

# РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ЗАПОВНЕННЯ ПРОПУСКІВ ДАНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ МЕТОДАМИ ПРИ СТВОРЕННІ ПРОГНОЗНИХ МОДЕЛЕЙ

Попов А.Ю.<sup>1</sup>, Макаренко О.С.<sup>2</sup>, Бідюк П.І.<sup>3</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

<sup>1</sup> popovandrii1403@gmail.com, <sup>2</sup> makalex51@gmail.com, <sup>3</sup> pbidyuke\_00@ukr.net

**Наявність якісних даних виступає ключовим елементом для успішного моделювання у машинному навчанні. Пропущені дані можуть мати різні механізми утворення і правильна їх обробка здатна істотно покращити результати навчання. Метою роботи є дослідження впливу різних методів заповнення пропущених даних на прогнозні моделі з метою покращення їх роботи. Результатом роботи є програмне забезпечення для проведення дослідження на прикладі задачі прогнозування відтоку клієнтів. У роботі використано теоретичні та емпіричні методи дослідження.**

**Ключові слова:** пропущені дані, методи заповнення, механізми пропущених даних, прогнозні моделі, машинне навчання, аналіз даних.

## 1. ВСТУП

У контексті машинного навчання якісні дані є запорукою якісного моделювання. Пропущені дані є однією з проблем, що зустрічаються найчастіше у аналізі даних, оскільки вони можуть утворюватися з найрізноманітніших причин, зокрема через технічні помилки, людський фактор, природу дослідження, тощо. Пропущені дані можуть серйозно впливати на точність та надійність моделей, тому аналіз та ефективне заповнення пропущених даних є важливим етапом попередньої обробки інформації.

Використання відповідних методів дозволяє зберегти цінну інформацію та уникнути втрати обсягу вибірки. Якісний аналіз пропущених даних допомагає уникнути викривлення результатів та покращити надійність прогнозних моделей, що базуються на машинному навчанні. Відповідна обробка пропущених даних сприяє створенню моделей, які краще враховують реальний характер даних, що у свою чергу підвищує ефективність та точність вирішення завдань машинного навчання.

## 2. МЕТОДИ ЗАПОВНЕННЯ ПРОПУЩЕНИХ ДАНИХ

Ключовим для класифікації методів заповнення є поняття механізму утворення пропущених даних. Механізм – це термін, що покликаний в загальному вигляді описати зв'язки між пропусками та наявними даними. За найпоширенішою класифікацією існує три механізми утворення пропущених даних:

1. MAR (англ. Missing at random) – припущення, яке передбачає, що ймовірність пропущених даних за змінною  $Y$  залежить від значення по одній або декількох інших ознак, але не залежить від значення самої змінної  $Y$ .

2. MCAR (англ. Missing completely at random) – ймовірність пропущених даних за змінною  $Y$  не залежить від значення по жодній іншій ознаці та не залежить від значення  $Y$ .
3. MNAR (англ. Missing not at random) – ймовірність пропущених даних за змінною  $Y$  залежить в тому числі і від значення самої змінної  $Y$ .

Методи заповнення пропусків умовно поділяються на традиційні та складні. Традиційні методи загалом широко поширені, прості для використання та виконують найважливіше завдання методів заповнення – створюють повний набір даних, що придатний до подальшого використання. Проте традиційні методи працюють лише на MCAR механізмі, інакше вони призводять до спотворення оцінок параметрів. Окремо традиційні методи можна розділити на методи видалення та заповнення даних.

Методи видалення видаляють дані з набору коли в них наявні пропуски. До традиційних методів видалення даних відносяться такі методи як аналіз повних спостережень та аналіз наявних спостережень. Метод аналізу повних спостережень є найпростішим з способів обробки пропущених даних, оскільки він видаляє всі записи, що мають пропуск по хоча б одній змінній. Цей метод часто призводить до спотворень даних та втрати великої частини даних навіть за невеликого відсотку пропусків. Метод аналізу наявних спостережень намагається зменшити втрату даних, видаляючи випадки на основі кожного окремого аналізу. Він є більш потужним, особливо коли змінні в наборі даних мають низькі або помірні кореляції. Унікальною проблемою цього методу є те, що кожне обчислене статистичне значення може базуватися на різних підмножинах даних.

До традиційних методів заповнення відносяться заповнення середнім, заповнення регресією, стохастичне заповнення регресією, група методів заповнення hot-deck, заповнення на основі останнього спостереження та інші. Основна особливість цих методів полягає у тому, що ці методи виконують одноразове заповнення і надалі заповнене значення розглядається як фактичне під час аналізу. Це часто призводить до недооцінювання помилки вибірки.

Заповнення середнім значенням використовує середнє значення наявних даних для заповнення усіх пропусків конкретної ознаки. Цей метод зменшує варіативність даних, що, в свою чергу, зменшує стандартне відхилення та дисперсію, а також амплітуди коваріацій та кореляцій. Метод заповнення регресією будує регресійне рівняння для кожної комбінації пропусків і заповнює відсутні значення передбаченими. Регресійне заповнення працює краще за заповнення середнім, але фактично стикається з прямо протилежною проблемою, оскільки воно заповнює дані ідеально корельованими показниками. Стохастичне регресійне заповнення – це покращений варіант регресійного заповнення, що має додатковий крок у вигляді доповнення кожного згенерованого значення нормально розподіленим залишком. Додавання залишків до заповнених значень відновлює варіативність даних, завдяки чому стохастична регресія не має тих проблем, які має звичайне регресійне заповнення. Крім того, стохастична регресія це один з небагатьох методів одиночного заповнення, що здатний створювати незміщені заповнення при MAR механізмі, завдяки чому він є одним з найбільш надійних з цієї категорії методів. Hot-deck заповнення – це група методів заповнення, основна ідея яких полягає у використанні в якості заповнення значень, що походять з схожих спостережень. Найбільш типовий варіант цього методу полягає у тому щоб для кожного пропуску взяти випадкове значення з підмножини повних спостережень, що мають схожі значення за певним набором змінних. Ці методи не погіршують варіативність даних до такого ж рівня, як інші методи одиночного заповнення, але вони можуть створювати зміщення у оцінках кореляцій та коефіцієнтів регресії.

На відміну від простих методів заповнення, складні методи надають можливість ефективно вирішувати проблему відсутності даних завдяки здатності заповнювати пропущені

дані без спотворення. Вони потребують MAR припущення для коректної роботи. До складних методів відносяться метод множинного заповнення, метод максимальної правдоподібності та інші.

Метод максимальної правдоподібності – це метод оцінювання значення змінної шляхом максимізації функції правдоподібності. Метою методу максимальної правдоподібності є визначення параметрів повного набору даних, які мають найвищу ймовірність створення наявних вибіркового даних. Вибіркова логарифмічна функція правдоподібності відіграє центральну роль у цьому процесі, оскільки вона кількісно визначає відносну ймовірність вибору множини значень з нормального розподілу з певним вектором середніх та матрицею коваріації. Сама оцінка значень змінних – це ітеративний процес, що перевіряє різні значення параметрів до тих пір, поки не знайде оцінки, які найбільш імовірно могли б створити такі дані. Варто відмітити, що метод максимальної правдоподібності не вирішує задачу пропущених даних у стандартному сенсі, оскільки він не створює безпосередні заповнення і не продукує повний набір даних як результат. Через це він не підходить до задач, де отримати повний набір даних є більш важливим результатом, ніж отримання точних оцінок даних.

Аналіз за допомогою методу множинного заповнення складається з трьох окремих етапів: фази заповнення, фази аналізу та фази об'єднання. Перша фаза заповнення – це двоетапна процедура, яка складається з кроку заповнення I та апостеріорного кроку P. На кроці I використовується алгоритм ідентичний до стохастичної регресії для побудови набору рівнянь регресії, що передбачають значення пропущених даних. Після цього на кроці P заповнені дані використовуються для отримання оцінок вектора середніх та коваріаційної матриці. Кінцевою метою етапу заповнення є створення  $m$  повних наборів даних, кожен з яких містить унікальні оцінки відсутніх значень. Створення унікальних заповнень потребує різних оцінок коефіцієнтів регресії на кожному I-кроці, а метою P-кроку є створення альтернативних оцінок вектора середніх та коваріаційної матриці (необхідні компоненти для рівнянь регресії на I-кроках). Багаторазове повторення цієї двоетапної процедури створює набір копій даних, кожна з яких містить унікальні оцінки відсутніх значень. Метою фази аналізу є аналіз заповнених наборів даних. На цьому кроці застосовуються ті самі статистичні процедури, які були б використані, якби дані були повними, але застосовуються вони до кожного заповненого набору окремо. Мета фази об'єднання полягає в тому, щоб об'єднати все в єдиний набір результатів. Метод множинного заповнення вважається одним з найбільш досконалих варіантів для розв'язання проблеми пропущених даних, оскільки він здатний генерувати коректні незміщені результати заповнення як для MCAR, так і для MAR механізмів пропусків, а також створювати повний набір даних, що є важливим фактором при виборі методу заповнення для роботи з наборами даних для навчання прогнозних моделей. Також метод множинного заповнення явно враховує невизначеність, пов'язану з відсутніми даними. Завдяки багаторазовому заповненню даних множинне заповнення дає оцінки змінних, які є середніми для ряду правдоподібних значень заміни, тому процес ніколи не довіряє єдиному набору заповнень.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У якості задачі прогнозування була обрана задача визначення утримання та відтоку клієнтів банку та відповідний набір даних клієнтів. Оскільки основною метою дослідження є робота з методами заповнення у поєднанні з прогнозними моделями, стартовий набір даних обрано повним. Це дозволяє отримати результати прогнозування використовуючи повний набір даних, після чого штучним чином ввести пропуски різного роду, опрацювати їх та провести навчання моделей на заповнених наборах. Також повнота стартового набору дозволяє точно порівнювати статистичні параметри по кожній змінній між повним та

заповненими наборами даних. Було досліджено набір даних по кожній змінній з метою попереднього визначення взаємозв'язків та особливостей даних.

Після завершення етапу дослідження даних наступним кроком було штучне створення пропусків. Набір даних було розділено на навчальну та тестову вибірки у співвідношенні 80 до 20. Штучні пропуски створювалися лише у навчальній вибірці, оскільки тестова вибірка повинна бути однаковою та повною заради більшої точності під час проведення порівняльної роботи. У роботі було створено ряд наборів даних з різними типами пропусків та різною їх кількістю, зокрема 4 набори даних, що мали виключно пропуски типу MCAR, 2 набори даних, що мали виключно пропуски типу MAR, 2 набори даних, що мають змішані пропуски типу MCAR та MAR, та 3 набори даних, що мають змішані пропуски з використанням пропусків типу MNAR. Зазначені набори даних дозволили перевірити результати роботи методів заповнення різного рівня складності в різних умовах, що не обов'язково відповідали цільовому механізму пропусків методу.

Було обрано 4 методи заповнення для дослідження: аналіз повних спостережень, заповнення середнім та дві реалізації методу множинного заповнення – мовою Python бібліотеки scikit-learn та мовою R бібліотеки MICE. За допомогою цих методів отримано 4 варіанти заповнених наборів даних для кожного вказаного набору даних: загалом 48 наборів. У якості алгоритмів прогнозування обрано 4 алгоритми: логістична регресія (LR), метод опорних векторів (SVC), метод випадкового лісу (RF) та LGBM.

Окремо перед початком навчання моделей з кожним створеним набором даних було проведено масштабування та обробку незбалансованості (оскільки цільова змінна мала відношення даних 80 до 20, що створювало додаткові труднощі у навчанні).

Після завершення попередньої обробки даних було запущено навчання обраних моделей на повному наборі. Основною метрикою для визначення якості моделі було взято метрику recall – оскільки коректне визначення позитивного результату (клієнт відмовиться) є найбільш важливим за сенсом поставленої задачі. Значення recall 70% було взято за мінімальне задовільне.

Таблиця 1. Результати навчання на повному наборі даних

	Accuracy	Precision	Recall	AUC
LR	0,727502	0,727573	0,727344	0,799392
SVC	0,816945	0,820831	0,810887	0,895356
RF	0,810966	0,821958	0,793896	0,891082
LGBM	0,819541	0,828747	0,805538	0,900956

Таблиця 2. Результати роботи моделей на тестових даних

	Accuracy	Precision	Recall
LR	0,725000	0,386397	0,679389
SVC	0,799500	0,492982	0,715013
RF	0,808500	0,508711	0,743003
LGBM	0,820500	0,530357	0,755725

Після цього було проведено навчання моделей на всіх створених наборах даних. За всіма проведеними дослідженнями було виявлено, що аналіз повних спостережень, незважаючи на його проблематику з статистичної точки зору, здатний створювати набори даних, навчання на яких може давати результати не гірші, ніж коли використовуються складні методи заповнення. Однак ці випадки є швидше випадковими, ніж постійними, тому надійність методу є доволі сумнівною. Результати роботи методу на даних з MCAR типом пропусків були змішані, на

даних з MAR типом пропусків були низькі, а на даних з MNAR та змішаним типом пропусків знову були змішані. Через цю загальну ненадійність можна зробити висновок, що цей метод не є найкращим вибором для вирішення подібних задач.

Заповнення середнім загалом показало гарні результати на більшості наборів даних, хоча зазвичай потребувало складних класифікаторів RF або LGBM. Цей метод працював гірше з методом опорних векторів та з логістичною регресією. Найменш якісні результати роботи були отримані на даних із змішаним типом пропусків, що включав MNAR категорію. Загалом цей метод, незважаючи на свою простоту, показав себе з гарної сторони і може використовуватись, якщо необхідно швидко вирішити проблему пропущених даних у контексті цієї задачі.

Множинне заповнення у реалізації IterativeImputer від Python бібліотеки scikit-learn показало незадовільні результати – моделі, навчені на даних, що були заповнені цим методом, часто не відповідали мінімальній необхідній якості класифікації. Найкраще цей метод працював з логістичною регресією та з методом опорних векторів – зокрема, логістична регресія неодноразово показувала помітно кращі результати за метрикою recall при використанні цього заповнення у порівнянні з стартовими повними даними – однак програвала по інших метриках, через що загальна якість моделі була нижчою. Моделі RF та LGBM стабільно мали низьке значення recall у поєднанні з цим заповненням. В той же час варто відмітити, що метрика precision цих моделей у поєднанні з цим заповненням мала суттєво кращі значення, ніж при навчанні на повному наборі даних. Через це можна зробити висновок, що цей складний метод заповнення не відповідав меті обраної задачі, однак може показати себе набагато краще у випадках, коли цільовою метрикою є precision. Також можна зазначити, що він є доволі специфічним, оскільки ефект підвищення precision або зниження recall не працює з кожною моделлю класифікації однаково, що ускладнює передбачуваність роботи цього алгоритму заповнення.

Множинне заповнення у реалізації від R бібліотеки MICE показало себе з найкращої сторони, забезпечуючи стабільно високі результати за всіма метриками, що були найбільш наближені до показників після навчання на повному наборі даних. Метод працював добре на всіх наборах незалежно від типу, комбінації та кількості пропусків, навіть добре показав себе при роботі з типом пропусків MNAR, до роботи з яким він за теорією не є пристосованим. Найкраще цей метод працював у поєднанні з алгоритмами RF та LGBM. Алгоритм RF у деяких випадках з використанням цього методу заповнення навіть показував кращі результати, ніж після навчання на повному наборі даних. Загалом, цей метод є найбільш надійним вибором серед досліджуваних для обробки пропусків будь-якого роду, хоча його використання може бути пов'язане з деякими додатковими складнощами через його належність до мови R.

## 4. ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день в реальному світі дані часто є неповними і неідеальними, а для отримання прогнозів, що матимуть високу точність, необхідним є використання якісних навчальних даних. Різні методи заповнення пропущених даних демонструють різний рівень ефективності в залежності від контексту та характеру даних. На це, зокрема, впливають такі фактори як характер утворення пропусків або їх кількість.

У роботі було розглянуто як найпростіші традиційні методи обробки пропущених даних, серед яких аналіз повних спостережень, заповнення середнім, медіаною, інтерполяційні методи – так і складні методи, що враховують контекст та взаємозв'язки між даними – наприклад, множинне заповнення. Загалом, складні методи демонструють кращі результати, оскільки ставлять за мету збереження статистичних параметрів даних, але можуть бути більш

витратними з точки зору обчислювальних ресурсів, часу та простоти використання у порівнянні з традиційними методами.

Було реалізовано спеціалізовану інформаційну систему для проведення дослідження впливу методів заповнення на різні прогностні моделі – вона складається з етапів дослідження та обробки вхідних даних, модуля заповнення даних, створення та навчання прогностних моделей та візуалізації результатів. В роботі були досліджені методи аналізу повних спостережень, заповнення середнім та дві реалізації методу множинного заповнення. У якості об'єкту досліджень було взято набір даних банківських клієнтів та задачу прогнозування відтоку клієнтів. Найкращі результати були досягнуті з використанням реалізації R MICE алгоритму множинного заповнення.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Craig K. Enders. Applied Missing Data Analysis [Текст]: The Guilford Press; 1-е видання, 2010 – 20 с.
2. Donald B. Rubin. Inference and Missing Data [Текст]: Biometrika Vol. 63, No. 3. 1976 – 581-592 с.
3. Літл Р. Дж. А. Статистичний аналіз даних з пропусками [Текст] / Р. Дж. А. Літл, Д. Б. Рубін. – М.: Фінанси та статистика, 1991. – 336 с.
4. Schlomer G. L. Best practices for missing data management in counseling psychology [Текст] / Gabriel L. Schlomer, Sheri Bauman, Noel A. Card // Journal of Counseling Psychology. – 2010. – Vol. 57, No. 1. – P. 1–10.
5. Soley-Bori M. Dealing with missing data: key assumptions and methods for applied analysis [Текст] / Marina Soley-Bori // Technical Report. – 2013. – No. 4. –P. 1–20.
6. A comparative study of imputation methods for estimation of missing values of per capita expenditure in central java [Текст] / Y. Susianto, K. A. Notodiputro, A. Kurnia, H. Wijayanto // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – 58. – P. 1–10.
7. Therese D. Pigott. A review of methods for missing data [Текст] / Therese D. Pigott // Educational Research and Evaluation. – 2001. – Vol. 7, No. 4. – P. 353–383.
8. Allison P. D. Missing data [Текст] / Paul D. Allison. – Mode of access: <https://statisticalhorizons.com/wp-content/uploads/2012/01/Milsap-Allison.pdf>.

# СИСТЕМА АНАЛІЗУ ВПЛИВУ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ НА ЯКІСТЬ РІШЕНЬ В МОДЕЛЯХ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Симонов Є.Д.<sup>1</sup>, Макаренко О.С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>1</sup> e.symonov@gmail.com

**У роботі проведено емпіричний аналіз основних методів кластеризації, спрямований на визначення їхнього впливу на процес прийняття рішень у системах штучного інтелекту. В процесі дослідження виконувалось моделювання трьох підходів для визначення рівня впливу, таких як зміна моделі кластеризації, порівняння результатів моделей нейронних мереж з та без використання кластеризації, а також зміна кількості сформованих кластерів. Основною метою дослідження було підтвердження гіпотези про наявність впливу цих факторів на якість прийнятих рішень в системах штучного інтелекту. Результати аналізу стали основою для створення системи оцінки та порівняння отриманих результатів, що дозволило докладніше зрозуміти вплив методів кластеризації на ефективність систем штучного інтелекту.**

**Ключові слова:** штучний інтелект, кластеризація, системний підхід, якість моделі, змінна кількості кластерів, текстовий аналіз.

## 1. ВСТУП

Моделі штучного інтелекту (ШІ) є невід’ємною частиною цифрової трансформації в науці, бізнесі та промисловості. Основою таких моделей є алгоритми, спрямованих на імітацію розумових процесів людського мозку. Такі мережі здатні навчатись на великих обсягах даних різних форматів, робити висновки та приймати рішення на основі попереднього досвіду. Крім того, вони взаємодіють з різними методами машинного навчання, такими як алгоритми класифікації, кластеризації та обробки природної мови, для виконання різноманітних завдань у сферах розпізнавання образів, аналізу даних та автоматизації процесів.

Одним з значущих варіантів використання моделей штучного інтелекту є обробка текстових даних та запитів. Такий варіант використання дозволяє взаємодіяти з навченими моделями за допомогою звичного формату – природньої мови.

Навчання мереж такого типу потребує обробки значних обсягів даних, і важливим етапом у цьому процесі є кластеризація, яка допомагає отримати вектори ознак переданих даних, на основі яких будуються прогнози.

Під час аналізу вхідних даних виникає питання про формат обраної моделі, оскільки різні типи даних вимагають використання різних моделей. Тому необхідно провести попередній аналіз ефективності та вибрати оптимальну модель. Також важливою є кількість вихідних кластерів, оскільки вона визначає ступінь деталізації та схожість даних для подальшого пошуку ознак.

Вирішення обох питань можливе за допомогою застосування системного підходу, який дозволяє аналізувати обидва аспекти та обрати оптимальне рішення для конкретного набору даних.

## 2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ

Методика оцінки впливу кластеризації на якість рішень в моделях штучного інтелекту (МШІ) полягає в тому, щоб оцінити, як розподіл даних на кластери впливає на точність, справедливість та інші важливі характеристики МШІ. Для цього можна використати наступні методи [1]:

**Використання різних методів кластеризації для навчання однієї і тієї ж МШІ та порівняння результатів.** Цей підхід дозволить оцінити, який метод кластеризації найкраще підходить для конкретної задачі та конкретної МШІ.

**Використання одного методу кластеризації з різною кількістю вихідних кластерів та порівняння результатів.** Цей підхід дозволяє вивчити, як різні рівні деталізації ознак впливають на точність та надійність прийнятих рішень. Шляхом аналізу різноманітних рівнів деталізації, можна визначити оптимальні параметри для покращення якості роботи системи, забезпечуючи більш точні прогнози та ефективні алгоритми прийняття рішень.

**Використання кластеризованих даних для навчання МШІ та порівняння результатів з моделями, навченими на некластеризованих даних [1].** Такий формат дослідження дозволяє визначити, чи може кластеризація поліпшити точність, справедливість та інші важливі характеристики МШІ.

Також, варто розуміти, що під якістю МШІ мається на увазі міра того, наскільки добре модель виконує свою задачу. Вона визначається багатьма факторами, включаючи точність, швидкість, надійність, обґрунтованість, інформативність, гнучкість та ефективність [2].

Одним із варіантів дослідження запропонованих підходів – є використання системного підходу з побудовою спеціалізованої архітектури, яка дозволить проаналізувати результати в різних задачах. Запропонована система має наступну структуру (Рисунок 1):

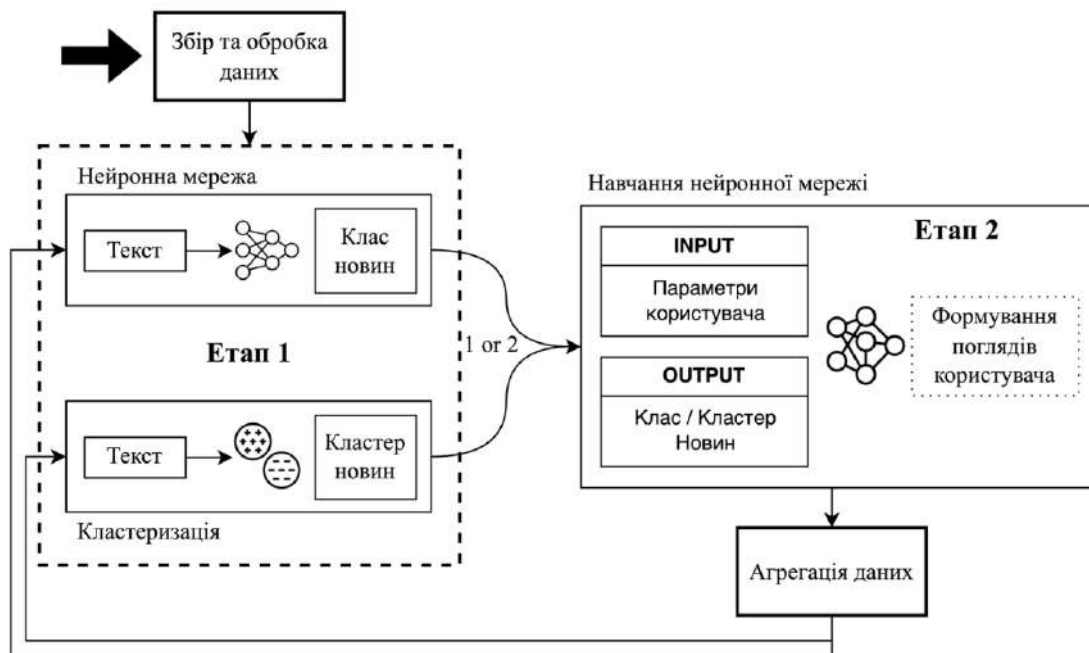


Рисунок 1. Структура системи дослідження

У структурі системи, відображеній на рисунку 1, наводиться підхід для оцінки якості МШІ з використанням методу кластеризації порівняно з аналогічними без нього. Перший етап у функціонуванні системи полягає у зборі, аналізі та обробці початкової інформації. Оскільки в даному дослідженні текст виступає як основний вид вхідних даних, слід зазначити, що без

попередньої обробки система виявлятиме значну кількість зайвих характеристик, таких як розділові знаки, слова у різних відмінках, числа тощо. Крім того, важливим етапом обробки текстових даних є їх перетворення у числові вектори, що виконується за допомогою спеціальної моделі `TfidfVectorizer`. Ця модель враховує як частоту використання конкретного слова у певному документі (TF – term frequency), так і інверсійну частоту використання слова у всьому наборі даних (IDF – inverse document frequency). Такий підхід допомагає виділити і враховувати важливі та рідкісні слова, що в свою чергу підвищує точність описуваного тексту та знижує вплив загальноновживаних слів.

Наступний етап дослідження полягає у порівнянні двох різних підходів. Перша варіація будує одну з кластеризаційних моделей (KMeans, Agglomerative Clustering, Gaussian Mixture чи Latent Dirichlet Allocation Model) та видає на виході вектори ознак кластерів. Другий підхід полягає у розробці нейронної мережі, яка використовує ті ж вхідні параметри, однак на виході надає точний номер об'єкту дослідження, відповідно до номерів у навчальній вибірці даних.

Результати роботи обох варіацій передаються як цільові значення в основну нейронну мережу, яка приймає параметри користувача на вхід та формує вектор ознак приналежності тематикам новин, найбільше відповідних конкретному користувачеві.

Побудувавши моделі на вхідних даних обох варіацій, ми маємо можливість порівняти результати на тестових вибірках, використовуючи метрики якості моделей. Цей етап у дослідженні дозволяє нам розуміти, яка модель найкраще відповідає задачі та потребам користувачів і визначити шуканий рівень впливу.

Така система дозволяє ретельно вивчати не лише вплив моделі кластеризації на результат, а й вплив кількості кластерів, так як цей параметр є одним із вхідних змінних системи. Отже, запропонована система дає можливість систематично оцінити всі раніше зазначені аспекти.

Описаний підхід до аналізу передбачає широкий спектр тестувань, де різноманітні комбінації вхідних параметрів дозволяють отримати комплексну оцінку впливу факторів на якість прийнятих рішень в моделях штучного інтелекту. Такий підхід є ключовим для розуміння взаємозв'язків між різними параметрами системи та їхнім впливом на кінцеві результати. Крім того, це дає можливість визначити оптимальні налаштування параметрів для покращення якості функціонування системи в різних умовах застосування.

### 3. ОПИС РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження було обрано набір даних "20newsgroups" [4] (датасет з бібліотеки `sklearn.datasets`), що включає інформацію про новини та їх тематику, і даних про користувачів соціальної мережі Twitter (нова назва "X"), які переглядали ці новини. Сполучення різних джерел даних створює складність та різноманітність вхідних даних. Вхідні дані представлені у форматі, що включає як текстові описи, так і числові та категоріальні дані.

Для дослідження впливу кластеризації на якість рішень в моделях штучного інтелекту, було задано початкову кількість кластерів рівною 20. Після виконання алгоритму, закладеного в систему, отримуємо такі результати (Рисунок 2):

Metrics	Basic	KMeans	Agglomerative	Gaussian	LDA
Accuracy Score	0.7294	0.8497	0.8425	0.8682	0.8316
Recall	0.7294	0.8497	0.8425	0.8682	0.8316
F1-Score	0.7818	0.8409	0.8418	0.8634	0.8294
Mean Absolute Error	0.9956	0.6517	0.6189	0.3811	0.3548
Mean Squared Error	4.3031	3.7551	3.1219	1.9918	0.9169
R-squared	0.4981	0.5596	0.5152	0.632	0.6429

Рисунок 2. Результати моделі ШІ з та без кластеризації

На рисунку 2 колонками виступають назви моделей, аналіз яких проводився системою. Назви рядків відповідають за метрики, розрахунок яких проводився.

У рамках дослідження було проведено аналіз декількох моделей, призначених для класифікації даних на основі параметрів користувача. Зокрема, порівнювалися модель базового типу (Basic), яка не використовує кластеризацію, з моделями, що включають в себе кластеризаційні підходи, такі як KMeans, Agglomerative Clustering, Gaussian Mixture та Latent Dirichlet Allocation Model [5].

Результати дослідження свідчать про високу ефективність поєднання нейронної мережі з моделю кластеризації Gaussian Mixture в контексті поставленої задачі:

**Accuracy Score (Точність класифікації) [15]:** Модель з використанням Gaussian Mixture має Accuracy Score на рівні 0,8682, що означає, що вона правильно класифікувала близько 86,82% прикладів. Це є найвищим результатом порівняно з іншими моделями і свідчить про її здатність точно передбачати класи на основі вхідних параметрів користувача

**Recall та F1-Score [15]:** побудована модель також володіє найвищими показниками Recall (0,8682) та F1-Score (0,8634), що вказує на високу здатність відшукати всі позитивні приклади та досягти балансу між точністю та повнотою класифікації.

**Mean Absolute Error (Середня абсолютна похибка) [15]:** побудована модель має один з найнижчих показників Mean Absolute Error (0,3811), що свідчить про мінімальну похибку у прогнозуванні.

**Mean Squared Error (Середня квадратична похибка) [15]:** Модель також має низький показник Mean Squared Error (1,9918), що підкреслює точність її прогнозів.

**R-squared (R2) [15]:** R-squared для даної моделі дорівнює 0.632, що є високим показником. Це свідчить про добру здатність моделі пояснювати зміну в залежній змінній та адекватність її прогнозів.

Для дослідження впливу кількості кластерів на якість рішень в моделях штучного інтелекту, повторно звернемось до створеної системи, але попередньо змінимо базові налаштування, а саме – вихідну кількість кластерів.

В рамках даного аналізу було виконано моделювання роботи системи зі зміною кластерів в діапазоні [3,50]. Дослідження більшої кількості кластерів є надлишковим так як основні тенденції впливу мали чітку ознаку до 50 кластерів, а зростання кількості кластерів збільшувало навантаження на обчислювальні ресурси. Найбільш показовими стали кластери 10, 15, 20 та 50. Цільовою метрикою дослідження було обрано – Accuracy Score.

Результати для 20 кластерів вже були проаналізовані та представлені раніше (рисунок 2). Точність для моделей складала (таблиця 1):

Таблиця 1. Точність нейронної мережі з моделями з 20 кластерами

N Clusters	KMeans	Agglomerative	Gaussian	LDA
20	0,8497	0,8425	0,8682	0,8316

Після експериментів з варіюванням кількості вихідних кластерів для обробки даних, ми отримали наступну статистику (таблиця 2):

Таблиця 2. Точність НМ з кластеризацією з різною кількістю вихідних кластерів

N Clusters	KMeans	Agglomerative	Gaussian	LDA
10	0,8436	0,8464	0,8507	0,8387
15	0,8409	0,8311	0,8486	0,8316
20	0,8497	0,8425	0,8682	0,8316
30	0,8612	0,8465	0,8721	0,8382
50	0,8518	0,8365	0,8557	0,8309

Як бачимо, в усіх проведених експериментах лідером виявилась нейронна мережа із застосуванням кластеризації за допомогою Gaussian Mixture. Візуалізуємо отримані результати (рисунок 3):

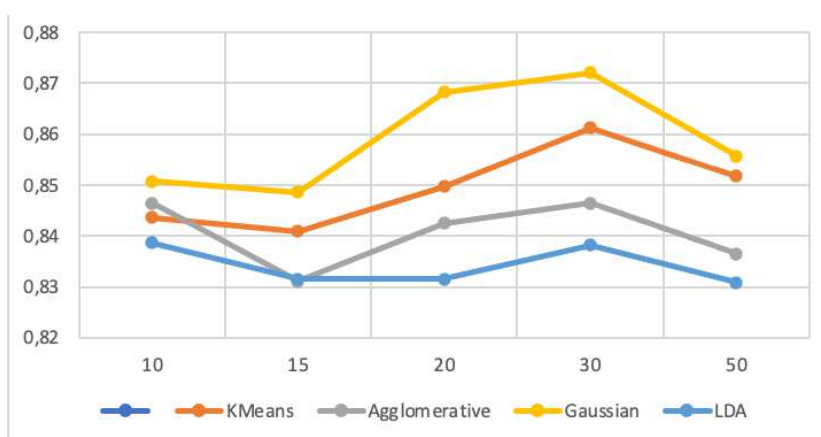


Рисунок 3. Візуалізація результатів експерименту

Спостерігаємо схожу динаміку для всіх побудованих моделей, що до 30 вихідних кластерів точність зростає і досягає свого максимуму, після чого спостерігається динаміка на спад.

Також, рисунок 3 дає можливість зрозуміти, що присутня шукана залежність між кількістю вихідних кластерів та точністю нейронної мережі.

## 4. ВИСНОВКИ

Розвиток нейронних мереж у сучасній науці та технологіях є важливим етапом в галузі штучного інтелекту. Ці мережі вимагають обробки величезного обсягу даних для ефективності та точності роботи. У цьому контексті методи кластеризації виявляються ключовими, сприяючи оптимізації навчання та аналізу нейронних мереж. В даному контексті дослідження впливу кластеризації на нейронні мережі визначає нові шляхи для досягнення оптимальної продуктивності та точності в роботі цих систем.

Створена система аналізує вплив методів кластеризації на ефективність рішень у моделях штучного інтелекту, розглядаючи різні підходи, типи кластеризації, різноманітність кількості формованих кластерів, а також порівнює нейронні мережі з та без застосування кластеризації.

У результаті цього дослідження було експериментально підтверджено, що кластеризація має вплив на якість прийнятих рішень у нейронних мережах (НМ). Модель без кластеризації в середньому показувала себе на 15% менше за вказаними показниками.

Окрім цього, підтверджено також вплив обраного методу кластеризації та кількості сформованих кластерів на якість роботи нейронних мереж. Серед розглянутих моделей найкраще себе показало поєднання нейронної мережі з моделлю кластеризації Gaussian Mixture

демонструє високу точність (Accuracy Score: 0,8682), recall та F1-Score (відповідно 0,8682 та 0,8634), низькі значення Mean Absolute Error (0,3811) і Mean Squared Error (1,9918) та високий показник R-squared (0,632). Також, серед розглянутого діапазону кількості кластерів, найбільш точною була модель з 30 кластерами.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. B. Li, J. Pei, J. Sun, and E. C. Chang, "A survey on clustering-based ensemble learning," ACM Computing Surveys (CSUR), vol. 50, no. 2, pp. 1-32, 2017.
2. Zhaohan Zhang, Mu Li, John Cavin, Katharine Flores, Rohan Mishra «A Fast and Robust Method for Predicting the Phase Stability of Refractory Complex Concentrated Alloys using Pairwise Mixing Enthalpy», 2022
3. Бідюк П.І. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень: навч. посіб. / Бідюк П.І., Коршевнік Л.О.– К.: ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2010. – 340 с.
4. Відкритий датасет 20 NewsGroups [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: [https://scikit-learn.org/0.19/datasets/twenty\\_newsgroups.html](https://scikit-learn.org/0.19/datasets/twenty_newsgroups.html)
5. Моделі кластеризації [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <https://scikit-learn.org/stable/modules/classes.html#module-sklearn.cluster>
6. Nikhil Buduma. TensorFlow for deep learning—implementing neural networks, Released August 2016, Publisher(s): O'Reilly Media, Inc., ISBN: 9781491966198
7. Antonio Gulli, Sujit Pal, Deep Learning with Keras, Released April 2017, Publisher(s): Packt Publishing, ISBN: 9781787128422
8. Акишина А.А. Структура цілого текста / А.А. Акишина. – М. : Прогресс, 1979. – С. 24.
9. Вавіленкова А.І. Методи та алгоритми автоматизованого формування логіко-лінгвістичних моделей текстової інформації: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.13.06 / НАН України, Інститут проблем математичних машин і систем. – Київ, 2011.– 155 с.
10. Stemming & lemmatization [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/html/htmledition/steming-andlemmatization-1.html>
11. Панкратова, П.І. Бідюк, М.Г. Рубець // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2015. — № 3. — С. 7-19. — Бібліогр.: 13 назв. — укр.
12. К.Д. Паршак, ТЕКСТ ЯК ОБ'ЄКТ ЛІНГВІСТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ, УДК 81.01:930.272
13. Ю.В. Рогущина, ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ НЕСТРУКТУРОВАНИХ ДАНИХ, УДК 004.853, 004.55, <https://doi.org/10.15407/pp2019.01.057>
14. Негрей М.В., Гнот Т.В., Алгоритми Data Science у моделюванні бізнес-процесів, УДК 339.138: 004.89
15. How to use Metrics for Deep Learning [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://machinelearningmastery.com/custom-metrics-deep-learning-keras-python/>

# СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ КРЕДИТНИХ РИЗИКІВ В БАНКІВСЬКОМУ СЕКТОРІ

Сумін О.О.<sup>1</sup>, Шубенкова І.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського»

<sup>1</sup> oleksandr.sumin@gmail.com

**Кредитні ризиками є невід'ємною частиною діяльності фінансових установ. Оскільки ці ризики виникають внаслідок невизначеності, можна застосовувати системний підхід для ефективного управління ними. Впровадження системи оцінки та прогнозування ризиків може значно полегшити роботу аналітиків, сприяючи більш ефективному управлінню фінансовими ризиками в цілому. Результатом дослідження є розробка програмного продукту, що використовує методи машинного навчання та аналізу виживання для ефективної оцінки кредитного портфелю.**

**Ключові слова: системний аналіз, кредитні ризики, машинне навчання, моделі виживання.**

## 1. ВСТУП

Дослідження процесу кредитування є надзвичайно важливим, оскільки цей фінансовий інструмент виступає ключовим фактором у розвитку економіки та суттєво впливає на фінансову стабільність підприємств і держави. З урахуванням постійного попиту на кредитування, прогнозування кредитних ризиків стає актуальною задачею для банків та інших кредитних установ.

Прогноз дефолту та кредитних збитків представляє собою ключовий складник кредитної політики банків та інших кредитних установ, оскільки він сприяє зниженню ризиків і підвищенню результативності процесу кредитування. Аналіз кредитних ризиків дозволяє банкам та іншим кредитним установам приймати обґрунтовані рішення щодо видання кредиту та встановлення відсоткових ставок в залежності від рівня ризику. Для цього при прогнозуванні дефолту та кредитних збитків використовуються різні методи, такі як статистичні моделі, машинне навчання та інші підходи.

## 2. ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ РИЗИКІВ

Збереження стабільності банківської системи сьогодні є найважливішим завданням для будь-якої світової економіки. З цією метою Міжнародним банком розрахунків (BIS) був створений набір правил, відомий як Базель III. Цей набір правил призначений для покращення оцінки та прогнозування ризиків банківськими установами, а також для зменшення можливих збитків під час кредитування. Базельські нормативи впливають значно на функціонування систем управління ризиками в Україні. Відповідно до методичних рекомендацій Базель III, Національний банк України, що виступає національним регулятором банківського сектору в Україні, ввів Постанову №351 "Про затвердження Положення про визначення банками України розміру кредитного ризику за активними банківськими операціями" (зі змінами).

Розрахунок значення кредитного ризику індивідуального позичальника, який визначається відповідно до Постанови №351, проводиться за визначеною формулою:

$$CR = PD * LGD * EAD,$$

*PD* – ймовірність дефолту;

*LGD* – збитки в разі дефолту;

*EAD* – експозиція під ризиком дефолту.

Зазначимо, що формула для розрахунку кредитного ризику, яка визначена в Постанові №351 від Національного банку України, відповідає консервативному підходу до оцінки кредитних ризиків. Цей підхід передбачає врахування можливості впливу кризових подій на ризик позичальника, і, таким чином, сприяє більш точному та обережному управлінню кредитними ризиками банків.

Згідно досліджень, кредитний ризик є одним з основних ризиків, пов'язаних з кредитуванням. Кредитний ризик може виникнути, якщо позичальник не зможе повернути позику вчасно або не зможе повернути її взагалі. Для зменшення кредитного ризику банки використовують такі методи, як аналіз кредитної історії позичальника, встановлення лімітів на кредитування, певних вимог до застави та інші. Також застосування методів аналізу великих даних може допомогти виявити потенційні ризики та запобігти ризикам надмірного кредитування. Дефолт є найбільш яскравим та серйозним ризиком як для кредиторів, так і для держави, оскільки масштаб несприятливих наслідків для обох сторін кредитних відносин є найбільшим у разі його виникнення. Однак, він може бути зменшений за допомогою правильного планування та управління ризиками, таких як аналіз кредитної історії позичальника, встановлення лімітів на кредитування, вимоги до застави та інше. Кредитний ризик тісно пов'язаний з кредитними збитками, за які можна прийняти різницю між усіма планованими грошовими потоками, які повинні були б отримати суб'єкт господарювання відповідно до договору, та всіма грошовими потоками, які суб'єкт господарювання очікує одержати (іншими словами, це сума всіх несплачених грошових обов'язків), знижених за допомогою дисконтування за ефективною початковою процентною ставкою.

Для початкового аналізу обрано логістичну регресію. Цей алгоритм добре підходить для бінарної класифікації та оцінки ймовірності події. Логістична регресія є ефективним інструментом для початкового аналізу даних та визначення впливу різних факторів на цільову змінну. Для розширення аналізу та підвищення точності моделей вирішено використати найвншній баєсівський класифікатор, що використовує теорему Баєса та припускає незалежність змінних. Він добре підходить для класифікації та прогнозування, особливо при роботі з великим обсягом даних. Дерева прийняття рішень є іншим ефективним інструментом для аналізу даних, спрямованим на побудову моделі для прогнозування цільової змінної на основі багатьох вхідних змінних. Цей метод дозволяє враховувати складні взаємозв'язки між змінними та поліпшує точність прогнозування. Для подальшого покращення ефективності моделей було вирішено використати модель беггінгу над випадковими деревами – RandomForest. Цей алгоритм використовує критерій Джині для мінімізації функції втрат, що допомагає побудувати точну модель та покращити якість розділення вузлів дерева. Для оцінки використовується модель бустингу – XGBoost. Цей алгоритм градієнтного бустингу на деревах відзначається високою точністю та здатністю поетапно покращувати модель, мінімізуючи середньоквадратичну помилку. XGBoost є потужним інструментом для роботи з великими обсягами даних та підвищення точності прогнозів.

У ході дослідження проведено тестування зазначених алгоритмів на вихідних даних для аналізу їхньої ефективності. Результати роботи алгоритмів представлено далі.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вихідними даними для аналізу було використано дані однорангової кредитної компанії Lending Club. Lending Club – це фінансова компанія, розташована у США, яка працює на

принципі однорангового позикодавця. Вони здійснюють посередництво між особами, які мають бажання інвестувати свої кошти, і тими, хто шукає кредит.

Так як класи в вибірці є незбалансованими, для підвищення якості класифікації впроваджено балансування класів цільової змінної за допомогою методу SMOTE. За основний критерій оцінки ефективності моделі був F1 для позитивного класу. Також для кожної моделі побудовано ROC-криву та основні метрики якості класифікації.

Таблиця 1. Результати прогнозування дефолту

Модель	Training Accuracy	Validation Accuracy
Logistic Regression	0,66	0,65
Gaussian Naive Bayes	0,64	0,68
Decision Tree	0,98	0,69
Random Forest	0,97	0,75
XGBoost	0,88	0,80

Найкращим варіантом виявилася модель бустингу, оскільки високі результати Decision Tree та Random Forest на тренувальній вибірці було отримано за рахунок перенавчання цих моделей, а зменшення кількості тренувальних записів не призводить до покращення результатів на валідаційній вибірці.

Для проведення оцінки очікуваного періоду настання дефолту використано оцінку Каплана-Майєра, котра є важливим інструментом в аналізі виживання та оцінці ризику. Спочатку проведемо аналіз та оцінку часу дожиття кредиту середньостатистичного позичальника. Це дозволить зрозуміти, як довго в середньому позичальники виконують умови перед настанням дефолту. Для більшої точності та розгалуженості оцінок, також проведемо дослідження в межах груп обумовлених оцінок кредитного рейтингу. Це допоможе з'ясувати, чи існують різниці у часі дожиття кредиту між різними групами позичальників з різними кредитними рейтингами.

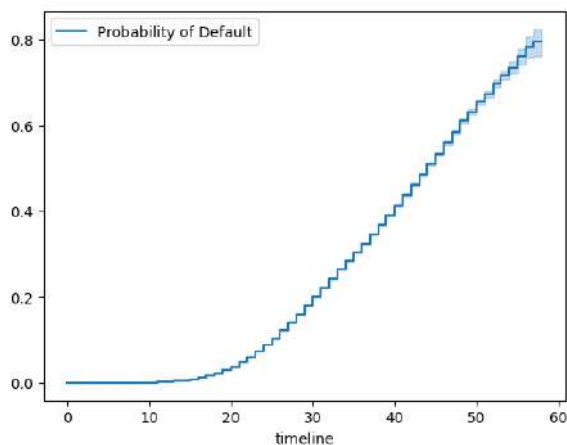


Рисунок 1. Ймовірність дефолту за період часу

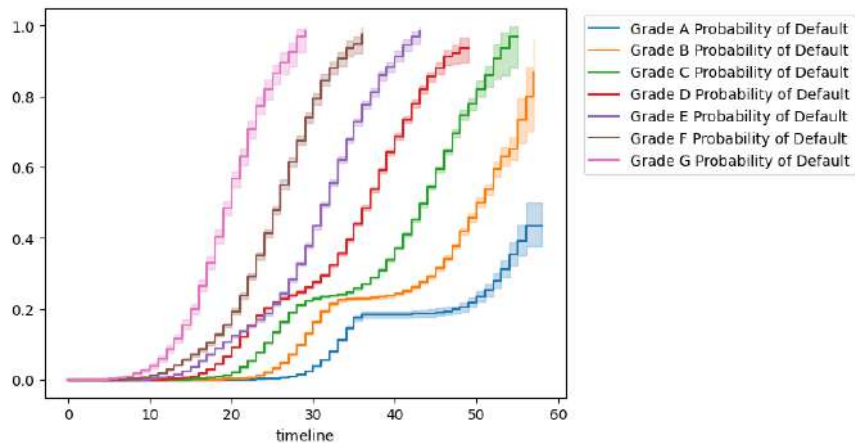


Рисунок 2. Ймовірність дефолту за період часу відповідно кредитного рейтингу

Для оцінки економічного ризику кредитного портфелю перейдемо до зведеної моделі розрахунку. У загальному випадку, функція втрат може бути визначена за такою формулою:

$$\mathcal{L} = S * \left(1 + InterestRate \frac{T}{12}\right) * \left(1 - \frac{E(\tau)}{T}\right),$$

$$E\mathcal{L} = \sum LP\{default\},$$

- $S$  – розмір виданої позики;  
 $InterestRate$  – відсоткова ставка;  
 $P\{default\}$  – ймовірність настання дефолту;  
 $E(\tau)$  – очікуваний час настання дефолту (в місяцях);  
 $T$  – період кредитування (в місяцях).

$$E\{expected\ loss\} = E\mathcal{L} = \sum LP\{default\},$$

$$E\{unexpected\ loss\} = 3\sqrt{E(E\mathcal{L}^2) + E^2(E\mathcal{L})}.$$

На прикладі деякої вибірки розрахуємо очікувані та неочікувані витрати, і порівняємо з реальними даними. Результати наведено в таблицях 2–3.

Таблиця 2. Тестування на вибірці розміром N=25000

Portfolio size	\$352 665 400,00
Expected loss	\$58 667 169,11
Unexpected loss	\$117 334 338,22
Real loss	\$51 916 256,83

Таблиця 3. Тестування на вибірці розміром N=50000

Portfolio size	\$704 084 850,00
Expected loss	\$117 426 534,61
Unexpected loss	\$234 853 069,21
Real loss	\$103 634 970,60

#### 4. ВИСНОВКИ

У сучасному світі фінансові системи стають все складнішими та менш передбачуваними, що породжує потребу у розробці більш ефективних інструментів для аналізу та прогнозування

фінансових ризиків з метою якісного управління ними. Серед найбільш ефективних підходів до оцінювання ризиків на сьогодні вирізняється системний підхід, який можна вважати методологією досліджень, що полягає у розгляді об'єкта як цілісної системи елементів, взаємозв'язків та відношень між ними.

У ході дослідження було розроблено систему, яка забезпечує можливість прогнозування та оцінки ризику для певного кредитного портфеля. Ця система використовує різні методи, такі як машинне навчання та моделі аналізу виживання. Результати дослідження показали, що найбільш ефективним підходом для прогнозування ймовірності дефолту за кредитною лінією є використання градієнтного бустингу XGBoost. За допомогою цієї моделі машинного навчання та моделі Каплана-Майєра розроблено формулу для розрахунку оцінки очікуваного та неочікуваного ризику кредитного портфелю.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Положення про визначення банками України розміру кредитного ризику за активними банківськими операціями: Постанова правління Національного банку України №351 від 30.06.2016р. (зі змінами) URL: [https://bank.gov.ua/ua/legislation/Resolution\\_30062016\\_351](https://bank.gov.ua/ua/legislation/Resolution_30062016_351)
2. Впровадження нових вимог до капіталу відповідно до норм Базеля та законодавства ЄС [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: [https://bank.gov.ua/admin\\_uploads/article/%D0%A7%D0%B0%D1%83%D1%81\\_pr\\_2017-07-19.pdf?v=4](https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/%D0%A7%D0%B0%D1%83%D1%81_pr_2017-07-19.pdf?v=4)
3. Кузнєцова, Н. В. Порівняльний аналіз характеристик моделей оцінювання ризиків кредитування / Н. В. Кузнєцова, П. І. Бідюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ» : науково-технічний журнал. – 2010. – № 1(69). – С. 42–53. – Бібліогр.: 10 назв
4. Бідюк, П. І. Система підтримки прийняття рішень для аналізу фінансових даних / П. І. Бідюк, Н. В. Кузнєцова, О. М. Терент'єв // Наукові вісті НТУУ «КПІ» : міжнародний науково-технічний журнал, 2011. – №1. – С. 48-61. – Бібліогр.: 9 назв.
5. Бідюк П. І. Аналіз кредитоспроможності за допомогою методів інтелектуального аналізу даних / П. І. Бідюк, В. Г. Гуськова // Електронне моделювання. - 2019. - Т. 41, № 2. - С. 111-120.
6. Cao, Ricardo & Vilar, Juan & Devia Rivera, Andres E.. (2009). Modelling consumer credit risk via survival analysis. Sort: Statistics and Operations Research Transactions, ISSN 1696-2281, Vol. 33, № 1, 2009, pags. 3-30. 33.
7. Dirick, Lore; Claeskens, Gerda; Baesens, Bart (2017). Time to default in credit scoring using survival analysis: a benchmark study. Journal of the Operational Research Society, 68(6), 652–665. doi:10.1057/s41274-016-0128-9
8. Shen, Feng & Wang, Run & Shen, Yu. (2019). A cost-sensitive logistic regression credit scoring model based on multi-objective optimization approach. Technological and Economic Development of Economy. 26. 1-25. 10.3846/tede.2019.11337.

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС ПРОЦЕСАМИ

Тагільцев Д.І.<sup>1</sup>, Мухін В.Є.<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> dima.t16042001@gmail.com, <sup>2</sup> v\_mukhin@i.ua

**Робота присвячена дослідженням у сфері підтримки автоматизації управління бізнес процесами. Розглянуті механізми та методи автоматизації бізнес процесів. Результатом роботи є моделі машинного навчання та нейронних мереж, які на основі датасету прогнозуються заробітну плату працівника.**

**Ключові слова: бізнес процеси, інтелектуальний аналіз даних, машинне навчання, нейронні мережі, регресія, випадковий ліс.**

## 1. ВСТУП

В сучасному світі автоматизація бізнес-процесів стала невід'ємною частиною ефективного функціонування підприємств у різних галузях і сферах діяльності. Ця тема є дуже актуальною, оскільки сучасна економіка і технологічний прогрес швидко розвиваються, і автоматизація стає важливим інструментом для підтримки конкурентоспроможності та підвищення продуктивності бізнесу.

Спочатку важливо зрозуміти, що розуміється під автоматизацією бізнес-процесів. Це використання технологій та програмного забезпечення для автоматичного виконання завдань та операцій, які раніше виконувалися вручну. Автоматизація може охоплювати всі аспекти бізнесу, від управління запасами до обробки замовлень та взаємодії з клієнтами.

Однією з ключових переваг автоматизації є підвищення продуктивності. Системи автоматизації дозволяють виконувати рутинні завдання швидше і без помилок, що зменшує витрати часу та ресурсів. Наприклад, автоматизована система обробки замовлень може значно прискорити весь процес, починаючи від прийому замовлення до його відправлення клієнту. Це також допомагає знизити витрати на оплату праці, оскільки менше співробітників потрібно для виконання тих самих завдань.

Крім того, автоматизація підвищує якість виконання завдань. Вона допомагає уникнути помилок, які можуть виникнути через людський фактор, і забезпечує послідовність та стандартизацію процесів.

Для підприємств актуальність автоматизації також полягає в здатності підлаштовуватися під швидкий розвиток технологій та зміни вимог споживачів. Автоматизація дає змогу легко впроваджувати нові функції та процеси, а також швидко адаптувати бізнес-стратегію до зміни ринкових умов.

Звісно, автоматизація не є безперечною панацеєю і включає в себе свої виклики. Один із головних викликів полягає в витратах на впровадження автоматизованих систем. При цьому, на великих підприємствах ці витрати можуть бути виправдані завдяки підвищенню продуктивності та зменшенню витрат на довготермінові періоди. Однак для менших бізнесів і стартапів, внесення автоматизації може бути важким завданням.

## 2. МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ ТА АНАЛІЗУ БІЗНЕС ПРОЦЕСІВ

Інтелектуальний аналіз даних (ІАД) або Data mining представляє собою сучасний підхід до обробки та аналізу даних, який використовує технології штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) для виявлення шаблонів, прихованих залежностей і корисних знань у великих обсягах даних. Ця техніка дозволяє вдосконалювати процеси прийняття рішень, передбачати події, оптимізувати процеси та отримувати цінні інсайти з даних.

Data Mining є мультидисциплінарною галуззю, яка виникла і розвивається на базі досягнень прикладної статистики, розпізнавання образів, методів штучного інтелекту, теорії баз даних тощо (рис. 1). Звідси велика кількість методів і алгоритмів, реалізованих у різних діючих системах Data Mining. Багато з таких систем інтегрують у собі відразу кілька підходів. Проте, як правило, в кожній системі є якась ключова компонента.

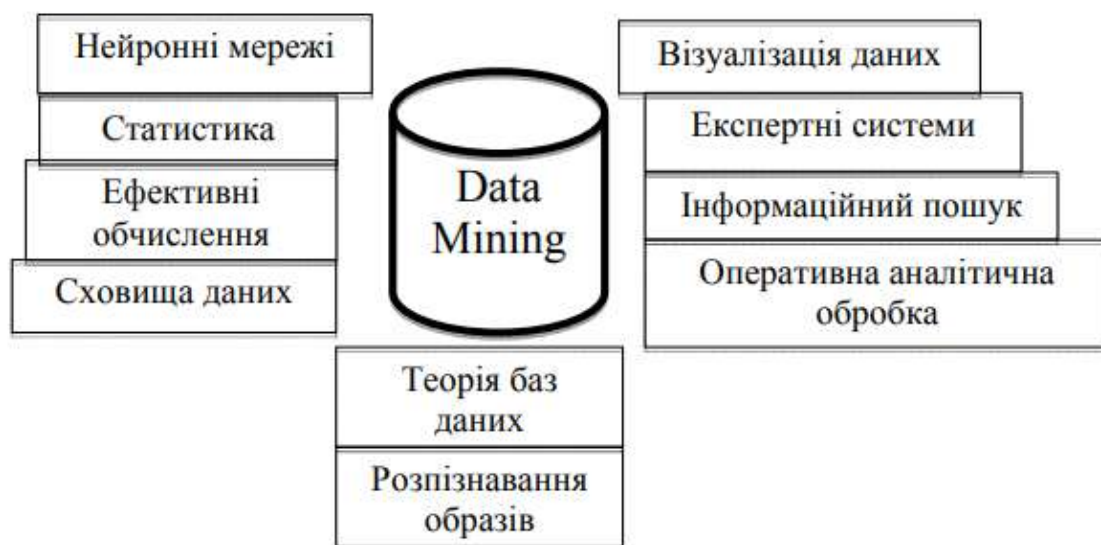


Рисунок 1. Datamining – мультидисциплінарна галузь

Етапами інтелектуального аналізу є:

1. Вивчення предметної області
2. Збір даних
3. Попередня обробка даних
4. Аналіз даних з метою виявлення патернів
5. Інтерпретація знайдених патернів (візуалізація, відбір корисних патернів відповідно до функції корисності)
6. Використання нових знань

Основними типами задач аналізу даних є задачі опису та задачі прогнозування, тобто:

- Класифікація – процес знаходження моделей чи функцій, які описують та розрізняють класи для прогнозування класу довільно заданого об'єкта з відомими атрибутами на основі навчаючої вибірки;
- Кластеризація – виявлення ознак, за якими можна буде здійснювати класифікацію, шляхом групування "схожих" між собою об'єктів, генерування міток класів на основі відстаней між об'єктами;
- Регресія – встановлення залежностей неперервних результуючих змінних від вихідних;

- Асоціація – пошук закономірностей між декількома подіями, що відбуваються одночасно;
- Прогнозування – оцінювання пропущених або майбутніх значень цільових чисельних показників;

Основними методами аналізу даних є:

- Множинний регресійний аналіз;
- Дерева рішень;
- Дискримінантний аналіз;
- Нейронні мережі;
- Аналіз часових рядів;
- Генетичні алгоритми;

Штучні нейронні мережі (НМ) – математичні моделі, а також їх програмні або апаратні реалізації, побудовані за принципами подання й обробки інформації у біологічних нейронних мережах – мережах нервових кліток живого організму.

Нейрон – це примітивний обчислювальний пристрій (або його модель), що має кілька входів і один вихід, і є основним обчислювальним елементом НМ (рис. 2).

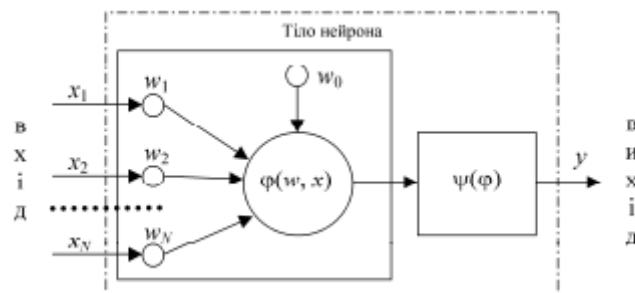


Рисунок 2. Схема штучного нейрона

На вхід одношарового нейрона надходить вхідний вектор – набір вхідних сигналів  $x=\{x_j\}$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ , де  $N$  – кількість входів. Кожний вхідний сигнал  $x_j$  зважується (масштабується певним чином) відносно зіставленої йому ваги зв'язку (вагового коефіцієнта)  $w_j$ , яка моделює перетворення сигналу у синапсі (міжнейронному контакті).

Лінійна регресія - це статистичний метод, який використовується для моделювання та аналізу взаємозв'язку між залежною (відгук) та однією або декількома незалежними (предикторами) змінними. Технічно, лінійна регресія полягає в побудові математичної моделі, яка апроксимує лінійний зв'язок між цими змінними.

Лінійна регресія застосовується в широкому спектрі галузей і використовується для вирішення різних завдань, від прогнозування цін на нерухомість до дослідження впливу лікування на пацієнтів у медицині. Вона залишається потужним інструментом для аналізу даних і прийняття обґрунтованих рішень в сучасному світі.

Випадковий ліс (Random Forest) – це потужний ансамбльний алгоритм машинного навчання, який використовується для класифікації та регресії. Він базується на ідеї поєднання багатьох дерев рішень, щоб знизити перенавчання (overfitting) та покращити точність прогнозів. Випадковий ліс був запропонований Лео Брейманом і Адель Катлер в 2001 році і відтоді став дуже популярним в машинному навчанні.

Розглянемо основні характеристики та процес роботи випадкового лісу більш детально.

Випадковий ліс використовує не одне дерево рішень, а багато дерев. Кожне дерево побудоване на основі підвибірки (з повторенням) даних набору навчання та підвибірки атрибутів. Це робить кожне дерево унікальним (рис. 3).

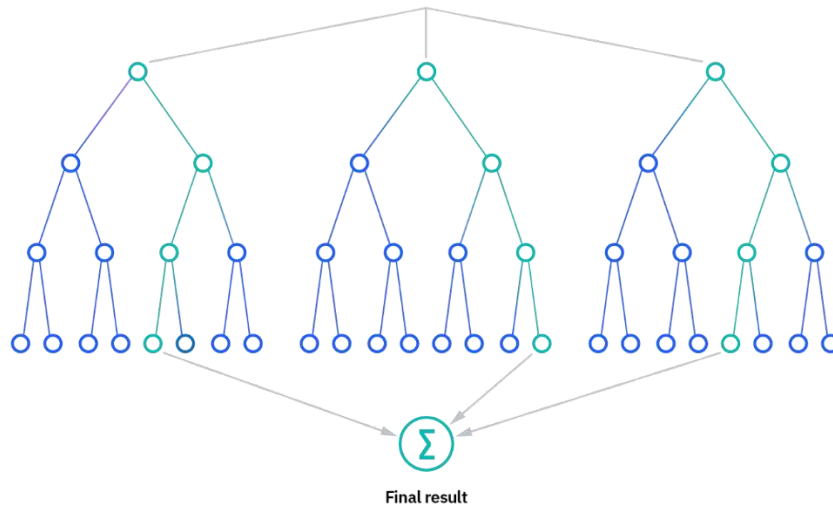


Рисунок 3. Схема випадкового лісу

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для навчання моделей обрано датасет Employee Productivity and Satisfaction HR Data з ресурсу kaggle.com. Датасет представляє собою файл формату csv.

Датасет має 11 полів, кожне поле – певна відомість про людину (рис. 4).

Name	Age	Gender	Projects Completed	Productivity (%)	Satisfaction Rate (%)	Feedback Score	Department	Position	Joining Date	Salary
------	-----	--------	--------------------	------------------	-----------------------	----------------	------------	----------	--------------	--------

Рисунок 4. Поля датасету

Поле Salary – числове, але має дуже великі значення і відхилення. Застосуємо для нього механізм StandardScaler

Після отримання модифікованих даних розіб'ємо їх на тренувальну та тестову вибірку у співвідношенні 8:2. Для цього виокремимо поле Salary та покладемо його в окрему змінну. Після чого застосуємо метод train\_test\_split та отримаємо X\_train(тренувальні входні дані), X\_test(тестові входні дані), y\_train(тренувальний вихідний вектор), y\_test(тестовий вихідний вектор).

Створимо 3 моделі для прогнозування рівня заробітної плати: модель багатошарової нейронної мережі, модель лінійної регресії та модель випадкового лісу. Оцінювати роботу моделей будемо за допомогою метрики середньоквадратичної помилки (MSE).

Після чого модифікуємо модель багатошарової нейронної мережі. Змінимо функції активації та додаємо дропаут.

На рис. 5 наведено порівняння результатів.

### 4. ВИСНОВКИ

В даній роботі були розглянуті інтелектуальні засоби для автоматизації управління бізнес процесами. В якості прикладу реалізації автоматизації було вибрано бізнес процес – прогнозування рівня заробітної плати працівника. Була освітлена тем актуальності автоматизації бізнес процесів та проведено аналіз механізмів її реалізації.

Вирішення задачі було реалізовано за допомогою алгоритмів машинного навчання, таких як: багатошарова нейронна мережа, лінійна регресія, випадковий ліс. Дані для навчання

моделей взяті з ресурсу kaggle. Дані були попередньо оброблені – видалені зайві поля, дискредитовані не числові поля.

Була реалізована модифікація багатошарової нейронної мережі з метою отримання кращих результатів її роботи.

В підсумку отримали що після модифікації багатошарова нейронна мережа ефективніша ніж модель лінійної регресії. Але все одно, для цієї задачі, найефективніша модель випадкового лісу.

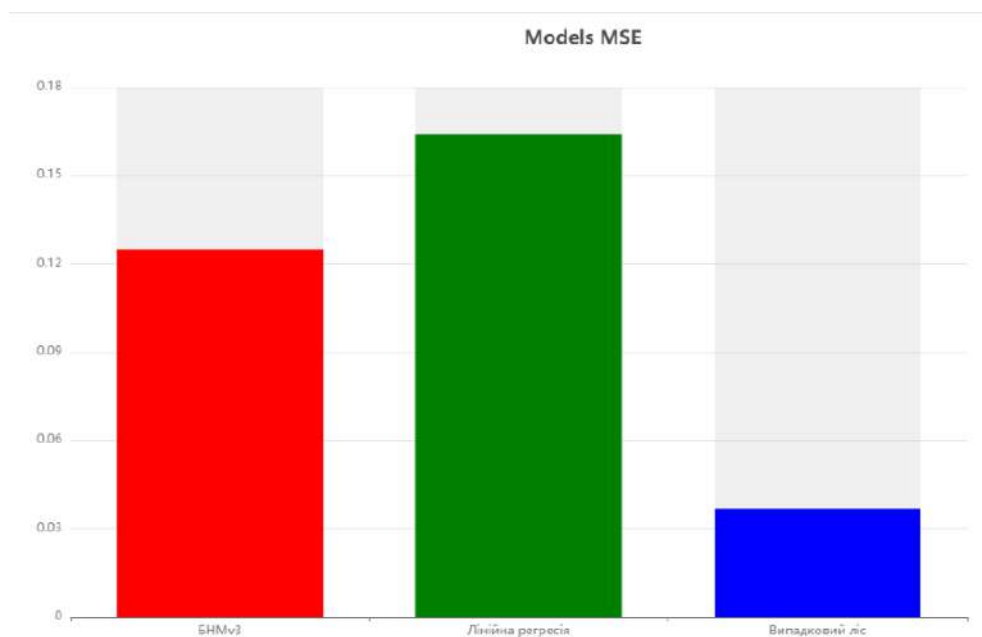


Рисунок 5. Порівняння MSE отриманих моделей

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація управління бізнес-процесами підприємства як основа гнучкості його діяльності: характеристика систем управління. Веб сайт. URL:<https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-46> (дата звернення: 17.10.2023).

2. О.І. Черняк, П.В. Захарченко. Інтелектуальний аналіз даних. Київ, 2010, 841 с.

3. Інтелектуальний аналіз даних (Data Mining). Особливості технології Data Mining та її відмінності від інших методів аналізу даних. Веб сайт. URL: [https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/486112/mod\\_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%201.pdf](https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/486112/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%201.pdf) (дата звернення: 17.10.2023).

4. І.В. Лупан. Інтелектуальний аналіз даних Data Mining: навчально-методичний посібник. – Кропивницький, ФОП Піскова М. А., 2022. – 112 с.

5. Коефіцієнт кореляції Пірсона. Веб сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт\\_кореляції\\_Пірсона](https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_кореляції_Пірсона) (дата звернення: 17.10.2023)

6. Субботін С.О Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.

7. Літнарівч Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник, МЕРУ, Рівне, 2011. –140 с.

8. Batch-normalization. Веб сайт. URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Batch-normalization> (дата звернення: 17.10.2023).

# INTELLECTUAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ESTIMATION OF FINANCIAL RISKS

Tymoshchuk O.L.<sup>1</sup>, Levenchuk L.B.<sup>2</sup>, Bidyuk P.I.<sup>3</sup>

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky KPI”

<sup>1</sup> oxana.tim@gmail.com [0000-0003-1863-3095], <sup>2</sup> lusi.levenchuk@gmail.com [0000-0002-8600-0890], <sup>3</sup> pbidyuke\_00@ukr.net [0000-0002-7421-3565]

**An intellectual decision support system is proposed the basic tasks of which are modeling and forecasting of financial processes and financial risk estimation. The system is developed on the basis of system analysis principles, i.e. it has hierarchic architecture, the possibility exists for identification and taking into consideration of some stochastic and information uncertainties, building alternatives for models and forecasts, and tracking the computing procedures during all stages of data processing. A modular architecture is implemented that provides a possibility for further enhancement and modification of the system functional possibilities with new forecasting and parameter estimation techniques, and financial risk models. The high quality of final result is achieved thanks to appropriate tracking of computing procedures at all stages of data processing: preliminary data processing, model constructing, and forecasts estimation. The system developed has good perspectives for the practical use. It is supposed that the system will find its applications as an extra tool for decision making when developing the strategies for financial risk estimation and management.**

**Keywords: financial risks, intellectual decision support system, mathematical modeling, operational risk estimation, system analysis approach.**

## 1. INTRODUCTION

The problems of risk modeling and management are available practically in all areas of human activities. Especially urgent are the problems of mathematical modeling, estimation, and forecasting possible loss (the risks are characterized by the level of possible loss and its probability). These problems are facing banking institutions, insurance and investment companies, and production enterprises that are functioning in conditions of tough competition and unstable demand. To describe formally possible loss today there exists a set of ideologically different approaches based upon statistical methods and intellectual data analysis. To estimate market and some other types of risks it is possible to apply different versions of Value-at-Risk (VaR), methodology providing the possibility for reaching practically useful quality results [1, 2]. Also, wide applications have found the models of classification type such as logistic and linear regression, support vector machine, fuzzy logic, neuro-fuzzy models, Bayesian data analysis, theory of distributions, generalized linear models (GLM), and combinations of the methods mentioned [3–7].

Method selection for the formal describing of risk and risk estimation is mainly determined by availability of statistical data and instrumental platform for performing computations, staff qualification, and appropriate material support. Former experience of risk modeling and estimation illustrates that high quality of risk estimation results requires application of ideologically different approaches, comparison of the results achieved, and apply combining procedures of the results if

possible. Such approach to possible loss estimation can be implemented successfully using modern Intellectual Decision Support Systems (IDSS) based upon system analysis principles. IDSS belongs to the class of systems that can be quickly designed and implemented with software; it provides a possibility for implementing latest developments in the area of financial risk analysis with appropriate subsequent analytical support. IDSS design is based upon latest developments of system analysis ideas, information system theory, estimation theory, mathematical and statistical-and-probabilistic modeling and forecasting, intellectual data analysis, decision theory and other results of theory and practical data and expert estimates processing methods [8, 9].

The study considers the problem of constructing IDSS for solving the problems of estimation and forecasting financial risk loss using the possibility for application of alternative data analysis techniques, modeling and state and parameter estimation of the processes under study.

**Problem statement.** The purposes of the study are as follows: 1) performing analysis of the problems to be solved by IDSS, and the methods that could be used on the purpose; 2) to formulate requirements to the IDSS, and propose the system architecture; 3) to highlight the process of decision making with the system proposed; 4) to select some models for financial risk analysis; 5) to show an illustration of financial risk analysis using statistical data.

**Requirements to the modern IDSS.** Modern IDSS is complex computational system that has sophisticated functional possibilities with architecture of hierarchical type. The system should satisfy the following requirements: 1) to contain highly developed bases of data, knowledge, and necessary computational procedures; 2) the user interface should correspond the requirements of convenience, be simple and friendly, and adaptive to the user of various training level; 3) the hierarchical architecture of the IDSS and its functioning should correspond to the hierarchical way of thinking of decision making person (DMP) when making decision; 4) the system should be capable to accept new knowledge in the process of problem solving; 5) organization and the methods of computations, should correspond to the methods and requirements of DMP; 6) the quality of computations should correspond to the generally established norms and requirements; 7) the system should be able to provide user with all necessary forms of help and representation of intermediate and final results of computations; 8) IDSS should contain the means for data and knowledge exchange with other information processing systems using local and global nets. If the requirements mentioned are satisfied then the system efficacy is enhanced substantially, and its behavioral significance will be much higher for the company where it is used.

**Alternatives generating with the IDSS.** Generally, the decision making processes can be performed completely or partially in iteration cycles; IDSS may return retrospectively to the previous stages of data and knowledge analysis in automatic mode or on DMP initiative. The whole process of decision making and its implementation can be divided into stages shown below.

(1) – Analysis of the problem to be solved, collection of the necessary data and knowledge. At this stage all the information available is hired including possible former solutions in the past that may be useful for refining the problem statement, and remove the ineffective solutions.

(2) – Selection of the mathematical model class for formal description of the current problem statement, or some available tested models could be hired. The model can be selected in the class of linear/nonlinear models or in continuous/discrete time. In some cases simulation should be performed.

(3) – Constructing the model of the system (object) under study: estimation of the model structure and its parameters. It is always desirable to estimate several candidate models because alternative model structures provide the possibility for selecting the best one.

(4) – Quality (adequacy) analysis of the candidate models constructed and selection of the best one using statistical quality criteria. It is advisable to apply the candidates to solving the main

problem stated above, say, to forecasting selected processes. The forecasting results will show the actual possibilities of the model regarding actual problem solving.

(5) – Use the model selected for constructing forecasting function (when this is possible), and formulate decision making or control problem solving. Such results of model application are very useful for actual practical applications.

(6) – Alternatives generation using the model constructed and consequences estimation of its application. Here analytical quality criteria are to be applied for estimating possible results such as optimality criteria; usefulness functions; satisfaction of the requirements stated etc.

(7) – Generated alternatives analysis by the enterprise experts for whom the problem solving was performed. Now ultimate alternative selection is performed or all the alternatives are declined. Here it is possible to return to previous steps to get extra data and knowledge for generating additional alternatives.

(8) – Planning the actions for estimating financial, material and human resources necessary for implementing selected alternative. Determining the time interval (control horizon) necessary for implementing the decision selected.

(9) – Implementing the decision selected: monitoring the resources available and necessary for future steps of implementation; current monitoring of the situation with implementing the decision; registering the current, intermediate, and final results.

(10) – Application of possible quality criteria for estimating the results achieved: including expert and analytical estimates.

(11) – Final analysis of the results achieved by the company (client) experts; ultimate estimation of advantages and disadvantages of the alternative implemented; analysis of the current decision making and implementation process, and projections of possibilities for the future activities; generating report on the results achieved.

**Mathematical methods to be used in IDSS.** All mathematical methods to be used in IDSS are divided into two groups: 1) – the methods for general application that provide for functioning of the system; special methods that are directed to performing data and knowledge processing, alternative generating, selecting the best alternative, and forecasting the consequences of the alternative implementing.

The mathematical methods of general application are as follows: data collecting and preliminary processing (filtering, lost data imputation, extreme value processing, etc); effective organization of interaction IDSS – User; knowledge and data storing in the system bases for future usage; methods of data representation in convenient form for a user; the communication means for organizing communication with other information processing systems; logical control procedures.

The special mathematical methods are selected according to specific problem statement regarding data processing, model constructing, risk estimation, alternative decision generation etc. In most cases of IDSS development the necessity arises for usage of the following special methods: special procedures for preliminary processing of data and knowledge; the methods, methodologies of mathematical modeling on the basis of statistical data and expert estimates; forecasting methods based on the models constructed and forecast combining procedures; static and dynamic optimization (optimal control); the methods for quality analysis of computational procedures at all stages of IDSS hierarchy – appropriate sets of quality criteria: data quality, model adequacy, forecast quality, and alternative decision quality. All the methods and procedures mentioned above are well described in special modern publications. For example, time series modeling and forecasting methods are available in multiple references [9–11], and the area is progressing quickly. The IDSS designer should perform appropriate special literature review and select the best possibilities for his own application using system analysis approach to the system design.

**IDSS architecture for financial risk analysis.** IDSS architecture is represented by the large-scale system blocks and the links between them. It provides possibility for understanding the purpose of the system design, and its basic functions (Fig. 1).

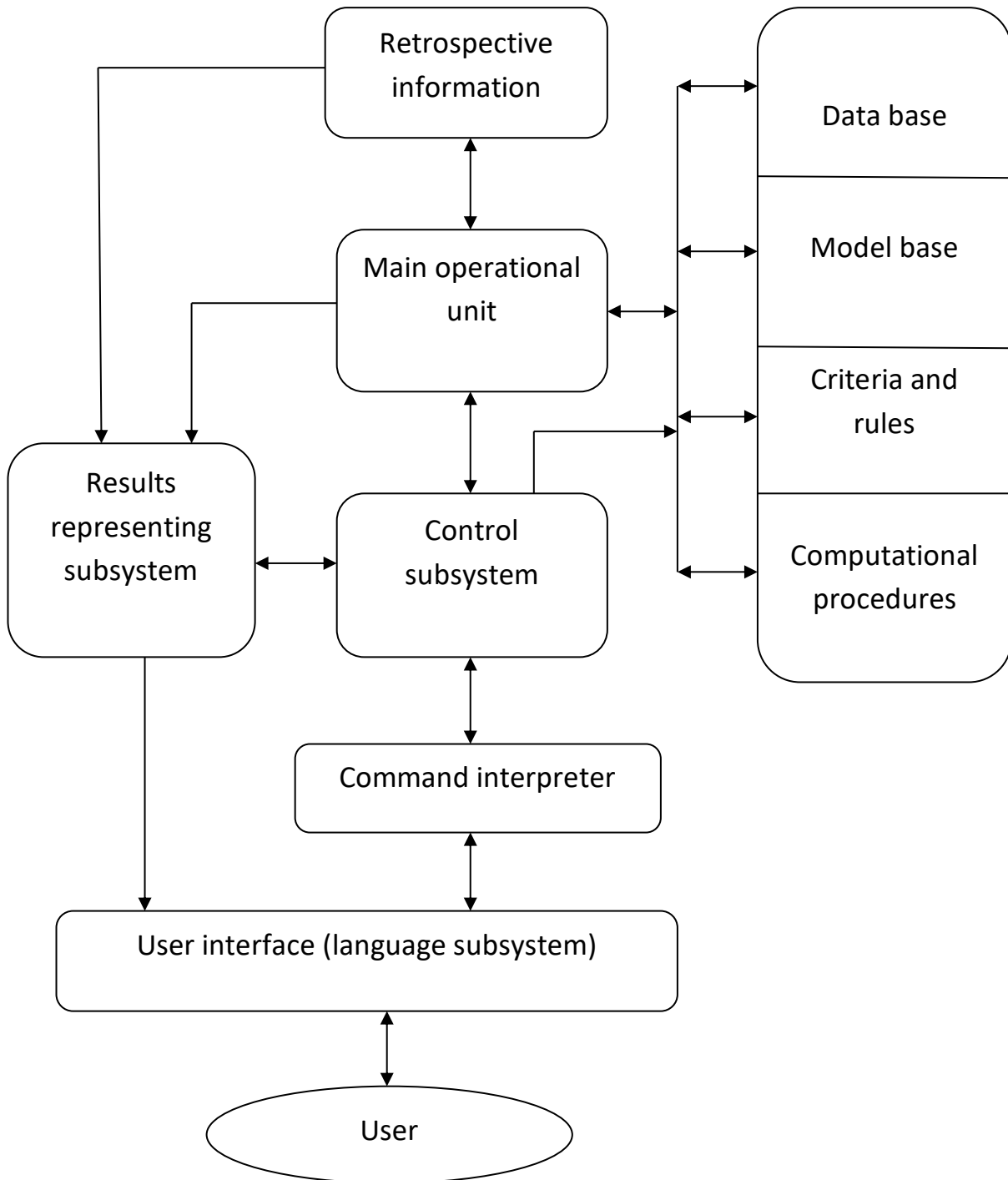


Figure 1. IDSS architecture for financial risks analysis

IDSS functioning is monitored by a user using the command interpreter. The commands are accepted by the main operational unit that coordinates functioning of all subsystems. The system interface is its basic element from the point of view providing the user with necessary interaction information. The architecture shown in Fig. 1, has general layout, and it can be used for solving many

similar problems of data preparing for modeling, mathematical model constructing, optimal state and parameter estimation, state forecasting, diagnostic of the processes under study, risk estimation, managerial decision support etc.

## 2. SOME MATHEMATICAL MODELS USED FOR FINANCIAL RISK ANALYSIS

Consider in short some types of mathematical models used in the IDSS proposed for operational risk analysis. Such risks are widely available at various companies and enterprises and are provoked by the inadequate or erroneous internal processes at enterprise, staff and system errors, or under influence of non-favorable external events. The most popular models are as follows: Generalized Linear Models (GLM), Bayesian networks, neuron and neuro-fuzzy models, multivariate distributions, Sb-AMA (Scenario-based Advanced Measurement Approach), and some others. GLM can be considered as extension of multiple linear regression with the following distinctive features: data distribution can be non-Gaussian and not necessarily continuous, for example, binomial; the forecasts are computed as linear combination of predictors linked to dependent variable via specific link function. GLM represent generalized class of statistical models that includes linear regression; the models of variance and covariance analysis; log-linear and nonlinear probit/logit models; normal, binomial, Poisson, and gamma distributions. Generally, dependent variable has exponential distribution of the form:

$$f(y, \theta, \phi) = \exp \left[ \frac{y\theta - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi) \right],$$

where,  $a, b, c$  are some functions corresponding to definite distribution;  $y$  is dependent variable;  $\theta$  is canonic parameter;  $\phi$  is variance parameter. Particular role plays the function,  $b(\cdot)$ , that describes correspondence between dependent variable mean and its variance.

Bayesian networks (BN) are statistical-and-probabilistic models that are represented in the form of directed acyclic graphs (DAG) where vertices are selected variables, and arcs show existing causal relations between the variables. Each variable is characterized by the complete finite set of mutually exclusive states. The relations between the BN variables are established by expert approach or special statistical-and-probabilistic tests if necessary data is available. The model parameters are conditional (for daughter variables) and non-conditional (for parent variables) probabilities of the variables values that are contained in corresponding tables [13].

The Sb-AMA approach suggests identification and selection of risk factors providing the possibility for scenario generating. This model is directed towards loss estimation that would happen in the future when some event is happening. Using historical data or expert estimate for each scenario is estimated frequency and size of loss. Here Monte Carlo simulation helps to estimate distribution of the loss without complicated mathematical computations. The estimation procedure is performed in assumption that the distribution family is known to which belongs the number of possible loss. The method is described in the following way: the random variable  $x$ , that characterizes the total loss that happened within the time interval  $t$ , can be defined by the sum:

$$x = \sum_{i=1}^{n(t)} L_i,$$

where,  $n(t)$  is random value that characterizes the number of loss of specific type (here operational loss), that happened within the time interval  $t$ ;  $L_i$  is the set of random values that characterize the volumes of separate specific loss. The distribution of the random variable,  $x$ , provides the possibility

for achieving point loss estimation as well as compute quintile at given level what provides the possibility for estimating OpVaR (Operational Value-at-Risk) value.

### 3. CONCLUSIONS

The methodology was proposed for constructing IDSS directed for financial risks analysis and estimation on the principles of system analysis: hierarchical system architecture; identification and taking into consideration possible probabilistic-and-statistical uncertainties; application of optimization and adaptation procedures for model structure and parameter estimation; monitoring of computational procedures at all stages of data processing; alternatives generating regarding decision making. The IDSS designed has modular structure that provides the possibilities for modifying and expanding its functions with extra methods and techniques. The system provides the possibility for reaching high quality intermediate and final results thanks to applying appropriate quality criteria at each stage of computations. Practical applications of the IDSS proposed for operational and credit risk estimation gives an evidence for good perspectives of expanding its functional possibilities and achieving high quality results. In future studies it is planned enhancing data processing and model constructing automatizing level, the active usage of intellectual data processing techniques and models of Bayesian type, neural nets, combined models, and simulation procedures.

### REFERENCES

1. Kumamoto H., Henley E. J. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. – New York: IEEE Press, 1996. 612 p.
2. International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards. A Revised Framework. Comprehensive Version. – Basel Committee on Banking Supervision, Bank for International Settlements. – Basel, 2006. 158 p.
3. Bidyuk P.I., Gozhyj O.P., Korshevnyuk L.O. Computerized Decision Support Systems. – Mykolaiv: Black Sea Petro Mogyla State University, 2012. 380 p.
4. Hoff P. A First Course in Bayesian Statistical Methods. – New York: Springer, 2009. 270 c.
5. Klugman S.A. Bayesian Statistics in Actuarial Science. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1992. 243 p.
6. Neil M. Using Bayesian networks to model expected and unexpected operational losses / Neil M., Fenton N.E., Tailor M. // Risk Analysis. 2005. p. 34-57.
7. Polovcev O.V., Bidyuk P.I., Korshevnyuk L.O. The System Approach to Modeling, Forecasting and Management of Financial processes. – Donetsk: Oriental Publishing House, 2009. 286 p.
8. Hollsapple C.W., Winston A.B. Decision support systems. – Saint Paul: West Publishing Company, 1996. 860 p.
9. Tsay R.S. Analysis of financial time series. – Hoboken: Wiley & Sons, Inc., 2010. – 715 p.
10. Bidyuk P.I., Romanenko V.D., Tymoshchuk O.L. Time Series Analysis. – Kyiv: Polytechnika, 2010. 317 p.
11. Gilks W.R., Richardson S., Spiegelhalter D.J. Markov chain Monte Carlo in practice. – New York: Chapman & Hall/CRC, 2000. 486 p.
12. Zgurovsky M.Z., Bidyuk P.I., Terentyev O.M. Method of constructing Bayesian networks based on scoring functions // Cybernetics and System Analysis, 2008, No.2, pp. 219-224.
13. Jensen F.V., Nielsen Th.D. Bayesian Networks and Decision Graphs. – New York: Springer, 2007. 457 p.

# ЧАТ-БОТ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ РОЗГОРТАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ: ПРИКЛАД ТЕЛЕГРАМ-БОТУ ПО НАДАННЮ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИБІРКОВИХ ДИСЦИПЛІН

Харабара Д.В.<sup>1</sup>, Статкевич В.М.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>1</sup> dharabara81@gmail.com,<sup>2</sup> mstatckevich@yahoo.com [0000-0001-5210-9890]

В сучасному світі людство щодня стикається із сотнею рутинних дилем, вибір оптимального рішення в яких залежить від власного досвіду, рекомендацій оточуючих чи наявної інформації в мережі Інтернет. Зокрема із вибором оптимального варіанту зустрічаються й студенти, при необхідності визначення вибіркових дисциплін на наступний семестр. Задля полегшення та пришвидшення даного процесу можна використовувати Системи підтримки прийняття рішень (СППР). А в якості інтерфейсу ідеально підійде чат-бот платформа, яка є інтуїтивно зрозумілою для сучасного покоління. Метою роботи є спрощення процесу вибору вибіркових дисциплін, шляхом поєднання корпоративної автоматизації із СППР. Результатом дослідження є Telegram чат-бот із модулями надання рекомендацій та занесення оцінок. Перший із яких базується на рекомендаційній системі із використанням колаборативної фільтрації. А інший створений задля наповнення бази оцінок. У роботі було використано теоретичні та емпіричні методи дослідження.

**Ключові слова:** чат-бот, система підтримки прийняття рішень, рекомендаційна система, нода, вибіркові дисципліни.

## 1. ВСТУП

В наш час, епоху стрімкого розвитку технологій, багато компаній, організацій, установ в прагненні оптимізації своїх робочих процесів звертають неабияку увагу на комунікацію із своєю цільовою аудиторією, адже саме вона має неабиякий вплив на вектор розвитку компаній. Проте застарілі методи комунікацій: телефонні опитування, “гарячі лінії” і т. д. все більше відходять на другий план, а лідерство в напрямку швидкої та ефективної допомоги посідають чат-боти, адже зручніше написати своє питання зрозумілим повідомленням, без обмеження часових рамок і отримати одразу ж відповідь, ніж тривалий час очікувати поки ваш дзвінок прийме оператор.

В той ж час суспільство щодня стикається із сотнею рутинних дилем: який одяг сьогодні обрати, в залежності від погоди; який кінотеатр обрати для перегляду новинки; який курс валюти сьогодні, та як він змінювався за місяць. І це лише верхівка айсбергу буденних виборів, щодня кожен із нас робить безліч виборів, пошук найкращого варіанту в яких напряду залежить від нашого досвіду, власних переконань, чи рекомендацій друзів. А що якщо, досвіду немає і друзі не можуть нічого порекомендувати? Тоді на допомогу приходять всевітня павутина і години пошуку необхідної інформації, яка врешті-решт не дасть чіткої рекомендації, а просто поділиться із вами даними, які вам уже самим доведеться аналізувати і

робити вибір. І тут на допомогу можуть прийти ті самі чат-боти, які скорочують час для пошуку інформації, а для надання чітких рекомендацій можна використати рекомендаційну систему.

Зокрема здійснення вибору, фактично всліпу, зустрічається й в студентському житті, коли потрібно обирати вибіркові дисципліни на наступний семестр. Це питання неабияк ставить в ступор будь-якого студента, адже при виборі потрібно аналізувати рекомендації інших студентів, програму дисципліни та багато інших аспектів, тому значно простіше було б просто отримати рекомендацію опираючись на досвід попередників, без їх залучення до процесу.

Зважаючи на все вище сказане, очевидно, що для вирішення дилеми буденних виборів, зокрема вибору вибіркових дисциплін, потрібний системний підхід, який був би швидким та практичним у використанні, а його розробка вимагала невеликих витрат. Ідеальним підходом, який буде задовольняти всі вимоги, є розробка системи підтримки прийняття рішень на базі чат-боту із інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом та простою логікою отримання вхідних даних для визначення рекомендацій.

## **2. МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ СППР**

За одним із визначень, система підтримки прийняття рішень (СППР) – це інтелектуальна система, яка сприяє формуванню пропозицій, на основі аналізу релевантної інформації, отриманої з віртуального сховища даних, що консолідує велику кількість джерел [1]. Працює вона на базі різних підходів до аналізу даних користувача та предметної області, а основною задачею є надання інформації щодо оптимальних альтернатив, які можуть зацікавити користувача.

Якщо говорити про самі підходи до побудови СППР, то їх досить багато. Зокрема варто виділити [2]:

- рекомендаційні системи, засновані на колаборативній фільтрації – працюють на припущенні, що якщо смаки користувачів співпадали раніше, то їх вибір буде однаковим й у майбутньому;

- рекомендаційні системи, засновані на змісті – працюють на порівнянні смаків користувача та певних характеристик предмета;

- рекомендаційні системи, засновані на знаннях – працюють на основі деяких заздалегідь визначених правил та обмежень предметної області рекомендаційної системи та явних вимог користувача;

- демографічні рекомендаційні системи – користувачі діляться на групи, яким і надаються спільні рекомендації;

- рекомендаційні системи, засновані на корисності – для кожного предмета за спеціальною формулою розраховується його корисність для користувача;

- гібридні рекомендаційні системи – являють собою комбінацію декількох різних підходів.

Для вирішення поставленої задачі, а саме отримання рекомендацій щодо вибіркових дисциплін, чудово підходить підхід із використанням колаборативної фільтрації, адже саме він є автоматизацією традиційного підходу при виборі вибіркових дисциплін, під час якого студенти звертаються задля поради до своїх попередників.

Фактично, рекомендаційні системи, що засновані на колаборативній фільтрації, представляють собою матрицю, де по одній із осей розташовані користувачі, а по іншій предмети. А комірки самої матриці заповнені кількісними показниками відношення студента до даного предмету, в нашому випадку, це оцінка отримана із дисципліни. При цьому,

відсутність значень означає, що користувач, до цього моменту, ніяк не взаємодіяв із предметом (Таблиця 1). Відповідно ціллю системи є заповнення пустих комірок.

Таблиця 1. Приклад колаборативної фільтрації

	Предмет 1	Предмет 2	Предмет 3	Предмет 4
Студент 1	75	80	95	80
Студент 2	65	95	70	95
Студент 3	70	78	75	78
Студент 4	80	?	95	65

В загальному, для заповнення пустих комірок використовують два підходи:

- 1) на основі користувачів – серед усіх користувачів необхідно виділити  $n$  найбільш схожих на ключового та на основі їх оцінок зробити прогноз;
- 2) на основі предметів – серед усіх предметів необхідно виділити  $n$  найбільш схожих на ключовий та на основі їх оцінок зробити прогноз.

А для визначення схожості предметів чи користувачів використовують дві групи алгоритмів:

- алгоритми засновані на пам'яті;
- алгоритми засновані на моделі.

Зокрема при створенні СППР для визначення вибіркокових дисциплін доцільно використовувати підхід на основі користувачів та алгоритм визначення схожості заснований на пам'яті.

В якості пам'яті можна використовувати відомості щодо оцінок попередників. А схожість студентів, в такому випадку буде визначатися на основі оцінок їх обов'язкових дисциплін ключового користувача та попередніх студентів.

Якщо ж говорити про самі алгоритми, що засновані на пам'яті, то вони працюють шляхом розрахунку деякої міри подібності на основі тих даних, які наявні в системі (оцінок попередників), і подальшого її використання для розрахунку передбачення.

Серед найбільш застосованих мір виділяють косинус подібності, критерій кореляції Пірсона, скоригований косинус подібності, коефіцієнт Жаккара [3].

Для вирішення поставленої задачі було запропоновано використовувати саме косинус подібності, який представляє собою кут між векторами оцінок двох студентів, та задається наступною формулою [4]:

$$\text{cosineSimilarity}(u_i, u_j) = \cos(u_i, u_j) = \frac{\sum_{k=1}^n u_{i,k} u_{j,k}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n u_{i,k}^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n u_{j,k}^2}}. \quad (1)$$

А в якості математичного апарату для визначення прогнозованого значення оцінки було обрано агрегуючу функцію середнього зваженого [5]:

$$u_{i,k} = \frac{\sum_{u_j \in U'} \text{similarity}(u_i, u_j) u_{j,k}}{\sum_{u_j \in U'} |\text{similarity}(u_i, u_j)|}. \quad (2)$$

В результаті ми отримаємо СППР що базується на колаборативній фільтрації із використанням алгоритму визначення міри подібності, на основі пам'яті (косинус подібності) та агрегуючої функції середнього зваженого значення для визначення прогнозованої оцінки.

### 3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА РОЗРОБКА ЧАТ-БОТУ

В рамках дослідження було прийнято рішення по розгортанню системи підтримки прийняття рішень на базі чат-боту в Telegram, оскільки чат-боти по своїй структурі є досить простими та інтуїтивно зрозумілими, а їх функціонування на базі месенджерів (Telegram, Viber, Facebook) робить їх використання зручним та швидким для будь-якого користувача.

Розробку самої бот-платформи із вбудованою рекомендаційною системою, було прийнято робити в хмарному середовищі розробки Corezoid, яке дає можливість створювати, редагувати та керувати процесами будь-якої складності. Corezoid це зручне рішення для розробки та подальшої підтримки невеликих ботів, адже він має вбудований набір нод, які фактично замінюють традиційні структури програмування (if...else, function(), function (return), setTime() і т.д.), що значно спрощує та пришвидшує розробку. Також дане хмарне середовище розробки має вбудовану технологію webhook, що в поєднанні із TelegramBotApi дає можливість в режимі реального часу відслідковувати повідомлення, що відправляються боту, та переадресовувати їх в логічне ядро.

Архітектура чат-боту складається із:

- 1) системи обробки повідомлень – відповідає за обробку вхідних та вихідних повідомлень;
- 2) модуля внесення оцінок – виконує задачу внесення нових оцінок із дисциплін;
- 3) модуля отримання рекомендацій – виконує безпосередній аналіз вхідних даних користувача, та надає альтернативи для вибору із певною мірою пріоритетності;
- 4) логічного ядра – відповідає за маршрутизацію користувача по боту;
- 5) сховищ даних – сховища дисциплін, студентів, викладачів, оцінок, які створені в State Diagram (вбудована в Corezoid діаграма станів).

Задля створення каналу комунікації було використано готовий програмний апарат від Telegram, а саме телеграм бот BotFather, який дає можливість створювати та налаштовувати ботів для різного функціоналу. Зокрема в рамках дослідження нас цікавить унікальний токен боту, який формується після його створення, із використанням якого, ми зможемо сформувані шлюз для повідомлень, які будуть надсилатися боту, через webhook [6] (Рис. 1).

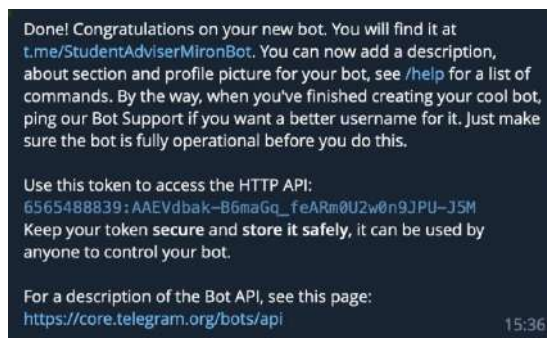


Рисунок 1. Згенерований токен боту

Результатом створення шлюзу став процес, в який переадресовуються всі повідомлення із боту.

Якщо говорити про Систему обробки повідомлень, то другою її складовою є інший процес, який, використовуючи метод /sendMessage [7], надсилає POST запит із повідомленням, яке транслюється в телеграм користувачу.

Задачу постійної актуалізації даних, задля отримання більш точних результатів, покликаний вирішити Модуль внесення оцінок. Доступ до даного модулю надається тільки

викладачам і тільки до конкретних дисциплін. Авторизація відбувається шляхом введення логіну та паролю, що зберігаються в Сховищі викладачів (Рис. 2).

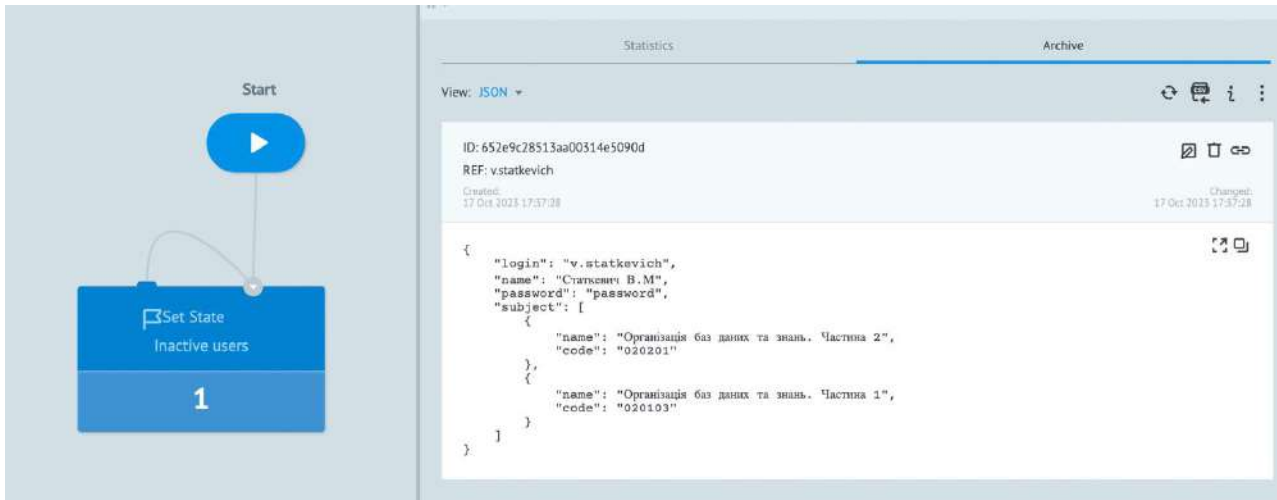


Рисунок 2. Сховище викладачів

Як зазначалось попередньо, в якості математичного апарату рекомендаційної системи є функція косинусу подібності (1) та функція середнього зваженого (2). Але, оскільки при аналізі подібності студентів до уваги будуть братися всі попередники, то було прийнято рішення додати також мінімальне значення подібності, яке відповідає за відсіювання найменш подібних попередників, за стартовий показник було прийнято взяти значення 0,995. Варто зауважити також, що дане значення буде динамічно зменшуватись, за умови відсутності подібних попередників. Структурну схему рекомендаційного модуля можна побачити на рисунку нижче (Рис. 3).

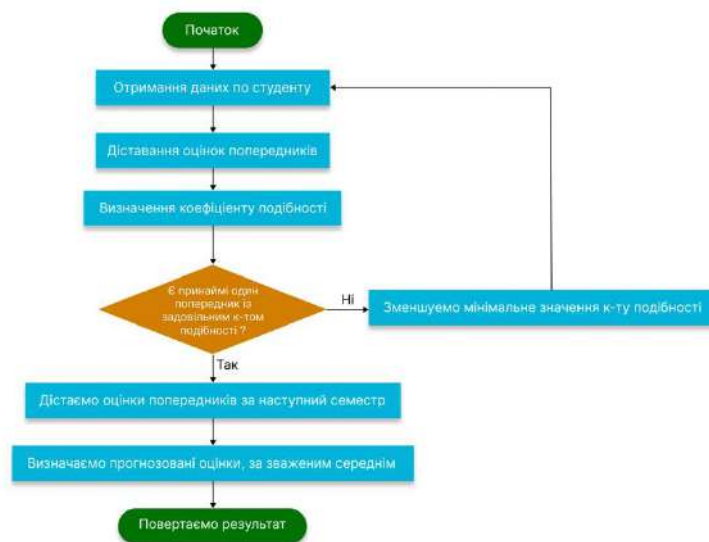


Рисунок 3. Структурна схема модулю отримання рекомендацій

З програмної сторони даний процес базується на двох основних функціях.

1. Функція визначення коефіцієнту подібності (див. формулу (1)).

```

function calc_coef_similar (std1_marks, std2_marks){
  let main_std_marks = std1_marks.filter(el => el.additional == false);
  let upper = 0;

```

```

let lower_1 = 0;
let lower_2 = 0;
main_std_marks.forEach(m => {
    upper = upper + parseInt(m.mark) * parseInt(std2_marks.find(el =>
el.subject == m.subject).mark);
    lower_1 = lower_1 + (parseInt(m.mark) * parseInt(m.mark));
    lower_2 = lower_2 + (parseInt(std2_marks.find(el => el.subject ==
m.subject).mark) * parseInt(std2_marks.find(el => el.subject ==
m.subject).mark));
});
let result = upper/(Math.sqrt(lower_1)*Math.sqrt(lower_2));
return result;
}

```

2. Функція обчислення прогнозованої оцінки (див. формулу (2)).

```

addition_subj.forEach(sbj =>{
    let upper = 0;
    let lower = 0;
    v_pred_stud_marks.forEach(std =>{
        if(std.marks.find(m => m.subject == sbj.code).mark != ""){
            upper = upper + (parseInt(std.marks.find(m => m.subject ==
sbj.code).mark) * data.similarity_coefficients.find(cof => cof.student ==
std.id).coef);
            lower = lower + data.similarity_coefficients.find(cof =>
cof.student == std.id).coef;
        }
    });
    let result = Math.round(upper/lower);
    predict_marks.push({
        'pred_mark': result,
        'subject_code': sbj.code,
        'subject_name': sbj.name
    });
});

```

Готовий та функціонуючий процес модулю надання рекомендацій зображений нижче (Рис. 4).

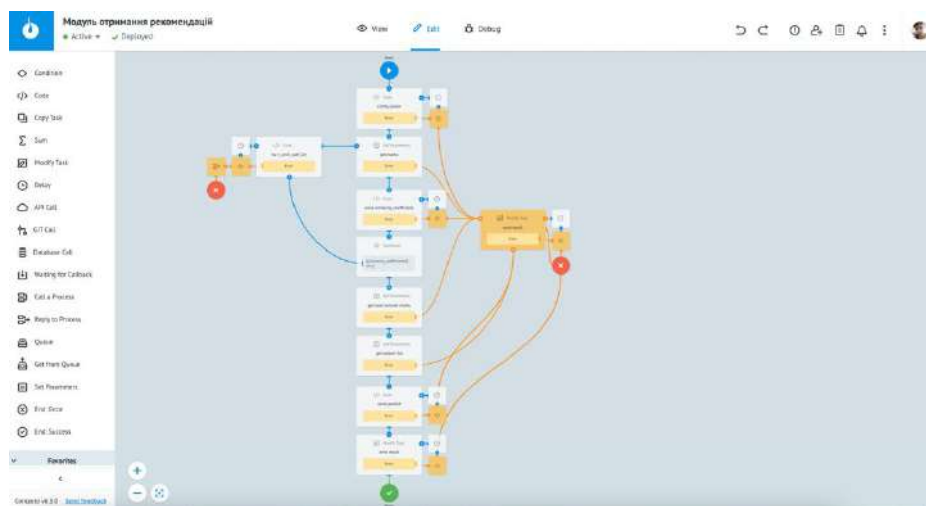


Рисунок 4. Процес модулю надання рекомендацій

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результатом нашого дослідження стала повністю готова до використання система підтримки прийняття рішень для визначення вибіркового дисциплін, яка має зручний та

зрозумілий інтерфейс, цілодобовий доступ та інтегрований модуль внесення оцінок, який дає можливість постійно актуалізувати дані, які в свою чергу покращують результати роботи СППР.

Тестування на базі тестової вибірки студентів, показало, що чат-бот із вбудованою рекомендаційною системою це чудовий підхід до вирішення дилеми вибору вибіркових дисциплін, оскільки повний процес отримання рекомендацій займає менше 5 хв. (Рис. 5), що в разі менше в порівнянні із традиційними підходами: пошуком інформації в інтернеті, самостійним аналізом досвіду попередників, аналізом програм дисциплін.



Рисунок 5. Приклад повного процесу отримання рекомендацій

Вагомим аргументом в сторону розробки подібних систем в середовищі Corezoid є те, що для розгортання подібних чат-ботів, після створення першого, достатньо скачати існуючий проект через інтерфейс, вставити його в новий обліковий запис, замінити токен каналу комунікацій, та оновити сховища даних. Без необхідності в зміні базових конфігурацій рекомендаційної системи, її розгортання може зайняти менше 15 хв.

## 5. ВИСНОВКИ

У наш час людство щоденно стикається із дилемою буденних виборів, зокрема перед кожним із студентів неодноразово поставало питання вибору дисциплін на наступний семестр.

Питання визначення вибіркових дисциплін не є складним, проте вибір найкращої альтернативи потребує досить багато часу, тому для спрощення даного процесу чудово підходить система підтримки прийняття рішень, яка базується на інтуїтивно зрозумілій платформі, та має змогу надавати рекомендації швидко та зручно.

В ході дослідження було розроблено саме таку рекомендаційну систему, на базі чат-боту. Бот платформа складається із Модуля внесення оцінок та Модуля отримання рекомендацій, а знайомий всім інтерфейс месенджеру Telegram дає можливість користувачам в будь-який час в режимі онлайн отримати рекомендацію.

Рекомендаційна система в даній платформі базується на колаборативній фільтрації із використанням алгоритму заснованого на пам'яті, де коефіцієнти подібності визначаються завдяки косинусу подібності, а прогнозування відбувається із використанням агрегуючої функції середнього зваженого.

Дослідження показало, що чат-бот це чудове середовище для розгортання рекомендаційних систем, метою яких є вирішення буденних дилем, адже воно відповідає всім вимогам кінцевого користувача: швидкість, зрозумілість, зручність.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ржеуський А.В., Кунанець Н.Е., Стахів М. Рекомендаційна система інформаційного обслуговування користувачів бібліотек. *Інформаційні моделі, системи та технології*: матеріали V наук.-техн. конф. (Секція 2. Інформаційні системи, м. Тернопіль, 1-2 лютого 2018 р.). Тернопіль : ТНТУ, 2018. С. 37.
2. Бідюк П.І., Коршевніюк Л.О. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / Київ: ННК «Інститут прикладного системного аналізу» Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», 2010. 340 с.
3. Пфанштиль И. Статистика YouTube 2019. Инфографика. URL: <https://rusability.ru/pfanshtil/statistika-youtube-2019-infografika/5fd296262dda593c3483e887>
4. Agarwal A., Chauhan M. Similarity Measures used in Recommender Systems: A Study // International Journal of Engineering Technology Science and Research IJETS. Volume 4, Issue 6, 2017. P. 2394–3386.
5. Garcin F., Faltings B., Jurca R., Joswig N. Rating Aggregation in Collaborative Filtering Systems. *RecSys '09: Proceedings of the third ACM conference on Recommender systems*, ACM, New York, USA, 2009. P. 349–352.
6. Technical documentation. Corezoid actor engine. corezoid.com. URL: <https://doc.corezoid.com/docs>
7. Technical documentation. Telegram Bot API. telegram.org. URL: <https://core.telegram.org/bots/api>

# **АВТОМАТИЧНА СЕГМЕНТАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ НАПІВКЕРОВАНОГО НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВНОГО НАВЧАННЯ ТА СТАБІЛЬНОЇ ДИФУЗІЇ**

Шаповал Н.В., Крутій І.В.<sup>1</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського»

<sup>1</sup> fishingmaster871@gmail.com

**Сегментація об'єктів в обробці зображень є критично важливим завданням, яке полягає у виділенні певних об'єктів на цифрових зображеннях. Враховуючи складність і мінливість даних зображень, це завдання стає складним, що вимагає передових методологій для ефективної сегментації. У цьому дослідженні підкреслюється використання напівкерованого навчання, доповненого методами активного навчання та інноваційним використанням моделей стабільної дифузії, для підвищення точності та ефективності автоматичної сегментації об'єктів. Метою дослідження є розробка більш надійного та адаптивного підходу до сегментації об'єктів, особливо у сценаріях, коли анованих даних недостатньо або коли зображення є дуже складними. Результатом цього дослідження є нова система сегментації об'єктів, яка поєднує напівкероване навчання зі стратегіями активного навчання та використовує стабільні моделі дифузії для покращення розмежування та розпізнавання об'єктів.**

**Ключові слова: сегментація об'єктів, напівкероване навчання, активне навчання, стабільна дифузія, обробка зображень, цифрова візуалізація.**

## **1. ВСТУП**

Сегментація об'єктів у цифровій обробці зображень, життєво важлива для цілого ряду застосувань від медичної діагностики до автономної навігації транспортних засобів, представляє складні виклики. Це завдання передбачає точну ідентифікацію і розмежування об'єктів у різноманітних і часто непередбачуваних середовищах зображень. Ускладнення виникають через такі фактори, як освітлення, перспектива і фоновий шум, що робить сегментацію об'єктів складною і багатогранною галуззю дослідження.

Напівкероване навчання, яке використовує як мічені, так і немічені дані для навчання, пропонує життєздатне рішення в сценаріях, де повністю мічені набори даних є дефіцитними або дорогими для придбання. Крім того, стратегії активного навчання підвищують ефективність і точність процесу навчання. Ці стратегії передбачають, що алгоритм навчання вибірково запитує мітки на найбільш інформативних точках даних, що демонструє покращення точності класифікації завдяки поєднанню методів активного навчання та напівкерованого навчання [4].

Подальшим досягненням у цій галузі є включення моделей стабільної дифузії. Отримані на основі принципів дифузійних процесів, ці моделі чудово справляються зі складними даними зображень.

Це дослідження має на меті систематично дослідити інтегрований підхід напівкерovanого навчання, активного навчання та моделей стабільної дифузії. Таким чином, воно прагне покращити сегментації об'єктів, зробити її більш надійною та пристосованою до широкого спектру завдань сегментації об'єктів, а також встановити нові стандарти точності та ефективності в цій важливій галузі обробки зображень.

## 2. МЕТОДОЛОГІЯ АВТОМАТИЧНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ

Автоматична сегментація об'єктів на зображеннях, яка є важливим компонентом різних програм цифрової обробки зображень, може бути реалізована за допомогою комбінації методів напівкерovanого навчання, активного навчання та стабільної дифузії. Цей багатовимірний підхід спрямований на вирішення проблем, притаманних сегментації об'єктів, таких як неоднорідність зображень, зумовлена такими факторами, як освітлення, перспектива і фоновий шум.

Архітектура U-Net, яка є основною в роботі, є чудовою моделлю сегментації зображень. Це згорткова нейронна мережа, відома своєю ефективністю в сегментації біомедичних зображень, і вона була успішно адаптована для цілого ряду завдань сегментації зображень. До того ж U-Net розроблена для того, щоб добре працювати навіть з невеликою кількістю навчальних зображень. Вона може добре узагальнювати обмежені дані, що корисно для спеціалізованих задач, таких як виділення доріг, де мічені дані можуть бути дефіцитними і дорогими у виробництві. Завдяки своїй конструкції U-Net особливо добре навчається на невеликому наборі мічених даних, що є типовим сценарієм при роботі з супутниковими знімками високої роздільної здатності, де ручне нанесення міток є ресурсномістким.

В основі запропонованого підходу поєднання стабільної дифузії та напівкерovanого навчання з активним навчанням лежить використання як мічених, так і немічених даних. Ця стратегія ефективно максимізує корисність обмежених маркованих наборів даних, що є поширеною перешкодою в задачах сегментації зображень. Активне навчання ще більше вдосконалює цей процес, дозволяючи алгоритму навчання вибірково запитувати мітки на найбільш інформативних точках даних, тим самим оптимізуючи процес навчання і підвищуючи ефективність і точність сегментації.

Крім того, інтеграція моделей стабільної дифузії, які базуються на принципах дифузійних процесів, пропонує точний підхід до інтерпретації складних даних зображень. Ці моделі значно покращують здатність алгоритмів сегментації адаптуватися до складнощів реальних наборів даних зображень.

Поєднання стабільної дифузії та напівкерovanого навчання з активним навчанням потребує ретельної підготовки даних. Враховуючи різноманітність і складність зображень у наборах даних, було обрано напівкерované навчання (SSL), яке здатне навчатися як на мічених, так і на немічених даних. У SSL невелика частина даних позначається, щоб керувати процесом навчання, тоді як переважна більшість залишається не позначеною. Модель спочатку вивчає загальні риси з більшого немаркованого набору, а потім уточнює своє розуміння за допомогою меншого маркованого набору. Цей підхід має вирішальне значення для обробки широкого спектру варіацій і складнощів, притаманних даним зображень, що робить модель більш пристосованою до різних сценаріїв сегментації [3].

Під час тестування моделі методи активного навчання використовуються для ітеративного відбору найбільш інформативних точок даних для маркування. Цей підхід є особливо корисним для зменшення робочого навантаження при ручному маркуванні, одночасно покращуючи продуктивність моделі. Модель визначає найбільш невизначені зразки – ті, щодо яких вона має найменшу впевненість у своїх прогнозах, – і запитує їхні мітки.

Такий цілеспрямований підхід гарантує, що модель навчається на найскладніших і найрізноманітніших прикладах, тим самим підвищуючи її точність і узагальнюваність [2].

Моделі стабільної дифузії інтегруються з основною моделлю машинного навчання U-Net для покращення здатності моделі обробляти різні умови візуалізації. Ці моделі здатні генерувати синтетичні зображення, які імітують реальні сценарії, тим самим розширюючи навчальний набір даних ширшим діапазоном умов. Таке доповнення має вирішальне значення для навчання моделі розпізнавати і точно сегментувати об'єкти за різних умов освітлення, кутів і фонів. Стабільні моделі дифузії також допомагають у створенні крайніх випадків і рідкісних сценаріїв, які є важливими для тестування надійності моделі сегментації [4].

При оцінці ефективності моделей автоматичної сегментації об'єктів на зображеннях використовуються такі ключові метрики, як Binary Cross-Entropy Loss, Dice Coefficient, IoU (Intersection over Union) та Accuracy. Втрати двійкової перехресної ентропії є ключовим показником для кількісної оцінки точності піксельної класифікації, особливо ефективним для незбалансованих наборів даних, де домінують певні класи. Коефіцієнт Dice та IoU дають уявлення про просторове перекриття між прогнозами моделі та істинними даними, причому вищі значення вказують на більш точну сегментацію. Коефіцієнт Дайс, також відомий як оцінка F1 у задачах бінарної сегментації, вимірює співвідношення

$$2 * \frac{|X \cap Y|}{|X| + |Y|},$$

де X – це прогнозований набір пікселів, а Y – це істинні дані. IoU, або індекс Жаккара, обчислює відношення перетину до об'єднання прогнозованого і фактичного сегментів, забезпечуючи сувору міру точності сегментації. Точність, більш загальна метрика, оцінює загальну кількість правильно класифікованих пікселів, але може бути менш інформативною у випадках дисбалансу класів. Ці метрики в сукупності дають цілісне уявлення про роботу моделі, охоплюючи різні аспекти - від точності класифікації до точності меж сегментації. Використовуючи ці метрики, можна критично оцінити і вдосконалити ефективність своїх моделей сегментації при обробці різноманітних і складних даних зображень.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Це дослідження фокусується на покращенні автоматичної сегментації об'єктів на зображеннях, використовуючи поєднання напівкерованого навчання з активним навчанням та стабільною дифузією. Використаний набір даних включав різноманітні зображення з високою роздільною здатністю. Набір даних містив широкий спектр зображень, що охоплював різні природні та міські ландшафти, з метою перевірити та оцінити можливості сегментації моделі.

Для більш детального розуміння після попередньої обробки зображень і масок, що включає в себе розділення даних на навчальні, валідаційні та тестові набори, зміна розміру, нормалізація та методи доповнення для покращення різноманітності набору даних. Після чого постає питання вибору підходящої моделі, у запропонованій роботі реалізовано архітектуру U-Net: U-Net обрано за її ефективність у сегментації зображень, особливо у сценаріях з обмеженою кількістю мічених даних.

Для оцінки ефективності на основі архітектури U-Net проводяться експерименти сегментації за допомогою напівкерованого навчання з використанням активного навчання, стабільної дифузії, а тоді комбінуються ці два методи та оцінюються результати.

Сегментації за допомогою напівкерованого навчання з використанням активного навчання: реалізовано загрузку як мічених, так і не мічених даних. Спочатку проводиться навчання моделі на початковому наборі мічених даних. Далі додається активне навчання, коли вибирається найбільш інформативні зразки з прогнозів, зразки, в яких модель найменш

впевнена, а після початкового навчання використовується модель для прогнозування на немічених даних. Відібрані зразки позначаються вручну і додаються до навчального набору даних. Модель перенавчається на цьому оновленому наборі даних. Цей процес повторюється, ітеративно покращуючи продуктивність моделі з кожним циклом. Ефективність такої моделі на вибраних даних в тому, щоб покращити модель, фокусуючись на складних випадках, що призводить до кращої продуктивності з меншою кількістю маркованих прикладів (Рис. 1).

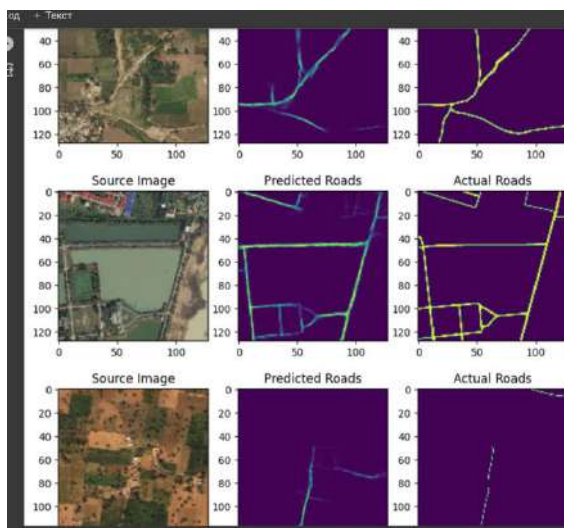


Рисунок 1. Результат детекції доріг з використанням сегментації за допомогою напівкерowanego навчання з використанням активного навчання

Далі проводиться сегментація з використанням стабільної дифузії. Модель використовується для генерування варіантів зображень з вихідного набору даних, що передбачає зміну фонових сцен, зберігаючи при цьому дороги незмінними. Ці згенеровані зображення потім додаються до навчального набору даних. Нова модель U-Net навчається на цьому розширеному наборі даних, який тепер містить як оригінальні, так і стабільні зображення, згенеровані дифузійною моделлю. Цей метод також покращив здатність моделі обробляти перешкоди та об'єкти, що перекриваються, на зображеннях (Рис. 2).

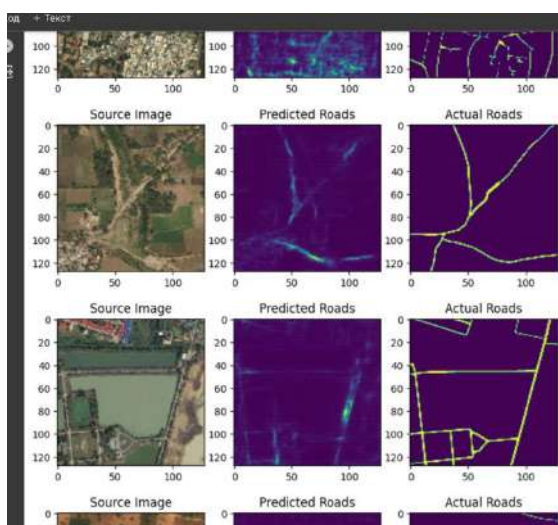


Рисунок 2. Результат детекції доріг з використанням сегментації за допомогою стабільної дифузії

Далі постає питання покращення роботи моделі шляхом об'єднання стабільної дифузії та напівкерованого навчання з активним навчанням. Головна роль і перевага стабільної дифузії, особливо для представленої задачі, складних даних і обмежена кількість сценаріїв. В тому що моделі стабільної дифузії використовуються для генерації синтетичних варіантів зображень, збагачуючи навчальний набір даних різноманітними фоновими сценами, зберігаючи при цьому послідовне представлення об'єктів. Ці додаткові синтетичні зображення покращують здатність моделі працювати зі складними об'єктами, що перетинаються на зображеннях, розширюючи сферу навчання та покращуючи адаптивність. Активне навчання допомагає вибрати найбільш інформативні та невизначені зразки з немаркованого набору даних. Ці зразки, після маркування, додаються до навчальної вибірки. Такий підхід забезпечує ефективне навчання, фокусуючись на складних прикладах, і призводить до підвищення продуктивності з меншою кількістю маркованих прикладів. І включаючи ці можливості, комбінування цих методів призводить до того, що стабільна дифузія збагачує процес напівконтрольованого навчання розширеним набором даних, що включає як оригінальні, так і синтетичні зображення. Потім застосовується активне навчання для подальшого уточнення точності моделі, зосереджуючись на найбільш невизначених зразках для маркування та перенавчання. (Рис. 3).

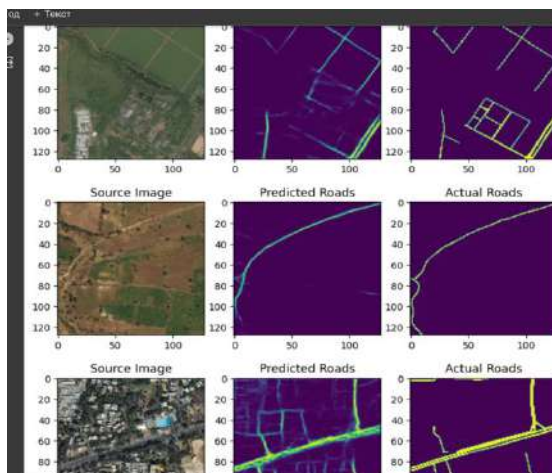


Рисунок 3. Результат детекції доріг з використанням сегментації за допомогою поєднання напівкерованого навчання з активним навчанням із стабільною дифузією

Сукупні результати були узагальнені в наступній таблиці (Таблиця 1), що представляє чітке порівняння між різними методами та їхніми відповідними метриками ефективності.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз методів сегментації

Метод сегментації \ Метрики	U-Net	Напівкероване + активне навчання	Комбінований метод
Ассурасу	94,5 %	94,1%	95,5%
Dice Coefficient	0,69	1,05	1,12
Binary IoU	0,49	0,52	0,53

Результати підкреслюють чудову продуктивність комбінованого методу за всіма метриками. Зокрема, коефіцієнт Dice і бінарний IoU – ключові показники якості сегментації –

продемонстрували значне покращення, що ілюструє розширені можливості моделі для точного розмежування і сегментації об'єктів.

Крім того, було показано візуальне представлення сегментованих результатів (Рисунок 1 і Рисунок 2, Рисунок 3), що є чітким доказом ефективності сегментації моделі. Зображення підтвердили кількісні результати, продемонструвавши точність, з якою модель ідентифікувала та сегментувала об'єкти з різним фоном.

Поєднання методів демонструє значне покращення ключових показників ефективності, що свідчить про успішну інтеграцію методів. Результатом такого підходу є більш надійна, точна та ефективна модель сегментації, здатна обробляти різноманітні та складні дані зображень, що є особливо цінним у сегментації супутникових знімків високої роздільної здатності.

## 4. ВИСНОВКИ

Проведене дослідження ефективно демонструє переваги поєднання напівкерованого навчання, активного навчання та стабільної дифузії в контексті архітектури U-Net для сегментації зображень. Цей підхід є особливо цінним для вирішення проблем, пов'язаних з неоднорідністю зображень в задачах сегментації об'єктів. Інтеграція моделей стабільної дифузії доповнює набір даних синтетичними зображеннями, сприяючи адаптивності моделі до різних умов отримання зображень. Активне навчання відіграє вирішальну роль в оптимізації процесу навчання, забезпечуючи ефективність за рахунок фокусування на найбільш інформативних точках даних. Комбінована методологія не тільки максимізує корисність обмежених маркованих наборів даних, але й вводить ширший спектр сценаріїв, про що свідчить покращення ключових метрик, таких як точність, коефіцієнт Dice та бінарний IoU. Результати підтверджують ефективність цього підходу, що призводить до помітного підвищення продуктивності моделі, яка має вирішальне значення для моєї роботи з сегментації супутникових знімків високої роздільної здатності.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Fazakis, N. et al. (2019). Combination of Active Learning and Semi-Supervised Learning. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1099-4300/21/10/988>.
2. Settles, B. (2009). Active Learning Literature Survey. University of Wisconsin-Madison. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://research.cs.wisc.edu/techreports/2009/TR1648.pdf>.
3. Zhu, X., & Goldberg, A. B. (2009). Introduction to Semi-Supervised Learning. Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.academia.edu/36179630/Introduction\\_to\\_Semi\\_Supervised\\_Learning](https://www.academia.edu/36179630/Introduction_to_Semi_Supervised_Learning).
4. Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising Diffusion Probabilistic Models. Advances in Neural Information Processing Systems. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/4c5bcfec8584af0d967f1ab10179ca4b-Paper.pdf>.
5. He, H. et al. (2014). Automatic object segmentation of unstructured scenes using colour and depth information. IET Computer Vision. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/iet-cvi.2013.0018>.

# КЕРУВАННЯ ВІДНОСИНАМИ З КЛІЄНТОМ ЯК СЕРВІС В ГАЛУЗІ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ

Бабіч К.О.<sup>1</sup>, Петренко А.І.<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> babich912@gmail.com, <sup>2</sup> tolja.petrenko@gmail.com [0000-0001-6712-7792]

**Дослідження присвячено необхідності розробки та впровадження системи керування клієнтськими відносинами для приватних закладів освіти. Результати дослідження вказують на потребу сучасних шкіл, садочків, центрів раннього розвитку та інших закладів освіти в гнучкій та універсальній системі керування відносинами з клієнтами. Новизною є аналіз потреб бізнесу освіти в аспекті менеджменту взаємодії з клієнтами.**

**Ключові слова:** клієнт, керування відносинами з клієнтом, CRM, освіта, заклади навчання, лояльність, аналіз.

## 1. ВСТУП

Сучасний конкурентний світ вимагає від закладів освіти не лише надання якісної освіти, а й активної участі в процесі формування позитивного сприйняття своїх клієнтів - учнів, студентів, батьків, та інших зацікавлених сторін. Керування відносинами з клієнтом (Customer Relationship Management, CRM) стає ключовим аспектом стратегії розвитку освітніх установ. У сучасному освітньому середовищі, де конкуренція між закладами освіти є надзвичайною, важливо визнати роль та значення керування відносинами з клієнтом (CRM) як стратегії підвищення якості освітніх послуг та забезпечення високого рівня задоволеності клієнтів. Це дослідження присвячене розгляду необхідності впровадження CRM-системи для керування відносинами з клієнтом в галузі освіти.

## 2. ЗНАЧЕННЯ КЕРУВАННЯ ВІДНОСИНАМИ З КЛІЄНТОМ В ОСВІТНЬОМУ СЕКТОРІ

В освітньому секторі, де конкуренція і вибір клієнта зростають, керування відносинами з клієнтом (CRM) стає визначальним елементом стратегії для закладів освіти. Забезпечення високої якості освіти вже не є єдиним критерієм успіху. Важливо будувати і утримувати позитивні відносини з учнями, студентами, їхніми батьками та іншими зацікавленими сторонами. Надалі ми розглянемо кілька ключових аспектів значення керування відносинами з клієнтом в освітньому секторі.

Задоволення та Утримання Клієнтів – CRM допомагає закладам освіти розуміти потреби та очікування своїх клієнтів, що включає учнів, студентів та їхніх батьків за допомогою збирання, систематизування, обробки та аналітики їхнього зворотнього зв'язку через ботів в різних соцмережах. При задоволенні цих потреб і врахуванні очікувань вищий рівень утримання клієнтів допомагає витримати конкуренцію та підвищити репутацію закладу.

Залучення та Рекрутинг – Ефективне керування відносинами з клієнтом сприяє активному залученню нових студентів та учнів через маркетингові розсилки на поштові скриньки та у вигляді смс-повідомлень. Позитивний досвід і взаємодія з потенційними клієнтами створюють підґрунтя для вибору конкретного закладу освіти.

Покращення Якості Освітніх Послуг – CRM допомагає закладам ефективно відстежувати академічний прогрес та вчительську ефективність через метрики. Аналіз зворотного зв'язку від клієнтів може бути використаний для постійного вдосконалення методів викладання та навчання.

Оптимізація Адміністративних Процесів – Використання CRM-системи дозволяє оптимізувати адміністративні процеси, такі як реєстрація, ведення документації та фінансовий облік. Це допомагає ефективніше використовувати ресурси адміністраторів та забезпечує більш зручну взаємодію з клієнтами.

Підвищення Лояльності та Ретенції – Ефективне керування відносинами з клієнтом сприяє створенню емоційного зв'язку із закладом освіти. Забезпечення позитивного враження і відношень допомагає підтримувати лояльність та зменшує ймовірність втрати клієнтів.

Аналіз та Використання Даних – CRM надає можливість збирати та аналізувати дані про клієнтів, що допомагає взяти до уваги індивідуальні потреби та адаптувати навчальні програми.

Керування відносинами з клієнтом в освітньому секторі є важливим фактором для успіху будь-якого закладу освіти. Врахування потреб та очікувань клієнтів, вдосконалення взаємодії та надання високоякісних послуг через використання CRM допомагають зберігати та залучати клієнтів, а також покращувати якість надання освітніх послуг.

### 3. ВПРОВАДЖЕННЯ CRM В ОСВІТНІХ УСТАНОВАХ

Важливо враховувати, що успіх впровадження CRM не тільки залежить від наявності системи, але й від того, як вона інтегрується в освітній процес та як користувачі використовують її можливості. Кожен заклад має унікальні потреби, і впровадження CRM-системи повинно враховувати ці особливості. Для початку проведемо порівняльний аналіз закладів освіти з та без CRM систем:

Таблиця 1. Порівняння закладів освіти з та без використання CRM.

Критерій	Без CRM	З CRM
Комунікація та зв'язок	Залежність від традиційних методів комунікації, що може бути менш ефективним у сучасному середовищі	Забезпечення ефективної комунікації між студентами, викладачами та адміністрацією. Можливість відстеження запитань та проблем.
Відстеження успішності студентів	Системи оцінювання та відстеження зведені до неефективних паперових носіїв.	Можливість відслідковувати академічні досягнення студентів, надавати персоналізовану підтримку та рекомендації.
Управління взаємодією з випускниками	Обмежені можливості для підтримки зв'язків зі випускниками та залучення їх в діяльність установи.	Забезпечення системи для взаємодії з випускниками, відстеження їх кар'єрного розвитку та отримання фідбеку.
Аналіз даних та прийняття рішень	Залежність від менш розвинутих систем для аналізу та відсутність централізованої бази даних.	Здатність аналізувати дані для прийняття стратегічних рішень та вдосконалення управління
Ефективність рекрутингу та утримання студентів	Залежність від традиційних методів рекрутингу та менш ефективного утримання студентів	Визначення стратегій рекрутингу, аналіз результатів та забезпечення задоволеності студентів
Адаптація до змін та інновацій	Процес опізнання та впровадження змін може бути ускладненим	Здатність швидко адаптуватися до нових технологій та інновацій у сфері освіти.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження в області керування клієнтськими відносинами в галузі освіти привело до визначення необхідності впровадження CRM-систем в закладах освіти через наступні переваги:

Стратегічне Значення CRM в Освіті – CRM визначає стратегічну орієнтацію освітніх установ на задоволення потреб та очікувань клієнтів, що включають студентів, учнів, та їхніх батьків.

Оптимізація Процесів Взаємодії – CRM допомагає оптимізувати процеси взаємодії, спрощуючи реєстрацію, адміністративні процедури та забезпечуючи швидкий доступ до необхідної інформації.

Покращення Якості Освітніх Послуг – Впровадження CRM сприяє постійному вдосконаленню якості навчального процесу через аналіз даних та зворотнього зв'язку від клієнтів.

Залучення та Утримання Студентів – CRM є ефективним інструментом для залучення нових студентів та утримання існуючих через створення персоналізованих та зручних умов.

Ефективна Комунікація – CRM дозволяє покращити комунікацію між вчителями, студентами, та батьками, забезпечуючи швидкий обмін інформацією та відстеження прогресу.

Роль CRM в Управлінні Ресурсами – Системи CRM допомагають ефективно використовувати ресурси, визначаючи пріоритети та оптимізуючи роботу персоналу.

Створення Позитивного Іміджу Закладу – Забезпечення високого рівня обслуговування та підтримки через CRM сприяє створенню позитивного іміджу установи серед клієнтів та громадськості.

Забезпечення Гнучкості та Адаптивності – CRM дозволяє швидко реагувати на зміни в потребах клієнтів та адаптуватися до нових вимог освітнього ринку.

Підвищення Лояльності та Ретенції – Ефективне впровадження CRM допомагає підтримувати лояльність студентів та зменшує ймовірність втрати клієнтів.

Постійне Вдосконалення через Дані та Зворотній Зв'язок - Використання даних з CRM та аналіз зворотного зв'язку дозволяє постійно вдосконалювати освітні процеси та відповідати на зростаючі вимоги клієнтів.

Ці пункти відображають ключові аспекти впливу керування відносинами з клієнтом на освітні установи та підкреслюють їх стратегічне значення в контексті сучасного освітнього середовища.

## 5. ВИСНОВКИ

Дослідження вказує на важливість керування відносинами з клієнтом в освітньому секторі та надає конкретні переваги ефективних стратегій у закладах освіти. Розуміння потреб та очікувань клієнтів, впровадження CRM, стратегії залучення та утримання, вимірювання задоволеності та результативності, а також ефективна комунікація є ключовими компонентами успішного керування відносинами в освіті. Дослідження підтверджує, що керування відносинами з клієнтом, впроваджене в освітніх установах, не лише покращує якість обслуговування, але і сприяє підвищенню рівня задоволеності клієнтів та позитивному розвитку установи в цілому.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. “Customer Relationship Management.” Wikipedia, November 23, 2023. [https://en.wikipedia.org/wiki/Customer\\_relationship\\_management](https://en.wikipedia.org/wiki/Customer_relationship_management).

2. Gr. “Що Таке Управління Відносинами з Клієнтами Та Як Їх Організувати. - CRM Hugeprofit Blog.” CRM HugeProfit BLOG - ПРОСТИЙ ОБЛІК ФІНАНСІВ, ТОВАРІВ,

ПРОДАЖУ ТА ДОСТАВОК ДЛЯ МАЛОГО БІЗНЕСУ, July 27, 2023. <https://h-profit.com/blog/hto-takoe-upravlenie-vzaimootnosheniyami-s-klientami-i-kak-ih-organizovat/>.

3. Hashemi-Pour, Cameron, and Wesley Chai. “What Is CRM (Customer Relationship Management)?: Definition from TechTarget.” Customer Experience, October 19, 2023. <https://www.techtarget.com/searchcustomerexperience/definition/CRM-customer-relationship-management>.

4. SoftwareSuggest. “30 Best CRM Software for Service Business in 2023.” 30 Best CRM Software for Service Business in 2023. Accessed November 30, 2023. <https://www.softwaresuggest.com/crm-software/service-industry>.

5. Все що вам потрібно знати про CRM-системи. Accessed November 30, 2023. <https://business.dii.gov.ua/cases/prodazi/vse-so-vam-potribno-znati-pro-crm-sistemi>.

# ТЕХНОЛОГІЇ WASM, WASI ТА WAGI ДЛЯ РОЗРОБКИ ТА РОЗГОРТАННЯ МЕРЕЖЕВИХ ЗАСТОСУНКІВ

Булах Б.В.<sup>1</sup>, Бондаренко С.Д.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>1</sup> bogdan.bulakh@gmail.com, <sup>2</sup> stassss2009@gmail.com

**Ця стаття зосереджується на потенціалі та перспективах застосування технологій WebAssembly (WASM), WebAssembly System Interface (WASI), та WebAssembly Gateway Interface (WAGI) у сфері веб-розробки та розгортанні мережесих застосунків. Аналізуючи ключові переваги цих технологій, такі як підвищення продуктивності, безпеки та гнучкості веб-додатків, стаття розглядає різноманітні приклади та сценарії їх застосування. Розглядаються практичні аспекти використання WASM, WASI та WAGI, включаючи їх вплив на розвиток цифрового веб-простору та можливості для інновацій у цій області.**

**Ключові слова: WebAssembly, WASM, WASI, WAGI, веб-розробка, мережесі застосунки.**

## 1. ВСТУП

В останні десятиліття веб-технології пройшли шлях від простих статичних веб-сторінок до складних, високофункціональних мережесих застосунків, що змінило обличчя веб-розробки та взаємодії користувачів з цифровим контентом. Серед численних інновацій, що сприяли цьому розвитку, особливо важливу роль відіграє впровадження WebAssembly (WASM), яке відкрило нові можливості для розробників та користувачів. WASM, як низькорівнева бінарна інструкція, дозволяє запускати код на мовах, таких як C, C++, Rust, та інших, безпосередньо в браузері, що забезпечує значне покращення продуктивності та безпеки веб-додатків.

У цьому контексті, WASI (WebAssembly System Interface) та WAGI (WebAssembly Gateway Interface) є критично важливими доповненнями до екосистеми WebAssembly. WASI забезпечує стандартизований спосіб доступу до системних ресурсів, таких як файли та мережесі сокети, відкриваючи дорогу для більш широкого використання WASM не тільки у браузерах, але й у серверних застосунках. В свою чергу, WAGI пропонує легковаговий спосіб розгортання WebAssembly модулів як HTTP-сервісів, що спрощує розробку та розгортання мережесих застосунків, забезпечуючи високий рівень інтеграції та гнучкості.

Мета цієї статті полягає у дослідженні потенціалу та можливостей, які WASM, WASI, та WAGI пропонують для розробки та розгортання мережесих застосунків. Ми розглядаємо ключові переваги, які ці технології надають, такі як підвищення продуктивності, безпеки, та гнучкості веб-додатків, аналізуючи їхній вплив на ринок веб-розробок. Також ми зосереджуємось на практичних аспектах використання цих технологій, розглядаючи реальні приклади та кейси, які ілюструють їх ефективність у різноманітних сценаріях. В кінці, ми обговорюємо майбутнє та перспективи застосування WASM, WASI, та WAGI у розробці та розгортанні мережесих застосунків, оцінюючи їх потенційний вплив на подальшу еволюцію цифрового веб-простору [1, 2].

## 2. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ

### 2.1. Що таке WASM (WebAssembly) і його переваги у веб-розробці

WebAssembly (WASM) є важливою інновацією у сфері веб-розробки, вносячи значні зміни у структуру та ефективність веб-додатків. Як низькорівнева бінарна мова, WASM дозволяє виконувати код швидше і ефективніше, ніж традиційні веб-технології, що є ключовим для розвитку складних веб-застосунків. Ця технологія відкриває нові горизонти для оптимізації продуктивності, дозволяючи розробникам створювати високопродуктивні веб-додатки з поліпшеною відгуковістю та користувацьким досвідом.

Основні переваги WASM у веб-розробці:

- Підвищення продуктивності: WASM дозволяє виконувати код на стороні клієнта набагато швидше, ніж традиційний JavaScript. Це забезпечує більшу швидкість відгуку веб-додатків та покращує користувацький досвід.
- Безпека: Завдяки своїй пісочниці, WASM забезпечує безпечне виконання коду, ізолюючи його від основної системи та браузера, тим самим знижуючи ризик безпеки.
- Мовна незалежність: WASM дозволяє розробникам використовувати мови програмування на свій вибір, не обмежуючись лише JavaScript. Це відкриває можливості для більш широкого використання мов програмування з високою продуктивністю та низькорівневим контролем.
- Універсальність: WASM може бути використаний у різних середовищах, включаючи мобільні пристрої та IoT пристрої, що робить його відмінним вибором для розробки переносних веб-додатків.
- Інтеграція з існуючими веб-технологіями: WASM легко інтегрується з існуючими веб-стандартами та API, дозволяючи розробникам створювати комплексні веб-застосунки, які використовують як WASM, так і JavaScript.

Незважаючи на те, що основна увага цієї статті приділяється WASI для розгортання мережеских застосунків та її застосування для контейнеризації, важливо розуміти роль та внесок WASM, оскільки вона є фундаментальною для роботи WASI та WAGI [3, 4].

### 2.2. Роль WASI (WebAssembly System Interface) у розвитку мережеских застосунків

WASI (WebAssembly System Interface) представляє собою інноваційний стандарт в екосистемі WebAssembly, який має за мету розширення можливостей та спрощення процесу розгортання мережеских застосунків. WASI надає уніфікований інтерфейс для доступу до системних операцій, таких як робота з файлами, мережескі запити, та інші ресурси, дозволяючи використовувати WebAssembly в широкому спектрі середовищ, включаючи серверні додатки.

Однією з ключових переваг WASI є його універсальність. Цей інтерфейс створює основу для запуску WebAssembly додатків в різних середовищах, від браузерів до обчислювальних хмар та IoT пристроїв. Це забезпечує високий рівень портативності застосунків, що значно спрощує процес їх розгортання та масштабування.

WASI впроваджує концепцію мінімально необхідних дозволів (principle of least privilege), яка забезпечує безпечний доступ до системних ресурсів. Кожен WASM модуль може мати доступ лише до тих ресурсів, які йому необхідні для виконання. Це значно зменшує ризики безпеки, пов'язані з несанкціонованим доступом до файлової системи або мережеских ресурсів [5].

Завдяки WASI, розробники можуть легко розгорнути WebAssembly додатки в різних середовищах, уникнути необхідності залежати від конкретних особливостей операційних систем. Це полегшує інтеграцію додатків у різні платформи та екосистеми, забезпечуючи гнучкість та швидкість в розгортанні. WASI відкриває шлях до створення легковагових

контейнерів для WebAssembly додатків, що можуть виконуватися ізольовано від решти системи. Це створює можливості для більш ефективної контейнеризації та управління ресурсами, порівняно з традиційними підходами, такими як Docker контейнери. Незважаючи на свою новизну, WASI розроблено з урахуванням сумісності з існуючими веб-стандартами та технологіями. Це дозволяє інтегрувати WASI-сумісні додатки з існуючими системами та сервісами без значних змін в архітектурі.

WASI відкриває широкі можливості для практичного застосування. Від серверних додатків, що вимагають високої продуктивності, до мережесервісів з потребою в швидкому розгортанні та легкій вазі. Завдяки своїм перевагам, WASI може бути використаний для створення нового покоління мережесервісів, які відрізняються високою продуктивністю, безпекою та гнучкістю [3].

### **2.3. Застосування WAGI (WebAssembly Gateway Interface) для розгортання веб-додатків**

WAGI (WebAssembly Gateway Interface) представляє собою ініціативу, що значно спрощує процес розгортання веб-додатків, розроблених з використанням WebAssembly. Ця технологія діє як міст між WebAssembly додатками та веб-середовищем, дозволяючи легко розгорнути WASM-модулі як частину веб-інфраструктури. WAGI забезпечує високий рівень інтеграції з існуючими веб-сервісами, що дозволяє використовувати WASM-додатки як ефективні, легковагові веб-сервіси.

Основна ідея WAGI полягає у створенні універсального інтерфейсу, який може обробляти HTTP-запити та відповіді, перетворюючи їх у формат, сумісний з WebAssembly. Це значно спрощує процес впровадження та розгортання веб-додатків, оскільки розробники можуть зосередитися на логіці додатку, а не на складностях інфраструктури.

Вагомою перевагою WAGI є його спроможність до швидкої адаптації та легкого впровадження у сучасні веб-архітектури, забезпечуючи гнучкість та швидкість розгортання додатків. Такий підхід дозволяє створювати веб-додатки, які легко масштабуються та підтримуються, відповідаючи сучасним вимогам до веб-розробки.

Отже, WAGI відкриває нові можливості для розробки та розгортання веб-додатків, надаючи розробникам потужні інструменти для ефективної роботи з WebAssembly у веб-середовищі. Його інтеграція з існуючими веб-технологіями та легкість використання роблять його привабливим вибором для розробників, які прагнуть максимально ефективно використовувати можливості WebAssembly у своїх проектах [5].

## **3. МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

### **3.1. Покращення продуктивності та ефективності мережесервісів за допомогою WASM**

Розвиток WebAssembly (WASM) відіграє вирішальну роль у підвищенні продуктивності та ефективності мережесервісів. WASM, як низькорівнева бінарна мова, забезпечує значне прискорення виконання коду порівняно з традиційним JavaScript, що є критично важливим для складних веб-додатків, які вимагають високої продуктивності. Ця технологія дозволяє виконувати в браузері код, написаний на таких мовах, як C, C++ чи Rust, що розкриває нові можливості для розробки потужних веб-додатків.

Використання WASM в мережесервісах не лише забезпечує вищу швидкість виконання, але й підвищує загальну ефективність застосунків, оскільки дозволяє оптимізувати використання ресурсів. Завдяки компактній бінарній формі, WASM-модулі завантажуються швидше, що знижує час відгуку для користувача. Також WASM підтримує багатопоточність

та паралельну обробку даних, що є важливим для додатків, що обробляють великі обсяги даних або вимагають складних обчислень.

Крім того, використання WASM дозволяє досягти вищого рівня безпеки. Вбудовані механізми ізоляції та обмеження доступу до системних ресурсів знижують ризик зловмисних атак і забезпечують більш безпечне середовище для виконання коду. Це особливо важливо в контексті розвитку хмарних технологій та IoT, де безпека даних є ключовим пріоритетом.

Окрім технічних переваг, WASM також впливає на розробку веб-додатків, оскільки дозволяє розробникам використовувати мови програмування з більш високою продуктивністю та контролем, ніж JavaScript. Це відкриває двері для нових підходів у розробці, дозволяючи створювати більш складні та високопродуктивні веб-додатки [6].

### **3.2. Інтеграція та універсальність застосунків з використанням WASI.**

WASI, як ключовий компонент у веб-архітектурі, вносить значний вклад у інтеграцію та універсальність мережевих застосунків. Його здатність стандартизувати взаємодію WebAssembly додатків з системними ресурсами відкриває нові горизонти для розробників, дозволяючи їм створювати більш універсальні та легко інтегровані рішення. Використання WASI забезпечує уніфікований підхід до доступу до файлів, мережевих з'єднань та інших системних ресурсів, що суттєво спрощує процес розробки та розгортання застосунків у різноманітних середовищах. Це особливо важливо в контексті сучасних хмарних технологій та розподілених систем, де потреба в універсальних рішеннях, здатних легко інтегруватися в різні платформи та екосистеми, є вищою, ніж будь-коли.

Додатково, WASI сприяє універсальності застосунків, дозволяючи їм виконуватися на різних операційних системах без необхідності внесення змін у код. Це відкриває шлях для створення переносних додатків, що можуть працювати однаково ефективно як на серверах, так і на персональних комп'ютерах, мобільних пристроях або навіть в IoT пристроях. Така переносність та універсальність є критично важливими для розгортання складних мережевих систем, що вимагають високої гнучкості та масштабованості. Крім того, інтеграція застосунків, розроблених з використанням WASI, з існуючими системами та сервісами стає простішою та ефективнішою, оскільки WASI дозволяє виконувати код, оптимізований для різних середовищ, не втрачаючи при цьому на продуктивності чи функціональності.

Таким чином, WASI відіграє ключову роль у створенні більш гнучких та універсальних мережевих застосунків, що відповідають зростаючим вимогам ринку щодо інтеграції, масштабованості та ефективності. Його здатність адаптуватися до різних середовищ та платформ робить його ідеальним інструментом для розробки сучасних, високопродуктивних мережевих рішень, здатних задовольнити потреби як бізнесу, так і кінцевих користувачів [7].

### **3.3. Спрощення процесу розгортання за допомогою WAGI.**

Роль WAGI (WebAssembly Gateway Interface) у спрощенні процесу розгортання веб-додатків є важливою інновацією, яка забезпечує розробникам потужні інструменти для більш ефективної роботи з WebAssembly. WAGI дозволяє легко інтегрувати WASM-модулі в мережеві застосунки, створюючи гладкий шлях для їх розгортання в різноманітних середовищах. Ця технологія практично видаляє бар'єри, пов'язані з розгортанням традиційних веб-додатків, забезпечуючи легкий та гнучкий механізм розгортання застосунків.

Завдяки WAGI, WebAssembly додатки можуть бути розгорнуті як ефективні веб-сервіси, які легко масштабуються та інтегруються з існуючими інфраструктурними компонентами та сервісами. Це означає, що розробники можуть швидко адаптувати та розповсюджувати свої додатки, використовуючи переваги високої продуктивності та безпеки, що надає WebAssembly, без потреби занурюватися в складні аспекти серверного програмування. WAGI

відкриває можливості для розгортання легковагових, але потужних веб-додатків, які відповідають сучасним вимогам до швидкості, ефективності та масштабованості.

Процес розгортання з WAGI стає значно простішим і більш універсальним, дозволяючи розробникам зосередитися на розробці бізнес-логіки, а не на технічних деталях розгортання. Це створює умови для більш швидкого та ефективного випуску продуктів на ринок, забезпечуючи розробникам перевагу в швидкісному та інноваційному цифровому середовищі. Таким чином, WAGI виступає не просто як інструмент для розгортання, але й як каталізатор для інновацій та розвитку в області мережевих застосунків, відкриваючи нові горизонти для веб-розробки та цифрової трансформації [7, 8].

#### **4. ВИСНОВКИ**

Аналізуючи розвиток і вплив технологій WASM, WASI, та WAGI на веб-розробку, ми бачимо їх значний потенціал для майбутнього. WebAssembly (WASM) підвищує продуктивність і безпеку веб-додатків, дозволяючи використовувати різні мови програмування для створення потужних веб-застосунків, сприяючи інноваційним підходам у веб-розробці. WASI розширює можливості WebAssembly, забезпечуючи доступ до системних ресурсів, що сприяє гнучкості розробки мережевих застосунків. WAGI спрощує розгортання WebAssembly додатків у веб-сервіси, знижуючи поріг входу для розробників.

Напрямок продовження дослідження є порівняння можливостей контейнеризації за допомогою Docker та WASI. Це дослідження дозволить оцінити ефективність і гнучкість обох технологій у контексті розгортання веб-додатків, а також їх вплив на безпеку, масштабованість та швидкість виконання. Зіставлення цих двох підходів до контейнеризації відкриває нові перспективи для розробки більш ефективних і безпечних мережевих застосунків, що є важливим для подальшого розвитку цифрових технологій.

#### **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. The .NET Tools Blog, "The Future of .NET with WASM". URL: <https://blog.jetbrains.com/dotnet/2022/12/15/the-future-of-net-with-wasm/> (дата звертання: 30.11.2023).
2. TheServerSide, "Why WebAssembly? Top 11 Wasm benefits". URL: <https://www.theserverside.com/tip/Why-WebAssembly-Top-Wasm-benefits> (дата звертання: 30.11.2023).
3. Red Hat, "Red Hat and WebAssembly". URL: <https://www.redhat.com/en/blog/red-hat-and-webassembly> (дата звертання: 30.11.2023).
4. Semaphore CI, "WebAssembly + Docker = Lightweight Containers". URL: <https://semaphoreci.com/blog/docker-wasm> (дата звертання: 30.11.2023).
5. Fermion, "WebAssembly, WASI, and the Component Model". URL: <https://www.fermyon.com/blog/webassembly-wasi-and-the-component-model> (дата звертання: 30.11.2023).
6. WebAssembly System Interface (WASI). URL: <https://wasi.dev/> (дата звертання: 30.11.2023).
7. Deis Labs, "WAGI, the WebAssembly Gateway Interface". URL: <https://deislabs.io/posts/wagi-updates/> (дата звертання: 30.11.2023).
8. InfoWorld, "Understanding WAGI, the WebAssembly Gateway Interface". URL: <https://www.infoworld.com/article/3632865/understanding-wagi-the-webassembly-gateway-interface.html> (дата звертання: 30.11.2023).

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АГЕНТИ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ У СФЕРІ ЛОГІСТИКИ

Вайнер Г.О.<sup>1</sup>, Мухін В.Є.<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> opalgeorgii@gmail.com, <sup>2</sup> v\_mukhin@i.ua

**Робота має на меті покращити автоматизацію управління бізнес-процесами в логістиці за допомогою інтелектуальних агентів, забезпечуючи ефективніший розподіл ресурсів та прийняття рішень. Методи дослідження передбачають використання машинного навчання задля оптимізації процесів. Як результат буде побудована програма, яка зможе самостійно приймати найоптимальніше рішення для поставленої задачі. Новизна полягає в застосуванні інтелектуальних агентів для розв'язання конкретних завдань управління БП в логістиці, що раніше можливо не вирішувалися або вирішувалися менш ефективно. Практична значимість полягає у покращенні управління логістичними процесами, зменшенні часу і витрат реалізації для бізнесу.**

**Ключові слова:** інтелектуальні агенти, автоматизація управління, бізнес-процеси, логістика, системи управління, інтелектуальні системи, технології логістики, інтеграція, дані логістики, ефективність, роботи з даними, автоматизація бізнес-процесів.

## 1. ВСТУП

У сучасному світі, де конкуренція на ринку надзвичайно жорстка, ефективне управління бізнес-процесами стає ключовим аспектом успіху для компаній. Інтелектуальні агенти, які базуються на передових алгоритмах штучного інтелекту, стають вирішальним елементом до оптимізації логістичних процесів.

Виникає необхідність ретельного вивчення і розробки інтелектуальних агентів, здатних адаптуватися до змінних умов, враховувати величезний потік даних, а також прогнозувати і реагувати на найрізноманітніші сценарії. Ця тема дозволяє зануритися у світ інновацій та високотехнологічних рішень для оптимізації логістичних бізнес-процесів [1].

Враховуючи динаміку ринкових змагань та постійно зростаючі вимоги споживачів, вивчення інтелектуальних агентів для автоматизації управління бізнес-процесами стає важливою стратегічною ініціативою. Ця тема розкриває можливості застосування передових технологій для оптимізації логістичних систем, що в свою чергу призводить до підвищення ефективності, зниження витрат і покращення якості обслуговування клієнтів. Вивчення інтелектуальних агентів у контексті логістики стає важливим етапом для компаній, які прагнуть бути попереду та забезпечити стійкість свого бізнесу в умовах постійних змін.

Розглядаючи роль інтелектуальних агентів у цьому контексті, можна відкрити нові можливості для підвищення ефективності, зниження витрат та забезпечення конкурентоспроможності в глобальному бізнес-середовищі [2].

## 2. ПОНЯТТЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА ТА ЙОГО РОЛЬ В ЛОГІСТИЦІ

Інтелектуальний агент – це програмний об'єкт, який діє від імені користувача або іншого системного компонента, спроможний сприймати оточуючу інформацію, аналізувати її та приймати рішення на основі певних критеріїв. Інтелектуальні агенти зазвичай розробляються для вирішення конкретних завдань, використовуючи методи штучного інтелекту (машинного навчання, глибокого навчання, NLP (обробка природних мов) тощо), а також здатні взаємодіяти з іншими агентами та оточенням.

На рис. 1 показано простий приклад роботи інтелектуального агента:

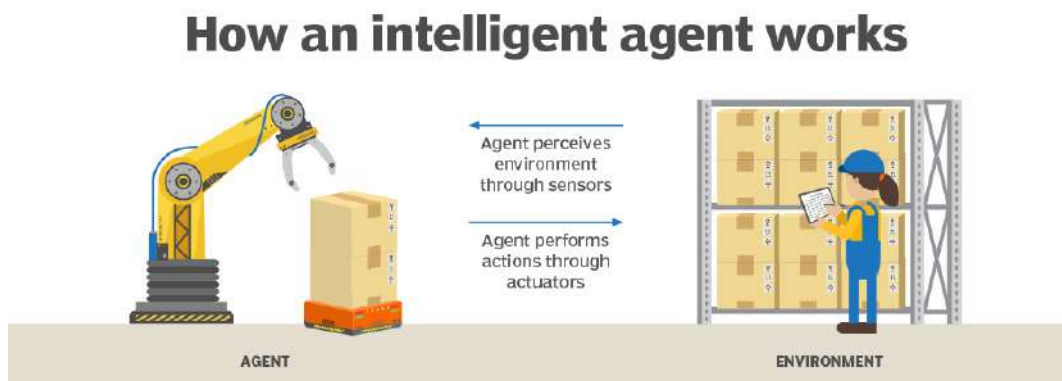


Рисунок 1. Простий приклад роботи інтелектуального агента

Пандемія COVID-19 викликала стрімку потребу для використання RPA (Robotic process automation) агентів. Програмне забезпечення RPA агентів було особливо цінним, коли багато підприємств відчували нестачу робочої сили, особливо враховуючи те, що логістичні підприємства зіткнулися зі зростаючим споживчим попитом і зростаючою кількістю замовлень через бум електронної комерції.

Популярність автоматизації процесів буде тільки зростати, і 90 відсотків великих світових компаній вже використовують RPA агентів [3, 4].

На (рис. 2) нижче можна побачити вражаюче зростання інвестицій у розробку ПЗ RPA у всьому світі за останні п'ять років: з 500 мільйонів доларів США у 2017 році до майже 2 мільярдів доларів США у 2021 році [5].

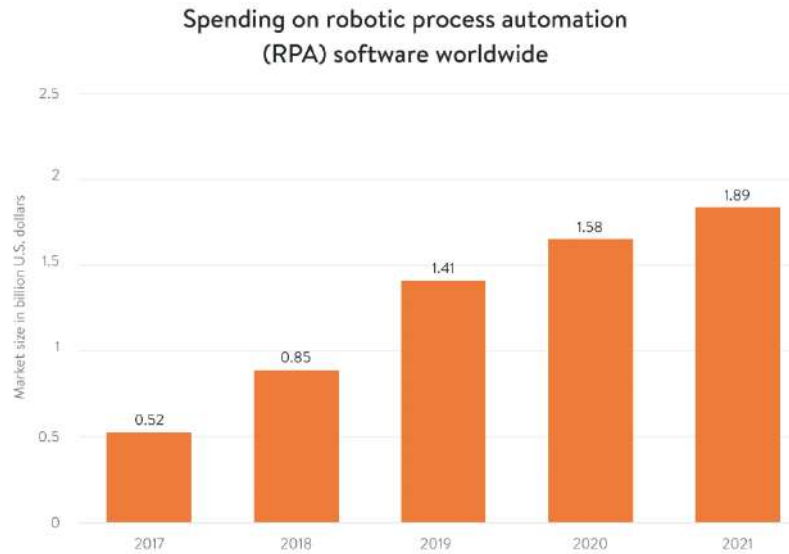


Рисунок 2. Світові витрати на ПЗ для інтелектуальних агентів

### 3. АНАЛІЗ ГОТОВИХ АГЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Загально-готові рішення інтелектуальних агентів є варіантом, якщо ви хочете випробувати цю технологію та перевірити, чи вона відповідає вашим потребам.

5 головних переваг впровадження RPA агентів в вашу компанію (рис. 3):

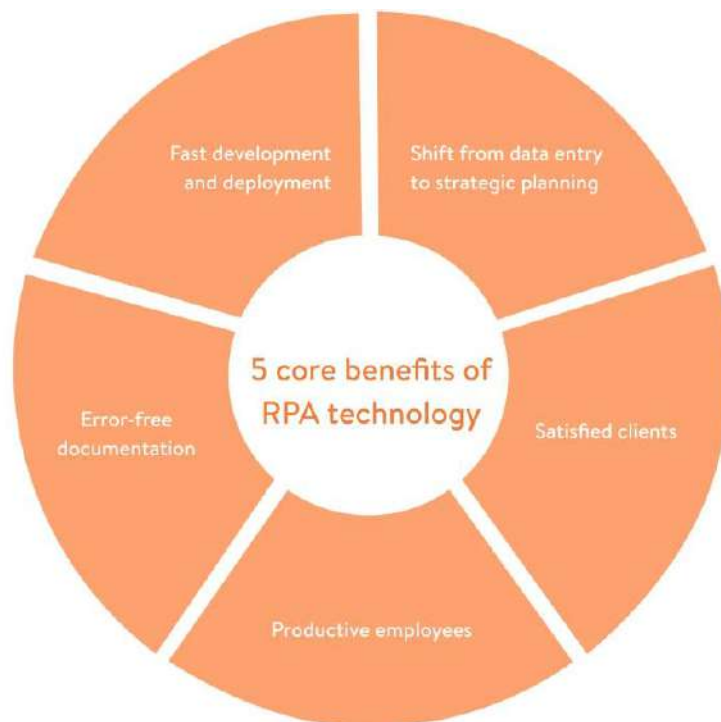


Рисунок 3. Головні переваги впровадження інтелектуальних агентів

Найпопулярнішими гравцями у світі RPA (Robotic Process Automation) є UiPath, BluePrism, Automation Anywhere і Kofax. Але є також деякі рішення RPA лише для сфери логістики. Проаналізуємо постачальників ПЗ для автоматизації БП у сфері логістики:

## Shipamax

Shipamax пропонує програмне забезпечення для автоматизації БП з підтримкою ШІ для автоматизації введення даних у системи TMS (Transportation Management System) або ERP (Enterprise Resource Planning). Наприклад, програмне рішення Shipamax може отримувати дані з електронних листів і миттєво передавати їх до ERP [6, 7].

### Переваги:

- Може витягувати всі типи даних із електронних листів, вкладень електронних листів, сканованих зображень і фотографій
- Здатний обробляти великі обсяги спеціалізованих логістичних документів
- Підвищена продуктивність завдяки інтеграції технологій AI і ML

### Недоліки:

- Засоби автоматизації лише для логістичних процесів, пов'язаних із введенням даних
- Потрібен власний IT-відділ для процесу інтеграції з внутрішніми системами, які Shipamax не підтримує
- Покриває потреби лише експедиторів (той, хто супроводжує вантажі під час доставки у місце призначення, відповідає за них та стежить за збереженням цілісності вантажа під час транспортування)
- Немає безкоштовної пробної версії та є лише можливість замовити безкоштовну демо-версію програми

## RPA Labs

RPA Labs – RPA агент з повним набором послуг доставки та логістики. Компанія пропонує три види ботів: боти для відповідей (чат-боти), боти для документів і боти для робочого процесу. Кожен тип бота має підкатегорії та може бути налаштований під потреби конкретної логістичної компанії. RPA Labs також обслуговує різні галузі логістики, такі як вантажні перевезення, інтермодальні перевезення (перевезення в контейнерах), 3PL і експедирування вантажів [8][9].

Процес обробки замовлення за допомогою RPA агента (бота) (рис. 4):

### Processing an order with an RPA bot:



Рисунок 4. Обробка замовлення ботом

### Переваги:

- Широкі функціональні можливості, включаючи введення даних, відстеження відправлень і виставлення рахунків

- Кожен програмний бот має вбудовану бібліотеку з логістичною термінологією для швидкої обробки конкретних даних ланцюга поставок
- Каталог програмних ботів для різноманітних цілей логістики
- Для обслуговування ботів не потрібна внутрішня технічна підтримка
- Оснащений технологіями AI та ML для виконання більш інтелектуальних завдань

*Недоліки:*

- Лише попередньо створені та навчені програмні боти з обмеженими можливостями налаштування
- Відсутність можливості безкоштовної пробної версії програмного забезпечення (ціна рішення залежить від кількості програмних ботів)
- Каталог ботів пропонує більше 20 ботів, але цього може бути недостатньо, щоб задовольнити всі потреби середніх і великих логістичних організацій

#### 4. МЕТОДИ КЕРОВАНОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ (SUPERVISED LEARNING)

Регресія – це техніка, яка використовується для прогнозування значення (залежних) змінних на основі однієї або кількох (незалежних) змінних.

Найбільш часто використовувані методи регресії: лінійна регресія та логістична регресія. Обговоримо теорію, що лежить в основі цих двох методів [10].

##### Лінійна регресія

Лінійна регресія – це метод статистичної регресії, який використовується для прогнозного аналізу та показує зв'язок між безперервними змінними. Лінійна регресія показує лінійний зв'язок між незалежною змінною (вісь X) і залежною змінною (вісь Y), тому називається лінійною регресією. Якщо є одна вхідна змінна (x), така лінійна регресія називається простою лінійною регресією. А якщо є більше однієї вхідної змінної, така лінійна регресія називається множинною лінійною регресією. Модель лінійної регресії дає похилу пряму лінію, що описує зв'язок між змінними (рис. 5).

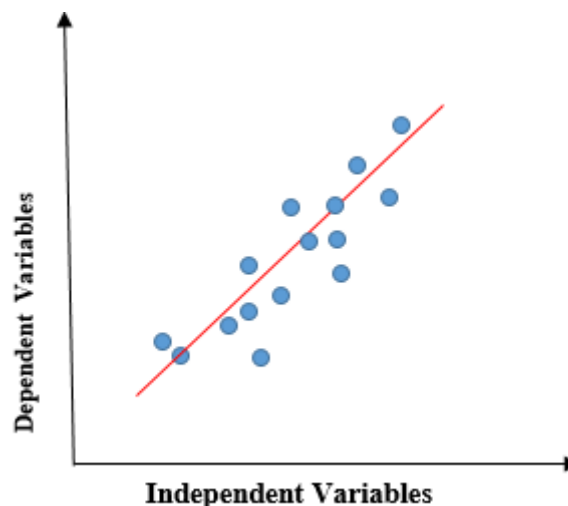


Рисунок 5. Принцип роботи лінійної регресії

Наведений вище графік представляє лінійну залежність між залежною змінною та незалежними змінними. Коли значення  $x$  (незалежна змінна) збільшується, значення  $y$  (залежна змінна) також зростає. На основі заданих точок даних ми намагаємося побудувати лінію (червона), яка найкраще моделює точки.

Для обчислення лінії лінійної регресії використовується традиційна лінійна функція.

$$y = mx + b \rightarrow y = a_0 + a_1x,$$

де  $y$  – залежна змінна,  $x$  – незалежна змінна,  $a_0$  – зсув лінії по  $y$ ,  $a_1$  – коефіцієнт лінійної регресії.

### **Необхідність лінійної регресії**

Як згадувалося вище, лінійна регресія оцінює зв'язок між залежною змінною та незалежною змінною. Давайте зрозуміємо це на простому прикладі:

Припустимо, що ви керуєте логістичною компанією і хочете передбачити час доставки вантажу на основі відстані між двома містами. У цьому випадку, відстань між містами є незалежною змінною, оскільки вона не залежить від часу доставки, і може бути виміряна безпосередньо. Час доставки вантажу є залежною змінною, оскільки він залежить від відстані та інших факторів, таких як тип транспорту, дорожні умови, режим руху тощо.

Використовуючи дані про відстань і час доставки з попередніх вантажів, ви можете побудувати модель лінійної регресії, яка допоможе вам передбачити час доставки вантажу для майбутніх вантажів, враховуючи відстань між містами. Це допоможе оптимізувати вашу логістичну діяльність, планувати маршрути та забезпечувати клієнтів більш точними термінами доставки.

У ході дослідження буде розроблено інтелектуальних агентів, що будуть взаємодіяти з бізнес-процесами логістичної сфери. Реалізовані алгоритми дозволяють оптимізувати розподіл ресурсів, вирішувати завдання координації та адаптації до змін в реальному часі. Застосування Python у розробці системи дозволяє легко розширювати та модернізувати функціонал для вирішення нових викликів у майбутньому [11].

Залишаються відкриті питання і завдання для подальших досліджень. Особлива увага приділяється системам управління, які повинні бути готові до непередбачуваних змін у логістичному середовищі, таких як підвищення обсягів вантажів, зміни в законодавстві або впровадження нових технологій. Дослідження мають вирішити питання адаптивності інтелектуальних агентів до динамічних змін і забезпечити стабільну ефективність системи в реальному часі [12, 13].

## **5. ВИСНОВКИ**

Сучасні системи автоматизації в логістиці великою мірою спрощують та оптимізують бізнес-процеси. Однак, вони також стикаються з викликами, такими як висока вартість впровадження, потреба у великих інвестиціях в ІТ-інфраструктуру та інтеграцію, а також питаннями безпеки та конфіденційності даних. Зараз ключовим напрямком є інтеграція технологій штучного інтелекту та аналізу даних для створення інтелектуальних систем, які можуть ефективно працювати в умовах логістичних викликів та змін.

Загальний успіх впровадження автоматизації управління бізнес-процесами в логістиці залежить від того, наскільки вдало вдасться компенсувати недоліки та використовувати переваги цих систем в конкретних умовах та завданнях компанії.

Інтелектуальні агенти знаходяться в авангарді штучного інтелекту, дозволяючи машинам взаємодіяти зі світом і виконувати завдання автономно. Їхня здатність сприймати, розуміти та адаптуватися робить їх безцінними в різних галузях промисловості та застосуваннях. У міру того, як технологія штучного інтелекту продовжує розвиватися, інтелектуальні агенти стануть ще більш досконалими та інтегрованими в наше повсякденне життя, змінюючи спосіб роботи, спілкування та орієнтування у світі. Однак із цією зростаючою інтеграцією виникає потреба в етичних міркуваннях і відповідальному розвитку, щоб забезпечити використання розумних агентів на благо людства.

Зі збільшенням технологічного прогресу буде посилений розвиток інтелектуальних агентів. Надалі це призведе до створення складних пристроїв на основі штучного інтелекту, які вирішуватимуть поточні глобальні виклики.

Важливо мати на увазі, що для впровадження проектів машинного навчання компаніям необхідно мати можливість адаптуватися до цифрового середовища, що вимагає великих зусиль з боку компаній для оцифрування інформації, яку вони мають, формати, шаблони та інформацію, яку вони отримують.

Підсумовуючи, зараз компанії шукають ідеального союзника в технологіях для досягнення своїх цілей, спрямованих на ефективність, продуктивність і прибутковість. І беручи до уваги ситуацію, яка склалася в усьому світі, це ідеальний час для інвестування в технології автоматизації процесів задля зменшення витрат.

Вивчаючи роботу нейронних мереж та Machine Learning у цілому та використовуючи всі ці принципи компанії по усьому світу можуть автоматизувати свої бізнес-процеси.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Intelligent automation as a new era of RPA: веб-сайт. URL: <https://innovecs.com/blog/intelligent-automation/> (дата звернення: 10.10.2023).

2. Robotic process automation for logistics: let bots do all the monotonous work: веб-сайт. URL: <https://yalantis.com/blog/rpa-adoption-benefits-for-logistics/> (дата звернення: 10.10.2023).

3. Information Technologies of Formation of Intellectual Decision-Making Strategies under Conditions of Cognitive Failures / Lubomir Sikora, Natalia Lysa, Olga Fedevych, Mariya Navytka, Rostislav Tkachuk, Dronyuk Ivanna / Львів, LPNU 2020.

4. Improving data collection and processing efficiency by using hierarchies of intelligent agents in multi-agent systems / О. Е. Bezborodova / Penza, 2021.

5. Agents in Artificial Intelligence: веб-сайт. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/agents-artificial-intelligence/> (дата звернення: 12.10.2023).

6. An Integrated Structured Analysis Approach to Intelligent Agent Communication / Hans Akkermans, Rune Gustavsson, Fredrik Ygge / Ronneby, Sweden, 1998.

7. Intelligent Buildings: Foundations for Intelligent Physical Agents / Francisco J. Mora Lizan, Carlos Rizo Maestre / Spain, 2017.

8. Artificial Intelligence in Logistics: збірка матеріалів компаніями DHL та IBM / Troisdorf, Germany, 2018. 1-45 с.

9. Intelligent Agents in Artificial Intelligence: веб-сайт. URL: <https://medium.com/@evertongomede/intelligent-agents-in-artificial-intelligence-6b5f4153ad72> (дата звернення: 13.10.2023).

10. Intelligent agents in Artificial Intelligence: веб-сайт. URL: <https://www.section.io/engineering-education/intelligent-agents-in-ai/#:~:text=The%20structure%20of%20intelligent%20agents,agent%20executes%20on%20this%20machinery> (дата звернення: 14.10.2023).

11. Artificial Intelligence in Logistics: збірка матеріалів компанією SSI Schäfer IT Solutions / Austria, 2018. 1-24 с.

12. Machine Learning – Fundamentals: веб-сайт. URL: <https://towardsdatascience.com/machine-learning-basics-part-1-a36d38c7916> (дата звернення: 15.10.2023).

13. Linear Regression in machine learning: веб-сайт. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/06/linear-regression-in-machine-learning/> (дата звернення: 17.10.2023).

# ІНСТРУМЕНТИ ТЕСТУВАННЯ ЦИФРОВОЇ ДОСТУПНОСТІ ВЕБ-САЙТІВ

Волосожар Д.В.<sup>1</sup>, Кисельов Г.Д.<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> dasha1999.v2k@gmail.com, <sup>2</sup> g.kyselov@gmail.com [0000-0000-0000-0000]

**У даному дослідженні акцентується увага на підходах до вирішення завдань, пов'язаних з тестуванням цифрової доступності веб-сайтів. У роботі буде представлена математична модель цієї задачі, а також детально розглянуті різноманітні методи, які застосовуються для оцінки та поліпшення доступності веб-контенту.**

**Ключові слова: цифрова доступність, веб-сайт, тестування доступності, інструменти тестування, WCAG.**

## 1. ВСТУП

У сучасному світі, де інтернет став неодмінною частиною нашого повсякденного життя, доступність веб-сайтів перестала бути просто бажаною характеристикою – вона стала необхідністю. Цифрова доступність означає, що веб-сайти, інструменти та технології розроблені таким чином, щоб ними могли користуватися всі люди, включаючи тих, хто має обмеження за здоров'ям, такі як порушення зору, слуху, руху або когнітивні обмеження. У зв'язку з цим, тестування доступності стає ключовою частиною процесу розробки веб-сайтів.

Основна мета цифрової доступності – забезпечити рівний доступ і рівні можливості для всіх користувачів інтернету. Відсутність доступності може не тільки ізолювати частину населення, але й становити юридичні ризики для організацій. Таким чином, розуміння і використання ефективних інструментів тестування доступності стає критично важливим для розробників веб-сайтів і власників бізнесу.

## 2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЦИФРОВОЇ ДОСТУПНОСТІ

Цифрова доступність не є одномірною концепцією; вона охоплює широкий спектр практик і стандартів, спрямованих на забезпечення рівного доступу до веб-контенту для всіх користувачів. Найбільш значущим з цих стандартів є WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), які є частиною ініціативи WAI (Web Accessibility Initiative) від W3C (World Wide Web Consortium).

WCAG: Основа для Доступності

WCAG визначає, як веб-контент повинен бути доступним для людей з різними обмеженнями. Ці настанови поділяються на три рівні відповідності: А (найнижчий), АА та ААА (найвищий). Вони охоплюють чотири основні принципи доступності:

1. **Сприйняття (Perceivable):** Інформація та компоненти інтерфейсу користувача повинні бути представлені таким чином, щоб їх могли сприймати всі користувачі. Наприклад, це означає надання текстових альтернатив для немовних зображень і забезпечення того, щоб аудіо- і відеоконтент був доступний у вигляді тексту.

2. **Операбельність (Operable):** Компоненти інтерфейсу та навігація повинні бути такими, щоб їх могли використовувати всі користувачі. Це включає забезпечення

функціональності за допомогою клавіатури, надання достатнього часу для читання та використання контенту, а також допомогу в уникненні і корекції помилок.

3. **Зрозумілість (Understandable):** Інформація та управління інтерфейсом користувача повинні бути зрозумілими. Це означає, що веб-сайти повинні мати чітку та зрозумілу мову, а також допомагати користувачам уникати та виправляти помилки.

4. **Надійність (Robust):** Контент повинен бути достатньо стійким, щоб міг надійно інтерпретуватися широким спектром користувацьких агентів, включаючи асистивні технології.

Застосування WCAG у процесі розробки веб-сайтів вимагає уважного планування та розуміння цілей доступності. Розробники повинні враховувати ці критерії на кожному етапі проектування та розробки, від структури сторінки та дизайну до вибору контенту та інтерактивних елементів [1].

### 3. КАТЕГОРІЇ ІНСТРУМЕНТІВ ТЕСТУВАННЯ ДОСТУПНОСТІ

Інструменти тестування доступності веб-сайтів можна умовно розділити на декілька категорій в залежності від їх функціональності та способу застосування. Кожна категорія відіграє унікальну роль у виявленні та виправленні проблем доступності.

#### Автоматизовані інструменти тестування

Автоматизоване тестування використовує програмне забезпечення для виявлення проблем доступності на веб-сторінках. Ці інструменти здатні швидко сканувати код сторінки і вказувати на потенційні проблеми, такі як відсутність альтернативних текстів для зображень, недостатній контраст кольорів, відсутність міток форм тощо.

- **Переваги:** Швидке виявлення очевидних проблем, можливість покриття великих обсягів контенту.
- **Обмеження:** Не може повністю замінити ручне тестування, оскільки деякі аспекти доступності вимагають суб'єктивної оцінки.

#### Ручне тестування

Ручне тестування включає в себе перевірку веб-сторінок людиною на відповідність стандартам доступності. Це може включати в себе використання сайту з позиції осіб з обмеженими можливостями, наприклад, за допомогою екранних читачів.

- **Переваги:** Дозволяє зрозуміти реальний досвід користувачів, виявляє проблеми, які не можуть бути знайдені автоматично.
- **Обмеження:** Часомісткий процес, вимагає високої кваліфікації тестувальників.

#### Використання екранних читачів

Екранні читачі – це спеціалізоване програмне забезпечення, яке перетворює текст та інші елементи веб-сторінок у мовлення або шрифт Брайля. Тестування за допомогою екранних читачів є важливим для забезпечення доступності веб-сайтів для користувачів з порушеннями зору.

- **Переваги:** Дає реальне уявлення про те, як користувачі з порушеннями зору взаємодіють з веб-сайтом.
- **Обмеження:** Вимагає спеціальних знань для ефективного використання.

## **4. ПОПУЛЯРНІ ІНСТРУМЕНТИ ТЕСТУВАННЯ ДОСТУПНОСТІ**

Один з найвідоміших інструментів – це AXE Accessibility Checker. Це браузерне розширення, яке дозволяє розробникам легко перевіряти веб-сторінки на відповідність стандартам доступності. AXE може швидко ідентифікувати поширені проблеми, такі як відсутність альтернативних текстів для зображень або недостатній контраст кольорів.

Ще один важливий інструмент у сфері доступності – JAWS (Job Access With Speech), екранний читач, що широко використовується людьми з вадами зору. Використання JAWS для тестування дозволяє розробникам краще зрозуміти, як їхній веб-сайт буде сприйматися користувачами, що покладаються на аудіальне відтворення контенту.

WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool) є ще одним корисним ресурсом. Це інструмент, що надає візуальне представлення проблем доступності на веб-сторінці. Він доступний як онлайн-сервіс та як розширення браузера і допомагає виявляти проблеми, які можуть бути неочевидними при звичайному огляді сторінки.

Google Lighthouse, ще один потужний інструмент, інтегрований у Chrome DevTools, надає розробникам змогу оцінювати якість веб-сторінок, включаючи аспекти доступності. Цей інструмент автоматично аналізує веб-сторінки і надає звіти з рекомендаціями щодо покращення.

Аналізатори контрастності кольорів важливі для переконання, що текст на веб-сайті читабельний для всіх користувачів, включаючи тих, хто має порушення зору. Ці інструменти дозволяють розробникам перевіряти, чи текст відповідає стандартам WCAG щодо контрастності кольорів.

Тепон.іо - це онлайн-інструмент, який надає розробникам можливість тестувати веб-сайти та веб-додатки на предмет відповідності стандартам доступності. Він надає звіти, які можуть бути інтегровані в процес розробки для забезпечення безперервного дотримання стандартів доступності.

Кожен з цих інструментів відіграє свою роль у забезпеченні того, щоб веб-сайти були більш доступними для всіх користувачів, незалежно від їхніх фізичних можливостей чи обмежень. Вибір правильного інструменту тестування і його ефективне використання може значно вплинути на рівень доступності веб-сайту [2].

## **5. ІНТЕГРАЦІЯ ТЕСТУВАННЯ ДОСТУПНОСТІ У РОЗРОБКУ ВЕБ-САЙТІВ**

Важливість інтеграції тестування доступності у процес розробки веб-сайтів не може бути переоціненою. Це не лише про відповідність нормативним стандартам, але й про створення інклюзивного досвіду користування, який враховує потреби всіх користувачів, включаючи людей з обмеженими можливостями.

Успішне впровадження доступності починається з раннього етапу проектування. Вже на стадії дизайну необхідно мислити про такі аспекти, як візуальна контрастність, чіткість структури та забезпечення простоти навігації. Дизайнери та розробники повинні співпрацювати, щоб забезпечити, що інтерфейс є зрозумілим і доступним для всіх користувачів.

Під час розробки веб-сайтів критично важливо використовувати семантично коректний HTML, доступні форми, а також ARIA-мітки, щоб забезпечити, що сайт може бути легко використаний з екранними читачами та іншими асистивними технологіями. Тестування доступності повинно бути інтегрованим у процес розробки, а не вважатися додатковою чи

вторинною задачею. Це дозволяє виявляти та виправляти проблеми доступності на ранніх стадіях, замість того, щоб намагатися вирішити їх після запуску сайту.

Залучення кінцевих користувачів для тестування та зворотного зв'язку є ще одним ключовим елементом у процесі забезпечення доступності. Отримання відгуків від реальних людей, які можуть мати різні потреби та обмеження, допомагає уточнити та поліпшити веб-досвід для більш широкої аудиторії.

Інтеграція доступності у веб-розробку не лише покращує досвід користувачів з обмеженими можливостями, але й підвищує загальну якість та функціональність веб-сайтів, роблячи їх більш доступними та приємними для ширшого кола користувачів [3].

## **6. ВИСНОВОК**

Огляд різних інструментів тестування доступності та їх застосування у веб-розробці підкреслює необхідність інклюзивного підходу до створення веб-сайтів. Доступність не є доповненням до веб-дизайну чи розробки; це основний аспект, що вимагає уваги з самого початку проекту та на всіх його етапах. Чи то використання автоматизованих інструментів, таких як AXE та Google Lighthouse, чи ручне тестування з допомогою екранних читачів, таких як JAWS, кожен інструмент відіграє свою роль у виявленні та виправленні проблем доступності. Забезпечення доступності веб-сайтів є не просто відповідністю нормативним вимогам, а й виявом поваги та уваги до потреб усіх користувачів. Це відкриває двері до створення більш інклюзивного цифрового середовища. У майбутньому, з розвитком технологій і зростаючим усвідомленням інклюзивності, можна очікувати подальшого розвитку інструментів тестування доступності та методів їх застосування.

### **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Генрі, С. Л. "Основи веб-доступності". Ініціатива веб-доступності (WAI), 2021. URL: <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>. (дата звернення 18.11)
2. Колдвелл, Б., Купер, М., Рейд, Л. Г., і Вандерхайден, Г. "Рекомендації щодо доступності веб-контенту (WCAG) 2.1". W3C, 2018. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (дата звернення 20.11)
3. Проект A11Y. "A11Y Стильовий посібник". A11Y Project, 2020. URL: <https://a11y-style-guide.com/>. (дата звернення 28.11)

# ГАРАНТУВАННЯ УНІКАЛЬНОЇ ДОСТАВКИ ПОВІДОМЛЕНЬ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

Гапонюк М.О.<sup>1</sup>, Письменний І.О.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут прикладного системного аналізу, Київ, Україна

<sup>1</sup> haroniuk.maksym@iit.kpi.ua, <sup>2</sup> ihor.pismennyu@gmail.com

**Концепція гарантії доставки повідомлення «точно один раз» є ключовим принципом у розподілених системах і чергах подій. Це означає, що повідомлення доставляється лише один раз і не більше, що має вирішальне значення в багатьох системах, де дублікати повідомлень можуть спричинити проблеми або призвести до неправильної обробки подій.**

**Ключові слова:** розподілені системи, черги подій, доставка повідомлень.

## 1. ВСТУП

У розподілених системах, компоненти яких розміщені по різних мережах або місцях, підтримка цілісності даних і надійності системи має вирішальне значення. Черги подій є інструментами для зберігання та обміну потоковими даними або подіями між різними компонентами розподіленої системи [1]. Під час побудови розподілених систем з використанням черг подій, невід'ємною складовою надійної системи є гарантія, що жодне повідомлення не буде втрачено чи передано більше одного разу, навіть у разі несправності. Це спрощує проектування будь-яких розподілених систем. EOD (Exactly-Once Delivery) має сенс інтуїтивно: ми не хочемо повторювати або втрачати дані чи дії.

## 2. СТРАТЕГІЇ ДОСЯГНЕННЯ УНІКАЛЬНОЇ ДОСТАВКИ

В розподілених системах її компоненти можуть перестати працювати незалежно один від одного. Причини збоїв можуть бути найрізноманітнішими. Класична архітектура розподіленої системи [2], яка використовує черги подій, складається з трьох частин: виробник повідомлень (producer), черга подій (message broker), та споживач повідомлень (consumer).

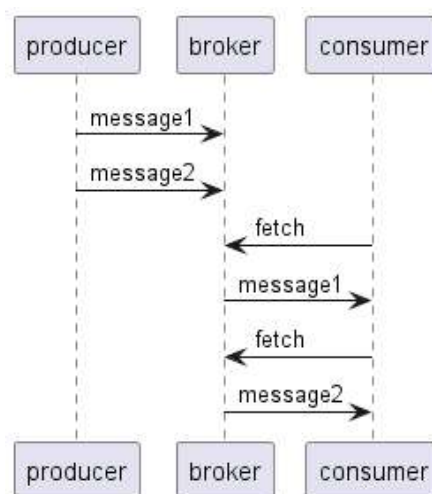


Рисунок 1. Приклад простої системи з використанням черги подій

У світі мікросервісів збої систем та мережі трапляються досить часто. Це призводить до того, що система в цілому може втратити консистентність. Існує чимало прикладів, де це не є критичною помилкою, наприклад, системи зі збору статистики відвідувань сайтів. В разі втрати декількох повідомлень в загальному - статистика буде вірною. Проте для більшості бізнес-процесів такий стан є недопустимим. Помилки можуть траплятись на різних етапах процесу передачі, збереження та обробки подій.

На рисунку 2а) зображено послідовність подій, при якій друге повідомлення не дійшло до споживача через помилку мережі. В такому випадку ми втрачаємо повідомлення. Проте ми можемо бути впевнені, що повідомлення буде надіслане не більше, ніж один раз. Даний підхід корисний, коли повторна обробка повідомлень є недопустимою для системи. мінімум оди раз

На рисунку 2б) зображено послідовність подій, у якій в разі відсутності підтвердження про отримання ми надсилаєм повідомлення ще раз. Даний підхід гарантує, що повідомлення точно буде доставлено до споживача. до того, що одне повідомлення буде надіслане і оброблене двічі.

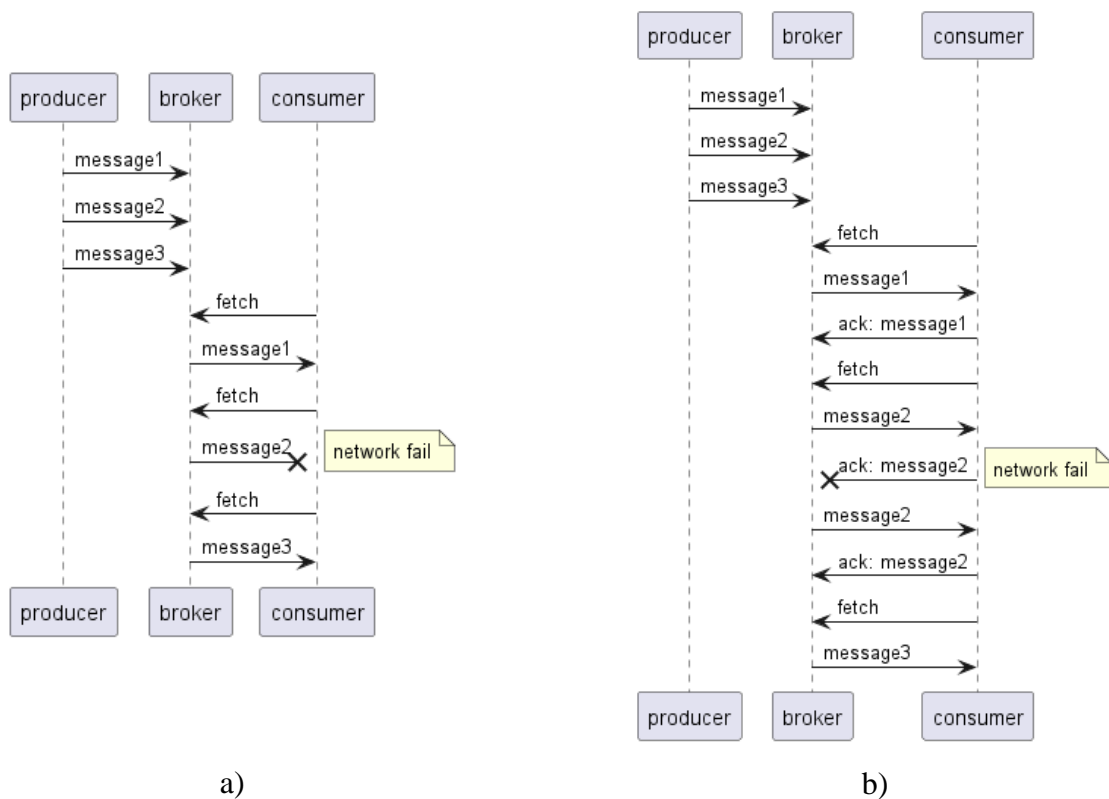


Рисунок 2. Приклади а) семантика «не більше одного разу», б) семантика «мінімум один раз»

Дублювання повідомлень нечасто трапляється в синхронних середовищах. Видавець може публікувати лише один набір даних за раз; публікація наступного набору даних лише після того, як буде отримано попередній, щоб гарантувати відсутність дублювання даних у брокері. На стороні підписника ми отримуємо один набір даних за раз. Тому не буде жодних «race conditions» [3], коли інформація отримується кількома підписниками.

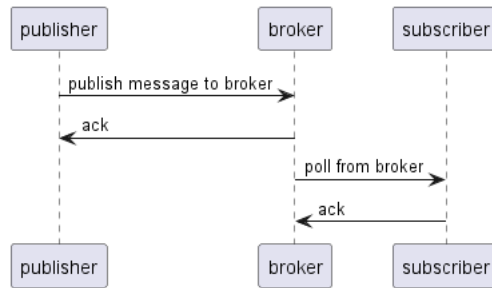


Рисунок 3. Синхронне середовище

У середовищі кількох видавців ми можемо бачити, як дублікати даних можуть виникати в системі повідомлень. Нехай кілька видавців публікують у черзі повідомлень. Якщо брокеру повідомлень не вдається надіслати підтвердження одному з видавців, оскільки воно було недоступне, тоді брокер повторить повідомлення кілька разів, щоб уникнути втрати повідомлення.

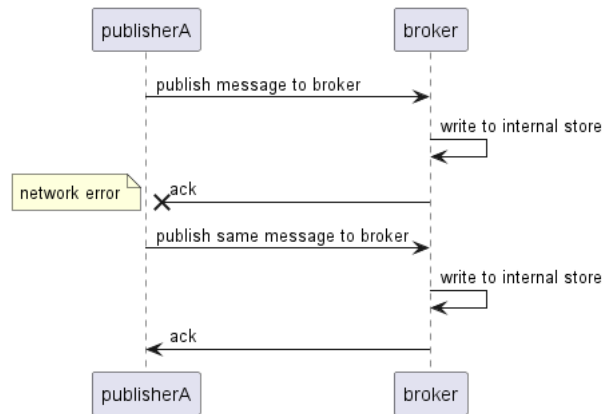


Рисунок 4. Помилка доставки підтвердження до видавця в асинхронному середовищі

Один із способів вирішити це – створити ідентифікатор кореляції [4]. Ідентифікатор кореляції буде ідентифікатором, який ідентифікує його ключ ідемпотентності в повідомленні. Тому, якщо система повідомлень отримала той самий ідентифікатор кореляції, вона знає, що він уже був отриманий раніше. Наприклад, Amazon SQS має ідентифікатор де дуплікації в черзі FIFO, який служить ідентифікатором кореляції. Однак він має час закінчення 5 хвилин. Якщо видавець надсилає друге повідомлення через 5 хвилин, брокер повідомлень не може гарантувати, що він відхилить повторне повідомлення.

З іншого боку, одноразової доставки майже неможливо досягти для кількох споживачів. Якщо брокер повідомлень видаляє повідомлення одразу після того, як підписник його отримав, існує ймовірність збою ще до того, як споживач обробить дані. У цьому випадку система не має знову доставляти повідомлення.

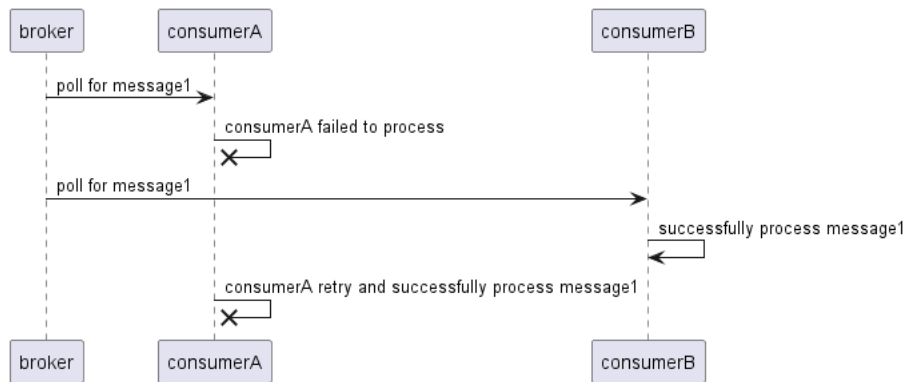


Рисунок 5. Повторна обробка повідомлення в асинхронному середовищі

Отже, можливе отримання повторюваних повідомлень точно після обробки. Розглянемо один сценарій: споживач А отримав повідомлення від брокера. Безпосередньо перед тим, як споживач А збирається видалити повідомлення, споживач В опитує повідомлення брокера. Отже, споживач В матиме те саме повідомлення, що й споживач А.

Одним з рішень [4] є створення тривалого сховища на стороні одержувача. Споживач може записати вхідне повідомлення на довговічне зберігання під час кожного опитування. Після успішного запису в пам'ять він видалить чергу з черги повідомлень. Надійне зберігання захистить від дублювання значень. Тим часом для обробки цих повідомлень буде виконуватись інший асинхронний фоновий потік обробки повідомлень. Ця концепція схожа на те, як різні системи баз даних використовують журнал попереднього запису для зберігання комітів.

Коли ми визначали обробку повідомлень, ключовим поняттям, яке ми слід використовувати – тривале збереження побічних ефектів. Ці побічні ефекти мають два види. По-перше, вони включають зміни в сховищі даних, що використовується процесом отримання для збереження свого стану. По-друге, побічними ефектами є також усі повідомлення, надіслані в результаті обробки вхідних повідомлень.

Щоб гарантувати одноразову обробку, ми можемо використовувати транзакції, які включають три операції:

- вилучити повідомлення з черги;
- змінити стан програми;
- поставити отримані повідомлення в чергу;
- видалити оброблене повідомлення з черги введення.

Транзакції гарантують, що включені операції є атомарними та довговічними. Це означає, що або всі три операції завершені, або жодна. Крім того, щойно транзакція буде прийнята системою, система гарантує, що вона не зникне в майбутньому. Транзакції реалізуються за допомогою концепції журналу – впорядкованої послідовності операцій, що зберігається на диску. Коли транзакція надсилається, її опис спочатку записується в журнал. Лише після того, як журнал стане довговічним (наприклад, шляхом запису контрольної суми та забезпечення очищення всіх буферів запису), операції фактично застосовуються до даних.

### 3. ВИСНОВКИ

Системи, які використовують розподілені черги подій повинні забезпечувати надійність доставки повідомлень у розподілених системах, в яких можуть виникнути різні ситуації, що ускладнюють процес доставки. Серед усіх складнощів, можна виділити наступні основні аспекти:

- гарантії доставки;

- передача повідомлень через ненадійні мережі, де можуть статися збої або втрати;
- механізми для повторного надсилання повідомлень у випадку невдачі першої спроби;
- можливість підтвердження, що повідомлення було успішно доставлено та оброблено;
- уникнення дублювання повідомлень в системі;
- забезпечення консистентності між різними частинами системи та співпраця між ними для досягнення консистентності системи.

Виявляється, що доказ неможливості доставки повідомлень один раз (на прикладі проблеми двох генералів [5]) базується на припущенні про асинхронну мережу, в якій повідомлення можуть затримуватися як завгодно довго. І навіть за цих припущень неможливість означає, що немає алгоритму, який завжди міг би гарантувати прогрес у досягненні консенсусу. На щастя, реальні мережі не є асинхронними. Вони більше схожі на напівасинхронні мережі, а це означає, що повідомлення доставляються з часом. Цієї гарантії достатньо для того, щоб низка консенсусних алгоритмів була доведена надійністю [4].

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «What are Message Brokers? | IBM». Дата звернення: 25, Жовтень 2023. [Online]. Доступний у: <https://www.ibm.com/topics/message-brokers>
2. «Introduction to Message Brokers. What is a message broker? | by Hasitha Subhashana | Medium». Дата звернення: 25, Жовтень 2023. [Online]. Доступний у: <https://hasithas.medium.com/introduction-to-message-brokers-c4177d2a9fe3>
3. «Understanding Stream Processing And Apache Kafka | by Cory Maklin | Towards Data Science». Дата звернення: 29, Листопад 2023. [Online]. Доступний у: <https://towardsdatascience.com/understanding-stream-processing-and-apache-kafka-5610bc2d6fa3>
4. «Can Exactly Once Processing Queue in Real Systems even Exist? | edward-huang.com». Дата звернення: 25, Жовтень 2023. [Online]. Доступний у: <https://edward-huang.com/distributed-system/architecture/cloud/2021/02/15/can-exactly-once-processing-queue-in-real-systems-even-exist/>
5. «Two Generals' Problem. The Two Generals' Problem is an... | by Brian Kim | Medium». Дата звернення: 25, Жовтень 2023. [Online]. Доступний у: <https://brianjckim.medium.com/two-generals-problem-5eadb3f395ed>

# РЕЗЕРВНЕ КОПІЮВАННЯ ДАНИХ ЯК ПОСЛУГА

Головін Б.О.<sup>1</sup>, Булах Б.В.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут прикладного системного аналізу, Київ, Україна

<sup>1</sup> b.holovin@gmail.com, <sup>2</sup> bogdan.bulahk@gmail.com

**Стаття присвячена дослідженню та аналізу резервного копіювання даних як послуги (Backup as a service, BaaS). У роботі описуються методи та стратегії використання таких типів додатків, а також проводиться порівняльний аналіз популярних платформ цього типу. Результати проведеного дослідження дозволили окреслити перелік переваг від використання резервного копіювання даних як послуги у забезпеченні безпеки та продуктивності при розробці додатків, підкреслюючи його наукову новизну та практичну значимість для індустрії програмного забезпечення.**

**Ключові слова:** хмарні обчислення, сервіс, сервер, резервне копіювання.

## 1. ВСТУП

У сучасному інформаційному суспільстві, де обсяги даних є важливою складовою нашого повсякденного життя, забезпечення надійності та безпеки цих даних стає завданням важливим, як ніколи раніше [1]. Зокрема, у контексті стрімкого розвитку технологій хмарних обчислень та необхідності миттєвого доступу до інформації, тема резервного копіювання даних як послуга (Backup as a service – BaaS) набуває особливої актуальності.

Стаття робота присвячена вивченню, аналізу та розробку системи резервного копіювання даних як послуга. Вона охоплює різноманітні аспекти технічної реалізації, включаючи вибір оптимальних технологій, архітектурних рішень та методів забезпечення безпеки даних. Робота також присвячена аналізу існуючих рішень та їх порівняльній характеристиці.

## 2. КОНЦЕПЦІЯ BaaS

Це концепція, яка полягає в наданні послуги з автоматизованого резервного копіювання та збереження даних через мережу, зазвичай через хмарні обчислення. Замість того, щоб користувачам або підприємствам самостійно налаштовувати та управляти процесом резервного копіювання, вони можуть звернутися до постачальника послуг та отримати цю послугу як абонентське обслуговування, що дозволяє уникнути складнощів, пов'язаних з технічними деталями.

BaaS пропонує безпечне зберігання даних в хмарних сховищах, забезпечуючи їхню надійність та доступність. Ця інноваційна концепція вирішує проблеми безпеки та витрат на обладнання, забезпечуючи користувачам еластичність у виборі обсягу даних та легкий доступ до резервних копій в будь-який момент. У світлі постійного росту цифрової інформації та її важливості, BaaS стає ключовим інструментом для забезпечення безпеки та доступності даних [1].

## 3. ПОПУЛЯРНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ

Використання BaaS вже досить популярне і послугами різних програм на основі цієї технології досить велика.

Декілька з найпопулярніших компаній у цьому сегменті включають:

1. Veeam відома своїми рішеннями для резервного копіювання та відновлення даних у віртуалізованих середовищах. Компанія надає послуги для підприємств різних розмірів.

2. Acronis є лідером у сфері резервного копіювання та кіберзахисту, надаючи широкий спектр послуг, включаючи BaaS.

3. Commvault пропонує рішення для управління даними та резервного копіювання як частину своєї обширної платформи. Компанія відома своєю гнучкістю та можливістю впровадження на будь-якому рівні складності.

4. Rubrik надає інтегровані рішення для управління даними та резервного копіювання в хмарному середовищі. Компанія відома своєю інноваційністю та здатністю забезпечувати захист даних у віртуалізованих та хмарних середовищах.

5. Backblaze є популярним провайдером BaaS для індивідуальних користувачів та невеликих підприємств.

Ці компанії виступають у ролі ключових гравців у сегменті BaaS, надаючи різноманітні рішення для задоволення різних потреб користувачів та підприємств у сфері збереження даних [5].

## 4. АНАЛІЗ ІСНЮЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### Перелік популярних технологій

1. Amazon Simple Storage Service (S3) – це об'єктове сховище від Amazon Web Services (AWS).

- Переваги: Легка масштабуватися для зберігання великої кількості даних. Висока доступність через різні регіони та доступність даних. Безпека – дані в можуть бути зашифровані.
- Недоліки: Відносно велика вартість, може бути витратною, особливо при великому обсязі даних та великій кількості операцій [2].

2. Google Cloud Backup.

- Переваги: легка інтеграція з іншими сервісами Google Cloud Platform. Швидкість та продуктивність: Google має широкий географічний розподіл дата-центрів, що може підвищити швидкість доступу до даних.
- Недоліки: Для користувачів, які не мають досвіду з платформою Google Cloud, налаштування може бути складним [3].

3. Microsoft Azure Backup – це рішення для резервного копіювання даних у хмарі від Microsoft.

- Переваги: Легка інтеграція з іншими сервісами та продуктами Azure. Забезпечує можливість автоматичного керування резервними копіями.
- Недоліки: Вартість може бути високою, особливо при великій кількості даних [4].

Вибір між цими рішеннями повинен бути здійснений залежно від конкретних потреб вашої компанії або проекту, а також враховуючи бюджетні обмеження та рівень експертизи вашої команди з управління хмарними сервісами. Найкраще варто звернутися до офіційної документації та консультації з фахівцями для більш детальної інформації щодо конкретних можливостей та вартості цих рішень.

## Вартісне порівняння

Таблиця 1. Вартісне порівняння

	<b>AWS</b>	<b>AZURE</b>	<b>GOOGLE CLOUD</b>
СХОВИЩЕ ОБ'ЄКТІВ (обсяг 100 ГБ, 10 ГБ записано (PUT), 90 ГБ читання (GET), 20 ГБ повернення, 200 ГБ сканування)	S3 standard: \$2.80 \$	Blob Storage standard: \$3.48 \$\$	Cloud Storage \$0.57 \$
ЗБЕРІГАННЯ ФАЙЛІВ (100 ГБ стандартного сховища, 1 000 ГБ нечастого доступу, 10 ГБ нечастих запитів на доступ)	Elastic File System standard: \$30.00 \$	Files standard \$56.16 \$\$	Filestore standard tier \$20 \$
БЛОКОВЕ ЗБЕРІГАННЯ (1 інсталяція, 100 ГБ, 2 знімки на день за наявності, 10 ГБ на кожен знімок)	Elastic Block Store general-purpose SSD: \$29.90 \$\$	Managed Disks standard \$11.12 \$	Persistent Disk standard \$43.00 \$\$\$

Кожна послуга пропонує безліч конфігурацій, опцій і варіантів зниження ціни, наприклад, передоплачені або зарезервовані ємності і більш низькі цінові рівні. Разом вони надають корпоративним клієнтам величезну гнучкість у налаштуванні продуктивності, доступності та надмірності сховища відповідно до вимог додатків і бюджету.

Як показують наші приклади, три основні постачальники є конкурентоспроможними. Якщо порівнювати ціни на Amazon S3, Google Cloud Storage та Azure, то значна різниця у вартості зазвичай пов'язана з особливостями того, як провайдери поєднують функції сховища та встановлюють ціни на основі параметрів використання, таких як запити на читання/запис. Покупці сховищ завжди повинні будувати детальні моделі ціноутворення, використовуючи доступні онлайн-калькулятори, перш ніж приймати рішення про покупку на основі вартості [6].

## 5. ЗАПРОПОНОВАНА ПРОГРАМНА АРХІТЕКТУРА

У системі зображеної на UML-діаграмі класів (Рис. 1) взаємодіють різні компоненти для надання різноманітних послуг користувачам [7]. Клієнтський інтерфейс дозволяє реєструвати облікові записи, входити в систему та відновлювати дані. API Gateway забезпечує аутентифікацію, генерацію токенів та контроль доступу. Система ідентифікації та аутентифікації виконує реєстрацію, перевірку ідентифікаційних даних та генерацію токенів.

Сервіс резервного копіювання включає створення резервних копій, налаштування регулярності та встановлення політики зберігання. Система зберігання даних обирає місце та механізм зберігання, забезпечуючи шифрування та захист. Модуль шифрування та безпеки реалізує шифрування, а мікросервіс безпеки контролює доступ, інтегрується з блокчейном та надає різні рівні захисту.

Компоненти моніторингу та аналітики слідкують за статусом резервних копій та аналізують дані для звітності. Управління ресурсами автоматично масштабує систему, а інтеграційні мікросервіси співпрацюють з іншими системами. База даних зберігає метадані та

налаштування користувачів, включаючи їх ідентифікаційні дані. Ці компоненти взаємодіють, забезпечуючи користувачам послуги реєстрації, аутентифікації, зберігання даних, резервного копіювання та безпеки.

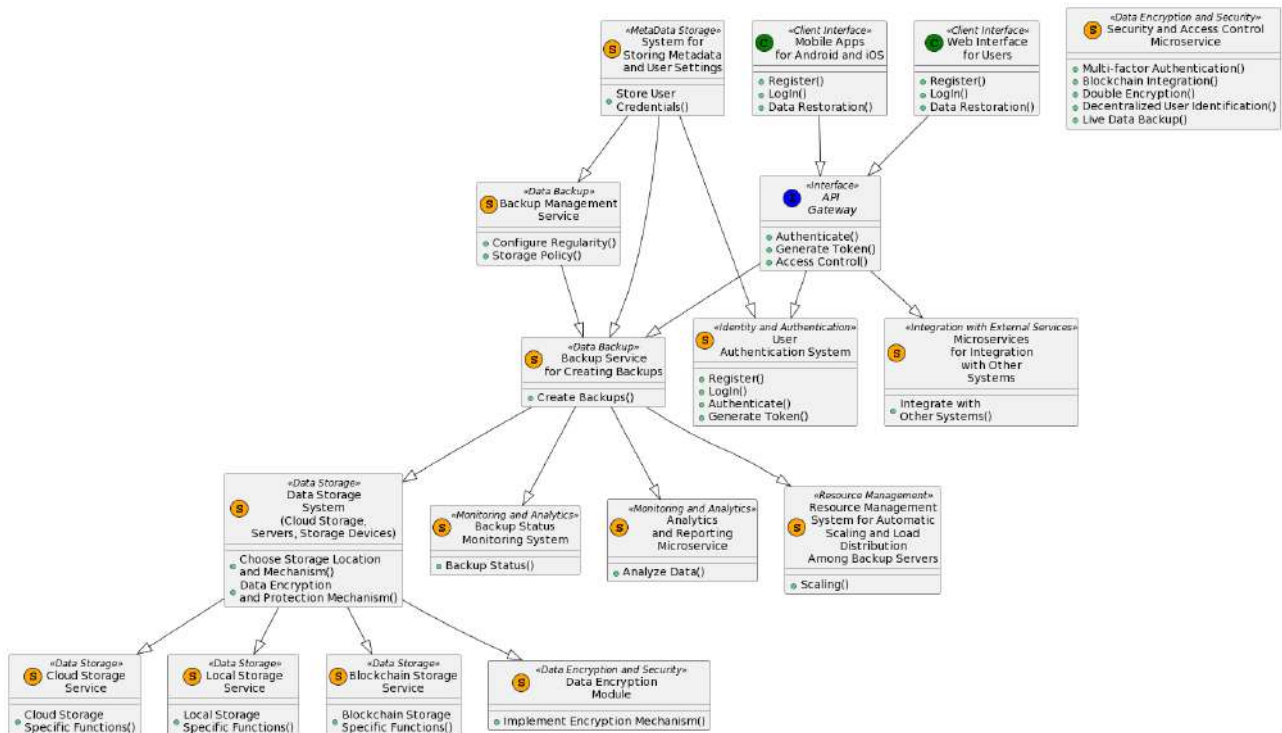


Рисунок 1. Приклад архітектури

Стек технологій які були обрані потрібно буде врахувати наступні технології та підходи:

- Spring Boot: для створення більш простого створення мікросервісів.
- Spring Cloud: надає набір інструментів та бібліотек для реалізації мікросервісної архітектури, включаючи інструменти для конфігурації, реєстрації, балансування навантаження та інші.
- Spring Security: Для реалізації системи ідентифікації та аутентифікації користувачів
- Spring Data: Для роботи з базою даних.
- Spring Cloud Netflix: для моніторингу, балансування навантаження та інших операцій.
- Spring Boot Actuator: для моніторингу та вимірювання продуктивності вашого додатку.
- Spring Cloud Config: Для централізованої управління конфігураціями мікросервісів.
- Spring Cloud Sleuth і Zipkin: Для трасування запитів та аналізу роботи мікросервісів у великій системі.
- MySQL, MongoDB
- Swagger : Для створення документації API.
- Docker та Kubernetes: Для контейнеризації та управління мікросервісами.
- Apache Kafka: Для обробки повідомлень між мікросервісами.
- Логування і моніторинг (наприклад, ELK Stack або Prometheus/Grafana): Для відстеження стану та продуктивності мікросервісів.

## 6. ВИСНОВКИ

Ця стаття досліджує та аналізує резервне копіювання даних як послугу (BaaS), розглядаючи методи, стратегії та платформи, пов'язані з цим видом послуги. У результаті проведеного дослідження виділено переваги використання BaaS у забезпеченні безпеки та

продуктивності в розробці додатків. Зокрема, висвітлено його наукову новизну та практичну значимість для індустрії програмного забезпечення.

Стаття акцентує актуальність резервного копіювання даних як послуги в сучасному інформаційному суспільстві, де зростає обсяг і важливість збереження та захисту даних. Особливий наголос робиться на перевагах VaaS, таких як легкий доступ до резервних копій та ефективно управління даними, особливо у контексті хмарних обчислень.

Детально проаналізовано популярні компанії, що пропонують послуги VaaS, такі як Veeam, Acronis, Commvault, Rubrik та Backblaze, розглядаючи їхні функції та популярність в індустрії. Це надає читачеві контекст щодо вибору підходящого рішення для конкретних потреб та обмежень.

У розділі, присвяченому аналізу існуючих технологій, висвітлено ключові рішення, такі як Amazon S3, Google Cloud Backup та Microsoft Azure Backup. Подано їхні переваги та недоліки, що дозволяє читачеві зробити обґрунтований вибір залежно від конкретних потреб та обставин.

Нарешті, надано приблизну архітектуру системи VaaS, використовуючи UML-діаграму класів. Зображено взаємодію різних компонентів, таких як клієнтський інтерфейс, API Gateway, сервіс резервного копіювання, система зберігання даних та інші. Це надає загальний огляд структури та функціоналу системи VaaS.

Напрямами подальших досліджень є реалізація послуги резервного копіювання та її порівняння з існуючими на ринку продуктами з урахуванням швидкодії, надійності та вартості. Важливим аспектом є розвиток інтеграцій між платформами VaaS та іншими інфраструктурними рішеннями, що сприятиме ще більш ефективному управлінню даними.

## **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Remote backup service [https://en.wikipedia.org/wiki/Remote\\_backup\\_service](https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_backup_service)
2. Amazon S3. URL: <https://aws.amazon.com/s3>
3. Google Cloud Backup. URL: <https://cloud.google.com/solutions/backup-dr>
4. Microsoft Azure Backup. URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/backup>
5. Cloud Backup Showdown. URL: <https://www.cloudwards.net/azure-vs-amazon-s3-vs-google-vs-backblaze-b2/>
6. Amazon S3 vs. Google Cloud Storage vs. Azure pricing, features . URL: <https://www.techtarget.com/searchstorage/feature/AWS-vs-Azure-vs-Google-pricing-and-features-compared>
7. Будівання UML діаграм. URL: <https://plantuml.com/>

# МЕТОДИКА РЕДУКЦІЇ ОБСЯГУ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

Дзиговський В.І.<sup>1</sup>, Рогоза В.С.<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> dzyhovskiy.vladyslav@gmail.com, <sup>2</sup> rosvetnik@gmail.com

Метою роботи є дослідження методик редукції обсягу інформації в системах обробки великих даних. Предметом досліджень є методи зниження розмірностей. Актуальність запропонованих методів виникає із необхідності ефективної редукції обсягу інформації в системах обробки великих даних. В сучасному світі об'єми інформації швидко зростають, і важливо мати засоби для точного відбору, стиснення та аналізу цих даних. Ці методики мають значення як у сферах бізнесу, де необхідно оптимізувати ресурси та приймати рішення на основі обмеженого обсягу інформації, так і у наукових дослідженнях, де зменшення шуму та видалення надлишкових даних дозволяють виявити суттєві зв'язки. Ці методи можуть знайти своє застосування у багатьох галузях, сприяючи оптимізації ресурсів та поліпшенню аналізу даних.

**Ключові слова:** редукція обсягу даних, зниження розмірності, перетворення матриць, простори високої та низької розмірностей, обробка та аналіз даних.

## 1. ОГЛЯД МЕТОДИК РЕДУКЦІЇ ОБСЯГУ ІНФОРМАЦІЇ

### 1.1. Метод головних компонентів

Метод головних компонентів (РСА) є одним із способів зменшити розмірність даних, втративши найменшу кількість інформації. Даний метод використовує ортогональне перетворення множини даних пов'язаних зі зміною у множину змінних без лінійної кореляції, які називаються головними компонентами. Зазвичай використовується два головних компоненти, щоб побудувати дані на площині, тобто двовимірному просторі, і візуально ідентифікувати кластери тісно пов'язаних точок даних (рис. 1) [1, 2].

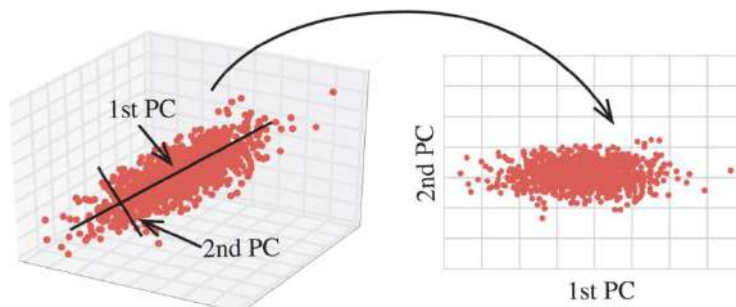


Рисунок 1. Редукція даних методом головних компонентів

Перевагами методу головних компонент є: ефективне зниження розмірності, виявлення найцінніших даних, видалення кореляції, низький вплив шуму, універсальність та простота реалізації.

Недоліками методу головних компонент є: складна інтерпретація даних, потреба у стандартизації даних, відсутність зв'язку між вихідними даними.

### 1.2. Лінійний розділювальний аналіз

Лінійний розділювальний аналіз (LDA) має на меті побудову та відокремлення одних класів від інших шляхом зниження розмірності. Результати можна використовувати як лінійний класифікатор, або щоб зменшити розміри даних перед їх класифікацією. LDA також дозволяє зручно візуалізувати дані, показуючи розміщення точок по класам та моделюючи різницю між ними (рис. 2) [3, 4].

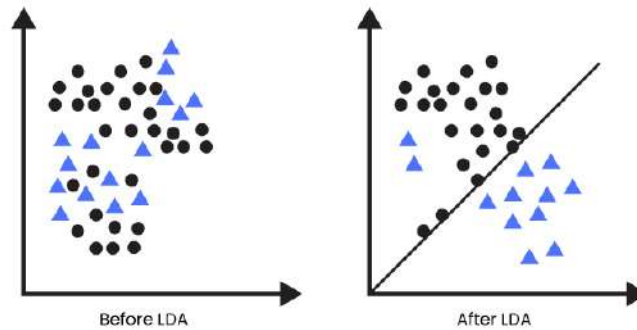


Рисунок 2. Розподіл даних двох класів лінійним розділювальним аналізом

Перевагами лінійного розділювального аналізу є: ефективність при малих спостереженнях, високий розподіл між класами даних, спрощення класифікації даних, проста інтерпретація даних.

Недоліками лінійного розділювального аналізу є: застосовність лише в задачах класифікації, низька точність вихідних даних, дані повинні бути визначеними та розподіленими між класами наперед, обчислювальна складність.

### 1.3. Метод незалежних компонент

Метод незалежних компонент (ICA) використовується для виявлення незалежних компонентів даних у суміші багатьох різних даних. Даний метод є розширенням методу PCA, який поділяє вхідні дані на фактори, які спричиняють спостереження.

Метод знижує розмірність даних за рахунок виділення найважливіших незалежних спостережень з суміші даних, відкидаючи менш важливі. Цей метод часто використовується в задачах розкладу або знаходження сигналів з однієї великої суміші таких сигналів (рис. 3) [5, 6].

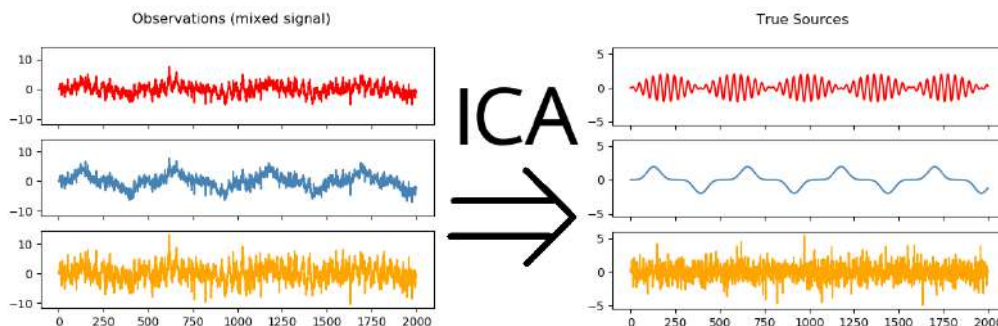


Рисунок 3. Пошук сигналів із суміші сигналів методом ICA

Перевагами методу незалежних компонент є: можливість визначити незалежні компоненти у суміші даних, застосування на практиці при роботі з сигналами, дуже низька чутливість до шуму.

Недоліками методу незалежних компонент є: метод ефективний лише, якщо вхідний сигнал є лінійною комбінацією, зниження розмірності лише наслідок відокремлення знайденого сигналу, чутливість до гіперпараметрів, обчислювальна складність.

#### 1.4. Розклад невід'ємних матриць

Розклад невід'ємних матриць (NMF) – це метод аналізу даних і розкладу матриць на декілька додатних складових матриць, який може бути використаний для зниження розмірності і виділення прихованих структур у вихідних даних.

NMF допомагає знайти структури у вихідних даних шляхом розкладу вихідної матриці на добуток двох невід'ємних матриць меншої розмірності. Одна з цих матриць може розглядатися як набір базових шаблонів або тем, а інша – як коефіцієнти, що вказують на те, як ці шаблони комбінуються для створення вихідних даних (рис. 4) [7, 8].

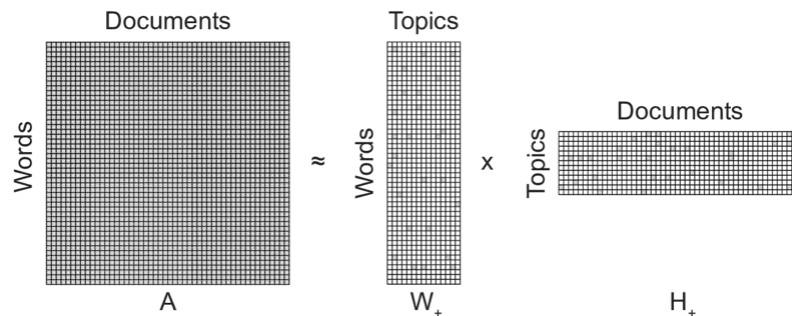


Рисунок 4. Загальний вигляд розкладу невід'ємних матриць

Перевагами розкладу невід'ємних матриць є: легко інтерпретовані результати, обмеження негативних значень, ефективність в аналізі тексту та обробці мов.

Недоліками розкладу невід'ємних матриць є: важкість розрахунку, можлива втрата точності та отримання занадто оптимістичних результатів, висока чутливість до початкових значень, наявність обмеження на тип даних.

#### 1.5. Сингулярний розклад

Сингулярний розклад (SVD) дає чітке представлення матриці, і у той же час дозволяє відкинути менш важливі частини, залишивши близьке представлення бажаної розмірності. В основі метода лежить розклад вихідної матриці на добуток з трьох матриць, кожна з яких менша за розмірами від вихідної (рис. 5). Зменшення розмірності за допомогою SVD допомагає вирішувати проблеми з обробкою та аналізом великих обсягів даних, використанням менше пам'яті та обчислювальних ресурсів [1, 9].

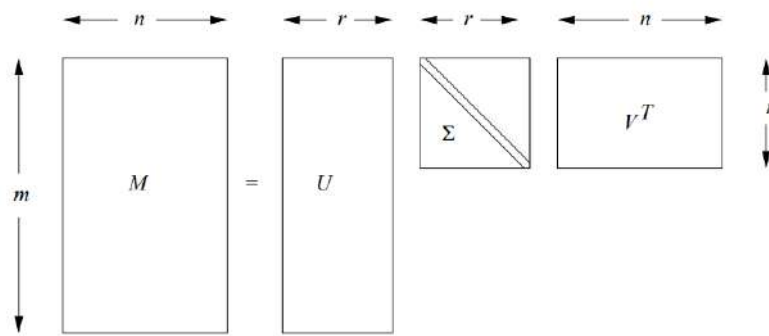


Рисунок 5. Загальний вигляд розкладу невід'ємних матриць

Перевагами сингулярного розкладу є: ефективність у зниженні розмірності, результати відсортовані відповідно до спадання дисперсії, зменшення шуму у даних, може використовуватися для апроксимації матриці, часто застосовується у стисненні комп'ютерних файлів та зображень.

Недоліками сингулярного розкладу є: складна інтерпретація отриманих даних, необхідність у попередній обробці даних, низька ефективність при роботі з розрідженими матрицями.

### 1.6. CUR-декомпозиція

Сингулярний розклад має недолік, коли вихідна матриця сильно розріджена при великій кількості даних. У такому випадку матриці сингулярного розкладу будуть занадто щільними, а це призведе до того, що виділити концепти буде складно.

Даний недолік вирішує CUR-декомпозиція, яка при розрідженій вихідній матриці буде надавати розрідженими матриці розкладу. Метод використовує підмножину рядків, стовпців і елементів оригінальної матриці для створення наближеної розкладеної форми. Рядки та стовпці обираються випадковим способом, але для надання пріоритету більш важливим елементам використовується норма Фробеніуса (рис. 6) [1, 10].

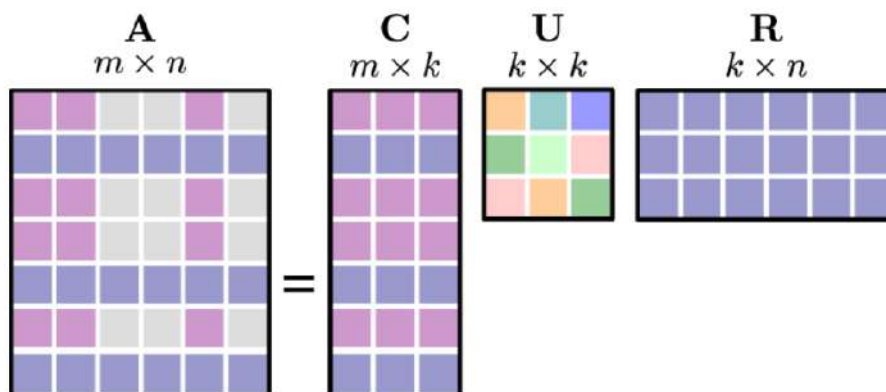


Рисунок 6. Загальний вигляд CUR-декомпозиції

Перевагами CUR-декомпозиції є: можливість вибору більш важливих даних, ефективність обчислення, висока інтерпретованість результатів, зменшене споживання обчислювальних ресурсів, ефективно працює з розрідженими матрицями.

Недоліками CUR-декомпозиції є: можлива втрата інформації, результати залежать від обраних важливих початкових значень, точність залежність від розмірності вибору.

## 1.7. t-розподілене стохастичне вбудовування сусідів

t-розподілене стохастичне вбудовування сусідів (t-SNE) – це метод для візуалізації даних, у якому дані високої розмірності перетворюються у низькорозмірний простір, зазвичай у двовимірний. На меті даного метода є збереження та візуалізація взаємозв'язків між даними, тобто перетворення простору так, щоб схожі дані залишалися близькими, а відмінні дані відділялися.

Метод t-SNE широко використовується для візуалізації даних, а також для перегляду та аналізу складних високорозмірних даних, таких як зображення, текстові або генетичні дані. Візуалізація, отримана через t-SNE, допомагає визначити групи або структури в даних, які важко виявити в початковому високорозмірному просторі (рис. 7) [11, 12].



Рисунок 7. Візуалізації даних методом t-SNE

Перевагами t-SNE є: збереження локальної структури, розпізнавання нелінійних даних, ефективна візуалізація та дослідження даних.

Недоліками t-SNE є: повільне обчислення даних, стохастичний характер може надавати різні результати при кожному запуску, можлива втрата даних, залежність від гіперпараметрів.

## 2. ВИСНОВКИ

У цій статті було розглянуто основні методики редукції обсягу інформації, а саме метод головних компонент, лінійний розділювальний аналіз, метод незалежних компонент, розклад невід'ємних матриць, сингулярний розклад, CUR-декомпозиція та t-розподілене стохастичне вбудовування сусідів. Було визначено їх принципи дії, сильні та слабкі сторони їх використання, за якими можна визначити ефективність кожного методу в тому чи іншому завданні.

У випадку розподілу даних за класами або незалежними зв'язками та їх візуалізації доречно буде використовувати лінійний розділювальний аналіз, метод незалежних компонент та t-розподілене стохастичне вбудовування сусідів. Дані методи є ефективними у дослідженнях та аналізу взаємозв'язків між даними, проте їх ефективність в редукції даних невисока, через часткову або повну втрату значень загальної інформації про спостереження.

Розклад невід’ємних матриць є ефективним у зниженні розмірності, але його реалізація на практиці занадто складна, а розрахунки є нестійкими, що впливає на точність досліджуваних даних.

Метод незалежних компонент, сингулярний розклад та CUR-декомпозиція є найкращим вибором для найбільш ефективної редукції обсягу інформації в системах обробки великих даних, оскільки їх технології направлені саме на зниження розмірності матриць зі збереженням загальної цінності отриманих даних відповідно до кожного спостереження. Реалізація та використання таких методик не є важкою та легко модернізувати під різні завдання, а відсутність пошуку зв’язків між даними дає найбільшу ефективність перетворення даних в багатовимірних просторах.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Leskovec J., Rajaraman A., Ullman J. Mining of Massive Datasets. 2014. P. 429–460.
2. Zheng A., Casari A. Feature Engineering for Machine Learning: Principles and Techniques for Data Scientists. 2018. P. 128–145.
3. Linear Discriminant Analysis, Explained. Towards Data Science. URL: <https://towardsdatascience.com/linear-discriminant-analysis-explained-f88be6c1e00b> (дата звернення: 17.10.2023).
4. Is LDA a dimensionality reduction technique or a classifier algorithm? Towards Data Science. URL: <https://towardsdatascience.com/is-lda-a-dimensionality-reduction-technique-or-a-classifier-algorithm-eeed4de9953a> (дата звернення: 17.10.2023).
5. Introduction to ICA: Independent Component Analysis. Towards Data Science. URL: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-ica-independent-component-analysis-b2c3c4720cd9> (дата звернення: 17.10.2023).
6. Independent component analysis: An introduction. Emerald Insight. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1016/j.aci.2018.08.006/full/html> (дата звернення: 17.10.2023).
7. Non-Negative Matrix Factorization (NMF) for Dimensionality Reduction in Image Data. Towards Data Science. URL: <https://towardsdatascience.com/non-negative-matrix-factorization-nmf-for-dimensionality-reduction-in-image-data-8450f4cae8fa> (дата звернення: 18.10.2023).
8. Optimization and expansion of non-negative matrix factorization. BMC. URL: <https://bmcbioinformatics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12859-019-3312-5> (дата звернення: 18.10.2023).
9. Understanding Singular Value Decomposition and its Application in Data Science. Towards Data Science. URL: <https://towardsdatascience.com/understanding-singular-value-decomposition-and-its-application-in-data-science-388a54be95d> (дата звернення: 19.10.2023).
10. CUR Decompositions, Similarity Matrices, and Subspace Clustering. Frontiers. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fams.2018.00065/full> (дата звернення: 19.10.2023).
11. What, Why and How of t-SNE. Towards Data Science. URL: <https://towardsdatascience.com/what-why-and-how-of-t-sne-1f78d13e224d> (дата звернення: 20.10.2023).
12. Introduction to t-SNE. DataCamp. URL: <https://www.datacamp.com/tutorial/introduction-t-sne> (дата звернення: 20.10.2023).

# ДОСЛІДЖЕННЯ БІБЛІОТЕКИ REACT.JS ДЛЯ ПОБУДОВИ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

Забельський В.В.<sup>1</sup>, Кисельов Г.Д.<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> vovcou1999@gmail.com, <sup>2</sup> g.kyselov@gmail.com [0000-0003-2682-3593]

**Дослідження присвячено вивченню можливостей підвищення доступності веб-інтерфейсів для осіб із обмеженими можливостями. Застосування бібліотеки React.js для розробки інтерфейсів вивчено через використання різноманітних хуків та компонентів, спрямованих на полегшення взаємодії з користувачем. Результати дослідження вказують на ефективність застосування зазначених інструментів у створенні інклюзивних інтерфейсів. Новизною є розгляд практичних аспектів використання бібліотеки та її хуків для досягнення високого рівня доступності, що має вагоме значення в розробці доступних веб-додатків.**

**Ключові слова:** веб-розробка, доступність веб-інтерфейсів, розробка доступних веб-інтерфейсів, обмежені можливості, бібліотека react.js, проблематика розробки доступних веб-інтерфейсів

## 1. ВСТУП

У сучасному цифровому світі, де технології невпинно розвиваються, важливість створення веб-інтерфейсів, доступних для всіх користувачів, набуває безпрецедентного значення. Зокрема, для людей із обмеженими можливостями важливо мати зручний та ефективний інтерфейс, що відповідає їхнім потребам, а отже збільшує і кількість потенціальних користувачів [1].

Ця стаття поглиблюється у сучасні підходи до проектування веб-інтерфейсів, зосереджуючись на використанні бібліотеки React.js. В цій статті досліджуються передові техніки, такі як розширені хуки та компоненти, спрямовані на поліпшення взаємодії та доступності. Аналіз впливу цих інструментів на процес розробки та якість веб-додатків є ключовим аспектом наших досліджень. Цей вступ розкриває необхідність інклюзивних підходів у веб-розробці, визначає мету та актуальність нашої роботи, підкреслюючи значущість створення доступних інтерфейсів для всіх шарів користувачів.

## 2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДОСТУПНОСТІ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ

В сучасному світі інтернет-технологій, проблеми доступності займають центральне місце. Навіть найпрогресивніший веб-інтерфейс втрачає свою цінність, якщо він недоступний для широкого кола користувачів, зокрема, для людей з обмеженими можливостями. Для забезпечення ефективної доступності веб-інтерфейсів важливо керуватися ключовими принципами та дотримуватися міжнародних стандартів, таких як Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) [2–4].

Вловлюваність (Perceivable):

- Альтернативні тексти: Забезпечте альтернативний текст для зображень, щоб користувачі з вадами зору могли отримувати зміст.

- Підписи мультимедійних контентів: Надайте текстові підписи для аудіо та відео, щоб невидимі користувачі могли сприймати зміст.

Здатність до взаємодії (Operable):

- Навігація за допомогою клавіатури: Забезпечте можливість навігації та взаємодії за допомогою клавіатури для користувачів з моторними вадами.

- Достатній час: Дайте користувачам достатній час для сприйняття та реакції на контент.

Зрозумілість (Understandable):

- Послідовність та передбачуваність: Розміщуйте елементи на сторінці послідовно та передбачувано, щоб полегшити сприйняття для всіх користувачів.

- Допомога та підказки: Забезпечте доступ до допоміжних елементів та підказок для розуміння взаємодії та навігації.

Надійність (Robust):

- Сумісність із технологіями: Використовуйте технології, які підтримують стандарти доступності, для забезпечення надійності та сумісності з різними пристроями та платформами.

Стандарти доступності та їх важливість:

Впровадження принципів WCAG – це лише початок. Стандарти, такі як Section 508 в США чи Європейський стандарт EN 301 549, визначають юридичні вимоги до доступності для деяких проектів. Це стимулює розробників та підприємства дотримуватися найвищих стандартів.

Застосування принципів доступності та дотримання стандартів – це зобов'язання перед усією аудиторією, роблячи веб-сайти та додатки доступними для всіх. Такі кроки не тільки сприяють суспільству різноманітності, але й розширюють аудиторію, до якої можна звернутися.

Забезпечення доступності веб-інтерфейсів — це інвестиція у майбутнє, в якому висока якість взаємодії в Інтернеті є доступною для кожного, незалежно від їхніх індивідуальних можливостей чи обмежень [5–7].

### **3. ПРОЕКТУВАННЯ ДОСТУПНИХ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ**

Розробка доступних веб-інтерфейсів – завдання, що вимагає уваги до деталей та розуміння особливостей конкретних фреймворків.

Загальні принципи для всіх фреймворків:

1. Альтернативні тексти: Користувачі повинні мати альтернативні тексти для мультимедійних елементів.

2. Навігація: Структурована та передбачувана навігація полегшує взаємодію клавіатурою та іншими адаптивними технологіями.

3. Контрастність: Важлива контрастність тексту та фону сприяє зручності читання.

4. Послідовність та фокус: Правильна послідовність та візуальна підказка фокусу допомагають користувачам з інвалідністю.

5. Достатній час: Важливо надавати користувачам достатньо часу для взаємодії з контентом.

Загальні принципи для бібліотеки React:

1. Інклюзивні компоненти та їхні характеристики

Використання інклюзивних компонентів, які підтримують різні види взаємодії та сприяють доступності, стає стандартом у веб-розробці. Розглядаються такі характеристики, як семантична структура, правильне використання ARIA-атрибутів та забезпечення навігації за допомогою клавіатури.

## 2. Розширені хуки для доступності

Оглядаються розширені хуки, спрямовані на покращення взаємодії та доступності. Використання хуків, таких як `useFocus`, `useHover`, та `useAriaLive`, надає розробникам інструменти для ефективного керування фокусом, станом наведення та повідомленнями для користувачів [8].

## 3. Тестування та валідація

Досліджується роль тестування у забезпеченні доступності. Представляються підходи до автоматизованого валідаційного тестування за допомогою бібліотек, таких як `react-ally-testing`, та ручного тестування з використанням інструментів, які підтримують взаємодію із засобами читання екрану.

## 4. Забезпечення адаптивності та підтримки всіх засобів

Враховуються питання адаптивності та підтримки різних пристроїв та засобів взаємодії. Особлива увага приділяється мобільним платформам, де важливо забезпечити зручний доступ для всіх користувачів.

Але, у світі React, виникають і унікальні виклики, що варто враховувати. Такі проблеми в розробці на React, як:

### 1. Заголовки у React SPA (Single Page Application):

Створення SEO-оптимізованих та дружніх до відвідувачів заголовків у React SPA може бути викликом через відсутність традиційного оновлення `<title>`.

### 2. Втрата фокусу в React:

При переході між компонентами може виникати проблема втрати фокусу, особливо для користувачів, які використовують клавіатуру для навігації.

### 3. Інструментарій для фокусування:

Відсутність вбудованого інструментарію для ефективного керування фокусуванням може бути проблемою в складних взаємодіях.

### 4. ARIA атрибути для оптимізації доступності

Додавання aria-атрибутів у React-проекти може значно полегшити навігацію та взаємодію для користувачів із спеціальними потребами. ARIA (Accessible Rich Internet Applications) — це набір атрибутів, які надають додаткову інформацію елементам і дозволяють їм взаємодіяти із веб-додатками більш ефективно. Особливо aria атрибути важливі для скрінрідерів [9, 10].

Розробка доступних веб-інтерфейсів у React – це постійний процес, що вимагає уваги до деталей та використання правильних інструментів.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження в області проектування доступних веб-інтерфейсів у React привело до значущих висновків та розробки ефективних рішень для подолання специфічних викликів, які виникають у цьому фреймворку.

Загальні результати:

1. Підвищена доступність контенту: Застосування визначених принципів, таких як альтернативні тексти, контрастність та правильна навігація, сприяє підвищенню доступності веб-інтерфейсів для користувачів з обмеженими можливостями.

2. Оптимізація фокусування: Слід звертати увагу на фокусування та вирішувати проблеми втрати фокусу при взаємодії з React-компонентами, що покращить загальний досвід використання.

### 3. SEO-оптимізація заголовків.

Однією з найактуальніших проблем є недостатня підтримка стандартів доступності в ряді популярних бібліотек та фреймворків, зокрема, React.js. Відсутність вбудованих

інструментів для автоматичної генерації атрибутів ARIA, керування фокусуванням, та підтримки клавішних подій може впливати на користувачів, залежно від їхніх потреб.

Загальні результати досліджень також підкреслили важливість використання сучасних стандартів та практик розробки веб-інтерфейсів, зокрема, використання систем дизайну із вбудованими принципами доступності та впровадження адаптивного дизайну. Підтримка стандартів та використання сучасних технологій дозволяє створювати продукти, які будуть доступні для широкого кола користувачів [11, 12].

Виклики та потреба у подальших дослідженнях:

Попри досягнені успіхи, залишаються відкриті питання та завдання для подальших досліджень. Особливо актуальною є потреба у створенні універсальної бібліотеки-утиліти, яка впроваджуватиме інструменти для роботи з метатегами та заголовками, з фокусуванням, з ARIA-атрибутиками та іншим. Такий інструментарій сприятиме консистентності та ефективності розробки доступних веб-інтерфейсів у React, роблячи цей процес більш доступним для широкого кола розробників.

## 5. ВИСНОВКИ

Виготовлення доступних веб-інтерфейсів для осіб з обмеженими можливостями у фреймворку React виявилось завданням, яке вимагає уважності та системного підходу. Здобуті результати та висновки розкривають ключові аспекти цього дослідження.

Використання фреймворку React дозволяє:

1. Забезпечити доступність веб-додатків і реалізувати важливу соціальну задачу відповідальності та уваги до різних потреб користувачів.

2. React, як популярний фреймворк, може грати ключову роль у реалізації доступних інтерфейсів, використовуючи свої можливості та додаткові інструменти.

3. Створення бібліотеки-утиліт з готовими рішеннями з побудови доступних веб-інтерфейсів на React, сприятиме вирішенню конкретних проблем, в тому числі пов'язаних з фокусуванням та SEO.

Заключні думки:

Дослідження підтверджує, що розробка доступних веб-інтерфейсів у React є важливим завданням, що вимагає поєднання технічної компетентності та врахування потреб кінцевих користувачів. Вдосконалення доступності веб-середовища сприятиме створенню інклюзивного й рівноправного інтернет-простору для всіх.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cooper, A., Reimann, R., & Cronin, D. (2007). *About Face 3: The Essentials of Interaction Design*. Wiley.

2. Tondreau, B. (2014). *Inclusive Design Patterns*. O'Reilly Media.

3. Henry, S. L., & Henry, S. L. (2017). *Just Ask: Integrating Accessibility Throughout Design*. ET\Lawton.

4. W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG). Retrieved from <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/quickref/>

5. Nielsen, J. (1999). *Designing Web Usability: The Practice of Simplicity*. New Riders.

6. *Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability* by Steve Krug. New Riders.

7. Hick's Law - Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hick%27s\\_law](https://en.wikipedia.org/wiki/Hick%27s_law)

8. Don Norman. (2002). *The Design of Everyday Things*. Basic Books.

9. ISO 9241-11:2018 - Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts.

10. Accessibility Principles from the A11y Project. Retrieved from <https://a11yproject.com/principles/>
11. ARIA: Accessible Rich Internet Applications. Retrieved from <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/aria/>
12. React Accessibility. Retrieved from <https://legacy.reactjs.org/docs/accessibility.html>

# ПРОГРАМНИЙ СЕРВІС ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ КОМЕРЦІЙНОЇ КОМПАНІЇ

Кисельов Г.Д.<sup>1</sup>, Гречко Д.М.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>1</sup> g.kyselov@gmail.com , <sup>2</sup> anzh29@gmail.com

**У сучасному бізнес-світі, де швидкість змін та високий рівень конкуренції є нормою, ефективне управління персоналом стає не просто важливим, а критично необхідним фактором успіху. Розвиток технологій відкриває нові горизонти в методах управління людськими ресурсами, дозволяючи компаніям бути більш гнучкими, адаптивними та ефективними. Інтеграція цих технологій у повсякденні управлінські процеси вносить зміни не тільки в способи роботи з персоналом, але й у саме бачення корпоративної культури та стратегії розвитку організації. Ця стаття зосереджується на розумінні того, як сучасні технологічні рішення та методології можуть трансформувати управління персоналом, при цьому не втрачаючи людський вимір, який залишається ключовим у будь-якій управлінській діяльності.**

**Ключові слова:** управління персоналом, система, управління персоналом, ERD.

## 1. ВСТУП

У сучасному діловому світі, де керування людськими ресурсами стає дедалі більш складним і динамічним, потреба в надійній та інтуїтивно зрозумілій HR-системі є більшою ніж коли-небудь. Важливість ефективного управління персоналом не може бути недооцінена, оскільки воно впливає на кожен аспект організації – від загальної продуктивності до задоволеності працівників. З цією метою ми розробили HR-систему, яка використовує передові технології та практики проектування, щоб забезпечити максимальну ефективність та користувацький досвід.

Система побудована на сучасному стеку технологій, включаючи Vue.js для фронтенду та Golang для бекенду, які об'єднуються з PostgreSQL для створення потужної та масштабованої платформи. Vue.js пропонує гнучкий та реактивний інтерфейс користувача, забезпечуючи швидку та плавну взаємодію, яка є критичною для задоволення потреб кінцевих користувачів. Golang, з його перевагами у паралельній обробці та ефективності виконання, лежить в основі нашої бекенд-системи, забезпечуючи високу продуктивність та надійність.

Використання цих сучасних технологій дозволяє HR-системі досягти високого рівня масштабованості та гнучкості, необхідних для адаптації до зростаючих та змінюваних потреб бізнесу. Розроблено систему з урахуванням диференційованих ролей користувачів, надаючи адміністраторам, керівникам команд та звичайним користувачам унікальний доступ до функціоналу, відповідний їхнім потребам.

## 2. АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО СЕРВІСУ

### 2.1. Вимоги до системи

Функціональні вимоги:

#### 1. Управління персоналом:

- Зберігання детальної інформації про співробітників, включно з особистими даними, історією займаних посад, заробітною платою та історією винагород.
- Відстеження кар'єрного зростання та розвитку співробітників, управління цілями та амбіціями.

#### 2. Заробітна плата та бонуси:

- Функціонал для розрахунку та управління заробітною платою, надбавками, бонусами.
- Можливість подання запитів на зміну заробітної плати з подальшим схваленням керівництвом.

#### 3. Відпустки та відгули:

- Управління відпустками: реєстрація запитів на відпустку, відстеження балансу відпусток, схвалення та відхилення запитів.

#### 4. Організаційна структура:

- Візуалізація ієрархії та структури компанії.
- Управління змінами у структурі команд, відділів та підрозділів.

#### 5. Звітність та аналітика:

- Генерація звітів за різними параметрами, включаючи заробітну плату, ефективність та використання відпусток.
- Аналітичні панелі для оцінки даних про персонал та відповідних HR-метрик.

#### 6. Менеджмент прав доступу:

Сервіс включає диференційовану систему прав доступу, що дозволяє адаптувати функціонал до ролей користувачів: адміністратора, керівника команди та звичайного користувача.

- Admin (Адміністратор): Має повний доступ до всіх модулів і функцій системи, включаючи управління користувацькими акаунтами, налаштування прав доступу, перегляд та редагування всіх даних.
- Team Lead (Керівник команди): Має розширені права для керування даними своєї команди, включаючи запити на заробітну плату, відпустки, оцінювання продуктивності та моніторинг KPI.
- User (Користувач): Має доступ до особистої інформації, може подавати запити на відпустку, переглядати свою заробітну плату та історію бонусів, а також оновлювати особисті цілі та амбіції.

### 2.2. Опис ERD (схема "сутність-зв'язок")

За встановленими умовами було розроблено ERD, яка стала основою для комплексної HR-системи, здатної адекватно відображати та обробляти широкий спектр HR-процесів. Ця ERD втілює в собі не тільки структуру зберігання даних, але й динаміку взаємодій між різними сутностями, такими як співробітники, відділи, команди та кар'єрні розвідки.

ERD – це аббревіатура від "Entity-Relationship Diagram" (схема "сутність-зв'язок"), яка є ключовим інструментом в області баз даних та інформаційних систем.

У взаємозв'язку з сучасними розробками, такими як PostgreSQL, яка слугує надійною платформою для зберігання та управління даними, ERD забезпечує швидкий доступ до інформації, високу конкурентоспроможність системи та можливість легкої інтеграції з іншими системами та сервісами [1].

Розробка фроненду з використанням Vue.js та бекенду на базі Golang гарантує, що користувачі отримують не тільки функціональний, але й естетично приємний інтерфейс, водночас забезпечуючи надійність та ефективність бекенд-операцій. Комбінація цих технологій дозволяє системі бути масштабованою, адаптивною до змінних потреб бізнесу та забезпечує високу продуктивність обробки даних.

ERD зображена на рис. 1.

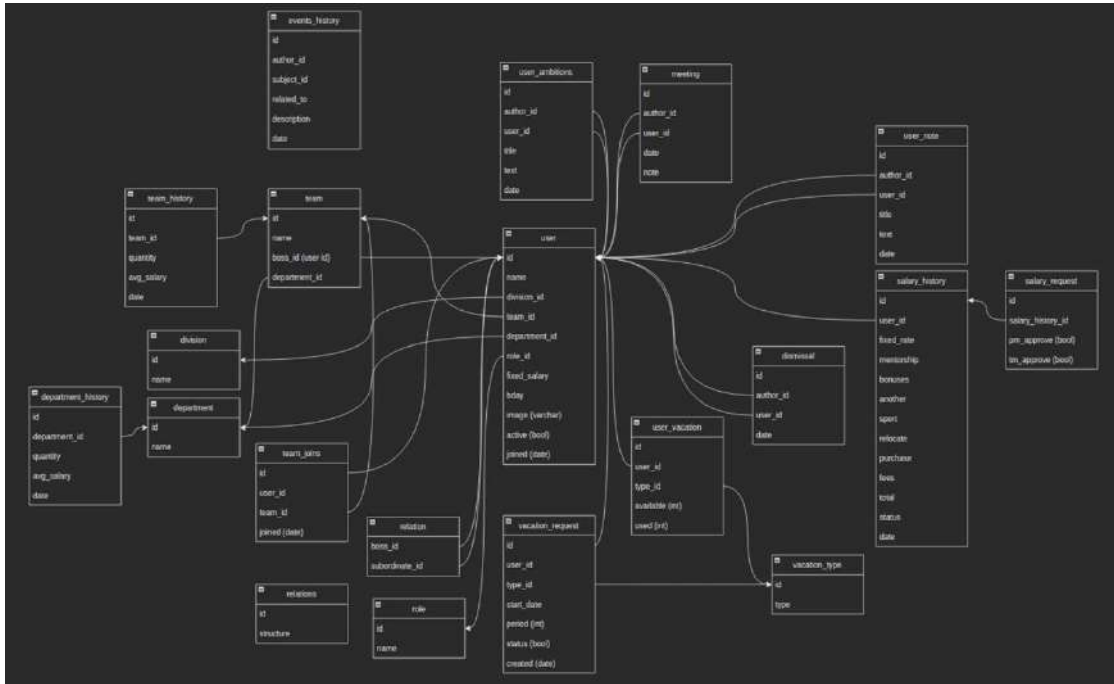


Рисунок 1. ERD

Значення сутностей системи на діаграмі:

1. Сутність **"User"** (Користувач) – Центральна сутність, яка містить інформацію про співробітників, включаючи ім'я, ID підрозділу, команди, відділу, роль, фіксовану зарплату, дату народження, зображення, статус активності та дату приєднання.
2. Сутність **"Division"** (Підрозділ) і **"Department"** (Відділ) – Представляють структурні елементи компанії, кожен з яких має унікальний ідентифікатор та назву. Співробітники (Users) асоційовані з конкретними підрозділами і відділами.
3. Сутність **"Team"** (Команда) – Описує команди в межах компанії, включаючи ідентифікатор команди, назву, ID керівника команди та ID відділу.
4. Сутність **"Role"** (Роль) – Визначає ролі співробітників у компанії, має унікальний ідентифікатор та назву ролі.
5. Сутності **"team\_history"**, **"department\_history"** – Містять історичні дані про команди та відділи, відповідно, включаючи кількість співробітників, середню зарплату та дату.
6. Сутність **"Relation"** (Взаємозв'язок) – Визначає відносини між співробітниками, зокрема керівника та підлеглих.
7. Сутності **"salary\_history"**, **"salary\_request"** – Записують історію зарплат та запити на зміну зарплати, включаючи інформацію про ставки, надбавки, бонуси тощо.
8. Сутність **"user\_vacation"**, **"vacation\_request"**, **"vacation\_type"** – Управління відпустками, включаючи доступні та використані години, типи відпусток, статуси запитів на відпустку.

9. Сутність "meeting", "user\_note" – Записи зустрічей та нотатки, пов'язані з конкретними користувачами, їх дати та текст.

10. Сутність "user\_ambitions" – Цілі та прагнення співробітників, описані через заголовки та текст.

11. Сутність "events\_history" – Історія подій, пов'язаних зі співробітниками, таких як дати та описи подій.

Ці сутності з'єднані між собою за допомогою зв'язків, що відображають структуру та процеси в організації. Зв'язки між сутностями забезпечують інтеграцію даних і можливість проводити комплексний аналіз. Наприклад, зв'язок між "User" та "Role" дозволяє визначити роль кожного співробітника, а зв'язок між "User" та "salary\_history" дозволяє слідкувати за історією заробітної плати.

### 3. ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМНОГО СЕРВІСУ

#### 3.1. Інтерфейс користувача

Профіль співробітника в HR-системі є централізованим джерелом для усієї важливої інформації, що стосується конкретного працівника [2]. Інтерфейс зображено на рис. 2. Це не тільки збірник основних персональних даних, але й аналітичний інструмент, який відображає динаміку змін заробітної плати, надбавок, бонусів та інших компонентів винагороди.

Профіль містить детальну інформацію, таку як стаж роботи в компанії, дату народження, організаційну роль та місце у структурі компанії. Також він надає інтуїтивно зрозумілі графіки та діаграми, що ілюструють місячні зміни в оплаті праці, включаючи основну ставку, надбавки за менторство, бонуси та інші виплати. Ця візуалізація допомагає виявляти тенденції та аналізувати зміни у заробітній платі, що може бути корисно для планування бюджету, проведення переговорів про підвищення зарплати та аналізу ефективності винагороди.

Крім того, профіль включає показники зростання зарплати працівника за рік та зміни в основній ставці, які виділені на профілі для швидкого доступу та оцінки. Ці показники є важливими для визначення загальної компенсаційної стратегії та для відстеження ефективності інвестицій у персонал.

Особистий профіль у HR-системі є потужним інструментом, який відіграє ключову роль в управлінні персоналом, дозволяючи HR-менеджерам та керівникам отримувати глибокий аналіз кожного співробітника індивідуально, що сприяє більш обґрунтованому прийняттю рішень.

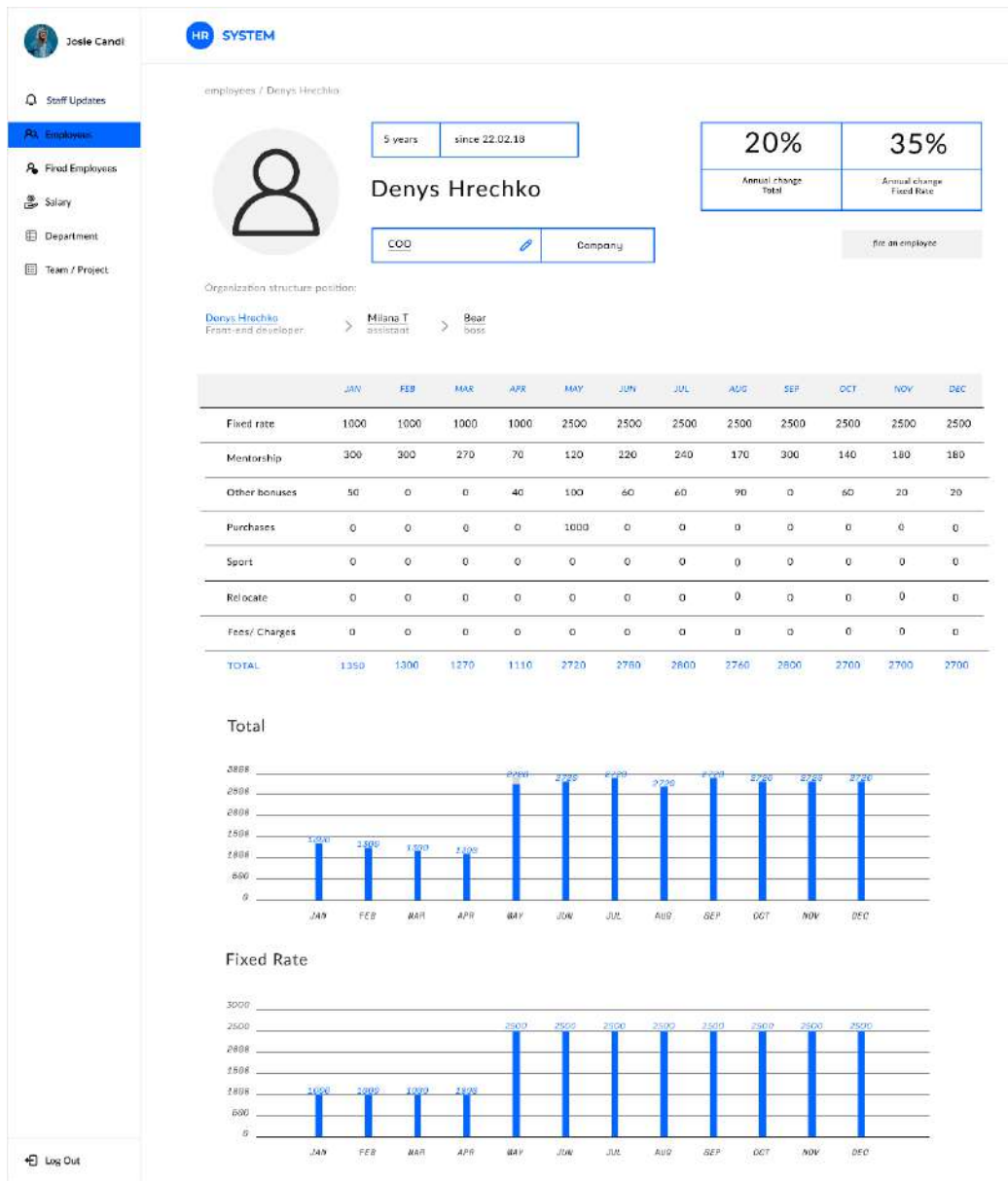


Рисунок 2. Інтерфейс користувача

### 3.2. Інтерфейс структури компанії

Ключовим елементом будь-якої сучасної HR-системи є її здатність надати чітке уявлення про структуру управління організацією. В нашій HR-системі це досягається за допомогою модуля "Структура компанії", який зображено на рис. 3, який візуалізує ієрархічні відносини між співробітниками, визначаючи їхні ролі та позиції в організаційній ієрархії. Цей інструмент не тільки допомагає у визначенні поточних зв'язків між різними рівнями управління, але й підтримує планування змін та розвитку внутрішньої структури компанії.

Використання графічних засобів для представлення структури компанії дозволяє легко ідентифікувати лінійних керівників, підлеглих та команди проектів, а також сприяє кращому розумінню внутрішніх процесів [3]. Наприклад, можна одразу побачити, хто є керівником певного відділу, кому підпорядковані певні співробітники, та як розподілені ролі в рамках проектної команди. Це створює прозорий та інтуїтивно зрозумілий досвід для управління

персоналом, що є надзвичайно важливим для великих організацій із складними структурами [4].

Також, цей інструмент підкреслює зв'язки між співробітниками та їх ролями в організації, що може бути використано для розробки планів кар'єрного зростання, навчальних програм та для оптимізації командної взаємодії. Централізоване управління даними про структуру компанії також полегшує аналіз внутрішніх потоків талантів та виявлення ключових позицій, що потребують зміцнення або розвитку [5].

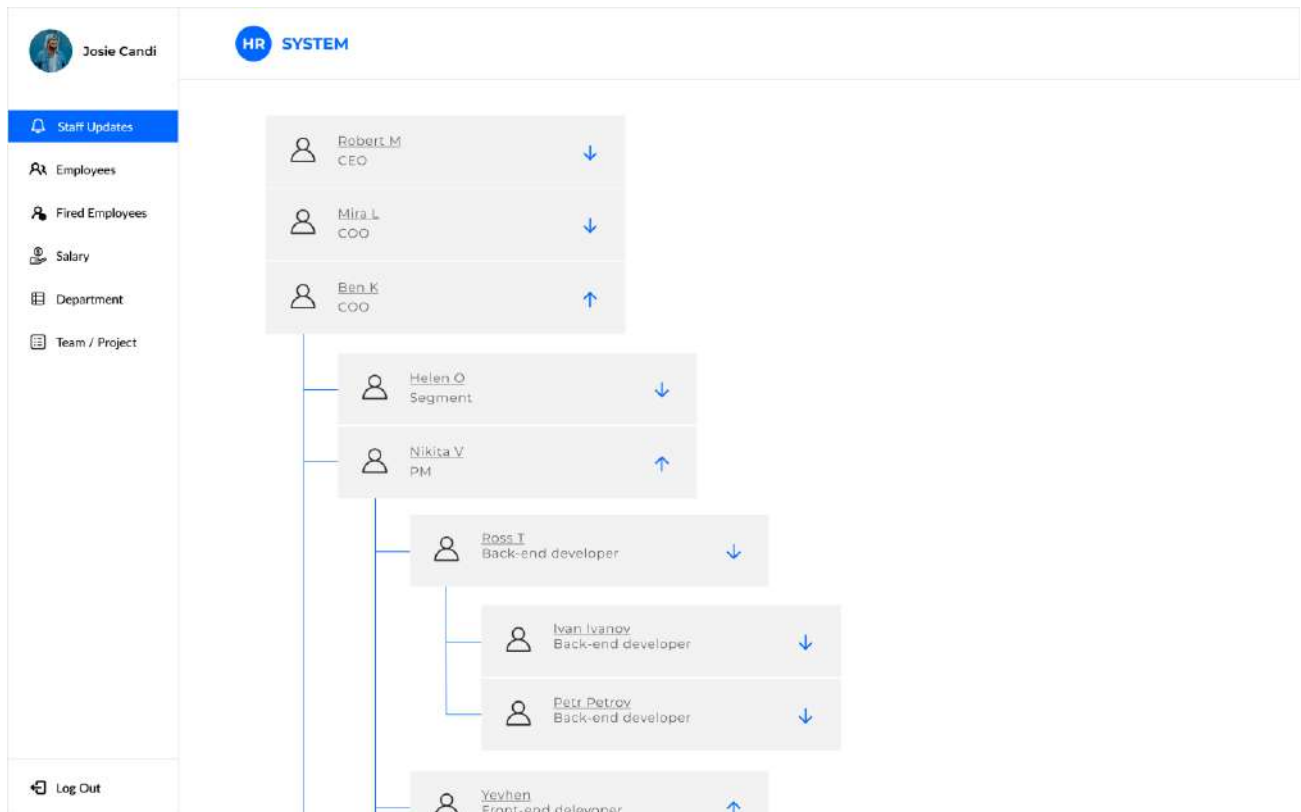


Рисунок 3. Інтерфейс структури компанії

## 4. ВИСНОВКИ

У світлі розвитку сучасних технологій та постійного вдосконалення методів управління персоналом, розробка і впровадження розробленої HR-системи у комерційній компанії може налагодити менеджмент персоналу та бути одним з основних факторів розвитку компанії. Використання передових технологій, таких як PostgreSQL, Vue.js, та Golang, у комбінації з добре спланованою ERD (Схемою "сутність-зв'язок"), зрозумілим інтерфейсом, забезпечило створення системи, яка не тільки відповідає поточним потребам ринку, але й готова до майбутніх викликів.

Система управління персоналом має ряд функцій, які корелюють з деякими конкретними методологіями управління персоналом. Ось як це виглядає:

1. Компетентнісний підхід: Система підтримує ідентифікацію та розвиток ключових навичок та компетенцій працівників, особливо через індивідуалізовані профілі та нотатки про розвиток співробітників.

2. HR-бізнес партнерство: Система дозволяє HR-фахівцям тісно співпрацювати з різними департаментами та командами, забезпечуючи взаєморозуміння та підтримку бізнес-цілей.

3. Agile HR: Гнучкість системи, яка дозволяє швидко реагувати на зміни, адаптувати структури команд та відділів, а також легко управляти відсутностями співробітників, відповідає принципам Agile.

4. Evidence-based HR: Система дозволяє збирати та аналізувати дані про співробітників, що сприяє прийняттю обґрунтованих рішень у сфері управління персоналом.

5. Performance Management: Можливість ведення нотаток та оцінка продуктивності працівників через систему відповідає основним принципам управління продуктивністю [7].

6. Талант-менеджмент: Система підтримує ідентифікацію, розвиток та утримання талантів, особливо через індивідуалізовані профілі та кар'єрне планування.

7. Lean HR: Автоматизація процесів, зокрема у сфері заробітної плати та управління відпустками, сприяє оптимізації ресурсів та підвищенню ефективності HR-функцій [6].

8. Transformational HR: Система може сприяти інноваціям та змінам в організації, забезпечуючи платформу для адаптації та розвитку організаційних структур [8].

Система надає платформу, яка відповідає багатьом сучасним підходам управління персоналом, забезпечуючи гнучкість, ефективність та стратегічне планування в управлінні людськими ресурсами.

## **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. "PostgreSQL Official Website." URL: <https://www.postgresql.org/> (Дата звернення: 18.11.2023).

2. "User Interface (UI) Design." Interaction Design Foundation. URL: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ui-design> (Дата звернення: 18.11.2023).

3. "Agile HR: A Comprehensive Guide." Pelago Health. URL: <https://www.pelagohealth.com/resources/hr-glossary/agile-hr/> (Дата звернення: 18.11.2023).

4. Mishra, Paritosh. "Research on the construction and implementation of intelligent human resource management system." Routledge Focus on Business and Management, 2021, vol. 12. (Дата звернення: 18.11.2023).

5. Meijerink, Jeroen. "Design and implementation of human resource information management system." The International Journal of Human Resource Management, 2021, vol. 6. (Дата звернення: 18.11.2023).

6. "Lean HR: Streamlining Processes and Procedures." AIHR. URL: <https://www.aihr.com/blog/lean-hr/> (Дата звернення: 18.11.2023).

7. "Performance Management - Overview, Components, Importance." Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/p/performance-management.asp> (Дата звернення: 18.11.2023).

8. "HR Transformation: Reimagining Human Resources." Gartner. URL: <https://www.gartner.com/en/human-resources/topics/hr-transformation> (Дата звернення: 18.11.2023).

# РОЗРОБКА БІБЛІОТЕКИ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ВЕБ ІНТЕРФЕЙСІВ МЕДИЧНИХ ПЛАТФОРМ З ВИКОРИСТАННЯМ БІБЛІОТЕКИ REACT.JS

Кисельов Г.Д.<sup>1</sup>, Коваль Д.О.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>1</sup> kyselov@gmail.com [0000-0003-2682-3593], <sup>2</sup> koval.diana@lil.kpi.ua

Незважаючи на прогрес у галузі інформаційних технологій, медична сфера досі істотно відстає у впровадженні сучасних підходів до створення користувацьких інтерфейсів. Більшість наявних медичних систем мають застарілі, неінтуїтивні інтерфейси, що ускладнює роботу лікарів та погіршує досвід пацієнтів. Ця проблема значно загострилася під час пандемії COVID-19. Існує нагальна потреба у створенні сучасних медичних платформ зі зручними інтерфейсами. Реалізація спеціалізованої бібліотеки React компонентів може суттєво пришвидшити розробку таких систем та поліпшити досвід взаємодії в медичній сфері. Обґрунтування необхідності розробки такої бібліотеки представлено в даній роботі.

**Ключові слова:** UX, ReactJS, охорона здоров'я, медичні інформаційні системи, адаптивний інтерфейс, цифровізація медицини, компоненти.

## 1. ВСТУП

Сучасні медичні інформаційні системи та платформи вимагають створення інтуїтивних та зручних веб інтерфейсів як для лікарів, так і для пацієнтів. Швидкість розробки, можливість повторного використання коду та гнучкість інтерфейсу є ключовими факторами успіху таких рішень. Однією з найпопулярніших технологій для створення сучасних веб додатків є фреймворк React – JavaScript для побудови користувацьких інтерфейсів.

React дозволяє будувати швидкі односторінкові застосунки з можливістю багаторазового використання компонентів інтерфейсу. Це ідеально підходить для розробки складних медичних платформ, де потрібно відображати великі обсяги даних в інтерактивному режимі. Крім того, екосистема React містить багато готових бібліотечних інтерфейсів користувача (User Interface – UI) з широким спектром компонентів.

Проте більшість існуючих бібліотек не враховують специфіку саме медичних додатків. Розробка власної бібліотеки React компонентів, оптимізованих для охорони здоров'я, дозволить значно пришвидшити створення якісних медичних платформ та сфокусуватися на бізнес-логіці.

У цій статті детально розглянемо процес створення спеціалізованої React бібліотеки UI компонентів для медичних веб додатків та особливості її застосування.

## 2. ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕДИЦИНІ

Незважаючи на стрімкий розвиток інформаційних технологій, медична галузь істотно відстає у їх впровадженні. За даними дослідження Emerging Healthcare Technologies (2020),

лише 20% лікарень у США використовують хмарні технології, 25% – телемедицину, а 45% – штучний інтелект.

Це значно повільніше, ніж в інших галузях. Наприклад, за даними Flexera (2021), 93% компаній вже використовують хмарні сервіси [1]. Така відсталість медицини уповільнює розробку сучасних медичних інформаційних систем з інтуїтивним та зручним інтерфейсом.

Багато лікарень досі використовують застаріле програмне забезпечення зі складними неінтуїтивними інтерфейсами, що ускладнює роботу медиків. Поширені електронні медичні картки (EHR) часто мають незручну навігацію, складний пошук та введення даних [2].

Це призводить до зниження продуктивності лікарів та підвищення ймовірності помилок. За дослідженням Stanford Medicine (2017), лікарі витрачають в середньому по 2 години на роботу з EHR на кожну годину безпосередньо з пацієнтом [3].

Проблема зручності користувацького інтерфейсу особливо загострилася під час пандемії COVID-19, коли потреба в ефективних цифрових інструментах різко зростає. Усунення затримок у впровадженні новітніх технологій, зокрема створення сучасних медичних платформ, є критично важливим для розвитку галузі.

Існує нагальна потреба в модернізації інтерфейсів медичних інформаційних систем шляхом використання сучасних підходів на кшталт React, що дозволить підвищити ефективність медичних працівників та рівень обслуговування пацієнтів.

### **3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ REACTJS ЯК БАЗИ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ**

ReactJS є одним з найпопулярніших і затребуваних фреймворків для розробки сучасних веб додатків. За даними Statista [4], у 2022 році React використовували 63% розробників веб додатків. Його можливості ідеально підходять для створення складних медичних платформ:

- Висока продуктивність. React використовує віртуальну об'єктну модель документа (Document Object Model – DOM, що дозволяє оптимізувати рендеринг інтерфейсу. За тестами UI Electric, React демонструє до 32% вищу продуктивність за інші фреймворки. Це критично важливо при роботі з великими обсягами медичних даних.
- Гнучкість. Можливість створення повторно використовуваних компонентів дозволяє легко масштабувати інтерфейс під різні потреби. Компонентний підхід React спрощує розробку адаптивних інтерфейсів.
- Спрощення розробки. В React всі компоненти містять логіку, стан та стилі в одному файлі (JSX), що полегшує розуміння і підтримку коду. За опитуванням Clever-Cloud, 84% розробників вважають React простішим у використанні за інші фреймворки.
- Екосистема. React має величезну спільноту (понад 1 млн розробників) та широкий набір готових рішень, що прискорює створення складних додатків.
- Сумісність. React компоненти можуть взаємодіяти з іншими бібліотеками, сервісами та API за допомогою REST та GraphQL. Це дає гнучкість при інтеграції з медичними системами.

ReactJS поєднує швидкість, масштабованість, гнучкість та зручність підтримки коду. Це робить його ідеальним вибором як основу для створення сучасних медичних платформ, що повинні ефективно працювати з великими обсягами даних та складним інтерфейсом.

### **4. ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ КОРИСТУВАЧА**

Вимірювання ефективності користувацького досвіду (User Experience – UE) є важливим етапом у розробці будь-якої платформи, особливо в медичній галузі. Адже від дизайну і зручності інтерфейсу може залежати здоров'я пацієнтів.

Для вимірювання UX ефективності розробленого продукту використовують як кількісні, так і якісні методики [5]. До кількісних належать вимірювання показників конверсії, швидкості виконання завдань, кількості помилок тощо. Серед якісних – опитування користувачів, аналіз емоційних реакцій, спостереження за роботою з інтерфейсом [6].

Для React бібліотеки компонентів доцільно використовувати як кількісні метрики – час завантаження сторінки, кількість кліків для виконання певного завдання, так і якісні – задоволеність користувачів, емоційні реакції під час тестування.

Оскільки бібліотека компонентів React призначена для медичних платформ, критично важливо забезпечити високу ефективність UX. Адже помилки в інтерфейсі можуть призвести до неправильного лікування чи діагностики.

Для вимірювання UX ефективності доцільно використовувати інструменти, такі як Google Analytics [7], Hotjar [8], Mixpanel [9]. Вони дозволяють збирати кількісні дані про поведінку користувачів, а також записувати їх взаємодію з інтерфейсом для подальшого аналізу.

Окрім цього, варто регулярно проводити А/В (порівняння двох варіантів вебсторінки) тестування різних версій компонентів, щоб виявляти найбільш ефективні рішення. Такий підхід дозволить оптимізувати UX поступово, на основі реальних даних. Комбінація кількісних і якісних методів вимірювання UX дозволить створити React компоненти максимально зручними і ефективними для медичних платформ. А це, в свою чергу, сприятиме підвищенню якості медичних послуг та безпеки пацієнтів.

## 5. БАЛАНСУВАННЯ ПОТРЕБ КОРИСТУВАЧІВ

При розробці бібліотеки компонентів для медичних платформ важливо враховувати потреби різних груп користувачів: лікарів, пацієнтів, адміністраторів та інших. Їх вимоги до інтерфейсу можуть суттєво відрізнятись, тому UX дизайнерам доводиться шукати компроміси.

Лікарі потребують швидкого доступу до медичних даних пацієнтів та зручних інструментів для ведення історій хвороб. Пацієнти ж більше цінують простоту навігації, доступність інформації та конфіденційність.

Одне з можливих рішень – створити різні інтерфейси для лікарів і пацієнтів. Це дозволить оптимізувати UX під конкретну аудиторію. Проте підтримка двох окремих інтерфейсів потребує більших ресурсів на розробку та тестування.

Тому часто обирають створення єдиного інтерфейсу з адаптивним UX дизайном. Наприклад, для лікарів передбачити більш детальні медичні дані та спеціалізовані інструменти, а для пацієнтів – спрощену термінологію і можливість приховати складну інформацію.

При розробці React компонентів для медичних додатків доцільно реалізувати такі можливості:

- Перемикання між режимами "Лікар" та "Пацієнт";
- Відображення різних наборів даних для лікарів і пацієнтів;
- Спрощені тексти та термінологія для пацієнтів;
- Додаткові медичні інструменти для лікарів;
- Налаштування конфіденційності і доступу до даних.

Такий підхід дозволить створити універсальну бібліотеку компонентів з адаптивним інтерфейсом, яка задовольнятиме потреби різних груп користувачів медичних додатків.

Окрім лікарів і пацієнтів, варто враховувати вимоги компаній-замовників та інвесторів. Часто вони фокусуються на метриках залученості користувачів, конверсії та зростання аудиторії. Ці цілі не завжди збігаються з UX оптимізацією для лікарів і пацієнтів.

Тому важливо знайти баланс між потребами всіх користувачів, надаючи пріоритет якості медичних послуг та безпеці пацієнтів. Гнучка React бібліотека компонентів з адаптивним інтерфейсом стане оптимальним рішенням.

## **6. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У МЕДИЦИНІ**

Штучний інтелект (Artificial Intelligence – AI) відкриває значні можливості для розвитку сучасних медичних інформаційних систем та покращення їх інтерфейсів. AI дозволяє аналізувати величезні масиви медичних даних для виявлення прихованих закономірностей, підтримки прийняття клінічних рішень, прискорення діагностики тощо [10].

Наприклад, компанія Arterys використовує AI для аналізу серцевого магнітно-резонансного зображення та оцінки функції лівого шлуночка серця. Це дозволяє значно прискорити діагностику серцевих захворювань [11].

За даними Stanford Medicine (2020), AI система CheXNet демонструє точність у діагностиці пневмонії на рентгенівських знімках на рівні 96,6% – порівняно з 79% у лікарів-рентгенологів [12].

За даними Philips (2022), 67% лікарів зазначають, що на ефективність використання AI в клінічній практиці значно впливає якість інтерфейсу користувача [13].

## **7. ПЕРЕЛІК ПРОПОНОВАНИХ КОМПОНЕНТІВ БІБЛІОТЕКИ**

Для прискорення розробки медичних додатків на React пропонується наступний набір компонентів:

- Картка пацієнта з основною інформацією;
  - Картка лікаря з необхідною інформацією;
  - Історія хвороби з хронологією записів;
  - Календар призначень і прийомів;
  - Графіки медичних показників;
  - Рецепти та призначення;
  - Модальні вікна попереджень і повідомлень;
  - Форми введення медичних даних;
  - Таблиці для відображення аналізів і досліджень;
- Елементи навігації і фільтрації даних.

Кожен компонент матиме налаштовувані властивості, щоб гнучко адаптувати інтерфейс під потреби користувачів.

Приклад створення медичного інтерфейсу на React з власними компонентами (Рис. 1):

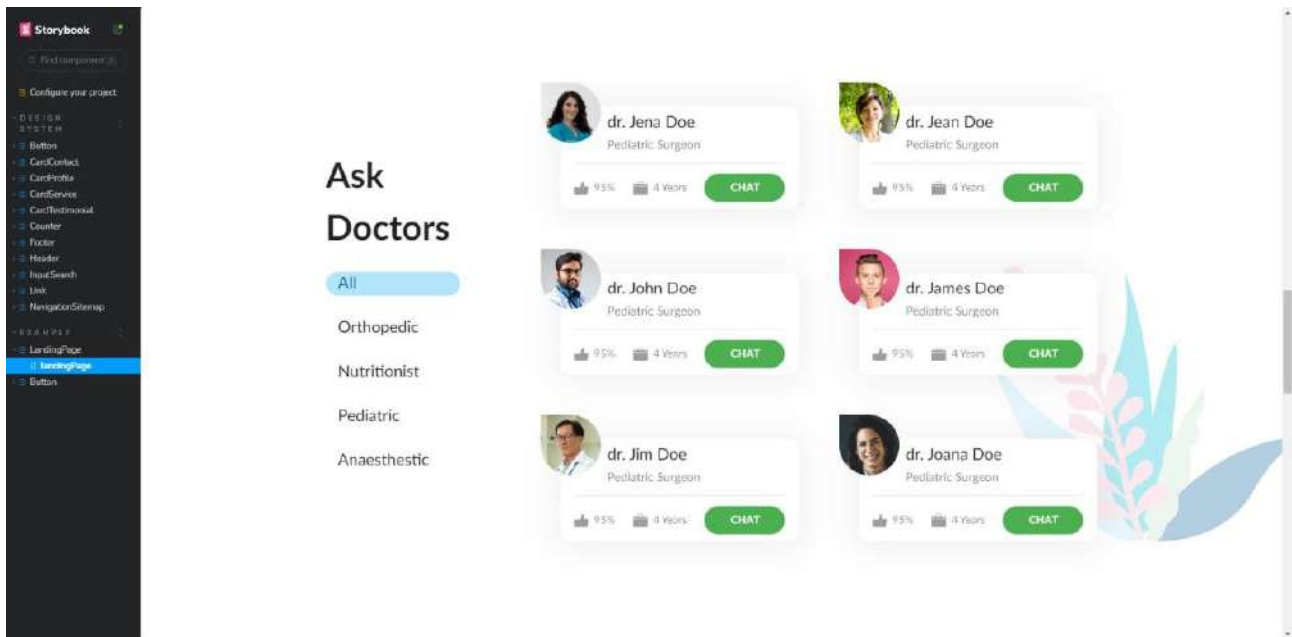


Рисунок 1. Інтерактивна картка лікаря, фільтри

Такий підхід дозволяє швидко створювати медичні інтерфейси, комбінуючи готові оптимізовані компоненти.

## 8. ВИСНОВКИ

Розробка спеціалізованої бібліотеки React компонентів для медичних веб додатків є перспективним напрямком, що дозволить значно пришвидшити створення сучасних медичних інформаційних платформ.

Незважаючи на зростання обсягів медичних даних та широке впровадження інформаційних технологій в інших галузях, охорона здоров'я досі істотно відстає у цифровізації. Більшість наявних медичних систем мають застарілі, неінтуїтивні інтерфейси, що ускладнює роботу лікарів та погіршує досвід пацієнтів.

Існує нагальна потреба у створенні сучасних медичних платформ зі зручними веб інтерфейсами. React дозволяє ефективно і швидко будувати такі інтерфейси з можливістю багаторазового використання компонентів. Розробка власної бібліотеки React елементів інтерфейсу спеціально для медичних додатків оптимізує цей процес.

Така бібліотека повинна враховувати потреби різних груп користувачів, зокрема лікарів, пацієнтів, адміністраторів. Використання адаптивного підходу дозволить створити універсальні компоненти з гнучкими налаштуваннями інтерфейсу. Обов'язковим є тестування UX ефективності за допомогою кількісних та якісних методів.

Застосування ReactJS та спеціалізованої бібліотеки компонентів дасть змогу прискорити розробку сучасних медичних платформ з інтуїтивними веб інтерфейсами. Це сприятиме підвищенню ефективності медичних працівників, поліпшенню обслуговування пацієнтів та розвитку галузі в цілому.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Flexera, “State of the Cloud Report”, 2021. URL: <https://www.flexera.com/about-us/press-center/flexera-releases-2021-state-of-the-cloud-report> (дата звернення 08.11.2023).
2. The Office of the National Coordinator for Health Information Technology, “Improving Clinical Workflow in EHRs”, 2019.

URL: <https://www.healthit.gov/sites/default/files/page/2021-02/ONC-LEAP-in-Health-IT-SEN-FY2021.pdf> (дата звернення 08.11.2023).

3. Stanford Medicine, “Alleviating physician burnout through EHR optimization”, 2017. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8068431/> (дата звернення 08.11.2023).

4. Statista React usage. URL: <https://www.statista.com/statistics/1124699/worldwide-developer-survey-most-used-frameworks-web/> (дата звернення 13.11.2023).

5. NNGroup, “Quantitative vs. Qualitative Usability Testing”. URL: <https://www.nngroup.com/articles/quant-vs-qual/> (дата звернення 11.11.2023).

6. “System Usability Scale”. URL: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html> (дата звернення 13.11.2023).

7. Google analytics tool. URL: <https://analytics.google.com/analytics/web/> (дата звернення 13.11.2023).

8. Hotjar analytics tool. URL: <https://www.hotjar.com/> (дата звернення 13.11.2023).

9. Mixpanel analytics tool. URL: <https://mixpanel.com/> (дата звернення 13.11.2023).

10. Accenture, “AI: Built for Healthcare”, 2021. URL: <https://www.accenture.com/au-en/insights/health/artificial-intelligence-healthcare> (дата звернення 08.11.2023).

11. Arterys, “AI Assisted Cardiac MRI Software”. URL: <https://www.arterys.com/cardio-radiology-ai-platform> (дата звернення 08.11.2023).

12. Stanford Medicine, “AI system outperforms radiologists in diagnosing pneumonia”, 2020. URL: <https://news.stanford.edu/2017/11/15/algorithm-outperforms-radiologists-diagnosing-pneumonia/> (дата звернення 08.11.2023).

13. Philips, “Survey: AI in Radiology”, 2022. URL: <https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/standard/news/articles/2022/20220714-philips-future-health-index-2022-identifies-radiology-leaders-as-the-true-early-adopters-of-ai-and-predictive-analytics-in-healthcare.html> (дата звернення 08.11.2023).

# РОЗРОБКА WORDPRESS ПЛАГІНА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ФАЙЛОВОЮ СИСТЕМОЮ

Кисельов Г.Д.<sup>1</sup>, Таран А.І.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>1</sup> g.kyselov@gmail.com [0000-0003-2682-3593], <sup>2</sup> anastasiataran2000@gmail.com

**WordPress залишається найбільш популярною та універсальною системою управління контентом (CMS), яка ідеально підходить для широкого спектру проектів – від особистих сайтів до об'ємних порталів та інтернет-магазинів. Його популярність базується не лише на стандартному наборі функціоналу, але й на можливості розширення завдяки плагінам. Проте, в сучасному інструментарії для веб-розробки, такому як WordPress, виникає необхідність в більш "розумному" керуванні файлами та структурами відображення. Розробка плагіну, спрямованого на автоматизацію цих процесів, є вкрай актуальною у сучасному цифровому середовищі. Такий плагін дозволить вирішити поточні виклики і потреби користувачів, пропонуючи ефективний та інтуїтивно зрозумілий інструментарій для управління файлами та їхнього представлення. Ідея та актуальність розробки WordPress плагіна для керування файловою системою представлено у даній роботі.**

**Ключові слова: WordPress, CMS, плагін, веб-розробка, файловий менеджер, керування файловою системою, оптимізація та продуктивність, UX/UI веб-інтерфейсу.**

## 1. ВСТУП

За останні роки веб-розробка стала неабияк активним та популярним напрямком, привертаючи увагу великого кола людей завдяки своїй доступності та зручності у створенні різноманітних веб-проектів. Однак із зростанням складності проектів та вимог до їхньої динамічності з'являється необхідність у високоефективних інструментах для управління контентом.

Із величезною кількістю проектів та вимогами щодо оперативності впровадження змін, системи управління контентом (CMS) стали визначальним елементом веб-розробки. Однією з найпопулярніших та універсальних CMS є WordPress [1]. Його популярність ґрунтується не лише на широких можливостях базового функціоналу, але й на можливості його розширення завдяки плагінам [2].

Незважаючи на успішність та гнучкість WordPress, сучасний веб-розвиток вимагає більш "розумного" керування файлами та структурами відображення. Саме ця прогалина стає об'єктом уваги даного дослідження. На сьогоднішній день відсутність інтелектуальної системи керування файлами у WordPress створює реальну проблему для тих, хто прагне ефективно та продуктивно управляти вмістом своїх веб-проектів.

У цьому контексті запропоновано розробку комерційного плагіну, спрямованого на раціоналізацію та автоматизацію управління файловою системою WordPress-сайтів. Цей плагін ставить за мету вирішення поточних викликів та потреб користувачів, надаючи

ефективний та інтуїтивно зрозумілий інструмент для керування файлами та їхнього візуального представлення.

Очікується, що розроблений плагін значно підвищить продуктивність користувачів, спростивши процес управління контентом на їхніх WordPress-сайтах. Це дослідження націлене на вироблення високоякісного та ефективного рішення, яке зможе забезпечити нові можливості та покращити функціональність одного з найпопулярніших інструментів веб-розробки – WordPress.

## **2. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАГІНА WORDPRESS**

### **2.1. Аналіз поточного стану плагіна WordPress**

На сьогоднішній день плагін для керування файловою системою вже успішно реалізований та функціонує як повноцінний продукт. Його базовий функціонал, такий як завантаження файлів, введення даних про рік створення та авторів завантажених матеріалів, вибір категорій, до яких відносяться завантажені матеріали і відображення цієї інформації на веб-сайтах, повністю відповідає вимогам. Проте, оскільки мета полягає в створенні комерційного продукту, який має задовольняти високим стандартам та вимогам користувачів, існуючий функціонал визнається базовим і вимагає подальших вдосконалень та розширень.

Мета дослідження – забезпечити користувачам більш інноваційний і ефективний інструмент для управління файловою системою WordPress, тому поточний плагін планується вдосконалити та розширити з урахуванням сучасних вимог та тенденцій у сфері веб-розробки.

### **2.2. Вимоги до плагіна WordPress**

Реалізація високоефективного та функціонального плагіна для системи управління контентом WordPress передбачає врахування ряду ключових вимог [3], які сприяють оптимальній взаємодії з платформою та забезпечують використання користувальницького досвіду. Розглядаються наступні ключові аспекти для розширення функціоналу існуючого плагіна WordPress.

#### **2.2.1. Створення динамічного списку полів даних про файл**

Однією з ключових вимог до комерційного плагіна є можливість створення та редагування динамічного списку полів даних для кожного файлу. Це означає, що користувач повинен мати можливість гнучко визначати та налаштовувати атрибути, що стосуються конкретного файлу, такі як заголовок, опис, ключові слова та інші метадані.

Ключові аспекти створення динамічного списку полів:

- Гнучкість в налаштуваннях: кожен файл може вимагати унікального набору даних. Забезпечення гнучких налаштувань для користувачів дозволить їм визначити, які саме поля даних є важливими для їхнього контенту. Наприклад, для зображення може бути важливими інші атрибути, ніж для документа або аудіофайлу.
- Динамічність та розширюваність: створення механізму для динамічного додавання нових полів інформації без потреби великих змін у вихідному коді плагіна забезпечить розширюваність [4]. Це дозволить враховувати майбутні зміни та потреби користувачів, не впроваджуючи великі оновлення.
- Індивідуальні налаштування поля: кожне поле даних повинно мати свої власні налаштування. Наприклад, текстове поле може потребувати встановлення обмежень на кількість символів, тоді як поле зображення може вимагати визначення розмірів чи дозволу на високоякісні формати.

- Підтримка різних типів даних: система повинна бути готовою обробляти різні типи даних, такі як текст, числа, дата та інші. Це дозволить користувачам пристосувати плагін для різноманітних веб-проектів та зберігати різні види інформації про файли.
- Відображення та організація інформації: створення ефективного інтерфейсу для відображення та організації цих полів даних на адміністративній панелі дозволить користувачам швидко знаходити та редагувати необхідні атрибути для кожного файлу.

Реалізація динамічного списку полів даних – це ключовий компонент для забезпечення гнучкості та індивідуального підходу до керування файловою системою в межах WordPress-сайту.

### **2.2.2. Додавання функціоналу для різного відображення файлів**

Можливість вибору різних варіантів відображення файлів є досить важливим функціоналом для комерційного WordPress плагіна. Це забезпечить користувачам широкий спектр опцій для організації та представлення їхніх ресурсів. Ця функція створить більше можливостей для адаптації плагіна до конкретних потреб користувачів та вирізнятиме його серед інших подібних рішень.

Ключові аспекти додавання функціоналу для різного відображення файлів:

- Гнучке налаштування способу відображення: користувачі повинні мати можливість гнучко налаштовувати спосіб відображення файлів відповідно до їхніх унікальних потреб. Наприклад, можливість користувача вибирати, чи хоче він переглядати файли списком чи у вигляді плитки. Перегляд списком може бути зручним для великої кількості файлів, тоді як вигляд плиткою може бути більш естетично приємним та інформативним.
- Можливість фільтрації та пошуку: для полегшення навігації великої кількості файлів важливо включити функції фільтрації та пошуку. Користувачам буде легше знаходити необхідні файли за певними критеріями, що підвищить ефективність роботи з ресурсами.
- Зручні елементи управління: важливим елементом є додавання ефективних елементів управління для швидкого перемикання між режимами відображення. Наприклад, кнопки чи перемикачі в адміністративній панелі можуть полегшити доступ до цієї функціональності.

Додавання функціоналу для різного відображення файлів забезпечить користувачам гнучкість та індивідуальний підхід у взаємодії з файловою системою плагіна, сприяючи більш ефективному та зручному використанню ресурсів.

### **2.2.3. Динамічна зміна іконок для різних форматів файлів**

Важливим функціоналом для управління файловою системою є можливість динамічної зміни іконок в залежності від формату файлів. Ця функціональність полегшить візуальне сприйняття користувачами різних типів файлів та забезпечить їм інтуїтивно зрозумілу інформацію про їхній зміст.

Ключові аспекти динамічної зміни іконок для різних форматів файлів:

- Розширення підтримки різноманітних форматів: врахування різноманітності форматів файлів та надання відповідних іконок для текстових документів, таких як PDF, DOC, TXT, RTF або ж зображень, аудіо- та відеофайлів. Це забезпечить повноту та адаптованість функціоналу до потреб різних веб-проектів.
- Індивідуальні налаштування користувача: надання можливості користувачам змінювати стандартні іконки або додавати власні для певних форматів файлів. Це розширить персоналізацію та дозволить користувачам адаптувати інтерфейс плагіна до своїх унікальних вимог та вподобань.

- Візуальна інформативність: динамічна зміна іконок не лише полегшить розпізнаваність форматів, але й створить візуально зручний і інформативний інтерфейс. Користувачі швидше зможуть оцінити зміст файлів та приймати необхідні рішення щодо їх використання.
- Сумісність із сучасними трендами: інтеграція із популярними бібліотеками іконок, такими як FontAwesome [5], може розширити варіанти вибору іконок та підтримати сучасні дизайн-стандарти. Це зробить інтерфейс більш сучасним та привабливим для користувачів.

Динамічна зміна іконок для різних форматів файлів розширяє можливості комерційного плагіна, забезпечуючи користувачам зручність та інтуїтивність в роботі із файловою системою WordPress-сайтів.

#### **2.2.4. Додавання WordPress модуля**

Однією з ключових ініціатив для покращення функціоналу комерційного плагіна є його інтеграція з WordPress модулем, який зможе стати ефективною альтернативою для шорткодів [6]. Це дозволить користувачам, з більш обмеженими навичками у роботі з кодом, спрощено використовувати плагін і розширить можливості його використання.

Ключові аспекти інтеграції WordPress модуля:

- Спрощена взаємодія та застосування: WordPress модуль повинен забезпечити простоту встановлення та налаштування [6], роблячи взаємодію з плагіном максимально легкою для користувачів. Це особливо важливо для тих, хто не має технічних навичок.
- Альтернатива shortcode: модуль має надавати альтернативу shortcode для виконання функціоналу плагіна. Замість використання коду [7], користувачі повинні мати змогу взаємодіяти з плагіном через інтерфейс WordPress, що зробить процес доступним для широкого кола користувачів.
- Покращений інтерфейс панелі адміністратора: модуль має вносити покращення у вигляд та функціональність адміністративної панелі, роблячи її більш інтуїтивно зрозумілою та естетично приємною для користувачів.

Інтеграція WordPress модуля стане важливим кроком у розширенні аудиторії та полегшенні користування плагіном, забезпечуючи йому максимальну доступність та популярність серед користувачів WordPress-сайтів.

#### **2.2.5. Оновлена адмін-панелі**

У контексті розширення функціоналу комерційного плагіна, значна увага приділяється оновленню та покращенню адміністративної панелі. Завдання полягає в створенні ефективного та ергономічного інтерфейсу для задоволення потреб користувачів та забезпечення легкості управління файловою системою WordPress.

Ключові характеристики оновленої адміністративної панелі:

- UI/UX дизайн: оновлена адміністративна панель буде володіти сучасним та привабливим інтерфейсом, враховуючи сучасні тенденції в дизайні. Це включає в себе використання актуальних кольорів, шрифтів та елементів дизайну, які забезпечать зручність та приємний зовнішній вигляд. Також адміністративна панель повинна бути інтуїтивно зрозумілою для користувачів будь-якого рівня технічної експертизи. Важливо забезпечити легкий доступ до всіх функцій та можливостей плагіна через зрозумілі та логічні елементи [8].
- Адаптивний дизайн: оскільки користувачі можуть отримувати доступ до адміністративної панелі з різних пристроїв, важливо забезпечити адаптивність дизайну. Адміністративна панель повинна оптимізуватися для роботи на різних розмірах екранів,

забезпечуючи однакову зручність використання як на комп'ютерах, так і на мобільних пристроях [9].

- Оптимізація робочого процесу: адміністративна панель повинна сприяти оптимізації робочого процесу користувачів, дозволяючи їм ефективно та швидко виконувати завдання з управління файловою системою без додаткового напруження.

Оновлена адміністративна панель стає ключовим компонентом комерційного плагіна, забезпечуючи користувачам зручність, ефективність та задоволення від взаємодії з продуктом.

### 3. ВИСНОВКИ

Представлена ідея реалізації визначає новий стандарт управління файловою системою для WordPress, ставши парадигмою ефективної, розширеної та інтуїтивно зрозумілої роботи із файлами на веб-сайтах. На відміну від рішень, що пропонують використовувати тільки базовий функціонал, модифікований плагін виступає інноваційним кроком до створення інтелектуальної системи керування файлами.

Реалізація плагіна для управління файловою системою надає ряд переваг. Даний плагін відзначається персоналізованим підходом до управління файлами, забезпечуючи динамічне створення та редагування полів даних для кожного файлу. Можливість вибору режиму відображення файлів спрощує використання системи та робить його більш зручним для користувачів з різними потребами, а інтеграція плагіна з FontAwesome, динамічна зміна іконок для різних форматів файлів та оновлена адміністративна панель створюють сучасний та естетичний інтерфейс для розробників WordPress сайтів. Проте, дана ідея має і недоліки. Реалізація нових функцій може вплинути на продуктивність плагіна, що вимагає уважного тестування та оптимізації, а введення нових можливостей може вимагати додаткового часу для навчання розробників та адаптації останніх до нового функціоналу.

Попри виклики, пов'язані з реалізацією пропонованої концепції, отримані переваги у вигляді збалансованої структури сайтів, великої гнучкості і можливості легкої інтеграції роблять її обґрунтованою та ефективною. Можливості, які вона відкриває для подальшого розвитку найпопулярнішої CMS WordPress, роблять її перспективною та значущою для проєктування веб-сайтів.

### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ольга С., Чому 43% всіх сайтів створено на WordPress? URL : <https://web-promo.ua/ua/blog/pochemu-43-procentov-vseh-sajtov-sozdany-na-wordpress/> (дата звертання: 22.11.2023).

2. Уроки WordPress, Що таке плагін WordPress і як його встановити? URL: <https://cityhost.ua/uk/blog/chto-takoe-plugin-wordpress-i-kak-ego-ustanovit.html> (дата звертання: 22.11.2023).

3. UpMe, Переваги WordPress. URL: <https://upme.biz/blog-ua/wordpress-advantages-ua/> (дата звертання: 22.11.2023).

4. JavaRush, Модуль 3. Java Professional, Критерії гарної архітектури ПЗ. URL: <https://javarush.com/ua/quests/lectures/ua.questservlets.level14.lecture03> (дата звертання: 22.11.2023).

5. Hostenko, Як використовувати іконки Font Awesome на вашому сайті WordPress. URL: <https://hostenko.com/uk/wpcafe/xaki/font-awesome-icons-wordpress/> (дата звертання: 22.11.2023).

6. WPHost, WordPress - Як встановити плагін, з прикладами. URL: <https://wphost.me/tips/wordpress-plugin-install-howto-with->

examples/#:~:text=Плагін%2С%20або%20як%20дехто%20може,підключити%20до%20сайту%20на%20WordPress (дата звертання: 22.11.2023).

7. Hostenko, Як використовувати шорткод WordPress. URL: <https://hostenko.com/uk/wrpsafe/навчальні-посібники/shortkodi-wordpress/> (дата звертання: 22.11.2023).

8. Projector Mag, Що таке UI/UX дизайн: як стати дизайнером та що потрібно вміти. URL: <https://prjctr.com/mag/uxui-questions#:~:text=UI%2Дизайнер%20робить%20все%2С%20щоб,%2С%20естетично%20приємних%2С%20інтерактивних%20інтерфейсів> (дата звертання: 22.11.2023).

9. AG Marketing, Адаптивний дизайн сайту: в чому переваги і чому це важливо. URL: <https://ag.marketing/blog/adaptvnyu-dyzaun-saytu/> (дата звертання: 22.11.2023).