим штучним інтелектом, мають чимало переваг. Однією з основних є можливість генерації текстового контенту за надісланим запитом та завантаження результатів у різних форматах. Варто зазначити, що безкоштовна версія ChatGPT має обмеження щодо обсягу згенерованої за один раз інформації, а форматування та візуальне оформлення створених презентацій і текстових документів потребують вдосконалення.

Також з допомогою ChatGPT можна створювати онлайн-тести та вікторини. Створення їх здійснюється шляхом формулювання текстового запиту, після чого система генерує HTML-код, який можна попередньо переглянути та завантажити у разі відсутності потреби редагування. Перевагами створення такого тесту є швидкість розробки та адаптація до потреб учнів. Проте основними недоліками є робота із зображеннями та система оцінювання. Для правильного відображення зображень необхідне їх додаткове завантаження та збереження разом із HTML-файлом. Такі дії також потрібні і для зображень, згенерованих ШІ-чатботом, які часто є некоректними з математичної точки зору. *Під час оцінювання варто враховувати, що ChatGPT не має можливості автоматично формувати загальний рейтинг учнів без додаткового підключення баз даних і налаштування з боку вчителя. Досить часто виникають проблеми з оцінюванням завдань на встановлення відповідності та завдань з розгорнутою відповіддю. Тому доцільним є надання учням в кінці тесту електронної адреси вчителя для надсилання результатів тестування та додаткової перевірки виконаної роботи.*

*Наступним додатком штучного інтелекту, який активно використовується, є Google Gemini — ШІ-асистент, інтегрований у Google Workspace. Він зручний для безкоштовної генерації конспектів та планів уроків у форматах DOCX та PDF, створення тестів, підсумовування великих документів, розробки методичних матеріалів, складання звітів та формування структурованих презентацій у Google Slides.*

Серед основних переваг Gemini варто виокремити можливість інтеграції з Google Docs, Slides, Gmail, а також якісне візуальне оформлення та форматування створених файлів. Gemini in Google Classroom дозволяє вчителям генерувати навчальні плани безпосередньо в інтерфейсі свого класу, автоматично створювати завдання та отримувати аналітику прогресу учнів. Gemini також дає змогу створювати онлайн-тести та вікторини. Принцип їх створення подібний до ChatGPT. Однак у цьому випадку не потрібно додатково завантажувати створений тест, а достатньо поділитися посиланням з учнями. Крім цього, Gemini дає можливість відображати рейтинг учнів у режимі реального часу. Помилки під час оцінювання результатів

виникають рідко, проте іноді з'являються проблеми з некоректною генерацією зображень для завдань з геометрії. Також Gemini дозволяє створювати різнорівневі завдання на вибір учнів і здійснювати оцінювання відповідно до рівня складності цих завдань. Більшість матеріалів, створених у Gemini, характеризуються структурованістю та адаптованістю до освітніх потреб.

*Ще одним допоміжним інструментом вчителя є Canva* — онлайн-інструмент, який поєднує можливості графічного дизайну та елементи штучного інтелекту. Він дозволяє швидко створювати дидактичні матеріали без спеціальних навичок. Безкоштовної версії Canva достатньо для розробки презентацій, роздаткових матеріалів, інтерактивних завдань,

флеш-карток, сертифікатів, навчальних постерів та інфографіки. Сервіс є особливо корисним під час створення візуальних матеріалів для уроків. Для їх генерації достатньо завантажити план уроку або текст, після чого Canva AI автоматично перетворить його на структурований матеріал із зображеннями та кольоровим оформленням.

Платформа також сприяє гейміфікації навчання. За допомогою Canva AI вчитель може створювати різноманітні навчальні ігри, картки, вікторини, творчі завдання та тести різного рівня складності, що підвищують інтерес учнів до навчального процесу. Крім цього, Canva, як і Gemini, дозволяє відстежувати результати роботи учнів у режимі реального часу. Для надання доступу до матеріалів достатньо поділитися посиланням.

Як і більшість ШІ-інструментів, недоліком Canva AI є генерація математичних зображень, а також перевірка у згенерованих онлайн-тестах завдань з розгорнутою відповіддю, що потребує додаткового контролю з боку вчителя.

Крім створення навчальних матеріалів, Canva допомагає організовувати освітній процес: розробляти розклади, афіші, оголошення та сертифікати для учнів. У порівнянні з іншими ШІ-інструментами, Canva найбільше орієнтована на візуалізацію та дизайн навчального матеріалу. Якщо ChatGPT або Gemini переважно допомагають генерувати текстовий матеріал, то Canva AI дозволяє перетворити його на сучасний, інтерактивний та візуально привабливий навчальний ресурс, який сприяє активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів.

Порівнюючи можливості різних ШІ-інструментів, можна зробити висновок, що кожен із них має свої переваги та недоліки. Одні сервіси краще підходять для генерації текстового контенту, інші — для розробки візуальних матеріалів або інтерактивних завдань. Під час створення навчальних матеріалів важливо враховувати, що якість отриманого результату значною мірою залежить від правильності та чіткості сформульованого запиту, а ефективність їх використання в освітньому процесі залежить від рівня цифрової компетентності вчителя. Водночас впровадження штучного інтелекту в освіту передбачає детальний аналіз згенерованих матеріалів та дотримання академічної доброчесності.

Штучний інтелект може автоматизувати частину роботи та значно спростити підготовку до уроків, однак він не здатний замінити живе спілкування, емоційну підтримку, мотивацію та індивідуальний підхід до учнів. Саме тому штучний інтелект варто розглядати не як заміну вчителя, а як сучасний інструмент, який розширює можливості організації освітнього процесу.

### **Література:**

1. OpenAI. ChatGPT. URL: <https://chat.openai.com> (дата звернення: 09.05.2026).
2. Google. Gemini. URL: <https://gemini.google.com> (дата звернення: 09.05.2026).
3. Canva. Canva AI. URL: <https://www.canva.com> (дата звернення: 09.05.2026).
4. 5 ШІ-інструментів для вчителя. JustClass: веб-сайт. URL: <https://justclass.com.ua/blog/5-shi-instrumentiv-dlya-vchytelya/> (дата звернення: 09.05.2026).

# СУЧАСНІ СЕРВІСИ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРЕЗЕНТАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ: ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ У СФЕРІ ОСВІТИ Й БІЗНЕСУ

Процишина Іванна Миколаївна, [protsyshyna.ivanna@student.uzhnu.edu.ua](mailto:protsyshyna.ivanna@student.uzhnu.edu.ua)

Кунак Мирослава Ярославівна, [kunak.myroslava@student.uzhnu.edu.ua](mailto:kunak.myroslava@student.uzhnu.edu.ua)

*студентки 2 курсу, спеціальність 014.04 Середня освіта (Математика)*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н. Герич М.С.*

Стрімкий розвиток сучасного світу призводить до активного впровадження цифрових технологій у різні сфери людської діяльності. В цих умовах технології штучного інтелекту (ШІ) набувають особливої актуальності в суспільстві. На сьогоднішній день його обширно використовують у сфері освіти та бізнесу. Компанії активно залучають сервіси, які базуються на ШІ, для автоматизації робочих процесів та створення контенту для сучасного суспільства, що значного підвищує ефективність роботи та економить час. Починає набирати актуальність використання ШІ-застосунків для створення презентаційних матеріалів, оскільки вони здатні до генерації тексту, з актуальною інформацією та підбиранням різних графічних об'єктів, які б відповідали тематиці роботи.

Вебзастосунок Prezi – це сервіс, що створює презентації з нелінійною структурою. Сайт складається з українськомовного інтерфейсу, тому початківцям у створенні презентацій та звичайним користувачам легко орієнтуватися в сервісі. Перед початком створення матеріалу додаток відразу надає вибір з існуючих шаблонів та забезпечує базові функціональні можливості, такі як: завантаження зображення, встановлення діаграми та ін. До особливостей Prezi можна віднести створення “живої” презентації, тобто масштабоване переміщення між слайдами, гнучкість щодо розміщення різним мультимедійних елементів та створення презентації шляхом завантаження файлу із необхідним матеріалом. У застосунку є вбудований інтелектуальний помічник, Prezi AI, який має досить корисну функцію: редагування вже готової презентації в режимі реального часу. Наявність такої опції є доцільною для освіти та бізнесу, оскільки дозволяє динамічно оновлювати інформацію під час навчальних занять та ділових зустрічей. Застосунок безкоштовний, але має обмеження у використанні. Його застосування підходить для виступів, де головним завданням є логіка взаємозв'язків між ідеями та візуалізація загальної структури матеріалу. Якщо розглядати його використання в сфері освіти, то він підходить для створення навчальних матеріалів та презентацій, а якщо в бізнесі – для підготовки річних звітів та представлення проєкту.

Ще одним сервісом для створення презентаційних матеріалів є Gamma. Інтерфейс сайту англійською мовою, тому початківцям та користувачам необхідний базовий рівень знань англійської мови для продуктивної праці з сервісом. В можливості додатку входить не тільки візуалізації матеріалу у вигляді презентації, а ще й створення вебсторінок та документів. Додаток автоматично генерує потрібний матеріал використовуючи запит, документ або план, який йому надав користувач. Оформлення у Gamma відбувається автоматично, оскільки застосунок сам підбирає колірну гаму та візуальні елементи. Застосунок дозволяє змінювати графічні елементи, зокрема завантажувати власні зображення або використовувати запропоновані ілюстрації, які відповідають тематиці роботи. Крім базових функцій, які притаманні кожному редактору, Gamma має вбудовані Smart layouts, що корисно у сфері бізнесу, для створення маркетингових презентацій. Також додаток підтримує роботу з продуктами Google, такими як Google Drive та Google Form, а також надає можливість використовувати дописи та матеріали з соціальних мереж Instagram та X (Twitter). Якщо розглядати застосування у сфері освіти, то його використання підходить для виступів і захистів, оскільки Gamma допомагає організувати доповіді, виділивши в них головні думки та оформити їх у вигляд презентації.

Сучасний вебзастосунок Slidebean є орієнтований в першу чергу на стартапи та бізнес. Інтерфейс програми англійською мовою. Програма містить як готові шаблони так і ШІ-асистента, який при заданні певної умови створить професійну презентацію. Недоліком даного застосунку є те, що згенерована презентація буде англійською мовою що може бути незручно для деяких користувачів. Програма частково безкоштовна, оскільки більша частина контенту потребує преміум підписки. Її використання підходить для новачків та користувачів сайту, тому що містить невелику кількість інструментів. Вебзастосунок підходить для сфери бізнесу, оскільки містить інструменти для створення фінансових моделей.

Отже, використання даних сервісів для створення презентації значно спрощує процес підготовки презентаційних матеріалів, оскільки співпраця з штучним інтелектом дозволяє значно скоротити час підготовки матеріалів і зосередити свою увагу на змісті. Але це не означає, що сервіс обмежує творчу можливість користувача. Якщо розглядати сферу освіти, то вебзастосунок Prezi, який орієнтується на поясненні матеріалу, є ефективним інструментом для того, щоб підвищити зацікавленість учнів до вивчення матеріалу. А якщо розглядати бізнес сферу, то більше підходить Gamma, оскільки вона дозволяє швидко створити звіти та презентаційні матеріали.

### **Література**

1. Prezi. Prezi. URL: [Dashboard | Prezi](#) (дата звернення: 11.05.2026).
2. Gamma. Gamma. URL: [Gamma](#) (дата звернення: 11.05.2026).
3. Slidebean. Slidebean. URL: [Slidebean: AI Pitch Deck Creator + Pitch Deck Design Agency](#) (дата звернення: 11.05.2026).

# РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ ОСВІТНЬОЇ ПЛАТФОРМИ «COLLAINER PULSE»

Рильський Олександр Сергійович, [oleksandr.rylskyi@student.uzhnu.edu.ua](mailto:oleksandr.rylskyi@student.uzhnu.edu.ua)

*студент 1 курсу, спеціальність А4.04 Середня освіта (Математика)*

Науковий керівник: *к. ф-м. н., доц. Юрченко Н.В.*

Цифровізація освіти стимулює розвиток онлайн-платформ, проте сучасний навчальний процес дедалі більше потерпає від втрати цілісності. Огляд існуючих рішень (Google Classroom, Moodle, Microsoft Teams) виявив критичну проблему: розпорошеність інструментів між десятками непов'язаних сервісів. Це породжує «цифровий хаос», де вчителі та адміністратори змушені витрачати значний часовий ресурс не на навчання, а на боротьбу з інтерфейсами та рутинний пошук даних у різних джерелах. Відсутність комплексного підходу та глибокої аналітики робить управління освітнім процесом фрагментарним і неефективним.

Метою роботи є проєктування та реалізація цілісної освітньої екосистеми «Collainer Pulse». Платформа розроблена для об'єднання адміністративних, аналітичних та педагогічних інструментів у єдиному керованому середовищі, що забезпечує автоматизацію складних процесів, інтелектуальне прогнозування результатів та абсолютну прозорість навчання для всіх учасників.

Унікальні розроблені функціональні компоненти платформи:

1. Гнучкість інституційної приналежності та ізоляція даних.

Традиційні освітні платформи функціонально обмежують викладача рамками одного навчального закладу, що створює перешкоди для ведення паралельної професійної діяльності (наприклад, суміщення шкільного викладання та приватного репетиторства). У платформі Collainer Pulse реалізовано інноваційну архітектуру на базі унікальних восьмизначних ідентифікаторів. Адміністратор закладу генерує код доступу, при введенні якого створений вчителем курс автоматично інтегрується в екосистему школи. Для індивідуальних занять ідентифікатор не застосовується, зберігаючи курс як незалежний майданчик. Така система забезпечує викладачу можливість керувати всією професійною діяльністю з єдиного профілю, гарантуючи при цьому автоматичну та надійну програмну ізоляцію даних між різними навчальними середовищами [3].

2. Комплексна гейміфікація: дейліки, досягнення та кастомізація профілю.

Проблема низького рівня залученості та утримання користувачів (Retention) є критичною для більшості освітніх сервісів, де навчання часто сприймається як сухий і рутинний процес. Для вирішення цього завдання в Collainer Pulse імплементовано глибоку систему гейміфікації. Користувачі щодня отримують спеціальні квести («дейліки»), підтримують безперервні серії активності (стрики) та здобувають систему досягнень («ачівки»). За виконання завдань нараховується віртуальна валюта у вигляді зірок, яка відкриває доступ до унікальних косметичних елементів. Це дозволяє учням формувати персоналізований візуальний стиль свого профілю, перетворюючи освітній процес на мотивоване середовище, що стимулює щоденне повернення на платформу [8].

3. Трирівнева ізольована архітектура безпеки та адміністрування.

Для забезпечення максимальної персоналізації навчального процесу та безперервної мотивації аудиторії платформа посилена генеративним модулем штучного інтелекту. Система здатна в реальному часі аналізувати профіль, рівень успішності та динаміку прогресу кожного конкретного учня. На основі цих даних нейромережевий алгоритм автоматично генерує унікальні індивідуальні AI-завдання на кожен день. Завдяки такому підходу користувач отримує не шаблонні вправи, а адаптований навчальний контент, що створює ефект «розумного» інтерактивного супроводу. Інтеграція ШІ формує динамічне середовище, яке безперервно підлаштовується під потреби здобувача освіти, значно підвищуючи ефективність засвоєння матеріалу [1, 6].

Отже, розроблена система Collainer Pulse демонструє потенціал для комплексного розв'язання актуальних проблем у сфері цифрової освіти. Поєднання механізмів гнучкої інституційної приналежності, засобів комплексної гейміфікації та алгоритмів генеративного штучного інтелекту дозволяє створити універсальне середовище, що відповідає сучасним вимогам до педагогічної ефективності. Модульна архітектура системи забезпечує її інтеграцію в різноманітні освітні формати – від класичної інституційної моделі до індивідуальної репетиторської практики.

### **Література**

1. Романченко І. В. Цифрові освітні екосистеми: проектування та впровадження: монографія. Київ: Освіта XXI, 2021. 284 с.
2. Кравець О. М., Дяченко Т. В. Інформаційна безпека в системах електронного навчання: сучасні підходи та загрози. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. Т. 77, № 3. С. 45–58.
3. Мельник А. П., Гончарук С. В. Універсальні навчальні платформи нового покоління: інтероперабельність та масштабованість. Сучасні інформаційні технології в освіті : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Львів, 12–13 трав. 2022 р. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2022. С. 112–115.
4. Шевченко В. І. Цифрові платформи для дистанційного навчання: концепції та практики. Київ: Либідь, 2020. 198 с.
5. Петренко Л. М., Іваненко Т. В. Батьківський контроль у цифрових освітніх системах. Педагогіка і психологія освіти. 2021. № 2. С. 23–35.
6. Бондаренко О. П. Аналітика навчального процесу в електронних платформах. Освітні технології та інновації. 2022. Т. 15, № 4. С. 56–68.
7. Козак С. В. Методи візуалізації даних у цифровій освіті. Науковий вісник НПУ. 2021. № 7. С. 77–88.
8. Литвиненко Н. А. Інтерфейс користувача в освітніх платформах: принципи дизайну. Журнал інформаційних технологій в освіті. 2020. № 3. С. 14–26.
9. Савченко В. І., Ткаченко О. Ю. Архітектура та масштабованість сучасних навчальних систем. Комп'ютерні науки та освіта. 2022. № 6. С. 99–110.

# РОЗВИТОК НАВИЧОК ТА УМІНЬ УЧНІВ ВИКОНУВАТИ АРИФМЕТИЧНІ

## ДІЇ З ДРОБАМИ

Семак Іванна Іванівна, [semak.ivanna@student.uzhnu.edu.ua](mailto:semak.ivanna@student.uzhnu.edu.ua)

студентка 3 курсу, спеціальність 014.04 Середня освіта (Математика)

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Юрченко Н. В.

У сучасних умовах трансформації математичної освіти, що супроводжується оновленням змісту навчальних програм та орієнтацією на компетентнісний підхід, особливого значення набуває якість засвоєння базових алгебраїчних понять. Одним із таких понять, яке виконує інтегруючу функцію між арифметикою та алгеброю, виступають раціональні дроби. Їх вивчення забезпечує формування операційного апарату для подальшого опанування рівнянь, функцій, математичного аналізу, а також створює передумови для розвитку логічного мислення учнів. Відповідно до чинних освітніх стандартів України (Закон України «Про освіту») [1], математична підготовка має бути спрямована не лише на відтворення знань, але й на їх практичне застосування у різних ситуаціях.

Аналіз сучасних досліджень у галузі математичної освіти демонструє, що тема раціональних дробів залишається складною для засвоєння учнями, що підтверджується результатами міжнародного моніторингу якості освіти PISA 2022 [2], де відзначено недостатній рівень сформованості алгебраїчного мислення у значної частини учнів. У вітчизняній педагогічній практиці також фіксується наявність типових помилок, пов'язаних із нерозумінням області допустимих значень, спрощенням дробів, виконанням арифметичних операцій з алгебраїчними виразами. Це свідчить про необхідність поглибленого аналізу методичних підходів до викладання даної теми.

Проблемна ситуація полягає у суперечності між необхідністю формування в учнів стійких навичок роботи з раціональними дробами та недостатньою ефективністю традиційних методик їх навчання, що не забезпечують належного рівня розуміння та застосування знань у практичній діяльності.

Робоча гіпотеза дослідження ґрунтується на припущенні, що впровадження системно організованої сукупності вправ, диференційованих за рівнями складності та орієнтованих на поетапне формування понять і навичок, сприятиме підвищенню рівня засвоєння теми «Раціональні дроби» та зменшенню кількості типових помилок учнів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі дослідження:

- дослідити особливості засвоєння учнями операцій з раціональними дробами;
- виявити типові помилки та труднощі при вивченні теми;
- розробити систему вправ для формування відповідних знань і навичок;
- здійснити перевірку ефективності запропонованої методики та провести аналіз отриманих результатів.

Напрямок у вдосконаленні підходів до формування поняття раціонального дроби через систематизацію вправ різного рівня складності, забезпечують поетапне засвоєння навчального матеріалу та орієнтацію на усвідомлене виконання операцій. Використання вдало розробленої системи вправ у процесі викладання алгебри в закладах загальної середньої освіти сприятимуть підвищенню якості навчання учнів.

### Література

1. Закон України «Про освіту» <https://imzo.gov.ua/osvita/pisliadyplomna-pedahohichna-osvita-ta-profesiynny-rozvytok/zakony-ukrainy/>
2. Український центр оцінювання якості освіти <https://testportal.gov.ua/monitoringovi-doslidzhennya/>

3. Державний стандарт базової середньої освіти. Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrayinska-shkola/derzhavnij-standart-bazovoyi-serednoyi-osviti>
4. Слєпкань З. І. Методика навчання математики: Підручник. 2-ге вид., допов. і переробл. Київ: Вища шк., 2006. 582 с.
5. Сучасний урок математики компетентнісного спрямування. Інформаційно-методичний збірник // Упорядник Т.В. Светлова. Х. : Вид. група „Основа“, 2018. 126 с. (Б-ка журн. „Математика в школах України“; Вип. 5 (185)).
6. Модельна навчальна програма з математики 5 клас <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/navchalni-prohramy-na-osnovi-modelnykh/2024/09/matematychna-osvitnya-haluz-2024/matematyka-5-klas-merzlyak-ta-in-29-10-2024.pdf>
7. Модельна навчальна програма з математики 6 клас <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/navchalni-prohramy-na-osnovi-modelnykh/2024/09/matematychna-osvitnya-haluz-2024/matematyka-6-klas-merzlyak-ta-in-29-10-2024.pdf>

## **Секція 2. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ**

Керівник секції: ст. викл. Ломага Марія Михайлівна

# ОПТИМІЗАЦІЯ ГРАФІКІВ ВІДПОЧИНКУ ПЕРСОНАЛУ У ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ЕРГОНОМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ІНДЕКСІВ ВИГОРАННЯ

Андрусик Вероніка Миколаївна, [andrusyk.veronika@student.uzhnu.edu.ua](mailto:andrusyk.veronika@student.uzhnu.edu.ua)

студентка 4 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: ст. викл. Ломага М.М.

Оптимізація графіків відпусток персоналу на підприємствах відноситься до задач аналізу ризиків професійного вигорання. Об'єктом дослідження виступає процес управління людськими ресурсами на виробничих лініях. Математична модель черговості відпусток з метою мінімізації сумарного ризику професійного вигорання працівників при одночасному забезпеченні неперервності виробничого циклу є задачею лінійного програмування з бінарними змінними [1]. Цільова функція максимізації адресності відпочинку має вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^m \cdot B_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \max,$$

де  $X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{— надання відпустки,} \\ 0 & \text{— відсутність відпустки.} \end{cases}$

Необхідно розподілити періоди відпочинку між працівниками ( $i = 1, \dots, n$ ) за часовими інтервалами ( $j = 1, \dots, m$ ), таким чином, щоб надати пріоритет особам з найвищим інтегральним індексом вигорання  $B_{ij}$ . Пріоритетність визначається через зважений показник  $P_i$ :

$$P_i = w_1 \cdot T_{last} + w_2 \cdot E_{load} + w_3 \cdot S_{stress},$$

де  $T_{last}$  — час з останньої відпустки,  $E_{load}$  — інтенсивність навантаження,  $S_{stress}$  — рівень стресу/понаднормових годин.

Для забезпечення реалістичності моделі враховуються обмеження [2]:

1. Виробнича потужність: сумарний обсяг виробництва  $Q$ , з урахуванням відсутності персоналу, не може бути нижчим за рівень попиту  $D$  ( $Q \geq D$ ).
2. Законодавчий регламент: тривалість неперервної частини відпустки повинна становити не менше 14 календарних днів.
3. Балансування ліній: коефіцієнт лінійного балансування не повинен опускатися нижче 0,85 для запобігання утворенню «вузьких місць» через нестачу фахівців певної кваліфікації.

Розв'язання задачі базується на ітераційному алгоритмі ранжування, реалізованому з використанням спеціальних бібліотек на мові Python 3.10. Ключовою особливістю моделі є використання об'єктно-орієнтованого підходу, що дозволяє динамічно обчислювати пріоритетність відпустки кожного співробітника.

## Література

1. Maslach, C., & Leiter, M. P. (2016). Understanding the burnout experience: Recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry*, 15, p.103-111.
2. Волонтир Л. Ю., Потапова Н. А., Ушкаленко І. М., Чіков І. А. *Оптимізаційні методи та моделі в підприємницькій діяльності: навчальний посібник*. — Вінниця: ВНАУ, 2020. С.19-22.
3. Наконечний С. І., Савіна С. С. *Математичне програмування: Навч. посібник*. — К.: КНЕУ, 2003.

# ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ABC-XYZ ТА RFM-АНАЛІЗУ В ОПТИМІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Балко Яна Василівна, [balko.yana1@student.uzhnu.edu.ua](mailto:balko.yana1@student.uzhnu.edu.ua)

студентка 4 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: к.т.н., доц. Андрашко Ю. В.

Сьогодні кількість інформації зростає з великою швидкістю, відповідно наявний попит на аналітику великих обсягів даних в умовах цифровізації бізнесу. Застосування ABC-XYZ, RFM моделей аналізу клієнтської поведінки дозволяє підвищити економічні показники підприємства та залучити більше цільової аудиторії. Під час дослідження методів використовувалися транзакційні дані оптового бізнесу з продажу колекційних іграшок.

ABC-аналіз ґрунтується на принципі Парето та використовується для визначення пріоритетних товарних категорій. У межах методу товари поділяються на групи А, В, С залежно від їх внеску у прибуток та обсяг продажів. Для дослідження було проведено двовимірний аналіз за прибутком і кількістю продажів. [1][2]

Проведено одновимірний аналіз за прибутком шляхом розподілу категорій товарів на групи. За результатами цього аналізу встановлено, що 71% прибутку становлять групи Classic cars, Vintage cars, Motorcycles, 20% прибутку становить Trucks and buses, Planes, решта 9% становить ships, trains. Отримані результати показали, що найбільше уваги потрібно приділяти товарам групи Classic cars, Vintage cars, Motorcycles. Виявлено, що стандартні пропорції аналізу ABC та закон Парето не виконується. Це відбувається через досить унікальний асортимент підприємства, колекційні іграшки, та малу вибірку категорій – 7 позицій. Також здійснено одновимірний аналіз по проданій кількості товарів певної категорії результати якого показали, що Classic cars, Vintage cars, Motorcycles, Trucks and buses становлять 79% від загального обсягу проданих одиниць, Planes становить 10%, решта 10% - ships, trains. На завершальному етапі сформовано об'єднання результатів двох попередніх етапів у класи та формування матриці-моделі.

Тип товару	Продажі	Відсоток	Кумулятивна частка 1 Група 1	Кількість	відсоток	Кумулятивна частка 2 Група 2	Клас
Classic Cars	3701760,33	40%	40% A	914	35%	35% A	AA
Vintage Cars	1743077,63	19%	59% A	557	21%	56% A	AA
Motorcycles	1129573,83	12%	71% A	324	12%	69% A	AA
Trucks and Buses	1044097,39	11%	82% B	281	11%	79% A	BA
Planes	866466,57	9%	91% B	271	10%	90% B	BB
Ships	591172,76	6%	98% C	195	7%	97% C	CC
Trains	215352,57	2%	100% C	75	3%	100% C	CC

Рисунок 1. Таблиця результатів багатовимірного аналізу

В результаті дослідження (рис. 1) сформульовано 4 пріоритетні групи у порядку спадання пріоритету: 1 група – AA; 2 група – BA, CA, AB, AC; 3 група – BB, BC, CB; 4 група – CC. Отже, стандартні пропорції аналізу ABC та закон Парето не виконуються. У результаті 43% товарів приносить 71% прибутку, 28% товарів – 20 % прибутку, і 29 % товарів – 9% прибутку. Або 43% товарів приносять дохід 71% та 47% товарів приносять 29% прибутку.

На основі отриманих результатів сформульовано рекомендації підприємству: зосередити увагу на категоріях Classic Cars, Vintage Cars, Motorcycles, збільшити асортимент даної продукції, оскільки вони приносять стабільні та великі прибутки. Також можна змінити або урізноманітнити асортимент категорії Trucks and Buses. Ships and Trains – найменш рентабельні для компанії, за даною методикою, доцільно скоротити їх частку в асортименті, але краще застосувати додаткові маркетингові стратегії для зацікавлення покупців. Було доповнено стандартний ABC-аналіз XYZ методом, використовується принцип Парето, поділяються на 3 основні групи. Було обрано саме таку оптимізацію через те, що різні групи товарів, у тому числі драйверів, можуть приносити дохід в залежності від сезону, нерегулярно. [4] XYZ-аналіз показав нестабільність попиту для всіх категорій товарів, через що метод виявився менш ефективним для даного набору даних, продажі досить хаотичні, а в деякі періоди для певних категорій відсутні.

Для сегментації клієнтів використано RFM-аналіз за показниками давності покупки (Recency), частоти покупок (Frequency) та суми витрат (Monetary) [3].

Для оцінювання Recency використано поділ діапазону значень на 5 груп, а для Frequency та Monetary – метод природних розривів.

У результаті RFM-сегментації було сформовано декілька груп клієнтів, для яких доцільно застосовувати диференційовані маркетингові стратегії. Сегмент Champions характеризується високою частотою покупок, значними обсягами витрат та нещодавньою активністю, тому для таких клієнтів доцільно використовувати персоналізовані пропозиції та ексклюзивні умови співпраці. Клієнти групи Loyal Customers здійснюють стабільні покупки на значні суми, що обумовлює ефективність програм лояльності для підтримання їхньої активності. Сегмент Potential Loyalists охоплює нових клієнтів, для яких важливим є застосування механізмів залучення та формування довгострокової взаємодії з компанією. Група About to Sleep/Others включає покупців, які раніше демонстрували високий рівень активності, проте тривалий час не здійснювали покупок, тому для їх повторного залучення доцільно використовувати індивідуалізовані маркетингові комунікації та спеціальні пропозиції. Найчисельнішим виявився сегмент Hibernating, для якого характерні низька частота покупок, невеликі обсяги витрат і тривала відсутність активності, що знижує доцільність використання дорогих маркетингових інструментів. За результатами аналізу у досліджуваній вибірці не було виявлено клієнтів сегментів At Risk та Lost, що свідчить про відсутність значних ризиків втрати найбільш цінних покупців.

У результаті дослідження було встановлено взаємозв'язки між характеристиками клієнтських сегментів, отриманих у межах RFM-сегментації, та структурою продажів товарних груп, визначених за результатами ABC-аналізу. Товари першої групи домінують для всіх сегментів клієнтів, незалежно від типу покупця, всі обирають насамперед товари групи 1. Клієнти категорії Champions виявляють схильність до крос-купівель, активно споживаючи товари 2-ї групи (15%). Натомість Loyal Customers демонструють найвищу зацікавленість у нішевих товарах серед 3-ї та 4-ї груп (сумарно 30%), що робить їх ключовими для підтримки повного асортиментного ряду. Сегменти Potential Loyalists та About to Sleep максимально сфокусовані на товарах 1-ї групи, це свідчить, що компанію впізнають за цими товарами. Висновок: На основі виявлених взаємозв'язків сформовано наступні рекомендації. Для повернення покупців категорії About to Sleep/Others, доцільно використати цільові знижки на товари групи 1. Для стимулювання переходу в категорію лояльних, Potential Loyalists, необхідно застосовувати стратегії крос-продажів, пропонуючи товари 2-ї групи як доповнення до їхніх основних замовлень. Loyal Customers є найбільш відкритою до різноманіття асортименту. На них рекомендовано тестувати нові товари 2-ї, 3-ї та 4-ї груп за допомогою бонусних програм, оскільки вони вже мають високу довіру до постачальника.

В результаті проведеного дослідження із застосуванням методів ABC-XYZ та RFM-аналізу було виявлено структурні взаємозв'язки між характеристиками клієнтських сегментів, товарними категоріями та показниками продажів. Використання підходів системного аналізу дозволило комплексно оцінити особливості функціонування бізнес-процесів підприємства, визначити пріоритетні напрями оптимізації асортиментної політики.

#### **Література**

1. Dilovod. ABC-аналіз. URL: <https://dilovod.ua/blog/abc-analiz/> (дата звернення: 10.02.2026).
2. Мазур О. Є. Багатовимірний ABC-аналіз асортименту. *Економіка: реалії часу*. 2019. № 4 (44). С. 80–90. DOI: 10.5281/zenodo.3757928.
3. Smartico. Моделювання RFM: поглиблений посібник. URL: <https://www.smartico.ai/uk/blog-post/guide-rfm-modeling> (дата звернення: 13.02.2026).
4. Берека І. В. Переваги ABC-XYZ аналізу в прийнятті управлінських рішень. URL: <https://www.economy-confer.com.ua/full-article/828/> (дата звернення: 28.03.2026).

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ АРХІТЕКТУР ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Бедей Михайло Михайлович, [bedei.mykhailo@student.uzhnu.edu.ua](mailto:bedei.mykhailo@student.uzhnu.edu.ua)

студент 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: ст. викл. Ломага М. М.

В умовах сучасної цифрової трансформації нейромережові методи комп'ютерного зору стають фундаментом для розбудови інтелектуальних систем (Smart City, автоматизація ритейлу, відеомоніторинг). З позиції системного аналізу, розв'язання задачі класифікації об'єктів у реальному часі є технічно складним завданням та потребує інженерного компромісу між точністю вилучення ознак та оптимізацією обчислювальних ресурсів [1, с. 330].

Головна мета дослідження – провести емпіричний порівняльний аналіз актуальних нейромережових архітектур (одноетапних та двоетапних) у задачі класифікації та локалізації транспортних засобів.

Програмна реалізація системи базується на мові Python. В межах експерименту було проведено навчання двох фундаментально різних архітектур: класичної двоетапної (Faster R-CNN) та спеціалізованої одноетапної (YOLO). Для об'єктивної оцінки якості моделей використовувалася метрика середньої точності mAP@0.50 (Mean Average Precision при порозі перекриття 0.50). Процес тренування кожної мережі тривав 30 епох на ідентичному наборі навчальних даних.

Аналіз отриманих результатів виявив суттєві методологічні розбіжності у поведінці моделей.

Архітектура **Faster R-CNN** продемонструвала ефект надзвичайно швидкої збіжності завдяки застосуванню механізмів трансферного навчання. Модель досягла високого показника mAP@0.50 на рівні ~0,67 вже на другій епосі навчання, з подальшою стабілізацією та фіксацією пікового значення на рівні **0,69** (69%).

Натомість процес оптимізації ваг у моделі **YOLO** характеризувався більш тривалим періодом адаптації та вираженими флуктуаціями на початкових етапах з падінням точності до 0,20 на 3-й епосі. Проте в процесі подальшого навчання метрика mAP@0.50 демонструвала стабільний висхідний тренд, досягнувши свого максимуму на рівні 0,60 (60%) на 30-й епосі.

Такі результати емпірично підтверджують архітектурні особливості систем: двоетапні детектори (Faster R-CNN) забезпечують вищу абсолютну точність розпізнавання класів завдяки розділенню процесів виділення регіонів та їх класифікації. Одночасно архітектура YOLO, поступаючись в точності на 9%, залишається більш оптимізованою алгоритмічно [2, с. 273–298].

Таблиця 1

Динаміка середньої точності (mAP@0.50) в процесі навчання

Епоха навчання	Архітектура Faster RCNN (mAP@0.50)	Архітектура YOLO (mAP@0.50)
10-та епоха	0.69 (69%)	0.46 (46%)
20-та епоха	0.68 (68%)	0.56 (56%)
30-та епоха	0.69 (69%)	0.60 (60%)

Дані, наведені у таблиці 1 підтверджують, що застосування механізмів трансферного навчання у двоетапних архітектурах (Faster R-CNN) забезпечує прискорену збіжність алгоритму та вищу граничну точність. Натомість одноетапні моделі (YOLO) демонструють поступову динаміку градієнтної оптимізації ваг, що потребує значно тривалішого циклу навчання для мінімізації функції втрат і досягнення стабільного плато метрик.

### Зростання середньої точності (mAP) розпізнавання транспортних засобів (Faster R-CNN)

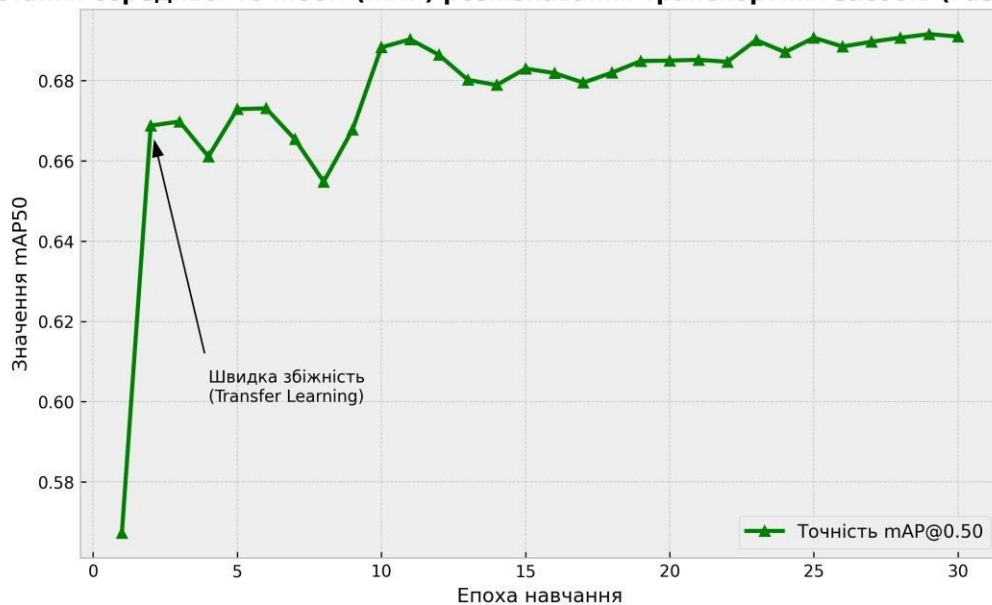


Рис. 1. Динаміка зростання mAP@0.50 для архітектури Faster R-CNN

### Зростання середньої точності (mAP) розпізнавання транспортних засобів (YOLO)

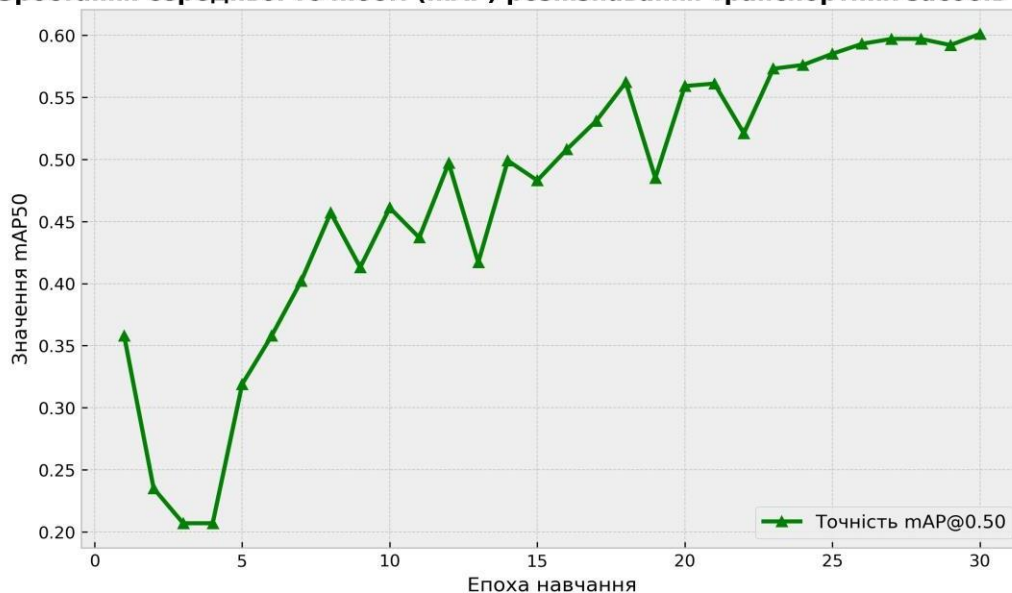


Рис. 2. Динаміка зростання mAP@0.50 для архітектури YOLO

### Література

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016. 800 p.
2. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd ed. Springer, 2022. 950p.

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Брила Павло Андрійович, [bryla.pavlo@student.uzhnu.edu.ua](mailto:bryla.pavlo@student.uzhnu.edu.ua)

*студент 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *ст.викл. Ломага М.М.*

Сучасні системи керування все більше покладаються на комп'ютерний зір (Computer Vision, CV) як на основне джерело даних для прийняття рішень. На відміну від класичних сенсорних систем, CV забезпечує аналіз та інтерпретацію параметрів навколишнього середовища, що необхідно для функціонування автономних агентів та інтелектуального моніторингу.

Головною особливістю таких систем є створення замкненого контуру (feedback loop), де візуальні дані безпосередньо впливають на динаміку керування.

1. Сприйняття (Perception). Використання бібліотек (наприклад, OpenCV) для виділення ознак або нейромережових моделей (YOLO, MobileNet) для детекції об'єктів.

2. Планування (Planning). Обчислення траєкторії або стратегії на основі координат та векторів руху знайдених об'єктів.

3. Виконання (Action). Передача низькорівневих команд на виконавчі механізми.

Для забезпечення високої швидкодії сучасні системи базуються на таких рішеннях:

- контейнеризація та Edge AI. Docker і периферійні обчислення забезпечують стабільність розгортання та мінімальні затримки;
- мікросервісна архітектура. NestJS і FastAPI підтримують розподілену логіку аналізу та керування.

Сфери практичного застосування:

- логістика й промисловість. Роботи та системи контролю якості автоматизують ідентифікацію товарів та виявлення дефектів. Це знижує витрати, підвищує точність і забезпечує неперервність виробничих процесів.

- міська інфраструктура. Аналіз відеопотоків у режимі реального часу дозволяє адаптивно керувати транспортними потоками, оптимізувати роботу світлофорів та зменшувати затори.

Основними викликами залишаються:

- технічні обмеження, оскільки потрібна оптимізація алгоритмів для роботи в реальному часі за обмежених ресурсів.

- надійність і безпека. Важливо забезпечити стійкість до складних умов зйомки та захист візуальних даних.

Інтеграція комп'ютерного зору в системи керування перетворює пасивне спостереження на активну взаємодію з оточенням. Розвиток технологій апаратного прискорення та нейронних мереж дозволяє створювати автономні системи, здатні працювати з точністю, що перевищує людські можливості.

## Література

1. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. Sebastopol : O'Reilly Media, 2008. 580 p.

2. ROS Developer Documentation. docs.ros.org. Дата звернення: 13.05.2026.

# РОЗРОБКА КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ МИТТЄВОГО ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ

Брич Іван Іванович, brych.ivan1@student.uzhnu.edu.ua

*Студент 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Антосяк П.П.*

У сучасному інформаційному середовищі важливою вимогою до програмних систем є забезпечення швидкої та зручної комунікації між користувачами. Особливо актуальним це є для застосунків миттєвого обміну повідомленнями, де користувач очікує отримання нових даних без необхідності оновлювати сторінку або повторно надсилати запити до сервера. Тому під час розробки таких систем важливу роль відіграють технології передачі даних у реальному часі.

Метою роботи є розробка вебзастосунку для приватного обміну повідомленнями між зареєстрованими користувачами та дослідження практичного використання технологій реального часу для доставки нових повідомлень.

Розроблений застосунок є MVP-версією приватного месенджера формату “один-на-один”. Серверна частина реалізована за допомогою фреймворку Laravel, який використовується як API для обробки запитів, автентифікації користувачів і роботи з повідомленнями. Клієнтська частина побудована з використанням Vue.js у форматі односторінкового застосунку. Для автентифікації застосовано Laravel Sanctum.

Основними можливостями застосунку є реєстрація, вхід і вихід користувача із системи, відображення списку співрозмовників з останнім повідомленням, підрахунок непрочитаних повідомлень, перегляд історії листування між двома користувачами, надсилання нових повідомлень та позначення повідомлень як прочитаних.

Особливу увагу приділено реалізації механізму миттєвої доставки повідомлень. Класична модель клієнт-серверної взаємодії через HTTP має певні обмеження для інтерактивних застосунків, оскільки клієнт повинен періодично надсилати запити до сервера для перевірки наявності нових даних. Такий підхід, відомий як polling, може створювати додаткове навантаження на сервер і збільшувати затримку доставки повідомлень.

Для вирішення цієї проблеми використано Laravel Echo та Pusher private channels. Такий підхід дає змогу доставляти нові повідомлення користувачу одразу після їх створення. Завдяки цьому застосунок забезпечує більш швидку та зручну взаємодію між співрозмовниками, оскільки користувач бачить нові повідомлення без ручного оновлення сторінки.

У результаті роботи було розроблено вебзастосунок для приватного обміну повідомленнями в реальному часі. Реалізована система демонструє практичне використання Laravel API, Vue.js, Laravel Sanctum, Laravel Echo та Pusher для створення базового месенджера.

Розроблений застосунок забезпечує основні можливості приватного листування між користувачами та миттєву доставку нових повідомлень. Подальший розвиток системи може передбачати додавання групових чатів, файлових вкладень, пошуку повідомлень, покращення інтерфейсу та оптимізацію механізму оновлення списку діалогів.

## Література

1. WebSocket API (WebSockets) / MDN Web Docs. URL: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebSockets\\_API](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebSockets_API) (дата звернення: 11.05.2026)
2. Broadcasting / Laravel Documentation. URL: <https://laravel.com/docs/broadcasting> (дата звернення: 11.05.2026)

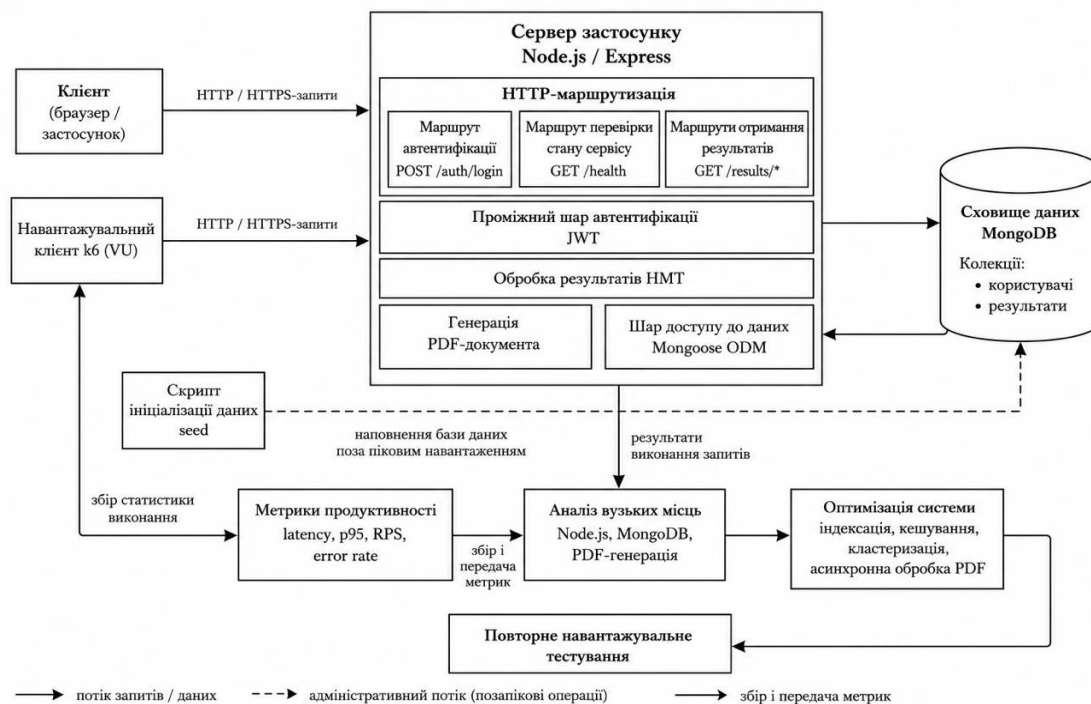
# АРХІТЕКТУРА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНИХ ДОДАТКІВ НА ОСНОВІ NODE.JS ТА MONGODB

Кириленко Ярослав, kyrylenko.yaroslav@student.uzhnu.edu.ua

студент 4 курсу, спеціальність 124 Системний Аналіз

Науковий керівник: к. ф.-м. н., доц. Чупов С.В.

Розглядається модель клієнт-серверного застосунку на основі Node.js та MongoDB в умовах високого навантаження,



Розроблено програмний прототип REST-сервісу для сценарію отримання результатів НМТ (Національний Мультипредметний Тест), реалізований на платформі Node.js з використанням MongoDB як системи зберігання даних. Проаналізовано основні проблеми масштабованості сучасних веб застосунків.

Для проведення експериментів сформовано модель навантаження засобами Grafana k6 [2], яка імітує пікові звернення користувачів до системи. У роботі використано підходи теорії масового обслуговування та закон Літтла для інтерпретації взаємозв'язку між інтенсивністю запитів, кількістю одночасних користувачів та часом відповіді системи.

## Література

1. Little J. D. C. A Proof for the Queuing Formula:  $L = \lambda W$  // Operations Research. 1961. Vol. 9, № 3. P. 383–387.
2. Grafana k6 Documentation. Режим доступу: <https://grafana.com/docs/k6/latest/>.

# ПРЕДИКТИВНИЙ АНАЛІЗ ХАРЧОВОЇ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧА ЗАСОБАМИ NEURALPROPHET ТА XGBOOST: РЕАЛІЗАЦІЯ У ВЕБ- ЗАСТОСУНКУ

Кобаль Вікторія Андріївна, [kobal.viktoriia@student.uzhnu.edu.ua](mailto:kobal.viktoriia@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 3 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Антосяк П.П.*

Сучасні застосунки для відстеження харчування здебільшого зводяться до реєстрації здійснених прийомів їжі, залишаючи користувача без відповіді на практичні запитання: коли буде досягнуто цільову вагу чи коли виникне відчуття голоду. У рамках розробки веб-застосунку на архітектурі React та Django REST Framework було реалізовано модуль предиктивної аналітики на основі двох спеціалізованих бібліотек: NeuralProphet та XGBoost.

Вибір моделей зумовлений природою даних. Журнал ваги є нерегулярним часовим рядом із пропусками, що унеможливує застосування класичних методів на кшталт ARIMA. NeuralProphet поєднує статистичну модель тренду та сезонності з авторегресійною нейромережею AR-Net [1]. Модель отримує часовий ряд ваги разом із агрегованими денними показниками харчового журналу як зовнішніми регресорами та моделює тренд, тижневу сезонність і авторегресійну складову. Ключовою перевагою є адаптивність архітектури: за малої кількості спостережень модель працює у статистичному режимі, активуючи нейромережовий компонент у міру накопичення даних. Квантильна регресія дає змогу додатково відображати довірчий інтервал прогнозу.

Задача оцінки часу до відчуття голоду має принципово іншу природу і не є задачею часового ряду. Це регресія на табличних даних. На вхід подається макронутрієнтний склад прийому їжі, загальна калорійність, тип прийому та година доби, на виході – очікувана тривалість насичення. XGBoost обрано з огляду на доведену ефективність градієнтного бустингу на малих датасетах та його стійкість до перенавчання [2]. Цільовою змінною слугує інтервал між послідовними записами про прийом їжі. За недостатньої кількості записів система перемикається на детерміновану формулу насиченості на основі індексу Холта [3].

Обидва модулі реалізовано у межах окремого Django-застосунку. Передбачення кешуються та оновлюються при кожному новому записі, результати передаються через єдиний ендпоінт і візуалізуються засобами Recharts.

Проведене тестування підтвердило загальну працездатність реалізованого підходу. Обидві моделі продемонстрували результати, що відповідають висунутим вимогам: NeuralProphet забезпечує стабільний прогноз ваги навіть за обмеженої історії спостережень, а XGBoost ефективніше апроксимує індивідуальні патерни насичення порівняно з детермінованою базовою формулою за наявності достатнього обсягу даних. Модуль позиціонується як інструмент для виявлення індивідуальних тенденцій на основі даних, які користувач вводить самостійно, і не претендує на роль медичної діагностичної системи.

## Література

1. URL: <https://neuralprophet.com/contents.html> (дата звернення: 08.05.2026)
2. Асеко-Нкілі А. М., Яворський О. А. Огляд застосування методів градієнтного бустингу в задачах регресії / Навчально-науковий Фізико-технічний інститут. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1fad8c4a-c292-4fd3-8a13-6fe85210752a/content> (дата звернення: 08.05.2026)
3. URL: [https://www.researchgate.net/publication/15701207\\_A\\_Satiety\\_Index\\_of\\_common\\_foods](https://www.researchgate.net/publication/15701207_A_Satiety_Index_of_common_foods) (дата звернення: 09.05.2026)

# МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ФОП

Коваль Софія Олександрівна, [koval.sofiia@student.uzhnu.edu.ua](mailto:koval.sofiia@student.uzhnu.edu.ua)

студентка 4 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: к.т.н., доц. Андрашко Ю.В.

В умовах цифровізації економіки України та зростання частки експорту послуг, зокрема у сфері ІТ, автоматизація фінансового обліку для Фізичних осіб-підприємців (ФОП) є критично важливою. Згідно з чинним законодавством, підприємці на спрощеній системі 1–3 груп, які не є платниками ПДВ, звільнені від обов'язку вести облік витрат. Трансформація даних відбувається шляхом їх перенесення з первинних документів у реєстр довільної форми. У результаті проведеного дослідження запропоновано систему, призначену для автоматизації процесів обліку, моніторингу та аналізу доходів і особистих витрат [1].

Для побудови інформаційної моделі необхідним є розмежування фінансових потоків і зобов'язань фізичної особи-підприємця. Структура доходів формується з надходжень у національній та іноземній валютах, при цьому валютні операції переводяться у гривневий еквівалент за офіційним курсом Національного банку України на дату зарахування коштів. Для фізичних осіб-підприємців третьої групи витрати не впливають на базу оподаткування, однак у межах управлінського обліку вони поділяються на операційні витрати та податкові платежі. До операційних витрат належать банківські комісії, витрати на програмне забезпечення та оренду серверної інфраструктури.

Автоматизація процесів фінансового обліку потребує формалізації норм Податкового кодексу України у вигляді алгоритмів обробки даних [2]. У межах дослідження виокремлено основні інформаційні потоки системи, зокрема:

- транзакції користувача, які через сервіс конвертації валют NbuService із використанням офіційного АРІ Національного банку України перетворюються у нормалізовані суми в гривневому еквіваленті [3];
- транзакції у поєднанні з параметрами налаштувань ФОП (FopSettings), що передаються до сервісу TaxService для автоматизованого нарахування єдиного соціального внеску, єдиного податку та військового збору;
- транзакції та бюджетні параметри, які обробляються сервісом InsightService з метою формування персоналізованих аналітичних рекомендацій.

Ключовими наборами даних запропонованої інформаційної системи є дані про фінансові транзакції користувачів, параметри облікового профілю фізичної особи-підприємця, нормативно-довідкова інформація щодо податкових правил, історія податкових нарахувань, а також структури даних, призначені для бюджетування та категоризації фінансових операцій. Сукупність зазначених інформаційних сутностей формує основу для реалізації функцій фінансового моніторингу, автоматизованого податкового обліку, аналітичної обробки даних та персоналізованого управління витратами.

Групування транзакцій у межах інформаційної системи здійснюється за категоріями, часовими інтервалами (день, тиждень, місяць, квартал, рік) та типами фінансових операцій, зокрема доходами фізичної особи-підприємця, особистими доходами та витратами. Класифікація транзакцій реалізується за категоріальними ознаками з підтримкою користувацьких категорій, валютами проведення операцій, ознакою зовнішньоекономічної діяльності, а також відповідністю встановленим обмеженням для окремих груп фізичних осіб-підприємців.

Для формалізації процесу обліку запропоновано модель розрахунку сукупного оподаткованого доходу. Нехай  $I_{total}$  – загальний дохід у гривневому еквіваленті за звітний період, сформований сукупністю транзакцій у національній та іноземній валютах. Тоді розрахунок інтегрального показника доходу може бути поданий у вигляді:

$$I_{total} = \sum_{i=1}^n U_i + \sum_{j=1}^m (V_j \cdot R_j),$$

де  $U_i$  – сума надходження у гривні,  $V_j$  – сума надходження у валюті,  $R_j$  – офіційний курс НБУ для відповідної валюти на дату транзакції.

Модель розрахунку сукупних податкових зобов'язань підприємця базується на агрегуванні обов'язкових платежів за визначений звітний період. Нехай  $T(P)$  — загальна сума податкових зобов'язань фізичної особи-підприємця за звітний період  $P$  (квартал або рік). Тоді величина податкових нарахувань визначається як сума щомісячних обов'язкових платежів і може бути подана у вигляді:

$$T(P) = \sum_{m \in P} [fop\_income(y, m) \cdot \frac{income\_tax\_percent(y, m)}{100} + fop\_income(y, m) \cdot \frac{military\_tax\_percent(y, m)}{100} + esv\_value(y, m)],$$

де  $income\_tax\_percent$  визначає ставку єдиного податку для фізичних осіб-підприємців третьої групи на рівні 5% або 3% для платників ПДВ, а  $military\_tax\_percent$  — ставку військового збору у розмірі 1%. Значення  $esv\_value(y, m)$  для року  $y$  та місяця  $m$  формується на основі пріоритетного механізму обробки даних: враховуються користувачські параметри нарахувань ЄСВ, розглянуто випадок покриття внеску основним місцем працевлаштування, за якого значення приймається рівним нулю, а в інших випадках використовується нормативне значення для відповідного календарного періоду. Мінімальний розмір ЄСВ у 2025 році становить 1760 грн, а у 2026 році – 1902,34 грн.

Аналітичний модуль InsightService реалізує обробку фінансових показників користувача на основі системи відносних та динамічних індикаторів. Частка окремої категорії у структурі витрат визначається як відношення витрат за певною категорією до загального обсягу витрат:

- частка категорії у витратах  $share = \frac{spent\_cat}{spent\_total}$ ,
- використання бюджету  $usage = \frac{spent\_cat}{limit\_cat}$ ,
- темп зростання  $\Delta \% = \frac{spent_t - spent_{t-1}}{spent_{t-1}} \cdot 100\%$ .

У межах дослідження сформовано систему ключових показників ефективності (KPI) для моніторингу фінансового стану фізичної особи-підприємця та підтримки прийняття управлінських рішень. Реалізовані показники охоплюють коефіцієнт заощаджень, прогноз витрат, концентрацію основних категорій витрат, залишок податкового ліміту, обсяг майбутніх обов'язкових платежів, індикатори ризику перевищення бюджетних обмежень, а також співвідношення підприємницьких і особистих доходів. Доступ до аналітичних даних забезпечується через REST API з їх подальшою візуалізацією в інтерфейсі користувача.

Формалізація структури доходів і витрат ФОП третьої групи, нормативних вимог до звітності та інформаційних потоків стала основою для розроблення автоматизованої інформаційної системи «Fin-Assistant», призначеної для автоматизації податкового обліку, аналітичної обробки фінансових даних і підтримки управлінських рішень підприємця.

## Література

1. Групи ФОП в Україні: як обрати найвигіднішу для власної справи. URL: <https://kosht.media/hrupy-fop-v-ukraini-iaak-obraty-nayvyhidnishu-dlia-vlasnoi-spravy/> (дата звернення: 17.04.2026)
2. Податковий кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#n6946> (дата звернення: 18.02.2026)
3. Офіційний курс гривні до іноземних валют. URL: <https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates> (дата звернення: 15.04.2026).

# АРХІТЕКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОГО АІ-КОУЧА НА БАЗІ LANGGRAPH ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ХАРЧУВАННЯ

Ковач Роман Володимирович, kovach.roman@student.uzhnu.edu.ua

*студент 3 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Антосяк П.П.*

Стрімкий розвиток генеративного штучного інтелекту (ШІ) зумовив появу значної кількості програмних застосунків, що інтегрують ШІ-агентів. Проте традиційний одноагентний підхід (single-agent), заснований на використанні базової великої мовної моделі, має суттєві обмеження, зокрема нестабільність згенерованих відповідей та складність контролю безпеки наданих рекомендацій. З метою подолання зазначених проблем у програмному середовищі бекенд-системи NutriAI, розробленої на базі фреймворків Django 6.x та Django REST Framework [3], було спроектовано інтелектуальний модуль персоналізованого коучингу. Цей модуль реалізовано за допомогою мультиагентної архітектури з використанням бібліотек LangChain та LangGraph [1].

Вибір LangGraph як інструмента оркестрації зумовлений необхідністю побудови керованого та циклічного пайплайна [1], що забезпечує значно вищу якість порад порівняно з лінійними ланцюжками. Для реалізації логіки АІ-коуча було спроектовано граф із чотирма функціональними ролями (агентами) [2]: IntakeAgent: здійснює збір та нормалізацію контексту користувача (цілі, обмеження, аналіз трендів за 7/14 днів). PlanningAgent: формує денний план харчування та макронутрієнтні орієнтири. CriticSafetyAgent: виконує роль детермінованого шару перевірки на наявність алергій, медичних протипоказань та конфліктів у рекомендаціях. CoachResponseAgent: генерує фінальну відповідь для користувача зі структурованим поясненням прийнятих рішень.

Оркестратор контролює стан (state) між кроками, підтримує політику повторних спроб (retry policy) та умовні переходи: у разі виявлення ризиків вузлом Critic, система ініціює повторне планування (re-plan) з урахуванням виявлених обмежень.

Для забезпечення спостережуваності та оцінки якості системи було інтегровано контур LangSmith, що дозволяє відстежувати кожен запуск графа через унікальні trace\_id. Тестування на контрольних наборах даних підтвердило надійність системи: рівень дотримання правил безпеки (safety\_compliance) склав  $\geq 0.95$ , показник персоналізації (personalization\_score)  $\geq 0.85$ , а середній час відгуку всього пайплайна агентів (p95 latency) не перевищує 8 секунд. Важливою перевагою є впроваджений механізм деградації (fallback): при критичних збоях у роботі окремих вузлів графа система автоматично перемикається на видачу базових порад, зберігаючи працездатність API.

Розроблена архітектура демонструє інженерну зрілість веб-застосунку, забезпечуючи прозорість прийняття рішень ШІ та високий рівень безпеки для кінцевого користувача.

## Література

1. LangGraph Documentation. URL: <https://langchain-ai.github.io/langgraph/> (дата звернення: 09.05.2026).
2. OpenAI API Reference. URL: <https://platform.openai.com/docs/api-reference> (дата звернення: 09.05.2026).
3. Django REST Framework. URL: <https://www.django-rest-framework.org/> (дата звернення: 09.05.2026).

## ГЕЙМІФІКАЦІЯ ШАШКОВОЇ ГРИ

Мойсей Катерина Андріївна, [moisei.kateryna@student.uzhnu.edu.ua](mailto:moisei.kateryna@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *ст. викл. Ломага М. М.*

У сучасних умовах розвитку цифрових технологій класичні настільні ігри дедалі частіше переносяться у формат програмних додатків. Шашки є однією з найвідоміших логічних ігор, яка поєднує прості правила з високим рівнем стратегічної складності. Водночас програмна реалізація шашкової гри потребує розв'язання низки алгоритмічних завдань: перевірки допустимості ходів, реалізації обов'язкового биття, багаторазового биття, роботи дамок, збереження історії партії та визначення завершення гри [3].

Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення програмного продукту, який не лише відтворює класичний ігровий процес, а й надає користувачеві навчально-аналітичні можливості. У цьому контексті гейміфікація розглядається як використання інтерактивних механік, що підвищують залученість користувача, полегшують аналіз ігрових ситуацій та сприяють кращому засвоєнню матеріалу [1, 2].

Розроблено програмний додаток мовою програмування C# з використанням технології Windows Forms, який забезпечує реалізацію правил шашкової гри та містить додаткові функції для аналізу й навчання користувача [4].

Для забезпечення логічної структури додаток побудовано за модульним принципом. Система складається з кількох взаємопов'язаних компонентів: графічного інтерфейсу користувача, модуля роботи з дошкою, модуля перевірки правил, історії ходів, модуля перегляду дебютів, а також модулів імпорту й експорту партій у форматі PDN. Такий підхід дозволяє відокремити внутрішню логіку гри від її візуального представлення та спрощує подальше розширення програми.

Основою ігрової логіки є внутрішня модель дошки, представлена у вигляді двовимірного масиву. Кожна клітинка має відповідне значення, яке визначає її стан: порожня клітинка, біла шашка, чорна шашка, біла дамка або чорна дамка. Завдяки цьому програма може швидко визначати розташування фігур, перевіряти можливість виконання ходу, здійснювати биття та оновлювати стан гри після кожної дії користувача.

Перевірка ходу виконується шляхом аналізу початкової та кінцевої позицій фігури. Програма визначає, чи переміщується шашка по діагоналі, чи є кінцева клітинка вільною, чи належить фігура поточному гравцеві та чи не порушує хід правила гри. Якщо виконується биття, система додатково перевіряє наявність фігури суперника між початковою та кінцевою позиціями.

Окрему увагу приділено реалізації правила обов'язкового биття, оскільки воно є однією з ключових особливостей шашкової гри [3]. Якщо поточний гравець має можливість побити фігуру суперника, звичайні ходи блокуються. Також реалізовано багаторазове биття: після першого биття система перевіряє, чи може та сама фігура продовжити комбінацію. Якщо така можливість є, черга не переходить до іншого гравця до завершення всього ланцюга боїв.

Для дамок реалізовано окремий алгоритм руху, оскільки дамка може переміщуватися по діагоналі на кілька клітинок. У цьому випадку програма перевіряє шлях між початковою та кінцевою позиціями, визначає наявність фігур на цьому шляху та встановлює, чи є хід звичайним переміщенням або биттям.

Навчально-аналітичні можливості додатка реалізовано через історію ходів, перехід назад і вперед між позиціями, перегляд дебютних варіантів та роботу з файлами у форматі PDN. Історія ходів дозволяє користувачеві аналізувати розвиток партії, а модуль Opening Explorer допомагає вивчати типові початкові позиції. Формат PDN використовується для текстового запису шашкових партій, тому його підтримка дає змогу зберігати й відкривати партії для подальшого аналізу [5].

Гейміфікація у розробленому додатку проявляється через інтерактивність, зворотний зв'язок і підтримку навчального процесу. Користувач не лише виконує ходи, а й отримує можливість переглядати історію партії, аналізувати позиції, вивчати дебюти та працювати із записами ігор. Такі функції сприяють підвищенню зацікавленості, розвитку самостійного аналізу та стратегічного мислення [1, 2].

Проведене тестування підтвердило коректність роботи основних функцій програми. Було перевірено початкове розміщення фігур, виконання простих ходів, обов'язкове биття, ланцюгове биття, роботу дамок, збереження історії ходів, завантаження дебютів із JSON-файлу та експорт партій у форматі PDN. Результати тестування показали, що програма правильно обробляє як базові, так і складніші ігрові ситуації.

### **Висновки**

Отже, у роботі реалізовано програмний додаток, що поєднує класичну шашкову гру з елементами гейміфікації, навчання та аналізу. Реалізований підхід дозволяє не лише відтворити правила гри, а й надати користувачеві інструменти для перегляду історії партії, вивчення дебютів і роботи з файлами у форматі PDN.

Розроблена система демонструє коректну роботу основних алгоритмів шашкової гри, зокрема перевірки допустимості ходів, обов'язкового биття, багаторазового биття та роботи дамок. Отримані результати підтверджують доцільність використання гейміфікованого підходу для створення навчально-аналітичних ігрових програм.

Перспективами подальшого розвитку є додавання комп'ютерного суперника, системи підказок, рівнів складності, рейтингу користувача та автоматичного аналізу помилок після завершення партії.

### **Література**

3. Sailer M., Homner L. The Gamification of Learning: A Meta-Analysis. Educational Psychology Review. 2020. Vol. 32. P. 77–112. URL: <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
4. Zainuddin Z., Chu S. K. W., Shujahat M., Perera C. J. The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. Educational Research Review. 2020. Vol. 30. 100326. URL: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>
5. International Draughts Federation. Official Rules of the game in draughts-64. URL: [https://www.fmjd.org/downloads/64cb/Official\\_Rules\\_of\\_the\\_game\\_in\\_64\\_classic\\_draughts.pdf](https://www.fmjd.org/downloads/64cb/Official_Rules_of_the_game_in_64_classic_draughts.pdf)
6. Microsoft Learn. Windows Forms documentation. URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/dotnet/desktop/winforms/>
7. Wesselink W. PDN 3.0 Standard. Portable Draughts Notation. URL: <https://github.com/wiegerw/pdn>

# ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ПРИРОДНОЇ МОВИ (NLP) ДЛЯ АНАЛІЗУ ТОВАРНИХ ОПИСІВ У СИСТЕМАХ КОНТЕНТНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

Нечипорук Єлизавета Ігорівна, [netchyporuk.yelyzaveta@student.uzhnu.edu.ua](mailto:netchyporuk.yelyzaveta@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Брила А. Ю.*

В умовах стрімкого накопичення великих даних користувачі електронної комерції часто зазнають труднощів під час пошуку потрібного товару серед величезної кількості пропозицій. Оскільки математичні моделі та алгоритми машинного навчання не здатні працювати з текстовою інформацією напряму, виникає потреба у перетворенні цих даних у числовий формат. У цьому контексті використання методів обробки природної мови (NLP) у поєднанні з контентною фільтрацією виступає як найбільш перспективний інструмент для автоматизації процесів персоналізації, оскільки дозволяє рекомендувати абсолютно нові товари без накопиченої історії їх продажів, спираючись виключно на їх текстовий опис.

Процес підготовки даних розпочинається з етапу базового очищення, оскільки вихідні текстові описи в електронній комерції часто містять значну кількість «інформаційного шуму» (пунктуацію, спеціальні символи, розмітку), першочерговим завданням є нормалізація даних. За допомогою модуля регулярних виразів із тексту видаляється вся пунктуація, а слова зводяться до нижнього регістру для стандартизації [1]. Це забезпечує стабільність роботи математичних моделей, запобігаючи дублюванню ідентичних слів через різницю у написанні. Після цього застосовується математична векторизація тексту, найбільш ефективною для аналізу товарних описів є статистична міра TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency). Цей метод дозволяє перетворити слова на числа, розраховуючи їхню вагу: алгоритм знижує значущість загальноживаних слів і фокусується на унікальних характеристиках товару [2]. Оскільки унікальних слів у базі може бути дуже багато, результати зазвичай зберігаються у вигляді розріджених матриць (Sparse Matrix). Останнім етапом є визначення ступеня схожості між товарами шляхом математичного порівняння утворених векторних моделей тексту.

Отже, комплексне застосування методів NLP (починаючи від технічного очищення тексту і закінчуючи TF-IDF векторизацією) забезпечує ефективну роботу контентних рекомендаційних систем. Такий підхід фактично вчить алгоритми «читати» описи та розуміти властивості товарів, що в результаті підвищує релевантність персоналізованих пропозицій та ефективність систем електронної комерції.

## **Література**

1. Джоші А., Павленко В. І. Порівняння методів машинного навчання для визначення фейкових новин. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. 2024. № 1 (07). С. 46–55. DOI: <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2024-01-07-06>
2. Литвин В. В., Шаховська Н. Б., Крайовський В. Я. Реферування текстових документів на основі зважування міри TF-IDF онтологією предметної галузі. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі. 2010. № 689. С. 294–302.

# РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛУ ОБЛІКУ ВІДВІДУВАНOSTІ СТУДЕНТІВ НАВЧАЛЬНОЇ ГРУПИ

Новак Тамара Віталіївна novak.tamara@student.uzhnu.edu.ua

*студентка 3 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Антосяк П.П.*

Цифрова трансформація закладів вищої освіти вимагає впровадження надійних, масштабованих та безпечних інструментів для автоматизації щоденних адміністративних процесів. Традиційні методи обліку відвідуваності та успішності студентів, що базуються на паперових носіях або локальних електронних таблицях, є неефективними, схильними до втрати даних та не забезпечують оперативного доступу до інформації в режимі реального часу. У зв'язку з цим, актуальним завданням є створення спеціалізованих хмарно-орієнтованих систем, здатних миттєво синхронізувати дані між усіма учасниками освітнього процесу.

Метою роботи є розробка надійного, безпечного та реактивного веб-застосунку «Лестра» для автоматизації обліку відвідуваності, ведення розкладу та моніторингу успішності студентів академічних груп з використанням сучасних технологій розробки односторінкових застосунків (SPA) та хмарних баз даних.

Архітектура розробленої системи побудована на базі прогресивного JavaScript-фреймворку Vue.js з використанням класичного підходу Options API, що забезпечує чітку структурованість компонентів, високу читабельність коду та легкість подальшого масштабування. Для вирішення проблеми розсинхронізації даних та усунення явища «prop drilling» (багаторівневої передачі властивостей через дерево компонентів), у проєкті реалізовано централізоване керування станом за допомогою екосистеми Pinia. Логіку роботи з даними повністю декомпоновано на окремі автономні сховища (authStore, dataStore).

В якості єдиного джерела істини (Single Source of Truth) та серверної інфраструктури (Backend-as-a-Service) інтегровано платформу Google Firebase, зокрема документо-орієнтовану базу даних Cloud Firestore. Повна відмова від локального сховища браузера (localStorage) на користь хмарної структури колекцій (users, groups, students, schedule) гарантує постійну доступність та цілісність даних незалежно від пристрою доступу. Ключовою інновацією розробленого продукту є впровадження механізму Real-Time оновлень. Завдяки використанню реактивних слухачів onSnapshot, будь-які зміни в базі даних миттєво та асинхронно відображаються на клієнтських пристроях відповідних користувачів без необхідності ручного перезавантаження сторінки.

У системі реалізовано жорстку модель розмежування прав доступу на основі ролей (Role-Based Access Control) з трьома рівнями авторизації: Адміністратор, Староста та Студент. Безпека даних гарантується не на рівні клієнтського коду, а безпосередньо на рівні хмари за допомогою декларативних правил безпеки Firestore Security Rules.

Отже, розроблений хмарно-орієнтований застосунок «Лестра» є готовим програмним рішенням, яке демонструє високу швидкодію, стійкість до мережевих збоїв та абсолютну цілісність даних. Використання реактивної зв'язки Vue.js, Pinia та Cloud Firestore дозволило створити зручний інструмент для закладів вищої освіти, який відповідає найсучаснішим стандартам розробки.

## Література

1. Vue.js. Introduction / Vue.js Documentation. URL: <https://vuejs.org/guide/introduction> (дата звернення: 11.05.2026)
2. Get realtime updates with Cloud Firestore / Firebase Documentation. URL: <https://firebase.google.com/docs/firestore/query-data/listen> (дата звернення: 11.05.2026)

# МЕРЕЖІ ПЕТРІ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ

Новікова Руслана Вікторівна, [novikova.ruslana@student.uzhnu.edu.ua](mailto:novikova.ruslana@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 4 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *ст.викл. Ломага М.М.*

Імітаційне моделювання розглядається як сучасна технологія ітераційних обчислювальних випробувань, що спрямована на відтворення часової поведінки систем різної природи. Основним принципом цього методу є заміна досліджуваної системи моделлю, яка з достатньою точністю описує реальний об'єкт, що дає змогу проводити різнопланові цифрові експерименти для отримання інформації про динаміку його функціонування. Використання математичного апарату та обчислювальних потужностей дозволяє імітувати реакції об'єкта на зовнішні та внутрішні збурення, забезпечуючи високу репрезентативність результатів.

У сучасній науковій практиці виділяють кілька ключових парадигм моделювання, серед яких особливе місце посідають системна динаміка, агентне та дискретно-подієве моделювання. Системна динаміка фокусується на побудові графічних діаграм глобальних впливів параметрів у часі. Агентний підхід базується на дослідженні автономних функціональних одиниць, поведінка яких визначає динаміку всієї децентралізованої системи. Дискретно-подієве моделювання дозволяє абстрагуватися від неперервності процесів, зосереджуючись на основних подіях, таких як очікування або обробка, що є найбільш ефективним для дослідження логістичних та телекомунікаційних мереж.

Для формалізованого опису асинхронних дискретно-подієвих процесів універсальним інструментом є мережі Петрі, які представляють собою дводольний орієнтований граф із позицій та переходів. На відміну від класичних моделей, сучасні модифікації включають часові затримки, що дозволяють імітувати реальну тривалість операцій шляхом розділення моменту вилучення та появи маркера в системі. Подальшим розвитком даного апарату стало Петрі-об'єктне моделювання, яке поєднує математичну строгість стохастичних мереж Петрі з принципами об'єктно-орієнтованого програмування. У межах цього підходу система конструюється з модульних елементів, де статистичні об'єкти зберігають необхідну інформацію, а динамічні (Петрі-об'єкти) описують поведінку системи через механізми тиражування та успадкування. Це дозволяє значно спростити проектування складних розгалужених структур, зберігаючи при цьому можливість детального аналізу перехідних процесів та оптимізації параметрів системи за допомогою сучасних обчислювальних методів.

Ефективність практичної реалізації таких моделей залежить від вибору програмного інструментарію, такого як CPN Tools для ієрархічних розфарбованих мереж або мови Python для кастомних рішень. Використання спеціалізованого ПЗ дозволяє забезпечити верифікацію властивостей алгоритмів та уникнути логічних помилок у складних виробничих або інфраструктурних системах. Таким чином, поєднання аналітичної потужності мереж Петрі з гнучкістю імітаційного моделювання створює надійну базу для дослідження та вдосконалення процесів у різних галузях науки й техніки.

## Література

1. В. Б. Неруш, В. В. Курдеча «Імітаційне моделювання систем та процесів» URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/3fe27852-776f-4130-bc62-c9c2be44ed6e/content>
2. Магістерська робота Дифучин А. Ю. «Веб-сервіс моделювання дискретно-подійних систем». URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/8581a422-c47d-45de-a104-3603b83b5f49/content>
3. Соколовський Я., Фірман В. Використання мереж Петрі для моделювання складних систем // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2020. – Вип. 1. – С. 150–154.

# СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ІТ-РИНКУ ПРАЦІ УКРАЇНИ: ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРИК ТА ТРЕНДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕБ-ПАРСИНГУ

Петріченко Олександр Олександрович,  
[petrichenko.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua](mailto:petrichenko.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua)

студент 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Брила А. Ю.

Сучасний ринок праці в галузі інформаційних технологій (ІТ) є однією з найбільш динамічних соціально-економічних систем, що постійно трансформується під впливом технологічного прогресу та глобальних викликів. З позиції системного аналізу, цей ринок можна розглядати як відкриту систему з асинхронним обміном даними, де традиційні методи збору інформації (державна звітність, соціологічні опитування) часто не встигають за реальними темпами оновлення середовища. Це породжує потребу у впровадженні автоматизованих інструментів розвідувального аналізу даних (EDA), здатних генерувати актуальні статистичні зрізи в режимі реального часу [1].

Головна мета дослідження — провести комплексний статистичний аналіз актуального стану українського ІТ-ринку праці шляхом програмного збору, нормалізації та візуалізації відкритих даних з профільних рекрутингових платформ (на прикладі DOU).

Для реалізації поставленої мети було розроблено програмну систему, архітектура якої базується на екосистемі мови Python. Враховуючи, що контент сучасних веб-порталів формується динамічно за допомогою JavaScript, для збору даних було використано бібліотеку Selenium WebDriver. Алгоритм парсингу було спроектовано з використанням механізмів явного очікування та імітації дій користувача для обходу пагінації, що гарантувало вичерпність отриманої вибірки.

Ключовим етапом дослідження стала попередня обробка неструктурованих даних за допомогою бібліотеки Pandas на основі методів розвідувального аналізу [2]. Реалізований модуль очищення забезпечив нормалізацію фінансових показників, витягуючи числові значення заробітних плат із текстових діапазонів за допомогою регулярних виразів. Також було застосовано синтаксичний аналіз рядків засобами модуля ast для безпечного перетворення текстових описів локацій у масиви даних з подальшим їх розгортанням для коректного статистичного обліку.

В результаті аналізу отриманого масиву даних (понад 1500 вакансій за основними технологічними напрямками) було виявлено фундаментальні тренди розвитку галузі. Зокрема, встановлено, що формат зайнятості став самостійною критичною метрикою (Рис. 1).

Частка вакансій з можливістю віддаленої роботи

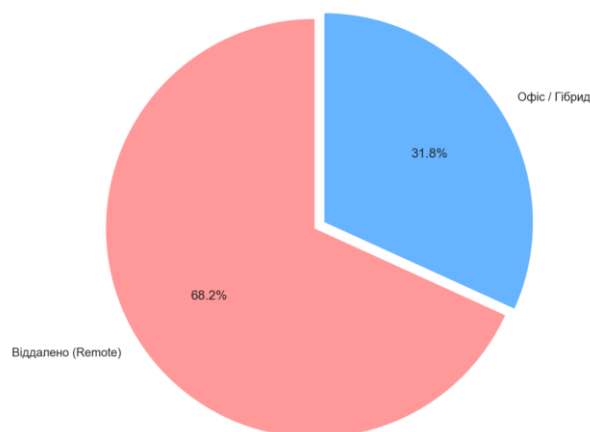


Рис. 1. Розподіл ІТ-вакансій за форматом зайнятості

Статистичні дані демонструють, що 68,2% пропозицій на ринку передбачають повністю віддалений формат роботи (Remote). Це підтверджує гіпотезу про високий ступінь децентралізації українського ІТ-бізнесу та його стійкість до інфраструктурних викликів, пов'язаних з воєнним станом.

Другим вектором аналізу стало дослідження фінансової винагороди. Для нівелювання впливу аномальних статистичних викидів (високих або низьких зарплат у сирих даних) у дослідженні використовувалася медіана [1]. Результати сегментації ринку за кваліфікаційними рівнями (грейдами) наведено в таблиці 1.

Кваліфікаційний грейд	Медіанна ЗП (USD)	Кількість пропозицій
Trainee / Junior	\$500 – \$700	12%
Middle	\$2 000 – \$2 400	48%
Senior / Lead	\$3 800 – \$4 500	40%

Таблиця 1. Медіанні показники заробітних плат для напрямку Python

Дані таблиці 1 свідчать про значний фінансовий розрив між початковим та середнім рівнями (понад 300%), що відображає високу ринкову вартість спеціалістів, здатних до самостійної роботи над архітектурою проєктів.

Висновки. Проведене системне дослідження доводить ефективність застосування методів веб-парсингу та EDA для оперативного моніторингу ринку праці [2]. Отримані результати підтверджують домінуючу роль віддаленої роботи та високий ступінь залежності доходу від кваліфікаційного грейда. Розроблена методологія може бути використана як база для створення систем підтримки прийняття рішень при плануванні освітніх траєкторій та кар'єрного розвитку.

### Література

1. Офіційний портал розробників України (DOU). Аналітика ІТ-ринку праці. URL: <https://dou.ua/lenta/tags/аналітика/> (дата звернення: 08.05.2026).
2. Кондрук Н. Е. Попередня обробка та аналіз даних: лабораторний практикум для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика». Ужгород: УжНУ, 2023. 41 с.

# РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСІВ

Староста Анастасія Василівна, [starosta.anastasiia@uzhnu.edu.ua](mailto:starosta.anastasiia@uzhnu.edu.ua)

студентка 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Брила А.Ю.

У сучасних умовах стрімкого розвитку електронної комерції та збільшення обсягів цифрової інформації користувачі онлайн-сервісів все частіше стикаються з явищем, відомим як «парадокс вибору». Великий асортимент товарів у кожній категорії, від побутової техніки до електроніки, значно ускладнює процес прийняття раціонального рішення. З огляду на це виклики, розробка систем підтримки прийняття рішень на основі персоналізованих алгоритмів ранжування та адаптивного аналізу вагових коефіцієнтів набуває дедалі більшого значення [2].

Для забезпечення гнучкості та швидкодії система побудована на базі архітектурного стилю REST API. Система функціонально розділена на три взаємопов'язані модулі: серверну частину (main.py), клієнтську частину (index.js), інформаційну базу системи (data.json) [4].

Для вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації було обрано метод адитивної згортки.

Математична модель вибору базується на обчисленні глобального рейтингу для кожної альтернативи за формулою:

$$Score_i = \sum_{j=1}^n w_j \times s_{ij},$$

де  $w_j$  - вага  $j$ -го критерію,  $s_{ij}$  - нормалізована оцінка  $i$ -ї альтернативи за  $j$ -м критерієм [3].

Важливим етапом функціонування системи є нормалізація вхідних даних, що дозволяє привести різномірні параметри до єдиної шкали оцінювання. У розробленій системі використано комбінований підхід до нормалізації, який враховує тип критерію. Для кількісних параметрів застосовується лінійна нормалізація відносно бажаного значення користувача, що дозволяє оцінити ступінь відхилення альтернативи від заданого ідеалу. Для категоріальних параметрів використовується бінарна функція відповідності. Особливу увагу приділено обробці критерію вартості, який є критерієм мінімізації. У разі, якщо значення параметра не перевищує заданий бюджет, альтернативі присвоюється максимальний бал. В іншому випадку застосовується штрафна функція, що дозволяє зменшити оцінку пропорційно перевищенню бюджету, зберігаючи при цьому можливість участі альтернативи у ранжуванні [1,5].

У роботі розроблено прототип системи підтримки прийняття рішень для онлайн-сервісів, що базується на методі адитивної згортки. Реалізований підхід дозволяє ефективно виконувати багатокритеріальне ранжування альтернатив з урахуванням індивідуальних пріоритетів користувача.

Система забезпечує швидку обробку даних у реальному часі та демонструє коректні результати при роботі з різними типами критеріїв.

## Література:

1. Волошин О. Ф., Мащенко С. О. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 336 с.
2. Пасічник В. В., Жежнич П. І., Гнатишина Р. Б., Тарасов Д. М., Щербина Ю. М. Системи підтримки прийняття рішень : конспект лекцій для студентів базового напрямку 6.050101 «Комп'ютерні науки». Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 164 с.
3. Теорія прийняття рішень : підручник / М. П. Бутко, І. М. Бутко, В. П. Мащенко та ін.; за заг. ред. М. П. Бутка. Київ : Центр учбової літератури, 2015. 360 с.
4. FastAPI Documentation. URL: <https://fastapi.tiangolo.com/> (дата звернення: 13.05.2026).
5. Pandas Documentation. URL: <https://pandas.pydata.org/docs/> (дата звернення: 13.05.2026).

# ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ТА ПРОЕКТУВАННЯ API У СУЧАСНИХ ВЕБ-СИСТЕМАХ

Стрижак Каміла Андріївна, stryzhak.kamila@student.uzhnu.edu.ua

*студентка 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

*Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Брила А. Ю.*

Швидкість та надійність обміну інформацією між клієнтом і сервером є критичними факторами для користувацького досвіду. Більшість сучасних сервісів стикаються з проблемою надлишковості даних та затримок при високому навантаженні, що вимагає впровадження оптимізованих архітектурних рішень.

Метою роботи є дослідження механізмів підвищення продуктивності веб-інтерфейсів (API) через використання асинхронних протоколів, ефективну валідацію структур даних та мінімізацію об'ємів переданих пакетів.

Для аналізу було обрано технологічний стек, що демонструє високі показники пропускну здатності порівняно з традиційними синхронними фреймворками:

- FastAPI – як основа для побудови асинхронних точок доступу;
- Pydantic – для миттєвої перевірки типів даних на рівні виконання;
- JWT & JSON – як стандарти легковагового обміну та безпеки.

Для забезпечення максимальної ефективності API було застосовано асинхронний підхід на базі Python. Використання FastAPI дозволяє обробляти запити паралельно без блокування основного потоку.[1] Валідація вхідних JSON-об'єктів реалізована через Pydantic[2], що гарантує цілісність даних ще до моменту їх потрапляння в базу. Як серверне середовище обрано Uvicorn, який підтримує протокол ASGI, забезпечуючи низький рівень затримок (latency). [3]

Результати дослідження. В ході розробки було встановлено, що перехід від стандартних архітектур до асинхронного обміну даними дозволяє:

1. Скоротити час очікування відповіді сервера завдяки неблокуючому вводу-виводу.
2. Оптимізувати трафік шляхом суворої типізації JSON-схем, що виключає передачу зайвих полів.
3. Підвищити безпеку транзакцій через впровадження короткоживучих токенів доступу (JWT).

Тестування розроблених методів на прикладі системи обліку фінансів показало стабільну роботу при множинних одночасних запитах, що підтверджує ефективність обраної моделі.

Проектування API на базі сучасних інструментів, таких як FastAPI та сервери ASGI, є оптимальним рішенням для систем, де критичною є швидкість реакції інтерфейсу. Правильна організація передачі даних у форматі JSON з попередньою валідацією дозволяє створювати масштабовані веб-додатки з високим рівнем безпеки.

## Література

1. FastAPI. FastAPI. URL: <https://fastapi.tiangolo.com/uk/> (дата звернення: 27.04.2026).
2. Welcome to Pydantic. Pydantic Docs. URL: <https://pydantic.dev/docs/validation/latest/get-started/> (дата звернення: 28.04.2026).
3. Uvicorn. Uvicorn. URL: <https://uvicorn.dev/> (дата звернення: 28.04.2026).

# РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЦІОНУ «МОЇ РЕЦЕПТИ»

Трикур Артем Іванович, [trykur.artem@student.uzhnu.edu.ua](mailto:trykur.artem@student.uzhnu.edu.ua)

*студент 3 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Брила А.Ю.*

У 21-му столітті наявність власної інформаційної системи стала необхідністю для кожного аспекту життя, оскільки вона забезпечує ефективну взаємодію користувача з даними в цифровому середовищі. Кулінарна сфера не є винятком. Традиційні методи запису рецептів поступово витісняються мобільними рішеннями, які гарантують миттєвий доступ до інформації через смартфон. Розробка персоналізованого застосунку для управління рецептами дозволяє бізнесу або окремому користувачу бути помітним у цифровому просторі та отримувати сервіс високого рівня. Для реалізації автоматизованої системи формування оптимального раціону було обрано стек технологій, що забезпечує стабільність та масштабованість мобільного продукту. Android Studio як основне середовище розробки (IDE) для створення сучасного інтерфейсу та забезпечення високої продуктивності системи. База даних SQL для надійного збереження структурованих даних, що дозволяє користувачеві швидко маніпулювати великою кількістю рецептів та інгредієнтів. Застосунок «Мої рецепти» має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, де реалізовано наступні пункти.

Категоризацію:

- фільтрація страв за часом прийому їжі (сніданок, обід, вечеря, десерт);
- фільтрація страв за складністю приготування (легко, середнє, важко);
- фільтрація страв за типом дієти (веган, кето, ПП, без глютену);
- фільтрація страв за назвою.

Інформативні картки, що містять фото та назву страви, час приготування, рівень складності (наприклад, "легка" чи "середня"), кількість калорій, білків, вуглеводів та жирів, кроки приготування.

Управління контентом:

- можливість додавання нових страв через спеціальну форму;
- видалення неактуальних позицій за допомогою іконки кошика;
- додавання до улюблених страв при натисканні на сердечко зверху.

Однією з ключових переваг системи є модуль «Планувальник раціону», який дозволяє взаємодіяти з програмою на більш глибокому рівні через персоналізацію (користувач може задати конкретну ціль калорій на день (наприклад, 1500 ккал)), автоматичне формування меню (за запитом система здатна сформувати збалансоване меню на день, підбираючи відповідні страви з бази), контроль нутрієнтів (автоматизований розрахунок загальної кількості БЖВ і підказок, якщо обраний раціон не відповідає заданій цілі).

Отже, інформаційна система «Мої рецепти» не лише систематизує кулінарний досвід, а й пропонує інтелектуальні функції планування, що робить її гнучким інструментом у руках сучасного користувача.

## Література

1. Official Android Documentation. Get started with Android Studio. URL: <https://developer.android.com/studio/intro> (дата звернення: 13.05.2026).
2. SQLite Documentation. SQL As Understood By SQLite. URL: <https://www.sqlite.org/lang.html> (дата звернення: 13.05.2026).
3. Міністерство цифрової трансформації України. Пріоритети цифрової трансформації. URL: <https://thedigital.gov.ua/projects> (дата звернення: 13.05.2026).
4. Головачич І. П. Розробка мобільних застосунків для ОС Android : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 240 с.

# СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР DEEP LEARNING ДЛЯ ЗАДАЧ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Фейса Богдан Іванович, feisa.bohdan@student.uzhnu.edu.ua

студент 3 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Брила А.Ю.

Домінування рекурентних нейронних мереж (CNN) та архітектур на базі уваги (Vision Transformers, ViT) у комп'ютерному зорі ставить задачу їх оптимізації для високонавантажених систем. Мета роботи – системний аналіз цих архітектур, порівняння їхньої обчислювальної складності та пошук оптимальних рішень для відповіді на запити в реальному часі.

Базовою операцією CNN є дискретна згортка, яка ефективно витягує локальні просторові ознаки:

$$(i, j) = (K * I)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i - m, j - n)K(m, n).$$

Цей підхід оптимізує використання пам'яті завдяки спільному використанню ваг (weight sharing).

Натомість ViT використовує механізм уваги (Self-Attention), обчислюючи матрицю для векторів запитів (Q), ключів (K) та значень (V):

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmaxleft}(QK^T/(\sqrt{d_k}))\text{right}V$$

Цей метод захоплює глобальні залежності з перших шарів, але масштабується гірше.

CNN мають сильне індуктивне упередження щодо локальності, що забезпечує швидку збіжність на малих вибірках. Трансформери перевершують CNN на масштабних датасетах, але обчислення матриці  $QK^T$  має квадратичну складність  $O(N^2)$  від кількості токенів  $N$ . З апаратної точки зору, щільні матричні множення у ViT ідеально оптимізуються на тензорних ядрах GPU. У той же час глибокі CNN часто страждають від затримок доступу до пам'яті (memory-bound operations) при обробці великих матриць.

Для систем з жорсткими обмеженнями пам'яті та затримки (latency) найефективнішими є гібридні моделі. Використання згорткових шарів для швидкого видобування локальних ознак із подальшим застосуванням механізмів уваги для аналізу контексту дозволяє максимізувати точність при значній економії апаратних ресурсів.

## Література

1. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015. Vol. 521. P. 436–444.
2. Attention is all you need / A. Vaswani et al. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. 11 p.
3. Straka M. Deep Learning (NPFL114) course materials. Institute of Formal and Applied Linguistics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University. Prague, 2026. URL: <https://ufal.mff.cuni.cz/courses/npfl114> (дата звернення: 13.05.2026).

# СИСТЕМИ ТА СЕРВІСИ ВЕБ-АНАЛІТИКИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В E-COMMERCE ВЕБ-ДОДАТКАХ

Фітас Дарина Вячеславівна, fitas.daryna@student.uzhnu.edu.ua

*студентка 4 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Антосяк П.П.*

У сучасних умовах розвитку електронної комерції важливим завданням є збір та аналіз даних про поведінку користувачів у веб-додатках. Веб-аналітика дозволяє оцінювати ефективність сайту, джерела трафіку, рівень конверсії, популярність товарів і проблемні етапи взаємодії користувача з інтернет-магазином. Завдяки цьому підприємства можуть приймати обґрунтовані управлінські рішення та покращувати користувацький досвід.

Розглядаються поняття веб-аналітики, її роль в електронній комерції та основні інструменти, що використовуються для збору й обробки аналітичних даних. Особливу увагу приділено подієво-орієнтованому підходу, який є основою сучасних систем веб-аналітики. Такий підхід дозволяє фіксувати окремі дії користувача як події, наприклад: перегляд товару, додавання товару до кошика, початок оформлення замовлення та завершення покупки.

Проведено порівняльний аналіз сучасних сервісів веб-аналітики, зокрема Google Analytics 4, Adobe Analytics, Mixpanel, Matomo та SimilarWeb. За результатами аналізу для практичної реалізації було обрано Google Analytics 4, оскільки цей сервіс підтримує подієву модель збору даних, має зручні засоби побудови звітів, інтегрується з іншими інструментами Google та є доступним для використання в навчальних і прикладних проєктах.

Практичним результатом роботи є реалізація системи веб-аналітики для e-commerce веб-додатку. У межах роботи було налаштовано ресурс Google Analytics 4, отримано Measurement ID та інтегровано механізм передавання аналітичних подій із клієнтської частини додатку. Для відстеження поведінки користувачів реалізовано збір основних e-commerce подій: перегляд товару, додавання до кошика та оформлення покупки.

Кожна подія передається разом із відповідними параметрами, зокрема ідентифікатором товару, назвою, ціною, кількістю, загальною вартістю та ідентифікатором транзакції. Це дає змогу отримувати більш точні дані про взаємодію користувачів із веб-додатком і формувати аналітичні звіти.

Також у роботі враховано вимоги до якості даних: узгодженість назв подій, повноту переданих параметрів, уникнення дублювання та коректність зібраної інформації. Окрему увагу приділено питанням приватності користувачів, зокрема недопущенню передавання персонально ідентифікуючої інформації.

У результаті роботи було досліджено сучасні сервіси веб-аналітики та реалізовано систему збору подій для e-commerce веб-додатку з використанням Google Analytics 4. Запропонований підхід дозволяє відстежувати основні дії користувачів, аналізувати ефективність взаємодії з сайтом і виявляти проблемні етапи у воронці продажів. Подальший розвиток роботи може передбачати розширення переліку подій, впровадження серверного трекінгу та побудову детальніших аналітичних дашбордів.

## Література

1. Measure ecommerce/ Google Analytics Documentation. URL: <https://developers.google.com/analytics/devguides/collection/ga4/ecommerce> (дата звернення: 14.05.2026)
2. Recommended events/ Google Analytics Documentation. URL: <https://developers.google.com/analytics/devguides/collection/ga4/reference/events> (дата звернення: 14.05.2026)

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ СОРТУВАННЯ

Цанько Валерій Васильович, [tsanko.valerii@student.uzhnu.edu.ua](mailto:tsanko.valerii@student.uzhnu.edu.ua)

студент 2 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз

Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Кузка О. І.

Сортування даних є фундаментальною задачею в інформатиці, оскільки ефективність обраного алгоритму безпосередньо впливає на загальну швидкість систем та швидкість обробки великих обсягів інформації. Оскільки кожен метод має унікальні характеристики (часова складність, стійкість та вимоги до пам'яті), об'єктивний аналіз є необхідним для вибору оптимального інструменту під конкретні потреби [1, с. 15].

Проведено комплексний порівняльний аналіз алгоритмів сортування, оцінити їхню часову та просторову складність, а також дослідити їхню практичну ефективність на різних наборах даних.

Об'єктом аналізу стали алгоритми впорядкування масивів, які класифікувалися на внутрішні та зовнішні, стійкі та нестійкі, адаптивні та неадаптивні. Для оцінки ефективності використано математичний апарат асимптотичного аналізу та нотацію Big O. Аналізу піддалися дві основні групи: прості квадратичні методи та ефективні логарифмічні методи.

У ході дослідження всі розглянуті алгоритми були програмно реалізовані, що дозволило виявити ключові особливості їх функціонування:

- Прості алгоритми  $O(n^2)$ :
  - Сортування вставкою (Insertion Sort): найбільш ефективне у цій групі для малих або частково впорядкованих масивів  $O(n)$  у найкращому випадку) [1, с. 18; 4, с. 32].
  - Сортування вибором (Selection Sort): характеризується мінімальною кількістю операцій запису, що критично для систем з обмеженим ресурсом пам'яті [2, с. 138; 3, с. 248].
  - Сортування бульбашкою (Bubble Sort): найменш ефективне через надмірну кількість порівнянь та обмінів [2, с. 110].
- Ефективні алгоритми:
  - Швидке сортування (Quick Sort): найвища швидкість на практиці через використання кеш-пам'яті, проте має ризик деградації до  $O(n^2)$  [3, с. 255].
  - Сортування злиттям (Merge Sort): стабільний час  $O(n \log n)$  та стійкість, але потребує додаткової пам'яті  $O(n)$  [1, с. 34; 4, с. 70].
  - Пірамідальне сортування (Heap Sort): збалансоване, забезпечує стабільну складність і працює «на місці»  $O(1)$  пам'яті [1, с. 151].

Доведено, що універсального алгоритму сортування не існує: вибір має базуватися на пріоритетах задачі — економії пам'яті (Heap Sort), швидкодії (Quick Sort) чи збереженні порядку елементів (Merge Sort). Результати мають практичне значення для розробки оптимізованого ПЗ.

## Література

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Рівест Р., Стайн К. Вступ до алгоритмів / пер. з англ. 3-тє вид. Київ : К.І.С., 2019. 1288 с.
2. Кнут Д. Е. Мистецтво програмування. Том 3. Сортування та пошук. Київ : Діалектика, 2019. 832 с.
3. Седжвік Р., Вейн К. Алгоритми / пер. з англ. 4-тє вид. Київ : Діалектика, 2020. 1136 с.
4. Крєневич А. П. Алгоритми та структури даних : підручник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2021. 200 с.

# РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ КОНТЕНТУ У СИСТЕМАХ ТЕСТУВАННЯ ДОДАТКІВ

Цапулич Артур Ігорович, tsapulych.artur@student.uzhnu.edu.ua

*студент 3 курсу, спеціальність 124 Системний аналіз*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Брила А.Ю.*

Сучасні веб-сайти містять значний обсяг текстового контенту – контактні дані, юридичні реквізити, метатеги, посилання на соціальні мережі, – помилки в якому знижують довіру користувачів і впливають на результати пошукових систем. Більшість наявних рішень для перевірки такого контенту орієнтовані на окремі країни або потребують серверної інфраструктури, що ускладнює їх використання. Для подолання цих обмежень розроблено десктопний застосунок для адаптивного аналізу контенту HTML-сторінок з урахуванням регіональних форматів запису даних.

Програмний засіб реалізовано мовою Python 3.13 із використанням PyQt6 для графічного інтерфейсу, BeautifulSoup4 і lxml для обробки DOM-дерева та SQLite для локального зберігання історії сканувань [1,2]. Архітектуру побудовано за принципом розділення ядра й інтерфейсу: модулі аналізу, класифікації та безпечної заміни працюють незалежно від UI, а сканування виконується у фоновому потоці без блокування інтерфейсу.

Для розв'язання задачі застосовано гібридний підхід, що поєднує DOM-орієнтовані екстрактори, регулярні вирази з валідаторами та евристики за заголовковими мітками. Система підтримує п'ять регіональних профілів (UA, JP, US, DE, PL), окреме вмикання екстракторів і автоматичне визначення регіону за набором патернів із розрахунком рівня довіри.

Розроблено 13 типів екстракторів сутностей, зокрема для адрес, індексів, телефонів, email, посилань на соцмережі, назв компаній, юридичних даних, метатегів і структурованих даних Schema.org [3]. Модуль безпечної заміни створює резервні копії файлів перед записом, а аналітичний дашборд узагальнює знайдені дані у вигляді KPI-карток і візуалізацій.

Тестування на корпусі з п'яти регіональних сайтів підтвердило працездатність системи. На одному з сайтів програма виявила 27 сутностей у трьох HTML-файлах, автоматично визначила країну як Японію з довірою 99 % та класифікувала сторінки за типами. Загалом аналітичний модуль опрацював дані 14 сайтів і 1046 знахідок; історія сесій містить 37 сесій, 108 переглянутих файлів і 191 застосовану заміну, а відсоток успішних сесій становив 83,8 %.

Отже, розроблений програмний засіб має практичну цінність для QA-команд, агенцій із підтримки сайтів і груп рестайлінгу, а його модульна структура забезпечує подальше розширення новими типами сутностей і країнами без змін в інших компонентах системи.

## **Література**

1. Riverbank Computing. PyQt6 Reference Guide. URL: <https://www.riverbankcomputing.com/static/Docs/PyQt6/> (дата звернення: 09.05.2026).
2. Crummy. BeautifulSoup Documentation. URL: <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/> (дата звернення: 09.05.2026).
3. Schema.org. Vocabulary for structured data on the Internet. URL: <https://schema.org/docs/full.html> (дата звернення: 09.05.2026).

### **Секція 3. ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА**

Керівник секції: д.п.н., доц. Мулеса Павло Павлович

## РОБОТА З БАЗАМИ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ ODOO

Бабяк Олександр Ярославович [babiak.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua](mailto:babiak.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua)

*студент 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *д. т.-н., проф. Маляр М.М.*

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій підприємства, навчальні заклади та інші організації дедалі частіше використовують інформаційні системи для централізованого зберігання, обробки та аналізу даних. Однією з інформаційних систем є платформа Odoo. Метою моєї роботи було дослідження процесів створення, організації та оперування базами даних у середовищі Odoo, а також демонстрація практичного застосування цієї платформи для побудови прикладної інформаційної системи.

«База даних розглядається як структурована сукупність даних, що відображає об'єкти певної предметної області та зв'язки між ними» [1, с.6]. Для керування ними використовуються системи управління базами даних, які забезпечують створення схеми, виконання запитів, контроль доступу, підтримку цілісності та збереження інформації. У корпоративних інформаційних системах зазвичай використовуються реляційні бази даних, де дані подаються у вигляді таблиць, а взаємозв'язки реалізуються за допомогою первинних і зовнішніх ключів.

Важливим елементом роботи з базами даних є CRUD-операції: створення, читання, оновлення та видалення записів. У реляційних СУБД ці дії відповідають SQL-операціям INSERT, SELECT, UPDATE і DELETE. Для забезпечення надійності даних використовуються транзакції, які гарантують виконання послідовності операцій як єдиного цілого. Це має особливе значення для ERP-систем, оскільки бізнес-процеси зазвичай складаються з багатьох взаємопов'язаних дій.

ORM в Odoo є проміжним рівнем між прикладною логікою та базою даних. Він дає змогу описувати структуру даних через моделі та поля, а також виконувати операції створення, читання, оновлення й видалення записів у контрольований спосіб. Такий підхід спрощує розробку, зменшує ризик помилок і дозволяє враховувати бізнес-логіку, обмеження та правила доступу. Особливістю Odoo є recordset-підхід, за якого система працює з наборами записів, що дає змогу однаково обробляти один або кілька об'єктів.

Практична частина роботи полягала у створенні прикладного рішення для обліку студентських проєктів у середовищі Odoo. Предметна область передбачала зберігання інформації про студентів, керівників, теми проєктів, навчальні групи, семестри, статуси виконання, дедлайни, консультації та результати перевірок. Основною сутністю системи стала модель «Облік студентських проєктів», яка об'єднує ключову інформацію про роботу студента та її супровід.

У процесі проєктування структури даних було визначено основні сутності: студент, керівник, студентський проєкт та журнал консультацій/перевірок. Між ними встановлено зв'язки, що дозволяють уникнути дублювання інформації та забезпечити логічну цілісність даних. Для реалізації структури використано Odoo Studio.

У створеній системі було передбачено ключові поля: тема проєкту, опис, студент, керівник, група, семестр, навчальний рік, статус, дата старту, дедлайн, дата захисту, посилення на репозиторій або документ, прогрес, оцінка та ознака активності запису. Для збереження історії супроводу створено журнал консультацій/перевірок, у якому можна записати дату та тип події, коментар, результат і наступний крок. Реалізований інтерфейс користувача підтримує кілька сценаріїв роботи з даними: спискове подання (відображення таблиці) та канбан-подання (відображення рядків процесу над роботами).

Було перевірено основні операції над даними: створення записів; перегляд інформації; оновлення статусів; архівування записів замість фізичного видалення; пошук, фільтрацію та групування. Особливо розглянуто імпорт і експорт даних як важливу частину обслуговування бази.

Проведене тестування показало, що реалізована система забезпечує повний цикл роботи з даними, а отримані мною результати підтверджують, що Odoo може бути використано як ефективне середовище для побудови прикладних інформаційних систем, зокрема для навчальних і облікових задач.

Отже, Odoo поєднує можливості ERP-платформи, реляційної бази даних PostgreSQL та ORM-механізму, що забезпечує зручну й контрольовану роботу з даними. Практична цінність дослідження полягає у створенні прототипу системи обліку студентських проєктів, який може бути використаний як основа для подальшого розвитку, розширення функціоналу та автоматизації подібних процесів у навчальному середовищі.

### **Література**

1. Завадський І. О. Основи баз даних: навчальний посібник. Київ: І. О. Завадський, 2011. 192 с.
2. Сидоренко В. В., Константинова Л. В., Смірнов С. А. Організація баз даних: навчальний посібник. Кропивницький: ЦНТУ, 2018. 274 с.
3. Романюк О. Н., Савчук Т. О. Організація баз даних і знань. Частина 1. Вінниця: ВДТУ, 2001. 124 с.
4. Odoo S.A. ORM API. Odoo 19.0 Developer Documentation. URL: <https://www.odoo.com/documentation/19.0/developer/reference/backend/orm.html>
5. Odoo S.A. Security in Odoo. Odoo 19.0 Developer Documentation. URL: <https://www.odoo.com/documentation/19.0/developer/reference/backend/security.html>
6. PostgreSQL Global Development Group. About PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org/about/>

# РОЗРОБКА ВЕКТОРНОГО СХОВИЩА НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ VAMANA ДЛЯ ЗАДАЧІ СЕМАНТИЧНОГО ПОШУКУ

Габорець Олександр Васильович, [haborets.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua](mailto:haborets.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua)

студент 4 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика

Науковий керівник: д.п.н., доц. Мулеса П.П.

Промислові векторні бази даних забезпечують високу продуктивність, проте їхня монолітна архітектура на компільованих мовах (C++, Rust) створює високий бар'єр для проведення експериментів (тестування власних метрик відстані чи алгоритмів відсічення графа) та гнучкої модифікації для архітектур RAG<sup>1</sup>. Це зумовлює необхідність створення спеціалізованої системи із прозорою архітектурою, яка поєднує повноцінний функціонал векторного сховища з можливістю його легкого розширення.

До розроблюваної системи було висунуто такі функціональні вимоги:

1. Динамічність – підтримка операцій вставки, оновлення, видалення та наближеного пошуку  $k$ -найближчих сусідів ( $k$ -ANN) у векторному просторі в реальному часі.
2. Інтегрованість – зручний програмний інтерфейс (API/SDK) для завдань семантичного пошуку та RAG.
3. Персистентність та відмовостійкість – збереження стану векторного індексу та метаданих на постійному носії зі стійкістю до збоїв.

Основою математичного ядра системи став алгоритм Vamana (на базі підходу FreshDiskANN) [1, 2]. Для програмної реалізації було обрано наступний технологічний стек:

- мова програмування Python, доповнена бібліотеками NumPy (векторні операції) та Numba (JIT-компіляція), для досягнення продуктивності, зіставної з мовами C/C++;
- реляційна СКБД<sup>2</sup> SQLite для збереження векторного індексу та метаданих;
- фреймворк FastAPI спільно з пакетом Pydantic для забезпечення високої пропускної здатності та суворої математичної валідації запитів.

Враховуючи орієнтацію сховища на RAG-архітектури, у систему додатково інтегровано функціонал переранжування результатів на основі методу MMR (Maximal Marginal Relevance) [3], що гарантує семантичну різноманітність результатів (Рис. 1).

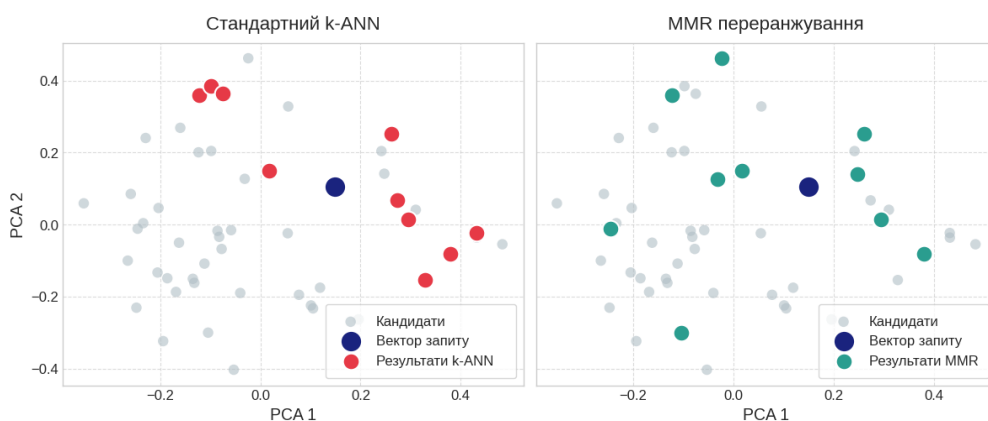


Рис. 1. Вплив алгоритму MMR на семантичну різноманітність результатів пошуку порівняно зі стандартним  $k$ -ANN (візуалізація 384-вимірному простору методом PCA)

Емпіричне тестування системи на наборах даних SIFT1M та GloVe-100-Angular [4] полягало у побудові кривих компромісу між повнотою (Recall) та пропускною здатністю

<sup>1</sup> RAG (Retrieval-Augmented Generation) – фреймворк III для покращення якості відповідей, згенерованих великою мовною моделлю, шляхом використання зовнішніх джерел знань.

<sup>2</sup> СКБД – система керування базами даних.

(QPS) при різних розмірах пулу пошуку (Рис. 2). Розроблене сховище досягло стабільної швидкодії: понад 400 QPS для SIFT та 300 QPS для GloVe. Закономірно поступаючись показником пропускної здатності промисловій векторній базі даних ChromaDB [5], яка використовує C++ бібліотеку hnswlib, пропонована система на основі Vamana продемонструвала вищу алгоритмічну ефективність, перевершивши ChromaDB за піковою повнотою (Recall 0.927 проти 0.909 на датасеті GloVe).

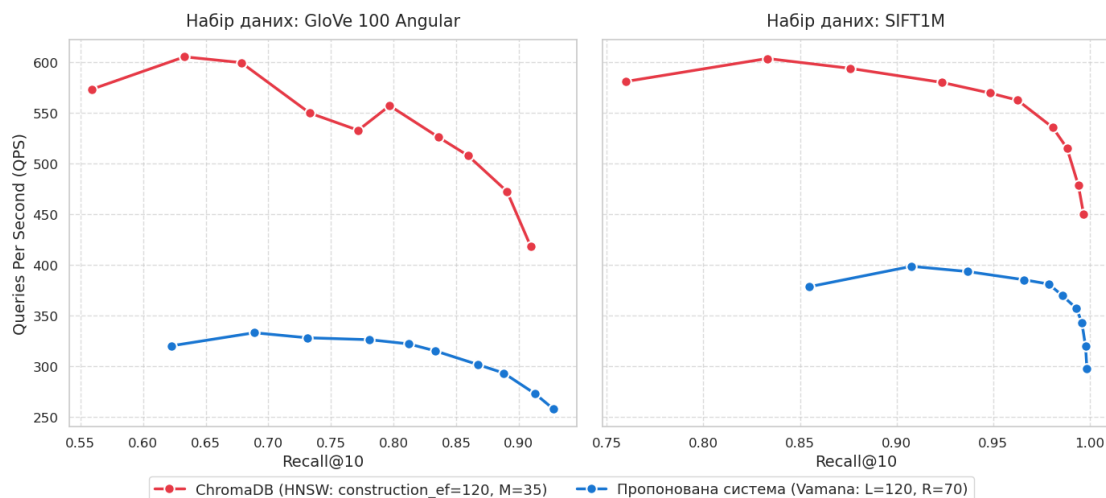


Рис. 2. Криві компромісу між QPS і Recall@10 на датасетах GloVe та SIFT1M при різних розмірах пулу пошуку ( $L, ef\_search \in \{10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200\}$ )

Одержані дані доводять алгоритмічну ефективність графа Vamana та перспективність подальшої програмної оптимізації розробленої архітектури. Практичним результатом дослідження є повноцінне векторне сховище з відкритим вихідним кодом [6].

## Література

1. Diskann: Fast accurate billion-point nearest neighbor search on a single node / J. Subramanya et al. *Advances in neural information processing Systems*. 2019. Vol. 32.
2. Freshdiskann: A fast and accurate graph-based ann index for streaming similarity search / A. Singh et al. *arXiv preprint arXiv:2105.09613*. 2021.
3. Carbonell J., Goldstein J. The use of MMR, diversity-based reranking for reordering documents and producing summaries. *Proceedings of the 21st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*. 1998. P. 335–336.
4. ANN-Benchmarks. ANN-Benchmarks. URL: <https://ann-benchmarks.com/index.html> (date of access: 14.05.2026).
5. Chroma - open-source search infrastructure for AI. Chroma. URL: <https://www.trychroma.com/> (date of access: 14.05.2026).
6. GitHub - AlexHobret/trovadb: A minimalistic, pure-Python vector database for semantic search and RAG applications, featuring Vamana graph indexing and persistence. *GitHub*. URL: <https://github.com/AlexHobret/trovadb> (date of access: 14.05.2026).

# ПЕРСПЕКТИВИ ТА РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ КІБЕРБЕЗПЕКИ БІЗНЕСУ

Гушвар Андрій Юлійович, [andrii.hushvar@student.uzhnu.edu.ua](mailto:andrii.hushvar@student.uzhnu.edu.ua)

студент 1 курсу, спеціальність F1 Прикладна математика

Науковий керівник: д. п. н, доц. Мулеса П.П.

Сьогодні штучний інтелект (ШІ) став важливою частиною сучасної кібербезпеки. Через швидкий розвиток технологій кібератаки стають більш складними та автоматизованими [2, с. 183]. Це створює нові труднощі для бізнесу, адже звичайні антивіруси та системи захисту вже не завжди можуть ефективно виявляти сучасні загрози. Нові віруси та хакерські програми здатні змінювати свою поведінку та пристосовуватися до методів захисту.

Кіберзлочинці активно використовують ШІ для створення більш переконливих атак. Особливо небезпечним став так званий фішинг — шахрайські повідомлення або листи, які змушують користувачів розкривати особисті дані чи паролі. За допомогою технологій обробки природної мови хакери створюють повідомлення, які виглядають максимально правдоподібно і практично не містять типових помилок [1]. Через це працівникам компаній стає важче розпізнати небезпеку. Крім того, сучасні шкідливі програми можуть приховано діяти всередині комп'ютерної мережі, копіюючи звичайну поведінку користувачів, щоб довше залишатися непоміченими.

Разом із ризиками ШІ дає бізнесу й нові можливості для захисту інформації [3, с. 3]. Інтелектуальні системи безпеки можуть аналізувати поведінку користувачів та помічати підозрілі дії в режимі реального часу (наприклад, у межах концепції Zero Trust Architecture) [2, с. 188]. Система здатна виявити незвичний вхід у робочий акаунт або спробу швидко скопіювати велику кількість важливих файлів. У таких випадках програма одразу реагує та допомагає запобігти витоку даних.

Використання ШІ також допомагає полегшити роботу ІТ-фахівців. Автоматизовані системи можуть швидко перевіряти великі обсяги інформації та відокремлювати справжні загрози від незначних помилок [3, с. 5]. Це дозволяє спеціалістам швидше реагувати на небезпеку та зменшує фінансові втрати компанії через кібератаки або зупинку роботи систем.

Отже, штучний інтелект суттєво змінює сферу кібербезпеки. З одного боку, він допомагає зловмисникам створювати складніші атаки, а з іншого — дає бізнесу сучасні інструменти для захисту. Ефективність безпеки компанії сьогодні залежить не лише від кількості захисних програм, а й від швидкості виявлення та нейтралізації загроз за допомогою новітніх алгоритмів.

## Література

1. Штучний інтелект як інструмент фішингу. *Мережі та бізнес*. 2023. № 4-5 (128). URL: <http://sib.com.ua/sib-4-5-128-2023/chatbot.html> (дата звернення: 15.05.2026).
2. Гнатюк С. О., Охріменко Т. О. Сучасні концепції кібербезпеки: Zero Trust Architecture. *Захист інформації*. 2021. Том 23. № 4. С. 182–191.
3. Dwivedi Y. K. et al. Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*. 2021. Vol. 57. 101994.

# МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ВЕЛИКІ МОВНІ МОДЕЛІ У ВИЯВЛЕННІ ОБ'ЄКТІВ І РОЗУМІННІ ЗОБРАЖЕНЬ

Дідик Анна Євгенівна, [didyk.anna@student.uzhnu.edu.ua](mailto:didyk.anna@student.uzhnu.edu.ua)

*магістр 1 року навчання, спеціальність F1 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.е.н., доц. Шаркаді М. М.*

Розвиток штучного інтелекту сьогодні спрямований на перехід від вузькоспеціалізованих алгоритмів до універсальних систем, здатних опрацьовувати різномірні дані. Провідну роль у цьому процесі відіграють мультимодальні великі мовні моделі (MLLM), що інтегрують роботу з текстом, зображеннями, а в окремих випадках — з аудіо та відео. Вони значно перевершують класичні рішення у завданнях візуального аналізу та детекції об'єктів, оскільки здатні не лише ідентифікувати елементи, а й глибоко інтерпретувати семантичний зміст зображень [1].

Традиційні підходи в комп'ютерному зорі, як-от згорткові нейронні мережі, зазвичай спеціалізуються на вузьких завданнях. Зокрема, архітектура YOLO демонструє високу швидкість і точність у детекції об'єктів, проте обмеженість фіксованим набором класів ускладнює її використання в умовах відкритого світу [2].

Натомість мультимодальні великі мовні моделі, такі як LLaVA та BLIP-2, поєднують візуальний енкодер із мовним блоком. Це надає їм здатність не лише ідентифікувати об'єкти, а й генерувати детальні описи, відповідати на запитання щодо змісту зображення та проводити складні логічні аналізи на основі побаченого.

Окремий вектор розвитку представляють моделі відкритого типу, наприклад Grounding DINO. Вони дозволяють виявляти об'єкти на основі текстових запитів, навіть якщо ці об'єкти не входили до початкового навчального набору. Це суттєво підвищує адаптивність систем у реальних сценаріях.

Основними завданнями, які вирішують MLLM, є виявлення об'єктів на зображеннях, створення описів (image captioning), візуальне запитання-відповідь (VQA) та семантичне розуміння сцени. У межах цих завдань модель масштабується від простого розпізнавання елементів до інтерпретації взаємозв'язків між ними та формування цілісного розуміння контексту.

Інтеграція MLLM із класичними моделями комп'ютерного зору дає змогу створювати ефективніші системи. Зокрема, поєднання швидкої детекції об'єктів із подальшим мовним аналізом дозволяє не лише ідентифікувати об'єкти, а й пояснити динаміку сцени. Такий підхід є надзвичайно корисним у сферах медичної діагностики, автономного керування транспортними засобами, відеоспостереження та аналізу великих масивів візуальних даних.

Отже, мультимодальні великі мовні моделі є ключовим етапом зміни систем комп'ютерного зору. Вони забезпечують перехід від простого виявлення об'єктів до глибокого семантичного розуміння зображень. Подальший розвиток цього напрямку зосереджений на створенні універсальних мультимодальних систем, здатних до комплексного аналізу даних та природної взаємодії з користувачем.

## Література

1. Що таке великі мультимодальні моделі (LMM)? Програми, функції та переваги | Шайп. Shaip. URL: <https://uk.shaip.com/blog/what-are-large-multimodal-models-lmms/> (дата звернення: 09.05.2026).
2. Object Detection | Ultralytics Docs. *Ultralytics Docs*. URL: <https://docs.ultralytics.com/tasks/detect/> (дата звернення: 11.05.2026).

# МЕТОДИ ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕНАВЧАННЮ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Зінченко Марина Олександрівна, zinchenko.maryna@student.uzhnu.edu.ua

*магістр 1 року навчання, спеціальність F1 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.т.н., доц. Кондрук Н.Е.*

Перенавчання (overfitting) є однією з основних проблем машинного навчання. Воно виникає тоді, коли модель занадто добре запам'ятовує навчальні дані, але погано працює з новими прикладами. Це проявляється у тому, що помилка на тренувальних даних є низькою, а на тестових – значно вищою. Особливо часто така проблема виникає у глибоких нейронних мережах із великою кількістю параметрів.

Для боротьби з перенавчанням використовують різні методи. Одним із найпоширеніших є регуляризація (L1 та L2). Вона додає до функції втрат спеціальний штраф, який не дозволяє вагам моделі ставати надто великими. L2-регуляризація зменшує всі ваги поступово, а L1 може зануляти менш важливі параметри, що допомагає автоматично відібрати найкорисніші ознаки [1].

Ще одним популярним методом є Dropout. Під час навчання випадкова частина нейронів тимчасово вимикається, завдяки чому модель не покладається на окремі нейрони та краще узагальнює дані [2].

Метод ранньої зупинки (Early Stopping) передбачає припинення навчання в момент, коли помилка на валідаційних даних починає зростати. Це дозволяє уникнути ситуації, коли модель починає “запам'ятовувати” тренувальну вибірку.

Важливу роль відіграє і аугментація даних – штучне збільшення обсягу навчальної вибірки за допомогою змін зображень, додавання шуму або генерації нових прикладів. Це робить дані більш різноманітними та покращує здатність моделі до узагальнення [3].

Для оцінки якості моделі часто застосовується крос-валідація (зокрема k-fold): навчальна множина розбивається на k рівних частин, модель по чергово навчається на k-1 частинах і тестується на одній, що дозволяє отримати незміщену оцінку генералізаційної помилки. Методи ансамблювання – Bagging та Boosting – зменшують дисперсію прогнозів шляхом агрегування множини слабких моделей. Random Forest усереднює прогнози дерев, навчених на різних бутстреп-підвибірках, що статистично знижує ризик перенавчання окремих компонент.

Таким чином, ефективне запобігання перенавчанню вимагає комплексного застосування методів різних рівнів: від архітектурних рішень і регуляризації до процедур оцінювання та управління даними. Вибір оптимальної стратегії залежить від розмірності задачі, обсягу вибірки та обчислювальних ресурсів і залишається предметом активних досліджень у сучасній теорії машинного навчання.

## **Література**

1. Tibshirani R. Regression Shrinkage and Selection via the Lasso. Journal of the Royal Statistical Society. Series B. 1996. Vol. 58(1). P. 267–288.
2. Srivastava N. et al. Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting. Journal of Machine Learning Research. 2014. Vol. 15. P. 1929–1958.
3. Shorten C., Khoshgoftaar T. A survey on image data augmentation for deep learning. Journal of Big Data. 2019. Vol. 6(1). P. 1–48.

# МЕТОДИ А/В-ТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ

Кондрук Габрієлла Євгенівна, [gabriella.kondruk@student.uzhnu.edu.ua](mailto:gabriella.kondruk@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 1 курсу, спеціальність F1 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.т.н., доц. Кондрук Н.Е.*

У сучасній цифровій економіці керовані онлайн-експерименти, а саме А/В-тестування, стали «золотим стандартом» для прийняття рішень на основі даних [4, 2]. Масштаби їх впровадження вражають: провідні технологічні гіганти, такі як Google, Amazon та Meta, проводять тисячі експериментів за допомогою методів А/В-тестування щорічно для оптимізації алгоритмів та користувацького досвіду [2, 6]. Наприклад, компанія Google запускає понад 20 000 тестів на рік, що дозволяє точно вимірювати вплив навіть незначних змін на загальний прибуток та задоволеність клієнтів [4, 6].

Проте традиційні методи А/В-тестування стикаються з серйозними обмеженнями в умовах сучасних складних платформ [2-4]. Класичні t-тести стають невалідними, коли виникають мережеві ефекти. Якщо користувачі з групи А взаємодіють з користувачами з групи В, ефекти змішуються, і результати А/В-тестування спотворюються [2, 5]. У середовищах із соціальними мережами або двосторонніми ринками (наприклад, Uber чи Lyft) це припущення часто порушується через мережеві ефекти та «ефекти перенесення» (spillover effects), коли дії однієї групи впливають на результати іншої [2, 6]. Крім того, критичною проблемою є тривалий моніторинг даних: використання класичних t-тестів при безперервному моніторингу р-значень може призвести до п'ятикратного зростання ймовірності помилки першого роду [2, 5]. У системах на основі штучного інтелекту алгоритми постійно адаптуються під поведінку користувача [2]. Це унеможлиблює ізоляцію чистого ефекту від впровадження нового рішення в рамках стандартного А/В-тестування [2].

Для подолання цих викликів впроваджуються просунуті методи причинно-наслідкового висновку (Causal Inference). Зокрема, метод подвійного машинного навчання дозволяє використовувати моделі ML для ефективного усунення статистичного зміщення при оцінці результатів А/В-тестів у складних середовищах [2, 6]. Використання причинно-наслідкових лісів (Causal Forests) дає змогу оцінювати гетерогенні ефекти, ідентифікуючи специфічні сегменти користувачів, для яких цифрові рішення є найбільш ефективними [6]. Емпіричні дані свідчать, що такі інтегровані підходи дозволяють зменшити зміщення оцінок на 28–52% порівняно з традиційними моделями [6].

Інноваційним напрямком є перехід до фреймворків навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) та Марковських процесів прийняття рішень (MDP) [6, 5]. Це дозволяє перетворити статичний А/В-тест на динамічну послідовність та оцінювати довгострокову цінність політик, враховуючи відкладені ефекти, які класичні короткострокові метрики не здатні зафіксувати [5]. Наприклад, стратегія розподілу замовлень у даний момент впливає на просторовий розподіл водіїв через 30–60 хвилин, що класичні t-тести виявити не спроможні [5, 1]. Застосування методів V-learning та Q-learning у поєднанні з послідовним аналізом дозволяє швидше завершувати експерименти та виявляти значущі результати навіть у складних динамічних екосистемах [1]. Для забезпечення статистичної валідності при динамічному тестуванні застосовуються «завжди валідні» р-значення, засновані на суміші послідовних тестів відношення правдоподібності [2].

Розвиток методів А/В-тестування шляхом експериментування демонструє еволюцію від простого порівняння статичних інтерфейсів до складних систем оцінки алгоритмів у динамічних ШІ-середовищах [6, 1]. Інтеграція методів причинно-наслідкового висновку, послідовного аналізу та машинного навчання є необхідною умовою для побудови надійних систем прийняття рішень, що відповідають сучасним регуляторним вимогам та бізнес-викликам [2, 6].

## Література

1. Advanced A/B testing and causal inference for ai-driven digital platforms: A comprehensive framework for US digital markets. *International journal of computer applications technology and research*. 2025. URL: <https://doi.org/10.7753/ijcatr1306.1004>.
2. Always valid inference: continuous monitoring of A/B tests / R. Johari та ін. *Operations research*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1287/opre.2021.2135>.
3. Dynamic causal effects evaluation in A/B testing with a reinforcement learning framework / C. Shi та ін. *Journal of the american statistical association*. 2022. С. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1080/01621459.2022.2027776>.
4. Howard S. R., Ramdas A. Sequential estimation of quantiles with applications to A/B testing and best-arm identification. *Bernoulli*. 2022. Т. 28, № 3. URL: <https://doi.org/10.3150/21-bej1388> (дата звернення: 13.05.2026).
5. Statistical challenges in online controlled experiments: A review of A/B testing methodology / N. Larsen та ін. *The american statistician*. 2023. С. 1–32. URL: <https://doi.org/10.1080/00031305.2023.2257237>.
6. Trustworthy online controlled experiments: a practical guide to a/b testing. University of Cambridge ESOL Examinations, 2020. 200 с.

# ВІЗУАЛІЗАЦІЯ АНАЛІТИЧНИХ ДАНИХ ЗАСОБАМИ CHART.JS У ВЕБДОДАТКУ ДЛЯ ОБЛІКУ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ

Кость Анна Валеріївна, [kost.anna1@student.uzhnu.edu.ua](mailto:kost.anna1@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.е.н., доц. Шаркаді Маріанна Миколаївна*

Одним із ключових завдань сучасних вебдодатків є не лише зберігання та обробка даних, а й їх зрозуміле подання користувачеві. Особливо це стосується застосунків для обліку фінансів, де користувач має швидко розуміти структуру своїх витрат і зміни у часі. Саме тому графічна візуалізація є невід'ємною складовою таких систем – вона перетворює числові дані на наочні діаграми, які значно легше сприймаються, ніж таблиці чи списки транзакцій.

Для реалізації візуалізації у вебсередовищі існує кілька популярних JavaScript-бібліотек. D3.js є відкритою бібліотекою для візуалізації даних, що надає виняткову гнучкість завдяки низькорівневому підходу, побудованому на вебстандартах [1]. Однак саме ця гнучкість ускладнює її освоєння: навіть базова діаграма може потребувати десятки рядків коду, що робить D3.js надлишковою для простих задач. ApexCharts є сучасною JavaScript-бібліотекою для побудови інтерактивних діаграм з простим API [2], проте її розширені можливості анімації та налаштування ускладнюють початкову інтеграцію. Chart.js є простою, але гнучкою бібліотекою для побудови діаграм, що є однією з найпопулярніших серед JavaScript-розробників [3]. Саме простота використання, відкритий код та достатній набір вбудованих типів діаграм зумовили її вибір для розробки вебдодатку.

У розробленому вебдодатку для обліку фінансових витрат реалізовано два типи діаграм. Кільцева діаграма (doughnut) відображає розподіл витрат за категоріями – продукти, транспорт, розваги тощо – і дозволяє одразу побачити, яка категорія займає найбільшу частку бюджету. Стовпчикова діаграма (bar) показує динаміку загальних витрат по місяцях, що дає змогу відстежувати зміни у фінансовій поведінці користувача з часом. Поєднання цих двох типів забезпечує як структурний, так і часовий аналіз витрат у межах одного інтерфейсу. При наведенні курсору на елемент діаграми відображається підказка з точною сумою витрат, а вбудована фільтрація за місяцем дозволяє оновлювати кільцеву діаграму без перезавантаження сторінки.

Використання Chart.js у вебдодатку для обліку фінансових витрат підтвердило ефективність цієї бібліотеки для вирішення практичних задач візуалізації. Бібліотека Chart.js довела, що навіть без складних налаштувань можна реалізувати інформативний аналітичний інтерфейс, який відповідає реальним потребам користувача. Поєднання кільцевої та стовпчикової діаграм забезпечує комплексний аналіз витрат – як за структурою, так і за динамікою – що допомагає користувачеві краще розуміти власну фінансову поведінку та приймати обґрунтовані рішення щодо управління бюджетом.

## Література

1. What is D3? | D3 by Observable. *D3 by Observable | The JavaScript library for bespoke data visualization*. URL: <https://d3js.org/what-is-d3> (дата звернення: 13.05.2026).
2. ApexCharts.js - JavaScript Charts for your website. *ApexCharts.js*. URL: <https://apexcharts.com/about-us/> (дата звернення: 13.05.2026).
3. Chart.js | Chart.js. *Chart.js | Open source HTML5 Charts for your website*. URL: <https://www.chartjs.org/docs/latest/> (дата звернення: 13.05.2026).

# ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ПЕРСОНАЛЬНИЙ АСИСТЕНТ У СУЧАСНОМУ БІЗНЕСІ

Крічфалушій Олександр Іванович, krichfalushii.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua

*магістр 1 року навчання, спеціальність F1 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.т.н., доц. Кондрук Н.Е.*

Впровадження генеративного штучного інтелекту спровокувало масштабну цифрову перебудову, внаслідок якої близько 88% [1] світових компаній інтегрували ці технології у свої робочі цикли. На зміну звичайним діалоговим чат-ботам приходять нова генерація систем – автономні AI-агенти (agentic AI), які спроможні не лише генерувати контент, а й самостійно реалізовувати складні багатоетапні алгоритми в межах реальних бізнес-задач. Така еволюція перетворює ШІ з пасивного помічника на повноцінного суб'єкта управління, що глибоко вкорінюється в архітектуру IT-департаментів, маркетингові стратегії та системи корпоративного менеджменту знань. Сьогодні для бізнесу критично важливо вийти за рамки тестування окремих функцій і перейти до повномасштабного впровадження інтелектуальних рішень, що є запорукою фінансової стійкості та лідерства на ринку.

Застосування інтелектуальних агентів надає організаціям можливість докорінно трансформувати операційні моделі, делегуючи машинам як стандартну адміністративну рутину, так і високорівневу аналітику, зокрема комплексний аудит ринків або автоматизацію клієнтського сервісу. Для передових компаній ШІ стає рушійною силою інновацій, що дозволяє суттєво мінімізувати операційні витрати, паралельно прискорюючи вихід нових продуктів на ринок. В умовах сучасної економіки конкурентна перевага визначається не просто доступом до технологій, а ефективністю реорганізації бізнес-структур задля створення гармонійного симбіозу між людським досвідом та можливостями автономних AI-систем.

Дослідження [2] демонструє, що для 83% сучасних компаній інтеграція штучного інтелекту у стратегічні плани розвитку стала критичним пріоритетом. Це зумовлено здатністю технологій генерувати значну додану вартість, яка, за прогнозами, може забезпечити зростання глобальної економіки на 15,7 трильйонів доларів до 2030 року. Впровадження персональних ШІ-асистентів дозволяє бізнесу вийти на новий рівень операційної ефективності: автоматизація рутинних когнітивних процесів, таких як сортування документації чи первинна аналітика, не лише скорочує часові витрати, а й мінімізує вплив людського фактору на прийняття рішень. Для кваліфікованих фахівців такий інструментарій стає «інтелектуальним підсилювачем», що дозволяє переорієнтувати ресурси з виконання технічних операцій на розв'язання складних аналітичних задач та підготовку стратегічної звітності.

З точки зору прикладної математики, робота таких асистентів базується на складних імовірнісних моделях та нейронних мережах, що дозволяють мінімізувати ризики при виборі стратегічних напрямків. Використання методів глибокого навчання дає змогу асистенту не просто механічно виконувати команди, а «навчатися» на унікальних даних конкретної компанії. Це забезпечує інтелектуальну підтримку маркетингових та логістичних операцій, де точність прогнозування безпосередньо впливає на капіталізацію бізнесу.

Розглядаючи інтеграцію штучного інтелекту як стратегічного помічника в сучасну бізнес-структуру, процес науково-практичного впровадження доцільно розділити на наступні ключові етапи.

1. Ідентифікація пріоритетних зон та цілепокладання. Першочерговим кроком є проведення детального аудиту бізнес-операцій для визначення напрямків, де використання ШІ принесе максимальний економічний ефект (маркетинг, продажі або підтримка клієнтів).

2. Підготовка інфраструктури та аудит даних. На цьому етапі проводиться аналіз якості та доступності корпоративної інформації, оскільки ефективність ШІ безпосередньо залежить від чистоти та структурованості даних, на яких він буде навчатися.

3. Вибір та тестування технологічних рішень. Замість масштабного розгортання рекомендується починати з впровадження «пілотних» проектів або готових SaaS-рішень (наприклад, інтелектуальних чат-ботів чи систем аналітики), що дозволяє оцінити життєздатність обраного інструментарію без значних ризиків.

4. Інтеграція та навчання персоналу. Завершальний етап передбачає поєднання обраних AI-моделей з наявними CRM/ERP системами та розвиток у співробітників навичок ефективної взаємодії з ШІ, зокрема культури «промпт-інжинірингу».

Проте активна експлуатація AI-асистентів вимагає постійної валідації результатів та суворого контролю за конфіденційністю даних. Попри високу автономність алгоритмів, стратегічний контроль та прийняття остаточних рішень залишаються за людиною, тоді як штучний інтелект виконує роль потужного мультиплікатора продуктивності та інструмента масштабування бізнесу [3; 4].

Штучний інтелект як персональний асистент – це обов’язковий стандарт ефективного бізнесу в 2026 році. Синергія людського управлінського досвіду та обчислювальних потужностей математичних алгоритмів дозволяє трансформувати щоденну рутину в стратегічну перевагу, забезпечуючи сталий розвиток компанії в складному цифровому середовищі.

### **Література**

1. McKinsey & Co. The state of AI: How organizations are rewiring to capture value (GlobalSurvey, March 2025) URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai> (дата звернення 05.05.2026)

2. AI Statistics and Trends for 2024-2025. National University (NU). URL: <https://www.nu.edu/blog/ai-statistics-trends/> (дата звернення: 05.05.2026).

3. Штучний інтелект для бізнесу: з чого почати впровадження. Ukrainian Digital. 2024. URL: <https://ukrainiandigital.com/ai-dlia-biznesu-z-choho-pochaty-vprovadzhennia-shtuchnoho-intelektu-u-vlasnyu-biznes/> (дата звернення: 08.05.2026).

4. Родченко, В., & Нестеренко, О. (2025). Концептуальна модель впровадження штучного інтелекту в бізнес-діяльність підприємства. Acta Academiae Beregsasiensis. Economics, 1(10), 516–531. <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2025-10-516-531> (дата звернення 08.05.2026)

# АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ ISOLATION FOREST TA LOCAL OUTLIER FACTOR У ЗАДАЧАХ ДЕТЕКЦІЇ АНОМАЛІЙ

Лазур Юліанна Володимирівна, [lazur.yulianna@student.uzhnu.edu.ua](mailto:lazur.yulianna@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.е.н., доц. Шаркаді М. М.*

У задачах аналізу даних та машинного навчання виявлення аномалій є важливим напрямом досліджень, оскільки він дозволяє знаходити об'єкти, що суттєво відрізняються від більшості даних. Такі методи широко застосовуються у фінансовій сфері для виявлення шахрайських транзакцій, у кібербезпеці, медицині, та інших галузях промисловості.

У контексті машинного навчання цей напрям є частиною неконтрольованого навчання (unsupervised learning), оскільки алгоритми мають здатність виявляти приховані закономірності в немаркованих даних, що є критично важливим для таких сфер, як виявлення фінансового шахрайства, кібербезпека та медична діагностика [1].

Алгоритм iForest базується на концепції, що аномалії — це точки, які є «нечисленними та відмінними», що дозволяє їх легко ізолювати від решти даних. На відміну від традиційних методів, які будують профілі «нормальних» об'єктів, iForest використовує ансамбль випадкових дерев ізоляції (iTrees) що забезпечує ефективну ідентифікацію аномалій через їхню швидку ізоляцію у структурі дерева, де менша довжина шляху прямо корелює з вищим показником аномальності об'єкта.

Математична ефективність алгоритму ґрунтується на вимірюванні довжини шляху  $h(x)$ : аномальні точки мають меншу середню довжину шляху в структурах дерева. Для нормалізації оцінки аномальності  $s(x,n)$  використовується гармонійне число  $c(n)$ , що дозволяє отримати результат у діапазоні  $[0,1]$ , де значення близькі до 1 вказують на високу ймовірність аномалії. Основною перевагою iForest є його лінійна часова складність  $O(n)$  та здатність ефективно працювати з високовимірними даними завдяки механізму підмножин (sub-sampling) [2].

На протигагу глобальним підходам, метод LOF є щільнішим алгоритмом, який оцінює ступінь аномальності кожного об'єкта відносно його локального оточення.

Його математична суть базується на обчисленні локальної щільності досяжності ( $lrd$ ), яка є оберненою величиною до середньої відстані досяжності точки від її  $k$ -найближчих сусідів. Показник LOF відображає відношення середньої  $lrd$  сусідів до  $lrd$  самого об'єкта; значення більше за 1 свідчить про те, що точка знаходиться в розрідженій області порівняно з оточенням, і тому є локальним викидом. Це робить LOF незамінним для виявлення аномалій у даних із кластерами різної щільності, де глобальні методи можуть зазнати невдачі [3].

Основним інструментом аналізу ефективності методів машинного навчання є статистичні метрики класифікації оцінки, серед яких особливе місце посідає коефіцієнт кореляції Метьюса (MCC). Він вважається однією з найбільш об'єктивних величин для незбалансованих вибірок, оскільки враховує всі елементи матриці помилок (істинні та хибні результати обох типів) та забезпечує збалансовану оцінку незалежно від пропорції аномалій. Поряд із ним використовується метрика ROC-AUC, яка оцінює здатність моделі розрізняти класи незалежно від обраного порогу, що дозволяє порівнювати загальну якість ранжування об'єктів.

F-міра виступає гармонійним середнім між прецизійністю та повнотою, які собою являють точність виявлення аномальних об'єктів серед усіх передбачених аномалій та здатність моделі знаходити фактичні аномалії серед усіх наявних у наборі даних відповідно.

Важливо додати що стандартний показник точності (ассигасу) часто виявляється малоінформативним, оскільки у вибірках із малою часткою аномалій модель може мати

високу точність через те, що просто ігнорує всі рідкісні випадки. Окрім статистичних метрик, важливим критерієм для порівняння є обчислювальна ефективність або ж час виконання [4].

Аналіз роботи алгоритмів Isolation Forest (iForest) та Local Outlier Factor (LOF) під час різних досліджень [5] свідчить про такі ключові відмінності в їх ефективності:

- Алгоритм iForest демонструє значну перевагу у швидкості дії, оскільки його робота базується на ізоляції аномалій через випадкові дерева, що потребує низьких витрат пам'яті та часу. Кількість необхідної пам'яті для побудови дерев зростає лінійно, що робить алгоритм швидким і надійним для великих масивів даних. Натомість LOF є обчислювально складнішим методом, оскільки він вимагає розрахунку локальної щільності та відстаней до  $k$ -найближчих сусідів для кожного об'єкта, що суттєво уповільнює роботу на масштабних наборах даних.
- Згідно з результатами тестів на різних типах даних, iForest зазвичай перевершує LOF за показником AUC, демонструючи на окремих наборах максимально високу якість розділення класів. Проте за коефіцієнтом кореляції Меттьюса (MCC) результати не є однозначними: LOF демонстрував кращі показники на вибірках, де аномалії за своєю структурою нагадують нормальні об'єкти, що підтверджує його здатність ефективніше ідентифікувати локальні відхилення.
- Метод iForest ефективно працює з високовимірними даними та є стійким до шуму завдяки механізму випадкових підвбірок. LOF, у свою чергу, демонструє високу чутливість до вибору гіперпараметрів, таких як кількість сусідів  $k$  та метрики відстані, а його ефективність може знижуватися зі зростанням розмірності даних; водночас, цей алгоритм характеризується високою універсальністю щодо роботи з різними типами даних (числовими та категоріальними), демонструє стійкість до високого рівня шуму та є незамінним при пошуку аномалій у складних структурах із неоднорідною щільністю кластерів.

Таким чином, вибір між цими методами залежить від специфіки даних та пріоритетів системи: Isolation Forest є найбільш придатним для великих масивів даних та систем реального часу завдяки швидкодії та низькій складності, тоді як Local Outlier Factor залишається потужним інструментом для детекції складних локальних аномалій у даних із неоднорідною щільністю.

### Література

1. Chandola, Varun; Banerjee, Arindam; Kumar, Vipin. Anomaly detection: A survey. *ACM computing surveys (CSUR)*. 2009, 41.3, P: 1-58.
2. Liu, Fei Tony; Ting, Kai Ming; Zhou, Zhi-Hua. Isolation forest. *2008 eighth ieee international conference on data mining*. IEEE. 2008. p. 413-422.
3. Breunig, Markus M., et al. LOF: identifying density-based local outliers. *Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on Management of data*. 2000. p. 93-104.
4. Sathyanarayanan, S.; Tantri, B. Roopashri. Confusion matrix-based performance evaluation metrics. *African Journal of Biomedical Research*. 2024, 27.4, P: 4023-4031.
5. Fadul, Abubakar Mastour Adam. Anomaly detection based on isolation Forest and local outlier factor. *Africa University*, 2023, p. 1-28.

# МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СЕГМЕНТАЦІЇ КЛІЄНТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Лакота Дар'я Романівна, [daria.lakota@student.uzhnu.edu.ua](mailto:daria.lakota@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 3 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.т.н., доц. Кондрук Н. Е.*

У сучасних умовах висококонкурентного ринку сегментація клієнтської бази є ключовим елементом успішної взаємодії з аудиторією. Актуальність теми зумовлена необхідністю глибокого розуміння індивідуальних потреб споживачів для ідентифікації найбільш перспективних груп [1]. Традиційно сегментація проводиться за такими категоріями: демографічні (вік, сфера діяльності), географічні, психологічні та поведінкові ознаки. Особливої ваги набуває аналіз за життєвим циклом клієнта, що дозволяє виявити поточний етап взаємодії споживача з бізнесом для підвищення лояльності та стимулювання повторних продажів [2]. Проте зростання обсягів даних потребує відходу від ручного аналізу на користь автоматизованих методів машинного навчання.

Мета дослідження полягає у розробці та обґрунтуванні моделі сегментації клієнтів із використанням інструментарію машинного навчання для виділення стабільних та логічно інтерпретованих груп споживачів.

Дослідження базується на відкритому наборі даних «Customer Personality Analysis» [3], на основі якого було сформовано 5 ключових агрегованих ознак: вік, дохід, загальні витрати, кількість дітей та загальна кількість покупок. Для усунення впливу різних одиниць вимірювання та масштабів даних була застосована стандартизація за допомогою StandardScaler. Програмну реалізацію виконано мовою Python із використанням бібліотек scikit-learn, pandas та matplotlib.

Нижче наведено основні результати дослідження.

1. За допомогою комплексної діагностики (метод «ліктя», коефіцієнт силуету та індекс Калінського-Харабаша) було математично обґрунтовано два рівні сегментації: макро-рівень (2 кластери) та детальну мікро-сегментацію на 7 кластерів.

2. Проведене моделювання довело, що алгоритм K-Means (на базі Евклідової відстані) та ієрархічна кластеризація з відстанню Мінковського ( $p=3$ ) є надмірно чутливими до статистичних викидів та аномально високих доходів, що призводить до спотворення сегментів.

3. Найкращі показники стабільності та інтерпретованості продемонструвала агломеративна ієрархічна кластеризація з використанням Манхеттенської відстані ( $L_1$ ). Ця метрика виявилася робастною до шумів, що дозволило чітко виділити структуру всередині цільної хмари об'єктів.

4. Застосування методу головних компонент (PCA) дозволило стиснути багатовимірний простір ознак до двох компонент із збереженням 75.6% вихідної інформації. Цей етап усунув мультиколінеарність між доходами та витратами, очистив дані від шуму та зробив межі сегментів математично однозначними.

За результатами фінального моделювання було ідентифіковано сім стійких сегментів клієнтської бази. Серед них чітко виділяються: центральне ядро аудиторії (мас-маркет), високодохідний преміум-сегмент (VIP), пасивний економ-сегмент та нетипові мікро-групи (статистичні аномалії). Розроблена математично обґрунтована модель може слугувати аналітичною основою для інтеграції в CRM-системи компаній з метою персоналізації комунікацій та оптимізації маркетингових стратегій.

## Література

1. Гайд із сегментації клієнтів: значення, класифікація та кейси. *eSputnik*. URL: <https://esputnik.com/uk/blog/gajd-iz-segmentaciyi-kliyentiv-znachennya-klasifikaciya-ta-kejsi>
2. Сегментація клієнтської бази. *KeepinCRM*. URL: <https://keepincrm.com/customer-segmentation>
3. Customer Personality Analysis. *kaggle*. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/imakash3011/customer-personality-analysis?resource=download>

# МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ У ПРОГНОЗУВАННІ БІЗНЕС-ТРЕНДІВ

Пендлишак Тетяна Василівна, [pendlyshak.tetiana@student.uzhnu.edu.ua](mailto:pendlyshak.tetiana@student.uzhnu.edu.ua)

*магістр 1 року навчання, спеціальність F1 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.е.н., доц. Шаркаді М. М.*

В умовах стрімкої трансформації сучасної економіки, що характеризується високим рівнем невизначеності, динамічністю ринкових змін та зростанням структурованих і неструктурованих масивів даних, особливого значення набуває прогнозування та адаптація систем управління фінансами підприємств, оскільки постійно мінливе бізнес-середовище дещо ускладнює процес прийняття якісних управлінських рішень і зумовлює потребу у виокремленні слушних інструментів аналізу та прогнозування. Саме тому у цьому контексті зростає значення сучасних математичних моделей, які у поєднанні з вже традиційними економіко-математичними підходами дозволяють систематизувати фінансові процеси, при цьому виявляючи певні закономірності їх розвитку. Це, у свою чергу, сприяє точності прогнозів та забезпечує своєчасну реакцію на зовнішні виклики і у результаті формує підґрунтя для прийняття найефективнішого управлінського рішення з усіх можливих.

Існує цілий ряд моделей прогнозування, що сформувався під впливом розвитку аналітики, штучного інтелекту та роботи з різними типами даних. Традиційно основними моделями вважаються економіко-математичні, які дозволяють формалізовано описувати фінансові залежності та отримувати верифіковані результати на основі часових рядів. Відштовхуючись від цих моделей функціонують алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту, які широко застосовуються, наприклад, у дослідженні ринкових коливань, своєчасної на них реакції та оцінці впливу сукупності факторів з метою зниження фінансових витрат. З найефективніших алгоритмів варто виділити три: регресійний аналіз (лінійна або логістична регресія), метод випадковий ліс (Random Forest), та методи кластеризації (k-means та ієрархічна кластеризація), де перший метод використовується для виявлення та кількісної оцінки залежностей між змінними, другий – для обробки великих обсягів даних і підвищення точності прогнозів шляхом побудови ансамблю рішень, а третій – для групування об'єктів за схожими характеристиками з метою виявлення прихованих структур у даних. Для подолання обмежень традиційних раціональних моделей застосовуються поведінково-когнітивні методи, які дозволяють виявляти відхилення від раціональної поведінки учасників ринку, зумовлені психологічними чинниками. Їх використання дає змогу враховувати приховані тригери ризику і виявляти нетипові патерни поведінки, а відтак підвищити точність прогнозів і ефективність управлінських рішень [1, 2].

Синергія трьох згаданих моделей та методів формує гібридний метод, що застосовується для підвищення точності прогнозування, комплексного аналізу фінансових процесів і забезпечення гнучкості управлінських рішень у динамічному бізнес-середовищі. Найбільш ефективно ці методи працюють у поєднанні з підходом «людина в контурі»: аналітичні результати трансформуються у практичні рішення, при цьому зберігаючи баланс між точністю прогнозів і керованістю процесів. На імовірнісному описі фінансових процесів ґрунтуються стохастичні методи прогнозування, які враховують випадковий характер ринкових коливань і дозволяють моделювати невизначеність та ризики, недоступні для детермінованих підходів. Використання байєсівських моделей, методів режимного перемикавання та аналізу структурних зламів забезпечує врахування як короткострокових флуктуацій, так і довгострокових змін у фінансових потоках підприємства. Для бізнесів, які орієнтуються на стабільність та обґрунтованість управлінських рішень, доцільними є детерміновані методи прогнозування, оскільки вони базуються на чітких функціональних залежностях і дозволяють інтерпретувати вплив факторів на фінансові показники, що є цінним для стратегічного планування та взаємодії зі стейкхолдерами. Крім цього, вони виконують роль орієнтира для перевірки результатів стохастичних і гібридних моделей. Водночас для

підвищення гнучкості та точності прогнозів їх доцільно інтегрувати в комплексні мультимодальні системи, які поєднують фінансові, текстові, сенсорні та ринкові дані в єдину адаптивну архітектуру та працюють з урахуванням часових горизонтів: короткострокових – для управління ліквідністю, середньострокових – для бюджетування і ризиків, довгострокових – для формування стратегічних фінансових орієнтирів.

Варто згадати і про корпоративно-фінансові методи прогнозування, що спрямовані на забезпечення стабільності грошових потоків, оптимізацію капіталу та своєчасне виявлення ризиків шляхом перетворення фінансових даних у прогнозні моделі, інтегровані в системи управління. Задля ефективнішого функціонування цього методу доцільним є його гібридизація із поведінковими, стохастичними та інтелектуальними підходами, що значно підвищить точність прогнозів, забезпечить адаптацію фінансових стратегій, перетворюючи їх на стратегічний інструмент розвитку підприємства.

Ринково-поведінкові методи прогнозування ґрунтуються на аналізі попиту, настроїв інвесторів і реакцій споживачів, враховуючи психологічні та інформаційні чинники, що впливають на фінансові ринки. У цифровому середовищі вони дозволяють оперативно прогнозувати зміни ліквідності, вартості капіталу та інвестиційної активності на основі даних із відкритих джерел і соціальних платформ. З метою підвищення надійності цього методу доцільною є його інтеграція з економіко-математичними та стохастичними підходами, що суттєво зменшить вплив випадкових і маніпулятивних сигналів.

Сучасний етап фінансової аналітики представляють технологічно-цифрові методи, які першочергово базуються на інтеграції ІКТ, штучного інтелекту, хмарних технологій і аналітики даних. Вони забезпечують безперервне прогнозування, автоматизацію планування та оперативну адаптацію фінансових рішень у режимі реального часу. Цей метод найкраще працює тоді, коли його поєднати з економіко-математичними методами та стохастичними підходами: збалансується висока швидкість обробки даних з аналітичною прозорістю [1, 3].

Загалом сукупне використання описаних моделей формує комплексний інструментарій прогнозування бізнес-трендів, який є необхідним елементом ефективного управління підприємств у цифрову епоху. Поєднання різноманітних методів дозволяє не тільки підвищити точність прогнозів, а й забезпечити гнучкість та адаптивність управлінських рішень в умовах невизначеності. Водночас інтеграція економіко-математичних, стохастичних, поведінкових та інтелектуальних підходів створює передумови для більш глибокого аналізу фінансових процесів, своєчасного виявлення ризиків і формування обґрунтованих стратегічних рішень. Крім того, застосування гібридних моделей та цифрових технологій дозволяє підприємствам оперативно реагувати на зміни зовнішнього середовища, оптимізувати використання ресурсів і підвищувати конкурентоспроможність.

## Література

1. Федорчак О.Є. Класифікація методів прогнозування бізнес-процесів. *Держава та регіони*. 2025. Т. 4, № (138). С. 67–72. URL: [https://econom.stateandregions.zp.ua/journal/2025/4\\_2025/12.pdf](https://econom.stateandregions.zp.ua/journal/2025/4_2025/12.pdf).
2. Жуковський Д., Лозовська Л. Аналіз використання методів машинного навчання в аналітиці показників інтернет ресурсів. *Сталий розвиток економіки*. 2023. № 2(47). С. 65–69. URL: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2023-47-9>.
3. Aronsson A. Predicting irrational market behavior. 2022. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1669361/FULLTEXT01.pdf>.

# РОЛЬ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ПОБУДОВІ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ЦИФРОВОМУ БІЗНЕСІ

Плющ Микола Володимирович, [plushch.mykola@student.uzhnu.edu.ua](mailto:plushch.mykola@student.uzhnu.edu.ua)

*магістр 1 року навчання, спеціальність F1 Прикладна математика*

Науковий керівник: *д.п.н, доц. Повідайчик М. М.*

Стрімка активізація процесів цифровізації зумовлює перенесення більшості активностей користувачів в онлайн-середовище, що змушує підприємства адаптувати свої бізнес-моделі та впроваджувати інноваційні інструменти взаємодії. У цьому контексті важливу роль відіграють математичні підходи до побудови рекомендаційних систем, які базуються на алгоритмах обробки великих даних та дозволяють підвищувати конверсію і формувати лояльність клієнтів шляхом адаптації пропозицій до їхніх індивідуальних потреб.

Загалом існує чотири типи рекомендаційних систем: колаборативна фільтрація (collaborative filtering); рекомендаційні системи, які базуються на контенті (content-based); рекомендаційні системи, що засновані на знаннях (knowledge-based) та гібридні (hybrid) рекомендаційні системи. Перша ґрунтується на подібності користувачів або товарів (user-based і item-based), дозволяє точно прогнозувати поведінку за наявності достатніх даних, однак має обмеження щодо нових користувачів. Друга базується на підборі товарів за їх характеристиками відповідно до інтересів користувача, що підвищує ймовірність покупки та рівень утримання без потреби збору особистих даних, однак у довгостроковій перспективі можуть знижувати ефективність через повторення неактуального контенту. Третя передбачає використання знань про предметну область і складних правил відбору, що дозволяє точно підбирати товари та пропонувати супутні продукти, однак їх розробка і підтримка потребують значних ресурсів. Четверта полягає у поєднанні різних підходів для досягнення кращої точності результатів, хоча потребує значних ресурсів, і розвивається завдяки сучасним методам Data Science та економіко-математичного моделювання [1].

Методи машинного навчання в рекомендаційних системах використовують не лише числові дані, а й текст, зображення, аудіо та відео, які перетворюються у математичну форму, зокрема із застосуванням SEO-оптимізації. Це дозволяє застосовувати різні алгоритми для створення ефективних моделей, оптимізації процесів взаємодії з клієнтами і досягнення економічно обґрунтованих результатів.

Серед основних алгоритмів машинного навчання, що використовуються під час побудови рекомендаційних систем виділяють наступні. Пошук асоціативних правил як метод машинного навчання аналізує великі масиви даних для виявлення закономірностей у поведінці користувачів і визначення взаємопов'язаних товарів, що доцільно рекомендувати, зокрема із застосуванням алгоритмів Apriori та FP-Growth. Наступним алгоритмом є Slope One – набір алгоритмів колаборативної фільтрації, що використовуються в рекомендаційних системах для формування пропозицій на основі вподобань користувачів щодо товарів і послуг. Алгоритм дерева рішень будує модель у вигляді ієрархічної структури вузлів і гілок для класифікації або прогнозування рішень (наприклад, купує чи ні) на основі вхідних даних, використовуючи такі підходи, як CART і C4.5. Методи кластерного аналізу передбачають групування користувачів або товарів за подібністю на основі обчислення відстаней, що дозволяє формувати однорідні сегменти для побудови рекомендацій, зокрема із застосуванням алгоритмів, включаючи генетичні підходи. Нейронні мережі є одним із найперспективніших підходів у рекомендаційних системах завдяки різноманіттю архітектур і постійному підвищенню ефективності, що забезпечується розвитком обчислювальних потужностей і хмарних технологій [2].

Таким чином, математичні підходи до побудови рекомендаційних систем відіграють головну роль у розвитку цифрового бізнесу, забезпечуючи персоналізацію взаємодії з клієнтами та підвищення ефективності управлінських рішень. Використання різних типів

рекомендаційних систем і алгоритмів машинного навчання дозволяє комплексно обробляти великі масиви даних, виявляти поведінкові закономірності та формувати релевантні пропозиції для користувачів. Водночас поєднання різних методів, зокрема у межах гібридних моделей, сприяє підвищенню точності рекомендацій і адаптації систем до змін цифрового середовища, що в цілому підсилює конкурентоспроможність підприємств і забезпечує їх стійкий розвиток.

### **Література**

1. Пономаренко І., Битик, О. Використання рекомендаційних систем для оптимізації маркетингової стратегії компанії. 2021. *Підприємництво та інновації*, (19), 34-39. URL: <https://doi.org/10.37320/2415-3583/19.5>.

2. Корнієнко Д., Персоналізовані рекомендаційні системи для електронної комерції на основі гібридних AI-моделей. 2024. 90 с. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/files/original/107/17950/20a4b73981e30a3fec04bfbb51fcafd1c130cc7b.pdf>.

# PHYSICS-INFORMED NEURAL NETWORKS (PINN): НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНИХ ФОРМУЛ

Пуґа Юлія Василівна, [puha.yuliia@student.uzhnu.edu.ua](mailto:puha.yuliia@student.uzhnu.edu.ua)

студентка 3 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика

Науковий керівник: к.т.н., доц. Кондрук Н. Е.

Сучасна наука стикається з проблемою: класичні математичні методи часто обмежені при роботі з зашумленими даними, а звичайне машинне навчання може ігнорувати закони природи. Фізично-інформовані нейронні мережі (PINN) виступають «мостом» між ними, навчаючи ШІ суворо дотримуватися фізичних законів, записаних у формі диференціальних рівнянь [1].

Реалізація цього підходу базується на тому, що нейронна мережа стає «універсальним обчислювачем». Замість того, щоб розбивати простір на складні сітки, ми використовуємо автоматичне диференціювання — технологію, яка дозволяє програмі точно розраховувати зміни параметрів (похідні) у будь-якій точці. Під час навчання мережа отримує «штрафи» не тільки за помилки в порівнянні з даними, а й за порушення фізичних формул. Таким чином, математичне рівняння стає активною частиною алгоритму, що дозволяє отримувати точні результати навіть за мінімальної кількості експериментальних даних [2, 3].

Сфера застосування PINN охоплює найскладніші галузі сучасної науки. У механіці рідин вони допомагають відновлювати поля тиску та швидкості, в адитивному виробництві (3D-друк) — прогнозують напруження в металі, а в біомедицині стають основою для створення «цифрових двійників» пацієнтів. Зокрема, існують спеціальні версії мереж, як-от дробові PINN (fPINNs), які моделюють складні процеси «пам'яті» в тканинах мозку при дослідженні хвороби Альцгеймера, або розширені мережі (XPINNs) для розрахунку ударних хвиль в аеродинаміці [2,3].

Попри значні перспективи, розвиток технології супроводжується певними викликами. Однією з проблем є «спектральне зміщення», коли нейромережа добре бачить загальну картину (низькі частоти), але ігнорує дрібні деталі процесу. Крім того, налаштування балансу між фізикою та даними у функціях втрат потребує значних обчислювальних ресурсів та складних бібліотек, таких як DeepXDE або NVIDIA Modulus. Проте інтеграція PINN із квантовими обчисленнями та нейросимвольними підходами обіцяє відкрити нову еру в науці, де машини зможуть самостійно відкривати нові закони природи [3].

## Література

1. Physics Informed Neural Networks (PINNs) in PhysicsNeMo Sym – NVIDIA PhysicsNeMo Framework. *NVIDIA Documentation Hub* - *NVIDIA Docs*. URL: [https://docs.nvidia.com/physicsnemo/25.08/physicsnemo-sym/user\\_guide/theory/phys\\_informed.html](https://docs.nvidia.com/physicsnemo/25.08/physicsnemo-sym/user_guide/theory/phys_informed.html) (date of access: 08.05.2026).
2. Physics Informed Neural Networks (PINNs) in PhysicsNeMo Sym – NVIDIA PhysicsNeMo Framework. *NVIDIA Documentation Hub* - *NVIDIA Docs*. URL: [https://docs.nvidia.com/physicsnemo/25.08/physicsnemo-sym/user\\_guide/theory/phys\\_informed.html](https://docs.nvidia.com/physicsnemo/25.08/physicsnemo-sym/user_guide/theory/phys_informed.html) (date of access: 09.05.2026).
3. Physics-Informed Neural Networks: A Review of Methodological Evolution, Theoretical Foundations, and Interdisciplinary Frontiers Toward Next-Generation Scientific Computing / Z. Ren et al. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, no. 14. P. 8092. URL: <https://doi.org/10.3390/app15148092> (date of access: 11.05.2026).

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛЬНИМИ НОТАТКАМИ НА БАЗІ ASP.NET CORE

Русанюк Каміла Сергіївна, [rusaniuk.kamila@student.uzhnu.edu.ua](mailto:rusaniuk.kamila@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.т.н., доц. Кондрук Н. Е.*

Сучасна розробка веб-застосунків висуває високі вимоги до продуктивності та швидкості розробки шару доступу до даних. Платформа NET пропонує два фундаментально різних підходи: використання повнофункціональних об'єктно-реляційних відображень (ORM), таких як Entity Framework Core, та мікро-ORM, яскравим представником яких є Dapper. Вибір між цими інструментами є стратегічно важливим, оскільки він визначає не лише швидкість роботи застосунку, а й терміни реалізації проєкту та зручність подальшої підтримки.

Entity Framework (EF) Core – це ефективний, масштабований, кросплатформний фреймворк з відкритим вихідним кодом. Його головною перевагою є високий рівень абстракції, що дозволяє розробнику працювати з базою даних як з колекцією об'єктів у пам'яті [1]. Використання LINQ мінімізує кількість помилок на етапі компіляції та повністю виключає потребу ручного написання SQL-коду на початкових етапах розробки. Хоча за ці переваги доводиться платити додатковими витратами ресурсів процесора, для застосунку керування нотатками цей фактор не є критичним.

Dapper – це ефективна бібліотека з відкритим кодом для NET, яка класифікується як мікро-ORM і фокусується на забезпеченні максимальної продуктивності та простоти доступу до даних. Оскільки розробник пише SQL-запити власноруч, це дозволяє використовувати специфічні оптимізації конкретної СУБД, складні об'єднання (JOIN) та аналітичні функції, які важко або неможливо реалізувати засобами LINQ [2]. Проте відсутність автоматичних міграцій та необхідність ручного написання SQL значно підвищують поріг входження та збільшують час розробки, особливо при частому внесенні змін до структури даних.

Для розробки веб-застосунку керування нотатками було обрано Entity Framework Core, оскільки він найкраще задовольняє специфічні потреби даного проєкту. Застосунок передбачає гнучку структуру даних (нотатки, теги, категорії), де важливо швидко змінювати схему бази даних за допомогою механізму міграцій. Високий рівень автоматизації EF Core дозволяє зосередитися на бізнес-логіці та інтерфейсі користувача, забезпечуючи швидкий вихід продукту на ринок. Для бізнес-додатків зі складними зв'язками між сутностями EF Core забезпечує кращу цілісність та швидкість реалізації логіки. У системі нотаток використання вбудованого механізму відстеження змін дозволяє ефективно керувати оновленням вмісту без написання зайвого коду.

Практичний досвід показав, що для проєкту керування нотатками Entity Framework Core є найбільш доцільним рішенням. Він гарантує надійність, легкість масштабування та високу швидкість розробки. Хоча Dapper залишається потужним інструментом для складних аналітичних запитів, для архітектури даного веб-застосунку переваги EF Core у вигляді зручності підтримки та автоматизації стали вирішальними факторами вибору.

## Література

1. Overview of Entity Framework Core - EF Core. Microsoft Learn: Build with answers in reach. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/ef/core/> (дата звернення: 19.04.2026).
2. Welcome To Learn Dapper ORM - A Dapper Tutorial for C# and .NET Core. *Welcome To Learn Dapper ORM - A Dapper Tutorial for C# and .NET Core*. URL: <https://www.learn-dapper.com/> (дата звернення: 19.04.2026).

# ПРОЄКТУВАННЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ МЕМОРІАЛЬНОГО КОНТЕНТУ

Семен Віталій Віталійович, [semen.vitalii@student.uzhnu.edu.ua](mailto:semen.vitalii@student.uzhnu.edu.ua)

*студент 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *д. п. н., доц. Мулеса П.П.*

У сучасних умовах цифрові веб-платформи відіграють важливу роль у збереженні та поширенні суспільно значущої інформації. Особливо актуальними є ресурси, присвячені вшануванню пам'яті героїв війни. Вони мають бути зручними для користувачів, адаптивними та простими в адмініструванні.

Метою роботи є проєктування та реалізація адаптивної веб-платформи для структурованого представлення меморіального контенту: інформації про героїв війни, галереї зображень і загальних відомостей про проєкт. Основну увагу приділено поєднанню клієнтської та серверної частин у єдину систему, де контент керується через адміністративний інтерфейс, а frontend отримує дані через API.

Серверна частина реалізована з використанням Python, Django та Django REST Framework [1; 2]. Django забезпечує роботу з моделями даних і адміністративною панеллю, а Django REST Framework використовується для створення API. Для опису endpoint-ів застосовано drf-spectacular відповідно до специфікації OpenAPI [3].

Клієнтська частина побудована на основі Next.js, React і TypeScript [4; 5; 7]. Це дозволяє створювати компонентний інтерфейс і зручно підтримувати структуру проєкту. Адаптивність реалізовано за допомогою Tailwind CSS, що спрощує налаштування відображення сторінок на різних пристроях [6].

Особливістю системи є відокремлення керування контентом від його відображення. Адміністратор може оновлювати інформацію на сервері, а користувач бачить актуальні дані без змін у frontend-коді.

Отже, розроблена веб-платформа демонструє практичне застосування Full-stack підходу для створення адаптивної інформаційної системи. Поєднання Django REST Framework, Next.js, React, TypeScript і Tailwind CSS забезпечує гнучку архітектуру, придатну для подальшого розвитку та наповнення новим контентом.

## Література

1. Django Documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com/>.
2. Django REST Framework Documentation. URL: <https://www.django-rest-framework.org/> [15; 20].
3. drf-spectacular Documentation. URL: <https://drf-spectacular.readthedocs.io/>.
4. Next.js Documentation. URL: <https://nextjs.org/docs> [15; 20].
5. React Documentation. URL: <https://react.dev/>.
6. Tailwind CSS Documentation. URL: <https://tailwindcss.com/docs>.
7. TypeScript Documentation. URL: <https://www.typescriptlang>.

# ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ В ЦИФРОВОМУ МАРКЕТИНГУ

Сідун Каміла Вагіфівна, [sidun.kamila@student.uzhnu.edu.ua](mailto:sidun.kamila@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 3 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

*Науковий керівник: к.ф.-м.н., доц. Млавець Ю.Ю.*

В умовах стрімкого розвитку електронної комерції ефективно управління попитом є одним із ключових чинників конкурентоспроможності бізнесу. Цифровий маркетинг генерує великі масиви даних – покази реклами, кліки, конверсії, обсяги продажів, які потребують математичного опрацювання. Одним із найбільш поширених і обґрунтованих інструментів аналізу таких даних є метод найменших квадратів (МНК) [1].

МНК дозволяє побудувати регресійну модель залежності між рекламними витратами та результируючим показником (обсягом продажів, кількістю замовлень тощо), мінімізуючи суму квадратів відхилень між фактичними і модельними значеннями. Математично задача зводиться до знаходження вектора коефіцієнтів, який є розв'язком системи нормальних рівнянь [2]:

$$B = (X'X)^{-1}X'Y,$$

де  $(X'X)^{-1}$  – матриця, обернена до матриці коефіцієнтів цієї системи нормальних рівнянь;  $X'Y$  – вектор її вільних членів. Отримана модель дозволяє не лише описати наявну залежність, а й здійснювати прогнозування майбутнього попиту при заданих рекламних бюджетах.

Практична цінність МНК у цифровому маркетингу визначається кількома перевагами. По-перше, метод дає змогу кількісно оцінити внесок кожного маркетингового каналу у загальний результат. По-друге, отримані коефіцієнти регресії безпосередньо інтерпретуються як зміна показника ефективності при збільшенні витрат на одну одиницю. По-третє, МНК є статистично обґрунтованим і дозволяє перевіряти значущість зв'язків за допомогою критеріїв Фішера та Стьюдента [3].

Таким чином, метод найменших квадратів є ефективним інструментом прогнозування попиту в цифровому маркетингу, що забезпечує математично строгий аналіз взаємозв'язків між маркетинговими чинниками та ринковим попитом. Застосування МНК дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу рекламного бюджету та підвищувати ефективність маркетингових кампаній.

## **Література**

1. Лук'яненко І.Г., Краснікова Л.І. Економетрика: Підручник. Київ : Товариство «Знання», КОО, 1998. 494 с.
2. Волошин О. Р., Галайко Н. В. Економетрія. Ч. 1 : навч. посібник. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2012. 192 с.
3. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. 3rd ed. Melbourne: OTexts, 2021. URL: <https://otexts.com/fpp3> (дата звернення: 12.05.2026).

# РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ КОРИСТУВАЦЬКИМ КОНТЕНТОМ

Сорока Катерина Анатоліївна, [soroka.kateryna@student.uzhnu.edu.ua](mailto:soroka.kateryna@student.uzhnu.edu.ua)

*студентка 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *д. п. н., доц. Мулеца П.П.*

**Актуальність.** Сучасні UGC-платформи часто розділяють функціонал блогінгу та генерації мемів на різні сервіси. Epic Meme Maker – це інтегрована платформа, що поєднує серверну генерацію мемів, соціальну стрічку публікацій та розділ статей у єдиній системі.

**Архітектура проекту.** Система побудована за трирівневим SPA-принципом: клієнтська частина на React із TypeScript, серверна частина на FastAPI та реляційна база PostgreSQL. Обрано REST API як протокол взаємодії з чітким розмежуванням публічних та захищених ендпоінтів. База даних складається з шести взаємопов'язаних таблиць: користувачі, меми, пости, статті, проміжна таблиця `post_memes` для зв'язку «багато до багатьох» та `user_likes` для системи лайків.

**Ключові технічні рішення.** Автентифікація реалізована на JWT-токенах із bcrypt-хешуванням паролів. Замість стандартного FastAPI Depends використано власну функцію `decode_access_token`, що витягує `user_id` з Authorization header. Це дозволяє явно контролювати процес валідації токенів у будь-яких частинах програми.

Серверна генерація мемів через Pillow забезпечує консистентний результат незалежно від браузера користувача. Алгоритм включає: завантаження зображення у тимчасову директорію, розрахунок розміру шрифту пропорційно до ширини зображення, автоматичне розбивання тексту на рядки, накладання тексту з обведенням, збереження готового PNG у `/media/` із унікальним UUID-ім'ям, запис URL до бази даних та видалення тимчасового файлу. Користувач отримує пряме посилання на згенероване зображення одразу після створення.

**Функціональні модулі.** Модуль публікацій реалізує соціальну стрічку з підтримкою вкладення мемів. Кожен пост може містити текст та мем, причому автор може додати як публічний мем, так і свій приватний. При створенні публікації з чужим мемом автоматично інкрементується лічильник `repost_count`. Система лайків побудована на асинхронних запитах до проміжної таблиці `user_likes` – один клік перемикає стан лайка (`toggle pattern`) без перезавантаження сторінки.

Модуль статей забезпечує публікацію довгоформатного контенту. Для створення використовується React Quill з WYSIWYG-редактором. Статті мають банер, заголовок, тамбнейл та повний текст. Публікувати можуть лише користувачі зі статусом модератора, що забезпечує контроль якості контенту.

Інтерфейс профілю об'єднує галерею власних мемів, список постів та інструменти керування. Реалізовано Masonry Layout для адаптивного відображення мемів різної висоти. Користувач бачить всі свої меми незалежно від статусу (`draft/published`), тоді як на чужих профілях відображаються лише публічні.

**Тестування.** Функціональні тести покривають десять ключових сценаріїв: реєстрацію, автентифікацію, генерацію мемів, CRUD операції з постами, захист ендпоінтів. Усі тести успішно пройдені, підтверджено коректність роботи каскадних видалень та системи авторизації.

**Результати.** Створено повнофункціональний прототип платформи з 14 REST ендпоінтами. Система демонструє сучасні підходи до full-stack розробки: асинхронна обробка запитів, ORM з міграціями, клієнтський роутинг, JWT-автентифікація та серверна обробка зображень.

Перспективи розвитку включають повнотекстовий пошук через PostgreSQL, WebSocket-сповіщення, хмарне зберігання медіафайлів та алгоритмічне ранжування публікацій.

## Література

1. Participative Web and user-created content: Web 2.0, wikis and social networking / ред.: V. Graham, W.-V. Sacha, Organisation for Economic Co-operation and Development. [Paris] : Organisation for Economic Co-operation and Development, 2007. 124 с.
2. Social media and public health: opportunities and challenges. MDPI, 2021. URL: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2350-7> (дата звернення: 01.03.2026).
3. FastAPI. FastAPI. URL: <https://fastapi.tiangolo.com> (дата звернення: 02.04.2026).
4. Pillow. Pillow (PIL Fork). URL: <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/> (дата звернення: 11.04.2026).
5. Jones M., Bradley J., Sakimura N. JSON web token (JWT). RFC Editor, 2015. URL: <https://doi.org/10.17487/rfc7519> (дата звернення: 15.04.2026).

# ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ У BLENDER

Тегза Максим Мирославович, tegza.maksym@student.uzhnu.edu.ua

*студент 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

*Науковий керівник: к.т.н., доц. Кондрук Н. Е.*

У основі дослідження лежить метод параметричного моделювання, який передбачає використання математичних рівнянь для визначення координат об'єктів у просторі залежно від заданих скалярних значень (висота, радіус, кількість). На відміну від ручного моделювання, цей підхід дозволяє делегувати складні розрахунки обчислювальному ядру, що забезпечує високу масштабованість: користувач може миттєво змінювати топологію об'єкта без деформації геометрії, яка часто виникає при використанні стандартних модифікаторів [1].

Проте при використанні стандартного Python API для генерації об'єктів у Blender розробники стикаються з проблемою низької продуктивності при ітераційному створенні великих масивів геометрії [1]. Головним чинником затримок є не лише швидкість самого Python, а й примусове оновлення графа залежностей (Dependency Graph) сцени після кожної операції створення примітивів [2]. Через це виникають зайві обчислення (overhead), які стають критичними при кількості ітерацій понад 2000.

Розроблений механізм оптимізації через C++ та Pybind11 став рішенням проблем зі швидкістю [3, 4]. Запропонований підхід базується на винесенні математичної логіки у зовнішнє компільоване ядро. Використання бібліотеки Pybind11 дозволяє реалізувати безшовну інтеграцію, де динамічні масиви координат (`std::vector<float>`) та індексів полігонів (`std::vector<int>`) з ядра C++ безпосередньо транслюються у структури даних Python.

Основна перевага швидкодії досягається завдяки зміні парадигми генерації з ітераційної на пакетну (batch processing). Оптимізований алгоритм виконується у три кроки.

1. Ізольований розрахунок. Ядро C++ формує повну геометрію об'єкта в оперативній пам'яті без звернень до Blender API.

2. Типізоване відображення. Pybind11 здійснює конвертацію масивів у списки Python, мінімізуючи витрати на копіювання.

3. Атомарний запис. Замість циклічного створення об'єктів використовується функція `mesh.from_pydata()`. Вона здійснює прямий запис сформованого масиву в блок Mesh за одну операцію.

Отже, даний підхід дозволяє ігнорувати проміжні оновлення графа залежностей сцени. В результаті, час генерації надвеликих масивів геометрії скорочується до мілісекунд, що підтверджує ефективність використання гібридної архітектури для високопродуктивного 3D-моделювання.

## Література

1. Ebert D. S., Musgrave F. K., Peachey D., Perlin K., Worley S. Texturing & Modeling: A Procedural Approach. 3rd ed. San Francisco : Morgan Kaufmann, 2003. 616 p.
2. Blender 4.x Python API Documentation. Blender.org. URL: <https://docs.blender.org/api/current/> (дата звернення: 12.05.2026).
3. Stroustrup B. The C++ Programming Language. 4th ed. Addison-Wesley, 2013. 1368 p.
4. pybind11 — Seamless operability between C++11 and Python. Read the Docs. URL: <https://pybind11.readthedocs.io/en/stable/> (дата звернення: 12.05.2026).

# РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІАЛОГОВОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ТЕКСТОВИХ ДАНИХ

Фатич Вікторія Миколаївна, fatych.viktoriia@student.uzhnu.edu.ua

*студентка 2 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика*

Науковий керівник: *к.ф.-м.н., доц. Млавець Ю.Ю.*

Сьогодні інтелектуальні діалогові системи є одним із найактуальніших напрямів розвитку інформаційних технологій. Вони забезпечують взаємодію між користувачем і програмою у формі природного спілкування. Основою роботи подібних систем є математичні методи обробки текстових даних, аналіз повідомлень користувача та формування відповідей відповідно до змісту запиту [1]. Особливо актуальним є створення саме україномовних діалогових систем через зростання потреби у сучасних вітчизняних сервісах.

Розглянуто принципи створення інтелектуальної діалогової системи українською мовою на основі методів обробки текстових даних та реалізовано систему у вигляді Telegram-бота для отримання погодної інформації [3]. Проаналізовано історію розвитку діалогових систем, від перших чат-ботів ELIZA та PARRY до сучасних інтелектуальних асистентів, а також досліджено принципи їх функціонування. Зокрема, вивчено використання ключових слів та аналіз текстових повідомлень, що дозволяють чат-боту розпізнавати запити користувача та виконувати необхідні дії [1].

Для програмної реалізації було обрано мову програмування Python та її спеціалізовані бібліотеки `pyTelegramBotAPI`, `requests` і `sqlite3` [2]. Створена система, яка здатна приймати повідомлення користувача, аналізувати текстові запити та формувати відповідь. Користувач вводить текстове повідомлення або надсилає геолокацію, після чого програма аналізує отримані дані, виконує запит до сервісу `OpenWeatherMap API` та формує відповідь.

Результати тестування показали, що створена система коректно аналізує запити користувача та забезпечує швидке отримання погодної інформації. У подальшому систему можна вдосконалити шляхом використання методів машинного навчання та покращення механізмів обробки природної мови.

## **Література**

1. IBM Cloud. Chatbots explained. URL: <https://www.ibm.com/cloud/learn/chatbots-explained> (дата звернення: 14.05.2026).
2. Python Software Foundation. Python documentation. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення: 14.05.2026).
3. Telegram Bot API. URL: <https://core.telegram.org/bots/api> (дата звернення: 14.05.2026).

# ВПЛИВ МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ РОЗМІРНОСТІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Шулла Андрій Богданович, shulla.andrii@student.uzhnu.edu.ua

студент 3 курсу, спеціальність 113 Прикладна математика

Науковий керівник: д.п.н., доц. Повідайчик М.М.

Багато сучасних наборів даних у системах штучного інтелекту та дейтамайнінгу мають екстремально високу розмірність, що часто призводить до фундаментальних проблем: перевантаження моделей, зменшення ефективності обробки інформації та непропорційного збільшення часу навчання [1]. Технологія виявлення прихованих взаємозв'язків у великих базах даних вимагає надійних методів подання та обробки знань, особливо при роботі з нечіткими або зашумленими ознаковими просторами [2]. Тому дослідження застосування технік зменшення розмірності є критично важливою задачею для покращення продуктивності аналітичних інструментів [1].

Класичним підходом до редукції простору є лінійний метод головних компонент (PCA), мета якого полягає в анулюванні кореляцій між координатами шляхом діагоналізації коваріаційної матриці [5]. Математична постановка задачі зводиться до обчислення коваріаційної матриці  $C$  центрованих даних та знаходження її власних векторів  $v$  і відповідних їм власних значень  $\lambda$  [6]:

$$C = \frac{1}{n-1} X^T X, \quad (1)$$

$$Cv = \lambda v, \quad (2)$$

де  $X$  – матриця даних спостережень. Якщо спектр коваріаційної матриці вироджений, вибирається довільний ортонормований базис власних векторів, оскільки власні числа такої матриці завжди є дійсними та невід'ємними [5]. Альтернативно застосовується простий ітераційний алгоритм сингулярного розкладання матриці даних (SVD), а для багатовимірних масивів – тензорний метод головних компонент [5].

Незважаючи на ефективність лінійних методів, складні топологічні структури вимагають нелінійного підходу до візуалізації та редукції. До таких методів належать  $t$ -SNE (стохастичне вкладення сусідів з  $t$ -розподілом), Isomap та UMAP [1]. Оцінка ефективності сучасних технік на базі розробленої інформаційно-аналітичної системи (Python) дозволила кількісно порівняти їхній вплив на продуктивність класифікаторів машинного навчання [1].

Як тестовий набір для оцінки синергії алгоритмів було обрано високорозмірний датасет «DARWIN», що характеризується наявністю 451 ознаки [1]. У результаті експерименту всі нелінійні техніки показали подібні результати візуалізації, однак алгоритм  $t$ -SNE виявився найефективнішим методом попередньої обробки даних саме для цього набору. Його використання як інструменту редукції простору дозволило розв'язати проблему розмиття відстаней, характерну для метричних алгоритмів, що призвело до радикального підвищення точності алгоритму  $k$ -найближчих сусідів (kNN) на 21% [1]. Водночас, для методу опорних векторів (SVC) приріст точності склав 4%, що пояснюється усуненням нерелевантного шуму та покращенням лінійної роздільності класів у трансформованому просторі [1].

Отримані результати доводять, що правильне застосування сучасних методів зменшення розмірності даних здатне нівелювати загрози високорозмірних просторів і безпосередньо сприяти побудові значно ефективніших та швидших прогностичних моделей [1]. Майбутні дослідження передбачають глибшу оцінку тензорних підходів та синергії технік топологічного аналізу для вирішення конкретних прикладних задач систем штучного інтелекту.

## Література

1. Аналіз технік зменшення розмірності в машинному навчанні. URL: <http://visnyk-math.uzhnu.edu.ua/article/view/279906> (дата звернення: 08.05.2026).
2. Бурхл. Застосування дейтамайнінгу в бізнесовій діяльності. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/78513614.pdf> (дата звернення: 08.05.2026).
3. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень : навч. посіб. URL: <https://elib.chdtu.edu.ua/e-books/3724> (дата звернення: 08.05.2026).
4. Глибовець М., Олецкий О. Штучний інтелект : підручник. Київ : КМ Академія, 2002. 366 с. (дата звернення: 08.05.2026).
5. 2.5. Decomposing signals in components. *scikit-learn* : [вебсайт]. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/decomposition.html#pca> (дата звернення: 12.05.2026).
6. Математика машинного навчання. Метод головних компонент. Частина 2 // Medium. URL: <https://medium.com/@deneb.acyg/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0-%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4-%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0-2-023152e7fd29> (дата звернення: 08.05.2026).

