

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 стеку інформаційних технологій для збору та
аналітичного опрацювання даних розумних міст

Виконав: студент VI курсу, групи СТМ-61
спеціальності 126 Інформаційні системи та

технології

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ониськів Д.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Матійчук Л.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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)

« 17 » листопада 2025 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 Ониськів Денис Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження стеку інформаційних технологій для збору та аналітичного
опрацювання даних розумних міст

Керівник роботи Матійчук Любомир Павлови, д.е.н., професор кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » листопад 2025 року № 4/7-1040

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про інформаційні технології, що
використовуються в процесах збору та аналітичного опрацювання даних розумних міст

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

Вступ. 1 Аналіз предметної області «розумних міст», інформаційні та комунікаційні
технології. 1.1 Актуальність досліджень в галузі «розумних міст». 1.2 Інформаційні та
комунікаційні технології «розумних міст». 1.3 «Розумні» технології. 2. Засоби
інтелектуального аналізу даних «розумних міст». 2.1 Ключові інформаційні технології
інтелектуального аналізу даних «розумних міст». 2.2 Інтелектуальні засоби аналітичного
опрацювання хмарних даних «розумних міст». 2.3 Взаємодія даних та орієнтована на
користувача аналітика «розумного міста». 3. Експериментальні дослідження засобів
аналітичного опрацювання даних «розумних міст». 3.1 Аналітичне опрацювання даних
«розумних міст». 3.2 Експериментальні дослідження засобів аналітики «розумних міст». 3.3
Інструменти спільного міського планування. 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. Стек технологій «розумного міста». 6. Ключова роль штучного
інтелекту та хмарних обчислень. 7. Процес обробки та виводу іменованих сутностей даних.

8. Інтерактивне опрацювання даних. 9. Структура мовної моделі «BERT-large». 10. Порівняння
результатів розпізнавання. 11. Показники компонентів на основі аналізу інтерактивних даних.
12. Порівняння результатів розпізнавання іменованих сутностей «розумних міст».

13. Оцінювання інструментів спільного міського планування для ефективного аналітичного
опрацювання даних «розумних міст». 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 кафедри МТ	25.12.2025	08.12.2025
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Теслюк В.М., проректор з адміністративно-господарської роботи та будівництва	25.12.2025	08.12.2025

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	17.11.2025	
2.	Аналіз науково-технічних публікацій та збір даних по темі кваліфікаційної роботи	17.11.2025-24.11.2025	
3.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної роботи	25.11.2025-08.12.2025	
4.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області «розумних міст», інформаційні та комунікаційні технології»	09.12.2025-11.12.2025	
5.	Оформлення розділу «Засоби інтелектуального аналізу даних «розумних міст»	09.12.2025-11.12.2025	
6.	Оформлення розділу «Експериментальні дослідження засобів аналітичного опрацювання даних «розумних міст»	09.12.2025-11.12.2025	
7.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	25.12.2025-08.12.2025	
8.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.12.2025-08.12.2025	
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	12.12.2025	
10.	Нормоконтроль	15.12.2025-16.12.2025	
11.	Перевірка на плагіат	17.12.2025	
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	18.12.2025	
13.	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.2025	

Студент

(підпис)

Ониськів Д.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Матійчук Л.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дослідження стеку інформаційних технологій для збору та аналітичного опрацювання даних розумних міст // Кваліфікаційна робота освітнього ступеня «Магістр» // Ониськів Денис Євгенович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СТм-61 // Тернопіль, 2025 // С. 73, рис. – 7, табл. – 2, кресл. – , додат. – 1, бібліогр. – 69.

Ключові слова: аналітика розумного міста, інтерактивні дані, потоки даних, розпізнавання іменованих сутностей, розумне місто, технології, управління міськими даними, хмарні обчислення, ІІІ.

Кваліфікаційна робота присв'ячена дослідженню стеку інформаційних технологій для збору та аналітичного опрацювання даних розумних міст.

В першому розділі кваліфікаційної роботи описані обґрунтовано актуальність досліджень в галузі «розумних міст». Описано інформаційні та комунікаційні технології «розумних міст». Розглянуто «розумні» технології. В другому розділі кваліфікаційної роботи описано ключові інформаційні технології інтелектуального аналізу даних «розумних міст». Досліджено інтелектуальні засоби аналітичного опрацювання хмарних даних «розумних міст». Розглянуто взаємодію даних та орієнтовану на користувача аналітику «розумного міста». В третьому розділі кваліфікаційної роботи досліджено засоби аналітичного опрацювання даних «розумних міст». Описано експериментальні дослідження засобів аналітики «розумних міст». Розглянуто інструменти спільного міського планування.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано психологічні чинники небезпеки. Розглянуто планування та порядок проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру. Висвітлено організацію оповіщення пожежної безпеки на підприємствах «розумних міст».

ANNOTATION

Research on the Information Technology Stack for Collecting and Analyzing Smart City Data // The educational level "Master" qualification work // Denys Onyskiv // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, STm-61 group // Ternopil, 2025 // P. 73, fig. – 7, tables – 2, posters – , annexes – 1, ref. – 69.

Key words: smart city analytics, interactive data, data streams, named entity recognition, smart city, technology, city data management, cloud computing, AI.

The qualification work is devoted to the study of the stack of information technologies for collecting and analytical processing of smart city data.

The first section of the qualification work describes and justifies the relevance of research in the field of "smart cities". Information and communication technologies of "smart cities" are described. "Smart" technologies are considered. The second section of the qualification work describes the key information technologies of intelligent data analysis of "smart cities". Intelligent means of analytical processing of cloud data of "smart cities" are studied. Data interaction and user-oriented analytics of "smart cities" are considered. The third section of the qualification work investigates the means of analytical processing of "smart cities" data. Experimental studies of "smart cities" analytics tools are described. Tools of joint urban planning are considered.

The section "Occupational health and safety in emergencies" describes psychological risk factors. The planning and procedure for evacuating the population from areas affected by man-made and natural emergencies are considered. The organization of fire safety alerts at enterprises of "smart cities" is highlighted.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ІКТ – Інформаційні та комунікаційні технології.

ГІС – Геоінформаційні системи.

ШІ – Штучний інтелект.

AI (англ. Artificial intelligence) – Штучний інтелект, ШІ.

AR (англ. Augmented Reality) – Доповнена реальність.

CRF (англ. Conditional Random Field) – Умовне випадкове поле.

IaaS (англ. Infrastructure as a Service) – Інфраструктура як послуга.

DT (англ. Digital Twins) – Цифрові двійники.

IOT (англ. Internet of Things) – Інтернет речей.

ML (англ. Machine Learning) – Машинне навчання.

MSE (англ. Mean Squared Error) – Середньоквадратичне відхилення.

PaaS (англ. Platform as a Service) – Платформа як послуга.

SaaS (англ. Software as a Service) – Програмне забезпечення як послуга.

VR (англ. Virtual Reality) – Віртуальна реальність.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ «РОЗУМНИХ МІСТ», ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	11
1.1 Актуальність досліджень в галузі «розумних міст»	11
1.2 Інформаційні та комунікаційні технології «розумних міст»	14
1.2.1 Інтернет речей (IoT)	16
1.2.2 Хмари та програмне забезпечення як послуга (SaaS)	20
1.3 «Розумні» технології	23
1.4 Висновок до другого розділу	27
2 ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ».....	28
2.1 Ключові інформаційні технології інтелектуального аналізу даних «розумних міст».....	28
2.1.1 Великі за обсягом набори та колекції даних «розумних міст»	28
2.1.2 Штучний інтелект (ШІ)	33
2.1.3 Хмарні обчислення	37
2.2 Інтелектуальні засоби аналітичного опрацювання хмарних даних «розумних міст».....	38
2.2.1 Лінійна регресія.....	38
2.2.2 Середньоквадратичне відхилення (MSE)	39
2.2.3 Кластеризація К-середніх.....	39
2.2.4 Логістична регресія.....	40
2.2.5 Градієнтний спуск.....	40
2.2.6 Нормалізація даних	40
2.3 Взаємодія даних та орієнтована на користувача аналітика «розумного міста».....	41
2.4 Висновок до другого розділу	42
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ».....	43

3.1 Аналітичне опрацювання даних «розумних міст».....	43
3.1.1 Класифікація іменованих інформаційних сутностей у потоках даних «розумного міста».....	43
3.1.2 Інтерактивне опрацювання даних для потреб аналітичної обробки у «розумному місті».....	45
3.1.3 Інтерактивна візуалізація даних «розумних міст».....	47
3.2 Експериментальні дослідження засобів аналітики «розумних міст»	48
3.2.1 Оцінки методів аналітичного опрацювання даних «розумних міст»	48
3.2.2 Ключові результати оцінки методів аналітичного опрацювання даних «розумних міст».....	51
3.2.3 Інтеграція контекстної інформації «розумних міст».....	53
3.3 Інструменти спільного міського планування	55
3.4 Висновок до третього розділу	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Психологічні чинники небезпеки	58
4.2 Планування та порядок проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру	62
4.3 Організація оповіщення пожежної безпеки на підприємствах «розумних міст».....	63
4.4 Висновок до четвертого розділу	65
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	67
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Великі за розміром міські території генерують величезні за обсягом набори та колекції даних, що створює проблеми з їхньою доступністю та розумінням. Включення хмарних рішень на основі ШІ в аналітику даних «розумного міста» пропонує новаторські методи управління та еволюції міського середовища. Оскільки міста по всьому світу стикаються зі зростанням населення, обмеженістю ресурсів і нагальною потребою у стійкості, впровадження передових технологій стає необхідним [1].

Хмарні застосунки на основі ШІ дають змогу збирати дані в режимі реального часу з різноманітних джерел, як от пристрої Інтернету речей (IoT), сенсори та платформи соціальних мереж [8]. Ці рішення оптимізують збір та обробку великих обсягів даних, даючи міським планувальникам та посадовцям можливість генерувати практичні аналітичні висновки.

Використовуючи методи машинного навчання, міста можуть прогнозувати транспортні тенденції, оптимізувати енергоспоживання та підвищувати громадську безпеку, покращуючи таким чином умови міського життя. Крім того, хмарні системи пропонують необхідну масштабованість та гнучкість для ефективного управління постійно мінливою природою міських даних.

Тому стек інформаційних технологій для збору та аналітичного опрацювання даних «розумних міст» є актуальним напрямком сучасних досліджень.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи ступеня «Магістр» є підвищення рівня повноти подання інформації щодо стеку інформаційних технологій для збору та аналітичного опрацювання даних розумних міст. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Описати інформаційні та комунікаційні технології «розумних міст».
- Дослідити інтелектуальні засоби аналітичного опрацювання хмарних даних «розумних міст».

- Проаналізувати засоби аналітичного опрацювання даних «розумних міст».

- Проаналізувати експериментальні дослідження засобів аналітики «розумних міст».

Об’єкт дослідження: процеси збору, накопичення та аналітичного опрацювання великих масивів даних, що генеруються в інформаційно-комунікаційній інфраструктурі «розумного міста».

Предмет дослідження: стек сучасних інформаційних технологій, зокрема IoT, хмарні обчислення, SaaS, та методи інтелектуального аналізу даних зокрема, машинне навчання, кластеризація, візуалізація даних, що забезпечують ефективну обробку та інтерпретацію інформації в урбаністичних системах.

Наукова новизна одержаних результатів олягає в обґрунтуванні та комплексному поєднанні хмарних обчислень, технологій IoT та методів інтелектуального аналізу даних для створення цілісного стеку обробки інформації, що дозволяє підвищити ефективність класифікації іменованих сутностей у динамічних потоках даних «розумного міста» та забезпечити інтерактивну візуалізацію результатів аналітики для прийняття управлінських рішень.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці прикладних рекомендацій щодо інтеграції методів машинного навчання та хмарних сервісів у муніципальні системи, що дозволяє автоматизувати розпізнавання іменованих сутностей у потоках даних та впровадити інструменти інтерактивної візуалізації для оперативного моніторингу і спільного міського планування.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на XIII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2025 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додатки А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 69 найменувань та одного додатка. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 73 сторінки, з них 47 сторінок основного тексту, який містить 7 рисунків та двох таблиць.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ «РОЗУМНИХ МІСТ», ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

1.1 Актуальність досліджень в галузі «розумних міст»

Оскільки міське населення продовжує зростати, міста стикаються з безпрецедентними викликами, пов'язаними з інфраструктурою, управлінням ресурсами та стійкістю. У відповідь на це виникла концепція «розумних міст», спрямована на використання технологій та аналітики даних для покращення міського життя [1]. «Розумні міста» генерують колосальні за обсягом набори та колекції даних із різних джерел, зокрема пристроїв Інтернету речей (IoT), сенсорів та створеного громадянами контенту. Традиційні методи обробки даних не встигають за цим напливом, що призводить до втрати можливостей для обґрунтованого прийняття рішень.

У [1] подано інноваційний підхід до інтерактивного дослідження даних у сфері аналітики «розумних міст», наголошуючи на перспективі, орієнтованій на користувача. Автори прагнуть підвищити доступність та зручність використання складних міських даних за допомогою інтуїтивних технік візуалізації та взаємодії. Запропонована концепція інтегрує механізми зворотного зв'язку від користувачів для персоналізації досвіду дослідження, даючи користувачам змогу динамічно взаємодіяти з даними, що стосуються міських метрик.

Взаємодія з користувачем відіграє критично важливу роль у процесах дослідження даних, особливо в контексті «розумних міст», де необхідно враховувати різноманітні потреби та наміри користувачів. Центральне місце в цій еволюції посідає інтеграція ІІІ та хмарних обчислень, які разом утворюють потужну концепцію для аналізу величезних обсягів міських даних [2]. Інтеграція передових мовних моделей для обробки потоків даних може підвищити здатність розпізнавати та класифікувати іменовані сутності, що є вирішальним в управлінні міськими даними. Вдосконалені моделі також можуть адаптуватися до конкретних випадків використання, як це видно на прикладі InstructGPT, який узгоджує результати роботи моделі ближче до намірів користувача за допомогою

зворотного зв'язку від людини, мінімізуючи оманливі або нерелевантні відповіді. Останні досягнення в галузі мовних моделей дають можливість швидко адаптуватися до запитів користувачів без великих за обсягом наборів даних для конкретних завдань [3]. Однак, саме лише збільшення розміру моделі не гарантує точної інтерпретації намірів користувача. InstructGPT демонструє, що узгодження моделей з людськими намірами шляхом тонкого налаштування із використанням зворотного зв'язку від користувачів може значно підвищити задоволеність користувачів та якість результатів.

Проте, у контексті аналітики міського середовища існують значні виклики щодо приватності та інтеграції даних. Застосунки для аналізу даних у режимі реального часу повинні вирішувати проблеми конфіденційності, при цьому ефективно використовуючи цінні дані для вдосконалення застосувань «великих даних» орієнтованим на людину способом [4]. Нарешті, безпека та конфіденційність у контекстно-залежних системах охорони здоров'я є невід'ємною частиною створення надійних та ефективних рішень у межах «розумних міст» [4]. Тому для вирішення цих взаємопов'язаних проблем необхідні рішення, які надають пріоритет орієнтованим на користувача перспективам та ефективно інтегрують різноманітні системи.

Хмарні застосунки на основі ШІ (див. рисунок 1.1) забезпечують масштабований та ефективний засіб для агрегації, обробки й аналізу даних у режимі реального часу, даючи міським адміністраторам можливість швидко реагувати на виникаючі виклики [5].

Ці технології сприяють предиктивній (прогнозній) аналітиці, даючи містам можливість передбачати та вирішувати проблеми заторів, споживання енергії та громадської безпеки [6]. Перетворюючи необроблені дані на дієві аналітичні висновки, рішення на основі ШІ покращують міське планування та розподіл ресурсів, що зрештою підвищує якість життя мешканців. Крім того, хмарні платформи сприяють співпраці зацікавлених сторін, стимулюючи інновації та залученість через спільні ініціативи обміну даними [7].

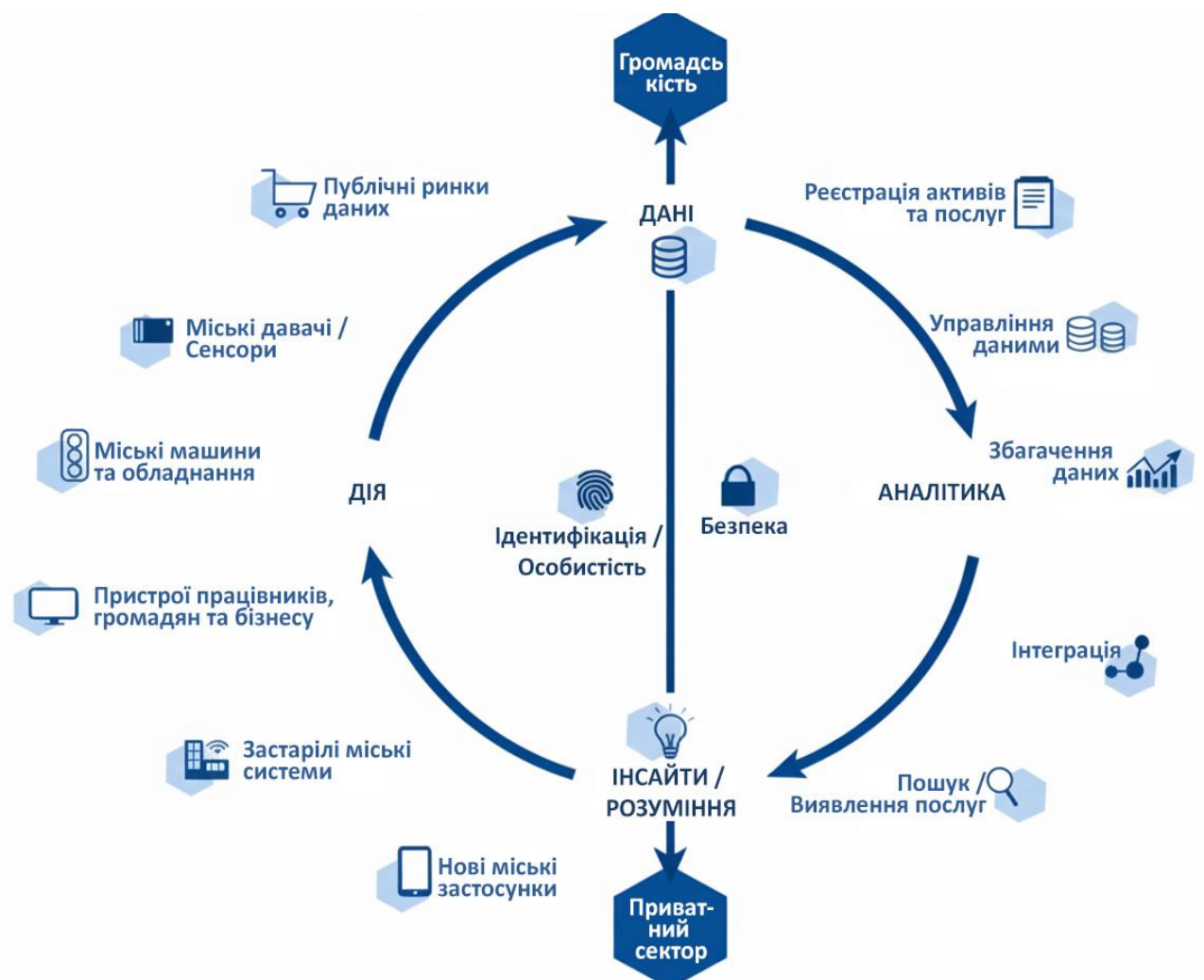


Рисунок 1.1 – Ключова роль штучного інтелекту та хмарних обчислень у перетворенні наборів та колекцій даних «розумних міст» [8]

«Розумні міста» використовують цифрові технології для підвищення продуктивності, зниження витрат та покращення процесів надання послуг. Ключові компоненти «розумних міст»:

- Пристрої Інтернету речей – датчики, які збирають дані в режимі реального часу про дорожній рух, якість повітря, споживання енергії тощо.
- Платформи аналізу даних – системи, які обробляють та аналізують дані для отримання корисної інформації.
- Інструменти залучення громадян – ці програми дають змогу мешканцям взаємодіяти з міськими службами та надавати зворотний зв'язок.

Дані слугують основою операційної діяльності «розумного міста». Вони дають міським планувальникам та політикам можливість приймати обґрунтовані рішення, ефективно розподіляти ресурси та реагувати на потреби громадян.

Проте, інтеграція потоків даних «розумного міста» в режимі реального часу стикається зі значними технічними викликами. Важливо забезпечити безпечне, зашифроване потокове передавання та доступ до особистої ідентифікаційної інформації у розподілених системах для збереження цілісності та конфіденційності даних [9].

1.2 Інформаційні та комунікаційні технології «розумних міст»

ІКТ охоплює більше, ніж лише інформаційні технології (ІТ). Включення «комунікацій» відрізняє її від традиційної ІТ. Вона пов'язана з мережами та комунікаціями; вона поєднує телекомунікації, комп'ютери та необхідне програмне забезпечення, даючи користувачам можливість управляти інформацією та розуміти її [10]. Великі за обсягом набори та колекції даних є значним компонентом ІКТ. ІКТ можна вважати основою технологій, яка ефективно передає дані від пристроїв «розумних міст» до центральних центрів обробки даних.

ІКТ більше не є експериментальними, вони зараз широко застосовуються. Міське планування може черпати інсайти з ІКТ, використовуючи інноваційні методи та технології. Використання сучасних ІКТ забезпечить потреби нинішнього та майбутніх поколінь, одночасно вирішуючи проблеми у сфері державних послуг та міського розвитку [11]. Потік інформації від традиційних послуг, що використовують радіо та телебачення, до розширених послуг через онлайн-медіа досягає застосувань ІКТ для громад. Можливості ІКТ у режимі реального часу доступні через Інтернет, надаючись зовнішнім користувачам або клієнтам як SaaS, PaaS та IaaS [4].

ІКТ забезпечують критично важливу основу для інтеграції різноманітних технологій «розумних міст», уможливлуючи безперебійну комунікацію та обмін даними. Зростання «розумних міст» пов'язане з використанням ІКТ. ІКТ активують широкий спектр потенційних можливостей «розумних міст» [4]. Розуміння характеристик «розумних міст» та визнання необхідності надійної

підтримки великих за обсягом наборів та колекцій та ІКТ спрощує об'єднання цих технологій, що дає змогу ініціювати зростання «розумних міст».

Автор [4] вважав ІКТ ядром управління «розумних міст», яке відіграє вирішальну роль у створенні ефективного управління. Воно підвищує функціональність уряду через інновації та державне управління, зокрема розвиток інфраструктури електронного уряду, та знижує рівень міської корупції.

ІКТ уможлиблює збір та аналіз великих обсягів даних, що допомагає приймати обґрунтовані рішення та здійснювати стратегічне планування. ІКТ підвищує «розумність» міст та «розумне» управління, посилюючи прийняття рішень та прискорюючи бюрократичні й адміністративні процедури [4]. ІКТ стало серйозним фактором економічного зростання та призвело до створення бізнес-середовища світового класу. Це призвело до автоматизації звичайних методів [12]. Кореляція між IoT пристроями, ІКТ та «розумними» послугами підвищить міську стійкість та екологічну сферу. ІКТ відіграє життєво важливу роль у розвитку туризму [1]. Воно може покращити процеси формування політики за допомогою застосунків та платформ, що підтримують ефективне управління.

ІКТ є наріжним каменем для «розумних будівель», які можуть бути інтегровані в райони, кампуси, громади, округи, міста, регіони і навіть цілі країни, створюючи справді стале забудоване середовище [8]. ІКТ посилюють взаємодію з платформами «розумних міст».

Розвиток ІКТ призвів до розширення ринку «розумних будівель» та зміни «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир». Згідно з Європейською Комісією, «розумні будівлі» означають будівлі, забезпечені ІКТ у контексті злиття глобальних обчислювальних систем та IoT [11]. Комунікаційна інфраструктура служить опорою систем в «розумних будівлях». Вона є ключовою для потоку даних та ефективного зв'язку [13]. Оптимальні переваги ІКТ досягаються, коли «розумні будівлі» безперешкодно інтегруються з інформаційною та управлінською платформою міста.

Цей зв'язок уможлиблює ефективний обмін вхідними та вихідними ресурсами між сусідніми одиницями [11]. Під час фази проектування оцінюється

енергоефективність [14] «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» завдяки симуляції та аналізу їхніх цифрових моделей. Ця оцінка враховує різні фактори, як от місце розташування та міська інфраструктура.

ІКТ є необхідною для досягнення значних успіхів у ефективному контролі та експлуатації будівель. Без цієї можливості інші нові технології втратять свою ефективність. Поєднання ІКТ та інтелектуальних матеріалів підвищує економію енергії та являє собою оптимальний підхід для покращення загальної ефективності будівлі [13]. Хоча ІКТ має ширший вплив на «розумні міста», вони також прямо впливають на об'єкти «розумні житлові комплекси», «розумні домогосподарства» та «розумні квартири», формуючи їхню функціональність, вартість та привабливість [12].

1.2.1 Інтернет речей (IoT)

Інтернет Речей (IoT) в останній період часу привернув значну увагу дослідників. Його розглядають як майбутній компонент Інтернету, що складається з мільярдів інтелектуальних, взаємопов'язаних пристроїв. IoT розширить інтеграцію фізичних та віртуальних сутностей, пропонуючи нові можливості для підключених пристроїв [15].

IoT інтегрує підключені до Інтернету пристрої, які збирають дані, взаємоз'єднуються та самоконфігуруються, подібно до нервової системи людини [16]. Він з'єднує сенсори, використовуючи хмару, що дає їм змогу обмінюватися даними один з одним. IoT генерує великі обсяги даних [17]. Вплив IoT на повсякденне життя буде неминучим. Спостерігається значна тенденція зростання кількості підключених IoT пристроїв; вони зросли з майже п'яти мільйонів у 2015 році до майже чотирьох мільярдів підключених пристроїв у 2016 році [18]. Впровадження IoT застосунків потребує інтеграції різних апаратних і програмних компонентів із різноманітного спектру ІКТ [16]. Глобальна кількість IoT пристроїв значно зросла. Існує нагальна потреба в

реструктуризації IoT, оскільки уряди та корпорації змагаються за контроль над даними.

«Розумні міста», що живляться IoT, потребують основи ІКТ для комунікації між зацікавленими сторонами, незалежно від програми чи послуги [19]. Здатність інтегрувати новітні технології ІКТ, IoT пристрої та алгоритми ШІ в інфраструктуру міста відіграватиме вирішальну роль в успіху «розумних міст» та змінить спосіб розвитку та управління містами [20], [19].

Архітектура IoT має п'ять рівнів:

1. Рівень сприйняття та сенсорики.
2. Рівень транспортування та мережі.
3. Рівень проміжного програмного забезпечення та обробки.
4. Рівень застосунків.
5. Бізнес-рівень.

Вплив IoT технологій виходить за межі цінності окремих інформаційних продуктів; натомість цінність інформаційного продукту ще більше підвищується, коли він підключається до іншого, створюючи конкурентну динаміку та систему [16]. На основі дослідження [4], у якому вивчено шістдесят п'ять міст, вісімдесят відсотків з них впровадили деякі «розумні» сенсори. Однак лише дванадцять відсотків впровадили інтегровані сенсорні мережі, що мало величезний вплив на можливості IoT. Його технології та застосунки швидко поширюються, і про це дедалі частіше повідомляють у різних містах [4]. IoT має на меті оптимізувати використання громадських ресурсів, підвищити якість послуг та зменшити експлуатаційні та управлінські витрати в «розумних містах» [19]. Було виявлено, що впровадження «розумних» сенсорів та IoT технологій відрізняється від впровадження традиційних практик електронного урядування [4].

«Розумні міста» використовують IoT для підтримки процесів прийняття рішень, комп'ютерного зору та візуального аналізу даних, що забезпечує ефективне управління даними та мережеву сумісність. Інтеграція IoT та інфраструктур «розумних міст» є більш складною та широко використовуваною, перевершуючи раніше використовувані ізольовані застосунки. Автори [4]

довели, що IoT впливає на всі домени «розумних міст». Деякі IoT послуги у різних доменах «розумних міст» допомагають підвищити залучення громадян та електронний бізнес, Індустрію 4.0, прогнозне технічне обслуговування, «розумні» мережі, стале виробництво енергії, сприяння «розумним житловими комплексам», «розумним домогосподарствам», «розумним квартирам», управлінню трафіком та моніторингу споживання енергії, якості повітря, управління відходами, шуму та автоматизації громадських будівель. Використовуючи ці технології, «розумні міста» можуть стати продуктивнішими, ефективнішими та сталішими, що в кінцевому підсумку підвищить якість життя громадян [19].

У сфері «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств», «розумних квартир» та управління майном IoT пристрої відіграють вирішальну роль [17]. IoT застосунки підвищують цінність для клієнтів через моніторинг, аналітику великих за обсягом наборів та колекцій даних та обмін інформацією. IoT надає дані в режимі реального часу для кращого прийняття рішень. Він підтримує зв'язок та інформованість користувачів, що може запобігти втратам, пов'язаним з інформацією [18]. Крім того, він полегшує моніторинг та контроль будівельних систем у режимі реального часу, підвищуючи операційну ефективність [21].

IoT – це набагато більше, ніж освітлення з давачем руху, він дає можливість системі управління будівлею автономно відчувати, комунікувати, аналізувати та реагувати на людей або інші машини ненав'язливим способом. Він пропонує обширний перелік застосунків для «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», застосовуючи:

- аналіз поведінки мешканців;
- інтеграцію безпеки з пристроями;
- оцифровану логістику;
- інтелектуальні спільноти;
- проактивне технічне обслуговування;
- «розумне» управління відходами.

IoT сенсори [22]:

- відстежують зайнятість;
- забезпечують комфорт;
- оптимізують використання простору;
- допомагають менеджерам об'єктів оптимізувати розподіл;
- дають можливість виявляти недостатньо використовувані зони та ефективно планувати

Що дає змогу будівлям інтелектуально адаптуватися до потреб користувачів та ефективніше керувати ними, роблячи будівлі «розумнішими». Інтеграція систем управління будівлею із системами орендарів забезпечує новий рівень контролю та ефективного моніторингу [17]. Безперервно контролюючи будівлі та їхнє навколишнє середовище [18] ці пристрої регулюють:

- температуру;
- вологість;
- якість повітря в приміщеннях;
- освітлення.

Допомагаючи підтримувати комфорт та виявляти проблеми [22] IoT пристрої відстежують:

- температуру;
- вологість;
- якість повітря;
- рівень шуму.

З точки зору фінансового управління, IoT покращує управління портфелем та ліквідністю, надаючи інсайти, які дають зацікавленим сторонам можливість приймати обґрунтовані рішення [8].

Інтеграція IoT у «розумні будівлі» покращує процеси управління енергією, безпеку та обслуговування пристроїв, що сприяє покращенню умов проживання та праці. Опитування показують зменшення споживання енергії на понад десять відсотків та підвищення безпеки на сімнадцять відсотків [23]. Це значно знижує споживання енергії, оскільки дає змогу «розумно» управляти та контролювати

розподіл енергії для «розумної» енергетики та «розумних» мереж [22]. IoT сенсори [22]:

- відстежують будівельні системи;
- виявляють аномалії;
- прогнозують потреби в обслуговуванні;
- запобігають збоям;
- скорочують час простою;
- оптимізують графіки.

Крім того, вони забезпечують ранню діагностику несправностей та відстежує діяльність з обслуговування в режимі реального часу [24].

Автор [4] визначив вимоги до IoT:

- сенсори;
- контролери;
- виконавчі механізми;
- комунікаційні протоколи;
- аналітика даних.

Моніторинг систем кондиціонування повітря, безпеки, електроенергії та пожежних систем у режимі реального часу надає переваги міським жителям [22]. Крім того, IoT відіграє роль в управлінні надзвичайними ситуаціями, забезпечуючи моніторинг кризових ситуацій у режимі реального часу та аналіз індивідуальної поведінки, і є частиною «розумного» управління евакуацією [24]. IoT пристрої можуть відстежувати умови навколишнього середовища та структурну цілісність, а також надавати дані для забезпечення безпечних методів знесення [25].

1.2.2 Хмари та програмне забезпечення як послуга (SaaS)

Хмарні обчислення, англ. «Cloud computing» – це цифровий центр обчислювальних ресурсів [10]. Вони охоплюють як програмні застосунки, що надаються як послуги через Інтернет, так і фізичне апаратне та системне програмне забезпечення, розташоване в центрах обробки даних, яке покращує ці

послуги [26]. Хмарні обчислення дають змогу користувачам отримувати доступ до даних та програмного забезпечення через Інтернет, не покладаючись на фізичний жорсткий диск та без обмежень локальної IT-інфраструктури. Приблизно шістдесят відсотків учасників опитування в США висловили готовність прийняти та інвестувати у хмарні обчислення [18]. SaaS нещодавно набуло значної уваги як один із трьох ключових елементів хмарних обчислень.

SaaS зазвичай передбачає застосунки, що працюють на PaaS, яка побудована на IaaS [27]. У технологічних секторах програмне забезпечення зазвичай працює як частина SaaS, забезпечуючи віддалений доступ та функціональні можливості через інтернет-послуги, а не встановлюючи його на комп'ютер користувача [26]. SaaS охоплює більше, ніж бізнес-модель; воно має окремі процедури розробки та спеціалізовану обчислювальну інфраструктуру [27]. Впровадження SaaS з 2015 по 2016 рік зросло на двадцять один відсоток [18]. Поєднання приватної хмари та SaaS розширює обмін даними та співпрацю в будівництві «розумних міст», покращуючи процеси управління бізнесом та цифрові послуги [26].

У контексті розвитку «розумних міст» хмарні обчислення та SaaS роблять суттєвий внесок. Вони створюють необхідну інфраструктуру, яка забезпечує ефективний збір, обробку та застосування даних, що є невід'ємною частиною управління різноманітними міськими системами [28]. Вони сприяють зниженню витрат та підтримують сталі енергетичні практики в міських районах, уможливлуючи торгівлю енергією між зацікавленими сторонами [28]. Хмари можуть використовуватися для створення систем видачі дозволів для «розумних міст». Система дозволів на основі хмари забезпечить ефективність, зручність для користувачів та безпеку [8]. По суті, інтеграція хмарних обчислень та програмного забезпечення як SaaS в інфраструктуру «розумних міст» призводить до підвищення продуктивності та пропускної здатності. Своєю чергою, це сприяє підвищенню якості життя в міському середовищі [28].

Хмарне програмне забезпечення надає обширний перелік переваг «розумним житловими комплексам», «розумним домогосподарствам», «розумним квартирам», зокрема [8]:

- масштабованість;
- зниження витрат на ІТ;
- гнучкість;
- інтеграцію пристроїв;
- безпеку даних.

Переваги, пов'язані з високоцінними об'єктами, тривалими часовими рамками та різними учасниками галузі, є значними. Без хмарних рішень фінансовий тягар архівування та зберігання даних для цих цінних активів був би суттєвим [8]. Воно забезпечує масштабоване зберігання та обробку даних та покращує співпрацю та доступність даних [29]. Хмари використовуються у «розумних житлових комплексах», «розумних домогосподарствах», «розумних квартирах» для оптимізації загальної вартості володіння та гнучкого використання ресурсів [26]. Крім того, це допомагає у створенні платформи дозволів [18]. Федеративні хмари (Federated clouds) дають змогу координувати будівельні проєкти на декількох об'єктах, підвищуючи сумісність, узгодженість, гнучкість та довіру [8]. Їх використання та приватних хмар пропонує науковий підхід до управління інформацією для контролю якості будівництва «розумних міст» [26].

SaaS дає змогу рієлторам розширювати бізнес завдяки віддаленому доступу, що призводить до покращеного управління «розумними житловими комплексами», «розумними домогосподарствами», «розумними квартирами» [18], як от:

- будівництво;
- Е-маркетинг;
- управління клієнтами;
- виставлення рахунків;
- роздрібна торгівля;
- адміністрування оренди;
- технічне обслуговування.

Хмарні платформи надають доступ рієлторам, споживачам та власникам «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних

квартир», розповсюджуючи важливі дані, як от деталі технічного обслуговування та ремонту [18].

1.3 «Розумні» технології

Технологічна революція має високу цінність; впровадження нових технологій приносить багато доданої вартості та наслідків для обширного переліку секторів [10]. Технології «розумних міст» трансформували зв'язки, впливаючи на міські будівлі та інфраструктуру завдяки впровадженню «розумних будівель» [8]. Посилення зв'язку оптимізує стійкість та підвищує якість життя мешканців [30]. Використання сталих практик є ключовою особливістю технологій «розумних міст» [8].

На прийняття рішень у «розумних житлових комплексах», «розумних домогосподарствах» та «розумних квартирах» впливають технології «розумних міст», які роблять їх керованими даними (data-driven) [30]. Ці дані використовуються для прийняття рішень та управління «розумними житловими комплексами», «розумними домогосподарствами» та «розумними квартирами» [31]. Згенеровані дані та їхній аналіз надають уявлення про:

- інвестиційні можливості;
- ринкові тенденції;
- переваги покупців.

А також допомагають приймати обґрунтовані рішення щодо декількох аспектів [30], як от:

- вибір ділянки;
- планування землекористування;
- ефективність проекту.

Стратегічне міське планування, на яке впливає розвиток «розумної» інфраструктури, підвищує привабливість та вартість «розумних» об'єктів [32]. «Розумні» технології сприяють підвищенню якості життя [18]. Вони мають незліченну додану цінність для будівельної індустрії та її зростання шляхом підвищення ефективності, прозорості та доступності, зокрема вони:

- оптимізували транзакції та операції;
- покращили аналіз даних та прийняття рішень;
- уможливили віртуальні тури «розумними житловими комплексами», «розумними домогосподарствами», «розумними квартирами».

Крім того, вони оптимізували використання енергії, підтримали сталі практики та сприяли кращій комунікації та співпраці між зацікавленими сторонами [30]. Дослідження [8] виявило, що «розумні» технології є глобальним явищем, яке набуває все більшої важливості. Аналіз понад семи тисяч PropTech-фірм показує, що технології аналізу даних лежать в основі цієї трансформації. Висновки підкреслюють вигреш в ефективності від цифровізації та важливість розуміння ділової цінності даних, згенерованих під час операцій з «розумними житловими комплексами», «розумними домогосподарствами», «розумними квартирами».

Технології «розумних міст» є однією з найбільш визначальних їхніх особливостей [33]. Вони є фундаментальними інструментами для створення придатних для життя «розумних міст», формуючи взаємопов'язані системи для виявлення, збору, ефективного управління та інтеграції інформації в режимі реального часу, доступної в межах території [4]. Наявні технології «розумних міст» розкривають ступінь міської «розумності» на поверхневому рівні. Однак, інтеграція цих технологій є важливішим аспектом, оскільки ефекти та цінність інтеграції будуть спостерігатися на багатьох рівнях [4].

Інформаційна мережа є критично важливою для будівництва «розумних міст» [8]. Використання інформації та інтелектуальної обробки – це лише один етап, розвиток «розумних міст», «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» вимагає створення високотехнологічних операційних систем для збору, зберігання та аналітичного опрацювання інформації. Успіх «розумних міст» значною мірою залежить від їхньої здатності інтегрувати передові технології у свою інфраструктуру. Успіх «розумних міст» веде до успіху «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», і навпаки [31].

Інтеграція різнотипових технологій «розумних міст» створює взаємопов'язані та динамічні «розумні» системи, переформовуючи їх та впливаючи на розвиток «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир». «Розумні» технології категоризовані на основі їхньої основної функції, як показано на рисунку 1.2.

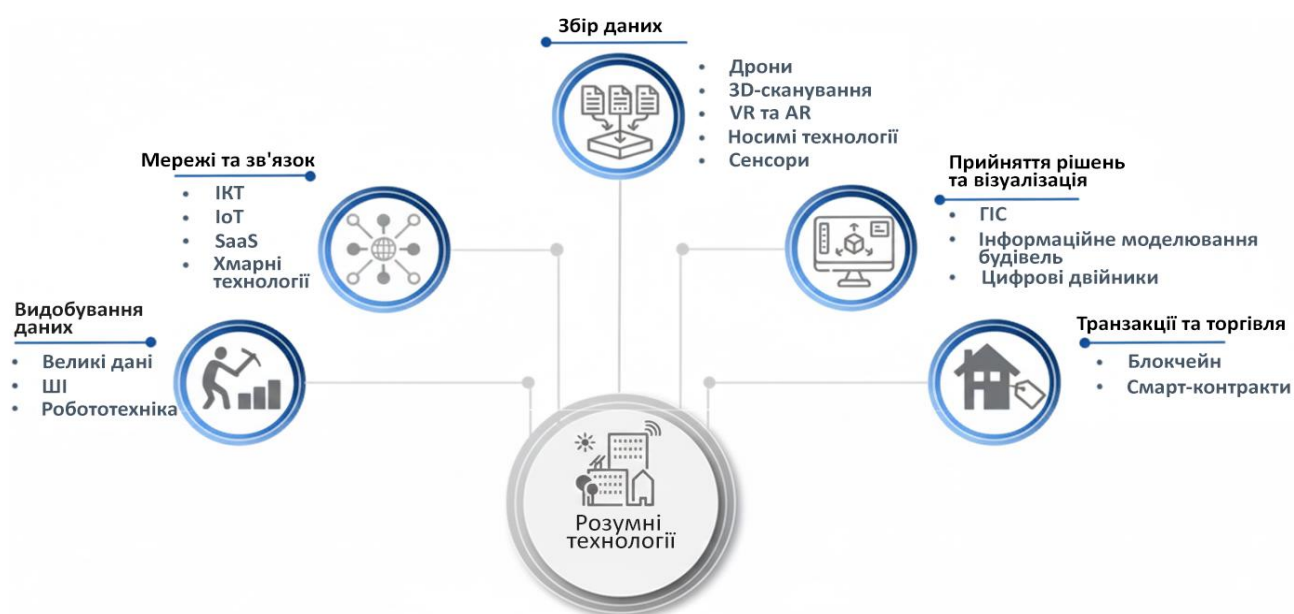


Рисунок 1.2 – Технології «розумного міста», що впливають на «розумні житлові комплекси», «розумні домогосподарства» та «розумні квартири»

Однак ці технології не обмежуються своєю категорією, оскільки вони можуть бути інтегровані і з іншими категоріями:

– Великі за обсягом набори та колекції даних знаходяться в основі цієї синергії, функціонуючи як джерело інформації, що керує та аналізує дані для процесів прийняття рішень [32].

– Штучний інтелект (ШІ) використовує ці дані для посилення аналітики та автоматизації, оптимізації розподілу ресурсів та покращення операційної ефективності; їх можна використовувати незліченною кількістю способів. Декілька субтехнологій відгалужуються від ШІ, наприклад, машинне навчання ML [34].

– ІКТ, Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення та програмне забезпечення як послуга (SaaS) є основою мережі «розумних» систем, формуючи базу для ефективної комунікації, мережевої взаємодії та обміну даними [8].

– Дрони, 3D-сканування, 3D-друк та носні технології, англ. «Wearable Technologies», сприяють фізичній трансформації «розумних міст», «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», автоматизуючи завдання та вдосконалюючи будівельні процеси, уможливлюючи точний збір даних [30].

– Досвід користувачів покращується завдяки VR та AR, пропонуючи захоплюючі уявлення про попередній перегляд «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» [8].

– Сенсори та актуатори інтегруються та підключаються до більшості технологій для фіксації ситуацій та станів, як от рух і температура, та надання даних на їхній основі [17].

– Розподіл Сенсорів та Актуаторів, поряд із такими технологіями, як цифрові двійники, інформаційне моделювання будівель та ГІС, забезпечує моніторинг у режимі реального часу, управління та оптимізацію «розумних міст», «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», вони надають інформацію для покращеного прийняття рішень [33].

– «Розумні контракти», англ. «Smart Contracts», та технологія блокчейн впроваджують прозорість та безпеку, трансформуючи транзакції «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» [8].

Ця інтегрована мережа технологій сприяє створенню «розумних», сталих, ефективних та взаємопов'язаних міст, що сформовані на основі «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», які продовжують розвиватися та еволюціонувати.

Великі мовні моделі набувають дедалі більшого значення в оптимізації процесів ІКТ у міському середовищі, маючи різноманітні застосування, наприклад, IoT, федеративне навчання та блокчейн застосунки [4]. Створення

інформаційно-технологічних платформ для повторного використання даних в міській аналітиці зміцнить цілісність даних та аналітичні можливості [8]. Крім того, вирішення проблем кібербезпеки за допомогою блокчейн-рішень захистить ключові програми «розумного міста», забезпечуючи їхню надійну роботу [35]. Нарешті, створення контрольних показників (бенчмарків) для виявлення об'єктів у «розумних містах» підтримує оцінку та покращення заходів безпеки та охорони в різних міських сценаріях [4].

У контексті потоків даних «розумного міста» розпізнавання іменованих інформаційних сутностей даних відіграє вирішальну роль у покращенні візуалізації даних та взаємодії з користувачем. У [4] описано спеціалізований підхід до розпізнавання іменованих інформаційних сутностей даних, який інтегрує передові техніки глибокого навчання для ідентифікації та класифікації сутностей із різноманітних міських джерел даних, зокрема, транспортних звітів та стрічок соціальних мереж. Ця система підтримує обробку даних у режимі реального часу, даючи міським планувальникам та зацікавленим сторонам можливість динамічно візуалізувати критичні взаємозв'язки між сутностями.

1.4 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто актуальність досліджень в галузі «розумних міст». Досліджено інформаційні та комунікаційні технології «розумних міст». Описано «розумні» технології.

2 ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ»

2.1 Ключові інформаційні технології інтелектуального аналізу даних «розумних міст»

2.1.1 Великі за обсягом набори та колекції даних «розумних міст»

Великі за обсягом набори та колекції даних – це величезний обсяг даних, які традиційне програмне забезпечення не змогло б обробити [10]. Великі за обсягом набори та колекції даних були створені для зображення взаємопов'язаних баз даних та процедур, що використовуються для видобування знань з наявних даних [36]. Дані можуть бути структурними, напівструктурними та підструктурними. Великі обсяги даних збираються, передаються і досліджуються у міському середовищі.

Дані та технології аналітичного опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних є важливими для зростання галузі, а їхнє застосування стимулює розвиток [37]. Технологія «великих даних» забезпечує важливу підтримку для будівництва та розвитку «розумних міст» [38]. Неструктуровані великі за обсягом набори та колекції даних є дорогими, причому дев'яносто п'ять відсотків підприємств їх виробляють. До них є глобальний інтерес, ринкова вартість даних у 2023 році оцінювалася в понад триста десять мільярдів доларів США з прогнозованим зростанням із CAGR на майже п'ятнадцять відсотків з 2023 по 2030 рік [39]. Великі за обсягом набори та колекції даних не є окремою технологією, вони залежать від інших технологій та інструментів інтегруючи [40]:

- аналітику даних;
- ІІІ;
- МН;
- розпізнавання образів тощо.

Великі за обсягом набори та колекції даних характеризуються своїми V's [8]:

- Обсяг – «Volume» для великих за обсягом наборів та колекцій даних.
- Різноманітність – «Variety», оскільки дані надходять з різних джерел, деякі з них неструктуровані.
- Достовірність – «Veracity», оскільки надходять із надійних та ненадійних джерел.
- Швидкість – «Velocity» для обробки в режимі реального часу.
- Життєздатність – «Viability» для здатності обробляти та аналізувати дані.

Автори [36] додали до попередніх V's цінність – «Value» через знання, які вона надає. А [4] додав візуалізацію – «Visualization» шляхом представлення даних у зрозумілий спосіб для кінцевих користувачів. Були додані ще три V's «великих даних» [40]:

- Валідність – «Validity» для важливості точності.
- Вразливість – «Vulnerability» для розробки надійних моделей.
- Мінливість – «Volatility» для віддзеркалення зміни в моделях на основі джерел «великих даних».

Будівництво «розумних міст» ґрунтується на даних. Стверджується, що концепт «розумне місто» пропонує інтелектуальне управління містом [38]. Включення сенсорів та інших пристроїв створює величезну кількість IoT даних, що сприяє генерації ще більшої кількості даних. Різноманітна природа цих даних ускладнює їхню обробку, інтегруючи низку джерел на різних швидкостях, що вимагає застосування методів «великих даних» [41]. Інформаційно-технологічні платформи великих за обсягом наборів та колекцій даних відіграють вирішальну роль у плануванні та будівництві «розумних міст», пропонуючи різноманітні переваги [42].

Вони інтегрують процеси управління всім життєвим циклом даних «розумних міст» через збір, інтеграцію, аналіз та застосування [38]. Їхній вплив на економіку ілюструється створенням абсолютно нових бізнес-моделей [43].

Інформаційно-технологічні платформи великих за обсягом наборів та колекцій даних забезпечують моніторинг в режимі реального часу [8]. Їхня роль у роздрібному секторі, яка застосовує аналіз поведінки покупців, дає змогу швидко вживати заходів для коригування цифрових інформаційних продуктів та їхніх деталей [42]. Вони стають основою для прийняття рішень «розумним» урядом, макроконтролю та управління надзвичайними ситуаціями; це дає можливість проводити перевірку у всіх відомствах державних справ, забезпечуючи унікальність, обмін та спільне використання даних [38]. Вони покращують якість життя та сприяють стійкості міста [42]. Аналіз даних допомагає зменшити споживання енергії та викиди парникових газів [41]. Інформаційно-технологічні платформи сприяють прогнозуванню епідемій, аналізу громадської думки та прогнозуванню ринкових тенденцій [38]. Також можна аналізувати скарги клієнтів для визначення внеску цифрового інформаційного продукту в дохід [42].

«Розумна» нерухомість містить широкий набір даних, а складні аналізи займають багато часу без аналітичного опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних, заснованої на методах інтелектуального аналізу даних. Це дає професіоналам можливість зосередитися на основних ролях завдяки орієнтованості на дані [44]. Однак, складність та витрати на впровадження рішень великих за обсягом наборів та колекцій даних створюють значні проблеми, особливо для ріелторів та брокерів, які можуть не бачити достатньої корисності для виправдання значних інвестицій [45].

Великі за обсягом набори та колекції даних надають комплексне розуміння ринку [29], що може бути корисним на ранніх фазах створення цифрових послуг «розумних міст». Обробка та аналіз великих за обсягом наборів та колекцій даних пропонують практичні рішення для запобігання надмірній розробці та ефективного вирішення проблеми зростання цін на землю, сприяючи диверсифікованому розвитку та інноваційним інвестиційним підходам [44]. Вони поміщають кращі, надійніші, доступніші та релевантніші дані в основу прийняття рішень та формулювання стратегії [29]. Крім того, великі за обсягом набори та колекції даних перетворилися на вирішальний стратегічний актив для

«розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», значно підвищуючи їхню конкурентоспроможність [44]. Вони мають ряд переваг у сфері претензій, закупівель та управління проектами [40].

Великі за обсягом набори та колекції даних відіграють критичну роль у фазі маркетингу; вони можуть дати організаціям можливості у сфері «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» інтегрувати:

- фінанси;
- маркетинг;
- економію часу;
- швидкі продажі;
- розуміння споживачів;
- електронну комерцію;
- опитування споживачів.

Щоб отримати цілісне уявлення про ефективність бізнесу та надати власникам «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» можливість зрозуміти тенденції та закономірності, що може допомогти подолати неефективність та охопити цільових покупців чи орендарів [8]. Вони можуть підвищити ефективність оцінки та забезпечити кращу оцінку ризиків у галузі «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», спрощуючи застосування в оцінці вартості та ціноутворенні [45]. Підвищення ефективності оцінки та забезпечення кращої оцінки ризиків у галузі «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир», спрощення застосувань в оцінці вартості, ціноутворенні, кошторисній оцінці та очікуваній прибутковості є основними процесами, які використовують великі за обсягом набори та колекції даних [45]. Крім того, використання великих за обсягом наборів та колекцій даних у маркетингу «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» суттєво збільшило продажі нерухомості [44].

Машинне навчання (МН) та «великі дані» використовуються для кращого розуміння зростаючої вартості житла. Впровадження методів, орієнтованих на дані, допомагає розширенню ринку «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир». Менеджери «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» та інвестори матимуть більший контроль над своїми портфелями та відносинами з клієнтами [4].

Що стосується управління «розумними житловими комплексами», «розумними домогосподарствами», «розумними квартирами» – ключовими компонентами є аналіз і швидкість. Великі за обсягом набори та колекції даних пропонують ці атрибути через «аналітику великих даних» [44]. Інформаційні системи з використанням великих за обсягом наборів та колекцій даних виявилися цінними ресурсами для підготовки до стихійних лих, управління ними та оперативного реагування. Органи управління ризиками стихійних лих використовують великі за обсягом набори та колекції даних для моніторингу населення та інфраструктури під час надзвичайних ситуацій. Аналіз великих за обсягом наборів та колекцій даних використовує обширні ринкові дані, які допомагають компаніям прогнозувати тенденції та оптимізувати інвестиції. Опитування показують, що великі за обсягом набори та колекції даних покращують точність прогнозу на понад п'ятнадцять відсотків [23]. Крім того, великі за обсягом набори та колекції даних підтримують логістику після катастроф, планування ресурсів та комунікацію в режимі реального часу [18]. Вони допомагають приймати обґрунтовані рішення щодо методів знесення, управління відходами та розподілу ресурсів. Додана цінність великих за обсягом наборів та колекцій даних при впровадженні цифрових послуг «розумних міст» може поширюватися на різні фази, від початкового планування та проектування до постопераційного періоду та оптимізації досвіду користувача [25].

2.1.2 Штучний інтелект (ШІ)

Штучний інтелект (ШІ) пропонує можливі рішення для когнітивних проблем, пов'язаних із людським інтелектом, як от навчання, вирішення проблем і розпізнавання образів [4]. Він застосовується виконання складних функцій, подібних до тих, що виконує людський мозок, але за допомогою комп'ютерів, інтелектуальних програм і мінімального втручання людини [4]. При цьому ШІ постійно адаптується до зовнішнього середовища [20]. Використовуються роботи, оснащені ШІ, які виконують складні завдання з високою точністю [34].

Машинне навчання (МН) є підмножиною піддоменів ШІ, які можуть бути використані для навчання на основі даних за допомогою обчислювальних систем [4]. МН – це набір шаблонів і методів, засвоєних із даних, наданих машині, для осмислення невідомих даних та обробки великих за обсягом наборів та колекцій даних для виконання конкретних завдань [46]. Вони все більше цінуються у будівництві «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» [19].

Штучний інтелект розширює можливості аналізу даних [8], забезпечуючи:

- Прогнозування майбутніх тенденцій на основі історичних даних.
- Обробку в режимі реального часу: аналіз даних у міру їх збору для негайного отримання інформації.
- Автоматизацію: оптимізацію процесів та прийняття рішень.

В короткочасовій перспективі чікується, що дохід від ШІ досягне понад тридцять шість мільярдів доларів у всьому світі. Розвиток ШІ пройшов три ключові фази [37]:

- початкова розробка систем;
- взаємодія, керована великими за обсягом наборами та колекціями даних;
- перехід до практичної автоматизації з використанням інтелектуальних роботів.

ШІ може революціонізувати технології, що використовуються в «розумних містах», сприяючи миттєвому аналізу великих обсягів даних,

отриманих з різних джерел, зокрема IoT сенсори та пристрої [19]. ШІ може позитивно впливати на основні домени «розумних міст» [19], зокрема на:

- «розумне» управління;
- «розумний» транспорт;
- «розумну» енергетику;
- «розумне» довкілля;
- «розумне» будівництво тощо.

У «розумних містах» може використовуватися необмежена кількість алгоритмів ШІ. Вибір алгоритмів залежатиме від конкретних випадків використання та вимог «розумних міст». Різноманітні алгоритми ШІ можуть бути використані в «розумних містах» для підвищення ефективності, стійкості та якості життя [19]. Зібрані дані «розумних міст» можуть бути використані МН за допомогою розробки алгоритмів, статистичного аналізу та інших методів [40]. МН відіграло життєво важливу роль у розробці застосунків «розумних міст», допомагаючи у завданнях [8]:

- прогнозного моделювання – класифікація;
- оцінки вартості – регресія;
- групування даних – кластеризація.

На основі [19], додана цінність ШІ є незліченною. Однак, деякі основні цінності:

- покращене управління трафіком;
- прийняття рішень;
- розширені державні послуги;
- підвищена прозорість;
- покращене міське планування;
- прогнозний аналіз;
- підвищена продуктивність;
- енергоефективність;
- управління відходами;
- домашня автоматизація;
- безпека тощо.

ІІІ може допомогти у всебічній оцінці техніко-економічної доцільності [47]. ІІІ та МН пропонують ключові інсайти для інвестиційних можливостей у «розумні житлові комплекси», «розумні домогосподарства» та «розумні квартири» [47]. Крім того, вони значно перевершують традиційні статистичні методи у прогнозуванні ринкових тенденцій [48]. ІІІ допомагає професіоналам у сфері «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» аналізувати величезні дані з ліцензій на будівництво та законів про зонування, використовуючи передові моделі та алгоритми [49]. Крім того, він покращує процес прогнозової аналітики [47].

ІІІ може підвищити точність та оптимізувати проєктування, забезпечення якості, вартість та ефективність безпеки [49]. ІІІ має ряд цінностей для будівництва «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» – ІІІ підвищує розподіл ресурсів у будівництві шляхом аналізу великих за обсягом наборів та колекцій даних для відстеження прогресу та забезпечення своєчасного завершення, знижуючи витрати та втрати матеріалів [49]. ІІІ відіграє вирішальну роль у будівництві «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир». Він охоплює різні методи і застосовується для [20]:

- прогнозування властивостей бетону;
- управління контрактами;
- підвищення безпеки на об'єкті;
- моніторингу інтегрованих об'єктів на вимогу;
- управління катастрофами;
- управління графіками;
- управління витратами;
- управління людськими ресурсами на будівельному проєкті;
- моніторингу будівельних процесів.

Крім того, він може покращити управління складними та невизначеними будівельними проєктами [50]. Впровадження цих технологій у сфері «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» допомогло б покупцям і продавцям вчитися на основі даних та приймати

обґрунтовані рішення, уможливлюючи індивідуалізований пошук нерухомості та мінімізуючи помилки [49]. Інвестори у сфері «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» повинні ефективно здійснювати оцінку вартості нерухомості [36]. Перегляд оцінки «розумного» житла може бути покращений завдяки МН, яке дає точнішу оцінку [4]. Крім того, ІІІ покращує ефективність, надійність та ясність оцінки «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» [51]. ІІІ надає ріелторам можливість знаходити ймовірних клієнтів за допомогою алгоритму інтелектуального аналізу даних, працюючи «розумно», взаємодіючи з клієнтами та керуючи процесом вибору нерухомості [37]. ІІІ та МН дають можливість розробляти ефективніші цифрові маркетингові кампанії, де певні демографічні групи будуть охоплені або досягнуті ефективніше [49].

ІІІ підтримує передові процеси аналізу даних та прийняття рішень, що призводить до ефективнішого управління об'єктами [52]. Він також може аналізувати поведінку користувачів. Механізми автоматизації будівель та допоміжні системи «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» можуть допомогти користувачам мати кращу якість життя [20]. Це дає змогу «розумним житловими комплексам», «розумним домогосподарствам», «розумним квартирам» динамічно адаптуватися до вимог мешканців [8]. Крім того, він покращує зворотний зв'язок із клієнтами завдяки ІІІ-чатботам, які автоматизують відповіді на поширені запитання, підвищуючи рівень обслуговування клієнтів у сфері «розумних житлових комплексів», «розумних домогосподарств» та «розумних квартир» [49]. ІІІ в управлінні «розумними житловими комплексами», «розумними домогосподарствами», «розумними квартирами» підвищує операційну ефективність та скорочує витрати на технічне обслуговування [23]. Крім того, ІІІ покращує планування знесення, аналізуючи дані для визначення оптимальних методів та послідовностей, тим самим ідентифікуючи небезпеки та покращуючи протоколи безпеки [25].

2.1.3 Хмарні обчислення

Хмарні обчислення забезпечують гнучку інфраструктуру для зберігання та обробки великих за обсягом наборів даних [8]. Їхні переваги:

- Масштабованість – можливість коригування ресурсів залежно від потреб.
- Економічна ефективність – зменшує потребу в локальному обладнанні та обслуговуванні.
- Доступність – полегшує доступ до даних та програм з будь-якого місця.

Поєднання ІІІ з хмарною інфраструктурою створює потужні рішення для аналітики даних, які можуть обробляти великі обсяги інформації, виконувати складний аналіз та надавати аналітичні висновки в режимі реального часу [8].

Алгоритми штучного інтелекту аналізують дані камер дорожнього руху та давачів для оптимізації потоку транспорту, зменшення заторів та підвищення ефективності громадського транспорту. Хмарні платформи, керовані ІІІ, обробляють екологічні дані, даючи містам можливість контролювати якість повітря, рівень шуму та інші екологічні чинники і сприяти своєчасному втручанням [8].

«Розумні мережі» (Smart grids) використовують аналітичне опрацювання на основі ІІІ для прогнозування попиту на енергію, оптимізації розподілу ресурсів та ефективної інтеграції відновлюваних джерел енергії [53].

Технології ІІІ підвищують громадську безпеку завдяки прогнозованому забезпеченню правопорядку (predictive policing), оптимізації реагування на надзвичайні ситуації та системам спостереження, які аналізують закономірності злочинної діяльності [8]. Чат-боти на основі ІІІ та застосунки, що працюють на хмарних обчисленнях, покращують комунікацію між громадянами та міськими чиновниками, забезпечуючи оновлення інформації в режимі реального часу та механізми зворотного зв'язку.

Розглянемо проблеми впровадження хмарних рішень на основі штучного інтелекту. Оскільки міста збирають та аналізують величезні обсяги даних, забезпечення конфіденційності та безпеки інформації громадян є

першочерговим завданням. Впровадження надійних протоколів безпеки є критично важливим [54]. Різноманітність систем і технологій, які використовуються в «розумних містах», може призводити до проблем з інтеграцією даних. Встановлення стандартизованих протоколів є вирішальним для безперебійного зв'язку між різними платформами [8]. Розробка рішень, керованих ШІ, вимагає значних інвестицій у технології та навчання.

Завоювання довіри громадян та їх схвалення ініціатив у сфері ШІ та аналізу даних є життєво важливим. Прозора комунікація та залучення громади можуть допомогти вирішити проблеми [8].

Майбутнє хмарних рішень на основі штучного інтелекту в «розумних містах» виглядає багатообіцяючим [8], з потенційними досягненнями в:

- Периферійні обчислення – зменшення затримки шляхом обробки даних ближче до їх джерела.
- Удосконалені моделі МН – розробка складніших алгоритмів для кращих прогнозів.
- Співпраця між «розумними» містами – обмін даними та передовим досвідом між містами для покращення загальних інноваційних міських ініціатив.

2.2 Інтелектуальні засоби аналітичного опрацювання хмарних даних «розумних міст»

2.2.1 Лінійна регресія

Лінійна регресія зазвичай використовується для прогнозової аналітики в «розумних містах» [8]. Рівняння для простої моделі лінійної регресії:

$$y = mx + b$$

де:

y – залежна змінна, наприклад, обсяг трафіку;

m – нахил прямої, коефіцієнт;

xxx – незалежна змінна, наприклад, час доби;

bbb – точка перетину з віссю Y .

2.2.2 Середньоквадратичне відхилення (MSE)

Для оцінки ефективності регресійних моделей зазвичай використовується MSE [8]:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

де

n – кількість точок даних;

y_i – фактичне значення;

$\hat{y}_i$ – прогнозоване значення.

2.2.3 Кластеризація К-середніх

Для кластерного аналізу, як от групування подібних міських районів на основі певних ознак, алгоритм К-середніх мінімізує функцію витрат [8]:

$$J = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \|x_j^{(i)} - \mu_i\|^2,$$

де:

kkk – кількість кластерів;

$x_j^{(i)}$ – точка даних jjj у кластері iii ;

μ_i – центроїд кластера iii .

2.2.4 Логістична регресія

Для завдань бінарної класифікації, як от прогнозування того, чи перевищить певна територія «розумного міста» поріг забруднення, використовується логістична функція [8]:

$$P(y = 1 | x) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x)'}}$$

де:

P – ймовірність події;

β_0 – точка перетину з віссю;

β_1 – коефіцієнт для предиктора x .

2.2.5 Градієнтний спуск

Для оптимізації параметрів моделі в МН можна застосувати градієнтний спуск [8]:

$$\theta = \theta - \alpha \nabla J(\theta),$$

де:

θ – параметри моделі;

α – швидкість навчання;

$\nabla J(\theta)$ – градієнт функції вартості.

2.2.6 Нормалізація даних

Нормалізація даних може покращити продуктивність моделі [8]:

$$x' = \frac{x - \mu}{\sigma},$$

де:

- x' – нормалізоване значення;
- x – початкове значення;
- μ – середнє значення даних;
- σ – стандартне відхилення даних.

2.3 Взаємодія даних та орієнтована на користувача аналітика «розумного міста»

Взаємопов'язані системи у міському середовищі мають на меті покращити управління через систематичне використання даних, як це окреслено в архітектурі, запропонованій для «розумних міст» [55]. Вирішення проблем масштабованості та доступності даних у межах цифрових двійників «розумних міст» може бути досягнуто за допомогою підходів із використанням синтетичних даних, демонструючи підтвердження концепції «proof-of-concept» у моніторингу забруднення повітря [56]. Крім того, методи прогнозного моделювання, як от нейронні мережі, слугують вирішальними інструментами для прогнозування споживання електроенергії містом, інформуючи електроенергетичну промисловість про ключові тенденції споживання [57]. Крім того, інформаційні системи, що функціонують в режимі реального часу, дають можливість безпечно та ефективно управляти біометричними даними, підвищуючи можливості розподілених мереж [58].

Розробка користувацьких інтерфейсів для аналітики навчання «learning analytics» наголошує на гнучко розроблених індикаторах, які відповідають потребам користувачів, поєднуючи як підходи, керовані завданнями, так і підходи, керовані даними [1]. Графи знань слугують потужним інструментом для фіксації складних аналітичних робочих процесів, які оцінюють наміри користувачів, підвищуючи орієнтованість аналітичного опрацювання даних на користувача [59]. Методології візуальної аналітики, допомагають користувачам ідентифікувати релевантні атрибути даних, надаючи комплексні візуалізації для побудови прогностичних моделей, зокрема у контекстах, пов'язаних зі здоров'ям

[1]. Вирішення проблеми справедливості в STEM-класах через продумано розроблену візуальну аналітику навчання має велике значення [60].

2.4 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи описано розглянуто ключові інформаційні технології інтелектуального аналізу даних «розумних міст». Проаналізовано інтелектуальні засоби аналітичного опрацювання хмарних даних «розумних міст». Висвітлено взаємодію даних та орієнтовану на користувача аналітику «розумного міста».

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ»

3.1 Аналітичне опрацювання даних «розумних міст»

3.1.1 Класифікація іменованих інформаційних сутностей у потоках даних «розумного міста»

Для вдосконалення процесів розпізнавання іменованих інформаційних сутностей у потоках даних «розумного міста» у [4] впроваджено спеціалізовану концепцію класифікації сутностей, яка охоплює різні типи сутностей із міських джерел даних (див. рисунок 3.1).

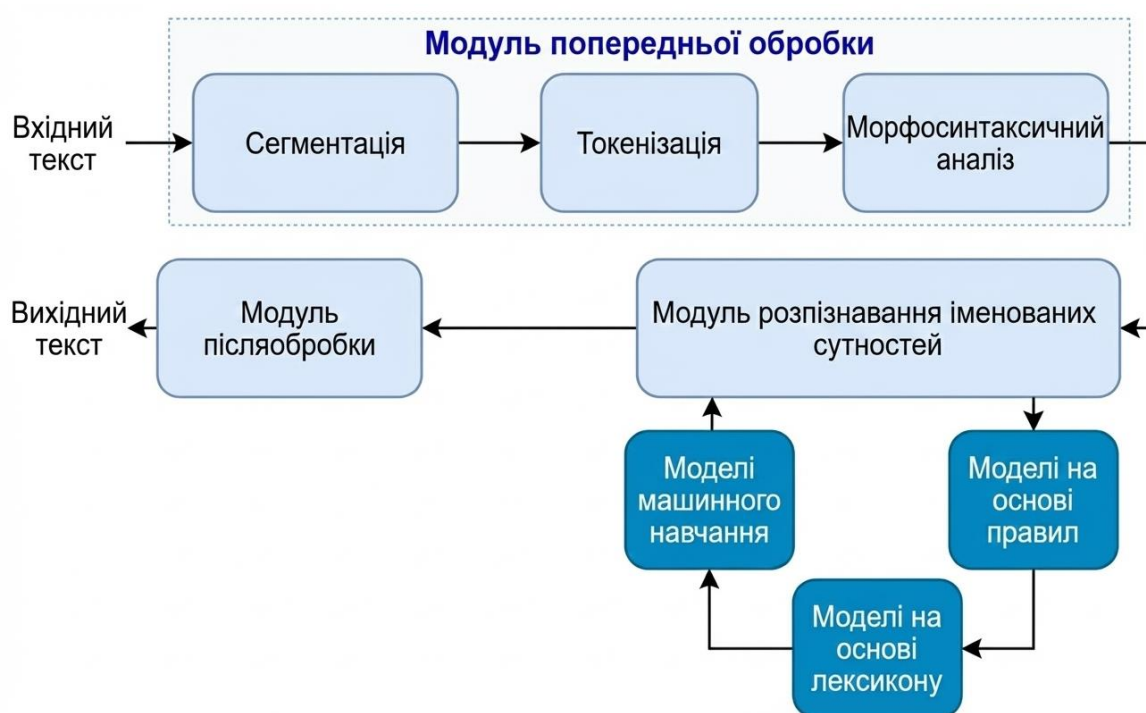


Рисунок 3.1 – Процес обробки та виводу іменованих сутностей даних у «розумному місті» [4]

Процес класифікації потребує використання моделі глибокого навчання M , яка приймає на вхід набір даних $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, де кожна точка даних d_i складається з міського контексту, зібраного з транспортних звітів, стрічок

соціальних мереж та екологічних сенсорів. Модель видає прогнозований клас C_i в C для кожної сутності, з класифікацією.

Вирішуючи проблеми розпізнавання іменованих інформаційних сутностей у потоках даних «розумного міста», автори [4] запропонували мультимодальну концепцію F , яка ефективно інтегрує різні типи даних, підвищуючи точність ідентифікації та класифікації сутностей. Цю концепцію можна представити наступним чином:

$$F = \sum_{i=1}^N \phi_i(x_i, m_i)$$

де:

x_i – вхідні ознаки з різних джерел міських даних;

m_i – відповідні метадані, пов'язані з кожною ознакою, наприклад, час, місце розташування.

Інтеграція контекстуальної інформації c та географічних метаданих g дає можливість збагатити процес розпізнавання інформаційних сутностей «розумних міст» [4]:

$$Ener = G(c, g) \cdot N(x)$$

Динамічна обробка даних забезпечується завдяки оновленням конвеєра розпізнавання інформаційних сутностей «розумних міст» у режимі реального часу [4]:

$$D_{update} = F(D_t, \{m_t\}_{t=1}^T)$$

Для візуалізації в режимі реального часу у потоках даних «розумного міста» підхід [4] до розпізнавання іменованих інформаційних сутностей даних набуває багат шарової архітектури для динамічної обробки міських даних. Враховуючи потік даних $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, визначаємо функцію $F: D \rightarrow E$, де E –

набір розпізнаних сутностей. Ця функція застосовує модель глибокого навчання, параметризовану θ , для класифікації різних сутностей. Видобування сутностей можна записати так:

$$E = MNER(D; \theta)$$

Кожна розпізнана сутність проходить контекстний аналіз, що збагачує представлення сутності географічними метаданими. Цей процес можна формалізувати так:

$$R(e) = Mcontext(e; G)$$

де:

G – це географічні метадані, які покращують оброблений результат для кожної сутності $e_i \in E$.

Шар візуалізації перетворює ці покращені сутності в інтерактивні дашборди, даючи користувачам можливість виконувати операції, як от фільтрування та пошук на основі різних критеріїв, визначених введенням користувача U . Таким чином, інтерактивний візуальний результат V у режимі реального часу можна описати як:

$$V = Mvisual(E, U; \psi)$$

3.1.2 Інтерактивне опрацювання даних для потреб аналітичної обробки у «розумному місті»

Результати дослідження [1] – це орієнтована на користувача концепція для інтерактивного опрацювання даних при аналітиці «розумного міста», що має на меті покращити взаємодію зі складними міськими даними. Завдяки застосуванню інтуїтивних технік візуалізації та взаємодії, користувачам надано можливість ефективно орієнтуватися у міських метриках. Інтеграція механізмів

зворотного зв'язку від користувачів дає змогу сформувати індивідуалізований досвід дослідження, який посилює співпрацю між громадянами, планувальниками та фахівцями з даних (див. рисунок 3.2).

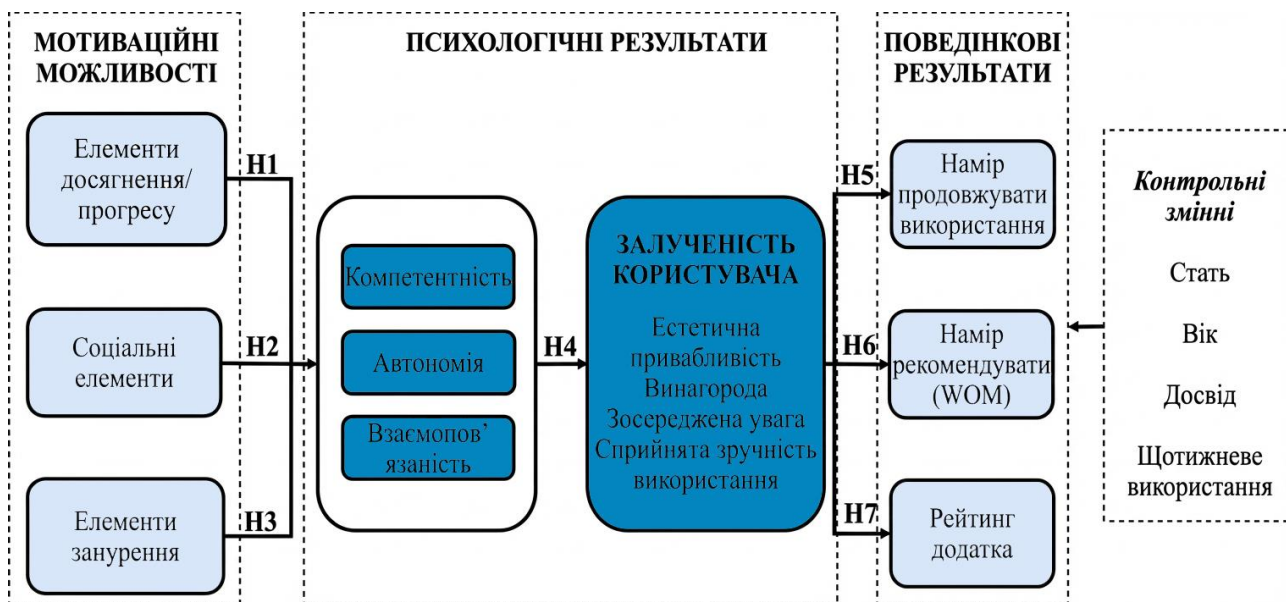


Рисунок 3.2 – Інтерактивне опрацювання даних для потреб аналітичної обробки у «розумному місті» [1]

Запропонований в [1] підхід до інтерактивного дослідження даних «розумних міст» значною мірою ґрунтується на принципах дизайну, орієнтованого на користувача, англ. «User-Centered Design, UCD», що гарантує відповідність розроблених інструментів і технік потребам та вподобанням користувачів. Нехай U позначає сукупність користувачів, тоді як D означає набір даних, що складається з різних міських метрик та індикаторів. Сутність орієнтованого на користувача дизайну [1] можна сформулювати через цикл зворотного зв'язку, який характеризується так:

$$F(U, D) = \{f(u_i, d_j) | u_i \in U, d_j \in D\}$$

де:

$f(u_i, d_j)$ позначає функцію, яка відображає взаємодію між користувачем u_i та точкою даних d_j .

Збираючи зворотний зв'язок від користувачів $R = \{r_i\}_{i=1}^N$ у процесі дослідження, можна безперервно вдосконалювати користувацький досвід. Інтеграція такого зворотного зв'язку [1] може бути інкапсульована у функції оновлення:

$$D' = D + \Delta D(R)$$

Тут D' позначає оновлений набір даних, який узагальнює користувацькі ідеї, причому $\Delta D(R)$ відображає модифікації, спричинені аналітичними вхідними даними. Цей ітеративний цикл сприяє розробці методів візуалізації та взаємодії, які еволюціонують на основі реальних концепцій та складнощів користувачів у середовищі «розумного міста» [1]. Взаємодія між F та D стимулює активну залученість користувачів «розумних міст», що врешті-решт призводить до покращеного розуміння міських даних та сприяє спільним рішенням між зацікавленими сторонами.

3.1.3 Інтерактивна візуалізація даних «розумних міст»

Для сприяння ефективному дослідженню складних міських даних, автор [1] використовує динамічну інтерактивну модель візуалізації, яку позначено $V(x, y, t)$. Тут V позначає вихідну візуалізацію, з якою активно взаємодіють користувачі, де x – вхідні дані, пов'язані з міськими метриками, y означає параметри взаємодії користувача, а t фіксує часовий аспект зворотного зв'язку від користувача. Процес взаємодії може бути змодельований через співвідношення:

$$V(x, y, t) = g(f(x), h(y, t))$$

У цьому рівнянні $f(x)$ перетворює міські дані у формат, придатний для візуалізації, тоді як g та h – функції, які інтерпретують вибір користувача та

адаптують візуальний результат у відповідь на його зворотний зв'язок. Ітеративне вдосконалення візуалізації здійснюється завдяки безперервному введенню даних користувачем, підвищуючи як зручність використання, так і залученість через індивідуалізовані візуальні презентації [1]. Залученість може бути додатково представлена як задача оптимізації, де ціль полягає у максимізації задоволеності користувача S на основі результатів взаємодії, що визначається як:

$$S = \max_t \sum_{i=1}^N \phi(V(x_i, y, t)).$$

де ϕ є функцією корисності (utility function), яка кількісно оцінює задоволеність користувача на основі якості візуалізації V для різних метрик. Ця модель підкреслює важливість інтерактивного процесу проектування у підвищенні доступності та зручності використання міських даних, що зрештою збагачує досвід дослідження даних для всіх зацікавлених сторін, залучених до ініціатив «розумного міста» [1].

3.2 Експериментальні дослідження засобів аналітики «розумних міст»

3.2.1 Оцінки методів аналітичного опрацювання даних «розумних міст»

Для оцінки продуктивності та якості інтерактивного дослідження даних для аналітики «розумних міст» у [1] розглянуто набори даних:

- «Social-IQ» – для соціально інтелектуальних технологій та завдань багатомодальної постановки запитань.
- «InfiMM-Eval» – зосереджується на завданнях комплексного обґрунтування для мультимодальних великих мовних моделей.
- «MVTec D2S» – для семантичної сегментації з урахуванням екземплярів.
- «SparC» – виклики у міждоменному семантичному аналізі.

Для оцінки продуктивності та якості розпізнавання іменованих сутностей потоків даних «розумного міста» у [4] використано набори даних:

- «EDA» – для емоційних діалогових актів.
- «QASC» – для багатокрокового обґрунтування у відповідях на запитання.
- набір даних для кластеризації заголовків новин для аналізу методів видобування ознак.

Крім того, доцільно розглянути набори даних для аналізу настроїв, які використовували вектори слів для аналізу настроїв [61] та набір даних для перського аспектно-орієнтованого аналізу настроїв [62].

Для порівняння методу інтерактивного дослідження даних в аналітиці «розумних міст» автори [1] розглядають підходи:

- «Fiper».
- «UX 3.0» – «UX 3.0 Paradigm Framework».
- «Нейро-символічне орієнтоване на користувача навчання» [63].
- «Орієнтована на користувача концепція безпеки» [64].

Для проведення оцінки методів розпізнавання іменованих інформаційних сутностей даних для потоків даних «розумного міста» в [4] здійснено порівняння з релевантними дослідженнями: «TG», «RM», «ToxicChat», «TPTU-v2», «WiCE» – набір даних для деталізованого логічного наслідування, який може допомогти у розумінні того, як сутності пов'язані із твердженнями в міських контекстах. Ця концепція може покращити продуктивність систем розпізнавання іменованих інформаційних сутностей даних, надаючи тонкі контексти для сутностей, отриманих із даних «розумних міст».

Пробні ітерації [1] використовували три фази циклів зворотного зв'язку від користувачів, із вдосконаленням інтерфейсу кожні два тижні на основі тестування зручності використання та опитувань. Було проведено «A/B» тестування для оцінки зручності використання різних макетів інтерфейсів «розумних» цифрових послуг, що забезпечило оптимальний користувацький досвід. Значущість покращень у розумінні даних аналізувалася за допомогою статистичних тестів з рівнем значущості, встановленим $p < 0.05$. Кожен цикл

аналізу документувався та переглядався для відстеження прогресу та ефективної адаптації до потреб користувачів [4].

Для експерименту [4] доцільно навчити модель «BERT-large» (див. рисунок 3.3) з використанням спеціального набору даних, відібраного саме для міських середовищ. Процес навчання оцінює швидкість навчання 2×10^{-5} , з розміром міні-паketу рівним шістнадцяти, що забезпечує ефективну обробку вхідних даних «розумного міста». Модель доналаштовується впродовж п'яти епох для максимізації точності розпізнавання сутностей.



Рисунок 3.3 – Структура мовної моделі «BERT-large» [4]

Для інтеграції шару CRF доцільно використати показник відсіву рівний нуль цілих одна десята для запобігання перенавчанню. Вхідні послідовності моделі доповнюються до максимальної довжини сто двадцять вісім токенів. З метою візуалізації в [4] розроблено інтерактивні дашборди, які використовують D3.js для розширеного подання даних.

3.2.2 Ключові результати оцінки методів аналітичного опрацювання даних «розумних міст»

Результати, подані в таблиці 3.1, ілюструють ефективність інтеграції шару умовного випадкового поля «CRF» з моделлю «BERT-large» для задач розпізнавання іменованих сутностей [4] у потоках даних «розумного міста». Метрики використовують точність «Precision», повноту «Recall» та F1-оцінку «F1-Score». Конфігурації тренування є узгодженими для всіх наборів даних.

Таблиця 3.1 – Порівняння результатів розпізнавання іменованих сутностей на різних наборах даних «розумних міст» засобами «BERT-large» [4]

Модель	Набір даних	Точність	Відкликання	F1-оцінка
BERT-large (Базовий рівень)	EDA	0.85	0.80	0.82
	QASC	0.78	0.76	0.77
	Кластеризація заголовків урду	0.76	0.74	0.75
	Аналіз настроїв (вектори слів)	0.82	0.81	0.81
	Перський аналіз настроїв на основі аспектів	0.79	0.77	0.78
Шар CRF на BERT	EDA	0.88	0.85	0.86
	QASC	0.80	0.79	0.79
	Кластеризація заголовків урду	0.77	0.75	0.76
	Аналіз настроїв (вектори слів)	0.83	0.82	0.82
	Перський аналіз настроїв на основі аспектів	0.80	0.78	0.79

Інтеграція шару «CRF» покращує продуктивність на всіх наборах даних. Застосування шару «CRF» поверх «BERT-large» призводить до значних покращень точності, повноти та F1-оцінки на різних наборах даних.

Концепція інтерактивного дослідження даних [1] для потреб аналітики «розумних міст» демонструє значні досягнення завдяки орієнтованому на користувача підходу, що було доведено наборами даних та експериментами, деталізованими у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Показники компонентів на основі аналізу інтерактивних даних «розумних міст» [1]

Компонент	Метрика	Тривалість сеансу (хв)	Рівень відповідей (%)	Задоволеність користувачів	Середнє
Немає	Базовий рівень (повний набір інструментів)	45	80	6.5	25
Без відгуків користувачів	Без механізмів зворотного зв'язку з користувачами	35	65	5.2	20
Без інтерактивної візуалізації	Без інтуїтивно зрозумілих візуалізацій	30	60	4.8	15
Без точності динамічної взаємодії	Без функцій динамічної взаємодії	40	70	5.8	22
Без співпраці	Без функцій співпраці	32	58	4.5	18

Різноманітні набори даних, використані для оцінки [1], складаються з різних типів завдань, зокрема багатомодальну постановку запитань та комплексне обґрунтування, що підвищує рівень міських аналітичних можливостей.

Порівняльна оцінка з базовими методами виявляє внесок існуючих концепцій, як от візуальні пояснення від «Fiber» та орієнтований на користувача

дизайн, прикладом якого є концепція «UX 3.0» [1]. Ці підходи підвищують інтерпретованість та ефективно вирішують обмеження, що спостерігаються у традиційних UX-методах в аналітиці «розумних міст».

У [1] описано орієнтовану на користувача концепцію для інтерактивного дослідження даних для потреб аналітики «розумних міст», розроблену для підвищення доступності та зручності використання складних міських даних. Завдяки застосуванню інтуїтивних технік візуалізації та взаємодії, концепція дає змогу динамічно залучати користувачів до роботи з міськими метриками.

Інтеграція механізмів зворотного зв'язку від користувачів покращує досвід дослідження, сприяючи співпраці між громадянами, планувальниками та фахівцями з даних для обґрунтованого прийняття рішень у міському розвитку. Користувацькі дослідження демонструють, що ця концепція [1] значно підвищує задоволеність користувачів та розуміння даних порівняно з традиційними статичними методами візуалізації.

Отримані дані свідчать, що надання користувачам інтерактивних інструментів не лише поглиблює їхнє розуміння динаміки «розумного міста», але й стимулює активну участь громади в зусиллях з міського планування. Запропонована у [1] концепція інтегрує ці знання, зосереджуючись на індивідуалізації користувацького досвіду за допомогою інтерактивної візуалізації та механізмів зворотного зв'язку, що значно сприяє покращенню залученості користувачів та процесів прийняття рішень.

3.2.3 Інтеграція контекстної інформації «розумних міст»

Інтеграція контекстної інформації значно підвищує продуктивність розпізнавання іменованих сутностей потоків даних «розумного міста». Для оцінки цього автори [4] порівняли дві різні моделі – мультимодальний «BERT» та розширений «BERT» із просторовими метаданими на різних наборах даних, зокрема звітах про дорожній рух, стрічках соціальних мереж, даних екологічних сенсорів, потоках даних у режимі реального часу та екстрених сповіщеннях. На рисунку 3.4 подано порівняння результатів розпізнавання іменованих сутностей

з інтеграцією та без інтеграції контекстної та просторової інформації на різних наборах даних [4]. Метрики використовують точність, повноту та F1-оцінку. Конфігурації навчання залишаються однаковими для всіх наборів даних.

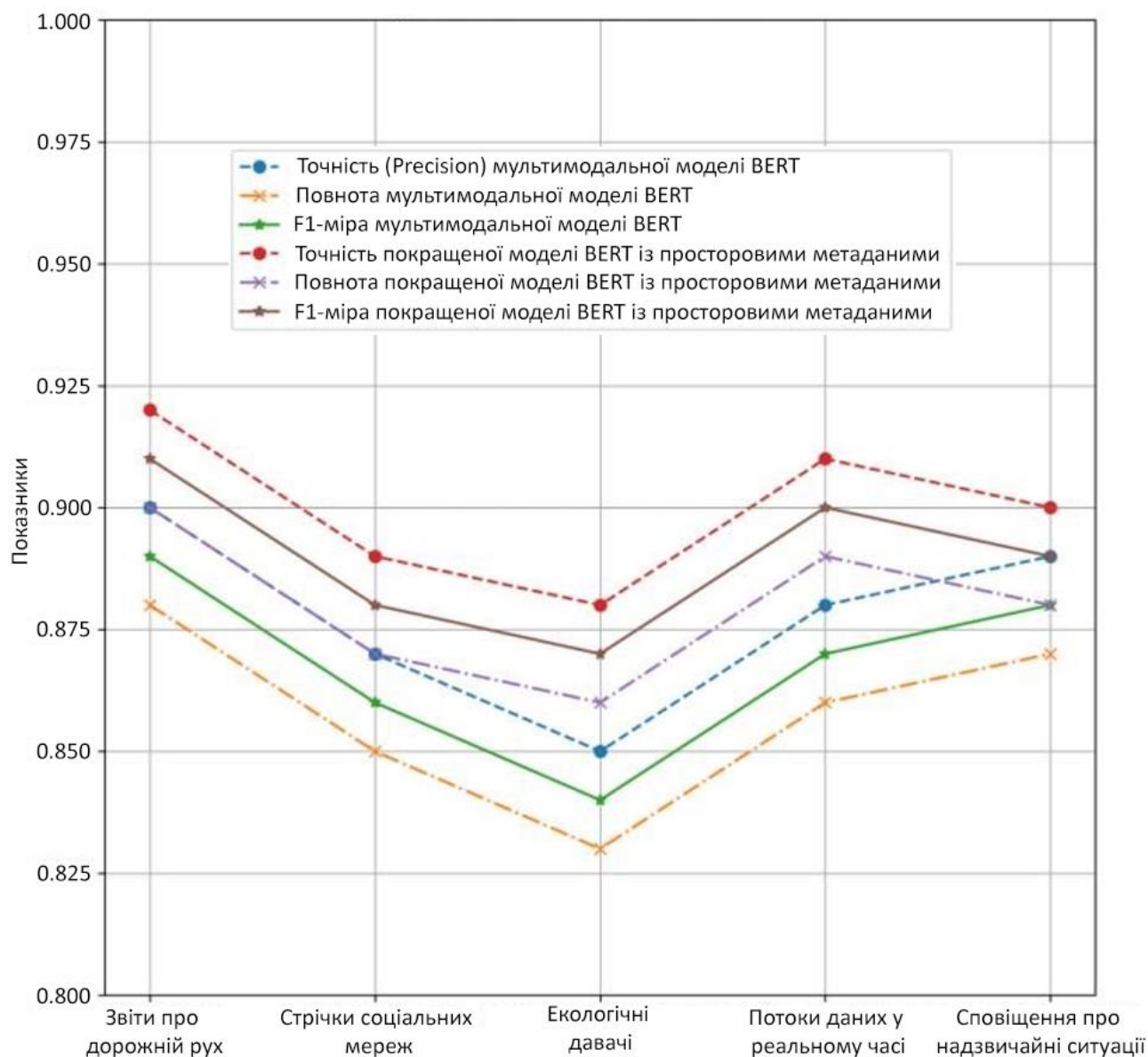


Рисунок 3.4 – Порівняння результатів розпізнавання іменованих сутностей «розумних міст» [4]

Наприклад, у наборі даних «Звіти про дорожній рух» [4] розширений «BERT» досягає вищих показників точності, повноти та F1-оцінки, перевершуючи відповідні показники мультимодального «BERT». Усі моделі навчалися за стандартизованих умов щодо розміру пакету, кількості епох, показника відсіву та швидкості навчання, що дало змогу провести пряме

порівняння їхньої продуктивності, виключно на основі архітектури моделі та використання контекстуальної інформації. Цей контрольований підхід підкреслює переваги, отримані від інтеграції просторових і контекстуальних даних, для підвищення ефективності моделі в інтерпретації міських даних.

3.3 Інструменти спільного міського планування

На рисунку 3.5 подано низку інструментів для спільної роботи, розроблених для ефективного міського планування в рамках аналітичного опрацювання даних «розумних міст» [1]. Кожен інструмент адаптований до конкретних потреб різних груп користувачів, сприяючи комплексному підходу до міського розвитку.

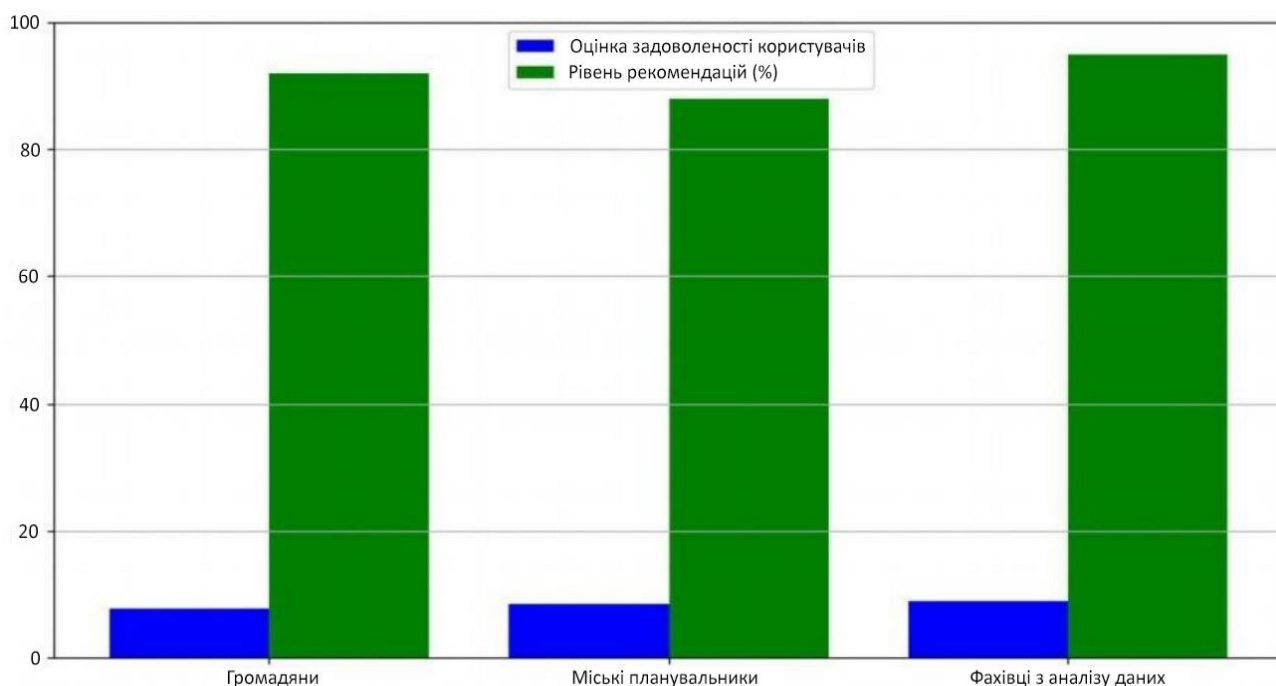


Рисунок 3.5 – Оцінювання інструментів спільного міського планування для ефективного аналітичного опрацювання даних «розумних міст» [1]

Контекстуальна інформація значно підвищує точність. Використовуючи пов'язані точки міських даних, поданий у [1] компонент дає можливість уточнити розуміння контексту навколо об'єктів даних «розумних міст», що є вирішальним для їхнього точного розпізнавання. Час обробки для інтеграції

контекстуальної інформації становить приблизно дві з половиною секунди, що успішно інтегрується в інструмент візуалізації дашборду.

«UrbanSim» [1] пропонує можливості симуляції, зосереджуючись на сценаріях міського зростання, і обслуговує насамперед планувальників. Цей інструмент допомагає у візуалізації потенційної динаміки міського розвитку, сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень. «GeoJSON Viewer» дає громадянам можливість взаємодіяти з геопросторовими даними через інтуїтивні візуалізації [1]. «PlanIt» слугує платформою для співпраці для зацікавлених сторін, сприяючи спільному плануванню та процесам прийняття рішень. Його функції заохочують зацікавлені сторони робити свій внесок, ділячись своїми поглядами та експертними знаннями у міські проекти, підвищуючи загальну ефективність планування проєктів класу «розумне місто».

Доцільно виділити ключові аспекти проведеного дослідження

- «Розумні» технології мають найвищу додану цінність на підфазі експлуатації.

- Для забудовників немає достатніх альтернатив, окрім використання «розумних» технологій у розробці житла, найближчим часом буде впроваджуватись більше «розумного» житла.

- Міське управління та муніципалітети відіграють значну роль в активації «розумних» технологій та формуванні їхньої доданої цінності, трансформуючи міста у «розумніші».

- Міському управлінню слід інвестувати у «великі дані» та геодані, розвивати «розумну» інфраструктуру, активувати автоматизовані дозволи на будівництво та створити цифрового двійника міста (digital twin).

У [4] подано підхід до розпізнавання іменованих сутностей, спеціально розроблений для потоків даних «розумного міста» (Smart City Data Streams), з акцентом на покращення візуалізації та взаємодії. Використовуючи передові методи глибокого навчання, цей метод ефективно ідентифікує та класифікує сутності з різних міських джерел даних, як от звіти про дорожній рух, стрічки соціальних мереж та екологічні сенсори. Оцінка на реальних наборах даних [4]

свідчить про значне покращення як точності розпізнавання сутностей, так і ефективності порівняно з традиційними методами.

3.4 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто аналітичне опрацювання даних «розумних міст». Досліджено експериментальні дослідження засобів аналітики «розумних міст». Подано опис інструментів спільного міського планування.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Психологічні чинники небезпеки

В кваліфікаційній роботі досліджено стек інформаційних технологій для збору та аналітичного опрацювання даних розумних міст. Реалізація сучасних концепцій «smart city» висуває високі вимоги до психоемоційної стійкості персоналу, оскільки робота в таких ІТ-проектах супроводжується інтенсивними навантаженнями та хронічним стресом. З огляду на це, критично важливим є розгляд психологічних аспектів безпеки праці. Згідно зі статистичними даними та оцінками фахівців із БЖД, людський фактор є причиною більшості нещасних випадків (від 60% до 90%) [65]. Серед ключових детермінант такої статистики виокремлюють:

- неналежну фахову підготовку в контексті безпеки життєдіяльності;
- дефіцит культури безпечної поведінки;
- свідоме ігнорування або недостатню мотивацію до дотримання правил безпеки;
- залучення до ризикованих процесів осіб, схильних до травматизму;
- незадовільний психофізичний стан (виснаження, стрес тощо), що негативно впливає на якість виконання завдань.

Існує низка факторів, що підвищують персональну вразливість працівника до виникнення небезпечних ситуацій. До них належать:

- індивідуально-типологічні властивості нервової системи (темперамент);
- тимчасові порушення фізіологічних функцій організму;
- патології або обмеження в роботі сенсорних систем (органів чуття);
- відсутність внутрішньої мотивації та професійного задоволення.

Поряд із цим, ризик травматизму зростає через специфіку робочих процесів, зокрема:

- інтенсивні фізичні навантаження та когнітивне напруження;
- неергономічне положення тіла під час виконання завдань;
- надмірну швидкість робочих операцій;

- постійний психоемоційний тиск;
- сенсорне виснаження через перевантаження очей та вух;
- невідповідність обладнання чи робочої зони анатомічним характеристикам працівника.

Вплив негативних чинників спричиняє зростання фізичного та нервово-психічного виснаження. Це, у свою чергу, уповільнює швидкість реакцій, знижує точність рухів, послаблює концентрацію та пильність, що заважає адекватному сприйняттю робочої ситуації та підвищує ризик виробничого травматизму.

У межах психології безпеки досліджуються психічні властивості та стани людини, що формуються безпосередньо в процесі праці [66]. Фундаментом професійного досвіду та знань є психічні процеси, які поділяють на три групи:

- Пізнавальні (сприйняття, мислення, пам'ять).
- Емоційні (почуття, переживання).
- Вольові (цілеспрямованість, самоконтроль).

Психічні властивості (інтелект, характер, темперамент) є сталими характеристиками особистості, тоді як психічні стани є динамічними та визначають ефективність роботи в конкретний момент.

Згідно з психологічними дослідженнями, працездатність безпосередньо залежить від рівня психічного напруження. Помірне зростання напруження мобілізує ресурси організму та підвищує продуктивність. Проте існує «точка перегину» – критичний поріг активації, після якого настає фаза декомпенсації, що веде до різкого падіння результативності або повної втрати здатності виконувати завдання.

Виділяють два види такого позамежного напруження:

- Гальмівний тип: Характеризується загальною депресивністю функцій. Спостерігається рухова скутість, уповільнення мислення та реакцій, погіршення пам'яті та розпорошеність уваги. Професійні навички втрачають свою автоматизованість і точність.

Збудливий тип: Проявляється через надмірну, часто хаотичну активність. Для нього характерні метушливість, тремтіння кінцівок (тремор), багатомовність та виконання зайвих, нерациональних дій. Емоційне тло стає нестабільним:

з'являються нетипові для людини дратівливість, різкість у спілкуванні та надмірна вразливість.

Критичні рівні психічного напруження часто стають першопричиною помилкових дій та деструктивної поведінки в екстремальних ситуаціях, що суттєво підвищує ймовірність аварій та виробничого травматизму. Фахівці з психології безпеки виділяють кілька груп розладів і станів, які становлять найбільшу загрозу для надійності людського фактора:

Пароксизмальні розлади свідомості – це короточасні (від кількох секунд до лічених хвилин) епізоди втрати свідомості або її затьмарення. Такі стани зазвичай пов'язані з органічними ураженнями мозку або епілепсією. Завдяки сучасним методам діагностики осіб із прихованою схильністю до пароксизмів можна виявити завчасно. Для таких працівників встановлюються жорсткі професійні обмеження: заборона на роботу на висоті, керування транспортом та виконання будь-яких завдань у зонах підвищеної небезпеки.

Психогенні зміни настрою та афективні реакції – ці стани виникають як реакція на зовнішні психологічні подразники (конфлікти, особисті трагедії, професійні невдачі):

- Депресивні стани та апатія: можуть тривати від кількох хвилин до кількох місяців. Вони супроводжуються зниженням інтелектуальної активності, уповільненням мислення, загальною млявістю та байдужістю до результатів праці. Втрата самоконтролю в такому стані є серйозним чинником ризику.

- Афекти: короточасні, але надзвичайно інтенсивні емоційні спалахи («вибухи»). У стані афекту свідомість звужується, що призводить до агресивних, хаотичних або руйнівних дій. Особи, схильні до подібних реакцій, не мають допускатися до роботи на посадах із високим рівнем відповідальності.

Рівень безпеки праці безпосередньо залежить від хімічного впливу на нервову систему:

- Алкоголь та наркотичні речовини: критично збільшують ризик травматизму через спотворення сприйняття реальності.

- Стимулятори: легкі речовини (кофеїн) можуть тимчасово підвищити продуктивність і подолати сонливість. Проте зловживання потужними

стимуляторами при виконанні відповідальних завдань часто дає зворотний ефект – виснаження, загальне погіршення стану та сповільнення реакцій.

– Транквілізатори: попри їхню здатність запобігати неврозам, вони мають побічні ефекти у вигляді апатії, сонливості та зниження швидкості психомоторних реакцій, що неприпустимо для операторської діяльності.

Критичне значення для забезпечення безпеки праці має контроль над вживанням алкоголю. Статистичні дані підтверджують руйнівну роль цього чинника: від 40% до 60% дорожньо-транспортних пригод та близько 64% фатальних випадків на виробництві зумовлені алкогольним сп'янінням або помилковими діями осіб, що перебували під впливом спиртного.

Окрему загрозу для безпеки становить стан післяалкогольної астенії (абстинентного синдрому). Навіть після виведення основної маси алкоголю з організму, похмілля суттєво дезорганізує діяльність:

- різко знижується рівень працездатності;
- спостерігається психомоторна загальмованість;
- притуплюється почуття небезпеки та самозбереження.

Систематичне зловживання алкоголем призводить до формування хронічної залежності, що неминуче супроводжується інтелектуальною та моральною деградацією. Для осіб, які страждають на алкоголізм, характерні такі професійні зміни:

- втрата колишньої точності, уважності та акуратності під час виконання завдань;
- зростання частоти технічних помилок;
- нездатність до аналітичного розв'язання складних професійних проблем;
- втрата навичок швидкої адаптації та прийняття правильних рішень у нестандартних або аварійних умовах.

4.2 Планування та порядок проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру

Процес евакуації населення в умовах природних або техногенних катастроф здійснюється відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 841 від 30.10.2013. Даний нормативний акт встановлює чіткий алгоритм переміщення громадян із небезпечних зон, координацію їхнього тимчасового поселення, а також заходи із порятунку об'єктів культурної спадщини та матеріальних активів у разі критичної загрози.

У цивільному захисті застосовуються різні стратегії евакуації залежно від масштабів загрози:

- Загальна евакуація: Реалізується у разі масштабних інцидентів, таких як викиди радіоактивних чи токсичних речовин, або за умови стрімкого затоплення (зокрема, якщо прогнозований час доходу хвилі прориву при руйнуванні дамб становить менше 4 годин).

- Часткова евакуація: Проводиться за розпорядженням органів місцевого самоврядування для окремих категорій населення або районів.

За характером тривалості евакуаційні заходи можуть бути тимчасовими або безповоротними.

Для забезпечення мобільності населення залучаються всі доступні транспортні ресурси: від комунального парку адміністративної одиниці до засобів приватних підприємств та громадян (у випадках прямої загрози життю). Відповідно до чинного законодавства, власникам залученого транспорту гарантується відшкодування витрат за рахунок бюджетних коштів [67].

Суб'єкти прийняття рішень: Повноваження щодо оголошення евакуації розподілені між різними рівнями влади: від Кабінету Міністрів України до регіональних та місцевих державних адміністрацій. Проте у ситуаціях, що вимагають негайного реагування, право прийняти рішення про виведення людей із небезпечної зони надається керівнику аварійно-рятувальної служби, який безпосередньо координує роботи на місці події.

Евакуація цінностей: Порятунк матеріальних і культурних надбань планується на основі даних моніторингу та прогнозів розвитку ситуації. Якщо дозволяє ліміт часу, ці заходи виконуються згідно з методичними рекомендаціями, затвердженими Міністерством оборони України [68].

4.3 Організація оповіщення пожежної безпеки на підприємствах «розумних міст»

Впровадження систем пожежної безпеки в концепцію «розумного міста» є критично актуальним, оскільки інтеграція інтелектуальних датчиків та ШІ дозволяє виявляти загрози на початкових стадіях, мінімізуючи ризики для густонаселених районів. Автоматизація протипожежних систем не лише пришвидшує час реагування екстрених служб, а й забезпечує безпеку складної цифрової інфраструктури, що є фундаментом життєдіяльності сучасного мегаполісу.

Дотримання норм пожежної безпеки є обов'язковою умовою діяльності суб'єктів господарювання. Відповідні вимоги мають бути інтегровані в установчі документи (статuti) та зафіксовані в трудових договорах із працівниками [69].

Адміністрація підприємства несе пряму відповідальність за протипожежний стан. Керівник зобов'язаний:

- чітко регламентувати функціональні обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки;
- офіційним наказом призначити осіб, відповідальних за належний стан територій, споруд та окремих виробничих діляниць;
- гарантувати технічну справність та постійну готовність систем протипожежного захисту.

На кожному об'єкті впроваджується протипожежний режим, який встановлює правила щодо:

- облаштування місць для паління та обмеження використання відкритого вогню;
- порядку проведення вогневих та інших небезпечних робіт;

- складування матеріальних цінностей та готової продукції;
- регулярності обслуговування вентиляції та видалення вибухопожежонебезпечного пилу;
- алгоритму дій колективу у разі виникнення загоряння.

Система підготовки працівників базується на регулярному проведенні інструктажів:

- Вступний: проводиться з усіма новими працівниками.
- Первинний: безпосередньо на робочому місці перед початком виконання обов'язків.
- Повторний: здійснюється періодично для закріплення знань.

Для осіб, залучених до робіт із підвищеним ризиком пожежі, передбачена щорічна атестація та перевірка знань.

Для об'єктів із масовим перебуванням людей (навчальні заклади, готелі, медичні установи) розробляються детальні плани евакуації. Вони повинні:

- розміщуватися на доступних для огляду місцях;
- актуалізуватися у разі перепланування приміщень;
- відпрацьовуватися під час практичних тренувань персоналу не рідше ніж раз на 6 місяців.

Адміністрація повинна гарантувати наявність:

- працездатної системи централізованого сповіщення;
- інформаційних стендів із номерами екстрених служб;
- стандартизованих знаків безпеки та навігації.

На великих підприємствах для підсилення заходів безпеки можуть створюватися допоміжні органи: пожежно-технічні комісії (ПТК), а також добровільні пожежні дружини або команди.

Керівник здійснює безперервний моніторинг дотримання протипожежних норм. У разі виявлення порушень він зобов'язаний вжити заходів для їх усунення та, за потреби, притягнути відповідальних осіб до дисциплінарної чи матеріальної відповідальності.

4.4 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано психологічні чинники небезпеки. Розглянуто планування та порядок проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру. Висвітлено організацію оповіщення пожежної безпеки на підприємствах «розумних міст».

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження стеку інформаційних технологій, що довело ефективність синергії інфраструктури IoT, хмарних обчислень та методів штучного інтелекту для розбудови функціональної інформаційно-технологічної платформи «розумного міста». На основі експериментальних досліджень та застосування алгоритмів регресійного аналізу, кластеризації К-середніх та методів візуалізації було обґрунтовано можливість автоматизації збору даних та підвищення точності їхнього інтелектуального опрацювання для потреб міського планування.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- Обґрунтовано актуальність досліджень в галузі «розумних міст».
- Описано інформаційні та комунікаційні технології «розумних міст».
- Розглянуто «розумні» технології.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Описано ключові інформаційні технології інтелектуального аналізу даних «розумних міст».
- Досліджено інтелектуальні засоби аналітичного опрацювання хмарних даних «розумних міст».
- Розглянуто взаємодію даних та орієнтовану на користувача аналітику «розумного міста».

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- Досліджено засоби аналітичного опрацювання даних «розумних міст».
- Описано експериментальні дослідження засобів аналітики «розумних міст».
- Розглянуто інструменти спільного міського планування.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано психологічні чинники небезпеки. Розглянуто планування та порядок проведення евакуації населення з районів наслідків впливу НС техногенного та природного характеру. Висвітлено організацію оповіщення пожежної безпеки на підприємствах «розумних міст».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 Li, Xiang, Lucas Evans, and Xinyi Zhang. "Interactive data exploration for smart city analytics: A user-centered perspective." *Advances in Engineering Technology Research* 13.1 (2025): 702-702.
- 2 МАТІЙЧУК, Любомир, et al. "ANALYTICAL ANALYSIS OF APPROACHES TO REMOTE VEHICLES MONITORING AND DIAGNOSTICS OF DURING THEIR OPERATION." *MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES* 2 (2025): 380-389.
- 3 Mansoor Ali, F. Naeem, Nadir H. Adam, Georges Kaddoum, Noor ul Huda, M. Adnan, and M. Tariq. 2023. Integration of data-driven technologies in smart grids for resilient and sustainable smart cities: A comprehensive review. *ArXiv*, abs/2301.08814.
- 4 Li, Xiang, Jeffrey Wang, and Lihua Zhang. "Named entity recognition for smart city data streams: Enhancing visualization and interaction." *Advances in Engineering Technology Research* 13.1 (2025): 508-508.
- 5 Nama, P., Pattanayak, S., & Meka, H. S. (2023). AI-driven innovations in cloud computing: Transforming scalability, resource management, and predictive analytics in distributed systems. *International research journal of modernization in engineering technology and science*, 5(12), 4165. <https://www.doi.org/10.56726/IRJMETs47900>.
- 6 Матійчук, Л. П. "STRUCTURAL FEATURES AND POTENTIAL RISKS FOR THE FUNCTIONING OF THE ENERGY SECURITY SYSTEM OF UKRAINE." *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка* 15 (2023): 91-98.
- 7 Abbas, M., Akhai, S., Abbas, U., Jafri, R., & Arif, S. M. (2025). Ai-enabled sustainable urban planning and management. In *Real-world applications of ai innovation* (pp. 233–260). IGI Global Scientific Publishing. <https://www.igi-global.com/chapter/ai-enabled-sustainable-urban-planning-and-management/363608>.
- 8 Rakshit, Ishita. "AI-driven cloud solutions for smart city data analytics." *Systemic analytics* 3.1 (2025): 27-34.

- 9 Mamdouh Alenezi.2023. Investigating the soft- ware engineering roadmap for smart city infrastruc- ture development:Goals and challenges.ArXiv, abs/2305.05574.
- 10 Al-Rimawi, Tarek, and Michael Nadler. "Leveraging smart city technologies for enhanced real estate development: An integrative review." *Smart cities* 8.1 (2025): 10.
- 11 Apanaviciene, R.; Vanagas, A.; Fokaides, P.A. Smart building integration into a smart city (SBISC): Development of a new evaluation framework. *Energies* 2020, 13, 2190.
- 12 Apanaviciene, R.; Urbonas, R.; Fokaides, P.A. Smart Building Integration into a Smart City: Comparative Study of Real Estate Development. *Sustainability* 2020, 12, 9376.
- 13 Benavente-Peces, C.; Ibadah, N. ICT technologies, techniques and applications to improve energy efficiency in smart buildings. In *Proceedings of the SENSORNETS 2020 – 9th International Conference on Sensor Networks*, Valletta, Malta, 28–29 February 2020; pp. 121–128.
- 14 Pavlova, O., Pavlov, K., Matiichuk, L., Kotsan, I., & Perevozova, I. (2024). Imperatives to improve the efficiency of the energy security system of Ukraine. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 567, p. 01015). EDP Sciences.
- 15 Munasinghe, H.V.; Munasinghe, L.M. Reinventing Real Estate: Exploring the Dynamic Landscape of Prop-Tech driven Digital Transformation in the Residential Sector – Lessons for Sri Lanka. *Int. J. Adv. ICT Emerg. Reg.* 2024, 17, 8–16.
- 16 Wortmann, F.; Flüchter, K. Internet of Things: Technology and Value Added. *Bus. Inf. Syst. Eng.* 2015, 57, 221–224.
- 17 Trauth, D.; Bergs, T.; Prinz, W. *The Monetization of Technical Data: Innovations from Industry and Research*; Trauth, D., Bergs, T., Prinz, W., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2023.
- 18 Ullah, F.; Sepasgozar, S.M.E.; Wang, C. A systematic review of smart real estate technology: Drivers of, and barriers to, the use of digital disruptive technologies and online platforms. *Sustainability* 2018, 10, 3142.

19 Alahi, M.E.E.; Sukkuea, A.; Tina, F.W.; Nag, A.; Kurdthongmee, W.; Suwannarat, K.; Mukhopadhyay, S.C. Integration of IoT-Enabled Technologies and Artificial Intelligence (AI) for Smart City Scenario: Recent Advancements and Future Trends. *Sensors* 2023, 23, 5206.

20 Sepasgozar, S.; Karimi, R.; Farahzadi, L.; Moezzi, F.; Shirowzhan, S.; Ebrahimzadeh, S.M.; Hui, F.; Aye, L. A systematic content review of artificial intelligence and the internet of things applications in smart home. *Appl. Sci.* 2020, 10, 3074.

21 Hussain, D.I.; Elomri, D.A.; Kerbach, D.L.; Omri, D.A.E. Smart city solutions: Comparative analysis of waste management models in IoT-enabled environments using multiagent simulation. *Sustain. Cities Soc.* 2024, 103, 105247.

22 Ehab, A.; Mahdi, M.A.; El-Helloty, A. BIM Maintenance System with IoT Integration: Enhancing Building Performance and Facility Management. *Civ. Eng. J.* 2024, 10, 1953–1973.

23 Yang, J. Comparative Analysis of the Impact of Advanced Information Technologies on the International Real Estate Market. *Trans. Econ. Bus. Manag. Res.* 2024, 7, 102–108.

24 Dahanayake, K.C.; Sumanarathna, N. IoT-BIM-based digital transformation in facilities management: A conceptual model. *J. Facil. Manag.* 2022, 20, 437–451.

25 Wu, Z.; Pei, T.; Bao, Z.; Ng, S.T.; Lu, G.; Chen, K. Utilizing intelligent technologies in construction and demolition waste management: From a systematic review to an implementation framework. *Front. Eng. Manag.* 2024.

26 Cheng, Y.; Chen, Y.; Wei, R.; Luo, H. Development of a Construction Quality Supervision Collaboration System Based on a SaaS Private Cloud. *J. Intell. Robot. Syst.* 2015, 79, 613–627.

27 Tsai, W.T.; Bai, X.Y.; Huang, Y. Software-as-a-service (SaaS): Perspectives and challenges. *Sci. China Inf. Sci.* 2014, 57, 1–15.

28 Alam, T. Cloud-Based IoT Applications and Their Roles in Smart Cities. *Smart Cities* 2021, 4, 1196–1219.

29 Llorca-Ponce, A.; Rius-Sorollia, G. Real Estate meets technology. The impact of new technologies on the real estate sector in Spain. In *Libro de Actas*;

Universitat Politècnica de València, Ed.; Espasa-Calpe: Buenos Aires, Argentina, 2023; pp. 133–142.

30 Lee, J.H.; Hancock, M.G.; Hu, M.C. Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2014, 89, 80–99.

31 Al-Rimawi, T.H.; Nadler, M. Evaluating Cities and Real Estate Smartness and Integration: Introducing a Comprehensive Evaluation Framework. *Sustainability* 2023, 15, 9518.

32 Caragliu, A.; del Bo, C.; Nijkamp, P. Smart cities in Europe. *J. Urban Technol.* 2011, 18, 65–82.

33 Li, W.; Batty, M.; Goodchild, M.F. Real-time GIS for smart cities. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 2020, 34, 311–324.

34 Kehoe, B.; Patil, S.; Abbeel, P.; Goldberg, K. A Survey of Research on Cloud Robotics and Automation. *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.* 2015, 12, 398–409.

35 Joel Brogan, Nell Barber, David Cornett, and D. Bolme. 2022. Faro 2: an open source, configurable smart city framework for real-time distributed vision and biometric systems. *ArXiv*, abs/2209.12962.

36 Oluwunmi, A.O.; Role, B.A.; Akinwale, O.M.; Oladayo, O.P.; Afolabi, T.O. Big Data and Real Estate: A Review of Literature. *J. Phys. Conf. Ser.* 2019, 1378, 032015.

37 Liu, Y. Real Estate Development Strategy Based on Artificial Intelligence and Big Data Industrial Policy Background. *Sci. Program.* 2022, 2022, 6249065.

38 Zhao, Z.; Zhang, Y. Impact of Smart City Planning and Construction on Economic and Social Benefits Based on Big Data Analysis. *Complexity* 2020, 2020, 8879132.

39 Expert Market Research. Big Data Market Size, Share, Growth, Forecast 2024–2032. 2022. Available online: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/big-data-market>.

40 Munawar, H.S.; Ullah, F.; Qayyum, S.; Shahzad, D. Big Data in Construction: Current Applications and Future Opportunities. *Big Data Cogn. Comput.* 2022, 6, 18.

41 Lavallo, A.; Teruel, M.A.; Maté, A.; Trujillo, J. Improving Sustainability of Smart Cities through Visualization Techniques for Big Data from IoT Devices. *Sustainability* 2020, 12, 5595.

42 Donner, H.; Eriksson, K.; Steep, M. *Digital Cities: Real Estate Development Driven by Big Data*; Global Projects Centre: Stanford, CA, USA, 2017; pp. 1–22.

43 Pavlov, Kostiantyn, et al. "Socio-Economic Dimensions of State Regulation of Sustainable Development: Innovative Approaches to Improving the Organisational Mechanism." *ECONOMICS-INNOVATIVE AND ECONOMICS RESEARCH JOURNAL* 13.3 (2025): 539-557.

44 Du, D.; Li, A.; Zhang, L. Survey on the Applications of Big Data in Chinese Real Estate Enterprise. *Procedia Comput. Sci.* 2014, 30, 24–33.

45 Xiao, Y. *Big Data for Comprehensive Analysis of Real Estate Big Data for Comprehensive Analysis of Real Estate Market*. Master's Thesis, California State University, San Bernardino, CA, USA, 2022. Available online: <https://scholarworks.lib.csusb.edu/etd/1596>.

46 МАТІЙЧУК, Любомир, Володимир ГОТОВИЧ, and Віталій БОНАР. "Порівняння ефективності методів некерованого машинного навчання для виявлення аномалій в OBD2 даних." *MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES* 1 (2025): 407-414.

47 Tekouabou, S.C.K.; Gherghina, S.,C.; Kameni, E.D.; Filali, Y.; Gartoumi, K.I. AI-Based on Machine Learning Methods for Urban Real Estate Prediction: A Systematic Survey. *Arch. Comput. Methods Eng.* 2024, 31, 1079–1095.

48 Yang, J. Data-Driven Investment Strategies in International Real Estate Markets: A Predictive Analytics Approach. *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.* 2024, 3, 247–258.

49 Rockel, G.; Rusko, M.; Predajnianska, A. Reshaping the World with Computer Technologies and Their Impact on the Development of Processes in the Field of Real Estate Trading. *Qual. Innov. Prosper.* 2024, 28, 99–113.

50 Pan, Y.; Zhang, L. Integrating BIM and AI for Smart Construction Management: Current Status and Future Directions. *Arch. Comput. Methods Eng.* 2023, 30, 1081–1110.

51 Muzahem Alsahan, I.; Ibraheem AlZaidan, Z. Unleashing the Power of Artificial Intelligence in Real Estate Valuation: Opportunities and Challenges Ahead. *J. Knowl. Learn. Sci. Technol.* 2024, 3, 1–10.

52 Bechina, K.; Arntzen, A.A. A system of systems approach to smart Building Management: An AI vision for Facility Management. In *Proceedings of the 2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference, SOSE 2022, Rochester, NY, USA, 7–11 June 2022*; pp. 452–456.

53 Mahule, A., Roy, K., Sawarkar, A. D., & Lachure, S. (2024). Enhancing environmental resilience: Precision in air quality monitoring through ai-driven real-time systems. *Artificial intelligence for air quality monitoring and prediction*, 48–74. <http://dx.doi.org/10.1201/9781032683805-4>

54 Rizi, M. H. P., & Seno, S. A. H. (2022). A systematic review of technologies and solutions to improve security and privacy protection of citizens in the smart city. *Internet of things*, 20, 100584. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100584>

55 Eleonora Cappuccio, D. Fadda, Rosa Lanzilotti, and Salvatore Rinzivillo. 2024. Fiper: A visual-based explanation combining rules and feature importance. *ArXiv*, abs/2404.16903.

56 Zhengxian Chen, Maowei Wang, and Cong Li. 2023. City electric power consumption forecasting based on big data neural network under smart grid background. *ArXiv*, abs/2309.00245.

57 Aakanksha Chowdhery, Sharan Narang, Palm: Scaling language modeling with pathways. *ArXiv*, abs/2204.02311.

58 Chris Emmery. 2023. User-centered security in natural language processing. *ArXiv*, abs/2301.04230.

59 Amr Gomaa, Bilal Mahdy, Niko Kleer, M. Feld, F. Kirchner, and A. Krüger. 2023. Teach me how to learn: A perspective review towards user-centered neuro-symbolic learning for robotic surgical systems. *ArXiv*, abs/2307.03853.

60 Bin Han and B. Howe. 2023. Adapting to skew: Imputing spatiotemporal urban data with 3D partial convolutions and biased masking. *ArXiv*, abs/2301.04233.

61 Ryo Kamoi, Tanya Goyal, Juan Diego Rodriguez, and Greg Durrett. 2023. Wice: Real-world entailment for claims in Wikipedia. pages 7561-7583.

62 Tushar Khot, Peter Clark, Michal Guerquin, Peter Alexander Jansen, and Ashish Sabharwal. 2019. Qasc: A dataset for question answering via sentence composition. ArXiv, abs/1910.11473.

63 Shubham Mante. 2023. Iot data processing for smart city and semantic web applications. ArXiv, abs/2306.16728.

64 Long Ouyang, Jeff Wu, Xu Jiang, Diogo Almeida, Carroll L. Wainwright, Pamela Mishkin, Chong Zhang, Jan Leike, and Ryan J. Lowe. 2022. Training language models to follow instructions with human feedback. ArXiv, abs/2203.02155.

65 Ткачук, К. Н., Зацарний, В. В., Зеркалов, Д. В., Полукаров, О. І., Коз'яков, В. С., Мітюк, Л. О., ... & Луц, Т. Є. (2014). Основи охорони праці.

66 Левченко, О. Г. (2024). Охорона праці та цивільний захист.

67 Методика планування заходів з евакуації: затверджена наказом Міністерства внутрішніх справ України від 10 липня 2017 року № 579. – Київ: Міністерство внутрішніх справ України, 2017. – 50 с.

68 Постанова Кабінету Міністрів України від 30.10.2013 № 841.

69 Баранов, Максим Дмитрович. "Розроблення автоматизованої системи пожежної безпеки на промисловому підприємстві." (2022).

ДОДАТКИ

Тези конференцій

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

МАТЕРІАЛИ

ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



17-18 грудня 2025 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2025**

ПРОГРАМНИЙ КОМПІТЕТ

Голова: Микола Приймак– професор кафедри комп'ютерних систем та мереж, д.т.н., професор;

Співголови: Павло Марущак– докт. техн. наук, професор, проректор з наукової роботи.
Ігор Баран– канд. техн. наук, доцент, декан факультету ФІС.

Науковий секретар: Галина Семенишин– старший викладач.

Члени: докт. фіз.-мат. наук, професор Василь Кривень; докт. техн. наук, професор Ярослав Литвиненко; докт. техн. наук, професор Микола Карпінський; докт. фіз.-мат. наук, професор Михайло Петрик; канд. техн. наук, доцент Галина Осухівська; канд. пед. наук, доцент Жанна Баб'як; канд. техн. наук, доцент Наталія Загородна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМПІТЕТ

Голова: Юрій Скоренький– канд. фіз.-мат. наук, доцент, завідувач кафедри фізики

Члени: канд. техн. наук, доцент Вячеслав Никитюк; канд. техн. наук, доцент Дмитро Михалик; канд. техн. наук, доцент Марія Стадник; канд. техн. наук, доцент Євгенія Тиш; ст. викладач Ліліана Джиджора.

Матеріали XIII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 17–18 грудня 2025 р.). – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025. –162 с.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,
тел. (0352) 52-41-33, факс (0352) 254983.

E-mail: conffis2025@gmail.com

Редагування, оформлення та верстка: Галина Семенишин

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- Математичне моделювання;
- Інформаційні системи та технології;
- Комп'ютерні системи та мережі;
- Програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем;
- Новітні фізико-технічні та освітні технології.

В збірнику надруковано тези доповідей XIII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 17–18 грудня 2025 р.) за такими науковими напрямками: математичне моделювання; інформаційні системи та технології; комп'ютерні системи та мережі; програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем; новітні фізико-технічні та освітні технології.

Розрахований на науковців, викладачів та студентів вузів.

За зміст тез та дотримання норм академічної доброчесності відповідальність несе автор.

© Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, 2025]

В. Кокайло АНАЛІЗ МЕТААСАМБЛЕВІХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МЕДИЧНИХ ДІАГНОЗІВ V. Kokailo ANALYSIS OF META-ENSEMBLE ALGORITHMS FOR MEDICAL DIAGNOSIS CLASSIFICATION	202
Е. Приймачук ЦИФРОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ (SMART GRID) ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ (SCADA, ADMS) Е. Pryimachuk DIGITAL ELECTRICITY GRIDS (SMART GRID) AND INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS (SCADA, ADMS)	203
Н. Луцьк, В. Антонюк, А. Паламар СТРУКТУРА ІОТ-СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ N. Lutsyk, V. Antoniuk, A. Palamar STRUCTURE OF AN IOT SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF ELECTRICAL NETWORKS IN RESIDENTIAL PREMISES	204
М. Боднар, Г. Вовнянка, В. Дуда ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У РОЗУМНИХ МІСТАХ M. Bodnar, H. Vovnianka, V. Duda ADVANCED DATA PROCESSING TECHNOLOGIES IN SMART CITIES	205
І. Вітів, А. Кривецький, М. Боднар БАГАТОВИМІРНЕ АНАЛІТИЧНЕ ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ДАНИХ I. Vitiv, A. Kryvetskyi, M. Bodnar BIG DATA MULTIDIMENSIONAL ANALYTICAL PROCESSING	206
Г. Вовнянка, Д. Ониськів, А. Кривецький ПЕРСПЕКТИВИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ РОЗУМНИХ МІСТ H. Vovnianka, D. Onyskiv, A. Kryvetskyi PROSPECTS OF ANALYTICAL PROCESSING OF SMART CITIES DATA	207
О. Котлінський, І. Вітів, С. Довгалюк РОЗУМНІ МІСТА – КОНЦЕПТИ ТА НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ O. Kotlinskyi, I. Vitiv, S. Dovhaliuk SMART CITIES – CONCEPTS AND RESEARCH DIRECTIONS	208
В. Лабчук, Р. Захарченко ДЕЗІНФОРМАЦІЯ ВОРОЖИХ СИЛ ЗАСОБАМИ SMALL DATA V. Labchuk, R. Zakharchenko DISINFORMATION OF ENEMY FORCES WITH THE HELP OF SMALL DATA	209
А. Микитишин, С. Гавриць, О. Колеснік РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ A. Mikitishin, S. Havrys, O. Kolesnik DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR CNC MACHINES	211
Р. Михайлишин, М. Приймак КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІОТ-СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КІЛЬКОСТІ ЛЮДЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ R. Mykhailyshyn, M. Pryimak COMPUTERIZED IOT SYSTEM FOR MONITORING THE NUMBER OF PEOPLE USING CLOUD TECHNOLOGIES	212
Д. Ониськів, С. Довгалюк, О. Котлінський СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДОВКІЛЛЯ D. Onyskiv, S. Dovhaliuk, O. Kotlinskyi ENVIRONMENTAL INDICATORS MONITORING SYSTEMS	213

УДК 004.03

Г. Вовнянка; Д. Ониськів; А. Кривецький

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ РОЗУМНИХ МІСТ

UDC 004.03

H. Vovnianka; D. Onyskiv; A. Kryvetskyi

PROSPECTS OF ANALYTICAL PROCESSING OF SMART CITIES DATA

Поява «розумних міст» призвела до утворення надлишку даних із різних міських джерел, що вимагає надійних методів для ефективної обробки цієї інформації. Розпізнавання іменованих інформаційних сутностей є критично важливим для вилучення значущої аналітичної інформації із цих потоків даних. Взаємодія з користувачами відіграє критично важливу роль у процесах дослідження даних, особливо в контекстах «розумних міст», де необхідно враховувати різноманітні потреби та наміри користувачів.

Останні досягнення в галузі мовних моделей діють змогу моделям швидко адаптуватися до запитів користувачів без великих наборів даних для конкретних завдань [1]. Однак, саме лише збільшення розміру моделі не гарантує точної інтерпретації запитів користувачів. Узгодження моделей з людськими запитами шляхом тонкого налаштування із використанням зворотного зв'язку від користувачів може значно підвищити задоволеність запитів та якість результатів. Проте, у контексті аналітики міського середовища існують значні виклики щодо приватності та інтеграції даних. Застосування для аналітичного опрацювання даних у режимі реального часу повинні вирішувати проблеми конфіденційності, при цьому ефективно використовуючи цінні дані для вдосконалення застосувань великих даних орієнтованим на запити способом [2]. Безпека та конфіденційність у контекстно-залежних системах охорони здоров'я є невід'ємною частиною створення надійних та ефективних рішень у межах «розумних міст». Тому для вирішення цих взаємопов'язаних завдань необхідні програмно-алгоритмічні рішення, які надають пріоритет орієнтованим на користувача перспективам та ефективно інтегрують різноманітні системи.

Взаємопов'язані системи у міському середовищі мають на меті покращити управління через систематичне використання даних «розумних міст» [2]. Вирішення проблем масштабованості та доступності даних у межах цифрових двійників «розумних міст» може бути досягнуто за допомогою підходів із використанням синтетичних даних. Методи прогнозного моделювання, як от нейронні мережі, слугують вирішальними інструментами для прогнозування споживання електроенергії містом, інформуючи електроенергетичну промисловість про ключові тенденції споживання [3]. Крім того, системи реального часу дають змогу безпечно та ефективно управляти біометричними даними, підвищуючи можливості розподілених мереж.

Література

1. Naveed, Humza, et al. "A comprehensive overview of large language models." *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology* 16.5 (2025): 1-72.
2. Dahmane, Walid Miloud, Samir Ouchani, and Hafida Bouarfa. "Smart cities services and solutions: A systematic review." *Data and Information Management* 9.2 (2025): 100087.
3. Alhasnawi, Bilal Naji, et al. "The rising, applications, challenges, and future prospects of energy in smart grids and smart cities systems." *Energy Conversion and Management: X* (2025): 101162.

УДК 004.03

Д. Ониськів; С. Довгалиук; О. Котлінський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДОВКІЛЛЯ

UDC 004.03

D. Onyskiv; S. Dovhaliuk; O. Kotlinskyi

ENVIRONMENTAL INDICATORS MONITORING SYSTEMS

Забруднення навколишнього середовища стало значною проблемою, що впливає на екосистеми, здоров'я людини та загальну стійкість. Забруднення повітря та води, зокрема, спричиняє респіраторні захворювання, серцево-судинні захворювання та хворобами, що передаються через воду – що робить високоефективні системи спостереження показників навколишнього середовища критично важливими [1]. Традиційні підходи до спостереження навколишнього середовища використовують ручний відбір проб та лабораторний аналіз, що є доволі трудомісткими та часто не забезпечують аналітичного опрацювання даних в режимі реального часу. Відповідно до цих потреб з'явилися інтелектуальні системи спостереження параметрів навколишнього середовища – це високотехнологічне рішення, що інтегрує датчі, засоби аналітичного опрацювання даних та автоматизації процесів для постійного відстеження рівня забруднення довкілля. Для підвищення ефективності процесів управління навколишнім середовищем інтелектуальні системи спостереження параметрів навколишнього середовища використовують:

- Інтернет речей (IoT).
- Штучний інтелект (AI).
- Аналітичне опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних.

Впровадження інтелектуальних систем спостереження параметрів навколишнього середовища привертає значну увагу в академічних та виробничих колах впродовж останніх років завдяки їхній здатності надавати просторові та часові дані високої роздільної здатності для спостереження та регулювання показників якості повітря та води. Спостереження та регулювання показників якості повітря за допомогою інтелектуальних технологій стає важливим для оцінки концентрації забруднювачів, як от:

- тверді частинки – PM2.5 та PM10;
- оксиди азоту – NOx;
- діоксид сірки – SO₂
- леткі органічні сполуки.

Системи спостереження параметрів повітря на основі Інтернету речей використовують недорогі бездротові сенсорні мережі для збору та передачі даних у режимі реального часу та зберігають дані на хмарні платформи [2], що дає змогу органам влади своєчасно вживати заходів. Моделі на базі штучного інтелекту, включаючи алгоритми машинного навчання, сприяють прогнозній аналітиці для прогнозування тенденцій забруднення на основі історичних даних

Література

1. Ramani, D. Roja, B. Ben Sujitha, and Shrikant Tangade. "Smart Environmental Monitoring Systems: IoT and Sensor-Based Advancements." *Environmental Monitoring Using Artificial Intelligence* (2025): 45-60.
2. Hassan, Ahmed K., et al. "Low-cost iot air quality monitoring station using cloud platform and blockchain technology." *Applied Sciences* 14.13 (2024): 5774.