

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження інтелектуальних методів опрацювання біомедичних
наборів великих даних

Виконав: студент VI курсу, групи СТм-61

спеціальності 126 Інформаційні системи та
технології

(шифр і назва спеціальності)

Волинець Л.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Кунанець Н.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Дуда О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Кульчицький Т.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 26 » грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Волинцю Леоніду Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних

Керівник роботи Пасічник Володимир Володимирович, д.т.н., професор кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » листопада 2023 року № 4/7-1138

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 грудня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про інтелектуальне опрацювання даних, біомедичні інформаційні набори та «Великі дані».

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Аналіз сучасного стану та тенденцій застосування великих даних в медицині.

2 Методи аналізу великих даних в біомедицині. 3 Експериментальна оцінка методів.

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження.

4 Актуальність дослідження. 5 Наукометричний пошук. 6 Історія штучного інтелекту.

7 Характеристики «Великих даних». 8 Використання BDA в галузі охорони здоров'я.

9 Покращення в медичній галузі завдяки BDA. 10 Методи машинного навчання для опрацювання біомедичних наборів великих даних. 11 Досліджені методи машинного навчання для опрацювання біомедичних наборів великих даних. 12 Метод опорних векторів SVM.

13 Порівняльне тестування алгоритмів. 14.Висновки. 15 Завершальний слайд.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 29 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи.	29.11.2024	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про інтелектуальне та великі опрацювання даних, біомедичні інформаційні набори дані.	29.11.2024-04.12.2024	Виконано
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір інформації про інтелектуальне опрацювання даних, біомедичні інформаційні набори та «Великі дані».	29.11.2024-04.12.2024	Виконано
4.	Виконання дослідження інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних.	05.12.2024-09.12.2024	Виконано
5.	Оформлення розділу «Аналіз сучасного стану та тенденцій застосування великих даних в медицині».	05.12.2024-09.12.2024	Виконано
6.	Оформлення розділу «Методи аналізу великих даних в біомедицині».	05.12.2024-09.12.2024	Виконано
7.	Оформлення розділу «Експериментальна оцінка методів».	05.12.2024-09.12.2024	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	02.12.2024-09.12.2024	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	02.12.2024-09.12.2024	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.12.2024-11.12.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	12.12.2024-13.12.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	16.12.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	17.12.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	27.12.2024	

Студент

(підпис)

Волинець Л.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кунанець Н.Е.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дослідження інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Волинець Леонід Васильович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СТМ-61 // Тернопіль, 2024 // С. 67, рис. – 21, табл. – 2, кресл. – 15, додат. – 1, бібліогр. – 63.

Ключові слова: аналіз даних, біомедичні дані, великі дані, машинне навчання, штучний інтелект.

Кваліфікаційна робота присв'ячена дослідженню інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних. В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» описано аналіз стану досліджень в галузі великих даних для медицини. Розглянуто штучний інтелект. Проаналізовано інноваційний концепт «Великі дані». Проведено вибір і уточнення ключових слів для наукометричного пошуку. Описано результати наукометричного пошуку. В другому розділі кваліфікаційної роботи подано опис результатів наукометричного пошуку. Розглянуто інноваційний концепт «Big Data Analytics». Висвітлено особливості BDA в охороні здоров'я. Досліджено методи машинного навчання для опрацювання біомедичних наборів великих даних. В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано результати моделювання та експериментів. Розглянуто налаштування параметрів і метрики оцінки. Подано експериментальні статистичні результати інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних. Описано експериментальні результати застосування інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних. Розглянуто опрацювання даних. У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано психологічні чинники небезпеки. Описано вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

ANNOTATION

Research of Intelligent Methods for Processing Biomedical Big Data Sets // The educational level "Master" qualification work // Volynets Leonid Vasylovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, STm-61 group // Ternopil, 2024 // P. 67, fig. – 21, tables – 2, posters – 15, annexes – 1, ref. – 63.

Key words: data analysis, biomedical data, big data, machine learning, artificial intelligence.

The qualification work is devoted to the study of intelligent methods for processing biomedical big data sets. The first section of the qualification work for the educational level "Master" describes the analysis of the state of research in the field of big data for medicine. Artificial intelligence is considered. The innovative concept of "Big Data" is analyzed. The selection and refinement of keywords for scientometric search are carried out. The results of the scientometric search are described. The second section of the qualification work provides a description of the results of the scientometric search. The innovative concept of "Big Data Analytics" is considered. The features of BDA in healthcare are highlighted. Machine learning methods for processing biomedical big data sets are investigated. The third section of the qualification work describes the results of modeling and experiments. Parameter settings and evaluation metrics are considered. Experimental statistical results of intelligent methods for processing biomedical big data sets are presented. Experimental results of the application of intelligent methods for processing biomedical big data sets are described. Data processing is considered. The section "Occupational Health and Safety in Emergency Situations" analyzes psychological risk factors. Fire safety requirements for extinguishing electrical installations are described.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

BDA (англ. Big Data Analytics) – великий обсяг даних

FE (англ. Feature Engineering) – інженерія ознак

GA (англ. Genetic Algorithm) – генетичний алгоритм

HGS (англ. Hungry Games Search) – алгоритм "голодних ігор" (ймовірно, це власна назва алгоритму)

I4.0 – Четверта промислова революція

ML (англ. Machine Learning) – машинне навчання

MF (англ. Fuzzy Logic) – нечітка логіка

NN (англ. Neural Network) – нейронна мережа

NLP (англ. Natural Language Processing) – обробка природної мови

SVM (англ. Support Vector Machine) – машина опорних векторів

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛИКИХ ДАНИХ В МЕДИЦИНІ.....	11
1.1 Аналіз стану досліджень в галузі великих даних для медицини	11
1.2 Штучний інтелект.....	12
1.3 Інноваційний концепт «Великі дані»	18
1.4 Вибір і уточнення ключових слів	20
1.5 Опис результатів наукометричного пошуку	22
1.6 Висновок до першого розділу	25
2 МЕТОДИ АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ ДАНИХ В БІОМЕДИЦИНІ.....	26
2.1 Аналітика «великих даних».....	26
2.2 BDA в охороні здоров'я	28
2.3 Методи машинного навчання для опрацювання біомедичних наборів великих даних	32
2.3.1 Алгоритм голодних ігор	32
2.3.2 Метод опорних векторів.....	35
2.3.3 Нечітка логіка	38
2.3.4 Фітнес-функція.....	42
2.4 Висновок до другого розділу	46
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА МЕТОДІВ.....	47
3.1 Налаштування параметрів і метрики оцінки	47
3.2 Експериментальні статистичні результати інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних	49
3.3 Експериментальні результати застосування інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних	54
3.4 Опрацювання даних	54
3.5 Висновок до третього розділу	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Психологічні чинники небезпеки	57

4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок	60
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність обраної теми дослідження обумовлена бурхливим розвитком технологій збору, зберігання та аналізу великих даних, зокрема в галузі медицини. Збільшення обсягів медичної інформації створює нові можливості для розробки інноваційних методів діагностики, лікування та профілактики захворювань. Однак, ефективне використання цих даних вимагає застосування потужних інструментів аналізу, зокрема методів штучного інтелекту.

Особливий інтерес представляє порівняльний аналіз різних алгоритмів машинного навчання, застосованих до біомедичних даних. Незважаючи на значну кількість розробок у цій сфері, питання вибору оптимального алгоритму для конкретної задачі залишається актуальним. Різні алгоритми мають свої переваги та недоліки, що залежать від типу даних, розміру вибірки, поставленої задачі та інших факторів. Тому, систематичне дослідження ефективності різних алгоритмів, таких як алгоритм голодних ігор, метод опорних векторів та нечітка логіка, є важливим завданням для подальшого розвитку методів аналізу біомедичних даних.

Крім того, актуальність дослідження посилюється необхідністю розробки нових підходів до вирішення складних медичних задач, таких як раннє виявлення захворювань, персоналізована медицина та оптимізація процесів лікування. Інтелектуальний аналіз великих даних дозволяє виявляти закономірності, які недоступні для традиційних методів аналізу, та розробляти більш точні прогнози.

Таким чином, дослідження інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних є актуальним напрямом наукових досліджень, який має значний потенціал для покращення якості медичної допомоги та підвищення рівня життя людей.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є розробка, аналіз і експериментальна оцінка інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних для

підвищення ефективності та точності аналізу медичних даних. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Провести аналіз наукових досліджень в галузі використання великих даних для медицини.
- Виконати наукометричний пошук із визначенням ключових слів і аналізом отриманих результатів.
- Дослідити існуючі підходи до аналітики «великих даних» у біомедицині.
- Проаналізувати методи машинного навчання для обробки біомедичних даних.
- Оцінити застосування методів машинного навчання для обробки біомедичних даних.

Об’єкт дослідження є інтелектуальні методи та підходи до опрацювання біомедичних наборів великих даних із фокусом на їх аналіз, застосування сучасних алгоритмів машинного навчання, а також оцінку ефективності для вирішення практичних завдань у медицині.

Предмет дослідження є практичний аналіз сучасних підходів до використання великих даних у медицині, зокрема методів машинного навчання також оцінка їх ефективності через експериментальні результати.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у розробці та експериментальній оцінці інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних, зокрема алгоритму голодних ігор, методу опорних векторів і нечіткої логіки, що дозволяє підвищити точність і ефективність аналітики в галузі охорони здоров'я.

Практичне значення одержаних результатів магістерської дисертації полягає у впровадженні інтелектуальних методів аналізу біомедичних наборів великих даних, що дозволяє покращити точність діагностики, прогнозування та персоналізованого лікування в медицині за рахунок використання сучасних технологій машинного навчання, таких як алгоритм голодних ігор, метод опорних векторів та нечітка логіка.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на «XXI міжнародному медичному

конгресі студентів та молодих вчених» (м. Тернопіль, 2017 р.), II Міжнародній науковій конференції «Актуальні питання розвитку галузей науки» (м. Чернігів, 2023), XII міжнародній науково-практичній конференції Молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 2023 р.), «International scientific-practical conference “Modern challenges and topical issues of science, education and society”» (м. Тампере, Фінляндія, 2024), «International scientific-practical conference “Topical issues of science, education and technology in the 21st century”» (м. Орхус, Данія, 2024), VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “ (м. Тернопіль, 2024 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у шести працях конференції (Див. додатки А) та одній статті у фаховому виданні України, по спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 63 найменувань та одного додатка. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 67 сторінок, з них 47 сторінок основного тексту, який містить 21 рисунок та 2 таблиці.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛИКИХ ДАНИХ В МЕДИЦИНІ

1.1 Аналіз стану досліджень в галузі великих даних для медицини

Охорона здоров'я – це складна система з різними зацікавленими сторонами: пацієнтами, лікарями, лікарнями, фармацевтичними компаніями та особами, які приймають рішення в галузі охорони здоров'я. Цей сектор також обмежений суворими правилами та положеннями. Однак у всьому світі можна спостерігати відхід від традиційного підходу «лікар–пацієнт». Лікар стає партнером, а пацієнт залучається до терапевтичного процесу [1]. Охорона здоров'я більше не зосереджена лише на лікуванні пацієнтів. Пріоритетом для тих, хто приймає рішення, має бути сприяння належному ставленню до здоров'я та запобігання захворюванням, яких можна уникнути [2]. Це стало помітним і важливим особливо під час пандемії Covid-19 [3].

Наступні виклики, з якими доведеться зіткнутися охороні здоров'я, це зростання кількості людей похилого віку та зниження народжуваності. Показники народжуваності в країні нижчі від репродуктивного мінімуму, необхідного для підтримки стабільності населення [4]. Відображенням обох ефектів, а саме збільшення віку та зниження рівня народжуваності, є показники демографічного навантаження, яке постійно зростає. Прогнози показують, що надання медичної допомоги в тому вигляді, в якому вона надається сьогодні, стане неможливим у найближчі двадцять років [5]. Особливо це помітно зараз під час пандемії Covid-19, коли охорона здоров'я зіткнулася з чималим викликом, пов'язаним з аналізом величезних масивів даних і необхідністю визначати тенденції та прогнозувати поширення коронавірусу. Пандемія ще більше показала, що пацієнти повинні мати доступ до інформації про стан свого здоров'я, можливість цифрового аналізу цих даних і доступ до надійної медичної підтримки онлайн. Моніторинг стану здоров'я та співпраця з лікарями з метою запобігання хворобам можуть справді революціонізувати систему охорони

здоров'я. Одним із найважливіших аспектів необхідних змін у сфері охорони здоров'я є поміщення пацієнта в центр системи.

Технологій недостатньо для досягнення цих цілей. Таким чином, зміни мають бути зроблені не лише на технологічному рівні, а й в управлінні та проектуванні повних процесів охорони здоров'я, і більше того, вони мають вплинути на бізнес–моделі постачальників послуг. Використання аналітики великих даних стає все більш поширеним на підприємствах [6]. Однак медичні підприємства все ще не встигають за інформаційними потребами пацієнтів, клініцистів, адміністраторів і політикою творців. Прийняття підходу великих даних дозволить запровадити персоналізовану та точну медицину на основі персоналізованої інформації, що надається в режимі реального часу та адаптована до індивідуальних пацієнтів.

Для досягнення цієї мети необхідно впроваджувати системи, які зможуть швидко дізнаватися про дані, створені людьми в рамках клінічної допомоги та повсякденного життя. Це дозволить приймати рішення на основі даних, отримувати кращі персоналізовані прогнози щодо прогнозу та реакції на лікування; глибше розуміння складних факторів та їх взаємодій, які впливають на здоров'я на рівні пацієнта, системи охорони здоров'я та суспільства, розширені підходи до виявлення проблем безпеки з ліками та пристроями, а також більш ефективні методи порівняння варіантів профілактики, діагностики та лікування. [7].

1.2 Штучний інтелект

ШІ – це філософія машин, які мають мислити, поводитись і діяти так само або подібно до людей [8]. Він був представлений на Дартмутській конференції в 1956 році [9]. Відтоді це була технологія, яка здобула успіх завдяки:

- розпізнаванню мови;
- класифікації зображень;
- міркуванню;
- машинному перекладу;

- пошуку інформації.

ШІ використовує комп'ютер для імітації розумної людської поведінки з найменшою можливою участю людини [10]. Простіше кажучи, штучний інтелект – це коли машина може:

- міркувати;
- вирішувати проблеми;
- навчатися.

Наприклад, алгоритми ШІ тепер можуть розпізнавати нові об'єкти, яких вони раніше не бачили. Зазвичай це характеризується як здатність машини вчитися на досвіді та нових вхідних даних і виконувати завдання, як людина. На рисунку 1.1 показано коротку історію ШІ та його використання [11].

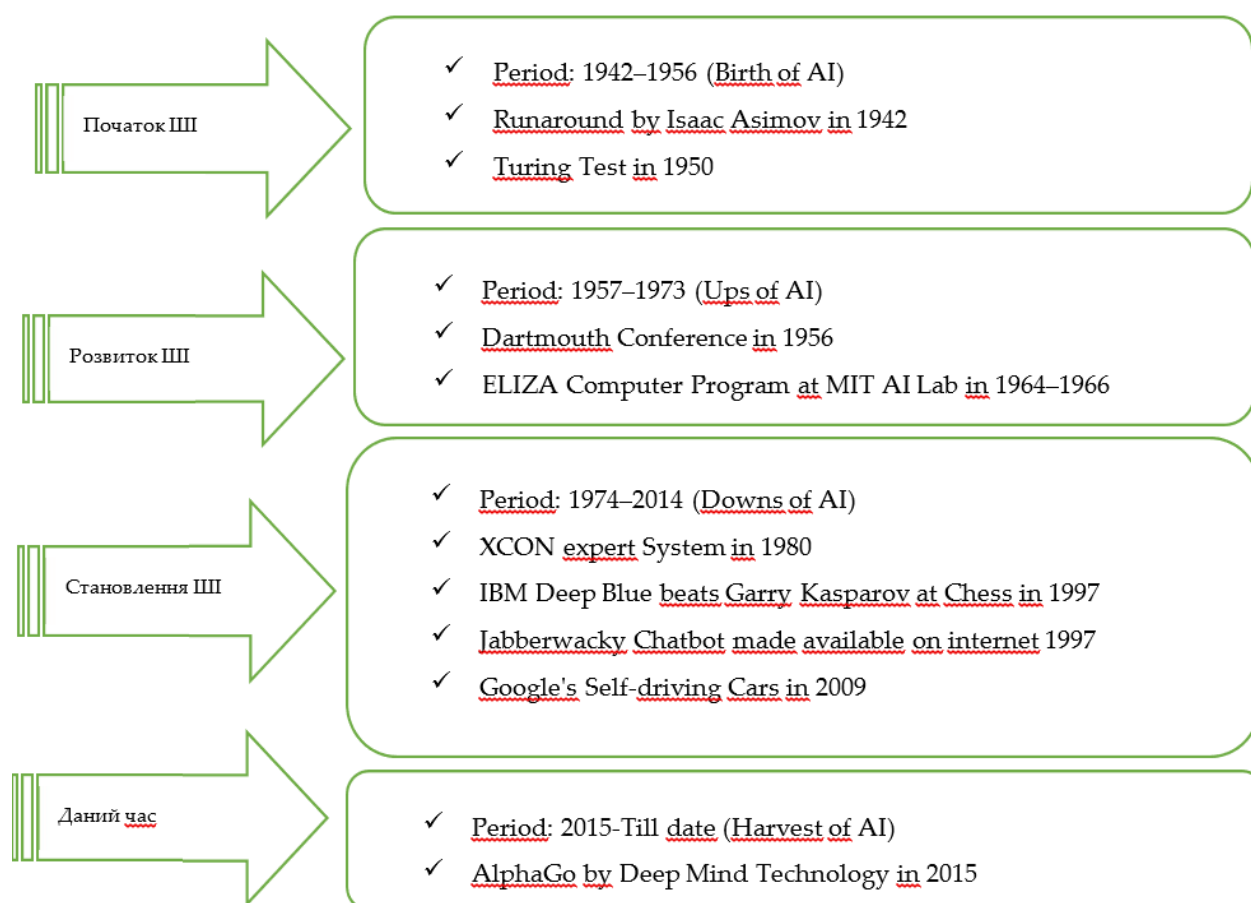


Рисунок 1.1 – Історія штучного інтелекту [11]

На основі наукової літератури ШІ визначається як [12]:

- наука про створення інтелектуальних машин;
- машина, яка може моделювати моделі поведінки людини;

- набір технологій, які можуть перевершити людське навчання та вирішення проблем;

- машина з досвідом та інтуїцією;

- піднабір ІТ, який відчуває, розуміє, навчається та діє на інтерпретацію даних;

- алгоритм, який виконує перцептивну, когнітивну та інтеракційну функції.

- Просто система, яка використовує людський інтелект.

Еволюція ШІ має три фази [13]:

- Штучний вузький інтелект (слабкий ШІ) – ШІ, призначений для допомоги або виконання лише конкретних завдань, наприклад, Siri, Alexa, Cortana та безпілотні автомобілі є прикладами.

- Штучний загальний інтелект (сильний ШІ) – машини матимуть здатність думати та приймати рішення, як люди. Ми ще не підійшли до цього етапу розвитку ШІ. Проте дослідники оптимістично налаштовані, що незабаром ми зможемо дійти до цієї точки.

- Штучний суперінтелект – це етап ШІ, на якому комп'ютери перевершать людей. Наразі цей етап еволюції вважається гіпотетичним.

ШІ продовжує розвиватися, і його застосування нескінченно. З часом і технологіями такі колись важливі функції ШІ, як розпізнавання символів, тепер вважаються невід'ємними для систем. ШІ тепер можна використовувати для [14]:

- покращення продуктивності програмних засобів;

- прийняття швидших та обґрунтованіших рішень;

- розробки нових продуктів;

- оптимізації внутрішніх операцій та автоматизації робочих місць;

- вивчення нових ринків, а також для оптимізації продажів і маркетингу за допомогою ШІ.

Деякі вузькі програми ШІ [15]:

- безпілотні автомобілі;

- виявлення банківського шахрайства;

- оцінку цін на акції;
- комп'ютерні ігри;
- дозування ліків;
- хірургічні процедури.

Декілька робочих місць автоматизуються, і тому прийнято вважати, що ШІ також вплине на майбутнє роботи [14]. Автомобілі незабаром можуть замінити людей-водіїв і таксі. Загалом очікується, що відповідальне застосування ШІ покращить наше життя. Однак поширена критика полягає в тому, що системи та алгоритми штучного інтелекту такі ж розумні, як люди, лише якщо їх навчають люди та отримують високоякісні дані. Людські упередження не можуть бути осторонь роботи систем ШІ та їх результатів. Тому люди повинні знати, що машини навчаються на досвіді, використовуючи ймовірнісне моделювання та оптимізовані можливості штучного прийняття рішень [16]. Роль штучного інтелекту в створенні стійких бізнес-моделей уже набула популярності в науковій літературі. Паралельно багато галузей промисловості продовжують приймати бізнес-рішення та моделі, керовані ШІ [17].

Досягнення ШІ та його підмножин:

- машинне навчання;
- глибоке навчання (DL);
- BDA,

можуть призвести до значних проривів у:

- біології;
- транспорті;
- I4.0;
- електронній комерції;
- фінансах;
- освіті;
- NLP;
- комп'ютерному зорі;
- обробці зображень.

Дослідження визначили переваги застосування технологій штучного інтелекту для вирішення проблем великих даних, а також значну цінність аналітичного розуміння та можливості прогнозування для різних проблем [18]. BDA та штучний інтелект можуть навіть передбачати спалахи епідемії, як «Blue Dot», стартап із Торонто, який використовує систему спостереження на основі штучного інтелекту для виявлення COVID-19 набагато раніше, ніж китайська влада [19]. «Великі дані» та штучний інтелект доповнюють один одного. Автори [20] відзначають, що «Великі дані» та їх інтеграція з ШІ привернули значну увагу в академічній літературі. ШІ використовується в BDA для покращення аналізу даних. Отже, штучному інтелекту потрібен величезний обсяг даних для навчання та вдосконалення процесів прийняття рішень.

Залежно від проблем, області завдань ШІ класифікуються на три. Це формальні, побутові та експертні проблеми.

ML – це наука про програмування машини для інтерпретації, обробки та аналізу даних для вирішення проблем реального світу [21]. До цієї категорії підпадають три типи навчання:

- навчання під наглядом;
- навчання без контролю;
- навчання з підкріпленням.

Наприклад, алгоритм машинного навчання може передбачати рух індексу цін на акції [15]. При цьому показано, як модель випадкового лісового алгоритму ML (контрольована) може бути використана для оцінки ризику для системи земляних робіт. Машини опорних векторів (SVM) – ще один алгоритм керованого машинного навчання, який можна застосовувати до задач класифікації та регресії [22].

DL – це процес виконання нейронних мереж на високовимірних даних для отримання розуміння та формування рішень [23]. Нейронна мережа – це логіка, яка лежить в основі алгоритму перевірки обличчя у Facebook і в безпілотних автомобілях, а також у віртуальних помічниках, таких як Siri та Alexa. В даний час проводяться великі дослідження щодо застосування глибокого навчання в

охороні здоров'я для покращення якості діагностики [24]. Для інтерпретації зображень дистанційного зондування було застосовано:

- глибоке навчання;
- точне землеробство.

NLP – це наука про те, як черпати ідеї з людської мови для спілкування з машинами. Twitter використовує NLP для фільтрації терористичних слів у своїх твітах, а Amazon використовує NLP для перегляду відгуків клієнтів і досвіду користувачів [25]. NLP також все частіше використовується в медичних дослідженнях [26]. Дослідники показують застосування інструментів NLP, аналізу настроїв за допомогою аналізу тексту, тематичного моделювання та латентного розподілу Діріхле для розуміння відгуків про продукт. Такий аналіз настроїв застосовувався під час прийняття рішень про купівлю на фондовому ринку, виборів, катастроф, медицини, розробки програмного забезпечення та кіберзалякування.

Robotics – галузь штучного інтелекту зосереджена на різних застосуваннях роботів. Роботи зі штучним інтелектом – це штучні агенти, які діють у реальному середовищі, приступаючи до відповідальних дій. Софія, соціальний людиноподібний робот, є найкращим прикладом III Robotics. LaMDA від Google, GPT-3 від Open III і BlenderBot від Meta – це деякі з наведених у прикладі розмовних чат-ботів на основі штучного інтелекту, створених на основі моделей мови масивних даних [27].

Робототехніка догляду за людьми похилого віку є ще одним застосуванням робототехніки [28]. Роботизовані модулі автоматизації процесів, які створюють, розгортають і керують програмними роботами, які емулюють дії людей, які взаємодіють з цифровими системами та програмним забезпеченням, широко використовуються в аудиті [29].

«Нечітка логіка» – обчислювальний підхід базується на принципі ступеня істинності, а не на булевій логіці, яка є «істинним чи хибним». Нечітка логіка широко використовується в галузі медицини, залучаючи складні проблеми та ухвалення рішень [30]. Нечітка логіка також використовується в автоматизації

систем передач в автомобілях. Наприклад, нечітку логіку можна застосувати для визначення факторів ризику пародонтозу та кандидозу в стоматології.

Експертні системи – це комп’ютерна система на основі штучного інтелекту, яка навчається та взаємно відповідає здатності експертів-людей приймати рішення [31]. Він використовує логіку «якщо-тоді» для вирішення будь-яких складних проблем. Вони не покладаються на звичайне процедурне програмування. Схоже, що вони використовувалися для виявлення шахрайства, управління інформацією, виявлення вірусів та керування медичною та лікарняною документацією. Хорошим прикладом є експертна система XCON 1980-х років, яка автоматично вибирає та замовляє комп’ютерні частини на основі того, що хоче клієнт [32].

1.3 Інноваційний концепт «Великі дані»

Цифрові дані переросли традиційні системи та методи. «Великі дані» всюди, а відкриття, кероване даними, є новою обчислювальною парадигмою. «Великі дані» – це термін, який відноситься до великих обсягів структурованих і неструктурованих даних, які можна використовувати для вилучення релевантної інформації [18]. Автори [33] вказують на те, що збір даних, зберігання даних, маніпулювання даними, управління даними, аналіз даних, вилучення знань, безпека, конфіденційність, і наповнені можливостями та труднощами, коли дані ростуть. Електронні листи та мультимедійний вміст, які поширюються на різних платформах соціальних медіа, створюють незліченні гігабайти даних.

Простіше кажучи, «Великі дані» означають нову еру в дослідженні даних і їх використанні для створення цінності [34]. За характеристиками «Великі дані» – це величезний обсяг даних, яким неможливо керувати за допомогою звичайних методів управління даними. «Великі дані» зазвичай зберігають п’ять характеристик [35]:

- різноманітність (різноманітність);
- швидкість (у реальному часі);

- обсяг (кількість);
- правдивість (якість);
- цінність (вартість).

Це залишається абстрактним терміном, оскільки з часом додаються нові виміри. До визначення Big Data було додано багато нових функцій. Як видно на рисунку 1.2, «Великі дані» мають «8V» [36]:

- обсяг;
- швидкість;
- цінність;
- різноманітність;
- мінливість;
- валідність;
- в'язкість;
- достовірність.

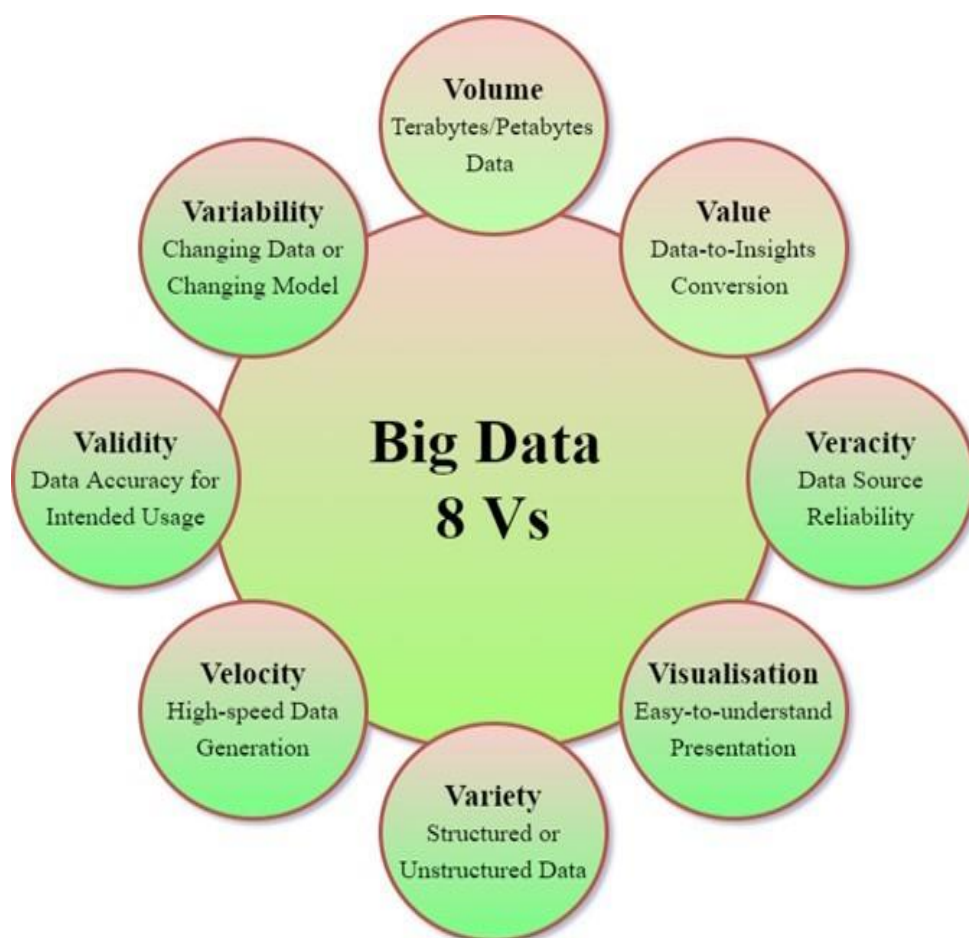


Рисунок 1.2 – Характеристики «Великих даних»

Існують численні відмінності між традиційними даними та великими даними з точки зору їхніх характеристик. Традиційні дані виражаються в гігабайтах, тоді як «Великі дані» завжди оновлюються в терабайтах і петабайтах.

Традиційне генерування даних вимірюється годинами на день, тоді як «Великі дані» генеруються швидко. Традиційні дані завжди мають структурований формат, тоді як «Великі дані» завжди напівструктуровані або неструктуровані [12]. Традиційні дані зберігаються централізовано, але «Великі дані» повністю розподілені. Такі традиційні дані можна інтегрувати за допомогою системи керування реляційною базою даних. На відміну від цього, це неможливо з великими даними. Доступ до таких великих даних можна отримати:

- в інтерактивному режимі;
- в пакетному режимі;
- в режимі майже реального часу.

Традиційні дані в основному використовуються в контексті транзакцій і є неортодоксальними у великих даних. Аналіз такої величезної кількості великих даних і його підведення є серйозною проблемою [37]. Згідно з Bendre and Thool [37], деякі з важливих проблем, а також унікальні особливості великих даних:

- неоднорідні, суперечливі та неповні дані;
- конфіденційність, витратність та управління енергією;
- передача, курація, аналіз;
- масштабування, конфіденційність даних і своєчасність;
- аналітичний механізм, візуалізація та співпраця.

1.4 Вибір і уточнення ключових слів

Під час наукометричного пошуку, щоб гарантувати точність, дотримувалися двох основних етапів вибору ключового слова:

- На першому етапі досліджували онлайн-словники та лексикони для ІІІ та BDA, щоб визначити найбільш релевантні ключові слова.
- На другому етапі виконали двоетапний розширений пошук Scopus для ІІІ та його підмножин і BDA.

Початковий етап пошуку був дослідницьким. Було використано функцію ключових слів Scopus, щоб додати більше термінів до нашого остаточного розширеного запиту [38]. Щоб перейти до другого етапу, було переглянуто кожне ключове слово та результати пошуку окремо. В таблиці 1.1 показано критерії пошуку та етапи відбору статей для аналізу.

Таблиця 1.1 – Критерії пошуку та вибір статті [38]

Критерії фільтрації	Accept
База даних	Scopus
Період	2012–2025
Рядки запиту: (TITLE-ABS-KEY (“Artificial Intelligence” OR “ІІІ” OR “Big data” OR “Machine Learning” OR “Reinforcement Learning” OR “neural network*” OR “Deep Learning” OR “Expert Systems” OR “Natural Language Processing” OR “NLP” OR “Robotics” OR “Fuzzy Logic” OR “Big Data Analytics”) AND TITLE-ABS-KEY (“Bibliometric Analysis” OR “Bibliometric Review*” OR “Bibliometric Study”))	1230
Тип статті: статті, доповіді на конференціях та рецензії	1105
Тип джерела: журнал	878
Перевірка мови: лише роботи, написані англійською мовою	843
Scopus Q1 та Q2, відповідно до рейтингу Scopus 2021	711

Після підготовки запиту було проведено розширений пошук за критеріями «НАЗВА», «АННОТАЦІЯ» та «КЛЮЧОВЕ СЛОВО». Щоб отримати доступ до стандартних бібліометричних статей для сфери дослідження, ми обмежили результати до «Статей», «Доповідей на конференціях» і «Рецензій» в англійськомовних журналах, що дало майже тисячу двісті документів [38]. Було також проведено численні онлайн-доопрацювання. Бібліометричні огляди ІІІ та BDA склалися з однозначних цифр до 2010 року.

Згідно з табл. 1.1, наш набір даних включав «711» бібліометричних статей, опублікованих у «423» джерелах журналів між «2012» і «2022» роками. Середня

кількість цитувань на документ становила «17,9», тоді як середній вік документів становив лише один рік і три місяці.

1.5 Опис результатів наукометричного пошуку

З понад сімсот різних бібліометричних оглядових статей визначено понад двадцять три тисячі авторів. Автори понад сімсот оглядів використали тисячу дев'ятсот різних ключових слів, щоб найкраще описати свою роботу. Крім того, автори цитували приблизно сорок сім тисяч джерел в оглядових статтях, які вони опублікували в журналах Scopus Q1 і Q2.

Рисунок 1.3 ілюструє частотний розподіл зростання публікацій з 2012 по 2022 рік [39]. Зростання кількості бібліометричних оглядових статей досягло річного темпу зростання виробництва на шістдесят п'ять відсотків.

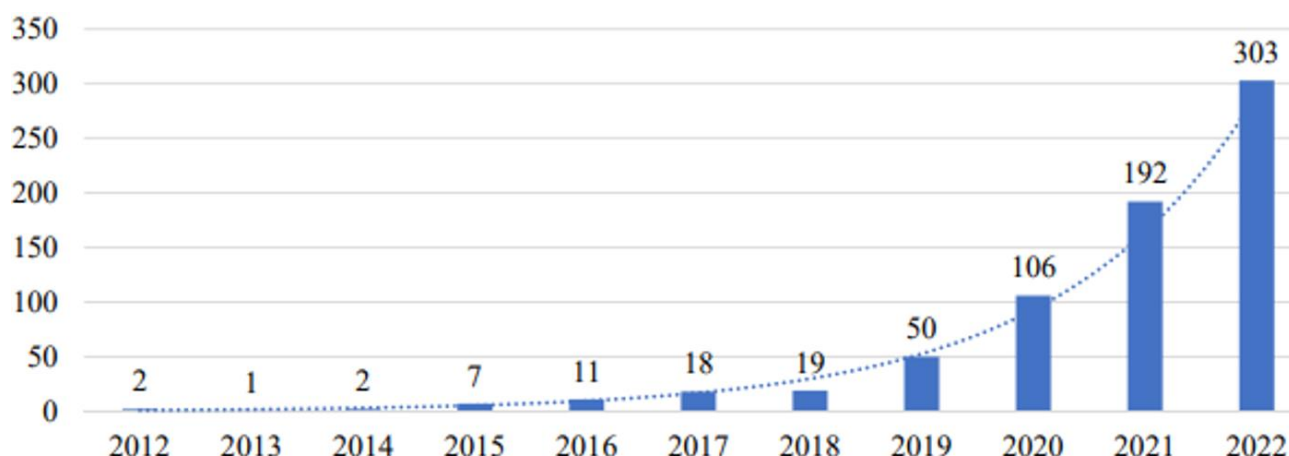


Рисунок 1.3 – Зростання бібліометричного огляду ШІ та BDA [38]

Варто зазначити, що результати досліджень залишалися майже незмінними з 2012 по 2018 рік. Але значне зростання почалося в 2019 році. Очікується, що ця тенденція посилиться протягом наступного десятиліття. Інші країни почали досліджувати ШІ та BDA у різних сферах. 2022 рік є найактивнішим із понад трьохсотма документами, за ним йдуть 2021 із 192 записами та 2020 із понад ста статтями в бібліометричних оглядах досліджень штучного інтелекту та великих даних. Бібліометричні огляди штучного інтелекту та BDA, опубліковані в різних журналах, показують тенденцію до

експоненціального зростання. Також очевидно, що бібліометричний аналіз досліджуваних тем швидко відстежується після COVID-19.

На рисунку 1.4 зображено десятку найвпливовіших країн [38], які зробили внесок у бібліометричний огляд у різних галузях.

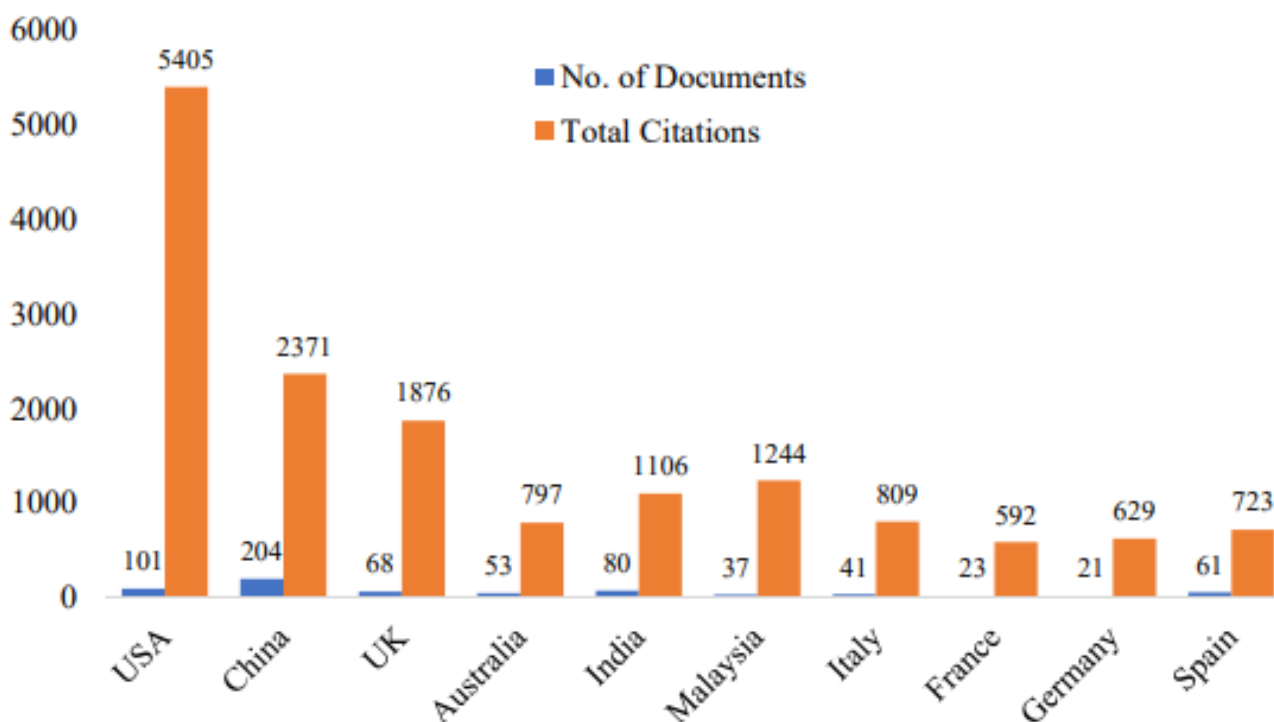


Рисунок 1.4 – Десятка найбільш продуктивних і впливових країн [38]

Було виявлено, що Велика Британія, Китай, США, Індія та Малайзія є п'ятіркою найпродуктивніших і найвпливовіших країн. Щоб уточнити, країну вважалось продуктивною та впливовою, якщо принаймні один автор пов'язаний з місцевою установою в країні. Наприклад, якщо чотири автори зі Сполучених Штатів, Великобританії, Індії та Китаю співпрацювали над бібліометричною статтею, кожна країна буде зазначена один раз [38]. Через внутрішні обмеження цього підходу також покладалися на відповідних авторів для отримання додаткової інформації щодо національної продуктивності. На рисунку 1.5 зображено частоту найактивніших країн за відповідними авторами [38]. Крім того, надаються співвідношення публікацій у кількох країнах (MCP) до публікацій в одній країні (SCP).

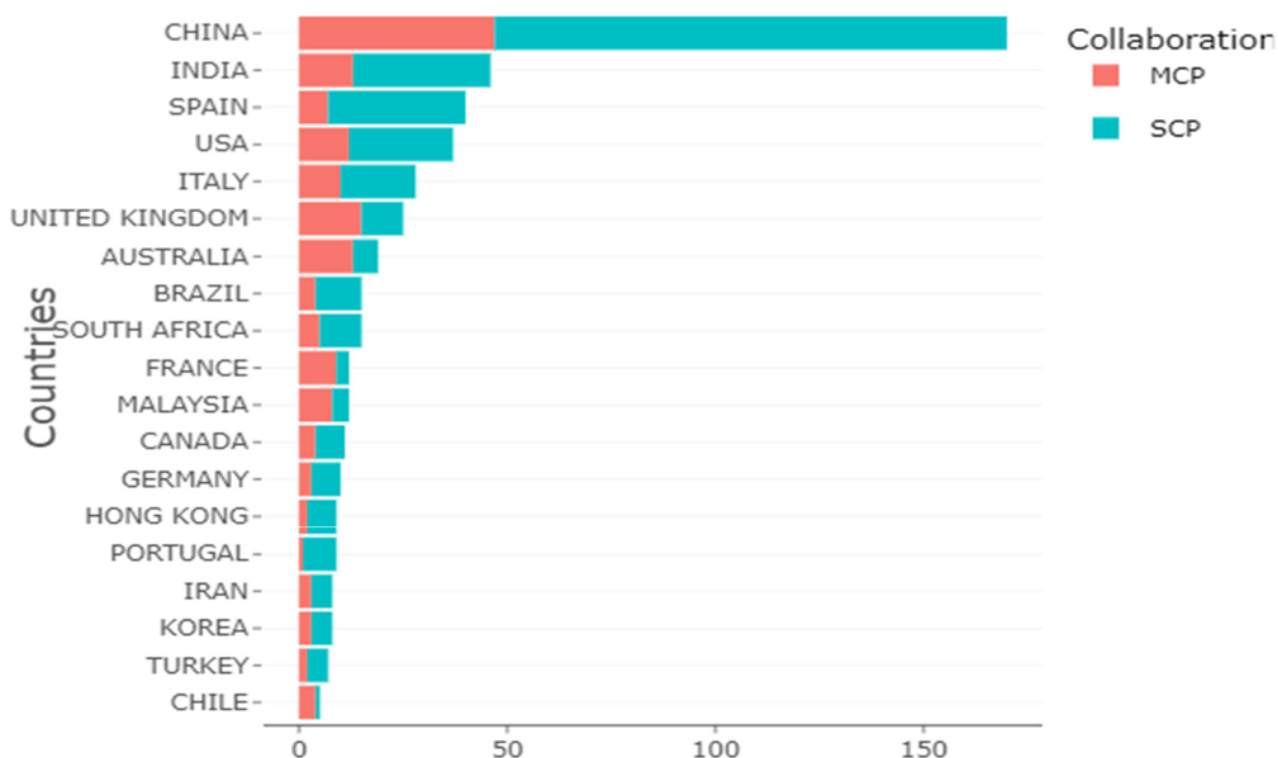


Рисунок 1.5 – Рейтинг по країнах на основі відповідних авторів [38]

Ця інформація корисна для визначення організацій, що фінансують, дослідників на початку кар'єри, потенційних співавторів і студентів, які шукають наукові дослідження та програми післядипломної освіти в галузі ШІ та BDA. Трьома провідними активними дослідницькими установами є «Symbiosis International Deemed University» (Індія) з понад тридцятьма бібліометричними статтями Scopus Q1 або Q2. На рисунку 1.6 зображена мережа аналізу спільного цитування журнальних джерел.

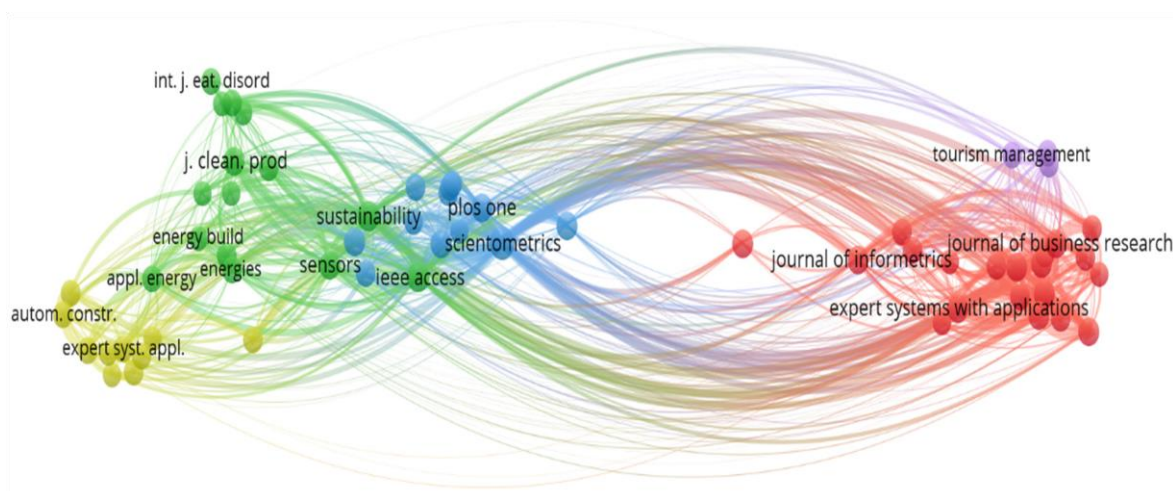


Рисунок 1.6 – Мережа аналізу спільного цитування журнальних джерел [38]

Академія наук Китаю опублікувала чотирнадцять бібліометричних оглядів на ШІ або BDA, а потім Національний технологічний інститут Мальвія (Індія), опублікував дванадцять статей із використанням бібліометричного аналізу. В Індії Міжнародний університет Symbiosis надав найбільшу кількість бібліометричних оглядів, тоді як державні університети Китаю зробили більшість оглядів. Це вказує на те, що уряд Китаю вже почав фінансувати та сприяти результативним дослідженням у сферах ШІ та BDA.

1.6 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» описано аналіз стану досліджень в галузі великих даних для медицини. Розглянуто штучний інтелект. Проаналізовано інноваційний концепт «Великі дані». Проведено вибір і уточнення ключових слів для наукометричного пошуку. Описано результати наукометричного пошуку.

2 МЕТОДИ АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ ДАНИХ В БІОМЕДИЦИНІ

2.1 Аналітика «великих даних»

Аналіз величезних наборів даних для отримання корисної інформації та цінності відомий як «Big Data Analytics». Автори [39] вважають, що з більшою обчислювальною потужністю ML, зокрема DL за допомогою нейронних мереж, стало більш широко використовуватися бізнесом.

Метод вилучення знань з BDA був піонером у технологічно інтенсивних галузях. Він охоплює різні методи, що містять «великі дані», здатні аналізувати величезні обсяги даних [35]. Успіх BDA визначає, чи використовує користувач «Великі дані» для прийняття ефективних чи обґрунтованих рішень і справляє «великий» вплив [39]. Це значно сприяє процесу прийняття рішень, оскільки великомасштабні дані мають високу деталізацію – детальну інформацію, пов'язану з метою дослідження. Загалом BDA містить такі кроки.

Генерація даних з аудіовізуальних засобів, Інтернету, давачів і програм реального часу. Наприклад, Twitter щомісяця генерує мільярди даних, пов'язаних із твітами [25].

Збір даних передбачає збір, попередню обробку та перетворення даних для програм. Збір «великих даних» збирає, фільтрує та очищає великі набори даних. Сенсорна мережа широко використовується для збору даних із різних статичних і динамічних додатків, наприклад, мережа бездротових датчиків у точному землеробстві [40].

Зберігання даних виконується на кластерних серверних платформах і обладнанні спільноти. Деякі фірми використовують хмарні моделі та системи великих даних, наприклад, «GoogleFS» – це розподілена файлова система для додатків для створення великих даних [41]. Розподілений «Hadoop», файлові системи (HDFS) і файлові системи «Kosmos (KFS)» є продуктами «GoogleFS» з відкритим кодом. «MapReduce» – це модель програмування та засіб підтримки для багатьох платформ великих даних для розподіленої та масштабованої обробки великих даних [42]. За певних обставин також використовується підхід

до репозиторію даних RFID, інтегрованого в давач, який використовує «MongoDB» для зберігання даних, створених IoT [43].

Аналітика даних витягує інформацію з великих наборів даних за допомогою ML і методів аналізу даних. BDA перевіряє знання для прийняття рішень і передбачає пошук прихованих закономірностей, зв'язків і відносин [37]. Отримані знання можуть покращити обслуговування клієнтів, продажі, підтримку прийняття рішень і бази знань. Нещодавно була представлена система візуального інтелектуального аналізу даних на основі СІМ для полегшення аналізу великих комунальних даних на основі запитів [44]. Аналіз «великих даних» вимагає чітких методологій, стратегій і процедур. Деякими типами BDA [19] є:

- аналітика структурованих даних;
- текстова аналітика;
- веб-аналітика;
- мультимедійна аналітика;
- мобільна аналітика;
- мережева аналітика.

Візуалізація даних великих наборів даних значно візуалізується за допомогою статистичних програмних пакетів, таких як «R studio», «Matlab» тощо. Численні організації створили власні інструменти візуалізації для графічного представлення даних. Наприклад, системи тривимірної візуалізації на базі ГІС можуть імпортувати моделі будівель міста, інформацію про мешканців, дані про трафік тощо [45]. «FinaVistory» використовує наративну візуалізацію для візуалізації зв'язків соціальних і фінансових новин [46].

Фахівці попереджають, що повернення інвестицій (ROI) від такого BDA викликає додаткове занепокоєння, оскільки BDA передбачає величезні витрати на зберігання даних і потужність обробки. Однак зниження вартості збору даних стимулювало широке застосування BDA у багатьох галузях промисловості. Застосування аналітики великих даних величезне.

2.2 BDA в охороні здоров'я

Зростання даних про охорону здоров'я є експоненціальним, і більшість медичних даних є неструктурованими [37]. Зазвичай великі медичні дані генеруються як у структурованих, так і в неструктурованих текстах, мультимедіа та гіпертекстових форматах [37]. Отримання інформації з даних медичної діагностики [47]:

- ЕМЗ;
- рентгенівське та комп'ютерне сканування;
- лабораторні документи;
- довідкові нотатки;
- звіти про претензії;
- системи CRM;
- біомедичне обладнання.

Сучасна аналітика дає можливість не тільки мати розуміння історичних даних, але й мати інформацію, необхідну для формування розуміння того, що може статися в майбутньому. Навіть якщо мова йде про прогнозування дій, заснованих на доказах. Акцент на реформі спонукав платників і постачальників проводити аналіз даних, щоб зменшити ризики, виявити шахрайство, підвищити ефективність і врятувати життя. Усі – платники, постачальники послуг і навіть пацієнти – зосереджені на тому, щоб робити більше з меншими ресурсами. Таким чином, деякі сфери, в яких вдосконалені дані та аналітика можуть дати найкращі результати, включають різні зацікавлені сторони в галузі охорони здоров'я (див. рисунок 2.1).

Перевага застосування інтелектуального аналізу даних до «великих даних» в інформатиці охорони здоров'я полягає в тому, що програмне забезпечення та статистичні інструменти тепер доступні для вирішення проблем великих даних, таких як висока розмірність і дисбаланс класів [48].



Рисунок 2.1 – Використання BDA в галузі охорони здоров'я [49]

Таким чином, галузь охорони здоров'я повинна запровадити медичну BDA, щоб створити життєздатну інформаційну систему охорони здоров'я, доступну для пацієнтів. Використання статистичних і біостатистичних підходів допомагає аналізувати записи пацієнтів. На рисунку 2.2 подано підвищення якості медичних послуг завдяки BDA.



Рисунок 2.2 – Підвищення якості медичних послуг завдяки BDA

Організації охорони здоров'я бачать можливість розвиватися завдяки інвестиціям у аналітики великих даних. В останні роки шляхом збору медичних даних пацієнтів, перетворення їх у великі дані та застосування відповідних алгоритмів було згенеровано надійну інформацію, яка допомагає пацієнтам, лікарям та зацікавленим сторонам у секторі охорони здоров'я визначити цінності та можливості [50]. Варто зазначити, що в структурі галузі охорони здоров'я є багато змін і викликів.

Алгоритми та методи ML допомагають охороні здоров'я знаходити інформацію з історичних даних і даних у реальному часі, створених різними компонентами охорони здоров'я [58]. На рисунку 2.3 подано BDA для забезпечення роботи медичного персоналу.



Рисунок 2.3 – BDA для забезпечення роботи медичного персоналу

Медичний BDA вимагає аналізу даних системи охорони здоров'я та частого тестування перед використанням. BDA для підтримки науково-дослідної діяльності в медичній галузі подано на рисунку 2.4.

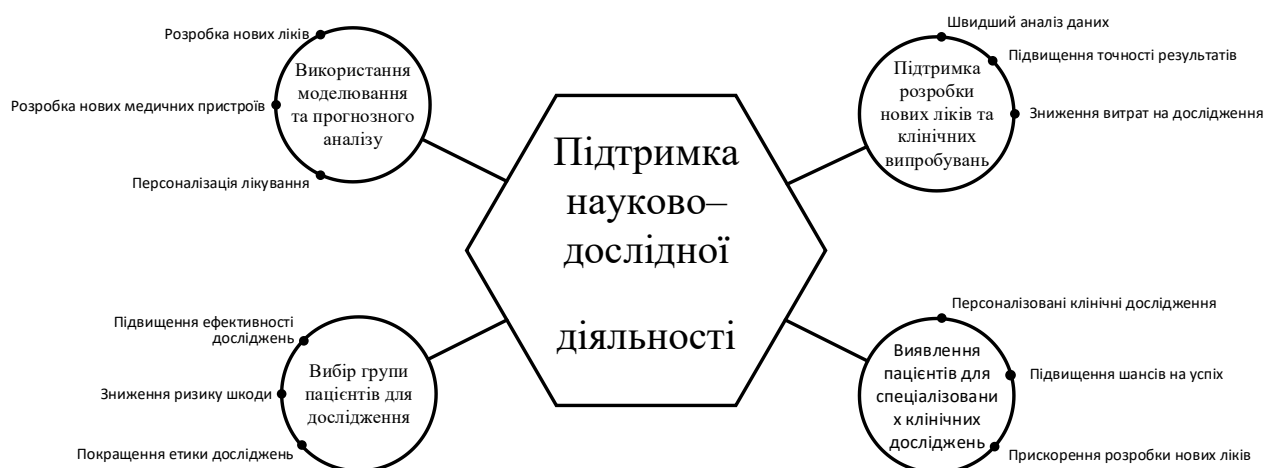


Рисунок 2.4 – BDA для підтримки науково-дослідної діяльності в медичній галузі

Оцифровка та ефективне використання великих даних у сфері охорони здоров'я може принести користь усім зацікавленим сторонам у цьому секторі. Окремий лікар виграв би так само, як і вся система охорони здоров'я. BDA для медичного бізнесу і менеджменту подано на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – BDA для медичного бізнесу і менеджменту подано

Підмножини штучного інтелекту широко використовуються для отримання розуміння з великих медичних даних [51], це:

- машинне навчання;
- глибоке навчання;
- нейронні мережі;
- NLP.

В перспективі BDA допоможе покращити індивідуальну та геномну медицину, безпеку ліків, діагностику захворювань, покращити лікування та результати пацієнтів.

2.3 Методи машинного навчання для опрацювання біомедичних наборів великих даних

На рисунку 2.6 подано класифікацію методів машинного навчання, що використовуються для аналітичного опрацювання біомедичних наборів великих даних.



Рисунок 2.6 – Класифікація та характеристики методів машинного навчання

2.3.1 Алгоритм голодних ігор

HGS імітує поведінку голоду вибраних тварин [52]. Придатність HGS визначається підходом, який використовується для відстеження поведінки голоду як критичного гомеостатичного стимулу. Багато моделей поведінки, які

породжують дії та вибір у житті тварин, використовуються для обмеження та розуміння процесу оптимізації для нових цілей. Функціональним процесом алгоритму є адаптивна вага, заснована на використаній концепції голоду та побудована для повторення кожного етапу пошуку ефекту голоду. Логічні принципи та ігрова діяльність більшості тварин, які використовуються в обчисленнях, є адаптивними еволюційними можливостями для отримання їжі. Основна ідея полягає в тому, що запропонований метод є більш ефективним через його високу продуктивність, динамічний характер і просту структуру з точки зору конвергенції та якості для прийнятних рішень [53]. Продуктивність HGS порівнювалася з іншими алгоритмами оптимізації з декількома експериментальними результатами, такими як тест CEC'20.

Математичні формули виражають поведінку наближення їжі, і запропоновані наступні процедури для моделювання режиму скорочення. Математичні формули Eq. (1) виглядає наступним чином:

$$\overrightarrow{fobj(D, G, X(t+1))} = \begin{cases} \overrightarrow{fobj(D, G, X(t))} \cdot (1 + randn(1)), & r_1 < l \\ \frac{\overrightarrow{W_1} \cdot \overrightarrow{X_b} + \mathbf{R} \cdot \overrightarrow{W_r} \cdot \left| \overrightarrow{fobj(D, G, X_b)} - \overrightarrow{fobj(D, G, X(t))} \right|}{\overrightarrow{W_1} \cdot \overrightarrow{fobj(D, G, X_b)} - \mathbf{R} \cdot \overrightarrow{W_r} \cdot \left| \overrightarrow{fobj(D, G, X_b)} - \overrightarrow{fobj(D, G, X(t))} \right|}, & r_1 > l, r_r > E \\ \frac{\overrightarrow{W_1} \cdot \overrightarrow{fobj(D, G, X_b)} - \mathbf{R} \cdot \overrightarrow{W_r} \cdot \left| \overrightarrow{fobj(D, G, X_b)} - \overrightarrow{fobj(D, G, X(t))} \right|}{\overrightarrow{W_1} \cdot \overrightarrow{fobj(D, G, X_b)} - \mathbf{R} \cdot \overrightarrow{W_r} \cdot \left| \overrightarrow{fobj(D, G, X_b)} - \overrightarrow{fobj(D, G, X(t))} \right|}, & r_1 > l, r_r < E \end{cases} \quad (1)$$

де $\mathbf{R}$ знаходиться в $[-a; a]$;

r_1 і r_2 представляють випадкові числа в межах $[0, 1]$;

W_1 і W_2 позначають ваги голоду;

X_b позначає випадкову особу в сукупності;

$X(t)$ – це фізична особа.

Формула рівняння:

$$E = \text{sech}(|F(i) - BF|) \quad (2)$$

де $i \in 1, r, \dots, n, F(i)$ – придатність для особи i , тоді як найкраще значення придатності для поточної ітерації позначається BF .

Гіперболічна функція (Sech) представлена у вигляді (3):

$$\left(\text{sech}(x) = \frac{r}{e^x + e^{-x}} \right) \quad (3)$$

$$\mathbf{R} = r \times a \times \text{rand} - a \quad (4)$$

Рівняння (5) і (6) [53] представляють математичне формулювання ролі:

$$\overrightarrow{W_1(i)} = \begin{cases} \text{hungry}(i) \cdot \frac{N}{\text{SHungry}} \times r_4, & r_3 < l \\ 1, & r_3 > l \end{cases} \quad (5)$$

$$\overrightarrow{W_2(i)} = (1 - \exp(-|\text{hungry}(i) - \text{SHungry}|)) \times r_5 \times 2 \quad (6)$$

де популяція особин позначена N, тоді як SHungry – сума (голодний).

Рандомізація в пошук вводиться з використанням випадкових змінних r_3 , r_4 і r_5 . Рівняння (7) є формулою для голодного (i):

$$\text{hungry}(i) = \begin{cases} \cdot, & \text{AllFitness}(i) == \text{BF} \\ \text{hungry}(i) + H, & \text{AllFitness}(i) \neq \text{BF} \end{cases} \quad (7)$$

де AllFitness(i) зберігає фізичну форму кожної людини поточна ітерація.

$$\text{TH} = \frac{F(i) - \text{BF}}{\text{WF} - \text{BF}} \times r_6 \times 2 \times (\text{UB} - \text{LB}) \quad (8)$$

$$H = \begin{cases} \text{LH} \times (1 + r), & \text{TH} < \text{LH} \\ \text{TH}, & \text{TH} \geq \text{LH} \end{cases} \quad (9)$$

де r_6 є іншою змінною рандомізації, а $F(i)$ вказує значення фізичної форми кожного індивіда. Значення найкращої придатності та найгіршої придатності позначаються BF та WF, тоді як верхня та нижня межі пошуку – UB та LB

відповідно. Оскільки відчуття голоду H має нижчу bound, LN , це сприяє оптимальній продуктивності алгоритму.

2.3.2 Метод опорних векторів

Цей підхід навчання під наглядом, який використовується в класифікаційних завданнях [54]. Використовуючи основні концепції для нелінійної ядерної функції, використовується для відображення даних із простору великої розмірності. Для визначення оптимального рішення для розділення двох класів використовується SVM. Проблеми регресії та класифікації вирішуються моделлю SVM.

Основний принцип SVM полягає в тому, що алгоритм генерує гіперплощину, яка використовується для поділу даних на класи [53]. Перше важливе завдання методів опорних векторів – знайти лінію розмежування або гіперплощину між даними з двох класів. SVM – це техніка класифікації, яка використовує дані для створення лінії, яка розділяє класи. Він спрямований на оптимізацію різних запасів у найближчих позиціях, які називаються опорними векторами та гіперплощинами. Вихід алгоритму – оптимальна гіперплощина. Ця гіперплощина є двовимірною лінією, яка розбиває площину на дві частини, кожна зі своїм класом.

У результаті SVM контролюються різні параметри. Аргументи, визначені розробником під час формування класифікатора, називаються параметрами налаштування.

Параметр C регулює баланс між плавною межею рішення та правильним визначенням тренувальних точок. Якщо C визначено велике значення, воно відповідним чином отримає більше тренувальних точок, але це також призведе до більш заплутаних кривих рішень, намагаючись вписати всі точки у результат [53]. Щоб створити належним чином збалансовану криву та уникнути перенавчання, для одного набору даних було використано декілька значень C .

Між тим, C описує діапазон впливу одного тренінгу. Якщо воно має низьке значення, кожен бал матиме велику дальність, і якщо вона має високе значення, кожна точка матиме близьку досяжність. Якщо C має дуже високе значення, тоді

межа прийняття рішення базуватиметься виключно на точках, які знаходяться надзвичайно близько до лінії, по суті ігноруючи деякі з точок, які знаходяться досить далеко від межі прийняття рішення [53]. Це пов'язано з тим, що точки, які знаходяться ближче, мають більшу вагу. Якщо значення C низьке, навіть далекі точки отримують велику вагу. SVM – це метод навчання під керівництвом, який використовується в класифікації [53].

В лістингу 2.1 подано алгоритм SVM на мові програмування на Python.

Лістинг 2.1 – SVM-алгоритм на Python

```
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import accuracy_score
# Load data from CSV or other source
data = pd.read_csv("your_data.csv")
# Separate features (X) and target labels (y)
X = data.drop("target_column", axis=1) # Replace "target_column"
with actual name
y = data["target_column"]
# Preprocessing (optional): scaling, handling missing values, etc.
# ... (your data cleaning code here)
# Train-Test Split
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y,
test_size=0.2, random_state=42)
# Define the SVM model with desired kernel and hyperparameters
model = SVC(kernel="linear", C=1.0) # Replace with desired kernel
and hyperparameters
# Train the model on the training data
model.fit(X_train, y_train)
# Make predictions on the testing data
y_pred = model.predict(X_test)
# Evaluate model performance using accuracy score
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print(f"Accuracy: {accuracy:.2f}")
```

Графічне пояснення SVM подано на рисунку 2.7. Використовуючи основні концепції для нелінійної функції ядра, підхід методів опорних векторів використовується для відображення даних із простору великої розмірності. SVM використовується для визначення оптимального рішення для розділення двох класів. SVM представляє лінійну модель для задач регресії та класифікації [53]. Це ефективний метод для різних реальних ситуацій і може вирішувати як лінійні, так і нелінійні проблеми.

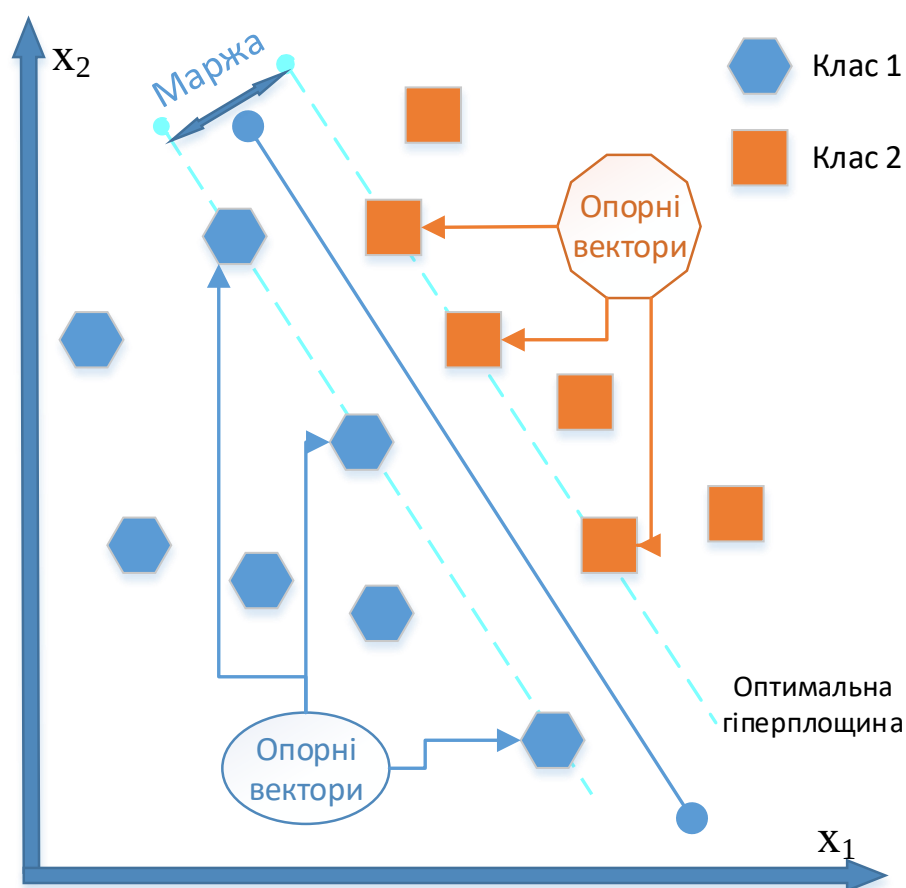


Рисунок 2.7 – Реалізація алгоритму класифікації методом SVM

Основний принцип SVM полягає в тому, що алгоритм генерує лінію або гіперплощину, яка використовується для поділу даних на класи.

Мета SVM – знайти лінію розмежування або гіперплощину між даними з різних класів. Він спрямований на оптимізацію різних запасів у найближчих позиціях, які називаються опорними векторами та гіперплощинами [53]. Вихід алгоритму – оптимальна гіперплощина. Це гіперплощина – це двовимірна плоска лінія, яка ділить площину на дві частини, кожна з яких розташована по обидва боки. У результаті методів опорних векторів контролюються різні параметри. Аргументи, визначені розробником під час формування класифікатора, називаються параметрами налаштування. У хіміоінформатиці SVM є одним із найпоширеніших алгоритмів машинного навчання. Прогноз пов'язаних з токсичністю якостей – мутагенна токсичність і класифікація токсичності, є одним із застосувань методів опорних векторів.

2.3.3 Нечітка логіка

Теорія нечітких множин [55] була представлена в 1965 році. Вона використовується все частіше і використовується в декількох біомедичних областях:

- сегментація зображень;
- класифікацію раку;
- оптимізація.

Більшість природних об'єктів неможливо визначити через прості форми. Характеристики нечіткої логіки базуються на істинному значенні змінної як дійсного числа від 0 до 1. Нечіткість теорії множин зображають графічно для подальшого використання. Для його визначення можна використовувати функції належності (MFs). В універсальній області будь-який нечіткий набір Eq. (10) є набором впорядкованих пар таким чином:

$$F = \{(x, \mu_F(x)) \mid x \in U\} \quad (10)$$

де x – універсальний набір U елементних знань; $IF - MF$ для F зі значеннями в діапазоні $[0, 1]$.

У поточному домені існування MF є елементом експертності, який може мати багато рівнів членства. Хоча межа нечіткої множини є ненульовим елементом, вона є неповною приналежністю (<1).

Поняття нечіткої логіки застосовується для вирішення різноманітних дослідницьких завдань у промисловому застосуванні. MF вказує значення членства для операції. Будь-яку нечітку множину можна визначити як набір впорядкованих пар в універсальній області [53]. Тут MF його i -го значення знаходиться в діапазоні $[0, 1]$ і є універсальним інформаційним елементом набору. Отже, один елемент інформації може мати декілька ступенів приналежності до поточного домену, залежно від природи MF . Ядро нечіткої множини складається з елементів із повною приналежністю, а підтримка складається з елементів із

ненульовою приналежністю. Межа нечіткої множини складається з елементів з ненульовою, але повною належністю.

У нечіткій логіці MF відіграє вирішальну роль у виконанні нечітких представлень у різних ситуаціях [55]. Конкретніше, форма MF є критичною для певної проблеми, оскільки вона контролює правила нечіткого виведення. MF може бути:

- Гаусовим;
- трикутним;
- трапецієподібним;
- приймати інші форми з вимогою, щоб значення MF були між 0 і 1.

MF в основному відображає надані дані до необхідного ступеня приналежності. Ретельне вивчення основної проблеми може привести до висновку, що форма MF підходить для застосування за певних умов. Може бути нескінченна кількість способів визначення нечіткості. Підхід залежить від характеру проблеми [53]. На додаток до визначення форми МП, визначення інтервалу та кількості МП є критичним.

Тому, щоб регулювати модель системи з точки зору температури за допомогою нечіткої логіки, необхідно визначити численні інтервали значень належності MF:

- високі;
- середні;
- низькі.

Ці змінні мають суттєвий вплив на висновок системи на основі нечіткої логіки. Спостереження за розподілом даних також є важливим компонентом. Для вибору форми MF іноді використовується метод проб і помилок [53]. Функція може використовувати будь-яку криву, якщо вона відповідає критеріям ефективності, простоти та швидкості. Однак число MF має значний вплив на час обчислення. Як наслідок, найкращу модель для досягнення найкращої продуктивності системи можна визначити за різними типами та MF. Деякі концепції MF буквально досліджуються, такі як нечітка логіка як універсальне

наближення або обмежені інтерполяції, які підходять для MF зі скінченними значеннями належності [56].

Основна мета полягає в тому, щоб відокремити моделювання 0-1, яке може бути виконано за допомогою трикутного MF, однак у більш складній ситуації може знадобитися використання певного типу MF. Високоточні прогнози, засновані на достатньому досвіді, може стати гарним рішенням для оптимального вибору. Щоб знайти належність для нечітких змінних, використовуються методи оптимізації МН та еволюційної оптимізації, наприклад NN і GA [53]. Підхід нечіткої логіки використовувався для визначення ймовірності виконаної мутації частинки. У будь-який момент часу ймовірність мутації частинки не є цілком визначеною або невизначеною; натомість значення членства надає ймовірність мутації.

Ця концепція є розвитком мутації, яка допомагає часткам популяції визначати, коли дрейфувати, дозволяючи передчасну конвергенцію. Існує два важливі параметри, які слід враховувати при лікуванні мутації частинок: відстань частинок від інших частинок та історія частинок. Коли перевіряється відстань частинок від центроїда населеності, точність частинок змінюється. Коли частинки знаходяться ближче одна до одної, можлива рання конвергенція. Тим часом, щоб уникнути цієї проблеми, для розділення частинок використовується метод мутації [53]. Це може допомогти багатьом часткам у подоланні локального розчину. Оцінка відстані популяції від центроїда інших популяцій більш доречно, ніж обчислення відстані частинок від інших частинок. Якщо відстань між популяціями невелика, це означає, що популяції розташовані близько одна до одної. Відстань популяції від центроїда обернено пропорційна ймовірності мутації. У деяких випадках можливо, що популяція живе в центроїді. Коли відстань дорівнює 0, існує нескінченна ймовірність мутації, тобто небажано. Тому ми додаємо одиницю до відстані, щоб гарантувати, що цей сценарій не відбудеться. В результаті з рівняння (11) оголошує внесок відстані у ймовірність мутації таким чином:

$$P_d = \frac{1}{1 + \text{dist}} \quad (11)$$

де dist – це відстань частинки від центроїда,

P_d – наближений внесок, – внесок відстані до ймовірності мутації.

Подібно до відстані, історія популяції може відігравати роль у ймовірності мутації. Якщо буде досягнуто найкраще рішення, частота ітерацій, заявлена популяцією, буде змінена. Найкращі рішення все ще досліджуються та намагаються знайти краще рішення [53]. Але якщо глобальне рішення залишається статичним протягом ітерацій, це вказує на те, що ці рішення потрапили в пастку локальних рішень і їх неможливо шукати в кількох частинах простору пошуку.

Таким чином, мутації в популяціях важливі для забезпечення певного збурення між ними, тим самим допомагаючи кільком популяціям уникнути локальних оптимумів і знайти рішення в глобальних оптимумах. Якщо час для глобальних найкращих популяцій постійно збільшується, підвищення ймовірності мутації також вимагається [53]. Цей внесок історичної інформації обчислюється за (P_c) . Глобальне населення не вплинуло на використання незмінного номера ітерації для ймовірності мутації. $a = 4$ і $b = 5$. Після цих значень ймовірність мутації зростає зі збільшенням значення.

$$P_e = a + b * \tanh\left(\left(\frac{\text{unchanged}}{\alpha}\right) - \beta\right) \quad (12)$$

де $a = 0,5$ і $b = 0,5$, функція $\tanh$ повертає число від $[-1, 1]$ до $[0,5, 0]$, яке при множенні на b обмежується значенням $[0,5, 0]$.

У результаті кінцеве значення знаходиться в діапазоні $[0, 1]$. Еквівалентне рівняння (12) використовується для об'єднання двох вкладів. Параметри a і b надавали однакову вагу відстанню та фону. Значення a і b були встановлені рівними $0,6$ і $0,4$ відповідно [53]. Наприклад, відстань з часом ставала все більш важливою. Інші частинки змінюються, навіть якщо найкращі не змінюються. У

цій ситуації деякі частинки можуть не потрапити в пастку, але рішення враховуватиме потенціал конвергенції. Щоб уникнути цього, рівняння. (12) надає історії меншу вагу.

$$P_l = \rho * P_d + \varphi * P_c \quad (13)$$

Імовірність мутації Eq. (13) для i -ї частинки в популяції оголошується P_i . Якщо P_i більше, ніж випадково згенероване значення частинки i , частинка приглушується, інакше мутація не відбувається [53]. Мутація здійснюється за допомогою двох рівнянь. (14, 15).

$$\Delta q = 0.5 * \text{range} * \left(\left(1 - \frac{\text{count}}{\text{iter}} \right)^2 \right) \quad (14)$$

$$\Delta p = \min(\Delta q, P_{ij}) \quad (15)$$

де D_p вказує на зміну значення частинки в j -му вимірі, цей діапазон позначає різницю між верхньою та нижньою межами діапазону контрольної функції,

count позначає поточний номер ітерації,

iter позначає загальну кількість ітерацій, які потрібно виконати,

P_{ij} позначає значення i -ої частинки в j -му з весь вимір населення.

Значення D_q знижується в міру зближення точок, дозволяючи менше збоїв. Щоб забезпечити мінімізацію збурень у русі агента, рівняння. (15) D є керованим [53]. Незважаючи на те, що в цьому сценарії є кілька припущень, нечіткі мутантні форми алгоритму HGS часто мають вищу ймовірність уникнути проблем конвергенції.

2.3.4 Фітнес-функція

Цей параграф використовується для пояснення функції придатності $mHGS(fobj)$, яка формулюється так:

$$fobj = \alpha + \beta \frac{|R|}{|C|} - G. \quad (16)$$

$$\beta = \alpha \quad (17)$$

$$fobj > T \quad (18)$$

де R означає частоту помилок,

C означає підсумовування ознак у наборі даних,

а α і β означають важливість якості класифікації (як розраховано класифікаторами) і довжину підмножини відповідно.

Поданий в лістингу 2.2 алгоритм описує етапи процесу оптимізації алгоритму mHGS-SVM.

Лістинг 2.2 – Етапи процесу оптимізації алгоритму mHGS-SVM [53]

```
Initialization: The parameters N,MaxIter,l,D,SHungryN, MaxIter, l,
D, S_{Hungry}N,MaxIter,l,D,SHungry are initialized.
Individuals' positions are initialized.
Xi(i=1,r,...,N)X_i(i = 1, r, \dots, N)Xi(i=1,r,...,N).
while (The stopping criterion is not met yet) do
  Compute fitness for each individual.
  Update BF,WF,Xb,BIBF, WF, X_b, BIBF,WF,Xb,BI.
  Compute the Hungry using Eq. (8).
  Compute W1W_1W1 using Eq. (6).
  Compute W2W_2W2 using Eq. (7).
  for each Individual in population do
    Compute EEE using Eq. (2).
    Update RRR using Eq. (4).
    Update the location vector using Eq. (1).
    Apply the feature selection method.
    Apply the SVM classifier.
  end for
  t=t+1t = t + 1t=t+1.
end while
Return the best Criterion.
```

Діапазон α вказується як $[0, 1]$. G означає груповий стовпець класифікатора, а T означає умову, що кожен метод порівнюється з функцією відповідності. Щоб максимізувати рішення, $fobj$ має бути більше T [53].

Етап ініціалізації. Запропонований алгоритм mHGS запускає процес оптимізації випадковим чином ініціалізує популяцію агентів, використовуючи рівномірний випадковий розподіл наступним чином:

$$X_i^{\text{initial}} = LB + \text{rand}_i(UB - LB) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

де X_i^{initial} – випадковий ініціалізований i -й вектор рішення,

UB, LB – верхня та нижня межі відповідно,

n – розмір популяції; $\text{rand}_i \in [0, 1]$ – випадкове значення.

Фітнес-функція ($fobj$) обчислюється за допомогою рівняння. (16).

Зменшення популяції. В алгоритмах на основі популяції кількість агентів пошуку в популяції NP відіграє істотну роль у регулюванні швидкості збіжності алгоритму. Подальше пояснення: невеликі агенти популяції можуть швидко сходитися, але; однак вони підвищують ймовірність отримання локального оптимуму [53]. Популяція з великою кількістю агентів зближується повільніше, але забезпечує краще дослідження простору пошуку. Запропонований mHGS застосовує підхід лінійного скорочення популяції наступним чином:

$$NP^{(t+1)} = \text{round} \left[\left(\frac{NP_{\max} - NP_{\min}}{MAX_FE} \right) * FE + NP_{\min} \right] \quad (20)$$

де $NP_{\max}$ – початковий розмір популяції (NP);

$NP_{\min}$ – заданий мінімальний розмір популяції;

$NP_{\min} = 30$ у цьому дослідженні;

FE – оцінка поточної функції;

$MAX_FE = 45000$ – максимальна кількість оцінок функції.

Крок рішення. Пропонуються рішення та пропонуються нові рішення за допомогою рівнянь. (1, 2), як показано в лістингу 2.2. Застосування нечіткої мутації для покращення простору пошуку шляхом вивчення кількох нових регіонів для визначення найкращого потенційного рішення за допомогою рівнянь [53]. Формули (14), (15) допомагають покращити різноманітність алгоритмів і уникнути локальних рішень і порівняння між новим і попереднім рішеннями.

Найкраще нове рішення використовується для оновлення за допомогою E_q . (6) для голоду та рівняння. (7) для розрахунку відчуття голоду, яке контролює роботу алгоритму [53]. Алгоритм оголошує, як пропонується найкраще рішення для розрахунку об'єктивної придатності для кількох нових популяцій. Цей процес повторюється до досягнення умови зупинки.

Етап припинення. Запропонований алгоритм mHGS повторюється, доки не будуть виконані критерії припинення, що призводить до найкращого рішення-кандидата. Етапи запропонованого алгоритму mHGS проілюстровано на рисунку 2.8.

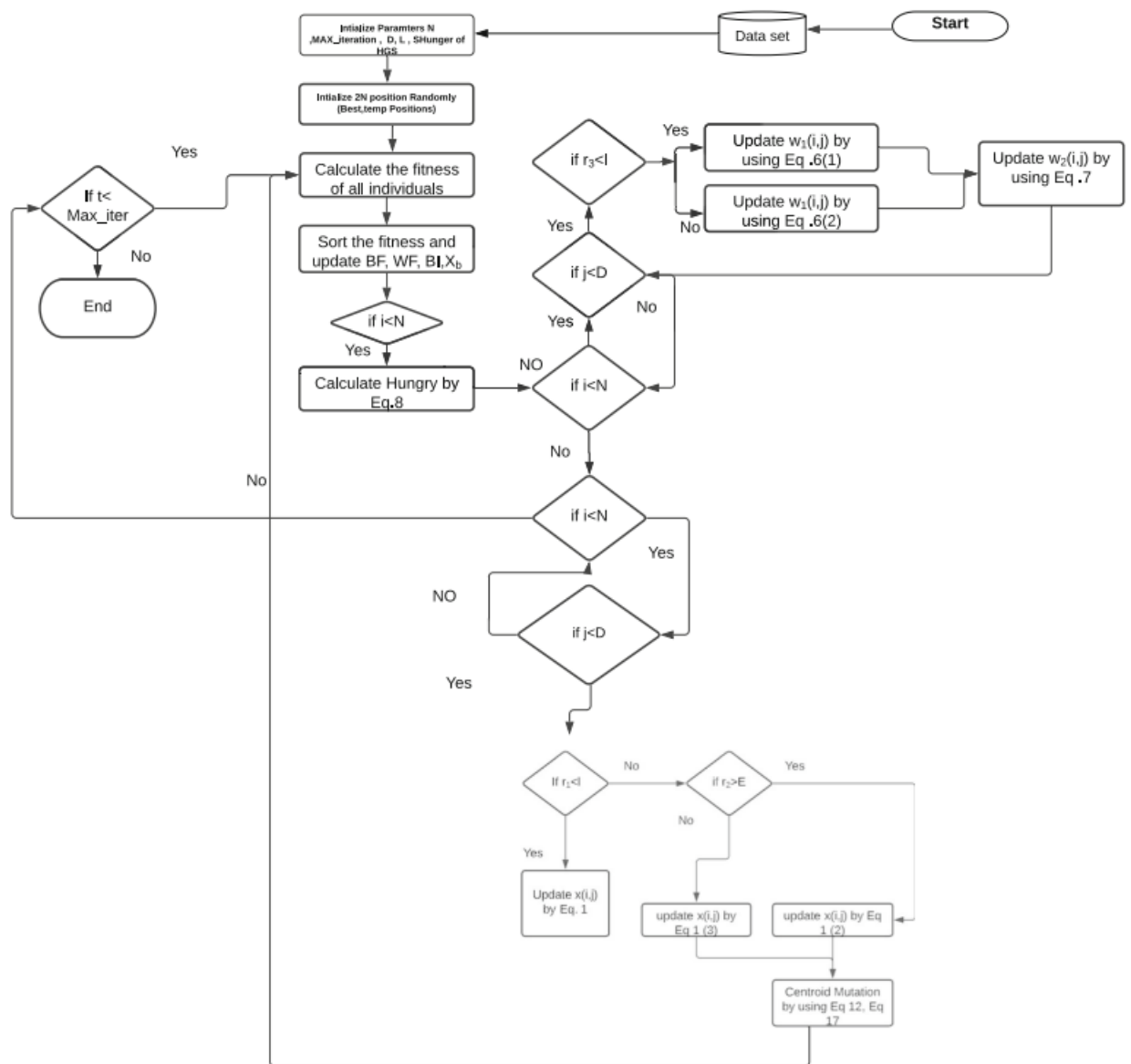


Рисунок 2.8 – Запропонований алгоритм mHGS [53]

Етап класифікації. Найкраще запропоноване рішення, вибране на попередньому етапі, отримують за допомогою методу mHGS. У Xbest функції, отримані з вихідного набору даних, дорівнюють одиниці. Реалізовано класифікаційний підхід SVM. Набір даних розділений на два набори: 90% навчання та 10% тестування. Варто зазначити, що всі експерименти проводилися 30 незалежних разів, щоб отримати найкращі результати.

2.4 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи подано опис результатів наукометричного пошуку. Розглянуто інноваційний концепт «Big Data Analytics». Висвітлено особливості BDA в охороні здоров'я. Досліджено методи машинного навчання для опрацювання біомедичних наборів великих даних.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА МЕТОДІВ

Функції порівняння «CEC'20» і набір даних «FS» застосовуються для оцінки запропонованого в [53] методу mHGS, включаючи кілька тестувань, таких як статистичні результати та якісні показники. Для об'єктивної оцінки запропоновані результати mHGS порівнювали з іншими сімома МА: «IMODE», «GSA», «GWO», «HHO», «WOA», «SMA» і оригінальним алгоритмом «HGS». У таблиці 2 наведено налаштування параметрів для всіх порівнюваних алгоритмів. Для отримання результатів усі алгоритми були перевірені за допомогою мови програмування MATLAB. Для оцінки FS усі порівнювані алгоритми були гібридизовані з SVM як класифікатором. Всього було використано десять наборів хімічних даних. оцінки функцій (FE) використовували кожен порівняльний алгоритм тридцять разів з тридцятьма агентами.

Таблиця 3.1 – Налаштування параметрів [53]

Algorithms	Parameters setting
Common settings	Search agents: $N = 30$ Dimensions Dim = 10 Number of independent runs 30
Centroid mutation	$\alpha = 4$, $\beta = 5$, $P_c = [0, 1]$, $a = 0.5$, $b = 0.5$
IMODE	arch_rate = 2.6
GSA	alpha = 20, $G0 = 100$, Rnorm = 2, Rpower = 1
GWO	a decreases linearly from 2 to 0 (Default)
HHO	$E0 \in [-1, 1]$ (Default)
WOA	α variable decreases linearly from 2 to 0 (Default) $a2$ linearly decreases from -1 to -2 (Default)
SMA	$z = 0.03$
HGS	VC2 = 0.03, sumHungry = 0,

3.1 Налаштування параметрів і метрики оцінки

Багато порівнюваних алгоритмів використовуються в експерименті для оцінки методу вдосконалення. Налаштування параметрів відіграють основну

роль у контролі декількох умов у нашому експерименті. Усі параметри для експерименту справедливої оптимізації визначено [53]. Наступні вимірювання використовуються для перевірки та оцінки запропонованого методу залежно від найкращого значення придатності $fobj$, отриманого під час циклу i :

Середнє значення функції пристосованості, отримане за допомогою методу виконання M для часів, є середнім. Середню функцію придатності можна розрахувати за допомогою рівняння:

$$\text{Mean} = \frac{\sum_{i=1}^M fobj(i)}{M} \quad (21)$$

Максимальне значення функції пристосованості, отримане шляхом запуску алгоритму M разів, відноситься до найкращої функції пристосованості [53]. Значення функції найкращої придатності можна розрахувати наступним чином:

$$\text{Best} = \max_{i=1}^M fobj(i) \quad (22)$$

Найгірша функція відповідності – це функція відповідності з мінімальним значенням, отриманим у результаті виконання алгоритму M разів. Значення найгіршої функції придатності можна обчислити за допомогою:

$$\text{Worst} = \min_{i=1}^M fobj(i) \quad (23)$$

Стандартне відхилення використовується для вимірювання коливання значення функції пристосованості, отриманого з M разів виконання алгоритму STD. STD – це показник, який використовується для вимірювання стабільності та надійності алгоритму. Вищі значення стандартного відхилення вказують на те, що алгоритм блукає, але менше число показує, що метод сходиться для того

самого значення в більшості ітерацій. Використовуючи наведену нижче формулу, стандартне відхилення можна обчислити:

$$\text{STD} = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (\text{fobj}(i) - \text{mean})^2} \quad (24)$$

3.2 Експериментальні статистичні результати інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних

Щоб оцінити запропонований підхід mHGS, Конгрес IEEE з еволюційних обчислень 2020 (CEC'20) [57] був обраний для оцінки його продуктивності під час вирішення різних типів набору цільових функцій. На рисунку 3.1 подано двовимірну візуалізацію перших чотирьох функцій CEC'20, щоб допомогти зрозуміти відмінності та природу кожної проблеми.

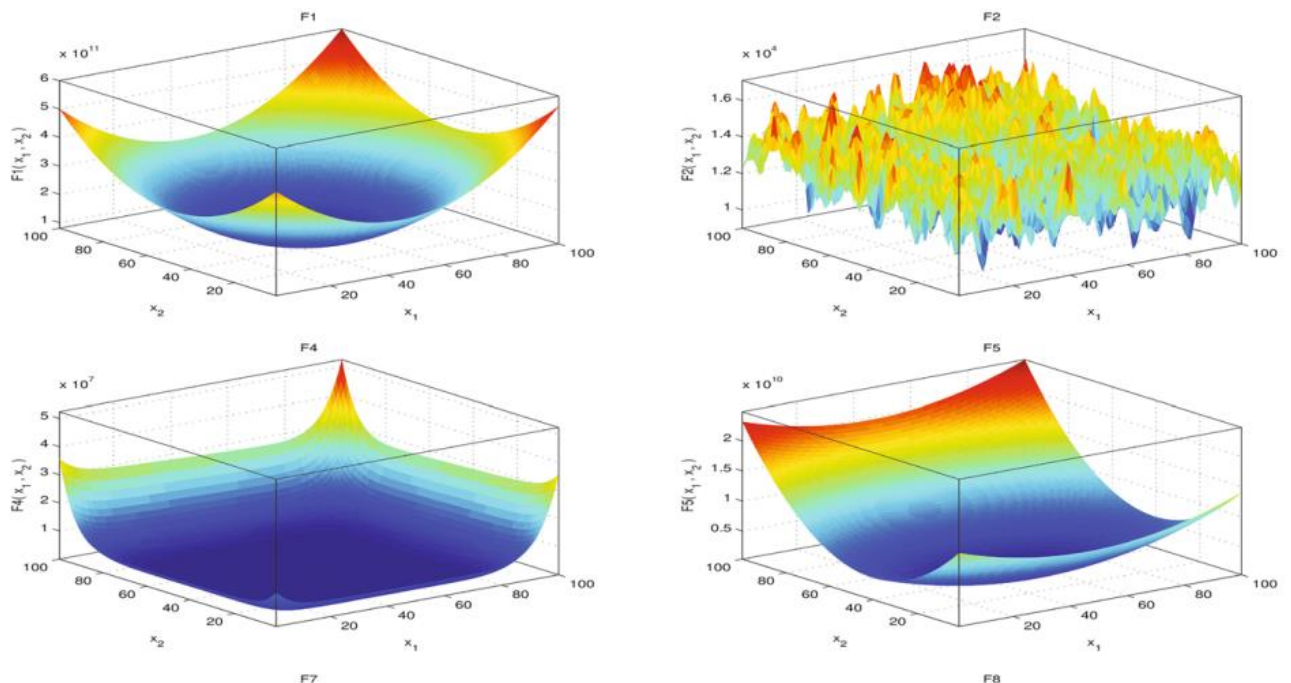


Рисунок 3.1 – Двовимірна візуалізація перших чотирьох функцій тестування CEC'20 [53]

Статистичні методи застосовуються до алгоритмів, які використовують функції CEC'20, щоб визначити, який алгоритм є найкращим. Опис функцій

тесту CEC'20. Тестові дані для тестування продуктивності запропонованих алгоритмів були взяті з «IEEE Congress on Evolutionary Computation» CEC [57]. Десять тестових функцій були включені в функції порівняння CEC'20, включаючи унімодальні, мультимодальні, гібридні та композиційні функції.

На рисунку 3.2 подано двовимірну візуалізацію двох функцій CEC'20, щоб допомогти зрозуміти відмінності та природу кожної проблеми.

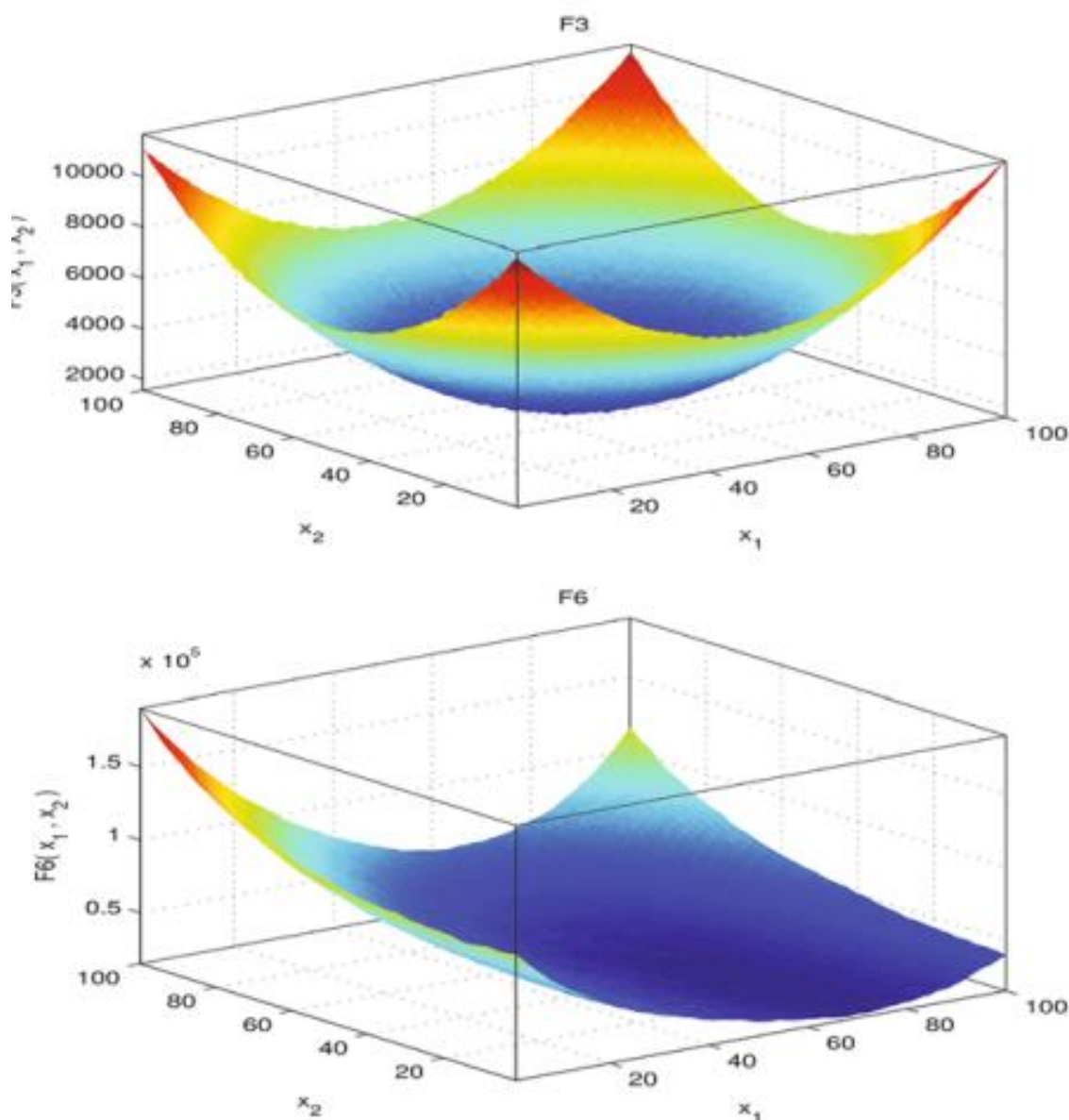


Рисунок 3.2 – Двовимірна візуалізація двох функцій тестування CEC'20 [53]

Простір параметрів. На рисунку 3.3 подано двовимірну візуалізацію функції CEC'20, щоб допомогти зрозуміти відмінності та природу кожної проблеми.

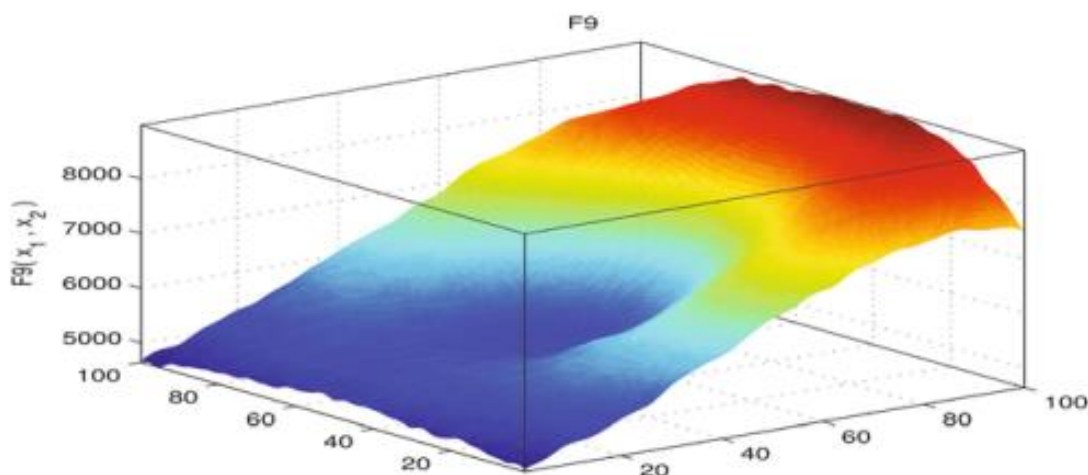


Рисунок 3.3 – Двовимірна візуалізація функції тестування CEC'20 [53]

Статистичні результати середнє значення та STD для запропонованого алгоритму та інших порівнюваних алгоритмів для кожної контрольної функції CEC'20 із 10-вимірністю, найкращі результати – мінімальні значення. Запропонований підхід [53] перевершив попередні алгоритми у розв'язанні більшості контрольних функцій CEC'20 з точки зору середнього та стандартного відхилення. Крім того, запропонований mHGS посів перше місце в тесті середньої суми рангів Фрідмана.

Аналіз конвергенції. Алгоритм mHGS та продуктивність інших алгоритмів можна пояснити за допомогою кривих збіжності та аналогів із функціями CEC'20, показаних на рисунку 3.4.

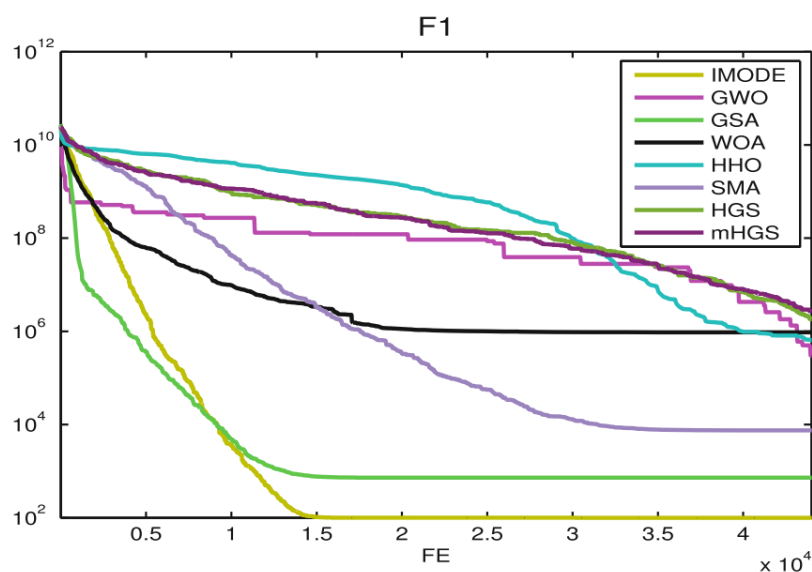


Рисунок 3.4 – Криві збіжності для запропонованого mHGS

Усі результати функцій для запропонованого алгоритму досягли стабільної точки, що вказує на те, що він збігається. Швидка конвергенція вказує на оптимальне рішення. Таким чином, запропонований метод mHGS є багатообіцяючою оптимізацією для вирішення кількох проблем, які потребують швидкого обчислення, наприклад задач онлайн-оптимізації [53].

Аналіз поведінки Boxplot. Коробкові діаграми використовуються для відображення характеристик розподілу даних. Результати розподілу пов'язані з декількома локальними мінімумами функцій класу, як показано на рисунку 3.5.

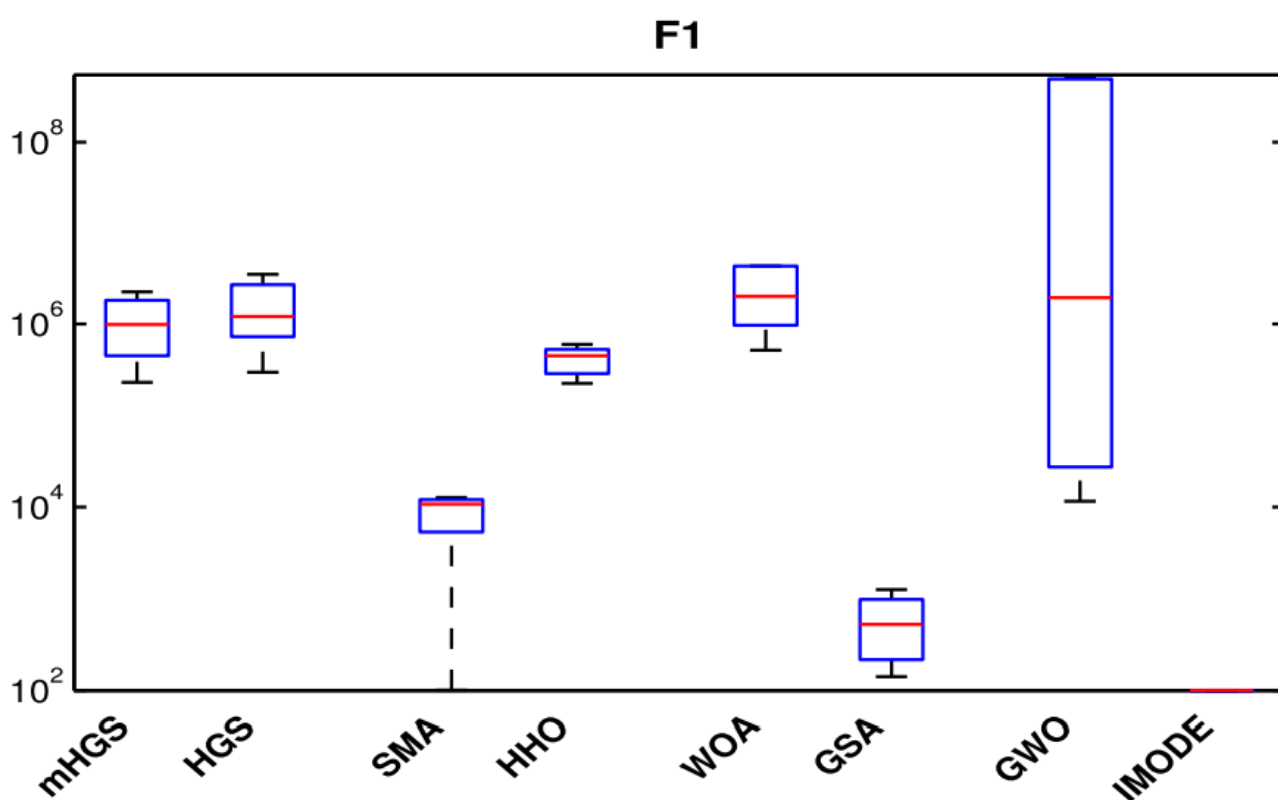


Рисунок 3.5 – Криві коробкового графіка запропонованого mHGS [53]

Коробкові графіки є ефективними для представлення розподілу даних у квартилях. Мінімальні та максимальні точки даних алгоритму, які є кінцями вуса, є найнижчою та найвищою точками даних алгоритму. Високий рівень узгодженості даних декларується вузьким коробковим графіком. Boxplot показує результати для десяти функцій Dim = 10. Алгоритм mHGS дає найкращі результати порівняно з іншими алгоритмами.

Моніторинг поведінки частинок або пошукові агенти, наприклад, можуть запропонувати більше знань про конвергенцію алгоритмів і процес оптимізації пошуку. Якісний аналіз алгоритму mHGS показано на рисунку 3.6.

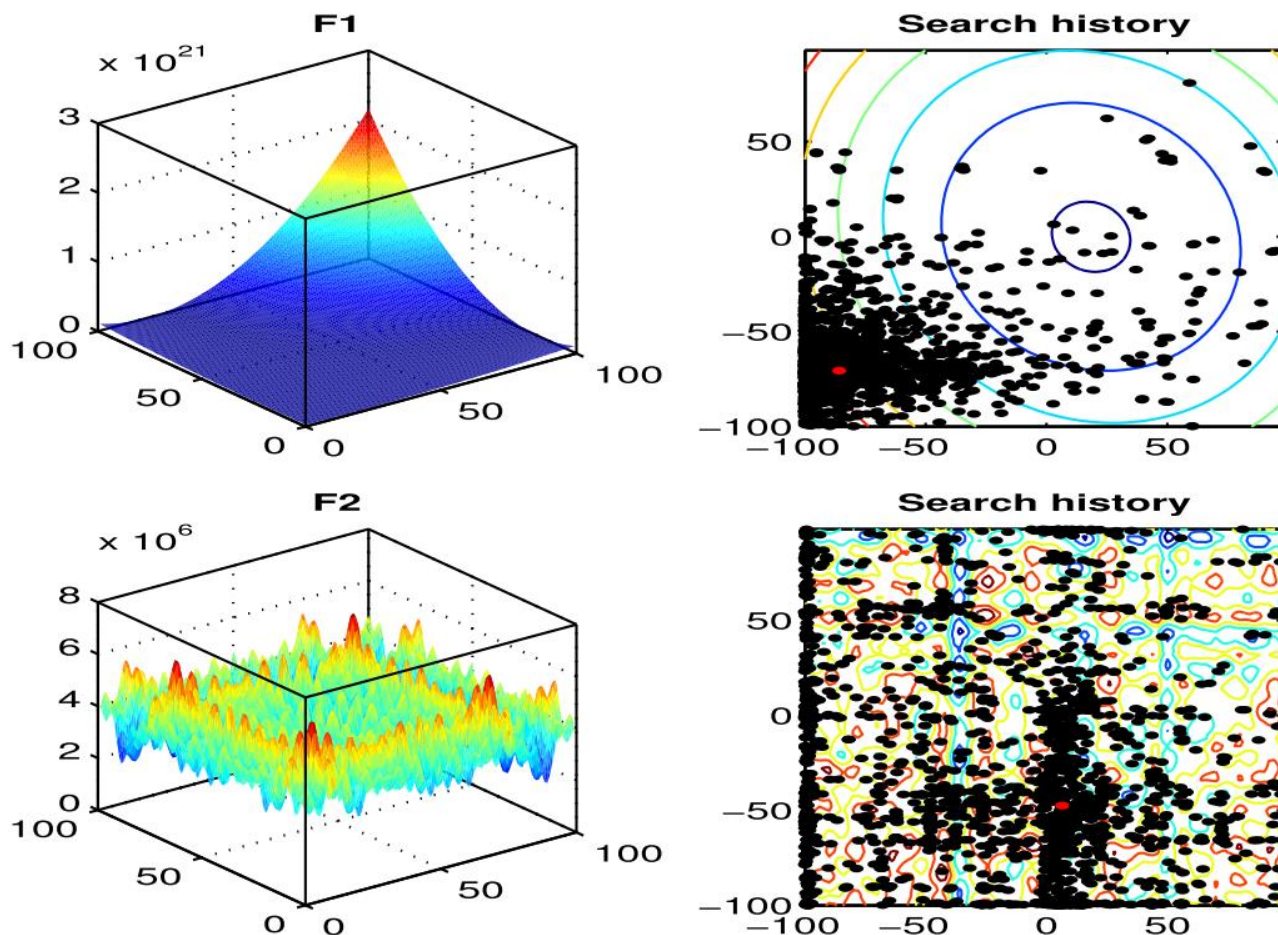


Рисунок 3.6 – Якісні показники для порівняльних функцій SEC'20 [53]

Поведінка агента показана на рис. 3.6, яка ілюструє функції у двох вимірах (3D), історію пошуку, історію середньої придатності та криві конвергенції.

Ці пункти обговорюють якісний аналіз:

- З точки зору топології домену – функції в 3D-видах. Функція в 3D-просторі вказана в першому стовпці. Функції мають різні топології, що допомагає визначити, який тип або форму функції алгоритм виконує найкраще.

- Для історії пошуку. Історія пошуку агентів показана від першої до останньої ітерації. Простір пошуку представлено лініями-лічильниками, з градієнтом від синіх до червоних ліній, що вказує на більш високе значення придатності.

3.3 Експериментальні результати застосування інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних

Було використано декілька наборів даних [53], зібраних із репозиторію машинного навчання та веб-сайтів kaggle, але лише набір даних MAO, взятий із набору даних «GREYC Chemistry.123 Моноаміноксидаза MAO» містить інформацію про ферменти, який широко поширений у основних тканинах. Він має здатність каталізувати інактивацію та окислення моноамінових нейромедіаторів.

«QSAR Biodegradation» Цей набір даних містить сорок ознак – молекулярних дескрипторів, які використовуються для класифікації понад тисячі хімічних сполук. Ці дані використовуються для визначення між двома хімічними класами, з понад триста п'ятидесятьма зразками, які легко біологічно розкладаються, і семи сотнями моделей. Крім того, ця інформація може бути використана для побудови QSAR, щоб вказати на взаємозв'язок між молекулярною біодеградацією та хімічним дизайном.

Огляд лікарських засобів містить відгуки пацієнтів щодо конкретних ліків, а також захворювань, які з ними пов'язані. Десять пацієнтів дали йому оцінку, що відображає загальне задоволення пацієнтів. Перегляд сайтів фармацевтичних оглядів в Інтернеті дав інформацію. Метою було дізнатися щось нове. Розбиття цих даних на навчальну вибірку – 75% і тестовий набір – 25% дає найкращі результати – 25%.

3.4 Опрацювання даних

Для деяких хімічних даних може знадобитися певна процедура попередньої обробки (див. рисунок 3.7), яка ілюструє основні етапи процесу підготовки:

1. Інформація про білки перетворюється на хімічне представлення.
2. Обчислюються дескриптори.
3. Хімічна структура перетворюється в математичну форму.

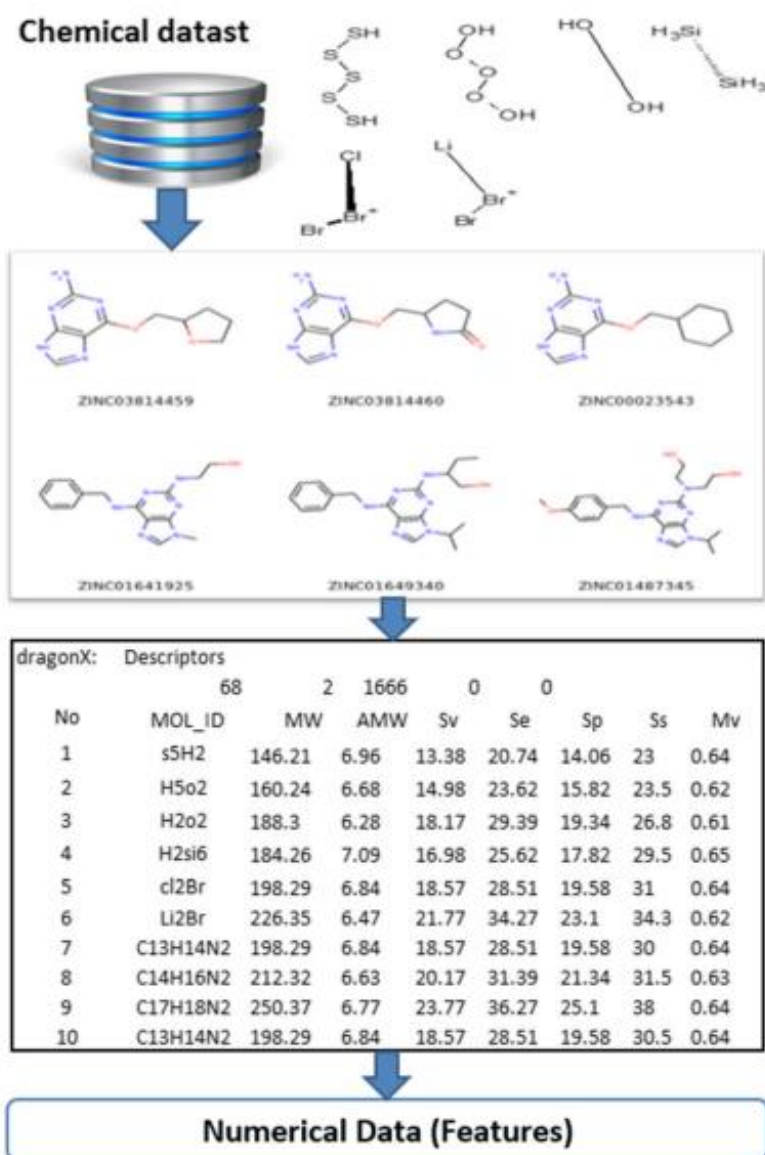


Рисунок 3.7 – Відображення молекул у об'єктах

Нижче подані наступні фази аналітичного опрацювання. Інформація про білок перетворюється в ізомерну спрощену систему введення лінії молекулярного введення (SMILES) за допомогою відкритого програмного забезпечення Babel [58].

Інформація про білки зберігається в хімічному форматі, який називається MOA, який має бути перетворений в ізомерний SMILES за допомогою програмного забезпечення Babel. Функції – це атрибути зі значеннями, які використовуються для створення екземплярів.

Середнє, стандартне значення, найкраще, найгірше та значення часу обчислення, отримані вибраними алгоритмами з використанням svm і критерію зупинки на основі FE.

3.5 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано результати моделювання та експериментів. Розглянуто налаштування параметрів і метрики оцінки. Подано експериментальні статистичні результати інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних. Описано експериментальні результати застосування інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних. Розглянуто опрацювання даних.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Психологічні чинники небезпеки

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» присвячена дослідженню інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних. Фахівці, які працюють у центрах збору та обробки даних, стикаються з широким спектром стресових чинників. Тому важливо звернути увагу на психологічні аспекти ризиків. Аналіз статистики та висновки експертів з безпеки життєдіяльності показують, що від 60% до 90% травм на роботі та в побуті пов'язані з необачністю та недбалістю самих постраждалих. Це наголошує на необхідності дотримання правил безпеки та усвідомленого підходу до власного здоров'я та життя [59]. Основними причинами цього є:

- низький рівень професійної підготовки з питань безпеки;
- недостатнє виховання;
- слабка установка людини на дотримання вимог безпеки;
- допуск до небезпечних робіт осіб з підвищеним ризиком травматизму;
- перебування людей у стані втоми чи інших психічних станах, які знижують безпеку діяльності.

Виділяють комплекс чинників, що збільшують індивідуальну схильність людини до небезпеки, це:

- особливості темпераменту;
- функціональні зміни в організмі;
- дефекти органів відчуття;
- незадоволення даним видом діяльності.

Водночас схильність до небезпеки через несприятливий характер діяльності:

- значні фізичні та розумові зусилля;
- незручна робоча поза;
- високий темп праці;
- нервово-емоційні перевантаження;

- перенапруга слухових та зорових аналізаторів;
- несумісність робочого місця, засобів праці та антропометричних даних людини.

Дія зазначених вище факторів призводить до фізичного й емоційного виснаження, що негативно впливає на психічний стан людини. Це знижує швидкість і точність реакцій, погіршує увагу й пильність, а також викривляє сприйняття навколишньої дійсності. У найгірших випадках це може спричинити травматизацію.

Психологи виокремлюють спеціальну галузь – психологію безпеки, яка вивчає психічні властивості та стани людини, що виникають у процесі виконання професійної діяльності. Мислення, пам'ять, увага, сприйняття, емоції та воля є базовими психічними процесами, які відіграють ключову роль у здобутті знань, життєвого досвіду та забезпеченні безпеки під час роботи.

У психології психічні процеси поділяють на три групи: пізнавальні, емоційні та вольові. До пізнавальних належать мислення, пам'ять, увага, сприйняття й уява. Емоційні процеси – це реакції на внутрішні або зовнішні стимули. Вольові процеси відповідають за свідоме регулювання поведінки та діяльності.

Психічні властивості характеризують стійкі особливості особистості, які впливають на її поведінку та діяльність. Вони охоплюють інтелектуальні, емоційні, вольові, трудові й інші якості. Натомість психічні стани є тимчасовими особливостями психічної діяльності, які можуть змінюватися й мати як позитивний, так і негативний вплив на психічні процеси.

На думку багатьох психологів, продуктивність і працездатність людини значною мірою залежать від рівня психічного напруження. Помірне підвищення напруження може сприяти покращенню результатів роботи, однак його надмірний рівень призводить до зниження ефективності, аж до повної втрати працездатності.

Дія зазначених вище факторів призводить до фізичного й емоційного виснаження, що негативно впливає на психічний стан людини. Це знижує швидкість і точність реакцій, погіршує увагу й пильність, а також викривляє

сприйняття навколишньої дійсності. У найгірших випадках це може спричинити травматизацію.

Психологи виокремлюють спеціальну галузь – психологію безпеки, яка вивчає психічні властивості та стани людини, що виникають у процесі виконання професійної діяльності [60]. Мислення, пам'ять, увага, сприйняття, емоції та воля є базовими психічними процесами, які відіграють ключову роль у здобутті знань, життєвого досвіду та забезпеченні безпеки під час роботи.

У психології психічні процеси поділяють на три групи: пізнавальні, емоційні та вольові. До пізнавальних належать мислення, пам'ять, увага, сприйняття й уява. Емоційні процеси – це реакції на внутрішні або зовнішні стимули. Вольові процеси відповідають за свідоме регулювання поведінки та діяльності.

Психічні властивості характеризують стійкі особливості особистості, які впливають на її поведінку та діяльність. Вони охоплюють інтелектуальні, емоційні, вольові, трудові й інші якості. Натомість психічні стани є тимчасовими особливостями психічної діяльності, які можуть змінюватися й мати як позитивний, так і негативний вплив на психічні процеси.

На думку багатьох психологів, продуктивність і працездатність людини значною мірою залежать від рівня психічного напруження. Помірне підвищення напруження може сприяти покращенню результатів роботи, однак його надмірний рівень призводить до зниження ефективності, аж до повної втрати працездатності.

Вживання психоактивних речовин, зокрема алкоголю, значно підвищує ризик отримання травм і знижує рівень безпеки під час будь-якої діяльності. Легкі стимулятори, такі як чай чи кава, можуть допомогти подолати сонливість і тимчасово підвищити ефективність роботи. Проте вживання сильніших стимуляторів під час виконання відповідальних завдань може мати негативний вплив, погіршуючи самопочуття та сповільнюючи реакції.

Транквілізатори, які використовуються для зняття нервового напруження та профілактики неврозів, можуть викликати зниження психічної активності, уповільнення реакцій, сонливість і апатію.

Алкоголь значно збільшує ймовірність травматизму та аварій у будь-якій сфері діяльності. За даними досліджень, у 40-60% випадків дорожньо-транспортних пригод алкоголь є головною причиною. На виробництві до 64% смертельних інцидентів пов'язано з вживанням алкоголю та помилковими діями постраждалих. Особливо небезпечним є стан післяалкогольної астенії (похмілля), який не лише знижує працездатність, але й викликає загальмованість і знижує рівень обережності, що суттєво впливає на безпеку праці.

4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена аналізу систем комп'ютерного зору, побудованих на основі технологій Інтернету речей, для забезпечення безпеки в рамках «розумних міст». У зв'язку з впровадженням IoT-пристроїв у міську інфраструктуру важливо враховувати вимоги пожежної безпеки при ліквідації загорянь в електроустановках.

Пожежі в електроустановках необхідно гасити виключно за допомогою вуглекислотних вогнегасників, попередньо відключивши напругу від обладнання. Використання водяних струменів (як компактних, так і розпилених) без знеструмлення дозволяється лише для відкритих електроустановок, включаючи нагріті кабелі, і за умови, що напруга не перевищує 10 кВ [61]. У таких випадках водяний струмінь повинен бути заземлений, а персонал зобов'язаний використовувати діелектричне взуття й рукавички, дотримуючись безпечної дистанції:

- не менше 4 метрів для установок до 1000 В;
- не менше 8 метрів для установок напругою від 6 до 10 кВ.

Застосування морської води або води з високим рівнем забруднення категорично заборонено. Також не дозволяється використовувати ручні засоби з піною для гасіння пожеж у електроустановках під напругою до 10 кВ, оскільки піна та її розчин мають підвищену електропровідність [63].

В деяких випадках дозволяється гасіння пожежі в електроустановках з напругою до 10 кВ за допомогою повітряно-механічної піни в таких умовах:

- якщо генератор високочастотної піни, що встановлений перед тим, є надійно заземлений;

- якщо пожежні машини обладнані заземленими насосами.

У випадку, коли частина електрообладнання залишається під напругою під час гасіння пожежі, аби уникнути ризику ураження електрострумом при випадковому контакті або неправильному наближенні людини до струмоведучих частин, відстань повинна бути не менше:

- при напрузі 6-10 кВ – 0,7 м;

- при напрузі 35 кВ – 1 м;

- при напрузі 110 кВ – 1,5 м.

Пожежні бригади можуть приступити до гасіння пожежі в електроустановці лише після того, як їм було проведено інструктаж головним енергетиком та інженером-електриком (черговим електриком) і отримано дозвіл від них. Пожежники повинні урахувати всі можливі ситуації та наслідки можливих коротких замикань [63].

Під час гасіння пожежі пожежні бригади мають керуватися вказівками головного енергетика та інженера-електрика (чергового електрика), які повинні надавати поради керівнику гасіння пожежі щодо дотримання правил безпеки, можливості загоряння прилеглої апаратури та поширення пожежі. Керівник гасіння пожежі повинен взаємодіяти з головним енергетиком, інженером-електриком (черговим електриком), узгоджуючи свої дії щодо розстановки сил та засобів пожежогасіння, зміни позицій пожежних стволів та інше.

Заборонено проникати особовому складу пожежних бригад за огороження струмоведучих частин, що перебувають під напругою. Коли пожежні бригади займаються гасінням пожежі, їхні члени повинні припускати, що всі струмоведучі деталі електроустановки залишаються під напругою, за винятком тих частин, щодо відсутності напруги на яких отримано підтвердження від оперативного персоналу [124].

ВИСНОВКИ

Дослідження продемонструвало значний потенціал застосування інтелектуальних методів аналізу великих даних у біомедицині. Результати дослідження свідчать про ефективність застосування алгоритмів машинного навчання для аналізу великих біомедичних даних. Порівняльний аналіз показав, що алгоритм голодних ігор, метод опорних векторів та нечітка логіка демонструють різний рівень точності та швидкодії при вирішенні конкретних задач, що дозволяє обрати оптимальний алгоритм для кожного конкретного випадку. Отримані результати відкривають нові перспективи для покращення діагностики, прогнозування та розробки персоналізованих підходів до лікування різних захворювань.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- Описано аналіз стану досліджень в галузі великих даних для медицини.
- Розглянуто штучний інтелект.
- Проаналізовано інноваційний концепт «Великі дані».
- Проведено вибір і уточнення ключових слів для наукометричного пошуку.

- Описано результати наукометричного пошуку.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Подано опис результатів наукометричного пошуку.
- Розглянуто інноваційний концепт «Big Data Analytics».
- Висвітлено особливості BDA в охороні здоров'я.
- Досліджено методи машинного навчання для опрацювання біомедичних наборів великих даних.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- Описано результати моделювання та експериментів.
- Розглянуто налаштування параметрів і метрики оцінки.
- Подано експериментальні статистичні результати інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних.

- Описано експериментальні результати застосування інтелектуальних методів опрацювання біомедичних наборів великих даних.

- Розглянуто процес опрацювання даних.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано психологічні чинники небезпеки. Описано вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 Castro EM, Van Regenmortel T, Vanhaecht K, Sermeus W, Van Hecke A. Patient empowerment, patient participation and patient-centeredness in hospital care: a concept analysis based on a literature review. *Patient Educ Couns*. 2016;99(12):1923–39.
- 2 Yang JJ, Li J, Mulder J, Wang Y, Chen S, Wu H, Pan H. Emerging information technologies for enhanced healthcare. *Comput Ind*. 2015;69:3–11.
- 3 Bodnarchuk, I., Skorenky, Y., Kramar, T., Duda, O., & Nykytyuk, V. (2022, November). Use of Analytical Hierarchy Process in Scenarios Design for a Digital Museum with XR components. In ITTAP (pp. 414-425).
- 4 Boerma T, Requejo J, Victora CG, Amouzou A, Asha G, Agyepong I, Borghi J. Countdown to 2030: tracking progress towards universal coverage for reproductive, maternal, newborn, and child health. *Lancet*. 2018;391(10129):1538–48.
- 5 Thuemmler C. The case for health 4.0. In: Thuemmler C, Bai C, editors. *Health 4.0: how virtualization and big data are revolutionizing healthcare*. New York: Springer; 2017.
- 6 Mikalef P, Krogstie J. Big data analytics as an enabler of process innovation capabilities: a configurational approach. In: *International conference on business process management*. Cham: Springer; 2018. p. 426–41.
- 7 Duda, O., Matsiuk, O., Kunanets, N., Pasichnyk, V., Rzhenskyi, A., & Bilak, Y. (2021). Formation of hypercubes based on data obtained from systems of IoT devices of urban resource networks. *International Journal of Sensors Wireless Communications and Control*, 11(5), 498-504.
- 8 Dhamija, P.; Bag, S. Role of artificial intelligence in operations environment: A review and bibliometric analysis. *TQM J*. 2020, 32, 869–896.
- 9 Mc Carthy, J.; Hayes, P.J. Some Philosophical Problems from The Standpoint of Artificial Intelligence. In *Readings in Artificial Intelligence*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1981; pp. 431–450.
- 10 Duda, O., Pasichnyk, V., Lypak, H., Veretennikova, N., Kunanets, N., Matsiuk, O., & Mudrokha, V. (2021). Formation of Integrated Repositories of Social

and Communication Data by Consolidating the Resources of Museums, Libraries and Archives in Smart Cities Projects. In COLINS (pp. 1420-1430).

11 Haenlein, M.; Kaplan, A. A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *Calif. Manag. Rev.* 2019, 61, 5–14.

12 Duda, Oleksii, et al. "Multidimensional representation of covid-19 data using olap information technology." 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Vol. 2. IEEE, 2020.

13 Kaplan, A.; Haenlein, M. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Bus. Horiz.* 2019, 62, 15–25.

14 Issa, H.; Sun, T.; Vasarhelyi, M.A. Research ideas for artificial intelligence in auditing: The formalization of audit and workforce supplementation. *J. Emerg. Technol. Account.* 2016, 13, 1–20.

15 Ihor, Bodnarchuk, et al. "Choice method of analytical platform for smart cities." CEUR Workshop Proceedings. 2020.

16 Ghahramani, Z. Probabilistic machine learning and artificial intelligence. *Nature* 2015, 521, 452–459.

17 Di Vaio, A.; Palladino, R.; Hassan, R.; Escobar, O. Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review. *J. Bus. Res.* 2020, 121, 283–314.

18 Wiener, M.; Saunders, C.; Marabelli, M. Big-data business models: A critical literature review and multiperspective research framework. *J. Inf. Technol.* 2020, 35.

19 Bragazzi, N.L.; Dai, H.; Damiani, G.; Behzadifar, M.; Martini, M.; Wu, J. How big data and artificial intelligence can help better manage the COVID-19 pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 3176.

20 Dwivedi, Y.K.; Hughes, L.; Ismagilova, E.; Aarts, G.; Coombs, C.; Crick, T.; Duan, Y.; Dwivedi, R.; Edwards, J.; Eirug, A. Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *Int. J. Inf. Manag.* 2021, 57, 101994.

- 21 Patel, J.; Shah, S.; Thakkar, P.; Kotecha, K. Predicting stock and stock price index movement using trend deterministic data preparation and machine learning techniques. *Expert Syst. Appl.* 2015, 42, 259–268.
- 22 Yu, D.; Xu, Z.; Wang, X. Bibliometric analysis of support vector machines research trend: A case study in China. *Int. J. Mach. Learn. Cybern.* 2020, 11, 715–728.
- 23 Sun, N.; Morris, J.G.; Xu, J.; Zhu, X.; Xie, M. iCARE: A framework for big data-based banking customer analytics. *IBM J. Res. Dev.* 2014, 58, 1–4.
- 24 Faust, O.; Hagiwara, Y.; Hong, T.J.; Lih, O.S.; Acharya, U.R. Deep learning for healthcare applications based on physiological signals: A review. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2018, 161, 1–13.
- 25 Mukherjee, S.; Bala, P.K. Detecting sarcasm in customer tweets: An NLP based approach. *Ind. Manag. Data Syst.* 2017, 10.
- 26 Chen, X.; Xie, H.; Wang, F.L.; Liu, Z.; Xu, J.; Hao, T. A bibliometric analysis of natural language processing in medical research. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2018, 18, 1–14.
- 27 O’Leary, D.E. Massive data language models and conversational artificial intelligence: Emerging issues. *Intell. Syst. Account. Financ. Manag.* 2022, 29, 182.
- 28 Goeldner, M.; Herstatt, C.; Tietze, F. The emergence of care robotics—A patent and publication analysis. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2015, 92, 115–131.
- 29 Huang, F.; Vasarhelyi, M.A. Applying robotic process automation (RPA) in auditing: A framework. *Int. J. Account. Inf. Syst.* 2019, 35, 100433.
- 30 Lin, S.-S.; Shen, S.-L.; Zhou, A.; Xu, Y.-S. Risk assessment and management of excavation system based on fuzzy set theory and machine learning methods. *Autom. Constr.* 2021, 122, 103490.
- 31 Zyoud, S.H.; Zyoud, A.H. Visualization and Mapping of Knowledge and Science Landscapes in Expert Systems with Applications Journal: A 30 Years’ Bibliometric Analysis. *SAGE Open* 2021, 11, 21582440211027574.
- 32 Wamba, S.F.; Bawack, R.E.; Guthrie, C.; Queiroz, M.M.; Carillo, K.D.A. Are we preparing for a good AI society? A bibliometric review and research agenda. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2021, 164, 120482.

- 33 Gupta, D.; Rani, R. A study of big data evolution and research challenges. *J. Inf. Sci.* 2019, 45, 322–340.
- 34 Hashem, I.A.T.; Chang, V.; Anuar, N.B.; Adewole, K.; Yaqoob, I.; Gani, A.; Ahmed, E.; Chiroma, H. The role of big data in smart city. *Int. J. Inf. Manag.* 2016, 36, 748–758.
- 35 Khanra, S.; Dhir, A.; Mäntymäki, M. Big data analytics and enterprises: A bibliometric synthesis of the literature. *Enterp. Inf. Syst.* 2020, 14, 737–768.
- 36 Mehmood, M.U.; Chun, D.; Han, H.; Jeon, G.; Chen, K. A review of the applications of artificial intelligence and big data to buildings for energy-efficiency and a comfortable indoor living environment. *Energy Build.* 2019, 202, 109383.
- 37 Bendre, M.R.; Thool, V.R. Analytics, challenges and applications in big data environment: A survey. *J. Manag. Anal.* 2016, 3, 206–239.
- 38 Thayyib, P. V., et al. "State-of-the-Art of Artificial Intelligence and Big Data Analytics Reviews in Five Different Domains: A Bibliometric Summary." *Sustainability* 15.5 (2023): 4026.
- 39 Chen, H.; Chiang, R.H.; Storey, V.C. Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Q.* 2012, 1, 1165–1188.
- 40 Abdollahi, A.; Rejeb, K.; Rejeb, A.; Mostafa, M.M.; Zailani, S. Wireless Sensor Networks in Agriculture: Insights from Bibliometric Analysis. *Sustainability* 2021, 13, 12011.
- 41 Nicolae, B.; Moise, D.; Antoniu, G.; Bougé, L.; Dorier, M. BlobSeer: Bringing high throughput under heavy concurrency to Hadoop Map-Reduce applications. In *Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing (IPDPS)*, Atlanta, GA, USA, 19–23 April 2010; pp. 1–11.
- 42 Dean, J.; Ghemawat, S. MapReduce: Simplified data processing on large clusters. *Commun. ACM* 2008, 51, 107–113.
- 43 Kang, Y.-S.; Park, I.-H.; Rhee, J.; Lee, Y.-H. MongoDB-based repository design for IoT-generated RFID/sensor big data. *IEEE Sens. J.* 2015, 16, 485–497.
- 44 Zhu, J.; Zhuang, E.; Fu, J.; Baranowski, J.; Ford, A.; Shen, J. A framework-based approach to utility big data analytics. *IEEE Trans. Power Syst.* 2015, 31, 2455.

- 45 Lv, Z.; Li, X.; Zhang, B.; Wang, W.; Zhu, Y.; Hu, J.; Feng, S. Managing big city information based on WebVRGIS. *IEEE Access* 2016, 4, 407–415.
- 46 Chan, Y.-Y.; Qu, H. Finavistory: Using Narrative Visualization to Explain Social and Economic Relationships in Financial News. In *Proceedings of the 2016 International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, Hong Kong, China, 18–20 January 2016; pp. 32–39.
- 47 Archenaa, J.; Anita, E.M. A survey of big data analytics in healthcare and government. *Procedia Comput. Sci.* 2015, 50, 408–413.
- 48 dos Santos, B.S.; Steiner, M.T.A.; Fenerich, A.T.; Lima, R.H.P. Data mining and machine learning techniques applied to public health problems: A bibliometric analysis from 2009 to 2018. *Comput. Ind. Eng.* 2019, 138, 106120.
- 49 Davenport TH, Harris JG. *Competing on analytics, the new science of winning*. Boston: Harvard Business School Publishing Corporation; 2007.
- 50 Hu H, Wen Y, Chua TS, Li X. Toward scalable systems for big data analytics: a technology tutorial. *IEEE Access*. 2014;2:652–87.
- 51 Liao, H.; Tang, M.; Luo, L.; Li, C.; Chiclana, F.; Zeng, X.-J. A bibliometric analysis and visualization of medical big data research. *Sustainability* 2018, 10, 166.
- 52 Yutao Y, Huiling C, Asghar HA, Gandomi Amir H (2021) Hunger games search: visions, conception, implementation, deep analysis, perspectives, and towards performance shifts. *Expert Syst Appl* 177:114864.
- 53 Houssein, Essam H., et al. "Fuzzy-based hunger games search algorithm for global optimization and feature selection using medical data." *Neural Computing and Applications* 35.7 (2023): 5251-5275.
- 54 Rodriguez-Perez R, Vogt M, Bajorath J (2017) Support vector machine classification and regression prioritize different structural features for binary compound activity and potency value prediction. *ACS Omega* 2(10):6371–6379.
- 55 Kar D, Ghosh M, Guha R, Sarkar R, Garcia-Hernandez L, Abraham A (2020) Fuzzy mutation embedded hybrids of gravitational search and particle swarm optimization methods for engineering design problems. *Eng Appl Artif Intell* 95:103847.

56 Erdal K, Andriy S, Simon C, Robert J, Ahmadih KM (2018) Type-2 fuzzy elliptic membership functions for modeling uncertainty. Eng Appl Artif Intell 70:170.

57 Houssein Essam H, Emre C, elik, Mahdy Mohamed A, Ghoniem Rania M (2022) Self-adaptive equilibrium optimizer for solving global, combinatorial, engineering, and multi-objective problems. Expert Syst Appl 195:116552.

58 Andersen JL, Flamm C, Merkle D, Stadler PF (2016) A software package for chemically inspired graph transformation. In: Inter-national conference on graph transformation, Springer, pp 73–88.

59 Психологічні чинники небезпеки. URL: <https://subject.com.ua/safety/bezpeka/30.html>.

60 Психологія безпеки. URL: https://pidru4niki.com/70727/bzhd/psihologiya_bezpeki.

61 Дуднікова І.І. Безпека життєдіяльності. Навч. посібник. – 2-ге вид., доп. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2013. — 268 с.

62 Вплив комп'ютера на здоров'я користувача http://mirgorod-gorono.at.ua/publ/metodob_39_ednannja_vchiteliv/inform/vpliv_komp_jutera_na_zdorov_ja_koristuvacha/26-1-0-238.

63 Фактори впливу на функціональний стан користувачів комп'ютерів <https://infopedia.su/15xefda.html>.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДВНЗ "ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.Я. ГОРБАЧЕВСЬКОГО МОЗ УКРАЇНИ"
ОБЛАСНА АСОЦІАЦІЯ МОЛОДИХ МЕДИКІВ ТЕРНОПІЛЛЯ

MINISTRY OF PUBLIC HEALTH OF UKRAINE
SHEI "I. Ya. HORBACHEVSKY TERNOPIL STATE MEDICAL UNIVERSITY
OF MPH OF UKRAINE"
ASSOCIATION OF YOUNG MEDICAL PROFESSIONALS
OF TERNOPIL REGION

**XXI МІЖНАРОДНИЙ
МЕДИЧНИЙ КОНГРЕС
СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**
присвячений 60-річчю Тернопільського державного
медичного університету ім. І. Я. Горбачевського
МОЗ України

**THE 21st INTERNATIONAL
MEDICAL CONGRESS OF STUDENTS AND YOUNG
SCIENTISTS**

dedicated to the 60th anniversary
of I. Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University



**24 - 26 квітня 2017
April 24-26, 2017
ТЕРНОПІЛЬ
УКРМЕДКНИГА**

<i>Шмата Роман, Околович Михайло, Левчук Павло</i> РОЗПОВСЮДЖЕНІСТЬ ТИПІВ ЗАПАМОРОЧЕННЯ СЕРЕД ОСІБ ЮНАЦЬКОГО ВІКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЧУТЛИВІСТЮ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛІЗАТОРА	263
<i>Юрій Катерина</i> ПАТОГЕНЕТИЧНІ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ФІБРОЗУ ПЕЧІНКИ В ЕКСПЕРИМЕНТІ	263
<i>Юркевич Богдан, Студент Володимир, Гладких Федір, Сокирко Маргарита</i> ОЦІНКА ПРОТИЗАПАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ІБУПРОФЕНУ ТА ЙОГО КОМБІНАЦІЇ З ВІНБОРОНОМ ЗА ВЕЛИЧИННОЮ ОБ'ЄМУ ДРІБНИХ СУГЛОБІВ ЗАДНІХ КІНЦІВОК У ЩУРІВ З АД'ЮВАНТНИМ АРТРИТОМ ЗА ДАНИМИ КОНУСНО-ПРОМЕНЕВОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ	264
<i>Яриш Юлія, Пелих Володимир</i> ВІПЛИВ ДОВГОТРИВАЛОЇ ГІПОКІНЕЗІЇ НА ЩУРІВ-САМИЦЬ	264
<i>Ярославський Роман, Войтович Святослав, Воробель Ольга, Татарчук Людмила</i> ОСОБЛИВОСТІ КОЛЬОРОСПРИЙНЯТТЯ РІЗНОГО СПЕКТРУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТАТІ	265
<i>Ясній Ольга</i> МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНА ПЕРЕБУДОВА НИРОК ЗА УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОДНОСТОРОННЬОГО ПОРУШЕННЯ КРОВОПОСТАЧАННЯ	265
<i>Saturska Uliana</i> CONNECTIVE TISSUE METABOLISM IN EXPERIMENTAL DIFFUSE ISCHEMIC NECROTIC CARDIOSCLEROSIS IN RATS WITH DIFFERENT RESISTANCE TO HYPOXIA TREATED BY TRIMETAZIDINE	266
<i>Volynets Leonid</i> REHABILITATION MEDICAL SYSTEM BASED ON THE METHOD OF BIOFEEDBACK	266
<i>Zoriana Vitychar</i> FEATURES OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN SPLEEN IN TERMS OF THE CHRONIC NEOPLASTIC ENDOTOXEMIA	266
<i>Олена Михайлівна Добровольська, Марина Вікторівна Ковальцова</i> ЗМІНИ ЕНДОКРИННОЇ ЧАСТИНИ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ ТА РІВНІ ІНТЕРЛЕЙКІНІВ 12 І 4 У ЩУРІВ ТА ЇХ ПОТОМСТВА В УМОВАХ ДІЇ СТРЕСУ	267
<i>Пьонтік Максим, Кривчанська Мар'яна</i> УЛЬТРАСТРУКТУРА ЕПІФІЗА ЗА УМОВ СТАНДАРТНОГО РЕЖИМУ ОСВІТЛЕННЯ	268
<i>Вівсяник Юлія</i> ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ У ЩУРІВ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ СТРЕСУ	268

Секція: Профілактична медицина, соціальна медицина, медична інформатика, ООЗ **269**

<i>Антоненко Анна</i> ДИНАМІКА ЗАХВОРЮВАНOSTІ ДОРΟΣЛОГО НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ ХВОРОБАМИ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ В ПЕРІОД З 2000 ПО 2013 РІК ТА ЇЇ ГІПІСІЧНА ОЦІНКА	271
<i>Вихрущ-Олексюк Олександра, Зарічна Ольга</i> ПІТАННЯ ІНФОРМОВАНОЇ ЗГОДИ В КОНТЕКСТІ ЛІКУВАННЯ АМБУЛАТОРНИХ ХВОРИХ	271
<i>Вітенко Ірина</i> ЕВТАНАЗІЯ ЯК БІОЕТИЧНА ПРОБЛЕМА	272
<i>Гайдучик Людмила</i> ВІПЛИВ СУЧАСНОГО КІНОМИСТЕЦТВА, ЗОКРЕМА МУЛЬТФІЛЬМІВ, НА АГРЕСИВНІСТЬ ДИТИНИ	272
<i>Горяна Ірина</i> ПРОБЛЕМИ ДИТЯЧОЇ СМЕРТНОСТІ В УКРАЇНІ ТА СВІТОВОМУ МАСШТАБІ	272
<i>Гуменюк Валентина</i> СУЧАСНІ ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СТРАХОВОЇ МЕДИЦИНИ В УКРАЇНІ. НЕДОЛІКИ ТА ПЕРЕВАГИ	273

через міжчасткову артерію. На ранніх стадіях експерименту відбувається вазоконстрикція дугових та міжчасточкових артерій, що очевидно спрямована на захист гемокапілярного русла від артеріальної гіпертензії. У віддалені терміни досліджування виникає стабілізація процесів, що може бути зумовлена склеротичними та атрофічними процесами у досліджуваній нирці.

Saturska Uliana

**CONNECTIVE TISSUE METABOLISM IN
EXPERIMENTAL DIFFUSE ISCHEMIC
NECROTIC CARDIOSCLEROSIS IN RATS WITH
DIFFERENT RESISTANCE TO HYPOXIA
TREATED BY TRIMETAZIDINE**

Department of Pathological Physiology;
Scientific supervisor – Dr. Med. Sciences, Prof. Yu. I. Bondarenko,
I. Horbachevsky Ternopil State Medical University,
Ternopil, Ukraine

The pathology of the cardiovascular system is the major health and social problem, because it takes the first place in the structure of morbidity and mortality. The special attention is focused on the research of diagnostic markers of degradation and reparation of myocardial tissue, which would reflect the dynamic changes in the myocardium and were predictors of prognosis the diffuse cardiosclerosis. The purpose of this investigation was to determine the changes of the content of protein-bound oxyproline in blood as a diagnostic marker of metabolic activity of collagen at the experimental diffuse ischemic necrotic cardiosclerosis in the rats of different resistance to hypoxia.

Results showed that experimental diffuse ischemic necrotic cardiosclerosis increased the concentration of protein-bound oxyproline in blood serum at 7, 14 and 30 days after the modelling pathology, as well as accompanied by metabolic imbalances in diffuse connective tissue elements, which are rich in collagens. Concentration of protein-bound oxyproline in blood serum increased less intensive in case of diffuse ischemic necrotic cardiosclerosis with trimetazidine treatment.

Conclusions. The intensity of metabolic imbalances in diffuse connective tissue elements is the highest in the low resistant animals to hypoxia. Those results are confirmed by histological examination of the myocardium of rats with different resistance to hypoxia. Fibrotic regions in myocardium are rich in collagens. It has been revealed that the most pronounced therapeutic effect of TM is observed in animals with low resistance to hypoxia, slightly less – in animals with medium resistance to hypoxia, and the lowest – in animals with high resistance to hypoxia.

Volynets Leonid

**REHABILITATION MEDICAL SYSTEM BASED
ON THE METHOD OF BIOFEEDBACK**

Industrial and biomedical electronics department
Scientific Supervisor: Ph.D., Assist. Prof. Tomashevskiy Roman
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Kharkiv, Ukraine

Rehabilitation medicine has problem with giving correct dose of physical factors on patient for

better recovery of the human body, because each of them has an individual response to different loads. The research proposes to use biofeedback method in data processing for finding the optimal dose of physical factors.

In Laboratory of Biomedical Electronics of NTU "KhPI" has been created the prototype of device for phototherapy and researches were conducted using phototherapy for example. Biofeedback method in relation to integrated phototherapy is to find such electromagnetic radiation visible range (EMR VR) that ensures maximum effect of exposure, through various modes of scanning irradiation and simultaneous monitoring of patient physiological parameters change. Periodic determination of the best parameters of exposure allows excluding the formation of adaptation processes in the body and improves the efficiency of phototherapy procedures.

In the interval exposure wavelength from 470nm to 505 nm, the magnitude of the biological response is less than has already been registered at the current stage of the scan, so these data are not as effective. Exceeding the maximum biological response occurs in the interval exposure with $\lambda = 525$ nm. Implements a method of adaptive effects of EMR VR consists in the use of scanning modes of phototherapy radiator and the biological response to the feedback signal, and allows to determine the best exposure settings, thereby increasing the effectiveness of the phototherapy treatments.

Using biofeedback method approximates to the maximum effectiveness of the recovery of patients. There is an opportunity to implement a system with the introduction of exposure function.

Zoriana Vivchar

**FEATURES OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN
SPLEEN IN TERMS OF THE CHRONIC
NEOPLASTIC ENDOTOXEMIA**

Central research laboratory
Scientific supervisor: Head of CRL, Senior Research Fellow
N. Lisnychuk
I. Horbachevsky Ternopil State Medical University
Ternopil, Ukraine

According to the data of WHO, each year about 10 million patients worldwide are diagnosed with "cancer", while oncological formations of the gastrointestinal tract take third place in this ranking. Usually the early stages of malignant tumors are asymptomatic. Now there is a way to diagnose cancer at an early stage-tumor markers for intestinal cancer. However, none of them are 100 % specific. Almost every healthy person can detect a slight increase in these indexes. A significant increase in the concentration of tumor markers is observed in the later stages of the disease, when malignant oncological formation is sufficiently developed. Therefore, the search continues for indirect markers for the diagnosis of development of cancer process of the colon. Changes in the spleen, which is an important organ of immunogenesis, can serve as one of these indirect markers.

The purpose of scientific research was to study severity of morphological changes in the

МАТЕРІАЛИ II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

1 ГРУДНЯ 2023 РІК

М. ЧЕРНІГІВ, УКРАЇНА

«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ НАУКИ»



УДК 082:001
А 43

<https://doi.org/10.36074/mcnd-01.12.2023>

Організація, від імені якої випущено видання:

ГО «Міжнародний центр наукових досліджень»

Голова оргкомітету: Рабей Н.Р.

Верстка: Зрада С.І.

Дизайн: Бондаренко І.В.



Конференцію зареєстровано Державною науковою установою у сфері управління Міністерства освіти і науки «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» в базі даних науково-технічних заходів України на поточний рік та бюлетені «План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні» (Посвідчення № 290 від 16.06.2023).

Матеріали конференції знаходяться у відкритому доступі на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

Актуальні питання розвитку галузей науки: матеріали II Міжнародної наукової конференції, м. Чернігів, 1 грудня, 2023 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2023. — 388 с.

ISBN 978-617-8126-90-2

DOI 10.36074/mcnd-01.12.2023

Викладено матеріали учасників II Міжнародної спеціалізованої наукової конференції «Актуальні питання розвитку галузей науки», яка відбулася 1 грудня 2023 року у місті Чернігів.

УДК 082:001

© Колектив учасників конференції, 2023

© ГО «Міжнародний центр наукових досліджень», 2023

ISBN 978-617-8126-90-2

© ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2023

ТИПИ АТАК ТА МЕТОДИ ПОМ'ЯКШЕННЯ ЗАГРОЗ ЛАНЦЮЖКА ПОСТАВОК ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
Новікова Д.О.	260

СЕКЦІЯ XII. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРИВАТНИХ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	
Скибун О.Ж.	263
АНАЛІЗ РІШЕНЬ В ГАЛУЗІ РЕЗЕРВУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ	
Коцюк Н.М., Тимошук В.Д.	271
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ МУЗЕЙНОГО ДОСВІДУ ГРОМАДЯН	
Дуда О.М., Крамар Т.О.	273
НАБОРИ МЕДИЧНИХ ДАНИХ ТА ГРАФОВЕ ПОДАННЯ ЗНАНЬ	
Волинець Л.В., Гарматюк Н.А., Готович В.А.	275
СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ ФАХОВОГО КОЛЕДЖУ РАКЕТНО-КОСМІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ДНІПРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА	
Семенюта О.С.	277
СУЧАСНІ МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ В ГЕННІЙ БІОІНФОРМАТИЦІ	
Прудіус В.Ю.	280

СЕКЦІЯ XIII. ТРАНСПОРТ ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ЩОДО ФОРМАЛІЗУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИСОКОТОЧНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ	
Науково-дослідна група: Сікульський В.Т., Майорова К.В., Красовський С.О., Суслов А.С.	282

СЕКЦІЯ XIV. ФІЛОЛОГІЯ ТА ЖУРНАЛІСТИКА

LEXICAL-SEMANTIC TRANSFORMATIONS IN MEDICAL TRANSLATION	
Monush V.Yo., Slyvka M.I.	285
КАТЕГОРІЯ МОДАЛЬНОСТІ В АНГЛІЙСЬКІЙ ТА УКРАЇНСЬКІЙ МОВАХ	
Штика В.М.	287

НАБОРИ МЕДИЧНИХ ДАНИХ ТА ГРАФОВЕ ПОДАННЯ ЗНАНЬ

Волинець Леонід Васильович

здобувач вищої освіти

факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Гарматюк Назар Андрійович

аспірант 2-го курсу кафедри комп'ютерних наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Готович Володимир Анатолійович

ORCID ID: 0000-0003-2143-6818

канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

На даний час доступний обширний перелік засобів подання знань в галузі охорони здоров'я. Зокрема, графове подання медичних знань – це один з ключових інструментів «розумної» охорони здоров'я, який активно використовуються для обширного переліку різнотипових «розумних» медичних програм та застосунків. Тому, аналіз засобів графового подання медичних знань є актуальним напрямком сучасних досліджень.

Граф знань – це семантичні мережі, що складається з інформаційних сутностей та їхніх відношень у реальному світі [1]. Графи знань є одним із еталонних способів подання знань у галузі штучного інтелекту. Вони пропонують ефективний спосіб інтеграції та консолідації різнорідних інформаційних ресурсів для потреб заснованих на знаннях послуг та застосунків.

Медичні графи знань об'єднують знання та логічні виведення із засобами машинного та глибинного навчання, щоб забезпечити когнітивними можливості комп'ютерних систем, що необхідно для підтримки «розумних» послуг та застосунків усіх типів. Медичні графи знань активно використовуються в різних «розумних» медичних застосунках та сценаріях [2]. Зокрема, для:

- інтелектуального та семантичного пошуку медичних знань;
- допоміжних засобів діагностування захворювань;
- клінічного навчання медичного персоналу;
- аналізу результатів прийому ліків;
- рекомендаційних систем діагностики та планування лікування пацієнтів;
- супроводу медичних чат-ботів;
- інтелектуального медсестринства;
- «розумного» керування в царині охорони здоров'я.

Джерела даних посідають ключове місце при формуванні медичних графів знань. Великі за обсягом набори медичних даних дають змогу створювати відповідні графи медичних знань в обширному переліку медичних напрямків. Джерела медичних даних умовно можна розділити на шість груп (див. рис. 1).

Медичні джерела даних [3] здебільшого містять дані щодо діагностики та лікування громадян, електронні медичні записи, інформацію про стан здоров'я громадян, результати клінічних досліджень тощо. В переважній більшості медичні джерела даних надають клінічні знання, тому їх використовують на ранніх стадіях



Рис. 1. Класифікація джерел медичних даних

діагностування громадян. Автори [4] описують процес створення неоднорідного графу, що узагальнює знання про пацієнтів, захворювання та ліки в електронних медичних записах.

Відкриті та популярні бази даних медичних знань, наприклад, FreeBase [5], RepoDB [6], DurgBank [7], SemMedDB [8] тощо, подають колекції створених дослідниками відкритих та вільно доступних медичних даних та знань. На даний час, зростає кількість наборів та колекцій медичних даних які потребують графового подання, тому в подальших дослідженнях доцільно провести їх поглиблений аналіз та кваліфікацію.

Список використаних джерел:

1. Wang, J., Wang, X., Ma, C., & Kou, L. (2021). A survey on the development status and application prospects of knowledge graph in smart grids. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 15(3), 383-407.
2. Wu, X., Duan, J., Pan, Y., & Li, M. (2023). Medical knowledge graph: Data sources, construction, reasoning, and applications. *Big Data Mining and Analytics*, 6(2), 201-217.
3. Li, L., Wang, P., Yan, J., Wang, Y., Li, S., Jiang, J., ... & Liu, Y. (2020). Real-world data medical knowledge graph: construction and applications. *Artificial intelligence in medicine*, 103, 101817.
4. Wang, M., Zhang, J., Liu, J., Hu, W., Wang, S., Li, X., & Liu, W. (2017). Pdd graph: Bridging electronic medical records and biomedical knowledge graphs via entity linking. In *The Semantic Web-ISWC 2017: 16th International Semantic Web Conference, Vienna, Austria, October 21-25, 2017, Proceedings, Part II 16* (pp. 219-227). Springer International Publishing.
5. Bollacker, K., Evans, C., Paritosh, P., Sturge, T., & Taylor, J. (2008, June). Freebase: a collaboratively created graph database for structuring human knowledge. In *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data* (pp. 1247-1250).
6. Brown, A. S., & Patel, C. J. (2017). A standard database for drug repositioning. *Scientific data*, 4(1), 1-7.
7. Wishart, D. S., Knox, C., Guo, A. C., Shrivastava, S., Hassanali, M., Stothard, P., ... & Woolsey, J. (2006). DrugBank: a comprehensive resource for in silico drug discovery and exploration. *Nucleic acids research*, 34(suppl_1), D668-D672.
8. Kilicoglu, H., Shin, D., Fiszman, M., Roseblat, G., & Rindflesch, T. C. (2012). SemMedDB: a PubMed-scale repository of biomedical semantic predications. *Bioinformatics*, 28(23), 3158-3160.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник
тез доповідей**

**XII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

*Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року*

A43

Actual problems of modern technologies: book of abstracts of the XII International scientific and practical conference of young researchers and students, (Ternopil, December, 6th-7th, 2023) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical University [and other.]. – Ternopil: PE Palianytsia V.A., 2023. – 500.

ISBN 978-617-7875-71-9

PROGRAM COMMITTEE

Chairman: Mytnyk M.M. – Ph.D., Assoc. Prof., Rector of TNTU (Ukraine).

Co-Chairman: Maruschak P.O. – D.Sc.(Eng), Prof., Vice-Rector of TNTU (Ukraine).

Scientific secretary: Dovbush T.A. – Ph.D., Assoc. Prof. of TNTU (Ukraine)

Members of the program committee: T. Vuherer – Prof. of Maribor University (Slovenia); J. Viňáš – Prof. of Technical University of Košice (Slovakia); O. Prentkovskis – Prof. of Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania); F. Stachowicz– Prof. of Ignacy Łukasiewicz Rzeszow University of Technology (Poland); A. Menou – Prof. of International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco); O.Ye. Andreikiv – Prof. of Ivan Franko National University of Lviv, Corresponding Member of National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine).

The address of the organization committee:

TNTU, Ruska str. 56, Ternopil, 46001,

tel. (0352) 519724, fax (0352) 254983

E-mail: : tarasdowbush@gmail.com

Editing, design, layout: Dovbush T.A.

TOPICS OF THE CONFERENCE

- Physical and Technical Fundamentals of New Technologies Development;
- New Materials, Strength and Durability of the Constructions Elements;
- Modern Technologies in Construction, Machine- and Instrument-Building;
- Modern Technologies in Transport Area;
- Electrical Engineering and Energy Efficiency;
- Fundamental Issues of Food, Bio and Nanotechnologies;
- Economic and Social Aspects of New Technologies;
- Computer and Information Technologies and Communication Systems.

ISBN 978-617-7875-71-9

7.	М. І. Зайченко, К.Б. Швирло ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЄКТОМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ ЧАСУ ТА УПРАВЛІННЯ ЗАДАЧАМИ	360
8.	А. І. Маліновський, В. Р. Медвідь РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРА: ОСОБЛИВОСТІ ТА АСПЕКТИ	362
9.	О. О. Базиль, О. А. Шовкопляс ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ ІНТЕРНЕТ-ДЖЕРЕЛ	364
10.	А. В. Сербенюк, О. С. Куроп'ятник ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФОРМАЛЬНИХ ГРАМАТИК	365
11.	Ю. Б. Апостол, П. І. Довгань, А. Т. Яворський, Р. Б. Трембач АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВУАРНИМИ ПАРКАМИ	367
12.	І. І. Бородій ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ АГРЕГОВАНИХ НАДВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ	368
13.	Л. В. Волинець, Н. А. Гарматюк, В. А. Готович ВЕЛИКІ ЗА ОБСЯГОМ НАБОРИ БІОМЕДИЧНИХ ДАНИХ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ	370
14.	Р. П. Вархоляк ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ	372
15.	І. Р. Ралік ВИМОГИ ДО CRM-СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОРГІВЛІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ	373
16.	В. В. Никитюк, М. В. Галюк, М. В. Тененський АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ І МОНОЛІТНОЇ АРХІТЕКТУР	374
17.	О. Войцьо МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВЕДЕННЯ ОБЛІКУ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ НА ПІДПРИЄМСТВІ SEVN-UA	376
18.	І. Осійчук, М. Фриз ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНШЕТУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРЕМОРУ	378
19.	П. С. Панчишин, М. І. Паламар ОБРОБКА ДАНИХ ПІСЛЯ СКАНУВАННЯ ПОВЕРХНІ LIDAR СИСТЕМОЮ ТА МОЖЛИВОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ	380
20.	М. А. Беляков, к.т.н., доц. В. Б. Савків, В. І. Гетманюк ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОСТЕЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦІЇ	382
21.	В. С. Морохович, М. І. Хом'як ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВА РІШЕНЬ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ НАБОРУ ДАНИХ ПАСАЖИРІВ «ТИТАНІК»	383

УДК 004.03

Л. В. Волинєць, Н. А. Гарматюк, В. А. Готович к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВЕЛИКІ ЗА ОБСЯГОМ НАБОРИ БІОМЕДИЧНИХ ДАНИХ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ

L. V. Volynets, N. A. Harmatiuk, V. A. Hotovych Ph.D.

BIG BIOMEDICAL DATA SETS AND MACHINE LEARNING

На даний час великі за обсягом набори та колекції медичних даних продукуються різними за своєю природою способами. При цьому активно використовуються засоби візуалізації, які досягли значного прогресу, прискоривши процеси формування, зберігання та опрацювання біомедичних зображень. Експоненційне зростання обсягів даних формує потребу розроблення нових методів аналітичного опрацювання великих даних, що базуються на методах машинного навчання та штучного інтелекту.

Великі за обсягом дані характеризуються різноманітністю, обсягом, і швидкістю, достовірністю, цілісністю тощо. У сфері охорони здоров'я, набори та колекції даних отримані від постачальників медичних послуг, здебільшого містять пов'язані з лікуванням пацієнтів дані [1] (див. рис. 1).



Рисунок 1. Класифікація джерел великих за обсягом медичних даних

Розвиток інформаційних і комунікаційних технологій призвів до збільшення обсягів збирання медичних даних за допомогою автоматизованих інформаційних джерел, зокрема, медичних приладів, високопродуктивних пристроїв потокового спостереження та сенсорного IoT-обладнання. Зібрані великі за обсягом набори та колекції медичних даних використовуються для різнотипових задач, у тому числі для пошуку ліків, діагностування, прогнозування процесів перебігу та уточнення медичних діагнозів тощо. При цьому вони відіграють ключову роль [2] у наукових дослідженнях в галузі охорони здоров'я, зокрема, при спостереженні соціальних комунікацій пацієнтів, управлінні та плануванні медичних послуг, медичній промисловості тощо. Значна частина великих з обсягом медичних даних формується на основі зображень, що отримані за допомогою ехографії, комп'ютерної томографії, МРТ, Мамографії, і



**INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE**

**MODERN CHALLENGES AND
TOPICAL ISSUES OF SCIENCE,
EDUCATION AND SOCIETY**

Book of abstracts



February 7, 2024

**Tampere,
Finland**



**International scientific-practical conference "Modern challenges and
topical issues of science, education and society": conference proceedings**

Makukhina S. EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT	32
SECTION 3. PHILOLOGICAL SCIENCES	34
Вергун Л. І. USE OF FLIPPED CLASSROOM APPROACH TO TEACHING ENGLISH AS A FOREIGN LANGUAGE	34
Підгорна А. Б. ЛІНГВОКОНЦЕПТУАЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ УКРАЇНИ В АНГЛОМОВНОМУ МЕДІАПРОСТОРІ	35
SECTION 4. INFORMATION TECHNOLOGY	37
Волинець Л. В., Гарматюк Н. А., Дуда О. М. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА "РОЗУМНА" ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я	37
SECTION 5. ECONOMIC SCIENCES	39
Гаврікова А. В. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІНІВ "КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ" І "КОНКУРЕНТОЗДАТНІСТЬ"	39
Пастернак А. В. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ БІЗНЕСУ: ІННОВАЦІЙНІ ПЕРСПЕКТИВИ БІЗНЕС МОДЕЛЕЙ	41
SECTION 6. FINANCE, BANKING, INSURANCE	43
Ганзюк С. М., Байрак Н. О. ПРОБЛЕМИ КРЕДИТУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ ПІД ЧАС ДІЇ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ	43
SECTION 7. PUBLIC MANAGEMENT AND ADMINISTRATION	45
Гбур З. В. ІНСТРУМЕНТИ ПУБЛІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ	45
SECTION 8. PUBLIC ADMINISTRATION	48
Лазор О. Я., Лазор О. Д. РЕТРОСПЕКТИВА ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛІТИЧНОЇ СЛУЖБИ ЯК СКЛАДОВОЇ ПУБЛІЧНОЇ	48
SECTION 9. LAW	52
Грищенко О. П., Єфремова О. П., Грищенко С. В. ПРОЦЕС ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАВ ДИТИНИ В УКРАЇНІ ТА ПРАВОВІ НАСЛІДКИ БУЛІНГУ Й ДОМАШНЬОГО НАСИЛЬСТВА	52
Єфремова О. П., Грищенко О. П. ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ ДІТЕЙ В ПЕРІОД ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ	54
SECTION 10. SOCIAL WORK AND SOCIAL SECURITY	57
Бартош О. П., Смерека Д. В. ПОРУШЕННЯ РОЗВИТКУ У ДІТЕЙ: МОДЕЛІ ІНВАЛІДНОСТІ В АМЕРИКАНСЬКІЙ ПРАКТИЦІ СОЦІАЛЬНОЇ РОБОТИ	57

SECTION 4**INFORMATION TECHNOLOGY****УДК 004.03****Волинець Л. В., Гарматюк Н. А., Дуда О. М.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА "РОЗУМНА" ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я

На даний час, дослідники та фахівці почали приділяти значну увагу системам на основі штучного інтелекту та аналітичному опрацюванню великих за обсягом даних, досліджуючи нові тенденції інформаційно-технологічних проєктів класу "розумне місто". Четверта промислова революція сформулювала ряд передових технологій, які суттєво трансформували існуючі інформаційні системи, створили нові бізнес-моделі та процеси в різних галузях міської діяльності [1]. Водночас процеси прийняття рішень у комп'ютерних системах стають більш децентралізованими завдяки активному впровадженню штучного інтелекту та аналітичного опрацювання великих за обсягом даних [2]. Системи на основі штучного інтелекту використовують інформаційні та комунікаційні технології для імітації людських інтелектуальних та когнітивних здібностей. Згідно [3], впровадження штучного інтелекту та аналітичного опрацювання великих за обсягом даних відкривають перед міськими установами та організаціями перспективи для отримання конкурентних переваг, покращення міського простору та соціального середовища [4].

На даний час складні інформаційні системи "розумних міст" продукують великі за обсягом набори даних, які можна ефективно використовувати для формування рекомендацій за допомогою інструментів на основі систем штучного інтелекту [5]. Відбувається безпрецедентне впровадження засобів на основі штучного інтелекту, машинного навчання та джерел великих за обсягом даних. Це надає обширні можливості для підвищення продуктивності в різних галузях людської діяльності та наукових досліджень. Науковці [6] описують, застосування систем на основі штучного інтелекту для "розумного" виробництва, що використовує інтелектуальні алгоритми для виробництва та постачання продуктів харчування, оптимізації транспортних ланцюгів, харчової безпеки, формування гігієнічних харчових норм та вимог. Автори [7] розглядають, застосування аналітичного опрацювання великих за обсягом даних та засобів візуалізації в медичних дослідженнях для формування галузі "розумної" охорони здоров'я.

Системи на основі штучного інтелекту – це програмно-алгоритмічні та апаратні засоби, які моделюють процеси мислення, поведінки та людських дій. Глибинне навчання – це технологія дає розпізнавати мови, яка дає змогу класифікувати зображення, логічні міркування, машинний переклад та пошук інформації [8]. Штучні інтелектуальні засоби використовують комп'ютерні системи, щоб імітувати розумну поведінку людей.

Засоби на основі штучного інтелекту можна класифікувати:

- Штучні інтелектуальні засоби вузького спрямування, що призначені для допомоги або виконання лише конкретних завдань, наприклад, Siri, Alexa, Cortana, безпілотні транспортні засоби тощо.

- Штучні інтелектуальні засоби загального призначення – машини матимуть здатність думати та приймати рішення, подібно до людей. На даний час людство не підійшло до цього етапу розвитку систем штучного інтелекту. Проте дослідники оптимістично налаштовані, що незабаром відбудуться суттєві інновації в даній галузі.

- "Штучний суперінтелект" – це етап розвитку систем штучного інтелекту, на якому комп'ютерні засоби перевершать інтелектуальні здібності людей. На даний час цей інформаційно-технологічний етап вважається гіпотетичним.

Засоби штучного інтелекту продовжують активний розвиток та розширення переліку застосувань. З розвитком інформаційних технологій колись важливі функції штучного інтелекту на кшталт розпізнавання символів, тепер вважаються невід'ємними для систем такого класу. Досягнення в галузі штучного інтелекту та підгалузей машинного навчання, глибинного навчання та аналітичного опрацювання великих даних сприятимуть значному прогресу в галузі "розумної" медицини.

На даний час сформована потреба активного використання засобів штучного інтелекту для опрацювання зростаючого переліку великих за обсягом джерел. Для підвищення ефективності "розумних" застосунків та послуг, в процесі подальших досліджень, доцільно провести поглиблений аналіз методів та засобів аналітичного опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних.

Список літератури

1. Sjödin, D.; Parida, V.; Palmié, M.; Wincent, J. How AI capabilities enable business model innovation: Scaling AI through co-evolutionary processes and feedback loops. *J. Bus. Res.* 2021, 134, 574–587.
2. Chen, H.; Chiang, R.H.; Storey, V.C. Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Q.* 2012, 1, 1165–1188.
3. Colson, E. What AI-Driven Decision Making Looks Like. *Harvard Business Review.* 2019.
4. Khanra, S.; Dhir, A.; Mäntymäki, M. Big data analytics and enterprises: A bibliometric synthesis of the literature. *Enterp. Inf. Syst.* 2020, 14, 737–768.
5. Donthu, N.; Kumar, S.; Mukherjee, D.; Pandey, N.; Lim, W.M. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *J. Bus. Res.* 2021, 133, 285–296.
6. Di Vaio, A.; Boccia, F.; Landriani, L.; Palladino, R. Artificial intelligence in the agri-food system: Rethinking sustainable business models in the COVID-19 scenario. *Sustainability* 2020, 12, 4851.
7. Liao, H.; Tang, M.; Luo, L.; Li, C.; Chiclana, F.; Zeng, X.-J. A bibliometric analysis and visualization of medical big data research. *Sustainability* 2018, 10, 166.
8. Mc Carthy, J.; Hayes, P.J. Some Philosophical Problems from The Standpoint of Artificial Intelligence. In *Readings in Artificial Intelligence*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1981; pp. 431–450.



**INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL
CONFERENCE**

**TOPICAL ISSUES OF SCIENCE,
EDUCATION AND TECHNOLOGY
IN THE 21ST CENTURY**

Book of abstracts



April 20, 2024

**Aarhus,
Denmark**



UDC 37:082.2(06)

International scientific-practical conference "Topical issues of science, education and technology in the 21st century": conference proceedings (Aarhus, Denmark, April 20, 2024). Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 63 pages.

The collection of abstracts presents the materials of the participants of the International scientific-practical conference "Topical issues of science, education and technology in the 21st century":

Azerbaijan University
Donbas State Pedagogical University
Dr. Kluban's veterinary clinic Lviv, Ukraine
I. Gorbachevsky Ternopil National Medical University
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Ivan Puluj Ternopil National Technical University
Kherson State University
Krasyliv Medical Center "Agapit" LLC
Kyiv National University of Construction and Architecture
Kyiv University of Culture
Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Hzhysyi
Mykhailo Kotsiubynskyi Vinnytsia State Pedagogical University
Mykolaiv National Agrarian University
National University of Food Technologies
Pirogov Vinnytsia National Medical University
SHEI "Priazovsky State Technical University"
State University of Trade and Economics
Sumy Circuit Administrative Court
Sumy National Agrarian University
Taras Shevchenko National University of Chernihiv Collegium
Taras Shevchenko National University of Kyiv
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University
Vasyl' Stus Donetsk National University
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University
West Ukrainian National University
Zaporizhzhia Regional Institute of Postgraduate Pedagogical Education
Zhytomyr State University named after Ivan Franko



© Авторы тез, 2024

© Center for financial-economic research, 2024

© International Center of Social Sciences and Humanities, 2024

Офіційний сайт: <http://www.economics.in.ua>

SECTION 15. INFORMATION TECHNOLOGY..... 57

Волинець Л. В., Гарматюк Н. А., Дуда О. М.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ВИБІР ОЗНАК МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ
ПОТРЕБ "РОЗУМНИХ МІСТ" 57

SECTION 16. POLITICAL..... 59

Zaur Bilal oglu Aliyev

HISTORICAL AND POLITICAL CONTEXTS OF THE "TRANSFER" OF
AZERBAIJAN'S NATIV TERRITORIES IN THE POST-SOVIET SPACE..... 59

SECTION 17. JOURNALISM..... 62

Деркач О. С.

ВІРУСНИЙ МАРКЕТИНГ У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЯК СТРАТЕГІЯ PR
У ПРОСУВАННІ БРЕНДІВ..... 62

SECTION 15

INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 004.03

Волинець Л. В., Гарматюк Н. А., Дуда О. М.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ВИБІР ОЗНАК МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОТРЕБ "РОЗУМНИХ МІСТ"

Оптимізація є важливою процедурою при формуванні "розумних" послуг та застосунків на основі машинного навчання. Вона може використовуватися для вирішення обширного кола міських задач, зокрема, пошуку оптимальних шляхів та траєкторій, максимізації прибутків або мінімізації матеріальних чи фінансових витрат. Водночас вибір ознак є важливим етапом процесів машинного навчання. Він передбачає відбір підмножини ключових досліджуваних ознак із заданого набору міських даних. Це може бути корисно для покращення точності сформованої моделі, зменшення часу її навчання та зменшення ризику перенавчання.

Оптимізація – це процес максимізації або мінімізації цільової функції або декількох цілей [1]. Вирішення обширного переліку завдань в міській галузі можливе завдяки використанню множини різних методів оптимізації. Оптимізація застосовується для формування оптимальних рішень у реальних міських ситуаціях. Набори різнотипових оптимізаційних інструментів в царині "розумних міст" пропонують різні підходи та способи створення вискоєфективних алгоритмів оптимізації. Хоча при цьому точного рішення не гарантується, інтелектуальні алгоритми оптимізації можуть надати найкращі доступні рішення. Вибір ознак є ключовим етапом процесів оптимізації перед обробкою наборів міських даних та виконанням процедур розпізнавання образів. Його мета полягає у фільтрації функцій та виборі підмножини із заданого навчального набору даних. Якісно виконаний вибір ознак приводить до зменшення часу навчання при формуванні моделі, уникнення перенавчання та покращення узагальнення моделей для різних наборів міських даних, зокрема при обробці біомедичних сигналів, медичних зображень, даних IoT пристроїв, кіберфізичних систем тощо. В інформаційних системах "розумних міст" здебільшого використовуються великі за обсягом набори та колекції даних, а застосування вибору ознак до міських даних суттєво впливає на результати аналітичного опрацювання. Існують різнотипові методи вибору ознак при машинному навчанні та аналізі даних, які можна класифікувати як фільтрацію, обгортку та гібридний метод вбудовування.

Методи фільтрації оцінюють кожен підмножину ознак міських даних за допомогою цільової функції на основі обчисленої цільової релевантності або кореляції ознак. Підходи вибору ознак на основі обгортки досліджують підмножину функцій на основі попередньо визначеної оцінки продуктивності класифікатора. А гібридний метод – це комбінація фільтра та методу обгортки,

яка сформована алгоритмом із вбудованими методами вибору ознак. Наприклад метод гребеневої регресії має вбудовану пеналізацію. Вибір ознак можна вважати складною задачею, оскільки існує обширна множина можливих рішень для великих просторів ознак міських даних. Впродовж останнього періоду часу, були створені двійкові версії декількох метаевристичних алгоритмів, наприклад, методи обгортки для вибору ознак. А метаевристичні алгоритми, зокрема, алгоритм гравітаційного пошуку [2], алгоритм оптимізації кита [3], генетичний алгоритм [4], оптимізація алгоритму яструбів Харріса [1], оптимізація бджолоїної колонії [5], оптимізація рою частинок [6], оптимізатор сірого вовка [7], були застосовані для вибору ознак і параметризації ядра машини опорних векторів. Вибір ознак широко використовується в аналізі послідовностей для потреб "розумних" міських систем та послуг. Аналіз вмісту та сигналу – це два види завдань, які можна вирішити за допомогою вибору ознак для міських потреб. Контент-аналіз вивчає загальні властивості послідовності міських даних, наприклад її схильність до кодування або здатність виконувати певну "розумну" функцію. Навпаки, аналіз сигналів ідентифікує ключові фактори в послідовності регуляторні або структурні елементи набору міських даних.

Оптимізація і вибір ознак є важливими процедурами в процесах машинного навчання. Вони можуть бути використані для покращення ефективності моделей машинного навчання та вирішення різноманітних міських завдань у різних галузях "розумних міст".

Список літератури

1. Heidari AA, Mirjalili S, Faris H, Aljarah I, Mafarja M, Chen H (2019) Harris hawks optimization: algorithm and applications. *Future Gen Comput Syst* 97:849–872.
2. Okafor, Kennedy Chinedu, et al. (2024) Agile gravitational search algorithm for cyber-physical path-loss modelling in 5G connected autonomous vehicular network. *Vehicular communications* 45:100685.
3. Nadimi-Shahraki, Mohammad H., et al. (2023) A systematic review of the whale optimization algorithm: theoretical foundation, improvements, and hybridizations. *Archives of Computational Methods in Engineering* 30(7):4113-4159.
4. García-Mercado, Josué Isai, Guillermo Gutiérrez-Alcaraz, and N. Gonzalez-Cabrera. (2023) Improved binary particle swarm optimization for the deterministic security-constrained transmission network expansion planning problem. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 150:109110.
5. Phongmoo, Suriya, et al. (2023) Artificial Bee Colony Algorithm with Pareto-Based Approach for Multi-Objective Three-Dimensional Single Container Loading Problems. *Applied Sciences* 13(11):6601.
6. Pan, Min, et al. (2023) SPRF: A semantic Pseudo-relevance Feedback enhancement for information retrieval via ConceptNet. *Knowledge-Based Systems* 274:110602.
7. Liu, Xinyu, et al. (2023) Agricultural UAV trajectory planning by incorporating multi-mechanism improved grey wolf optimization algorithm. *Expert Systems with Applications* 233:120946.

Міністерство освіти і науки України
 Тернопільський національний технічний університет
 імені Івана Пулюя
 Маріборський університет (Словенія)
 Технічний університет в Кошице (Словаччина)
 Каунаський технологічний університет (Литва)
 Львівський національний університет
 імені Івана Франка,
 Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
 Луцький національний технічний університет,
 Чернівецький національний університет
 імені Юрія Федьковича,
 Вроцлавський економічний університет (Польща)
 Університет технологій та економіки
 імені Хелени Ходковської (Польща)
 Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове
товариство*



VII МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

25-26 квітня 2024 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2024

ББК 72+34 (Укр)
МЗ4

Матеріали VII Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 25-26 квітня 2024 р.), 2024.- 308 с.

В збірнику друкуються матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя (25-26 квітня 2024 р.) за наступними науковими напрямками:

культура і мистецтво; гуманітарні науки; соціальні та поведінкові науки; управління та адміністрування; природничі науки; математика та статистика; інформаційні технології; механічна інженерія; електрична інженерія; автоматизація та приладобудування; хімічна та біоінженерія; електроніка та телекомунікації; виробництво та технології; архітектура та будівництво; аграрні науки та продовольство; сфера обслуговування; транспорт.

Редакційна колегія:

д.е.н. Богдан Андрушків, д.т.н. Олег Ляшук, д.т.н. Ігор Стадник, д.ф.н. Анатолій Довгань, д.ф.н. Андрій Криськов, д.т.н. Володимир Андрійчук, д.т.н. Анатолій Лупенко, к.ф.-м.н. Михайло Михайлишин, д.т.н. Михайло Пилипець, д.т.н. Роман Рогатинський, д.т.н. Петро Стухляк, д.т.н. Михайло Паламар, д.е.н. Наталія Кирич, д.т.н. Микола Підгурський, д.т.н., Микола Приймак, д.т.н. Василь Васильків, д.б.н. Володимир Юкало, д.в.н. Микола Кухтин, д.т.н. Богдан Яворський, к.ф.-м.н. Борис Шелестовський, д.ф.-м.н. Василь Кривень, д.т.н. Павло Маруцак, д.е.н. Олена Панухник, д.е.н. Володимир Фалович, д.т.н. Тетяна Вітенько, д.т.н. Володимир Дзюра, д.т.н. Віктор Барановський, д.ф.-м.н. Михайло Петрик, д.е.н. Роман Шерстюк.

Комп'ютерний набір, верстка та редагування:
науковий секретар Ігор Окіпний

Адреса конференції:

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

e-mail: snt@tntu.edu.ua

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

Яцюк М. УПРАВЛІННЯ МАРКЕТИНГОВИМ ПОТЕНЦІАЛОМ	227
Якуб'як О. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КОСТ-КЛІНГУ ЯК ОДНОГО З МЕТОДІВ ОБЛІКУ ВИТРАТ	229
Якуб'як О. РОЗУМІННЯ МОВИ ТІЛА ЯК ОДНА З КОМУНІКАТИВНИХ НАВИЧОК КЕРІВНИКА	231
Рожко С. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ГРОШОВИМИ ПОТОКАМИ	233
Кравець С. ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНУ ГЕССА У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	235
Ніколаєнко В. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАТИВНОГО ЕЛЕКТРОФОРЕЗУ БІЛКІВ, МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЧНИМИ МОЛЕКУЛАМИ	236
Кульчицький С. ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ 3D ДРУКУ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	238
Гавдера С., Андрійв Х. ЗЕЛЕНА ПОКРІВЛЯ	240
Волинець Л.В., Дуда В.О., Гарматюк Н.А. «АНАЛІТИКА ВЕЛИКИХ ДАНИХ» В ГАЛУЗІ «РОЗУМНОЇ» ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	242
Panasenko S.M. , Palaniza Y.B. MEDIAN FILTRATION FOR TESTER PROBE SIGNALS NOISE REDUCING	244
Rii I.I., Palaniza Y.B. SIMPLE EXPONENTIAL SMOOTHING FOR DENOISING BODY TEMPERATURE DATA	246
Сташків В. СУЧАСНІ МЕТОДИ УСУНЕННЯ ПРОБЛЕМИ "SCREEN DOOR EFFECT" В ГАРНІТУРАХ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	248
Козловський С., Борис І., Булаєнко Р., Антонюк В. МОДЕЛЮВАННЯ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ	249
Сороківський О. ТРЕНДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	251
Гач Ю. ЛОГІСТИЧНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ У ВОЄННИЙ ЧАС	253

УДК 004.03

Волинець Л.В., Дуда В.О., Гарматюк Н.А.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

«АНАЛІТИКА ВЕЛИКИХ ДАНИХ» В ГАЛУЗІ «РОЗУМНОЇ» ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Науковий керівник: к.т.н., доцент Готович В.А.

Volynets L.V., Duda V.O., Harmatiuk N.A.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

"BIG DATA ANALYTICS" IN THE FIELD OF "SMART" HEALTHCARE

Supervisor: Ph.D., associate professor Hotovych Ph.D.

Ключові слова: великі дані, аналітика великих даних, «розумна» охорона здоров'я.

Keywords: big data, big data analytics, "smart" healthcare.

Впровадження програмно-алгоритмічних комплексів та інформаційно-технологічних платформ з інтегрованими засобами аналітичного опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних в галузі «розумної» охорони здоров'я надають змогу використовувати інноваційні цифрові послуги для лікування пацієнтів та управління процесами оздоровлення. В [1] опубліковано результати досліджень, щодо використання засобів аналітичного опрацювання великих даних в медичних закладах, що розвиваються в галузі «розумної» охорони здоров'я на основі даних. При цьому для аналітичного опрацювання активно використовуються набори та колекції структурованих та неструктурованих даних щодо адміністрування, супроводу операційних та клінічних локацій [2]. Можна виділити типи та джерела структурних та неструктурних медичних даних:

- бази медичних даних;
- дані щодо транзакцій в медичних закладах та установах;
- неструктурований вміст електронних повідомлень при листуванні з пацієнтами та медичних документів;
- дані IoT-пристроїв та «розумних» датчиків.

Проте на даний час використання медичних даних з соціальних джерел доволі обмежене. Спостерігається розвиток аналітики в галузі «розумної» охорони здоров'я не лише в адміністративно-бізнесовому напрямі, а й у клінічній сфері. Це підкреслює, що значна частина рішень в медичних установах керуються даними.

На практиці в медичних установах активно використовуються структуровані та неструктуровані набори та колекції даних. Структуровані дані в медичній галузі мають заздалегідь визначені схеми, вони обширні за обсягом, довільної форми та подаються у різних форматах [3]. Неструктуровані набори та колекції медичних даних називаються «великими даними» (англ. Big Data), які не можливо описати за допомогою типових форматів та опрацювати за допомогою традиційних засобів обробки даних. «Великі дані» характеризуються великою кількістю та обсягами наборів та колекцій даних, які неможливо зберегти, обробити чи проаналізувати за допомогою традиційних

програмно-алгоритмічних засобів та інформаційно-технологічних інструментів [4]. Через відсутність чітко визначеної чи інформаційної моделі або схеми даних, до них складно застосовувати традиційні алгоритми пошуку та аналітичного опрацювання, а для видобування корисних значень потрібно розробляти спеціалізовані інформаційні технології, методи та засоби [5]. Інтеграція наборів та колекцій медичних даних у структурованих, та неструктурованих форматах, може принести значну користь медичним установам та організаціям [1]. Проте неструктуровані дані потребують інноваційних підходів для розкриття значного потенціалу опрацювання аналітичного великих за обсягом наборів та колекцій медичних даних. «Аналітика великих даних» (англ. Big Data Analytics) – це методи, засоби та інформаційно-технологічні інструменти, що використовуються для аналізу та видобування інформації з великих за обсягом наборів та колекцій даних. Результати аналітичного опрацювання великих за обсягом та колекцій даних можна використовувати для прогнозування подій та процесів на основі видобування знань з інформації про минуле. В галузі «розумної» охорони здоров'я, це дає змогу оперативно аналізувати великі за обсягом набори та колекції даних обширних груп пацієнтів, ефективно ідентифікувати кластери нових знань та визначати кореляцію між наборами та колекціями медичних даних, формувати прогнозні моделі для супроводу процесів прийняття рішень на основі даних [6].

Аналітичне опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних має значний потенціал для покращення галузі «розумної» охорони здоров'я, зокрема може допомогти медичним організаціям та установам:

- знизити фінансові та матеріальні витрати при впровадженні цифрових медичних послуг;
- покращити інформаційний супровід процесів управління медичними ризиками та прийняття медичних рішень;
- покращити якість надання медичних послуг;
- розробити та впровадити інноваційні медичні технології нові медичні технології.

«Аналітика великих даних» є обширним набором потужних інформаційно-технологічних інструментів, які допомагають медичним установам та вирішувати обширний спектр актуальних задач в галузі «розумної» охорони здоров'я.

Література

1. Batko, Kornelia, and Andrzej Ślęzak. "The use of Big Data Analytics in healthcare." *Journal of big Data* 9.1 (2022): 3.
2. Ruckdeschel, John C., et al. "Unstructured data are superior to structured data for eliciting quantitative smoking history from the electronic health record." *JCO Clinical Cancer Informatics* 7 (2023): e2200155.
3. Duggineni, Sasidhar. "Data Analytics in Modern Business Intelligence." *Journal of Marketing & Supply Chain Management*. SRC/JMSCM-123. DOI: doi.org/10.47363/JMSCM/2023 (2) 114 (2023): 2-4.
4. Natrajan, Nidhi S., and Rinku Sanjeev. "Moderating influence of big-data analytics on rationale decision-making and organizational performance in Delhi & NCR." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2869. No. 1. AIP Publishing, 2023.
5. Guo, Chonghui, and Jingfeng Chen. "Big data analytics in healthcare." *Knowledge technology and systems: Toward establishing knowledge systems science*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. 27-70.
6. Ahmed, Awais, et al. "Harnessing big data analytics for healthcare: A comprehensive review of frameworks, implications, applications, and impacts." *IEEE Access* (2023).

Стаття у фаховому виданні України, Додаток Б
Категорія Б по спеціальності 126 «Інформаційні системи та
технології»

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ



Головний редактор – професор, д.т.н., Гордєєв О.О.

№55 2024

м. Луцьк

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:	
професор, д.т.н. Гордєєв О.О.	(м. Луцьк)
Відповідальний секретар:	
доц., к.т.н. Христинець Н.А.	(м. Луцьк)
Члени редакційної колегії:	
проф., д.т.н. Андрушак І.Є.	(м. Луцьк)
проф., д.т.н. Згуровський М.З	(м. Київ)
Affiliate full professor, Avtandil Gagnidze	(Грузія, м. Тбілісі)
д.т.н., доц. Зеленський К.Х.	(м. Київ)
доц., к.т.н. Суринович О.М.	(м. Луцьк)
Affiliate full professor, Iavich Maksim	(Грузія, м. Тбілісі)
проф., д.т.н. Турбал Ю.В.	(м. Рінге)
доц., к.ф.-м.н. Рибницька О.М.	(м. Львів)
PhD. Milosz Marek	(Польща, м. Люблін)
проф., д.т.н. Мельник А.О.	(м. Львів)
проф., д.т.н. Мороз Б.І.	(м. Дніпро)
проф., д.т.н. Тарасенко В.П.	(м. Київ)
проф, PhD. Alison McMillan	(Великобританія, м. Рексем)
проф., д.т.н. Касянчук М.М.	(м. Тернопіль)
проф., д.т.н. Фауре Е.В.	(м. Черкаси)
проф., д.т.н. Олійников Р.В.	(м. Харків)
проф, д.пед.н. Черняшук Н.Л.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Назаревич О.Б.	(м. Тернопіль)
PhD. Karim Elish	(США, м. Лейкленд)
PhD. Zbigniew Omiotek	(Польща, м. Люблін)
PhD. Dagmar Cagáňová	(Словаччина, м. Братислава)
PhD. Paweł Komada	(Польща, м. Люблін)
PhD. José Machado	(Португалія, м. Гімарайш)
проф., д.т.н. Сайко В.Г.	(м. Київ)
доц., к.т.н. Приступа С.О	(м. Луцьк)
PhD. Anna Maria Saniuk	(Польща, м. Зелена Гура)
доц., к.т.н. Ткачук А.А. (заступник головного редактора)	(м. Луцьк)

Адреса редколегії:

Луцький національний технічний університет,
кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки
вул. Львівська 75, ауд.141
м.Луцьк, 43018
тел. (0332) 74-61-15
E-mail: cit@lntu.edu.ua,
сайт журналу: cit-journal.com.ua

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

№55 2024 р.

Зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення, як суб'єкт у сфері друкованих медіа (рішення №40 від 11.01.2024 р., ідентифікатор медіа R30-02456)

Рекомендовано до друку Науково-технічною радою Луцького національного технічного університету (протокол №9 засідання від 29.05.2024р.)

Рішенням МОН України
наказом №515 від 16.05.2016р,
журнал включено в перелік наукових фахових видань

Видання індексується у
научомеритричних та реферативних базах:

Open Academic Journals Index
Academic Resource Index ResearchBib
Rootindexing
Information Matrix for the Analysis of Journals
Ulrichsweb.

ISSN 2524-0560 (Online)

ISSN 2524-0552 (Print)

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ	
Альошин С.В. Реалізація розрахунку навчального навантаження в розрізі кількості студентів на навчальну дисципліну мовою SQL	5
Дубук В.І., Ковівчак Я.В., Свистун Б.І. Розробка автоматизованої системи замовлень мототелозапчастин	15
ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА	
Турчин О.Б. Впровадження машинного навчання для підвищення точності прогнозування режимів роботи глибоководних насосних станцій	24
Анісімов В. Г., Кунаєць Н.Е. Перехід від монолітної до мікросервісної архітектури: методологія та досвід впровадження	30
Багнюк Н.В., Христинець Н.А., Биков С.О. Розробка мультимедійних 3D моделей для симуляції технологічного процесу	42
Винишин О.Я. Комплексна методика оптимізації програмного коду VHDL при проектуванні програмованої інтегральної схеми	48
Волинець Л.В., Гарматюк Н.А., Дерев'янюк В.С., Дуда О.М. Крамар Т.О., Скалецький П.О. Формування концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності	55
Горгун Р.О., Салтовський Б.Г. Інтерактивна карта тривоги України.	66
Демченко А.В., Федосова І.В. Дослідження інформаційно-комунікаційних платформ для дистанційного навчання	71
Дідус А. В., Терейковський І. А. Формалізація процесу розпізнавання ключових слів у голосовому сигналі.	78
Дмитренко Т.В. Застосування БПЛА з технологією вейвлет-перетворення у військових операціях: розвідка, виявлення цілей та навігація.	87
Добришин Ю.Є. Формалізація процесу проектування систем підтримки прийняття рішень щодо підвищення рівня захисту програмного забезпечення	93
Журавська І. М., Фісун М.Т. Ризики інформаційних витоків з мобільних пристроїв.	100
Коляда К.В., Рожко Д.В. Використання метаевристичних алгоритмів для розв'язку задачі комівояжера	107
Коровий О.С., Терейковський І.А. Концептуальна модель процесу визначення емоційної тональності тексту.	115
Лукашук М.М. Стандартизація веб-доступності інформаційно-комунікаційних технологій як спосіб залучення більшого числа користувачів	124
Маруняк С.Т. Виявлення та пом'якшення вразливостей безпеки в протоколах динамічної маршрутизації: поточні виклики та рішення	130
Марченко О.О. Метод розпаралелення пошуку по дереву методом MCTS.	137
Мельник В.М., Багнюк Н.В., Ройко О.Ю., Бортник К.Я., Кізім С.О. Вплив продуктивності сокетів на інтенсивність обробки даних на кластері віртуальних машин в гетерогенних умовах	143

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-55-06>

УДК 004.5, 004.9

Волинець Леонід Васильович, магістрант

<https://orcid.org/0009-0007-2006-4465>

Гарматюк Назар Андрійович, аспірант

<https://orcid.org/0009-0005-2780-2032>

Дерев'янка Володимир Сергійович, магістрант

<https://orcid.org/0009-0005-9300-2455>

Дуда Олексій Михайлович, к.т.н, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-2007-1271>

Крамар Тарас Олександрович, асистент

<https://orcid.org/0000-0001-8060-0169>

Скалецький Петро Олегович, аспірант

<https://orcid.org/0009-0007-4543-3714>

Тернопільський національний технічний університет, м. Тернопіль, Україна

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПТУ МУЗЕЙНОГО МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Волинець Л.В., Гарматюк Н.А., Дерев'янка В.С., Дуда О.М., Крамар Т.О., Скалецький П.О. Формування концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності. В епоху стрімкого технологічного розвитку, музеї мають унікальні можливості для вдосконалення способів подання інформації та залучення уваги широкого кола відвідувачів. Одним з інноваційних шляхів досягнення цієї мети є створення мобільних застосунків. Вони стають ключовим інструментом для збагачення досвіду відвідувачів, відкриваючи нові горизонти для взаємодії між відвідувачами та музейними експозиціями, вдосконалюють роботу музеїв, даючи змогу досліджувати культуру та історичну спадщину більш пізнавальними та інтерактивними способами. Мобільні застосунки сприяють створенню персоналізованих траєкторій та маршрутів відвідувачів, поглибленню вивчення історії експонатів, залученню технологій доповненої реальності для формування унікальних вражень. Крім того, вони можуть спростити адміністративні завдання, надаючи працівникам музею інструменти для ефективнішого управління та оновлення інформації про експозиції. Такий інтегрований підхід до мобільних технологій сприяє зближенню музеїв із сучасною аудиторією, роблячи культурне просвітництво захопливим та доступним. У цьому дослідженні проаналізовано інноваційні мобільні застосунки провідних музеїв світу, визначено їхні переваги та недоліки. На основі отриманих даних запропоновано концепт мобільного застосунку з елементами доповненої реальності, спрямованого на покращення досвіду відвідувачів музею та оптимізацію роботи персоналу. Використання у концепті інноваційних інформаційних технологій сприяє створенню цілісного та новаторського підходу до вивчення та збереження культурної спадщини у музейному середовищі.

Ключові слова: бази даних, діаграма класів, доповнена реальність, інформаційні технології, культурна спадщина, мобільний застосунок, музеї, проєктування, прототипи.

Volynets L., Harmatiuk N., Derevianko V., Duda O., Kramar T., Skaletskyi P. Development of a museum mobile application concept with elements of augmented reality. In the era of rapid technological development, museums have unique opportunities for improving the ways of presenting information and attracting the attention of a wide range of visitors. One of the innovative ways to achieve this goal is the creation of mobile applications. They become a key tool for enriching the experience of visitors, opening new horizons for the interaction between visitors and the exhibition, improving the work of the museum, enabling the exploration of cultural and historical heritage in more informative and interactive ways. Mobile applications contribute to the creation of personalized trajectories and routes, deepening the study of the history of exhibits, and the involvement of augmented reality technologies to create unique experiences. In addition, they can simplify administrative tasks by giving museum staff the tools to more effectively manage and update exhibit information. This integrated approach to mobile technology brings museums closer to modern audiences, making cultural education engaging and accessible. This study analyzed the innovative mobile applications of the world's leading museums, identified their advantages and disadvantages. Based on the obtained data, a concept of a mobile application with elements of augmented reality aimed at improving the experience of museum visitors and optimizing the work of the staff is proposed. The use of innovative information technologies in the concept contributes to the creation of a holistic and innovative approach to the study and databases, class diagram, augmented reality, information technology, cultural heritage, mobile application, museums, design, prototype preservation of cultural heritage in the museum environment.

Key words:

Постановка наукової проблеми. На даний час переважна більшість музеїв стикається із складнощами впровадження, використання та оптимізації інформаційних та комунікаційних технологій для покращення взаємодії з відвідувачами. Нерівномірний розподіл можливостей доступу громадян до сучасних мобільних застосунків призводить до диференціації досвіду та зменшення інклюзивності. Водночас, технічні обмеження, висока вартість розробки та супроводу ускладнюють впровадження мобільних застосунків для невеликих музейних установ. Тому на даний

час сформована потреба розробки стратегій ефективного впровадження та використання інформаційних технологій та доповненої реальності у музейному середовищі.

Аналіз досліджень. Впродовж останнього періоду часу відбувається активна цифрова трансформація, що впливає на різні аспекти суспільного життя, включаючи музеї. [1] В умовах формування інформаційного суспільства [2] музеї змушені впроваджувати новаторські підходи до взаємодії з відвідувачами та змінювати методи подання та поширення інформації щодо своїх колекцій. Сучасний ринок пропонує різноманітні програмно-алгоритмічні комплекси та застосунки для музеїв, сприяючи впровадженню інновацій у їхню роботу [3].

Прогрес у царині інформаційних та комунікаційних технологій та зростаюче використання Інтернету спрощує установам культури доступ до цільової аудиторії. Водночас музеї стали чутливішими до визначення цільової аудиторії та подання експозицій широким колам відвідувачів, активніше використовуючи інформаційні та комунікаційні технології для підвищення їх доступності та зрозумілості [4].

Сучасні інформаційні та комунікаційні технології, зокрема проєктори, інтерактивні застосунки та симулятори, що використовуються для музейних експозицій, зумовлюють необхідність цифрової трансформації демонстраційних площ музеїв. Створення високопродуктивної комунікаційної інфраструктури, поширення безперешкодного доступу до Wi-Fi та впровадження спеціалізованого програмного забезпечення допомагає відвідувачам активно досліджувати музеї та виставки [5].

У процесі розвитку інформаційних та комунікаційних технологій і програмно-алгоритмічних комплексів, відбувається активна трансформація мобільних технологій на туристичні путівники [6]. Завдяки мобільним застосункам з елементами доповненої реальності, відвідувачі матимуть можливість інтерактивно взаємодіяти з музейними експозиціями у новий, захоплюючий спосіб, збагачуючи свій культурний досвід [7]. В перспективі інтерактивні інструменти можуть стати ключовим елементом підвищення експозиційної привабливості музеїв та залучення нових груп відвідувачів.

Музеї стикаються з широким переліком нових потреб, що пов'язані зі збільшенням відвідувачів та інформаційних запитів. Це сприяє вдосконаленню інформаційних технологій з використанням віртуальної та доповненої реальності у мобільних застосунках. Технології доповненої реальності надають унікальні можливості для інтеграції віртуального та реального середовища, даючи відвідувачам музеїв змогу насолоджуватися покращеним віртуальним досвідом при взаємодії з історичними об'єктами [8].

Мета роботи. Метою дослідження є формування комплексного концепту мобільного музейного застосунку з розширеними характеристиками зручності, інтерактивності та персоналізації на основі аналізу існуючих застосунків провідних світових музеїв. Зокрема, акцент зроблено на використанні елементів доповненої реальності для формування інтерактивного досвіду відвідувачів, формуванні рекомендацій щодо функціональних особливостей та вимог до мобільного застосунку, зручності використання інтерфейсу та оновлення інформації про експонати працівниками музею.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. В ході проведеного дослідження проаналізовано мобільні застосунки, що використовуються у провідних музеях світу.

Застосунок Art of London: augmented gallery (Лондон, Велика Британія) [9] використовує технологію доповненої реальності (англ. Augmented Reality, AR) для відображення картин та скульптур у галереї. Зокрема він дає змогу користувачам переглядати 3D-анімації та взаємодіяти з інтерактивними елементами, які доповнюють твори мистецтва. Відвідувачі галереї можуть прослухати аудіо чи переглянути відео, які розкривають цікаві факти та історії про твори мистецтва та художників. Art of London: augmented gallery перетворює ознайомлення, вивчення та розуміння сучасного мистецтва в захопливий та поглиблений процес.

Застосунок The British Museum (Лондон, Велика Британія) [10] дає змогу користувачам досліджувати колекції музею за темою, періодом або місцем походження. Присутні функції пошуку експонатів на карті музею, а також за темою, назвою або часовим періодом. Застосунок надає можливість формувати маршрути подорожей по музею. Користувачі можуть прослуховувати аудіогіди для широкого переліку експонатів музею, а також відвідати віртуальні виставки та переглянути віртуальні експонати. Застосунок пропонує користувачам ознайомитися зі статтями про експонати та події, або переглянути календар майбутніх подій.

Explorer (Нью-Йорк, США) [11] – це віртуальний провідник по Американському музею природознавства. Він пропонує інтерактивну карту музею, що полегшує процеси пошуку експонатів та музейних зручностей. Застосунок надає текстові описи, фотографії та відео супровід експонатів, а також функціональні можливості тематичного пошуку за назвою або історичним періодом. Є можливість віртуальних відвідин виставок та перегляду експонатів музею. Застосунок Explorer має функціональні можливості рекомендувати відвідувачам експонати та виставки, ґрунтуючись на попередніх результатах пошуку та переглядів. Застосунок пропонує інтерактивний календар музейних подій, зокрема лекцій, семінарів та виставок. Користувачі можуть віртуально взаємодіяти з деякими експонатами музею, наприклад, обертати 3D-моделі або здійснювати інтерактивні симуляції. Застосунок Explorer пропонує доступ до фото-, аудіо- та відеоматеріалів про експонати та виставки, а також навчальні ресурси для дорослих та дітей, наприклад статті, ігри та вікторини.

Застосунок Louvre Buddy (Париж, Франція) [12] є комплексним мобільним гідом по Лувру, надаючи розширені можливості для ознайомлення з музейними колекціями. Він дає користувачам можливість досліджувати колекції за різними критеріями, формувати власні маршрути відвідування та прослухати аудіосупровід для широкого переліку експонатів. Завдяки функціональним можливостям віртуальних турів, відвідувачі можуть ознайомитись з виставками, експонатами, отримати доступ до статей та інформацію про події в Луврі. Louvre Buddy є важливим інструментом для планування візиту до музею, збагачуючи досвід відвідувачів в процесі вивчення мистецтва та історії музею.

Застосунок Natural History Museum (Лондон, Велика Британія) [13] забезпечує можливість досліджувати колекції музею за темою, періодом або місцем походження. Можна здійснювати пошук експонатів на віртуальній карті музею. Застосунок допомагає формувати маршрути по музею для оптимізації часу відвідувачів. У застосунку доступний функціонал для прослуховування аудіогідів для широкого набору експонатів музею, а також для відвідин віртуальних виставок. Застосунок пропонує ігрові сценарії, які, в інтерактивній формі, допомагають більше дізнатися про музей, експозиції та артефакти.

Застосунок Skin and Bones (Смітсонівський національний музей, Вашингтон, США) [14] використовує доповнену реальність (AR), щоб "оживити" скелети тварин. Даний функціонал дає користувачам можливість побачити, як би виглядали тварини з м'язами, шкірою та хутром. Застосунок дає змогу взаємодіяти з 3D-моделями тварин, наприклад, обертати або збільшувати масштаб, отримати інформацію про анатомію тварин та особливості їх адаптації до навколишнього середовища. Увагу застосунку акцентовано на експонатах Смітсонівського національного музею, що пов'язані з анатомією та еволюцією тварин.

Порівняльну характеристику функціональних можливостей проаналізованих мобільних музейних застосунків подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Функціональні особливості музейних застосунків.

Застосунок	Карта експонатів	Мультимедійна інформація про експонати, галереї	AR-функції	Віртуальні екскурсії	Загальна інформація про музей чи проєкт	Інформація щодо придбання квитків	Можливість залишити відгук	Рекомендації відповідно до інтересів користувачів
Art of London: augmented gall	+	+	+	-	+	-	-	-
The British Museum	+	+	-	+	+	+	+	-
Explorer	+	+	-	+	+	+	+	+
Louvre Buddy	+	+	-	+	+	+	+	-
Natural History Museum	+	+	-	+	+	+	+	-
Skin and Bones	+	+	+	-	+	-	-	-

Проаналізувавши зібрані в таблиці 1 дані можемо зробити висновки, що:

- У кожному з проаналізованих застосунків є карта експонатів, мультимедійна інформація про експонати та галереї, а також загальна інформація про музей чи проєкт.
- Оскільки застосунки з AR-функціоналом в основному сфокусовані саме на відображенні цифрових елементів засобами доповненої реальності, тому в них доступні обмежені функціональні можливості порівняно з іншими застосунками.
- Лише в одному із проаналізованих застосунків наявні рекомендації за інтересами користувачів. Проте на це слід звернути увагу, оскільки дані функціональні можливості значно покращують досвід використання застосунків [15].
- Інформація про квитки та екскурсії є в більшості проаналізованих застосунків, що вказує на важливість даних функцій.

На основі проведеного аналізу особливостей подамо перелік функціональних можливостей концептуального прототипу музейного застосунку з елементами доповненої реальності у виді множини.

$$F(MP, MI, AR, RC, RS),$$

де MP – функції віртуальної карти музею для пошуку експонатів, визначення локації користувача, прокладання маршрутів. MI – функції інформування відвідувачів про експонати, експозиції та мультимедійний супровід об'єктів музею. AR – набір функцій з елементами доповненої реальності для відображення віртуальних елементів. RC – множина рекомендаційних функцій на основі пошукових запитів чи індивідуальних траєкторій відвідувачів. RS – функціональний набір щодо роботи установи: квитки, відпочинкові зони, зручності тощо.

Після аналізу застосунків і їх функціоналу можна перейти до формування загального концепту музейного застосунку з елементами доповненої реальності

Діаграму використання концепту музейного застосунку елементами доповненої реальності у форматі use-case актора «Користувач» подано на рис. 1.



Рис. 1 – Use-case діаграма актора «Користувач» концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Взаємодія з актором «Користувач» починається з головного меню, де відображені основні елементи навігації та рекомендації щодо екскурсій за замовчуванням. До основних елементів навігації належать: перегляд категорій, колекцій та експонатів, список вподобаних екскурсій та експонатів, карта музею. При перегляді експонатів актор «Користувач» може отримати інформацію про конкретний експонат у вигляді текстового опису, зображень та аудіосупроводу. AR-подання надає можливість взаємодіяти з віртуальними елементами та досліджувати експонати в

інтерактивному режимі. Актор «Користувач» може додавати екскурсії та експонати до списку вподобань, щоб повторно не шукати їх. Сформований список вподобань використовується для надання рекомендацій. За допомогою карти музею можна орієнтуватися між галереями та експонатами, формувати траєкторії переходів, знаходити відпочинкові зони та зручності тощо.

Діаграма використання концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності у форматі use-case актора «Працівник музею» подана на рис.2.



Рис.2 – Use-case діаграма актора «Працівника музею» концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Актори «Працівник музею» мають можливість отримувати звіти та ініціювати процедури аналітичного опрацювання даних про дії користувачів, зокрема, які експонати, галереї та маршрути користуються найбільшою популярністю, як користувачі переміщуються по музею, скільки часу вони проводять біля експонатів. Актори «Працівник музею» можуть редагувати інформацію про експонати, додавати та видаляти об'єкти на карті. В концептуальному прототипі мобільного музейного застосунку з елементами доповненої реальності доцільно створити функціональні можливості для взаємодії з користувачами. При цьому «Працівник музею» може переглядати та відповідати на відгуки користувачів, надсилати їм електронні листи з новинами про музей, майбутніми подіями, новими експонатами тощо, а також давати відповіді на запитання громадян, які можуть виникнути під час використання мобільного застосунку.

На рис. 3 подано узагальнену структуру бази даних концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності.

Таблиця Mob_AR_User містить інформацію щодо персональних даних користувачів, зокрема, універсальний ідентифікатор облікового запису користувача, його ім'я, адресу електронної пошти, хеш пароля тощо. До пов'язаних таблиць відносяться:

- Mob_AR_Visit – зберігає інформацію про візит користувача до музею, зокрема, дату, час і тривалість візиту.
- Mob_AR_Viewed_exhibits – містить відомості про експонати, які переглянули користувачі, час перегляду конкретного експонату та ID користувача, що здійснював перегляд.

- **Mob_AR_Favorite_exhibits** – містить список вподобаних користувачами експонатів та відомості про користувача, якому належить конкретний список.

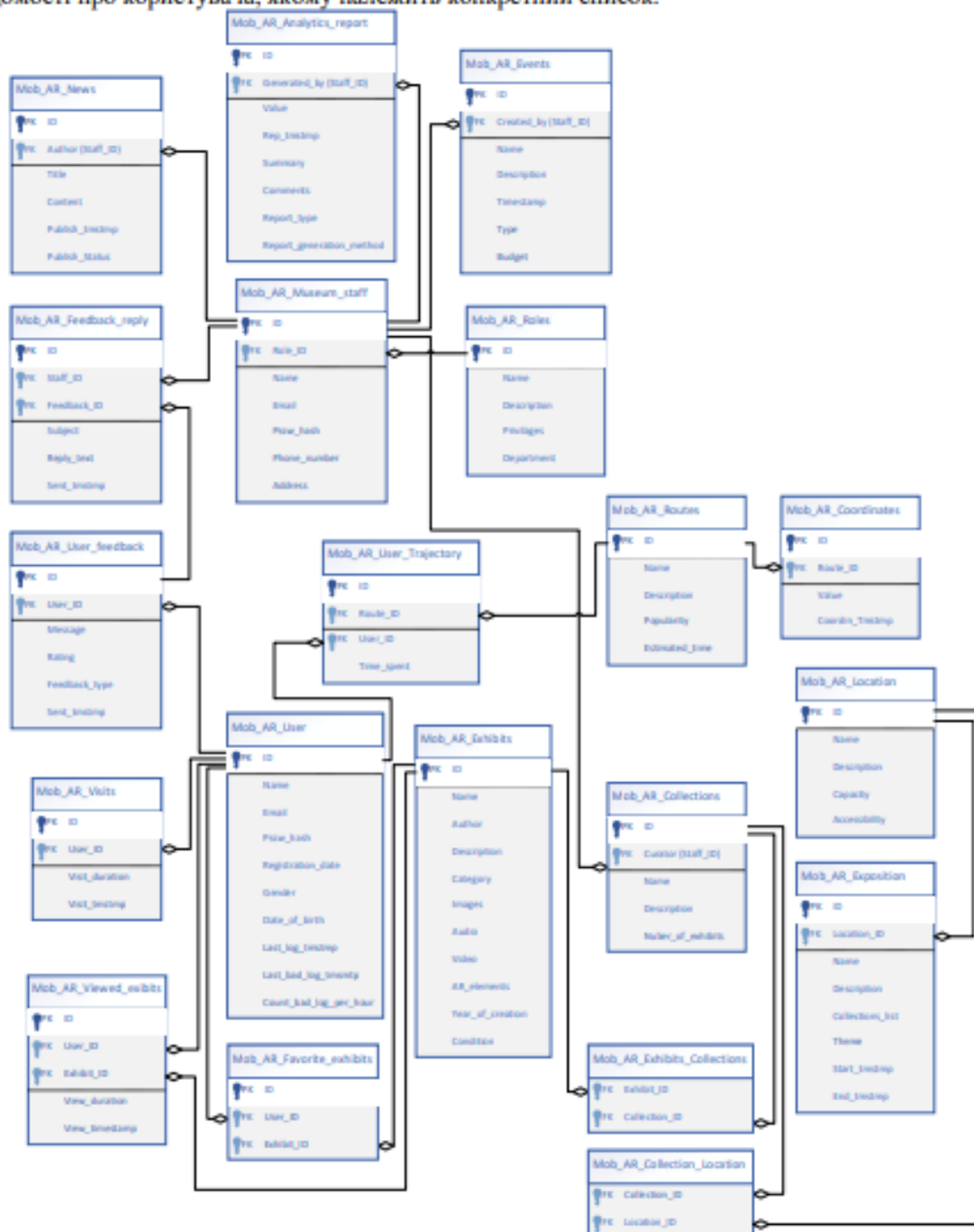


Рис.3 – Узагальнена структура бази даних концепту музею мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Крім того таблиця **Mob_AR_User** пов'язана з таблицями:

- **Mob_AR_User_feedback** – зберігає інформацію про відгуки, надіслані користувачем. Основними полями є зміст повідомлення та оцінки, які залишив користувач, тип відгуку та дата надсилання.
- **Mob_AR_User_trajectory** – зберігає дані про траєкторії користувачів та час витрачений на проходження конкретної траєкторії.
- **Mob_AR_Routes** – містить відомості про шляхи, які обирали користувачі під час їхнього відвідування музею, популярність різних шляхів та середній час проходження конкретного шляху.

- **Mob_AR_Coordinates** – містить набори координат, які використовуються для визначення обраних користувачами шляхів.

Таблиця **Mob_AR_Exhibits** зберігає інформацію про експонати відповідно до рекомендацій загальноєвропейської колекції 3D-моделей спадщини Europeana [16], зокрема, унікальний ідентифікатор експоната, опис, фізичні характеристики, AR-елементи, супровідні матеріали тощо. Ці атрибути дають змогу детально описати кожен експонат та його характеристики. До пов'язаних таблиць відносяться:

- **Mob_AR_Collections** – містить дані щодо приналежних до колекції експонатів. Записи характеризуються назвою, описом, кількістю експонатів та ідентифікатором працівника музею, який курує колекції. **Curator (Staff ID)**.

- **Mob_AR_Exposition** – містить відомості про назву, опис та тематику експозиції, час її початку та завершення, а також список колекцій, які виставлені для демонстрації в конкретній експозиції.

- **Mob_AR_Locations** – зберігає дані про локації музею, де знаходяться експозиції музею, їх місткість та рівень доступності для людей з обмеженими можливостями.

Таблиця **Mob_AR_Museum_staff** містить інформацію про працівників музею, зокрема унікальний ідентифікатор, його ім'я, електронну пошту, пароль, номер телефону, адресу та відомості щодо входу в застосунок.

З цієї таблицею **Mob_AR_Museum_staff** пов'язані таблиці:

- **Mob_AR_Roles** – зберігає дані про ролі працівників музею, їх права, привілеї, та відділ, до якого належить працівник музею.

- **Mob_AR_Feedback_reply** – містить інформацію про сформовані працівниками відповіді на відгуки користувачів.

- **Mob_AR_Events** – зберігає відомості про події, які будуть відбуватися в музеї, зокрема, опис, тип, бюджет та ID відповідального за організацію працівника музею.

- **Mob_AR_News** – містить дані інформацію про автора, зміст та публікацію новин.

- **Mob_AR_Analytics_report**, яка відображає дані аналітичних звітів, що були згенеровані працівниками музею, а саме вміст, дату генерації, тип звіту, метод генерації звіту, короткий зміст звіту коментарі та ID працівника, що згенерував звіт.

Узагальнена діаграма класів концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності умовно розділена на дві частини. Класи для обслуговування експонатів і класи для обслуговування облікових записів та дій користувачів. На рис.4 подано множини класів для обслуговування експонатів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності. Основним батьківським класом є клас **Exhibits**. Він містить атрибути, що описують загальні характеристики експонатів музею: ID, назву, автора, опис, категорію, мультимедіа матеріали, рік створення та стан. Методи цього класу використовуються для додавання, оновлення, видалення експонатів та перегляду деталей експонатів.

Від основного класу походять два дочірніх класи:

- **Viewed_exhibits** – містить атрибути **view_duration** та **view_date** для опису тривалості перегляду експонату та дати і часу перегляду. Методи в даному класі реалізують можливості для додавання, редагування, перегляду та видалення переглянутих експонатів.

- **Favorite_exhibits** – використовується для реалізації методів додавання, редагування та видалення експонатів в списку вподобань.

Кожен експонат належить до колекції. Методи та атрибути пов'язані колекціями реалізовано в класі **Collection**. Окрім атрибутів імені та опису наявний атрибут **Number_of_exhibits**, який використовується для збереження числа експонатів, що належать до конкретної колекції. Методи даного класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення колекцій, а також методи для додавання чи видалення експонатів в колекції. Колекції виставляються для демонстрації в межах експозиції. Методи та атрибути необхідні для роботи з експозиціями реалізовано в класі **Exposition**. До унікальних атрибутів даного класу можна віднести:

- **collection_list** – список колекцій, які є частиною експозиції;
- **theme** – тематика експозиції;
- **start_date** – дата початку експозиції;
- **end_date** – дата завершення експозиції.

Методи даного класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення експозицій, а також методи для додавання чи видалення колекцій в експозиції.

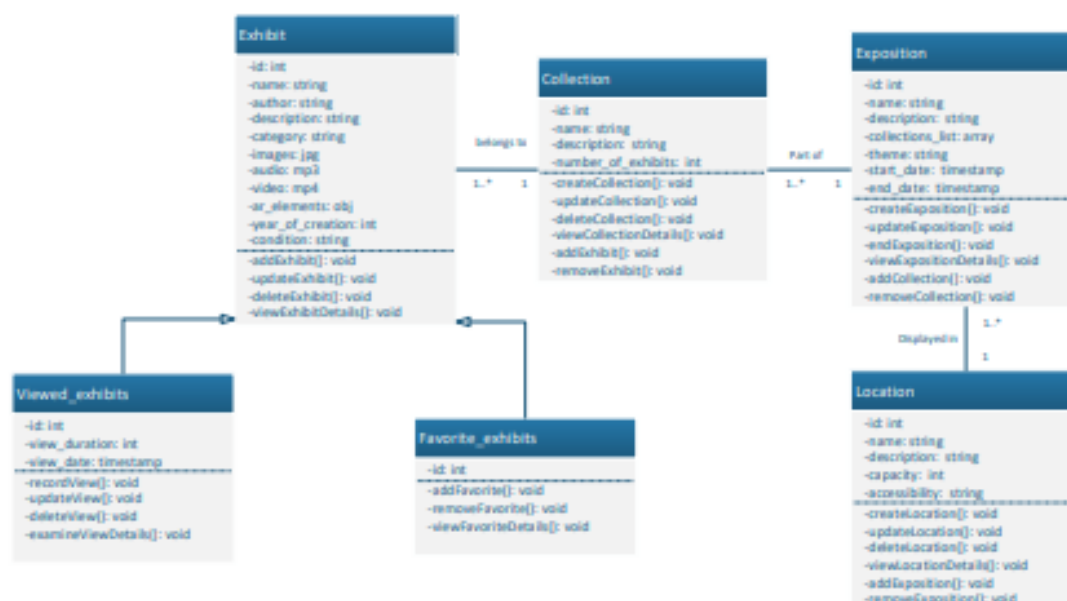


Рис.4 – Множина класів для обслуговування експонатів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Експозиції виставляються для демонстрації в певній локації музею. Методи та атрибути пов'язані з локаціями реалізовано в класі Location. Унікальними атрибутами цього класу є: *capacity*, який містить інформацію про місткість локації та *accessibility*, що описує рівень доступності локації для осіб з обмеженими можливостями. Методи класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення інформації про локації, а також методи для додавання чи видалення експозицій на локації.

На рис.5 подано множину класів для обслуговування облікових даних користувачів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності. В даній множині класів основним батьківським є клас User. Він містить атрибути, що описують загальні характеристики користувачів музейного застосунку: ID, ім'я, email, пароль, дату реєстрації, стать, дату народження і час останнього входу в систему.

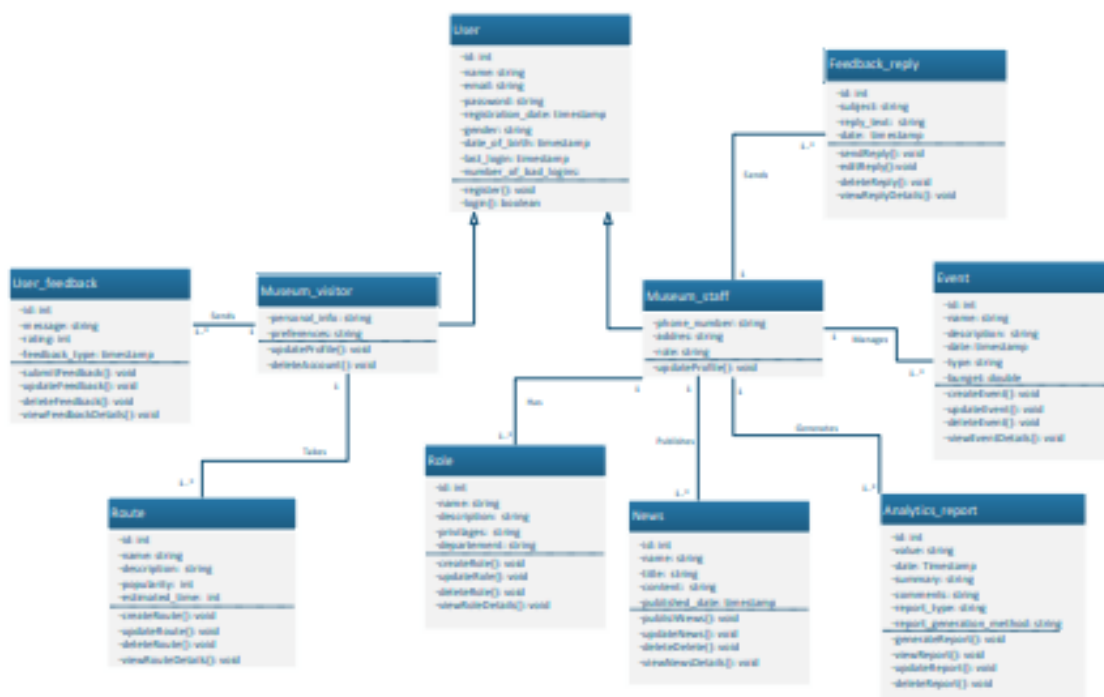


Рис.5 – Класи для облікових даних користувачів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Методи цього класу передбачають можливості реєстрації та аутентифікації в застосунку. Одним з дочірніх класів є клас *Museum_visitor*. Окрім методів і атрибутів успадкованих від батьківського класу він містить атрибути, що описують персональні відомості про користувачів-відвідувачів музею та їхні вподобання. Методи класу реалізують можливості для оновлення даних облікового запису та його видалення. З даним класом пов'язаний клас *User_feedback*. Він містить набори атрибутів та методів, що реалізують функціональні можливості щодо надсилання відгуків користувачами застосунку.

Клас *Route* містить атрибути, що описують маршрути користувачів в музеї: назву, опис, популярність маршруту, час його проходження. Методи цього класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення маршрутів. Іншим дочірнім класом є клас *Museum_staff*. Окрім успадкованих атрибутів і методів, він містить унікальні атрибути, що зберігають телефон, адресу та роль працівника музею. Методи цього класу надають функціональні можливості для оновлення даних про працівника музею. З класом *Museum_staff* пов'язані наступні класи *Role*, *Feedback_reply*, *Event*, *Analytic_report* та *News*. Клас *Role* містить дані, що описують ролі працівників музею. Методи цього класу включають можливості для створення, редагування, перегляду та видалення ролей. Клас *Feedback_reply* містить атрибути, що описують відповіді на відгуки користувачів. Методи цього класу дають змогу додавати, оновлювати, переглядати та видаляти відповіді на відгуки. Клас *Event* містить атрибути, що описують події в музеї. Методи цього класу забезпечують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення подій.

Клас *Analytic_report* містить атрибути, що описують загальні характеристики аналітичних звітів. Методи цього класу надають можливості для генерування, редагування, перегляду та видалення звітів. *News* – містить атрибути, що описують новини, які створюють працівники музею. Методи цього класу дають змогу створювати, редагувати, переглядати та видаляти новини.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В епоху стрімкого технологічного прогресу музеї мають унікальну можливість трансформувати свій підхід до взаємодії з відвідувачами та інтерактивного подання експозицій. Впровадження інформаційних та комунікаційних технологій, зокрема мобільних застосунків із елементами доповненої реальності, може збагатити досвід відвідувачів, залучити нові групи громадян та покращити процеси управління в музеях. В результаті аналізу провідних музейних застосунків було сформовано низку функціональних можливостей, які потрібно закласти при концептуальному проектуванні.

У статті запропоновано діаграми варіантів використання для опису користувацького та адміністративного функціоналу концепту застосунку з елементами доповненої реальності. Подано

узагальнену структуру бази даних та взаємозв'язки всередині інформаційної системи. Вона представляє спосіб організації та взаємозв'язку різних компонентів, визначаючи загальну модель та архітектуру бази даних. Сформовано діаграми класів, що візуально представляють структуру за шляхом моделювання класів, їхніх атрибутів, методів та взаємозв'язків між ними.

Запропонований у дослідженні концепт музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності, рекомендаційною системою, інтерфейсом для користувачів та функціоналом для працівників комбінує у собі рішення різних застосунків з передових музеїв світу. Такий комплексний підхід здатний підвищити привабливість музеїв, залучити широку аудиторію та забезпечити якісний досвід вивчення культурної спадщини. В процесі подальших досліджень доцільно зосередитися на розробці та тестуванні запропонованого концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності серед цільової аудиторії для отримання зворотного зв'язку та вдосконалення функціоналу згідно з їхніми потребами та побажаннями. Важливим аспектом є розробка детальних технічних специфікацій для реалізації концепту з урахуванням сучасних тенденцій у галузі мобільних технологій, доповненої реальності та дизайну користувацьких інтерфейсів. Також слід приділити увагу питанням безпеки та конфіденційності даних користувачів, захисту інтелектуальної власності музеїв, а також економічним аспектам розробки, впровадження та підтримки мобільних застосунків. Перспективним напрямком є інтеграція запропонованого концепту з іншими цифровими ініціативами музеїв для створення комплексного цифрового досвіду відвідувачів.

Список бібліографічного опису

1. Kamariotou, V., Kamariotou, M., Champipi, E., & Kitsios, F. (2021). Moving towards museum digital strategy: a transformational framework. In *Business Intelligence and Modelling: Unified Approach with Simulation and Strategic Modelling in Entrepreneurship 8th* (pp. 397-402). Springer International Publishing.
2. United Nations Group on the Information Society. – URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=30022&nr=2487&menu=3170> (date of access: 30.04.2024)
3. Teslyuk, T., Teslyuk, V., Lypak, H., Kunanets, N., & Veretennikova, N. (2020). A Mobile Museum Guide Application. In *MoMLet+ DS* (pp. 314-326).
4. Cristobal-Franci, E., Ramón-Cardona, J., Daries, N., & Serra-Cantalops, A. (2021). Museums in the digital age: An analysis of online communication and the use of e-commerce. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 14(4), 1-21.
5. Philippopoulos, P. I., Drivas, I. C., Tselikas, N. D., Koutrakis, K. N., Melidi, E., & Kouis, D. (2024). A Holistic Approach for Enhancing Museum Performance and Visitor Experience. *Sensors*, 24(3), 966.
6. Luther, W., Baloiu, N., Biella, D., & Sacher, D. (2023). Digital twins and enabling technologies in museums and cultural heritage: An overview. *Sensors*, 23(3), 1583.
7. Agustini, K., Wahyuni, D. S., Mertayasa, I. N. E., Ratminingsih, N. M., & Ariadi, G. (2023). The effect of augmented reality mobile application on visitor impact mediated by rational hedonism: Evidence from Subak Museum. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 77-88.
8. Bachiller, C., Monzo, J. M., & Rey, B. (2023). Augmented and virtual reality to enhance the didactical experience of technological heritage museums. *Applied Sciences*, 13(6), 3539.
9. Augmented Reality Art Gallery. URL: <https://artoflondon.co.uk/events/augmented-reality-art-gallery> (date of access: 30.04.2024).
10. The British Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=org.britishmuseum.tpartme&hl=en_US (date of access: 30.04.2024).
11. Explorer App. URL: <https://www.amnh.org/plan-your-visit/explorer> (date of access: 30.04.2024).
12. Louvre Museum Buddy. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.lvr.paris.vusiem&hl=uk&gl=US> (date of access: 30.04.2024)
13. Natural History Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.nhm.london.vusiem&hl=en_US (date of access: 30.04.2024)
14. Skin & Bones. URL: <https://apps.apple.com/us/app/skin-bones/id929733243> (date of access: 30.04.2024)
15. Davidavičienė, V., Raudeliūnienė, J., & Viršilaitė, R. (2021). Evaluation of user experience in augmented reality mobile applications. *Journal of Business Economics and Management*, 22(2), 467-481. <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.13999>
16. Twin it! A pan-European collection of heritage 3D models. URL: <https://www.europeana.eu/en/galleries/15694-twin-it-a-pan-european-collection-of-heritage-3-d-models> (date of access: 30.04.2024)

References

1. Kamariotou, V., Kamariotou, M., Champipi, E., & Kitsios, F. (2021). Moving towards museum digital strategy: a transformational framework. In *Business Intelligence and Modelling: Unified Approach with Simulation and Strategic Modelling in Entrepreneurship 8th* (pp. 397-402). Springer International Publishing.
2. United Nations Group on the Information Society. – URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=30022&nr=2487&menu=3170> (date of access: 30.04.2024)
3. Teslyuk, T., Teslyuk, V., Lypak, H., Kunanets, N., & Veretennikova, N. (2020). A Mobile Museum Guide Application. In *MoMLet+ DS* (pp. 314-326).

4. Cristobal-Fransi, E., Ramón-Cardona, J., Daries, N., & Serra-Cantalops, A. (2021). Museums in the digital age: An analysis of online communication and the use of e-commerce. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 14(4), 1-21.
5. Philippopoulos, P. I., Drivas, I. C., Tselikas, N. D., Koutrakis, K. N., Melidi, E., & Kouis, D. (2024). A Holistic Approach for Enhancing Museum Performance and Visitor Experience. *Sensors*, 24(3), 966.
6. Luther, W., Baloiian, N., Biella, D., & Sacher, D. (2023). Digital twins and enabling technologies in museums and cultural heritage: An overview. *Sensors*, 23(3), 1583.
7. Agustini, K., Wahyuni, D. S., Mertayasa, I. N. E., Ratminingsih, N. M., & Ariadi, G. (2023). The effect of augmented reality mobile application on visitor impact mediated by rational hedonism: Evidence from Subak Museum. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 77-88.
8. Bachiller, C., Monzo, J. M., & Rey, B. (2023). Augmented and virtual reality to enhance the didactical experience of technological heritage museums. *Applied Sciences*, 13(6), 3539.
9. Augmented Reality Art Gallery. URL: <https://artoflondon.co.uk/events/augmented-reality-art-gallery> (date of access: 30.04.2024).
10. The British Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=org.britishmuseum.tapartme&hl=en_US (date of access: 30.04.2024).
11. Explorer App. URL: <https://www.amnh.org/plan-your-visit/explorer> (date of access: 30.04.2024).
12. Louvre Museum Buddy. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.lvr.paris.vusiem&hl=uk&gl=US> (date of access: 30.04.2024)
13. Natural History Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.nhm.london.vusiem&hl=en_US (date of access: 30.04.2024)
14. Skin & Bones. URL: <https://apps.apple.com/us/app/skin-bones/id929733243> (date of access: 30.04.2024)
15. Davidavičienė, V., Raudeliūnienė, J., & Viršilaitė, R. (2021). Evaluation of user experience in augmented reality mobile applications. *Journal of Business Economics and Management*, 22(2), 467-481. <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.13999>
16. Twin it! A pan-European collection of heritage 3D models. URL: <https://www.europeana.eu/en/galleries/15694-twin-it-a-pan-european-collection-of-heritage-3-d-models> (date of access: 30.04.2024).