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: Моделювання інформаційних потоків і соціальних взаємодій у «розумних містах» за допомогою аналізу великих даних

Виконав: студент VI курсу, групи СНнм-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

_____ Миськів С. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Липак Г.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Никитюк В. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент _____ Оробчук О. Р.
(підпис) (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)
«____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Миськів Сергій Русланович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделювання інформаційних потоків і соціальних взаємодій у «розумних містах» за допомогою аналізу великих даних

Керівник роботи Липак Галина Ігорівна, доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » листопада 2024 року № 4/7-1139

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 травня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про роль великих даних у формуванні інформаційних потоків у «розумних містах».

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1 Теоретичні засади моделювання інформаційних потоків і соціальних взаємодій. 2 Методи та інструменти аналізу великих даних у міському середовищі. 3 Розробка моделі інформаційних потоків в громадському транспорті «розумного міста». 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1 Титульний слайд. 2 Мета. 3 Постановка завдань. 4 Інформаційні потоки, що забезпечують функціонування «розумного міста». 5 Ключові елементи моделей соціальних взаємодій «розумних міст». 6 Виклики та обмеження моделювання соціальної взаємодії «розумних міст». 7 Компоненти вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах». 8 Опис компонентів. 9 Процес перетворення даних громадського транспорту у рішення. 10 Архітектура цифрової інфраструктури громадського транспорту «розумного міста». 11 Модель інформаційних потоків громадського транспорту галузі «розумного міста». 12 Фундамент моделі інформаційних потоків громадського транспорту. 13 Висновки . 14 Фінальний слайд.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	29.11.2024	*Виконано*
2.	Підбір та опрацювання наукових публікацій, збір	02.12.2024-10.01.2025	*Виконано*
	даних по темі роботи		
3.	Виконання дослідження згідно теми кваліфікаційної	13.01.2025-14.03.2025	*Виконано*
	роботи		
4.	Оформлення розділу «Теоретичні засади моделювання	17.03.2025-28.03.2025	*Виконано*
	інформаційних потоків і соціальних взаємодій»		
5.	Оформлення розділу «Методи та інструменти аналізу	31.03.2025-11.04.2025	*Виконано*
	великих даних у міському середовищі»		
6.	Оформлення розділу «Розробка моделі інформаційних	14.04.2025-25.04.2025	*Виконано*
	потоків в громадському транспорті «розумного		
	міста»»		
7.	Виконання завдань до підрозділу «Охорона праці»	28.04.2025-02.05.2025	*Виконано*
8.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в	28.04.2025-02.05.2025	*Виконано*
	надзвичайних ситуаціях»		
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	05.05.2025-09.05.2025	*Виконано*
10.	Нормоконтроль	12.05.2025-15.05.2025	*Виконано*
11.	Перевірка на плагіат	16.05.2025	*Виконано*
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	19.05.2025	*Виконано*
13.	Захист кваліфікаційної роботи	29.05.2025	

Студент _____ Миськів С.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Липак Г.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Моделювання інформаційних потоків і соціальних взаємодій у «розумних містах» за допомогою аналізу великих даних // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Миськів Сергій Русланович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНнм-61 // Тернопіль, 2025 // С. 81, рис. – 34, табл. – 14, додат. – 1, бібліогр. – 94.

Ключові слова: «розумне місто»; великі дані; інформаційні потоки; інформаційна модель; аналіз великих даних; моделювання інформаційних потоків; соціальна взаємодія.

Кваліфікаційна робота присвячена моделюванню інформаційних потоків у «розумних містах» за допомогою аналізу великих даних.

У першому розділі кваліфікаційної роботи рівня «Магістр» було висвітлено поняття та особливості «розумного міста». Проаналізовано загальну структуру «розумного міста». Досліджено та проаналізовано види інформаційних потоків в міському середовищі. Наведено приклади соціальних взаємодій у цифровому міському просторі. Ознайомлено з основами побудови моделей соціальних взаємодій.

У другому розділі кваліфікаційної роботи рівня «Магістр» проаналізовано успішні кейси впровадження та використання великих даних у «розумних містах». Досліджено інструменти для збору, обробки, візуалізації великих даних. Проаналізовано виклики масштабування та інтеграції даних інформаційних потоків у «розумних містах».

У третьому розділі кваліфікаційної роботи рівня «Магістр» було описано вербальну модель інформаційних потоків «розумного міста». Створено модель інформаційних потоків громадського транспорту «розумного міста». Описано архітектуру цифрової інфраструктури громадського транспорту «розумного міста».

ANNOTATION

Modeling of Information Flows and Social Interactions in Smart Cities Using Big Data Analysis // The educational level "Master" qualification work // Serhiy Ruslanovych Myskiv // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNnm-61 group // Ternopil, 2025 // P. 81, fig. - 34, tables - 14, annexes - 1, ref. - 94.

Key words: smart city; big data; information flows; information model; big data analysis; information flow modeling; social interaction.

The qualification work is devoted to modeling information flows in smart cities using big data analysis.

The first chapter of the master's thesis highlights the concept and features of a smart city. The general structure of a smart city is analyzed. The types of information flows in the urban environment are researched and analyzed. Examples of social interactions in the digital urban space are given. The basics of building models of social interactions are introduced.

The second chapter of the Master's thesis analyzes successful cases of implementation and use of big data in smart cities. The tools for collecting, processing, and visualizing big data are explored. The challenges of scaling and integrating these information flows in smart cities are analyzed.

The third chapter of the master's thesis describes a verbal model of information flows in a smart city. A model of information flows of public transport in the field of smart city was created. The architecture of the digital infrastructure of public transport of the smart city is described.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БД – база даних – система організованого зберігання даних.

5G – п’яте покоління мобільного зв’язку – високошвидкісна технологія бездротової передачі даних.

AI (англ. Artificial Intelligence) – штучний інтелект.

API (англ. Application Programming Interface) – інтерфейс програмування застосунків.

GPS (англ. Global Positioning System) – глобальна система позиціонування.

IoT (англ. Internet of Things) – інтернет речей.

LPWAN (англ. Low Power Wide Area Network) – енергоефективна мережа з широким покриттям.

ML (англ. Machine Learning) – машинне навчання.

NoSQL (англ. Not Only SQL) – тип бази даних, орієнтований на зберігання неструктурованих або напівструктурованих даних без використання реляційної моделі.

RF (англ. Radio Frequency) – радіочастота.

SNA (англ. Social Network Analysis) – аналіз соціальних мереж.

UAV (англ. Unmanned Aerial Vehicle) – безпілотний літальний апарат.

Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity) – технологія бездротового зв’язку для передачі даних.

ZigBee – енергоефективний протокол бездротового зв’язку малого радіусу дії, що використовується в пристроях інтернету речей.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ І СОЦІАЛЬНИХ ВЗАЄМОДІЙ 10
1.1 Поняття та особливості «розумного міста» 10
1.2 Інформаційні потоки в міському середовищі 12
1.3 Соціальні взаємодії у цифровому міському просторі 14
1.4 Основи побудови моделей соціальних взаємодій 17
1.5 Роль великих даних у «розумних містах» 19
1.6 Висновки до першого розділу 21
2 МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ ДАНИХ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ 22
2.1 Аналіз використання великих даних в громадському транспорті «розумних міст» 22
2.2 Методи збору та попередньої обробки даних 22
2.3 Методи аналізу соціальних взаємодій у «розумних містах» 26
2.4 Інструменти аналізу великих даних у «розумних містах» 30
2.4.1 Інструменти та технології для моделювання інформаційних потоків 32
2.4.2 Аналіз досвіду «Transport Bus Initiative» в обробці інформаційних потоків міста 37
2.5 Перспективи моделювання інформаційних потоків у «розумних містах» 41
2.6 Висновок до другого розділу 45
3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ «РОЗУМНОГО МІСТА» 46
3.1 Концептуальна вербальна модель аналізу інформаційних потоків у «розумних містах» 46

3.2 Розробка моделі інформаційних потоків в сфері громадського транспорту «розумного міста» 52
3.3 Висновок до третього розділу 58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 60
4.1 Професійні ризики та заходи безпеки при моделюванні соціальних взаємодій на основі великих даних 60
4.2 Вплив тривалої роботи з комп'ютерними моніторами на зір фахівців з обробки великих даних 61
4.3 Планування заходів цивільного захисту на об’єкті у випадку надзвичайної ситуації 64
4.4 Висновок до четвертого розділу 68
ВИСНОВКИ 70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ 72
ДОДАТКИ

ВСТУП

Актуальність теми. «Розумне місто» – це нові можливості для ефективного управління урбаністикою, враховуючи технологічний прогрес та аналіз даних. Інформаційні потоки та соціальні взаємодії відіграють ключові ролі у функціонуванні міської інфраструктури.

Одним із викликів «розумного міста» є перевантаженість транспортних мереж. Наслідок – затори, забруднення повітря. Аналіз інформаційних потоків та соціальних взаємодій дозволяє спрогнозувати транспортні навантаження, оптимізувати маршрути громадського транспорту, як наслідок, підвищити ефективність дорожнього руху.

Ще одна проблема – можливості міських сервісів. Аналіз великих даних дозволяє краще розуміти потреби мешканців, оптимізувати розподіл ресурсів і підвищувати якість комунальних послуг, забезпечуючи швидке реагування на зміни в міському середовищі.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є розробити та апробувати модель інформаційних потоків громадського транспорту «розумного міста» з використанням методів аналізу великих даних для підвищення ефективності управління міським середовищем. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- дослідити основні інформаційні потоки, що забезпечують функціонування «розумного міста»;
- проаналізувати способи формування та реалізації соціальної комунікації в «розумному місті»;
- описати вербальну концептуальну модель інформаційних потоків «розумного міста» з деталізацією її компонентів;
- описати архітектуру цифрової інфраструктури громадського транспорту;
- проаналізувати процес перетворення даних у конкретне рішення;

- розробити модель інформаційних потоків громадського транспорту галузі «розумного міста».

Об’єкт дослідження Інформаційні процеси та соціальні взаємодії в міському середовищі «розумного міста».

Предмет дослідження. Методи і моделі аналізу та візуалізації інформаційних потоків і соціальних взаємодій у «розумному місті» з використанням великих даних.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у розробленій моделі, що поєднує структурно-функціональний та динамічний аналіз цифрової активності користувачів громадського транспорту «розумного міста».

Практичне значення одержаних результатів. Створено модель, яка може бути інтегрована в системи міського моніторингу для підтримки прийняття рішень в громадському транспорті «розумного міста» на рівні муніципального управління.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на XII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (м. Тернопіль, 2024 р.) та XVIII всеукраїнській науково-практичній Web конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп’ютерні інтелектуальні системи та мережі» (м. Кривий Ріг, 2025 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференцій (наведено у додатках А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 94 найменувань та 1 додатку. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 81 сторінку, з них 61 сторінка основного тексту, який містить 34 рисунка та 14 таблиць.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ І СОЦІАЛЬНИХ ВЗАЄМОДІЙ

1.1 Поняття та особливості «розумного міста»

«Розумне місто» – система, що виникла завдяки ефективній інтеграції фізичних, цифрових та людських компонентів, де взаємодія між технологіями передачі даних, пристроями інтернету речей (IoT) та міськими комунікаціями є ключовою. «Розумні міста» – це основа для інтеграції інтелектуальних транспортних систем для підвищення якості життя мешканців [1].

Основу «розумного міста» складають шість ключових компонентів:

- «розумна економіка» – економічна модель, що базується на високотехнологічних галузях, які використовують інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) на різних етапах виробничого циклу;
- «розумне переміщення» – стійкі, інноваційні та безпечні транспортні системи, побудовані на ІКТ-інфраструктурі, що сприяють покращенню міської мобільності та зручності пересування жителів;
- «розумні люди» – мешканці, з високим рівнем освіти та кваліфікації, які активно беруть участь у громадському житті «розумного міста» та його розвитку;
- «розумне життя» – забезпечення високого рівня якості життя, який включає розвиток культури, охорони здоров’я, безпеки, житлових умов і туризму;
- «розумне самоврядування» – інтерактивне й ефективне місцеве управління, яке сприяє комплексному функціонуванню міської інфраструктури;
- «розумне довкілля» – впровадження енергоефективних рішень, таких як замкнені енергетичні мережі, системи моніторингу забруднення, реконструкція та будівництво екологічних будинків, а також підвищення ефективності «розумного міста» [2].

Загальна структура «розумного міста» наведена на рисунку 1.1.

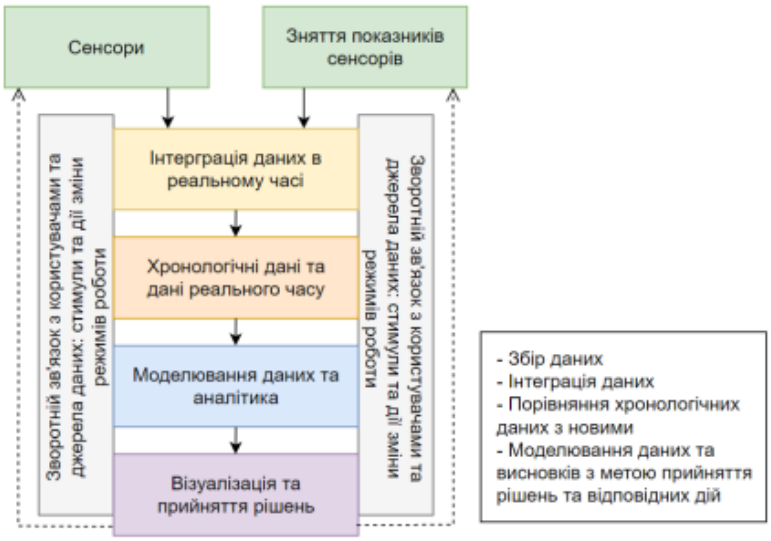

Рисунок 1.1 – Загальна структура «розумного міста» [3]

Спочатку сенсори здійснюють зняття показників навколишнього середовища, які потім інтегруються в систему в реальному часі. Дані накопичуються в хронологічному порядку та аналізуються разом із новими показниками, що дозволяє проводити моделювання процесів, виявляти закономірності й прогнозувати розвиток ситуацій. На основі отриманих результатів відбувається візуалізація інформації для користувача та ухвалення рішень, після чого система формує зворотний зв'язок, який може стимулювати зміну параметрів або режиму роботи пристроїв. Таким чином, забезпечується безперервний, адаптивний процес моніторингу та оптимізації завдяки злагодженій взаємодії між апаратними засобами, аналітичними інструментами та користувачами.

В Україні почали впроваджувати як цілісні концепції «розумного міста», так і окремі інструменти. Серед міст, що активно долучилися до цього процесу, Київ, Івано-Франківськ, Львів, Запоріжжя, Дрогобич, а тепер і Полтава [4].

Історія столичного проєкту Kyiv Smart City розпочалася у 2015 році, і за п’ять років він значно трансформував підходи до управління містом та впровадження послуг. Серед реалізованих ініціатив:

- запровадження «Картки киянина»;
- можливість подання онлайн-петицій;
- електронний запис на прийом до лікаря;

- запис дітей до закладів дошкільної освіти;
- створення міської системи відеоспостереження із функціями розпізнавання обличь і номерів автомобілів [3].

Ці заходи демонструють приклад ефективного використання розумних рішень для підвищення якості життя мешканців.

Під час перетворення міста у розумне можна виділити кілька характерних рис. На рисунку 1.2 наведені найбільш поширені риси, які зустрічаються у містах в процесі трансформації у розумне [5].

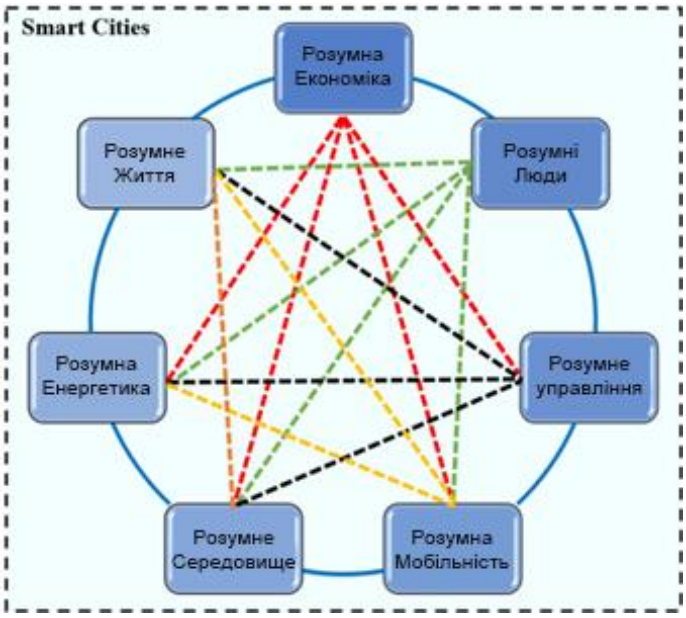

Рисунок 1.2 – Найбільш поширені риси, які зустрічаються у містах в процесі трансформації у розумне [5]

Як можна побачити (див. рисунок 1.2), кожна з рис взаємопов’язана з іншими кількома. Наприклад, «Розумне Життя» пов’язана з «Розумні Люди», «Розумне Управління», «Розумна Мобільність» та «Розумне Середовище».

1.2 Інформаційні потоки в міському середовищі

Інформаційний потік – це рух інформації від джерела до отримувача, що визначається функціональними зв’язками між ними [6].

Аналіз інформаційного потоку можна здійснювати в трьох основних аспектах:

- синтаксичний аспект – зосереджується на формальних правилах побудови інформаційного потоку, визначаючи параметри його структури та взаємозв’язок між елементами;
- семантичний аспект – охоплює правила інтерпретації змісту кожного елементу потоку, що дозволяє розуміти його значення;
- прагматичний аспект – оцінює ступінь корисності інформації для досягнення управлінських цілей, акцентуючи увагу на її практичному застосуванні [6].

Комплексний аналіз інформаційного потоку забезпечує його структурну правильність, точність та практичну цінність.

Інформаційні потоки в «розумних містах» є ключовим елементом їхньої функціональної інфраструктури. Вони можуть бути у наступних системах: транспортних, безпекових, комунальних, сервісних тощо [7].

Якщо говорити про транспортні системи, то це можуть бути наступні моделі:

- дані про рух громадського та цивільного транспорту – потоки даних від GPS-пристроїв у громадському транспорті, таксі, каршерінгових сервісах для відстеження маршрутів і заторів у «розумних містах»;
- інформація для пасажирів (повідомлення на зупинках про час прибуття транспорту або зміни в розкладі);
- контроль світлофорів (автоматичне регулювання світлофорів на основі аналізу транспортного трафіку) [7].

Якщо говорити про безпеку, то це може бути система відеоспостереження або екстрених повідомлень, якщо про комунальні послуги – моніторинг споживання ресурсів, інформаційна система по виявленню аварій на ділянках водопостачання, газопостачання тощо [8].

Якщо говорити про додатки і сервіси, то це можуть бути наступні інформаційні системи для «розумного міста»:

- система розумного паркування, де є дані про доступні паркування, які відображаються у мобільних додатках;
- єдиний додаток для «розумного міста» з різними сервісами, на кшталт е-Тернопіль (головне вікно даного додатку наведено на рисунку 1.3), який містить в собі: сервіси для перегляду балансу картки на громадський транспорт, сервіс «Де транспорт», графіки відключень світла, сервіс для опитувань, новинний портал, попереджувальний сервіс про повітряні тривоги [9, 10].

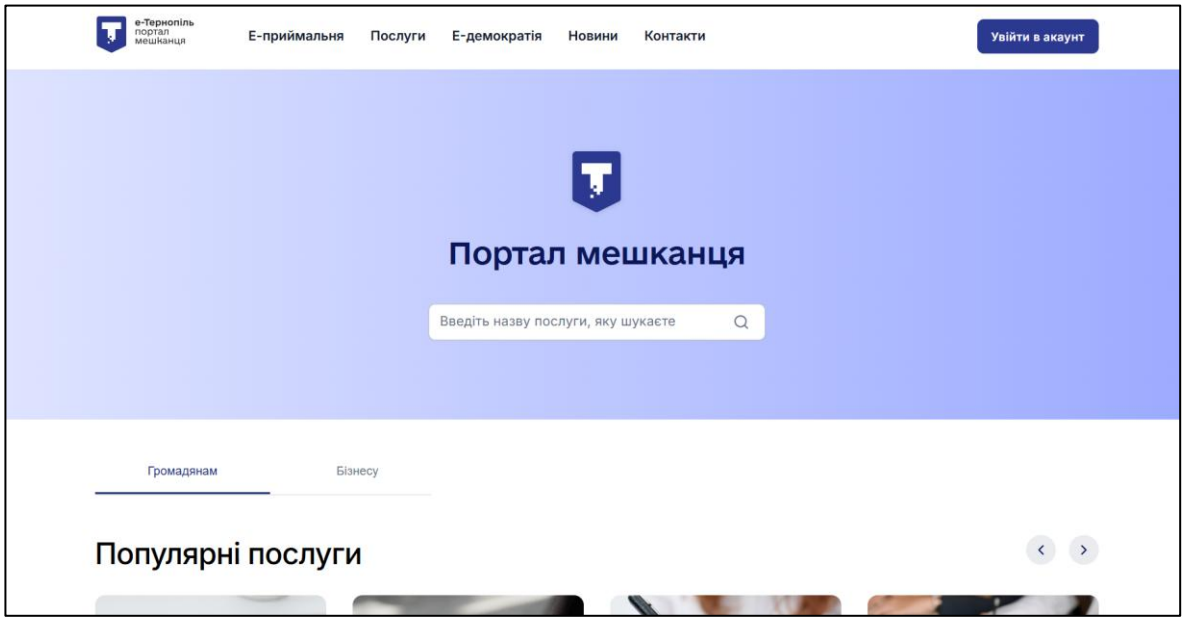

Рисунок 1.3 – Головне вікно додатку «е-Тернопіль» [10]

Приклади демонструють, як інформаційні потоки сприяють оптимізації міських процесів, покращенню якості життя мешканців і підвищенню ефективності управління «розумних міст».

1.3 Соціальні взаємодії у цифровому міському просторі

Прикладом соціальної взаємодії у цифровому міському просторі є трансформація дистанційного навчання як ключового компонента розумної освіти в контексті розвитку «розумних міст». Технології дистанційного навчання стають каталізатором переходу до більш інтелектуальних освітніх систем, що

відповідають концепції «розумних міст». Дослідження [11] висвітлює, як інтеграція розумних освітніх технологій сприяє формуванню людського капіталу, необхідного для сталого функціонування та розвитку розумних міських середовищ. У таблиці 1.1 наведено конфіденційність, безпеку та управління даними в смарт освіті в контексті «розумних міст».

Таблиця 1.1 – Конфіденційність, безпека та управління даними в смарт освіті в контексті «розумних міст» [11]

Дії для попередження загроз	**Важливість**
Технології шифрування	Важливо
Дотримання законодавства про дані	Важливо
Система управління	Ефективно
Навчання з питань етики даних	Необхідно

Доповнена реальність – це технологія, яка є синтезом реального світу з віртуальними об’єктами та дає їм змогу взаємодіяти в режимі реального часу [12]. Проведено експеримент: більше 2000 учасників були занурені у віртуальне середовище, яке моделювало громадський парк з різними елементами дизайну, з метою покращити соціальну взаємодію між людьми. Основний результат даного дослідження: вплив доповненої реальності відрізнявся в залежності від етнічної приналежності, доходу, статі та рівня освіти учасників, що може бути пов’язано з високим рівнем сегрегації та недовіри в місті [13]. Даний експеримент демонструє потенціал віртуальної реальності як ефективного, недорогого інструменту для діагностики соціальних явищ, збору зворотного зв’язку щодо «розумних міст» та сприяння соціальної взаємодії.

Розгортання роботів у «розумних містах» на технологіях штучного інтелекту – найближча перспектива. В деяких містах світу, вони вже заміняють офіціантів, прибиральників, екскурсоводів. Запропоновано архітектуру інтернету роботизованих речей для «розумного міста» [14] наведено на рисунку 1.4.

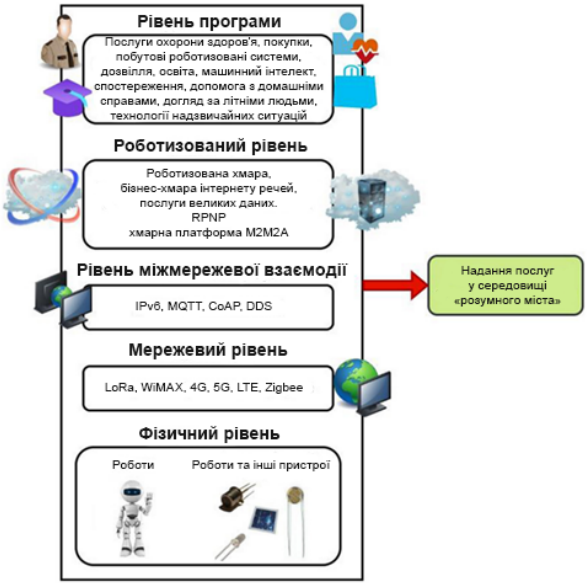

Рисунок 1.4 – Архітектура інтернету роботизованих речей для «розумного міста» [14]

Дана архітектура (див. рисунок 1.4) демонструє п’ять рівнів архітектури. Парадигма хмарної робототехніки базується на рівні робототехнічної інфраструктури. На цьому рівні знаходиться інфраструктура хмарної робототехніки IoT, великі дані, хмарні сервіси для бізнесу IoT та хмарні технології робототехніки [14].

Однією із соціальних взаємодій у цифровому міському просторі є туристичний портал. Концептуальна схема користувацького інтерфейсу прототипу туристичного інтернет-порталу наведена на рисунку 1.5.

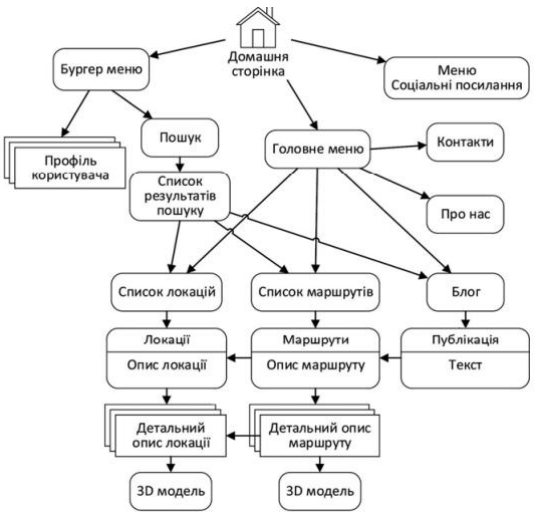

Рисунок 1.5 – Концептуальна схема користувацького інтерфейсу прототипу туристичного інтернет-порталу [15]

Інформація є ключовою у продажі туристичних послуг, стимулюючи попит і впливаючи на рішення споживача. Інтернет-портали дозволяють туристам отримувати детальні відомості про послуги, ціни та відгуки, що підвищує ефективність як процесу обслуговування, так і діяльності туристичних підприємств загалом [15].

1.4 Основи побудови моделей соціальних взаємодій

Побудова моделей соціальної взаємодії у «розумних містах» є важливим напрямом досліджень у міському плануванні, соціології, інформатиці та урбаністиці. Моделі допомагають аналізувати, прогнозувати й оптимізувати взаємодії між мешканцями, технологіями та інфраструктурою міста.

У наукових роботах системний підхід дозволяє розглядати «розумне місто» як складну соціотехнічну систему з багатьма взаємопов’язаними компонентами. Агентно-орієнтоване моделювання дає змогу змоделювати поведінку окремих мешканців і проаналізувати, як індивідуальні рішення впливають на міське середовище [16]. Мережевий підхід фокусується на взаємозв’язках між агентами через соціальні або інфраструктурні мережі, що дозволяє виявити критичні вузли для взаємодії чи інновацій [17].

Ключовими елементами моделей соціальної взаємодії є агенти (мешканці, автомобілі, пристрої) та їхнє оточення (інфраструктура, сервіси) [18]. Моделі описують правила, за якими ці агенти взаємодіють між собою – через пересування, обмін інформацією чи вплив середовища. Основою таких моделей стають дані, зібрані з датчиків, мобільних додатків і соціальних мереж.

Інтернет речей (IoT) забезпечує безперервний збір даних про стан міського середовища та поведінку мешканців [19]. Великі дані та аналітика дозволяють обробляти ці обсяги інформації для виявлення патернів і прогнозування подій [20]. AI та геоінформаційні системи (GIS) забезпечують адаптивне управління та просторовий аналіз соціальної активності [21]. На рисунку 1.6 наведено поділ технологій штучного інтелекту в «розумних містах».

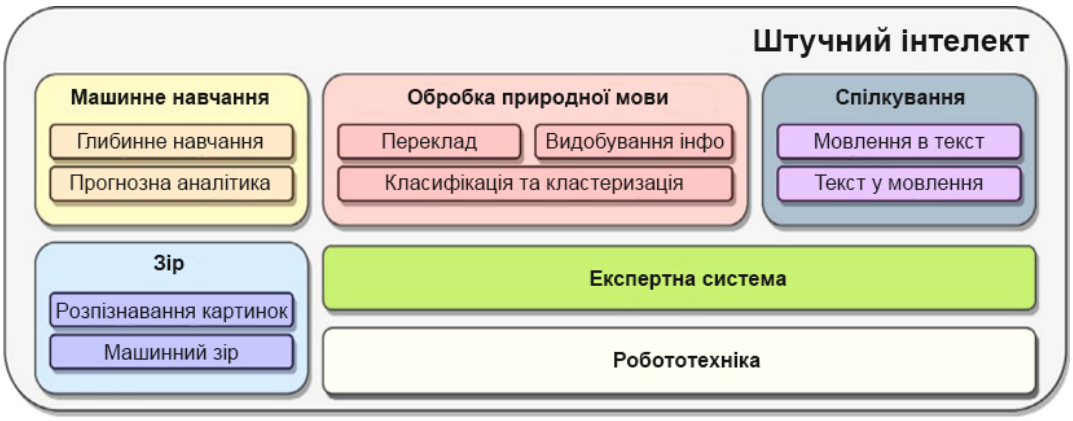

Рисунок 1.6 – Поділ технологій штучного інтелекту в «розумних містах» [21]

Діаграма (див. рисунок 1.6) ілюструє напрями розвитку штучного інтелекту:

- машинне навчання (глибинне навчання та аналітика даних);
- обробка природної мови (переклад, витяг інформації, аналітика прогнозування);
- обробка мовлення, яка включає перетворення мовлення в текст та перетворення тексту в мовлення;
- комп'ютерний зір (розпізнавання зображень, машинний зір);
- експертні системи;
- робототехніка.

Виклики та обмеження моделювання соціальної взаємодії «розумних міст» наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Виклики та обмеження моделювання соціальної взаємодії «розумних міст»

Виклики	**Обмеження**	**Приклад**
1	**2**	**3**
Конфіденційність	Збір соціальних даних потребує дотримання етичних норм та захисту приватності	Дані з мобільних пристроїв чи соцмереж можуть порушувати GDPR

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
Складність моделювання	Високий рівень різноманітності поведінки людей ускладнює формалізацію моделей	Неможливо точно змоделювати людську реакцію на кризову ситуацію
Технічні обмеження	Недостатня обчислювальна потужність або проблеми інтеграції IoT-інфраструктури	Неможливість обробити потоки даних у реальному часі

Моделі мобільності описують пересування людей і транспортних засобів у міському просторі, враховуючи фактори часу, погоди чи подій. У надзвичайних ситуаціях моделі імітують поведінку мешканців при евакуації або дотриманні карантинних заходів. Також моделюються цифрові взаємодії через сервіси міста або соціальні мережі, що дозволяє аналізувати рівень залучення громадян.

1.5 Роль великих даних у «розумних містах»

Великі дані формуються внаслідок генерування даних з різних джерел – смартфонів, комп’ютерів, сенсорів та давачів навколишнього середовища, камер, GPS (систем географічного позиціонування), як мешканцями міст, так і самими пристроями [22]. За прогнозом дані створені, зібрані, скопійовані і спожиті в світі сумарно у 2030 році буде у 23,296 раз більше порівняно з 2015 [23].

Великі дані та їх аналіз є центральними елементами сучасної науки та бізнесу. Дані формуються з різноманітних джерел: онлайн транзакції, електронна пошта, відео, аудіо, зображення, журнали подій, публікації, пошукові запити, медичні записи, наукові дані, взаємодії в соціальних мережах, а також дані, отримані з датчиків, мобільних телефонів і їхніх додатків [24, 25].

Ці аспекти формують основу сучасного підходу до роботи з великими даними. На рисунку 1.7 наведено правило трьох «v» у великих даних [26].

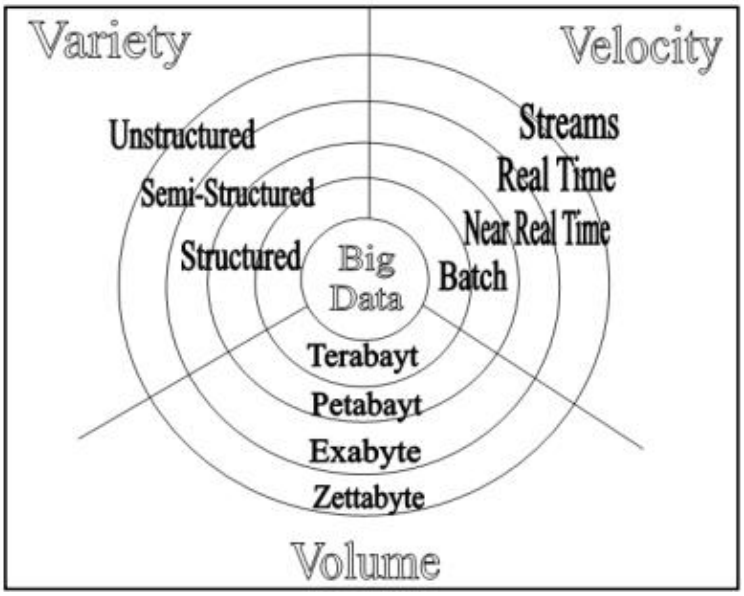

Рисунок 1.7 – Правило трьох «v» у великих даних [26]

Їх ключовими характеристиками є (див. рисунок 1.7):

- різноманітність (Variety) – дані надходять з різних джерел і представлені у різних форматах (структуровані, напівструктуровані та неструктуровані);
- швидкість (Velocity) – великі обсяги даних генеруються та обробляються у реальному часі;
- обсяг (Volume) – значний масштаб даних, що постійно зростає [26].

Кожен з елементів (див. рисунок 1.4) є важливою складовою великих даних. Правило трьох «v» використовується для опису великих наборів даних, які мають великий обсяг, велику різноманітність і високу швидкість.

Накопичення великих даних посилює потребу в зміні класичних підходів пов’язаних з аналітикою. Аналітика великих даних свідчить про реалізацію нових парадигм [27-29]. Основні атрибути:

- інтерпретації;
- процес інтеграції, агрегації та представлення даних;
- процес збору даних;
- процес видалення та очищення даних.

Великі дані є основою для розвитку «розумних міст», забезпечуючи ефективне управління, автоматизацію процесів та підвищення якості міських

послуг, що сприяє створенню стійких, безпечних та комфортних урбаністичних середовищ для мешканців.

1.6 Висновки до першого розділу

У першому розділі кваліфікаційної роботи рівня «Магістр» було висвітлено поняття та особливості «розумного міста». Проаналізовано загальну структуру «розумного міста». Досліджено та проаналізовано види інформаційних потоків в міському середовищі. Наведено приклади соціальних взаємодій у цифровому міському просторі.

Ознайомлено з основами побудови моделей соціальних взаємодій. Розглянуто виклики та обмеження моделювання соціальних взаємодій. Досліджено роль великих даних у «розумних містах». Описано правило трьох «v» у великих даних.

2 МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ ДАНИХ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

2.1 Аналіз використання великих даних в громадському транспорті «розумних міст»

У «розумних містах» великі дані відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного управління міською інфраструктурою та покращенні життя мешканців.

У контексті громадського транспорту «розумних міст», є ініціатива Google, яка базується на даних «розумних міст» під назвою «Project Green Light», яка використовує дані з Google Maps та алгоритми AI для оптимізації роботи світлофорів у містах. Принцип роботи наступний: Google збирає анонімізовані дані про рух транспорту з мобільних пристроїв через Google Maps, щоб визначити затори та неефективність на перехрестях. AI моделює оптимальні налаштування світлофорів і передає рекомендації міській владі для впровадження [30].

«Bus Open Data Service» у Великобританії – це національна платформа, яка забезпечує відкритий доступ до даних про розклади, тарифи та місцезнаходження автобусів у реальному часі. Завдяки цим даним розробники можуть створювати мобільні додатки для зручного планування маршрутів. Платформа сприяє аналізу ефективності транспортної мережі та підвищенню якості [31].

Moovit – це додаток поєднує офіційні дані громадського транспорту з інформацією, яку надають користувачі, включаючи затримки, переповненість та інші фактори, що впливають на поїздки [32].

2.2 Методи збору та попередньої обробки даних

Одним із викликів обробки великих даних у контексті «розумних міст» є інтеграція даних з різних джерел [33].

Джерела великих даних наведені на рисунку 2.1 [34].

Рисунок 2.1 – Великі дані у контексті «розумних міст» [34]

Розкриття великих даних у контексті «розумних міст» (див. рисунок 2.1):

- Sensor Data – дані від датчиків, які використовуються для моніторингу різних аспектів міського життя;
- Location – геолокаційні дані, що використовуються для навігації, логістики та аналізу переміщення;
- Database – БД, які зберігають та обробляють інформацію;
- Enterprise Data – корпоративні дані, що включають бізнес-аналітику та управління ресурсами;
- E-Mail – електронні листи, які можуть бути джерелом текстових даних та комунікаційного аналізу;
- HTML – вебдані, включаючи сайти, онлайн-сервіси та цифровий контент;
- Public Data – відкриті державні та суспільні дані;
- Click Stream – потік кліків користувачів у мережі, що використовується для аналізу поведінки;
- Social Media – дані з соціальних мереж, що включають текст, зображення, взаємодії користувачів;

- Transactions – фінансові транзакції, включаючи електронну комерцію та банківські операції;
- Images – мультимедійні дані, що можуть містити фотографії та відео.

Приклад інтеграції даних з різних джерел наведено на рисунку 2.2 [33].

Рисунок 2.2 – Приклад інтеграції даних з різних джерел [33]

Аналіз великих даних має багато викликів, зокрема обробку в реальному часі, роботу зі складними типами даних та паралельну обробку. Для їх вирішення потрібна модель, що враховує джерела даних, їхні властивості, зв’язки та функції [33].

- очищення та фільтрація даних (Data Cleansing) – видалення або виправлення некоректних, неповних чи зайвих записів;
- нормалізація (Data Normalization) – уніфікація даних для коректного аналізу (наприклад, якщо температура вимірюється у різних одиницях, Цельсій або Фаренгейтах, дані узгоджують в одному стандартному форматі);
- агрегація даних – об'єднання інформації з різних джерел у загальні таблиці або структури (формування єдиної бази даних про пасажиропотоки різних автобусних маршрутів або зведення показників датчиків міської інфраструктури);
- заповнення пропусків (Interpolation) – застосування методів інтерполяції для відновлення відсутніх або пошкоджених значень, зберігаючи структуру даних;
- перетворення даних (Data Transformation) – зміна формату або представлення інформації для покращення її обробки (конвертація текстових

даних у числові значення для аналізу або застосування спеціальних функцій для трансформації показників) [35];

На рисунку 2.3 наведено діаграму викликів у перетворенні даних на інформацію для «розумних міст». Вона демонструє, як дані використовуються, які існують виклики під час трансформації цих даних в корисну інформацію та які джерела даних залучені в процесі [36].

Рисунок 2.3 – Діаграма викликів у перетворенні даних на інформацію для «розумних міст» [36]

У нижній частині діаграми (див. рисунок 2.3) зображено джерела даних у «розумних містах». Дані надходять від громадян і відвідувачів (наприклад, дані про транспорт, скарги, мобільні дзвінки, соціальні мережі) та від місцевої влади й компаній (зокрема, адміністративні, інфраструктурні, екологічні та корпоративні дані).

Наступний рівень – це виклики при перетворенні зібраних даних на корисну інформацію. У верхній частині схеми зображено сфери, у яких дані можуть бути корисними для «розумного міста».

Ще одним викликом обробки великих даних у «розумних містах» є персональні дані. Захист персональних даних у «розумних містах» має вирішальне значення через ризики для приватності, пов'язані з обміном інформацією. Ризик конфіденційності – це ризик, який пов’язаний з розкриттям особистої інформації [37].

2.3 Методи аналізу соціальних взаємодій у «розумних містах»

Методи аналізу соціальних взаємодій відіграють велику роль у забезпеченні ефективного управління даними в умовах «розумних міст». Вони дозволяють обробляти великі обсяги даних, зібраних з різних джерел, виявляти певні закономірності та на основі них формувати управлінські рішення.

Статистичний аналіз – один із методів опрацювання даних. Методи статистичного аналізу застосовуються для аналізу доказів своїх гіпотез. Етапи статистичного аналізу наведені на рисунку 2.4 [38].

Рисунок 2.4 – Етапи статистичного аналізу [38]

До статистичних методів аналізу можна віднести:

- описову статистику (Descriptive Statistics), інструментами якої є використання середніх значень, медіани, моди, дисперсії для оцінки основних характеристик інформаційних потоків;

- кореляційний аналіз – виявлення залежностей між різними показниками інформаційних потоків, наприклад, між трафіком у місті та рівнем забруднення повітря;
- регресійний аналіз, який передбачає застосування лінійної та нелінійної регресії для прогнозування майбутніх трендів на основі вхідних даних;
- байєсівський аналіз: використання байєсівських методів для моделювання ймовірнісних залежностей у складних системах [39-40].

Процес аналітики даних (Data Analytics) складається з кількох ключових етапів, які утворюють циклічний процес:

- Джерело даних (Data Source): вхідна точка, де збираються необроблені дані з різних джерел (датчиків IoT «розумного міста», міських систем транспорту тощо). Дані піддаються індексації та документації для полегшення подальшої обробки.
- Аналіз даних (Data Analysis): зібрані дані відправляються на наступний етап. На ньому відбувається виявлення закономірностей, трендів, пошук залежностей. Результат етапу – формулювання початкових теорій для подальшого дослідження.
- Формулювання запитань і гіпотез (Questions and Hypotheses): на основі проведеного аналізу виникають наукові питання та гіпотези, які потребують перевірки. Це дозволяє перейти від описового аналізу до аналітики, орієнтованої на отримання цінної інформації та новизни об’єктів аналізу.
- Статистика (Statistics): для тестування гіпотез використовуються статистичні методи, що забезпечують об’єктивну оцінку достовірності результатів. Після перевірки гіпотези результати повертаються до етапу аналізу або використовуються для генерації нових даних.
- Інсайти (Insights): у фіналі процесу отримуються цінні інсайти, що дають відповіді на поставлені запитання та дозволяють приймати обґрунтовані рішення.
- Циклічність процесу: після отримання інсайтів цикл може повторюватися – нові дані документуються, індексуються і використовуються

для подальшого аналізу, що дозволяє постійно вдосконалювати моделі та підходи до роботи з даними.

Ця схема чітко демонструє, як аналітика даних переходить від збору інформації до отримання практичних результатів через науковий підхід до обробки та аналізу даних.

Беручи за основу загальні кількісні методи аналізу вигод та витрат у «розумних містах» [41], сформульовано елементи кількісних показників витрат на соціальні взаємодії у «розумних містах» (н).

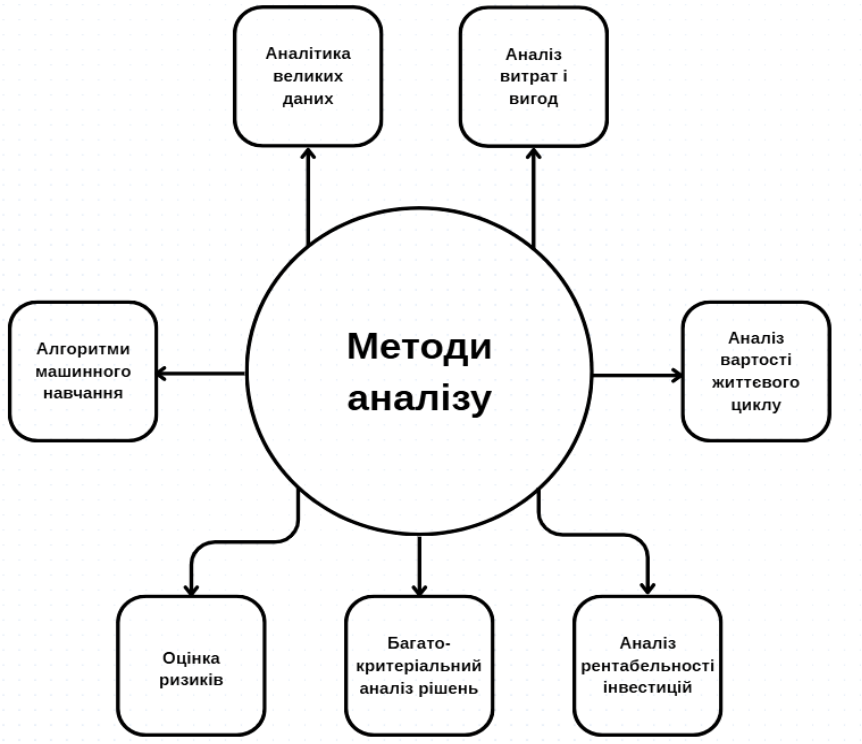

Рисунок 2.5 – Діаграма елементів кількісних показників витрат на соціальні взаємодії у «розумних містах»

З діаграми (див. рисунок 2.5), методи аналізу використовуються для:

- аналіз витрат і вигод (для порівняння витрат на впровадження певної ініціативи з очікуваними вигодами);
- аналіз вартості життєвого циклу: оцінює повну вартість володіння інфраструктурою чи технологією протягом усього її життєвого циклу;
- аналіз рентабельності інвестицій – метод дозволяє визначити, наскільки ефективними є інвестиції;

- багатокритеріальний аналіз рішень, який використовується тоді, коли потрібно врахувати декілька критеріїв при прийнятті рішень.
- оцінка ризиків (дозволяє ідентифікувати та оцінити можливі ризики, пов’язані з проєктами чи політиками в місті).
- алгоритми машинного навчання (ML): застосовуються для обробки великих обсягів даних та виявлення закономірностей для прогнозування чи оптимізації.
- аналітика великих даних: дозволяє аналізувати величезні масиви даних для виявлення трендів і підтримки прийняття рішень [41-45].

Методи ML є інструментом для аналізу великих інформаційних потоків, дозволяючи автоматично виявляти приховані закономірності та прогнозувати майбутні тенденції. Алгоритми ML для обробки та аналізу великих обсягів даних:

- кластеризація: алгоритми, такі як k-means для виявлення груп користувачів або патернів у даних (наприклад, поведінки пішоходів у різних районах міста);
- класифікація: використання алгоритмів, таких як Random Forest, SVM для класифікації подій (наприклад, визначення рівня безпеки у місті);
- нейронні мережі та ML: обробка неструктурованих даних, таких як зображення з камер спостереження чи аудіозаписів для розпізнавання об’єктів або голосових команд (наприклад, фіксація номерів машин-порушників правил дорожнього руху);
- аналіз часових рядів: прогнозування динаміки зміни трафіку або енергоспоживання на основі вхідних даних (приклад: виявлення дезінформації в соціальних мережах) [46-48].

Методи машинного навчання (ML) забезпечують можливість автоматизованої обробки соціальних взаємодій, оптимізуючи процеси управління міською інфраструктурою та підвищуючи точність прогнозування у «розумних містах» [49-51].

Аналіз соціальних мереж (SNA) дозволяє досліджувати структуру, динаміку та характер взаємодій між різними учасниками інформаційного

простору. Вони допомагають виявляти ключові вузли, впливові групи та моделі поширення інформації, що є особливо важливим для «розумних міст».

Основними елементами SNA є:

- вузли (nodes);
- зв’язки (edges);
- метрики центральності (centrality measures) – аналізують важливість об’єктів у мережі [52].

Метрики аналізу SNA є наступними:

- коефіцієнт кластеризації;
- ступінь зв’язності;
- щільність мережі [52].

Прикладом використання SNA може бути моніторинг громадської думки щодо міських ініціатив [52, 53].

Інструменти для виконання SNA:

- Geph – програмне забезпечення для візуалізації великих мереж із підтримкою алгоритмів для аналізу спільнот;
- NetworkX (Python), бібліотека для аналізу складних мережних структур із можливістю інтеграції з іншими аналітичними інструментами;
- NodeXL: плагін для Microsoft Excel для аналізу мереж і візуалізації соціальних графів [54-57].

Ці інструменти забезпечують широкі можливості для вивчення структурних властивостей мереж, виявлення ключових вузлів, візуалізації взаємозв’язків та підтримки прийняття рішень у сфері соціального аналізу даних.

2.4 Інструменти аналізу великих даних у «розумних містах»

Системи для моделювання інформаційних потоків і соціальних взаємодій у «розумних містах», спрямовані на аналіз даних, які надходять з різноманітних джерел, таких як сенсори IoT, соціальні мережі, міські служби тощо. Вони дозволяють моделювати процеси в реальному часі, враховуючи як технічні, так і соціальні аспекти міського середовища.

Системи моделювання є провідними у забезпеченні ефективності управління інформаційними потоками та оптимізації міських процесів у «розумних містах». Вони поділяються на кілька категорій залежно від їхніх функціональних можливостей. Основна мета – забезпечити ефективне управління потоками даних та підтримку процесів прийняття рішень [58].

Існуючі системи моделювання у «розумних містах» можна класифікувати наступним чином:

- системи управління даними (Data Management Systems) – забезпечують збирання, зберігання та обробку великих обсягів даних;
- системи аналізу даних (Data Analytics Platforms) – використовуються для аналізу даних, виявлення закономірностей та прогнозування;
- платформи для моделювання соціальних взаємодій (Social Simulation Platforms) – дозволяють моделювати поведінку людей у різних соціальних контекстах.

Прихована марковська модель – це комбінація стохастичних характеристик марковського процесу та дискретних характеристик марковських ланцюгів Маркова. Це стохастична техніка розпізнавання подій часових рядів. Деякі дослідження застосували ланцюгову модель Маркова для розпізнавання трафіку під час прогнозування заторів [59-61].

Глибокі нейронні мережі (DNN) широко використовуються в промисловості для забезпечення більш складної функціональності. Таким чином, останні моделі DNN стають все більш складнішими, наприклад, із залишковими зв'язками та більш глибокими мережевими структурами [62, 63].

Важливим аспектом є інтеграція цих систем для створення комплексних рішень, що дозволяє підвищити ефективність управління міськими процесами. Використання комбінованих підходів сприяє досягненню кращих результатів у розвитку «розумних міст», забезпечуючи гнучкість і масштабованість для адаптації до змінних умов середовища [64, 65].

Ефективна архітектура системи моделювання у «розумних містах» дозволяє забезпечити гнучкість, масштабованість та високу продуктивність [66].

У таблиці 2.1 наведено компоненти архітектури систем моделювання у «розумних містах».

Таблиця 2.1 – Компоненти архітектури систем моделювання у «розумних містах»

Рівень архітектури	**Функції**	**Технології**
Сенсорний рівень	Збір даних	IoT-пристрої, GPS-сенсори
Рівень обробки даних	Обробка та зберігання даних	Hadoop, Spark, Kafka
Аналітичний рівень	Аналітика та прогнозування великих даних	Python, R, TensorFlow
Рівень представлення	Візуалізація результатів (графіки, діаграми, теплові мапи тощо)	Power BI, Tableau, Grafana

Важливою складовою є також здатність інтегрувати різноманітні джерела даних та адаптуватися до нових технологічних викликів. Завдяки цьому архітектура системи сприяє підвищенню ефективності управління міськими ресурсами, забезпечуючи безперервний потік актуальної інформації для прийняття обґрунтованих рішень [67].

2.4.1 Інструменти та технології для моделювання інформаційних потоків

Для моделювання інформаційних потоків у «розумних містах» використовується абсолютна різноманітна палітра інструментів [68-70]. Інструментами для збору даних можуть бути AWS IoT (головна сторінка сайту наведена на рисунку 2.6), Google Cloud IoT.

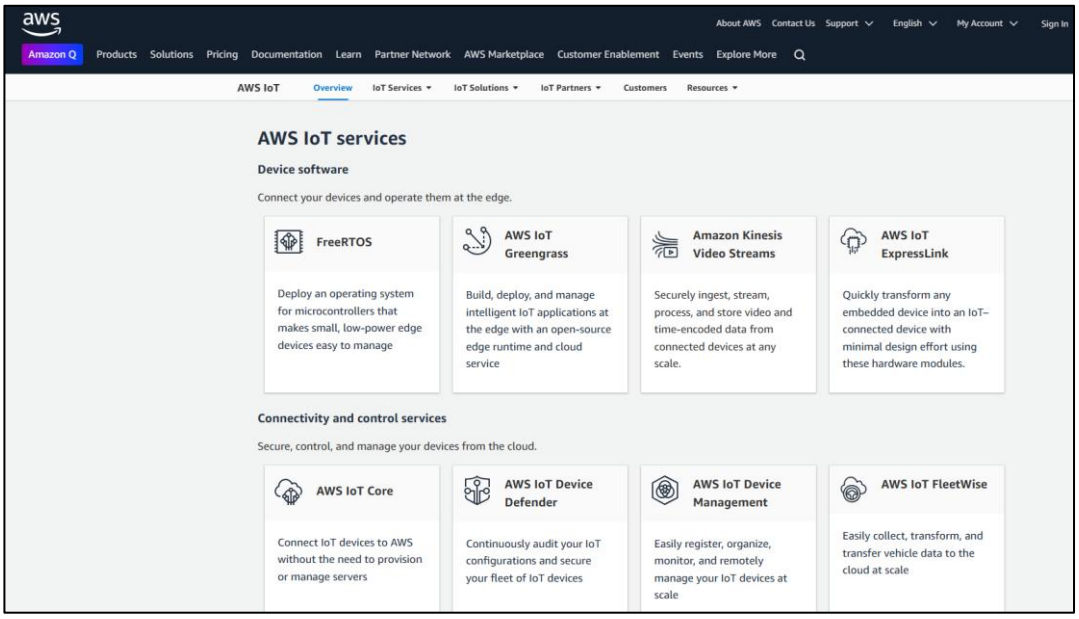

Рисунок 2.6 – Головна сторінка сайту AWS IoT

Порівняння характеристик інструментів для збору даних у «розумних містах» наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняння характеристик інструментів для збору даних у «розумних містах»

Атрибути	**AWS IoT**	**Google Cloud IoT**
1	**2**	**3**
Підтримка пристроїв	Великий вибір пристроїв і засобів розробки (SDK)	Підтримка стандартних IoT протоколів
Інтеграція	Тісна інтеграція з AWS сервісами	Інтеграція з Google Cloud Platform
Безпека	Вбудоване шифрування, сертифікати	Підтримка захисту на транспортному рівні
Масштабованість	Висока, для підприємств будь якого розміру	Оптимізовано для масштабних рішень

AWS IoT підходить для компаній, які вже використовують екосистему AWS і потребують гнучких рішень для великої кількості пристроїв. Google Cloud

IoT ідеальний для інтеграції з іншими сервісами Google, особливо в проєктах з акцентом на аналітику даних. Приклад використання: AWS IoT часто використовується в логістиці для відстеження вантажів у реальному часі, тоді як Google Cloud IoT популярний у проєктах «розумного міста» для моніторингу екологічних показників.

Зовнішній вигляд головної сторінки Apache Spark наведено на рисунку 2.7.

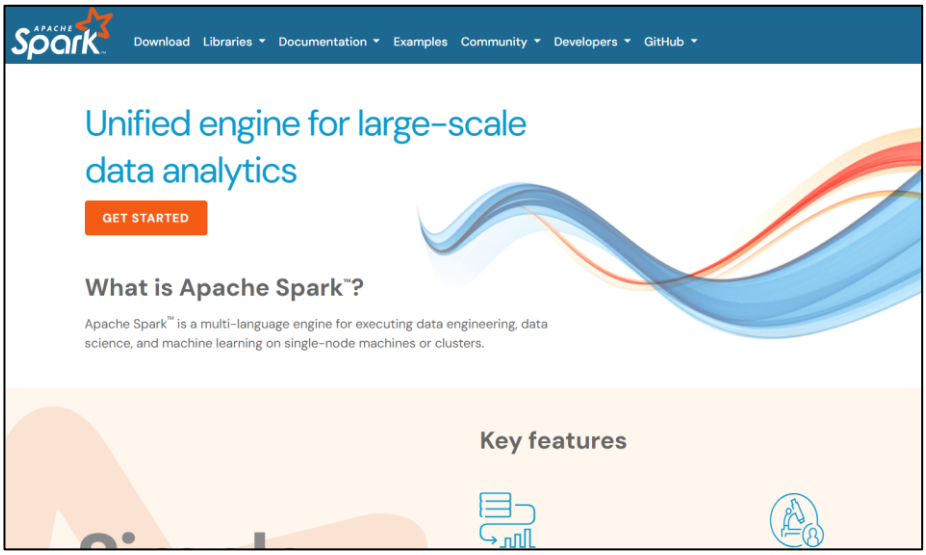

Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд головної сторінки Apache Spark

Порівняння інструментів обробки даних у «розумних містах» наведено у таблиці 2.3. Apache Spark є кращим вибором для «розширеного» аналізу великих обсягів даних у «розумних містах». В свою чергу, Apache Flink – для обробки даних у реальному часі, де важлива мінімальна затримка. Apache Spark та Apache Flink підтримують ті ж самі API.

Таблиця 2.3 – Порівняння інструментів обробки даних у «розумних містах»

Атрибути	**Apache Spark**	**Apache Flink**
1	**2**	**3**
Тип обробки	Пакетна обробка, потокова обробка	Переважно потокова обробка в реальному часі

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
Продуктивність	Висока для пакетної обробки	Краще для обробки даних з низькою затримкою
Підтримка API	Scala, Java, Python, R	Java, Scala, Python
Сценарії використання	Аналіз Big Data, ML	Обробка подій у реальному часі, IoT-аналітика

Порівняння інструментів візуалізації даних у «розумних містах» наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Порівняння інструментів візуалізації даних у «розумних містах»

Критерій	Power BI	Tableau
Інтерфейс	Інтуїтивно зрозумілий для новачків	Більш гнучкий для просунутих користувачів
Інтеграція	Легка інтеграція з Microsoft продуктами	Широкий вибір підключень до різних баз даних
Можливості аналітики	Вбудовані функції для бізнес-аналітики	Потужні інструменти для візуального аналізу
Вартість	Доступніший для малого бізнесу	Вища ціна, орієнтація на великі компанії

Power BI підходить для компаній, які використовують Microsoft Office і шукають економічне рішення для бізнес-аналітики. Tableau більше підходить для складної аналітики та візуалізації великих обсягів даних.

Приклад звіту створеного у Power BI «Індексу фундаментальної сили міста», орієнтованого на концепцію «розумного міста» наведено на рисунку 2.8.

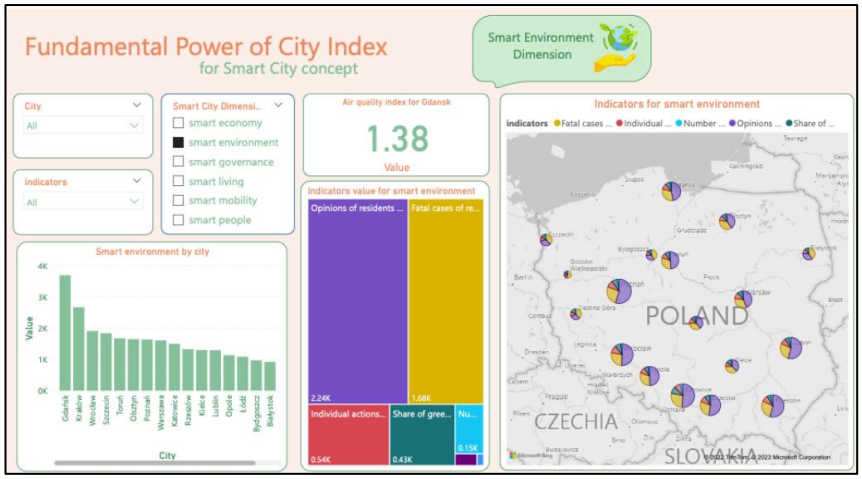

Рисунок 2.8 – Приклад звіту створеного у Power BI «Індексу фундаментальної сили міста», орієнтованого на концепцію «розумного міста» [71]

Основна увага приділяється виміру «Розумне довкілля». Інформаційна панель містить дані про якість повітря в Ґданську (значення 1,38), порівняльну діаграму екологічних показників різних міст (де Ґданськ має найвищий бал), а також блок-схему з екологічними показниками, включаючи думки мешканців, смертельні випадки, індивідуальні дії, частку зелених зон та інші числові показники. Праворуч – карта Польщі з круговими діаграмами, що візуалізують різні екологічні показники по містах. Інтерфейс містить фільтри для вибору міст та різних аспектів «розумного міста».

Порівняння мов програмування для статистичного аналізу наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Порівняння мов програмування для статистичного аналізу візуалізації даних

Критерій	**Python**	**R**
1	**2**	**3**
Бібліотеки	NumPy, Pandas, SciPy, Scikit-learn	ggplot2, dplyr, caret

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
Візуалізація	Matplotlib, Seaborn	ggplot2
Продуктивність	Висока для обчислювальних задач	Висока для статистичного аналізу
Спільнота	Дуже велика, активна	Активна серед науковців і статистиків

Python більш універсальна мова, що підходить для широкого спектру задач (часто використовується в проєктах ML для аналізу поведінкових даних), тоді як R для статистичних досліджень (наприклад, в академічних дослідженнях для обробки медичних статистичних даних).

Переваги та недоліки сучасних систем моделювання інформаційних потоків у «розумних містах» наведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Переваги та недоліки сучасних систем моделювання інформаційних потоків у «розумних містах»

Переваги	Недоліки
Висока точність прогнозів	Висока вартість
Реальний час обробки	Складність інтеграції
Масштабованість	Ризики безпеки даних

Вони мають значний потенціал для покращення інфраструктури, управління ресурсами. Для їх ефективного впровадження необхідно враховувати виклики, пов’язані з безпекою, вартістю та інтеграцією в існуючі міські процеси.

2.4.2 Аналіз досвіду «Transport Bus Initiative» в обробці інформаційних потоків міста

Ініціатива «Transport Bus Initiative» мобілізувала спеціальні автобуси для транспортування до центрів обігріву та притулків, а також для тимчасового місця

обігріву, поки люди очікують на транспорт [72]. Транспортні автобуси курсували з вечора 15 листопада 2023 року до ранку 15 квітня 2024 року з 20 години вечора до 5 години ранку для забезпечення транспорту. Особам, які отримали притулок у межах транзитної мережі, було запропоновано переїхати на Spadina Station, де були доступні послуги соціальної підтримки та автобуси. Коли транспорт не був потрібен, оскільки укриття та пункти обігріву були заповнені, автобуси залишалися нерухомими на Spadina Station. Доступ до тимчасових портативних вбиралень був доступний на Spadina Station, в добре освітленому та легкодоступному місці.

На сайті Toronto Open Data доступна вибірка даних, для аналізу соціальних взаємодій у даній ініціативі. У таблиці 2.7 наведено опис колонок бази даних (БД) Transport Bus Initiative Usage.

Таблиця 2.7 – Опис колонок БД Transport Bus Initiative Usage [72]

Колонка	**Опис**
_id	Унікальний ідентифікатор рядка для БД Transport Bus Initiative Usage
Date	Датою вважається вечір, починаючи з 19:00 і до 5:00 наступного дня
Clients	Загальна кількість осіб, які скористалися «Transport Bus Initiative» на базову дату
Clients transported	Загальна кількість клієнтів «Transport Bus Initiative», яких було доставлено до пункту обігріву або притулку на звітну дату
Clients stationary	Загальна кількість клієнтів, які скористалися «Transport Bus Initiative» і залишилися в автобусі на Spadina Station на звітну дату

Персональні дані клієнтів, які користувалися сервісом, не збиралися у БД, тому загальна кількість унікальних користувачів сервісу не може бути підрахована. Підрахунок клієнтів за кожну дату може включати осіб, які відвідували сервіс у різні вечори.

На рисунку 2.9 наведено динаміку використання «Transport Bus Initiative».

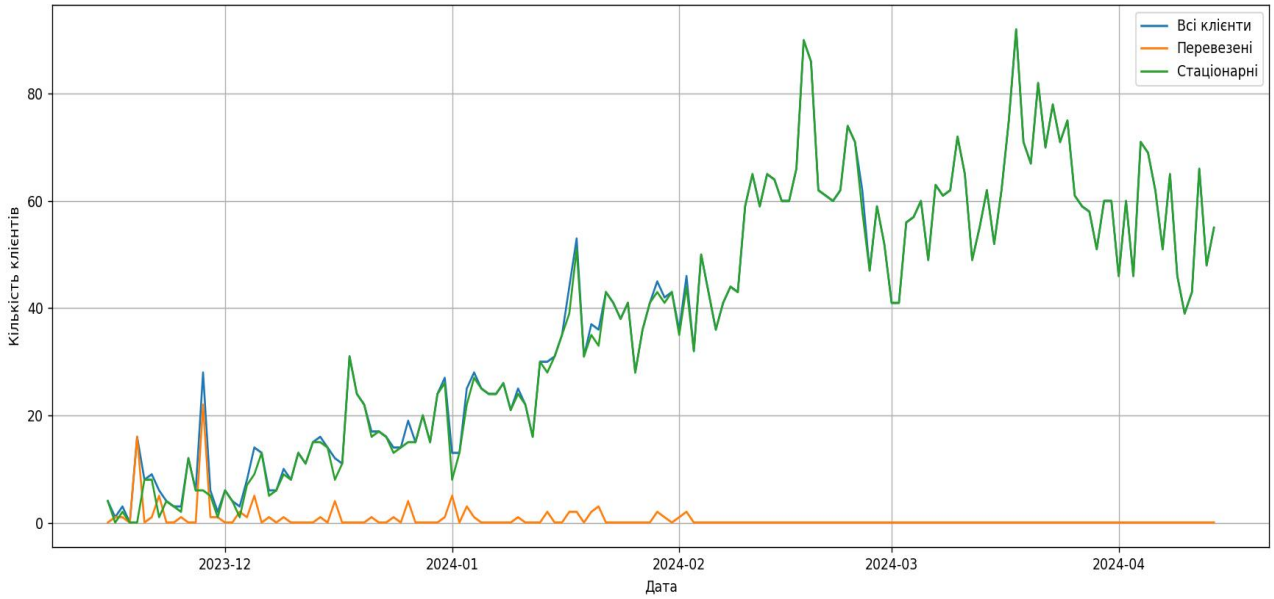

Рисунок 2.9 – Динаміка використання «Transport Bus Initiative»

Візуалізація вибірки динаміки використання «Transport Bus Initiative» (див. рисунок 2.9) демонструє, що послуга перевезення є непопулярною серед клієнтів даної ініціативи. Максимальні значення загальної кількості, перевезених та стаціонарних клієнтів наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Максимальні значення загальної кількості, перевезених та стаціонарних клієнтів

Найменування	**Максимальна кількість клієнтів**	**Дата**
Загальна кількість клієнтів	92	2024-03-18
Перевезені клієнти	22	2023-11-28
Стаціонарні клієнти	92	2024-03-18

На рисунку 2.10 середня кількість використання «Transport Bus Initiative» по днях тижня.

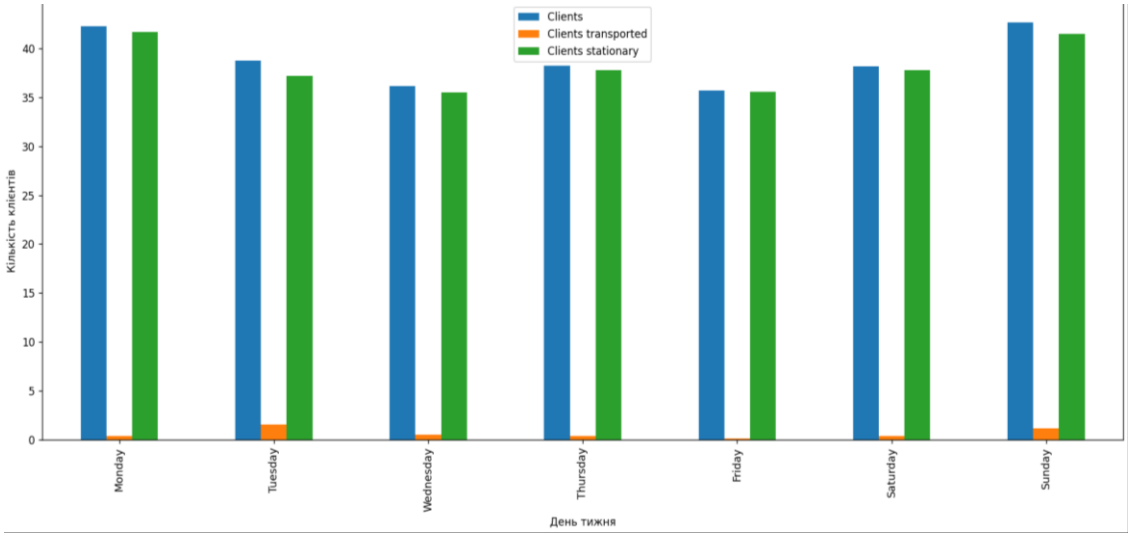

Рисунок 2.10 – Середня кількість використання «Transport Bus Initiative» по днях тижня

Візуалізація даних про середню кількість використання «Transport Bus Initiative» по днях тижня (див. рисунок 2.10) наглядно демонструє, що день тижня не залежить від кількості клієнтів даної ініціативи.

На рисунку 2.11 наведено середня кількість клієнтів «Transport Bus Initiative» по днях тижня кожного з місяців.

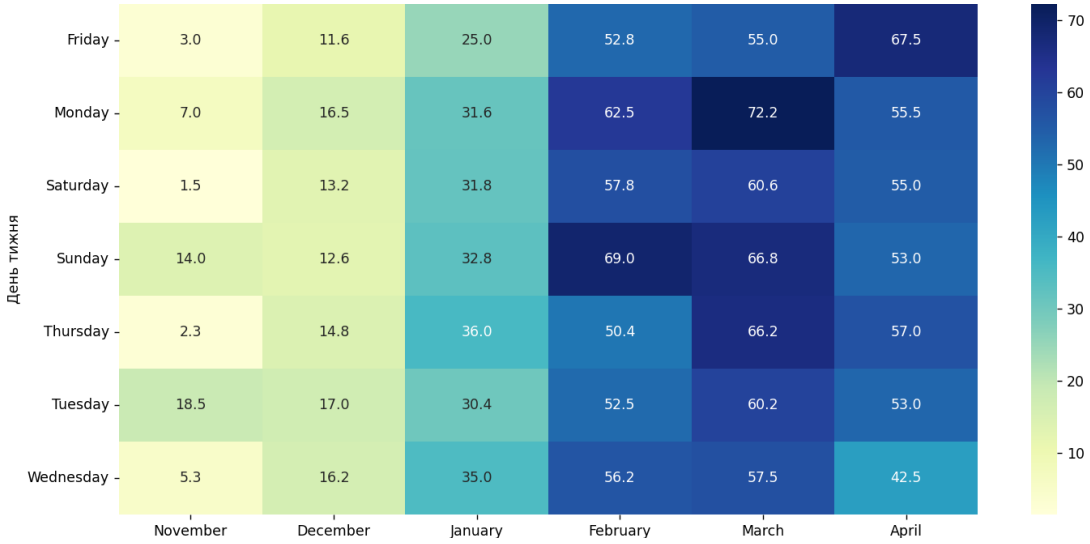

Рисунок 2.11 – Середня кількість клієнтів «Transport Bus Initiative» по днях тижня кожного з місяців

Теплова мапа середньої кількості клієнтів «Transport Bus Initiative» по днях тижня кожного з місяців (див. рисунок 2.11) демонструє низький рівень

користування послугою в листопаді та грудні, з поступовим збільшенням кожного місяця до піку в травні.

«Transport Bus Initiative» формулює стабільний інформаційний потік, який щодня фіксує кількість людей, які звертаються за допомогою, отримують транспорт або залишаються на місці. Він дозволяє міській владі виявляти часові та просторові закономірності, пов'язані з потребою в опаленні, транспорті чи притулку.

У ширшому контексті інформаційної інфраструктури міста дані з цієї ініціативи можна:

- інтегрувати з даними про погодні умови, затори на дорогах, події та інші сервіси;
- використовувати для прогнозування навантаження в залежності від сезону або дня тижня;
- підтримувати реагування в режимі реального часу, наприклад, запуск додаткових автобусів або розгортання тимчасових притулків;
- слугувати індикатором соціального благополуччя в певних районах або серед певних груп населення.

Ініціатива «Transport Bus Initiative» перетворює транспортну допомогу на складову інформаційної екосистеми міста, забезпечуючи зворотній зв'язок, аналітичну основу для прийняття рішень та прозорість для громади.

2.5 Перспективи моделювання інформаційних потоків у «розумних містах»

Моделювання інформаційних потоків у «розумних містах» відкривають широкі перспективи та можливості для підвищення ефективності міського управління та забезпечення стійкого розвитку в «розумних містах».

Однією з головних проблем у сфері моделювання інформаційних потоків є масштабування та інтеграція даних. Зі зростанням обсягів даних з різних джерел постає питання ефективної обробки, аналізу, зберігання цієї інформації. Виклики масштабування включають потребу в забезпеченні високої продуктивності

систем, здатності працювати з різними форматами даних та інтеграції різнорідних інформаційних джерел [73, 74].

У таблиці 2.9 наведено виклики масштабування та інтеграції даних інформаційних потоків у «розумних містах».

Таблиця 2.9 – Виклики масштабування та інтеграції даних інформаційних потоків у «розумних містах»

Виклик	**Опис**	**Потенційні рішення**
Обсяг даних	Велика кількість інформації	Хмарні технології, Big Data-платформи
Сумісність форматів	Різні формати даних	Стандартизація
Інтеграція джерел	Об'єднання даних з різних систем	API, мікросервісна архітектура

У таблиці (див. таблицю 2.9) наведено основні проблеми, які виникають під час роботи з великими обсягами даних. Щоб забезпечити ефективність процесів аналізу, потрібно використовувати хмарні платформи та формати стандартизації даних. Враховуючи чутливість інформації, що обробляється, виникає потреба у впровадженні ефективних механізмів захисту даних від несанкціонованого доступу, кібератак та втрат інформації [75, 76].

У таблиці 2.10 наведено перелік загроз безпеки даних у «розумних містах», їх потенційні наслідки, методи захисту.

Таблиця 2.10 – Загрози безпеки даних у «розумних містах»

Загроза	**Потенційні наслідки**	**Методи захисту**
Несанкціонований доступ	Витік конфіденційної інформації	Аутентифікація, шифрування
Кібератаки	Порушення роботи систем	Фаєрволи
Втрата даних	Втрата критичної інформації	Резервне копіювання, хмарні рішення

Важливим завданням є впровадження багаторівневих стратегій захисту для забезпечення цілісності та доступності інформації. Аналіз великих даних швидко еволюціонує завдяки впровадженню новітніх технологій та методів. Серед трендів можна виділити використання AI, ML [77, 78]. У таблиці 2.11 наведено основні тренди в аналізі великих даних при моделюванні інформаційних потоків у «розумних містах».

Таблиця 2.11 – Основні тренди в аналізі великих даних при моделюванні інформаційних потоків у «розумних містах»

Тренд	**Опис**	**Приклади застосування**
Штучний інтелект та мишине навчання	Автоматизація аналізу даних	Розпізнавання образів, прогнозування
Хмарні технології	Масштабована обробка	Big Data-аналітика
Інтернет речей	Збір даних у реальному часі	Розумні сенсори, міські платформи

Наведені тренди (див. таблицю 2.9) демонструють, як сучасні технології впливають на ефективність аналізу даних. Їх впровадження дозволяє підвищити якість прийняття рішень та сприяє розвитку інновацій у сфері «розумних міст».

На рисунку 2.12 наведено інфраструктуру безпілотних літальних апаратів (UAV) «розумного міста».

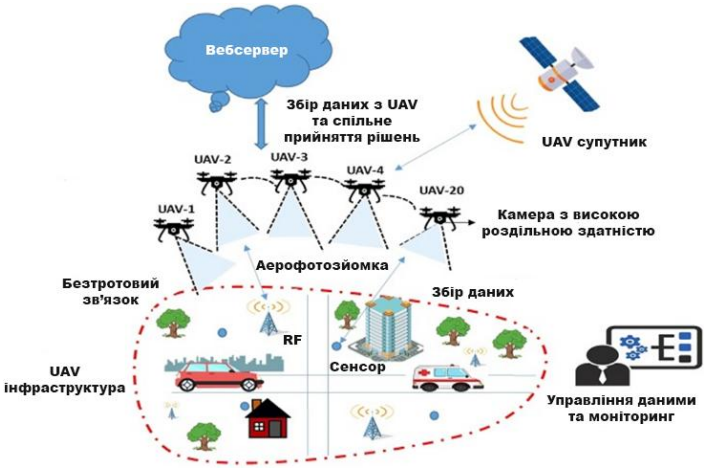

Рисунок 2.12 – Інфраструктура UAV «розумного міста» [79]

Концепція безпілотних пристроїв (див. рисунок 2.12) забезпечує економічно ефективний і продуктивний спосіб збору даних, моніторингу, нагляду та оцінки стану інфраструктури. Це допомагає покращити міське планування, ефективніше управляти ресурсами, швидко реагувати на надзвичайні ситуації, підвищити громадську безпеку та підтримувати сталий розвиток. В результаті покращується якість життя мешканців міст [79].

UAV збирають дані за допомогою аерофотозйомки, сенсорів, високоякісних камер та RF-зв'язку. Вони надходять у хмарне сховище, де обробляються та використовуються для кооперативного прийняття рішень. Частка інформації надходить із супутника, який доповнює дані з дронів. На основі зібраних даних проводиться аналіз та прийняття рішень.

На рисунку 2.13 наведено інформаційну панель Сіднея.

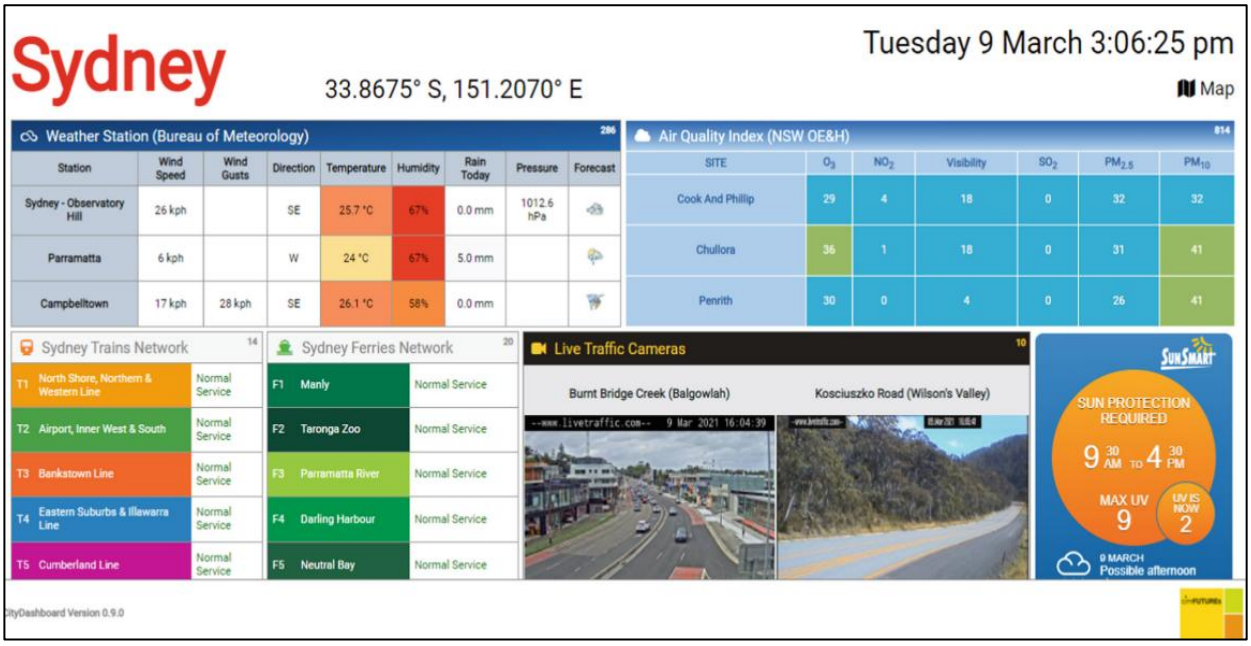

Рисунок 2.13 – Інформаційна панель Сіднея [80]

На рисунку – інформаційна панель з даними про погоду, якість повітря, стан залізниці та дорожнього руху в Сіднеї. Вона містить інформацію і про інтенсивність ультрафіолетового випромінювання та попередження про необхідність захисту від сонця. Деякі назви та одиниці виміру можуть містити помилки [80].

2.6 Висновок до другого розділу

У другому розділі кваліфікаційної роботи рівня «Магістр» проаналізовано успішні приклади впровадження та використання великих даних у «розумних містах». Узагальнено методи збору та попередньої обробки даних. Досліджено методи аналізу соціальних взаємодій (статистичний, ML та SNA).

Досліджено інструменти для збору, обробки, візуалізації великих даних. Створено порівняльну таблицю мов програмування для статистичного аналізу. Проаналізовано досвід «Transport Bus Initiative» в обробці інформаційних потоків міста. Досліджено переваги та недоліки сучасних систем моделювання.

Проаналізовано виклики масштабування та інтеграції даних інформаційних потоків у «розумних містах». Визначено загрози безпеки даних. Окреслено основні тренди в аналізі великих даних при моделюванні інформаційних потоків.

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ «РОЗУМНОГО МІСТА»

3.1 Концептуальна вербальна модель аналізу інформаційних потоків у «розумних містах»

Концептуальна вербальна модель аналізу інформаційних потоків у «розумних містах» описує взаємодію між різними джерелами даних, їх обробкою, передачею, прийняттям рішень і зворотним зв’язком у «розумному місті».

Компоненти вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах» наведено на рисунку 3.1.

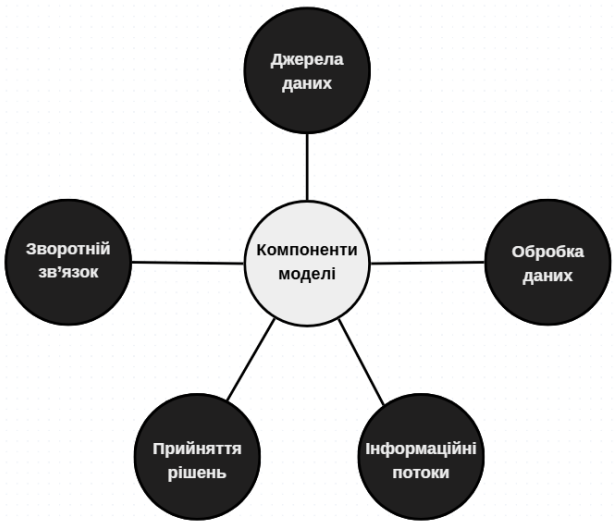

Рисунок 3.1 – Компоненти вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах»

Більш детальний опис (див. рисунок 3.1):

- «Джерела даних» – містять сенсори інтернету речей (IoT), соціальні мережі, дані глобальної системи позиціонування (GPS), державні реєстри, фінансові транзакції, розумні будівлі та екологічний моніторинг. Вони збирають інформацію про стан міста;

- «Обробка даних» – використовує штучний інтелект (AI), великі дані та машинне навчання (ML) для аналізу отриманих даних;
- «Інформаційний потік» – передає результати аналізу до транспортних систем, енергосистем;
- «Прийняття рішень» – базується на отриманих даних і використовується для управління ресурсами та громадською безпекою;
- «Зворотній зв'язок» – результати рішень адаптуються та впливають на подальший збір даних, створюючи безперервний цикл вдосконалення міської інфраструктури.

Модель дозволяє ефективно керувати міськими ресурсами, оптимізувати трафік, покращувати екологічну ситуацію та підвищувати рівень життя мешканців.

Компонент «Джерела даних» моделі інформаційних потоків і соціальних взаємодій у «розумних містах» за допомогою аналізу великих даних наведено на рисунку 3.2.

Рисунок 3.2 – Компонент «Джерела даних» вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах»

В якості IoT сенсорів можуть бути елементи: сенсори температури та вологості, сенсори якості повітря, сенсори атмосферного тиску, сенсори відстані

для аналізу руху транспорту (наведено на рисунку 3.3), ультразвукові сенсори для моніторингу якості повітря та інші.

Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд лазерного дальноміру Garmin LIDAR-Lite v3

Для отримання даних з соціальних мереж використовують Twitter API, Facebook Graph API тощо. За допомогою них можна, для прикладу, отримати інформацію щодо міських подій.

GPS та мобільні дані можна отримати за допомогою Google Maps API чи Waze API (головна сторінка наведена на рисунку 3.4). З них можна отримати інформацію про дорожній трафік у реальному часі, затори, аварії, небезпечні ділянки тощо.

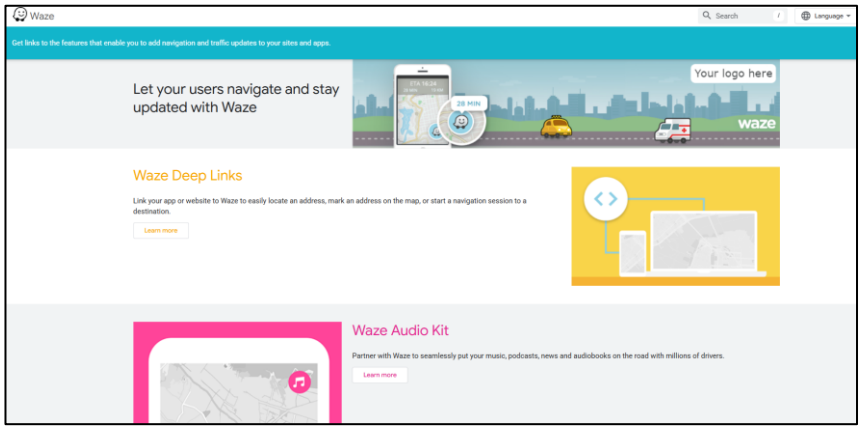

Рисунок 3.4 – Головна сторінка Waze API

Інформацію можна отримати з державних реєстрів. Це може бути єдиний державний реєстр, або Open Data Portal (відкриті дані уряду про транспорт та комунальні послуги), сторінка якого наведена на рисунку 3.5.

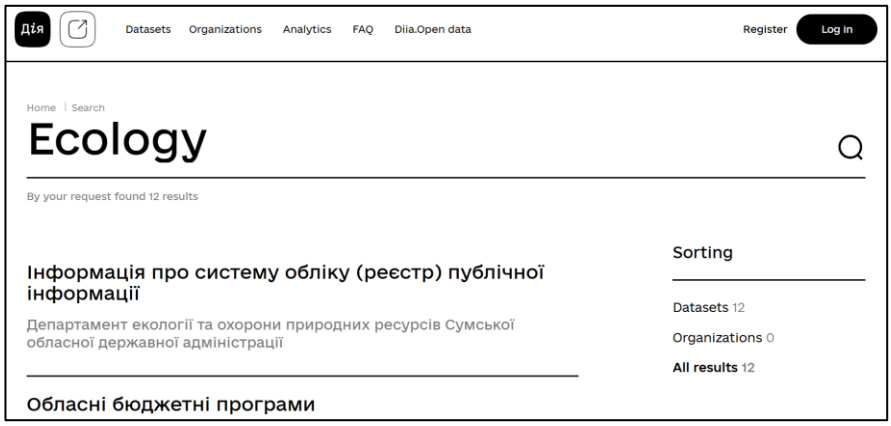

Рисунок 3.5 – Сторінка Open Data Portal

Щодо фінансових витрат: Monobank API дозволяє проаналізувати витрати користувачів на транспорт. Якщо говорити про автоматизовані системи керування будинками, то прикладами служать KNX Home Automation (система автоматизації освітлення та енергоспоживання) чи Nest Thermostat (система керування опаленням у будівлях, термостат настінний Nest Learning Thermostat Gen3 наведений на рисунку 3.6).

Рисунок 3.6 – Термостат настінний Nest Learning Thermostat Gen3

Зразками екологічного моніторингу можна вважати систему Smart Citizen Kit, яка призначена для моніторингу шумового забруднення.

Принцип роботи компонента «Обробка даних» наступний: дані надходять з компонента «Джерела даних» у вигляді неструктурованої інформації. Після, дані обробляються за допомогою елементів компонента. Оброблені дані подаються до наступного елемента «Інформаційні потоки». Він відповідає за

аналіз, фільтрацію, структурування та інтерпретацію отриманих даних із різних джерел (IoT-сенсори, соціальні мережі, GPS, державні реєстри тощо).

Основні елементи компонента «Обробка даних» наведено на рисунку 3.7.

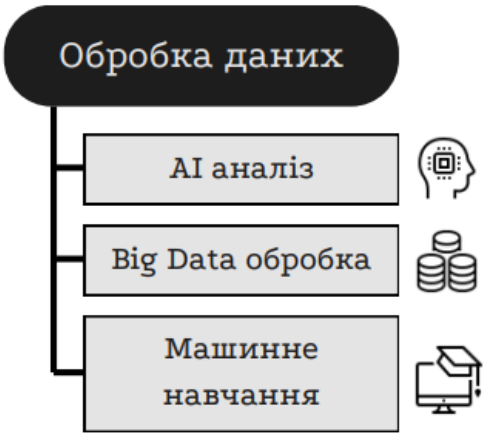

Рисунок 3.7 – Компонент «Обробка даних» вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах»

Під AI аналізом мається на увазі використання штучного інтелекту для виявлення різноманітних закономірностей, ухвалення оптимальних рішень тощо. Прикладами є комп'ютерний зір, який призначений для розпізнавання транспортних засобів та виявлення аварій.

Приклад Big Data обробки – Google BigQuery для швидкої обробки історичних даних транспорту.

Компонент «Інформаційні потоки» наведений на рисунку 3.8.

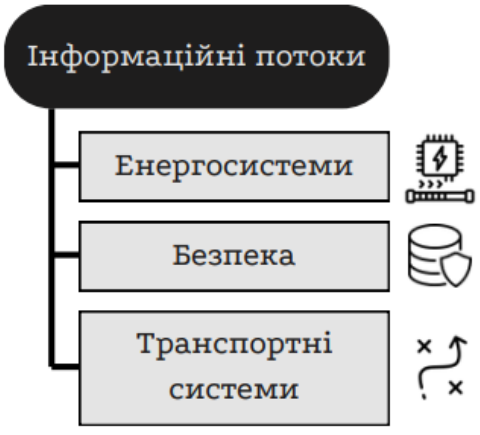

Рисунок 3.8 – Компонент «Інформаційні потоки» вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах»

Транспортні системи включають дані про рух транспорту, оптимізацію маршрутів та зменшення заторів. Використовує GPS, камери спостереження та сенсори для моніторингу трафіку. Основна мета – підвищення ефективності руху та зменшення заторів.

Енергосистеми аналізують споживання, виробництво та розподіл енергії в місті. Використовуються дані з розумних лічильників та моніторинг енергетичних мереж. Призначення: покращення енергоефективності та зниження витрат на енергію.

«Безпека» включає системи відеоспостереження, розпізнавання осіб для моніторингу ситуацій в місті. Допомагає виявляти загрози та реагувати на надзвичайні ситуації. Мета – забезпечити безпеку громадян.

Компонент «Прийняття рішень» вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах» на рисунку 3.9.

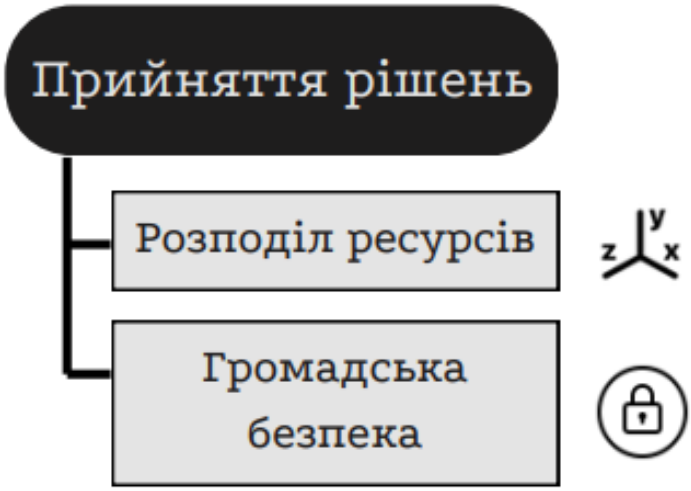

Рисунок 3.9 – Компонент «Прийняття рішень» вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах»

Компонент «Прийняття рішень» включає ухвалення стратегічних рішень щодо розподілу ресурсів та забезпечення громадської безпеки на основі оброблених даних. Це дозволяє ефективно управляти міськими ресурсами та оперативно реагувати на надзвичайні ситуації для забезпечення безпеки в «розумному місті" та оптимального використання ресурсів.

Компонент «Зворотній зв’язок» вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах» наведений на рисунку 3.10.

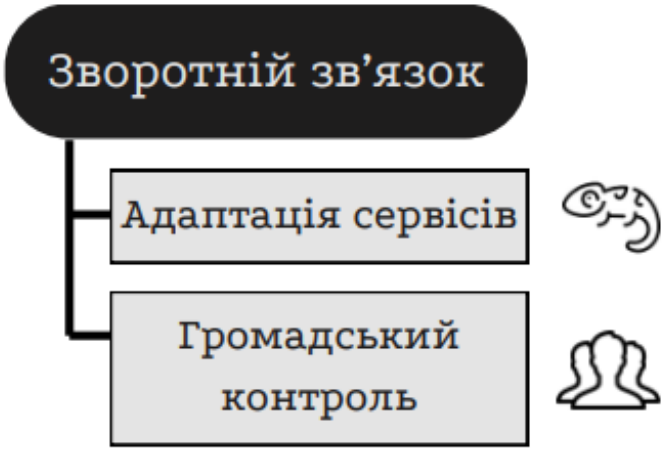

Рисунок 3.10 – Компонент «Зворотній зв’язок» вербальної моделі аналізу інформаційних потоків у «розумних містах»

Розподіл ресурсів – фокусується на ефективному управлінні міськими ресурсами, такими як енергія, вода, транспорт і громадські послуги. Дані допомагають оптимізувати їх використання та розподіл серед населення, знижуючи витрати та забезпечуючи рівний доступ для всіх громадян. Основна мета – досягнення стійкості та економії через раціональне використання ресурсів.

Громадська безпека: збирає і аналізує дані для забезпечення безпеки населення через моніторинг та реагування на надзвичайні ситуації. Головне завдання – мінімізувати ризики та забезпечити спокій у місті через швидке реагування на загрози.

3.2 Розробка моделі інформаційних потоків в сфері громадського транспорту «розумного міста»

Інформаційні потоки в громадському транспорті міста можна змоделювати як систему обміну даними між різними елементами інфраструктури:

транспортними засобами, інфраструктурою, пасажирами, диспетчерськими центрами та зовнішніми службами.

На рисунку 3.11 наведено модель інформаційних потоків громадського транспорту «розумного міста».

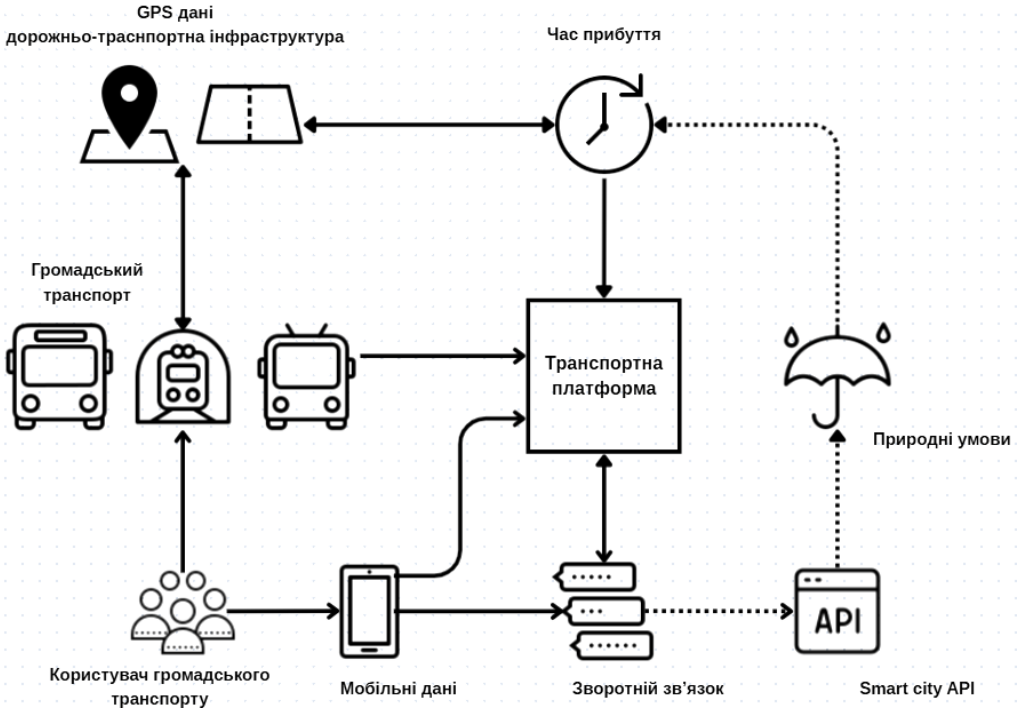

Рисунок 3.11 – Модель інформаційних потоків громадського транспорту галузі «розумного міста»

У моделі (див. рисунок 3.11) наявні наступні інформаційні потоки:

- транспортні дані (GPS координати, швидкість, стан двигуна) призначені для моніторингу руху, діагностики стану громадського транспорту;
- пасажири (геолокація, дані смарт-карт, мобільні дані) – для аналізу попиту;
- інфраструктура зупинок (час прибуття) для управління зупинками;
- метеодатчики (температура, вітер, опади) – для адаптації розкладу громадського транспорту;
- соціальні мережі (сигнали про аварії, затори, пробки) – реакція на події, зворотній зв'язок.

На рисунку 3.12 наведено архітектуру цифрової інфраструктури громадського транспорту «розумного міста».

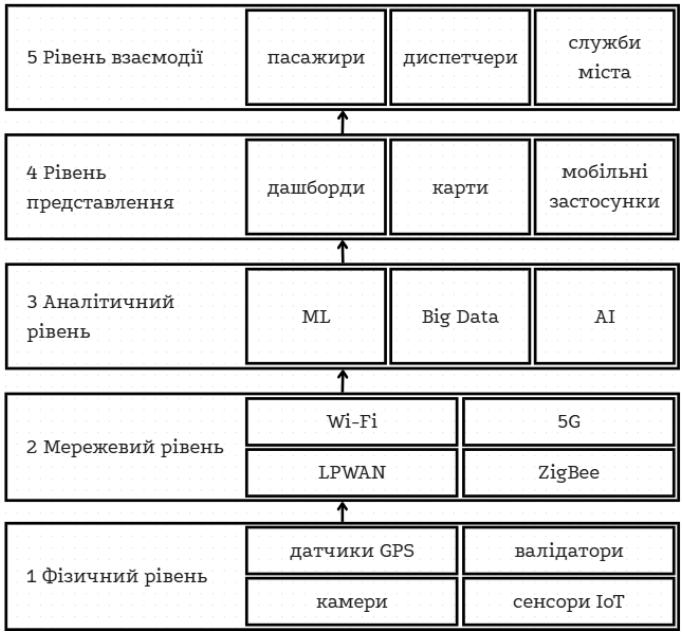

Рисунок 3.12 – Архітектура цифрової інфраструктури громадського транспорту «розумного міста»

Архітектура цифрової інфраструктури громадського транспорту «розумного міста» побудована як п'ятирівнева ієрархічна система, де кожен рівень виконує певні функції і взаємодіє з сусідніми рівнями. Фізичний рівень містить GPS-датчики, валідатори, камери та різні датчики IoT, які збирають первинні дані про трафік, пасажиропотік та стан інфраструктури. Мережевий рівень передає зібрані дані за допомогою технологій Wi-Fi, 5G, LPWAN та ZigBee, створюючи надійні канали зв'язку між пристроями та серверами.

Аналітичний рівень використовує технології машинного навчання (ML), великих даних та AI для перетворення необроблених даних на корисну інформацію, виявлення закономірностей та прогнозування ситуацій у транспортній системі. Рівень презентації візуалізує оброблену інформацію за допомогою інтерактивних інформаційних панелей, динамічних карт і зручних мобільних додатків, роблячи дані доступними і зрозумілими для користувачів. На вершині архітектури знаходиться рівень взаємодії, де зацікавлені сторони - пасажири, диспетчери та міські служби - отримують необхідну інформацію та можуть приймати обґрунтовані рішення щодо використання громадського транспорту або управління ним.

У «розумному місті» громадський транспорт функціонує як складна кіберфізична система, величезні обсяги даних надходять, обробляються та повертаються до користувачів і органів управління у вигляді аналітичної інформації. Основу цієї системи складає мережа датчиків, пристроїв та інформаційних джерел, інтегрованих за допомогою IoT, мобільного зв'язку, GPS, RFID-технологій і смарт-карток. Щодо даних систем географічного позиціонування (GPS): інформацію про маршрути громадського транспорту в Тернополі, можна переглянути за допомогою додатку «Де транспорт». На рисунку 3.13 наведено вікно програми програми «Де транспорт»: GPS дані про громадський транспорт.

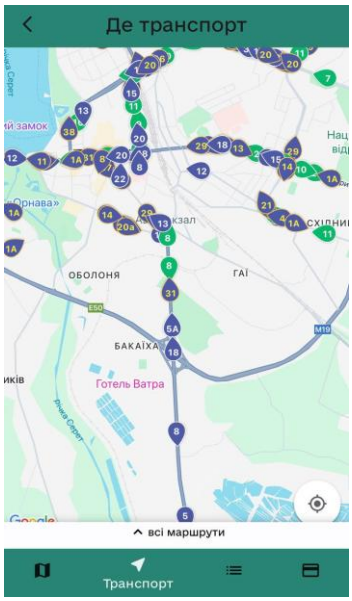

Рисунок 3.13 – Вікно програми програми «Де транспорт» (GPS дані про громадський транспорт)

Дані з мобільних операторів дозволяють оцінити кількість людей у певному районі або маршруті в реальному часі, виявити аномальне скупчення людей, що може свідчити про надзвичайну ситуацію.

Фінансові транзакції здійснюються наступним чином: оплата в громадському транспорті, Тернополя здійснюється двома способами, або з банківської картки, або за допомогою електронних квитків. Електронні квитки в свою чергу, поділяються на пільгові, загальні, учнівські та проїзні. Оперувати

інформацією з банківських карт майже неможливо, а інформацією з електронних квитків – можливо. Інформація, яку можна отримати з електронних квитків:

- частота купівлі електронних квитків пасажиром;
- місце купівлі електронного квитка (щоб вказувало на популярність зупинки);
- облік пільговиків;
- та інші.

Екологічний моніторинг у громадському транспорті «розумного міста» забезпечує збір даних про викиди шкідливих речовин, якість повітря, шум, енергоспоживання та мікроклімат, що дозволяє оцінити вплив транспорту на довкілля й приймати екологічно обґрунтовані рішення. Наприклад: зміна маршруту внаслідок надмірного екологічного забруднення повітря на певній ділянці маршруту «розумного міста».

Джерела збирання інформації можна поділити на наступні групи: пасажири (геолокація, дані смарт карток), метеодатчиків (температура, опади), соціальних мереж (текстові або візуальні сигнали про затори або аварії).

Інформаційні потоки починаються з засобів громадського транспорту (автобусів, метро, трамваїв, тролейбусів), що передають дані про своє розташування, швидкість, технічний стан і кількість пасажирів. Пасажири взаємодіють із системою через мобільні додатки., картки оплати проїзду, геолокаційні сервіси та соціальні платформи. Активно залучаються дані від інфраструктурних об'єктів – світлофорів, зупинок, камер відеоспостереження, метеостанцій і екологічних сенсорів. Ці дані збираються із AWS IoT.

Інформаційні потоки потрапляють до єдиної аналітичної платформи, де застосовуються сучасні технології обробки великих даних, включаючи хмарні обчислення, NoSQL-сховища, потокову аналітику (Apache Spark) та пакетну обробку (Apache Hadoop). Обробка даних відбувається із застосуванням спеціалізованих моделей і методів:

- марковські моделі для прогнозування станів транспортної мережі;
- глибинне навчання, зокрема Stacked Autoencoder, для моделювання трафіку;

- моделі машинного навчання (ML) для класифікації та прогнозування пасажиропотоку;
- методи підкріплення (reinforcement learning) для адаптивного керування потоками в реальному часі.

Результати аналітики у вигляді рекомендацій, візуалізацій та сигналів надсилаються назад до користувачів: пасажирів – через мобільні застосунки, дисплеї на зупинках, голосові сервіси; до диспетчерських центрів – у вигляді звітів про навантаження, технічні збої та потреби в корекції маршрутів; до муніципалітетів – у формі стратегічної інформації про мобільність населення, екологічний вплив транспорту та енергоспоживання. На рисунку 3.14 наведено процес перетворення даних в громадського транспорту «розумного міста» у рішення.

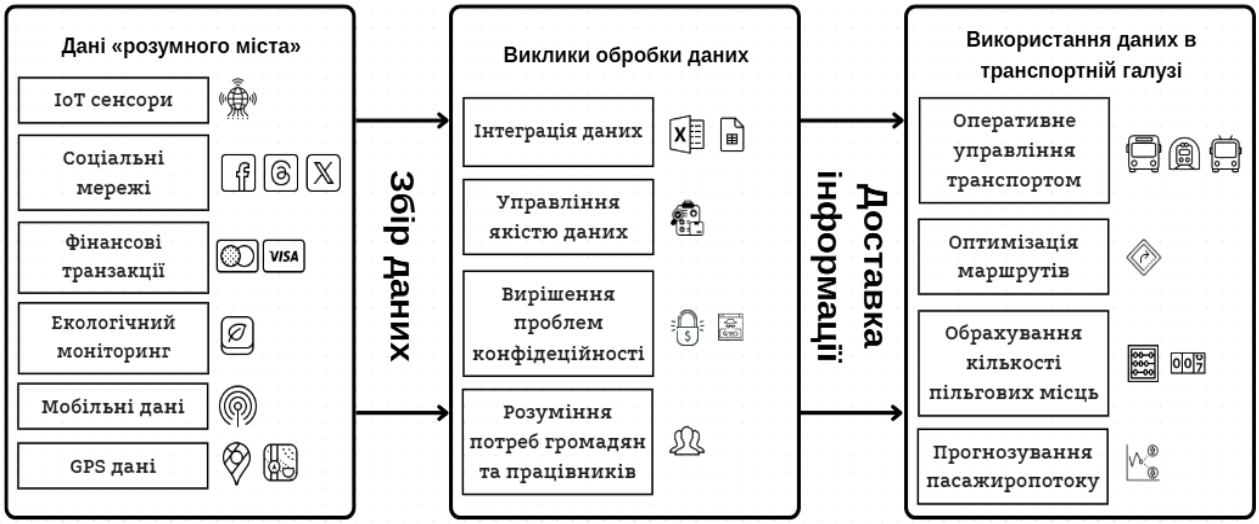

Рисунок 3.14 – Процес перетворення даних громадського транспорту у рішення

Оперативне управління транспортом передбачає моніторинг у реальному часу місцезнаходження громадського транспорту «розумного міста», запобігаючи заторам, дотримуватися контролю графіку руху. Оптимізація маршрутів – про виявлення слабо використовуваних маршрутів, пропозицій нових напрямків, адаптувати частоту руху в залежності від часу доби чи подій.

Завдяки обробленим даним зі смарт-карток, валідаційних систем і реєстрів пасажирів можна точно визначати кількість пільгових поїздок у громадському транспорті.

Аналітика дозволяє:

- ідентифікувати пасажирів із правом на пільгу (пенсіонери, студенти, ветерани тощо);
- аналізувати кількість та частоту їхніх поїздок по маршрутах і в часі;
- розраховувати навантаження на бюджет (кількість компенсацій перевізникам);
- прогнозувати потребу в пільгових місцях на окремих лініях або в пікові періоди;
- виявляти зловживання — наприклад, передачу карток іншим особам.

Завдяки ML транспортні аналітики можуть:

- визначати пікові години навантаження;
- прогнозувати зміну попиту при зміні тарифів, маршрутів або сервісів;
- виявляти сезонні коливання у пасажиропотоках (наприклад, під час свят або погіршення погоди);
- моделювати поведінку пасажирів у відповідь на інфраструктурні зміни (ремонти, нові станції, зміна логіки пересадок).

Інформаційна модель громадського транспорту в «розумному місті» є динамічною, самонавчальною системою, що здатна забезпечити ефективну взаємодію між громадянами, технологіями та адміністративною інфраструктурою. Вона базується на принципах великих даних, AI, інтеграції та прозорості, забезпечуючи адаптивність, надійність і стійкість міської транспортної мережі в умовах постійної урбанізаційної динаміки.

3.3 Висновок до третього розділу

У третьому розділі кваліфікаційної роботи рівня «Магістр» було описано вербальну модель інформаційних потоків «розумного міста». Розглянуто компоненти моделі «Джерела даних», «Обробка даних», «Інформаційні потоки», «Прийняття рішень», «Зворотній зв’язок».

Створено модель інформаційних потоків громадського транспорту галузі «розумного міста». Описано архітектуру цифрової інфраструктури громадського транспорту «розумного міста». Проаналізовано процес перетворення даних громадського транспорту у рішення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Професійні ризики та заходи безпеки при моделюванні соціальних взаємодій на основі великих даних

Моделювання соціальних взаємодій за допомогою технологій Big Data впроваджується в різні сфери людської діяльності: маркетингу, урбаністиці, державному управлінні, секторі безпеки тощо.

Поряд із технічними досягненнями виникають професійні ризики, які стосуються охорони праці спеціалістів.

Фахівці з Big Data, аналітики, дата-сайентісти часто працюють у високонавантаженому інформаційному середовищі, що вимагає постійної концентрації, аналізу незрозумілих поведінкових патернів, роботи з алгоритмами та навчальними моделями. Це спричиняє розвиток розумового виснаження, тривожності та синдрому професійного вигорання [81].

Дослідження Європейського агентства з безпеки і гігієни праці (EU-OSHA) вказує, що спеціалісти в цифрових професіях значно частіше стикаються з психосоціальними ризиками, порівняно з іншими цивільними професіями [82]. Через гнучкі форми зайнятості або «deadline-культуру» спеціалісти працюють понаднормово, включаючи нічні години. Тривала відсутність перерв і незбалансоване навантаження призводить до ризиків пов’язаних із зоровою втомою, порушень сну, мікростресів та зниження імунітету [93]. ДСТУ 8604:2015встановлює основні терміни, визначення та підходи до оцінювання психічного навантаження, з яким стикаються працівники під час виконання розумово напружених завдань [84], а саме:

- психічне навантаження – це сукупність усіх впливів, які надходять до працівника з боку робочого середовища та завдань, що потребують психічної діяльності, наприклад: уваги, пам’яті, мислення, прийняття рішень;
- психічна втома – це тимчасове зниження розумової працездатності, яке виникає внаслідок тривалої або інтенсивної розумової діяльності;

- психічна перевтома (хронічна втома) – це патологічний стан, що виникає внаслідок тривалого впливу високого навантаження без достатнього відновлення.

Дотримання вимог ДСТУ 8604:2015 та впровадження відповідних заходів з організації праці допомагає своєчасно виявляти та контролювати рівень психічного навантаження, запобігаючи розвитку хронічної втоми та професійного вигорання.

Неправильна організація робочого місця та тривале сидіння у незручній позі є одними з найпоширеніших ергономічних ризиків для фахівців, які працюють з великими обсягами інформації. ДСТУ 7951:2015 визначає загальні ергономічні вимоги до організації робочого місця оператора, оптимальне розташування основних елементів. У відповідності до даного стандарту, робоче місце повинно відповідати поставленим вимогам: висота робочої поверхні від підлоги – 70-80см, відстань від очей до екрану – від 50 до 70см, кут огляду монітора по вертикалі – 15°-35° вниз до рівня очей, зона досяжності рук – не більше 60см, висота підлокітників – 20-25см від сидіння крісла [85].

Відповідне дотримання цих параметрів забезпечує оптимальний комфорт і знижує ризики фізичного перенавантаження, сприяючи підвищенню продуктивності та збереженню здоров’я працівника під час тривалої роботи за комп’ютером.

Крісло оператора повинно забезпечувати правильну підтримку тіла, мінімізувати напругу в м’язах і суглобах, а також сприяти зручній та здоровій позі під час тривалої роботи. Відповідно до ДСТУ 7951:2015 висота сидіння крісла має регулюватися від 40 до 55см, глибинка сидіння – 40-45см, висота спинки – не менше 45см. Нахил спинки має регулюватися в межах 90°–110° [86].

4.2 Вплив тривалої роботи з комп'ютерними моніторами на зір фахівців з обробки великих даних

Фахівці з обробки великих даних (Big Data) проводять значну частину робочого часу перед комп'ютерними моніторами. Такий режим праці призводить

до розвитку комп'ютерного зорового синдрому (КЗС). Він передбачає низку симптомів, пов'язаних із перенапруженням зору та загальним дискомфортом. Згідно з систематичним оглядом, поширеність КЗС серед користувачів комп'ютерів становить близько 66% [87]. Комп’ютерний зоровий синдром (КЗС) характеризується такими симптомами, як очне напруження і втома, сухість очей, затуманений або подвійний зір, головний біль, біль у шиї та плечах.

Фахівці з обробки великих даних часто працюють з великими обсягами інформації, що вимагає тривалого зосередження на дисплеї монітора. Це підвищує ризик розвитку КЗС. Дослідження показують, що тривале використання комп'ютера без належних перерв та ергономічних умов може призводити до значного зниження продуктивності та якості життя працівників [87].

Порівняння ризиків при роботі з різнми типами дисплеїв моніторів наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняння ризиків при роботі з різними типами дисплеїв моніторів

Тип дисплею монітора	**Ризик для зору**	**Рекомендація щодо використання**
1	**2**	**3**
LCD	Високий	Використовувати обмежено
LED	Помірний	Регулювати яскравість, фільтри
E-Ink (електронне чорнило)	Низький	Переважно використовувати

Дисплеї моніторів є джерелом рентгенівського, інфрачервоного, ультрафіолетового випромінювання. Рідкокристалічні та плазмові LCD становлять загрозу для людського організму, особливо для очей. Нетривала робота з використанням інформаційно-комунікаційних технологій призводить

до появи короткозорості та зниження шару фоторецепторів очей, особливо у дітей та молодих людей віком 6–30 років [87].

Дисплеї моніторів складаються з мільйонів пікселів, кожен з яких має субпікселі (червоний, зелений, синій). З часом або внаслідок виробничих недоліків пікселі можуть виходити з ладу. Кількість згорених пікселів прямолінійно впливає на концентрацію користувачів під час тривалої роботи за комп'ютером. Стандарт ДСТУ EN ISO 9241-210:2022 описує чотири класи дисплеїв [88]:

- клас 0 – 0 згорених пікселів;
- клас 1 – до 1 яскравого пікселя, до 1 темного пікселя, до 2 субпіксельних дефектів;
- клас 2 – до 2 яскравих пікселів, до 2 темних, до 5 субпіксельних;
- клас 3 – до 5 яскравих пікселів, до 15 темних, до 50 субпіксельних дефектів [88].

Починаючи з класу 3 дисплеї не рекомендуються для тривалої офісної або навчальної роботи. Велика кількість дефектів пікселів спричиняє зорову втому, відволікання уваги й зниження продуктивності. Для забезпечення безпеки зору і мінімалізації ризиків виникнення КЗС необхідно дотримуватися ДСТУ ISO 9241-7:2004, а саме [89]:

- контрастність не менша 10:1;
- яскравість дисплею від 100 до 250 кд/м²;
- роздільна здатність монітора не менше 1920×1080 пікселів;
- кут огляду – не менше 120° (по горизонталі та вертикалі) [89].

Дотримання вимог сприяє зниженню втоми очей під час тривалої роботи за комп'ютером, покращує якість зорового сприйняття інформації та створює комфортні умови праці, що є важливим чинником профілактики порушень зору. Для зменшення ризику розвитку КЗС серед фахівців з обробки великих даних необхідно [88]:

- дотримуватись правила 20-20-20 (кожні 20 хвилин роботи робити перерву на 20 секунд, дивлячись на об'єкт, розташований на відстані 20 футів – приблизно 6 метрів);

- екран повинен бути на відстані 50-70 см від очей, верхній край монітора – на рівні очей або трохи нижче;
- уникати відблисків на екрані, використовувати антивідблискові фільтри за потреби;
- використовувати зволожуючі краплі;
- проходити регулярні огляди у офтальмолога.

Дотримання вимог дозволяє знизити зорове навантаження, підтримувати гостроту зору, забезпечити комфортні умови праці.

4.3 Планування заходів цивільного захисту на об'єкті у випадку надзвичайної ситуації

Планування заходів цивільного захисту – це комплексна діяльність, спрямована на забезпечення готовності об'єкта до дій у разі виникнення надзвичайної ситуації. Вона включає аналіз можливих загроз, визначення необхідних заходів профілактики, підготовку персоналу, розробку алгоритмів дій у кризових умовах, створення матеріально-технічної бази для реагування та ліквідації наслідків [90].

Згідно з положеннями Кодексу цивільного захисту України, керівники підприємств зобов'язані організувати планування заходів із забезпечення безпеки працівників і сталого функціонування об'єкта в умовах НС [90]. Для цього створюється План реагування на надзвичайні ситуації, що визначає:

- порядок дій керівного складу;
- евакуаційні заходи;
- оповіщення і зв'язок;
- використання засобів індивідуального та колективного захисту;
- взаємодію з підрозділами ДСНС та іншими структурами [91].

Першим етапом планування є аналіз потенційних загроз, притаманних конкретному об'єкту. Це може бути, наприклад, витік небезпечних речовин, пожежа, вибух, аварія на інженерних мережах, а також стихійні явища – повінь, землетрус тощо [91].

Ідентифікація джерел небезпеки передбачає:

- аналіз технічного стану обладнання;
- географічне розташування об’єкта;
- характер технологічного процесу;
- історичні дані про НС у регіоні [92].

Оцінка ризику проводиться з метою визначення ймовірності виникнення НС і рівня їх впливу. Це дає змогу ранжувати загрози та зосередити ресурси на запобіганні найбільш імовірним і небезпечним сценаріям [91].

На об’єкті створюється комісія з надзвичайних ситуацій, яка координує планування, проведення тренувань, підготовку планів евакуації та інструкцій. Обов’язково розробляються:

- план дій під час НС;
- план евакуації персоналу;
- інструкції для працівників з техніки безпеки та дій у разі тривоги [92].

Для ефективного реагування формуються нові формування цивільного захисту: ланки пожежогасіння, евакуаційні групи, медичні пункти тощо. Їх особовий склад проходить навчання, забезпечується форменим одягом, засобами зв’язку та інструментами [90].

Об’єкти повинні бути укомплектовані:

- засобами оповіщення (сирени, гучномовці);
- автономними джерелами електроживлення;
- протипожежним обладнанням;
- медикаментами;
- засобами індивідуального захисту (протигази, респіратори);
- запасами води, харчування [91].

Наявність захисних споруд (укриттів, сховищ) – ключовий елемент безпеки. У разі їх відсутності на об’єкті повинні бути визначені інші безпечні зони для тимчасового укриття персоналу.

Не менш важливим є практичний аспект готовності до НС – навчання та регулярне проведення навчально-тренувальних заходів. Законодавством

передбачено щорічні об’єктові тренування, у яких беруть участь усі працівники. Під час них перевіряється:

- функціональність систем оповіщення;
- злагодженість дій персоналу;
- ефективність евакуаційних маршрутів;
- готовність технічних засобів [91].

Окрему увагу приділено налагодженню зв’язків з місцевими органами влади, підрозділами ДСНС, поліцією, медичними установами. У Плані реагування чітко прописується порядок сповіщення відповідних структур і координація з ними під час ліквідації НС [93].

Планування заходів цивільного захисту повинно відповідати нормативно-правовій базі України, зокрема:

- Кодексу цивільного захисту України;
- Постанові Кабінету Міністрів України №626 від 09.08.2017 "Про затвердження Порядку розроблення планів діяльності єдиної державної системи цивільного захисту";
- Методичним рекомендаціям ДСНС України щодо планування на об’єктах [93].

Згідно з цими документами, кожен об’єкт господарювання, незалежно від форми власності, повинен мати затверджені плани ЦЗ, зокрема:

- План евакуації персоналу та матеріальних цінностей;
- План ліквідації можливих аварійних ситуацій;
- План реагування на надзвичайні ситуації техногенного або природного характеру [93].

Дотримання цих норм – обов’язкова умова під час перевірок з боку органів державного нагляду, а також підставою для отримання дозволу на експлуатацію потенційно небезпечного об'єкта.

Оскільки ситуація в регіоні, технічний стан обладнання та інші чинники змінюються з часом, плани ЦЗ мають бути гнучкими та актуальними. Передбачено регулярне їх оновлення:

- не рідше одного разу на п’ять років;

- після реконструкції або зміни технологічного процесу;
- за підсумками навчань чи тренувань, якщо виявлено недоліки [94].

Сучасні підходи до управління безпекою включають інформаційні системи цивільного захисту. Вони дозволяють:

- вести електронний облік засобів захисту;
- створювати карти зон ураження на основі ГІС-технологій;
- прогнозувати розвиток подій за допомогою математичного моделювання;
- оперативно передавати інформацію до керівництва та екстрених служб.

Цифровізація процесів планування та реагування значно підвищує ефективність системи ЦЗ, особливо у великих компаніях, логістичних центрах, об'єктах критичної інфраструктури [93].

Найкращі плани можуть виявитися неефективними, якщо працівники не готові діяти в умовах стресу. Психологічна готовність персоналу до надзвичайних ситуацій є не менш важливою, ніж технічна підготовка. Рекомендується проводити:

- інструктажі з поведінки у випадку НС;
- навчання на основі реальних сценаріїв;
- моделювання евакуаційних дій із використанням імітацій.

Планування заходів цивільного захисту на об’єкті – це стратегічне завдання, яке вимагає системного підходу, міждисциплінарних знань і відповідального ставлення з боку керівництва. Комплексно організована система ЦЗ, заснована на реалістичних розрахунках, сучасних технологіях та підготовленому персоналі – це ключ до збереження життя, здоров’я людей і безперервності виробничих процесів у критичних умовах [94].

У майбутньому особливу увагу необхідно приділяти інтеграції систем ЦЗ у загальну стратегію розвитку підприємств, впровадженню інноваційних підходів до управління безпекою та постійному вдосконаленню нормативної бази. В умовах сучасних викликів – це не лише вимога часу, а й соціальна відповідальність кожної організації.

4.4 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто професійні ризики, що виникають під час моделювання соціальних взаємодій на основі великих даних, а також вплив тривалої роботи з комп’ютерними моніторами на зір фахівців з обробки великих даних.

Проведений аналіз показав, що фахівці в сфері Big Data перебувають під значним психічним навантаженням через високу інтенсивність інформаційного потоку, необхідність концентрації та роботи з комплексними алгоритмами. Це підвищує ризик розвитку психічної втоми, професійного вигорання, а також пов’язаних із цим психосоціальних ризиків. Впровадження вимог дозволяє ефективно контролювати рівень психічного навантаження та запобігати негативним наслідкам, шляхом організації праці із належними перервами та зміною видів діяльності.

Наведено ергономічні норми для робочого місця, які визначають оптимальне розташування монітора, клавіатури, миші та параметри крісла оператора, що сприяє мінімізації фізичних навантажень, зниженню м’язово-скелетних порушень і підвищенню комфортності робочого процесу.

Розглянуто тему по НС: планування заходів цивільного захисту на об’єкті у випадку надзвичайної ситуації. Описано сутність та цілі планування ЦЗ на об'єкті – створення умов для ефективного захисту персоналу, мінімізації людських та матеріальних втрат, забезпечення життєдіяльності підприємства в кризових умовах. Розглянуто нормативно-правову базу. Проаналізовано етапи та структуру плану заходів ЦЗ: від ідентифікації загроз і оцінки ризиків до організації оповіщення, евакуації, медичної допомоги та відновлювальних робіт. Наголошено на важливості матеріально-технічного забезпечення. Висвітлено роль навчань і тренувань, що формують практичну готовність персоналу до дій у разі НС та забезпечують злагодженість у діях різних структур. Окреслено необхідність гнучкості та регулярного оновлення планів, з урахуванням змін у виробничих процесах, зовнішньому середовищі та законодавстві. Звернуто увагу на впровадження сучасних технологій, зокрема систем цифрового оповіщення,

геоінформаційного моделювання, інформаційного забезпечення прийняття рішень. Підкреслено значення людського фактору – підготовки персоналу, психологічної стійкості, чіткої інструкції дій у надзвичайних умовах.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» було розроблено та апробовано модель інформаційних потоків громадського транспорту «розумного міста» з використанням методів аналізу великих даних для підвищення ефективності управління міським середовищем

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- висвітлено поняття та особливості «розумного міста»;
- проаналізовано загальну структуру «розумного міста»;
- досліджено виклики обробки великих даних у контексті «розумного міста».

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- проаналізовано успішні кейси впровадження та використання великих даних у «розумних містах»;
- узагальнено методи збору та попередньої обробки даних;
- досліджено методи аналізу соціальних взаємодій;
- досліджено та проаналізовано інструменти для збору, обробки, візуалізації великих даних;
- створено порівняльну таблицю мов програмування для статистичного аналізу;
- проаналізовано досвід «Transport Bus Initiative» в обробці інформаційних потоків міста;
- проаналізовано виклики масштабування та інтеграції даних.
- визначено загрози безпеки даних;
- окреслено основні тренди в аналізі великих даних при моделюванні інформаційних потоків.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- описано вербальну концептуальну модель інформаційних потоків «розумного міста», розглянуто компоненти моделі;
- створено модель інформаційних потоків громадського транспорту галузі «розумного міста»;

- описано архітектуру цифрової інфраструктури громадського транспорту;
- проаналізовано процес перетворення даних у конкретне рішення.

Всі поставленні завдання були виконанні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Alanazi, F. K., & Alenezi, M. (2024). A framework for integrating intelligent transportation systems with smart city infrastructure. Journal of Infrastructure, Policy and Development. https://doi.org/10.24294/jipd.v8i5.3558.

2. Zhu, J., Gianoli, A., Noori, N., de Jong, M., & Edelenbos, J. (2024). How different can smart cities be? A typology of smart cities in China. Cities, 149, 104992.

3. Голод, С. В., & Кулик, Я. А. (2023). Огляд концепції «розумне місто» з використанням інтернету речей. Матеріали LII Науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р.

4. Крисоватий, І. А. (2023). Смарт-технології як складові сучасної урбаністики. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, (4 (280)), 19-24.

5. Ghareh Mohammadi, F., Shenavarmasouleh, F., Amini, M. H., & Arabnia, H. R. (2021, September 14). Data analytics for smart cities: Challenges and promises. ResearchGate. https://doi.org/10.1002/9781119748342.ch2.

6. Терехов, Д. (2023). Сучасний інтернет-маркетинг з використанням технологій штучного інтелекту. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки, 324(6), 169–173. https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-324-6-27.

7. Григорова-Беренда, Л. І., Зайцева, А. С., & Казакова, Н. А. (2020). Інформаційні системи та технології в логістиці: Методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи для студентів спеціальності «Міжнародні економічні відносини» освітньої програми «Міжнародна логістика і митна справа». Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна.

8. Вашкулат, К. С. (2020). Методи впровадження відеоспостереження за об’єктами в системі «розумного будинку» (Магістерська дисертація). Київ.

9. Захарова, О. В., & Козирєв, Д. М. (2022). Концепція «розумного міста» як альтернативний підхід до відновлення міської інфраструктури України в повоєнний період. Серія: Економічні науки, (67), 7–11.

10. Миськів, С. Р., & Липак, Г. І. (2023). Роль великих даних у формуванні інформаційних потоків у «розумних містах». XVIII Всеукраїнська науково-практична веб конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (Кривий Ріг).

11. Mithun, R., & Roopadarshini, S. (2024). A Study on Distance Learning: A Developmental Leap towards Smart Education in Smart Cities. Journal of Digital Learning And Distance Education, 2(8), 645-651.

12. Крамар, Т. О., & Дуда, О. М. (2023). Технології доповненої реальності в «розумному місті». Матеріали XI науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології “, 67-67.

13. Abella, J. L., Fruttero, A., Taş, E. O., & Taj, U. (2020). Urban Design, Public Spaces, and Social Cohesion.

14. Alotaibi, S. B., & Manimurugan, S. (2022). Humanoid robotic system for social interaction using deep imitation learning in a smart city environment. Frontiers in Sustainable Cities, 4, 1076101.

15. Барабах, Р. Т., Дуда, О. М., Дуда, Х. О., Кунанець, Н. Е., Машіка, Г. В., & Пасічник, С. О. (2024). Побудова туристичних інтернет-порталів з інтуїтивно зрозумілими інтерфейсами. Scientific Bulletin of UNFU, 34(1), 67-77.

16. Yu, L., Li, D., Zhou, S., & Zhu, X. (2025). Agent-based simulation of citizens' satisfaction in smart cities. Simulation, 101(1), 55-71.

17. Rădulescu, C. M., Slava, S., Rădulescu, A. T., Toader, R., Toader, D.-C., & Boca, G. D. (2020). A Pattern of Collaborative Networking for Enhancing Sustainability of Smart Cities. Sustainability, 12(3), 1042. https://doi.org/10.3390/su12031042.

18. Olszewski, R., Pałka, P., Turek, A., Kietlińska, B., Płatkowski, T., & Borkowski, M. (2019). Spatiotemporal Modeling of the Smart City Residents' Activity with Multi-Agent Systems. Applied Sciences, 9(10), 2059. https://doi.org/10.3390/app9102059.

19. Cirillo, F., Gómez, D., Diez, L., Maestro, I. E., Gilbert, T. B. J., & Akhavan, R. (2020). Smart city IoT services creation through large-scale collaboration. IEEE Internet of Things Journal, 7(6), 5267-5275.

20. Zeng, D., Tim, Y., Yu, J., & Liu, W. (2020). Actualizing big data analytics for smart cities: A cascading affordance study. International Journal of Information Management, 54, 102156.

21. Herath, H. M. K. K. M. B., & Mittal, M. (2022). Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review. International Journal of Information Management Data Insights, 2(1), 100076.

22. Гоцко, Є., & Козбур, Г. В. Використання великих даних в розумному місті. Матеріали IX науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології “, 39-39.

23. Миськів, С. Р. (2024). Прогнозування обсягів створених, зібраних, скопійованих і спожитих даних у світі. Матеріали XII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології “, 58-59.

24. Omowole, B. M., Olufemi-Philips, A. Q., Ofadile, O. C., Eyo-Udo, N. L., & Ewim, S. E. (2024). Big data for SMEs: A review of utilization strategies for market analysis and customer insight. International Journal of Frontline Research in Multidisciplinary Studies, 5(1), 001-018.

25. Mukherjee, A. (2024). Big Data and its Impact on Demand-Driven Material Requirements Planning. International Journal of Supply Chain Management, 13(2), 1-9.

26. Erçik, H., & Dirik, M. Data analysis for smart grid and communication technologies. International Conference on Smart and Innovative Systems (ICSIS). https://doi.org/10.59287/icsis.621.

27. van Dierendonck, D., & Weber, U. (2023). The data-driven leader: developing a big data analytics leadership competency framework. Journal of Management Development. https://doi.org/10.1108/jmd-12-2022-0306.

28. Shabbir, M. Q., & Gardezi, S. B. W. (2020). Application of big data analytics and organizational performance: The mediating role of knowledge management practices. Journal of Big Data, 7, 47.

29. Batko, K., & Ślęzak, A. (2022). The use of big data analytics in healthcare. Journal of Big Data, 9, 3. https://doi.org/10.1186/s40537-021-00553-4.

30. Dave, P. (2023, October 10). Google's AI is making traffic lights more efficient and less annoying. WIRED. https://www.wired.com/story/googles-ai-traffic-lights-driving-annoying/.

31. The Public Service Vehicles (Open Data) (England) Regulations 2020, SI 2020/749. (2020). Legislation.gov.uk. https://www.legislation.gov.uk/uksi/2020/749/contents/made.

32. Santos, G., & Nikolaev, N. (2021). Mobility as a service and public transport: a rapid literature review and the case of Moovit. Sustainability, 13(7), 3666.

33. Dudek, T., & Kujawski, A. (2022). The Concept of Big Data Management with Various Transportation Systems Sources as a Key Role in Smart Cities Development. Energies, 15(24), 9506. https://doi.org/10.3390/en15249506.

34. Talebkhah, M., Sali, A., Marjani, M., Gordan, M., Hashim, S. J., & Rokhani, F. Z. (2021). IoT and Big Data Applications in Smart Cities: Recent Advances, Challenges, and Critical Issues. IEEE Access, 9, 55465–55484. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3070905.

35. Гребініченко, М. В. (2020). Методи попередньої обробки великих даних.

36. Lim, C., Kim, K. J., & Maglio, P. P. (2018). Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations. Cities, 82, 86-99.

37. Alabsi, M. I., & Gill, A. Q. (2024). A Systematic Review of Personal Information Sharing in Smart Cities: Risks, Impacts, and Controls. Journal of The Knowledge Economy. https://doi.org/10.1007/s13132-024-02126-1.

38. Кушнір, О. К., & Чаплінський, В. Р. (2023). Статистичні методи аналізу великих даних. Електронне наукове фахове видання з економічних наук «Modern Economics», 39, 75–81. https://modecon.mnau.edu.ua/issue/39-2023/kushnir.pdf.

39. Pinto da Costa, J. F., & Cabral, M. (2022). Statistical methods with applications in data mining: A review of the most recent works. Mathematics, 10(6), 993. https://doi.org/10.3390/math10060993.

40. Gertheiss, J., Rügamer, D., Liew, B. X., & Greven, S. (2024). Functional data analysis: An introduction and recent developments. Biometrical Journal, 66(7), e202300363.

41. Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (2023). Smart cities—a structured literature review. Smart Cities, 6(4), 1719-1743.

42. Tahmasseby, S. (2022). The implementation of smart mobility for smart cities: A case study in qatar. Civ. Eng. J, 8(10), 2154-2171.

43. Elberzhager, F., Mennig, P., Polst, S., Scherr, S., & Stüpfert, P. (2021). Towards a digital ecosystem for a smart city district: Procedure, results, and lessons learned. Smart Cities, 4(2), 686-716.

44. Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., & Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the internet of things using big data analytics. Computer networks, 101, 63-80.

45. Sheik Mohideen Shah, S., & Meganathan, S. (2021). Machine learning approach for power consumption model based on monsoon data for smart cities applications. Computational Intelligence, 37(3), 1309-1321.

46. The difference between data analytics and statistics. Rudderstack. https://www.rudderstack.com/learn/data-analytics/the-difference-between-data-analytics-and-statistics/.

47. Гришкун, Є., & ін. (2020). Методи машинного навчання. Znanstvena misel, 55–58.

48. Марценюк, М. С., & ін. (2023). Аналіз методів виявлення дезінформації в соціальних мережах за допомогою машинного навчання, 148–155.

49. ЛИПАК, Г., ЛИПАК, Т., & КУНАНЕЦЬ, Н. (2024). ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ АРТЕФАКТІВ ДОКУМЕНТАЛЬНОЇ СПАДЩИНИ. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 339(4), 176-182. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-29.

50. Багрій, Р. І., Липак, Т. А., & Липак, Г. І. (2024, квітень 26). Методи штучного інтелекту в збереженні об’єктів культурної спадщини. У Наукові тренди постіндустріального суспільства: Збірник наукових праць з матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, м. Івано-Франківськ (с. 288). Міжнародний центр наукових досліджень. ТОВ «УКРЛОГОС Груп». https://doi.org/10.62731/mcnd-26.04.2024.

51. Lypak, H., Kunanets, N., Veretennikova, N., Matsiuk, H., Kramar, T., & Duda, O. (2023, October). An Information System Project Using Augmented Reality for a Small Local History Museum. In 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT) (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324194.

52. Shokouhyar, S., Maghsoudi, M., Khanizadeh, S., & Jorfi, S. (2024). Analyzing supply chain technology trends through network analysis and clustering techniques: A patent-based study. Annals of Operations Research, 341(1), 313–348.

53. Sanders, C. E., Edgar, D. W., Cox, C. K., & Edgar, L. D. (2022). Exploring interactions between Arkansas urban producers: Social networks and modes of information seeking. Journal of Human Sciences and Extension, 10(1), 12.

54. Васильченко, А. В. (2023). Аналіз еволюції структури соціальної мережі у Gephi.

55. Міхалевська, Г. І., & Міхалевський, В. Ц. (2022). Використання понять теорії графів для аналізу складних мереж.

56. НАЗАРОВА, К., & БОНДАРЕНКО, К. (2022). Вектори розвитку XBRL-звітування в Україні. Scientia fructuosa, 142(2), 81-93.

57. OfficialINDIAai Twitter NodeXL SNA Map and Report for Sunday, 02 February 2025 at 20:10 UTC. nodexl. URL: https://nodexlgraphgallery.org/Pages/Graph.aspx?graphID=295577.

58. Ammara, U., Rasheed, K., Mansoor, A., Al-Fuqaha, A., & Qadir, J. (2022). Smart cities from the perspective of systems. Systems, 10(3), 77.

59. Li, F., Gong, J., Liang, Y., & Zhou, J. (2016). Real-time congestion prediction for urban arterials using adaptive data-driven methods. Multimedia Tools and Applications, 75, 17573-17592.

60. Zaki, J. F., Ali-Eldin, A., Hussein, S. E., Saraya, S. F., & Areed, F. F. (2020). Traffic congestion prediction based on Hidden Markov Models and contrast measure. Ain Shams Engineering Journal, 11(3), 535-551.

61. Akhtar, M., & Moridpour, S. (2021). A review of traffic congestion prediction using artificial intelligence. Journal of Advanced Transportation, 2021(1), 8878011.

62. Lee, J. D. M. C. K., & Toutanova, K. (2018). Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. arXiv preprint arXiv:1810.04805, 3(8).

63. Ko, Y., Choi, K., Seo, J., & Kim, S. W. (2021, May). An in-depth analysis of distributed training of deep neural networks. In 2021 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS) (pp. 994-1003). IEEE.

64. Giugliano, G., & Buono, M. (2021). Sistemas y modelos de conexión e interacción inteligente para la sociedad 5.0. Revista Eviterna, (9), 195–208. https://doi.org/10.24310/Eviternare.vi9.11461.

65. Lupenko, S., Orobchuk, O., Kateryniuk, I., Kozak, R., & Lypak, H. (2024, October 23–25). Secure information system for Chinese Image medicine knowledge consolidation. In Proceedings of the 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2024 (ITTAP 2024), Ternopil, Ukraine and Opole, Poland (Vol. 3896, pp. 509–519). CEUR Workshop Proceedings. http://ceur-ws.org/Vol-3896.

66. Wang, K., Zhao, Y., Gangadhari, R. K., & Li, Z. (2021). Analyzing the adoption challenges of the Internet of things (Iot) and artificial intelligence (ai) for smart cities in china. Sustainability, 13(19), 10983.

67. Secinaro, S., Brescia, V., Iannaci, D., & Jonathan, G. M. (2022). Does citizen involvement feed on digital platforms?. International Journal of Public Administration, 45(9), 708-725.

68. Trung, T. T. (2020). Smart city and modelling of its unorganized flows using cell machines. Civil Engineering Journal, 6(5), 954-960.

69. Basciani, F., Rossi, M. T., & De Sanctis, M. (2020). Supporting smart cities modeling with graphical and textual editors. In {STAF} 2020 Workshop

Proceedings: 4th Workshop on Model-Driven Engineeringfor the Internet-of-Things, 1st International Workshop on ModelingSmart Cities, and 5th International Workshop on Open and OriginalProblems in Software Language Engineering co-located with SoftwareTechnologies: Applications and Foundations federation of conferences {(STAF} 2020), Bergen, Norway, June 22-26, 2020 (Vol. 2707, pp. 9-19). CEUR-WS. org.

70. Carmody, D., Mazzarello, M., Santi, P., Harris, T., Lehmann, S., Abbiasov, T., ... & Ratti, C. (2022). The effect of co-location on human communication networks. Nature Computational Science, 2(8), 494-503.

71. Krauze-Maślankowska, P., Wojewnik-Filipkowska, A., & Gierusz-Matkowska, A. (2024). Business Intelligence Dashboard for Smart, Sustainable and Resilient Cities Based on the City's Fundamental Power Index.

72. City of Toronto. TTC bus delay data. Open Data Portal. https://open.toronto.ca/dataset/ttc-bus-delay-data/.

73. Held, F. (2024). Large-scale Data Integration using Matrix Denoising and Geometric Factor Matching. https://doi.org/10.48550/arxiv.2405.10036.

74. Smith, J., Shi, Y., Benedikt, M., & Nikolic, M. (2020). Scalable Analysis of Multi-Modal Biomedical Data. bioRxiv. https://doi.org/10.1101/2020.12.14.422781

75. Chen, N. (2023). Ensuring Data Confidentiality via Plausibly Deniable Encryption and Secure Deletion (Doctoral dissertation, Michigan Technological University).

76. Gasser, L., & Aad, I. (2023). Disk, File and Database Encryption (pp. 201–207). https://doi.org/10.1007/978-3-031-33386-6_33.

77. Lundberg, L., & Grahn, H. (2022). Research Trends, Enabling Technologies and Application Areas for Big Data. Algorithms, 15(8), 280. https://doi.org/10.3390/a15080280.

78. Henriques, A. C. V., Meirelles, F. de S., & Cunha, M. A. (2020). Big data analytics: achievements, challenges, and research trends. Independent Journal of Management & Production, 11(4), 1201–1222. https://doi.org/10.14807/IJMP.V11I4.1085.

79. Abbas, N., Abbas, Z., Liu, X., Khan, S. S., Foster, E. D., & Larkin, S. (2023). A survey: Future smart cities based on advance control of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Applied Sciences, 13(17), 9881.

80. Cepero, T., Montané-Jiménez, L. G., & Maestre-Góngora, G. P. (2022, September). Data visualization guide for smart city technologies. In International Conference on Electronic Governance with Emerging Technologies (pp. 176-191). Cham: Springer Nature Switzerland.

81. Thompson, M. (2020). Ethical considerations in big data analytics: Privacy and bias issues. American Journal of Big Data, 1(4), 8–10. https://www.oxjournal.org/ethical-considerations-in-big-data-analytics/.

82. Urzi-Brancati, C. (2024). Digital technologies at work and psychosocial risks: Evidence and implications for occupational safety and health. European Agency for Safety and Health at Work. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Digitalisation-and-PSR_EN.pdf.

83. ДСТУ. (2015). Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. (ДСТУ 8604:2015).

84. Бутузов, Г. М., & Біла, Н. С. (2015). Охорона праці в галузі» для студентів спеціальностей:«Інформаційні управляючи системи та технології», «Комп'ютерні системи медичної та технічної діагностики. Державний стандарт України. (2006). Ергономіка психічного навантаження. Частина 1. Загальні аспекти і вимоги (EN ISO 10075-1:2000, IDT). Київ: Міністерство економіки України.

85. ДСТУ. (2015). Дизайн і ергономіка. Крісло оператора. Загальні ергономічні вимоги. (ДСТУ 7951:2015).

86. Lema, A. K., & Anbesu, E. W. (2022). Computer vision syndrome and its determinants: A systematic review and meta-analysis. SAGE Open Medicine, 10, 20503121221142402.

87. Гриб'юк, О. О. (2014, March). Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на психофізіологічний розвиток молодого покоління. In International scientific-practical conference of teachers and psychologists "Science of future" the

5th of March, 2014. Prague (Czech Republic) (No. 1, pp. 190-207). the European Association of pedagogues and psychologists “Science”.

88. ДСТУ. (2022). Ергономіка взаємодії людина-система. Частина 210. Людиноорієнтоване проєктування інтерактивних систем. (ДСТУ EN ISO 9241-210:2022).

89. ДСТУ. (2004). Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 7. Вимоги до дисплеїв з відбитками. (ДСТУ ISO 9241-7:2004).

90. Levchuk, K. O., & Romaniuk, R. Y. (2019). Методика планування заходів цивільного захисту на потенційно небезпечних об’єктах. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки), 1(34), 146-150.

91. Жуковіна, О. В., & Грецька, Г. А. (2021). Організація та управління цивільним захистом на підприємствах (в установах).

92. Євдін, О. М., Слюсар, А. А., Фомін, А. І., & Негрієнко, С. В. (2015). Методичні рекомендації щодо розроблення планів з питань цивільного захисту (перша редакція). Проект. Київ: УНДІЦЗ ДСНС України.

93. Гудович, О. Д., & Тищенко, В. О. (2013). Планування діяльності єдиної державної системи цивільного захисту України. Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія: Управління, (4), 97–105.

94. Левчук, К. О., & Романюк, Р. Я. (2018). Стан питання про планування заходів цивільного захисту в Україні. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. Технічні науки, (2), 106–112.

ДОДАТКИ

Додаток А

Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ім. ШЕВЧЕНКА

М А Т Е Р І А Л И

XII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ, СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

18–19 грудня 2024 року

ТЕРНОПІЛЬ
2024

УДК 001
М34

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Приймак Микола – професор кафедри комп'ютерних систем та мереж, д.т.н., професор.
Співголови: Марущак Павло – проректор з наукової роботи, докт. техн. наук, професор.
Баран Ігор – канд. техн. наук, доцент, декан факультету ФІС.
Науковий секретар: Надія Крива– старший викладач.

Члени: Василь Кривень – завідувач кафедри математичних методів в інженерії д.ф.-м.н., професор; Галина Осухівська – завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж, к.т.н., доцент; Микола Карпінський - професор кафедри кібербезпеки, д.т.н., професор; Жанна Баб'як - завідувач кафедри української та іноземних мов, к.пед. н., доцент; Ярослав Литвиненко – професор кафедри комп'ютерних наук, д.т.н., професор; Михайло Петрик - завідувач кафедри програмної іженерії, д.ф.-м.н., професор; Наталія Загородна – завідувач кафедри кібербезпеки, к.т.н., доцент.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Скоренький Юрій Любомирович – канд. техн. наук, доцент кафедри фізики.
Члени: доцент кафедри комп'ютерних наук, к.т.н. В. Никитюк; доцент кафедри програмної інженерії, к.т.н. Д. Михалик; доцент кафедри кібербезпеки, к.т.н. М. Стадник; доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, к.т.н. Є. Тиш; ст. викладач Л. Джиджора.

М34 Матеріали XII науково-технічної конфції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 18–19 грудня 2024 р.). – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. – 238 с.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,
тел. (0352) 52-41-33, факс (0352) 25-49-83.
E-mail: conffis2024@gmail.com
Редагування, оформлення та верстка: Надія Крива

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

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

В збірнику надруковано тези доповідей XII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 18–19 грудня 2024 р.) за такими науковими напрямками: математичне моделювання; інформаційні системи та технології, кібербезпека; 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, …… 2024

УДК 004.62
С. Р. Миськів
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ СТВОРЕНИХ, ЗІБРАНИХ, СКОПІЙОВАНИХ І СПОЖИТИХ ДАНИХ У СВІТІ

UDC 004.62
S. R. Myskiv

FORECASTING THE AMOUNT OF DATA CREATED, COLLECTED, COPIED AND CONSUMED IN THE WORLD

Прогнозування обсягів даних – це критично важливе завдання в епоху цифрової трансформації. Воно дозволяє підготуватися до викликів, які супроводжують швидке зростання інформаційних потоків, і максимально ефективно використовувати потенціал великих даних для розвитку суспільства та економіки [1].

В середньому, у світі, за секунду створюється 29 терабайтів даних, за хвилину – 1736 терабайтів, за годину – 104000 терабайтів, за день – 2,5 мільйонів терабайтів [2].

Вхідні дані для прогнозування обсягів даних, створених, зібраних, скопійованих і спожитих в світі сумарно наведено у таблиці 1 [3].

Таблиця 1. Вхідні дані для прогнозування обсягів даних, створених, зібраних, скопійованих і спожитих в світі сумарно

Рік	Обсяг даних	Зміна у % порівняно з попереднім роком
2024	147 zettabytes	22.5%
2023	120 zettabytes	23.71%
2022	97 zettabytes	22.78%
2021	79 zettabytes	23.05%
2020	64.2 zettabytes	56.59%
2019	41 zettabytes	24.24%
2018	33 zettabytes	26.92%
2017	26 zettabytes	44.44%
2016	18 zettabytes	16.13%
2015	15.5 zettabytes	24%

Аналіз вибірки: найбільші зміни у відсотках припали на роки COVID-19 – 2020 рік.

Для задачі прогнозування було використано метод поліноміальну регресії (2-го ступеня). Аргументація вибору даного методу наступна: дані про обсяги даних у світі показують нелінійний, прискорений ріст.

Python-скрипт реалізує задачу прогнозування. Основні етапи реалізації:

Імпорт бібліотек – бібліотеки pandas, numpy, matplotlib, sklearn для аналізу та візуалізації даних.

Дані – обсяги даних (у зетабайтах) за 2015–2024 роки.

Модель – застосовано поліноміальну регресію 2-го степеня..

Прогноз – обчислюється прогноз на 2025–2030 роки.

Візуалізація – будується графік з фактичними даними, трендом і прогнозами.

Результати – виводиться графік та таблиця з прогнозованими значеннями.

Результат прогнозування обсягів даних, створених, зібраних, скопійованих і спожитих в світі сумарно графічно наведено на рисунку 1.

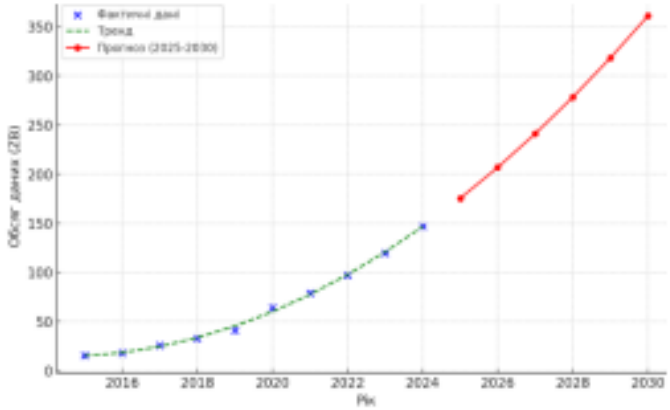

Рисунок 1. Результат прогнозування обсягів даних, створених, зібраних, скопійованих і спожитих в світі сумарно (графічне представлення)

Результат прогнозування обсягів даних, створених, зібраних, скопійованих і спожитих в світі сумарно представлених в табличному форматі наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Результат прогнозування обсягів даних, створених, зібраних, скопійованих і спожитих в світі сумарно представлених в табличному форматі

Рік	Прогнозований обсяг даних (ZB)
2025	175.46
2026	206.96
2027	241.27
2028	278.40
2029	318.34
2030	361.09

Висновки: аналіз показує, що обсяги інформації зростають прискореними темпами, особливо помітно під час пандемії COVID-19 у 2020 році. За прогнозом, дані створені, зібрані, скопійовані і спожиті в світі сумарно у 2030 році буде у 23,296 раз більше порівняно з 2015.

Література

1. Kumar N. Big Data Statistics 2024: Growth and Market Data. Demandsage. URL: https: //www.demandsage.com/big-data-statistics/ (date of access: 19.01.2024)
2. Marr B. How Much Data Do We Create Every Day? The Mind-Blowing Stats Everyone Should Read. Forbs. 2021. URL: https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/21/how-much-data-do-we-create-every-day-the-mind-blowing-stats-everyone-should-read/ (date of access: 30.01.2024).
3. Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2023, with forecasts from 2024. Statista. URL: https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/ (date of access: 05.02.2024).

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ
XVIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
WEB КОНФЕРЕНЦІЯ АСПІРАНТІВ,
СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

КСМ

КОМП'ЮТЕРНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

Матеріали конференції
25-27 березня 2025 р.

КІСМ-2025

Кривий Ріг

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

XVIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
WEB КОНФЕРЕНЦІЯ АСПІРАНТІВ,
СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

КОМП'ЮТЕРНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

Матеріали конференції

25-27 березня 2025 р.

Видавничий центр
Криворізький національний університет
Кривий Ріг 2025

УДК 681.3.06
К60

Відповідальний за випуск д-р техн. наук,
професор Купін А. І.

Друкується згідно з рекомендацією Вченої Ради ФІТ Криворізького національного університету (протокол №9 від 20.03.2025 р.).

Змістова частина друкованого матеріалу збірки викладена згідно з електронними носіями, поданими авторами.

К60 **Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі**. Матеріали XVIII Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених (25-27 березня 2025 р.). – Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2025. – 432 с.

Містить матеріали науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених з питань розробки, проектування, діагностики та моделювання комп'ютерних систем та мереж, розробки програмного та апаратного забезпечення; розглядаються проблеми створення та використання систем паралельних і розподілених обчислень, штучного інтелекту, а також питання захисту інформації.

УДК 681.3.06
Криворізький національний університет, 2025

Запропонована модульна структура, висока точність і адаптованість до різних середовищ роблять її універсальним рішенням для різних застосувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hart S, Dinh P, Hambuchen K. The Affordance template ROS package for robot task programming. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation. Seattle, WA, USA. 2015. 6227-6234.
2. S. Li, D. Zhao, Y. Sun, "Path Planning Algorithm Based on the Improved RRT-Connect for Home Service Robot Arms," 2021 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR), 2021, pp. 403-407, doi: 10.1109/ISR50024.2021.9419385.
3. Ghatak, A. A. Kumar, "Controller Area Network Bus based Communication system for Thermal Power Plant," 2020 Third International Conference on Advances in Electronics, Computers and Communications (ICAECC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICAECC50550.2020.9339516.

Миськів С. Р.,
Липак Г.І.,
канд. соц. ком., доцент, Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя

РОЛЬ ВЕЛИКИХ ДАНИХ У ФОРМУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ У «РОЗУМНИХ МІСТАХ»

Проаналізовано роль Big Data у забезпеченні ефективного управління міськими інформаційними потоками, оскільки розвиток концепції «розумних міст» тісно пов'язаний із впровадженням великих даних. Продемонстровано, як аналіз даних у режимі реального часу дозволяє оптимізувати транспортні, комунальні, безпекові та інші проблеми міста.

Розумне місто – система, що виникла завдяки ефективній інтеграції фізичних, цифрових та людських компонентів, де взаємодія між технологіями передачі даних, пристроями інтернету

речей та міськими комунікаціями є ключовою. В Україні впроваджуються як цілісні концепції «розумного міста», так і окремі інструменти. До прикладу, столичний проект Kyiv Smart City, розпочатий у 2015 році, значно трансформував підходи до управління містом та впровадження послуг, продемонстрував приклад ефективного використання smart-рішень для підвищення якості життя мешканців [1].

Великі дані стали основним інструментом у розвитку концепції «розумних міст». Вони дозволяють аналізувати та прогнозувати міські процеси в режимі реального часу, використовуючи дані з камер спостереження, датчиків IoT, мобільних додатків та соціальних мереж. Інтеграція великих даних із штучним інтелектом і машинним навчанням сприяє створенню ефективних міських сервісів, покращенню екологічного моніторингу та розвитку цифрової взаємодії між владою та громадянами [2].

Інформаційний потік – це рух інформації від джерела до отримувача, що визначається функціональними зв'язками між ними. Аналіз інформаційного потоку можна здійснювати в трьох основних аспектах: синтаксичному (формальні правила побудови інформаційного потоку, визначення параметрів його структури та взаємозв'язку між елементами); семантичному (правила інтерпретації змісту кожного елементу потоку, що дозволяє розуміти його значення); прагматичному (оцінка ступеню корисності інформації для досягнення управлінських цілей з акцентом на її практичному застосуванні [3].

Проаналізуємо найважливіші сфери функціонування сучасного «розумного міста», інформаційні потоки в яких базуються на обробці великих даних (див. рис. 1). Управління «розумним містом» опирається на збір, аналіз і обробку даних із сенсорів, камер, мобільних пристроїв, соціальних мереж; для прогнозування міських процесів використовується штучний інтелект та машинне навчання. У питаннях безпеки опрацьовуються дані із систем відеоспостереження або екстрених повідомлень, в комунальній сфері – це моніторинг споживання ресурсів, інформаційні системи з виявлення аварій на ділянках водопостачання, газопостачання тощо.

Рисунок 1 – Сфери використання великих даних

Для оптимізації транспортних потоків опрацьовуються дані від GPS-пристроїв, надається інформація для пасажирів (наприклад, про час прибуття транспорту чи зміни в розкладі); здійснюється автоматичне регулювання світлофорів на основі аналізу транспортного трафіку та ін. Для покращення екологічної ситуації здійснюється наліз якості повітря, рівня шуму та метеоданих; оптимізація зелених зон і енергоефективних рішень. Використання мобільних додатків для збору зворотного зв'язку від мешканців забезпечують громадську залученість та прозоре управління містом через відкриті дані [2].

Прикладом успішного використання великих даних в управлінні інформаційними потоками міста є комплексний додаток «е-Тернопіль», що містить в собі ряд сервісів: «Де транспорт», графіки відключень світла, сервіс для опитувань, новинний портал, можливість перегляду балансу платіжної картки на громадський транспорт, попередження про повітряні тривоги тощо [4].

ВИСНОВКИ

Великі дані відіграють ключову роль у розвитку «розумних міст», забезпечуючи ефективне управління ресурсами, транспортом, безпекою та екологією. Їх аналіз дозволяє створювати комфортне та безпечне міське середовище, орієнтоване на потреби мешканців.

ЛІТЕРАТУРА
1. Громадський простір. Що таке «Smart City» і як виглядає в українських реаліях? URL: https://www.prostir.ua/?news=scho-take-smart-city-i-yak-vyhlyadaje-v-ukrajinskyh-realiyah (дата звернення: 15.02.2025).
2. Soomro, K., Bhutta, M. N. M., Khan, Z., & Tahir, M. A. (2019). Smart city big data analytics: An advanced review. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 9(5), e1319.
3. Єжова Л. Ф. Інформаційний маркетинг: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2002. — 560 с., ISBN 966-574-349-X
4. е-Тернопіль. Головна сторінка. URL: https://e-ternopil.gov.ua (дата звернення: 21.02.2025).

Вечтомова Д.В.,
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»
Шевченко І. В.
к.т.н., доцент, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

АРХІТЕКТУРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСУ З ПРОДАЖУ УКРАЇНСЬКОГО ОДЯГУ ТА АКСЕСУАРІВ З ВІРТУАЛЬНОЮ ПРИМІРОЧНОЮ

Запропоновано архітектурне рішення для онлайн-сервісу з продажу українського національного одягу та аксесуарів з інтегрованою віртуальною примірочною. Розглянуто вибір технологій реалізації та їх взаємодії для забезпечення масштабованості, продуктивності та зручності користувацького досвіду. Описано реалізацію віртуальної примірочної.

Сучасний ринок електронної комерції вимагає інноваційних підходів до створення зручних та функціональних онлайн-платформ. Онлайн-сервіс з продажу українського національного одягу та аксесуарів з віртуальною примірочною – це приклад