

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи об'єднання інформації у міському середовищі та розумних містах

Виконав: студент IV курсу, групи СН-42

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Куций В.О. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Мацюк Г.Р. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Липак Г.І. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Боднарчук І.О. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Козак Р.О. (прізвище та ініціали)

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)

« 25 » червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

Студенту Куцо́му Віта́лію Оле́говичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи об'єднання інформації у міському середовищі та розумних містах

Керівник роботи Мацюк Галина Ростиславівна, к.н.с.к., доцент, доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 7 » травня 2025 року № 4/7-444

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

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації щодо IoT, великих даних та процесів об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

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

Вступ. 1. Аналіз предметної області та методологія об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст». 1.1 Об'єднання інформації в середовищі «розумних міст». 1.2 Аналітичний огляд літератури щодо середовища «розумних міст». 1.3 Методологія об'єднання інформації в середовищі «розумних міст». 2 Показники оптимізації, методи та засоби об'єднання даних в середовищі «розумних міст». 2.1 Ключові показники оптимізації ресурсів середовища «розумних міст». 2.2 Методи та засоби об'єднання даних в середовищі «розумних міст». 2.3 Виклики та рішення в середовищі «розумних міст». 3 Вплив процесів об'єднання даних «розумних міст». 3.1 Застосування великих даних та IoT в середовищі «розумних міст». 3.2 Технологічні досягнення, що сприяють сталому розвитку «розумних міст». 3.3 Подолання викликів, інтеграція, безпека та масштабованість. 3.4 Вплив «розумних міст» на навколишнє середовище та економіку. 3.5 Майбутні напрямки та можливості для досліджень об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст». 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки. Перелік джерел.

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Сенчишин В.С., доцент кафедри МТ	12.06.2025	15.06.2025

7. Дата видачі завдання 27 січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	30.01.2025	
2.	Підбір джерел щодо IoT, великих даних та процесів об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	31.01.2025-03.02.2025	
3.	Опрацювання джерел по темі кваліфікаційної роботи	04.02.2025-06.02.2025	
4.	Виконання дослідження щодо об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	07.02.2025-11.02.2025	
5.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області та методологія об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»»	03.06.2025-05.06.2025	
6.	Оформлення розділу «Показники оптимізації, методи та засоби об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»»	06.06.2025-08.06.2025	
7.	Оформлення розділу «Вплив процесів об'єднання даних «розумних міст»»	09.06.2025-11.06.2025	
8.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності»	12.06.2025-13.06.2025	
9.	Виконання завдання до підрозділу «Основи охорони праці»	14.06.2025-15.06.2025	
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	16.06.2025-17.06.2025	
11.	Нормоконтроль	18.06.2025-19.06.2025	
12.	Перевірка на плагіат	20.06.2025	
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	21.06.2025	
14.	Захист кваліфікаційної роботи	26.06.2025	

Студент

(підпис)

Куций В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мацюк Г.Р.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Методи об'єднання інформації у міському середовищі та розумних містах // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Куций Віталій Олегович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-42 // Тернопіль, 2025 // С. 64, рис. – 5, табл. – 3, кресл. – 11, додат. – 0, бібліогр. – 61.

Ключові слова: аналітика великих даних, Інтернет речей (IoT), сталий розвиток, розумні міста, оптимізація ресурсів, моніторинг у режимі реального часу, ухвалення рішень на основі даних.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню методів об'єднання інформації у міському середовищі та розумних містах. В першому розділі кваліфікаційної роботи досліджено об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст». Подано аналітичний огляд літератури щодо інфраструктурного середовища «розумних міст». Висвітлена методологія об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто ключові показники для оптимізації ресурсів інфраструктурного середовища «розумних міст». Додіжено методи та засоби об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст». Проаналізовано виклики та рішення в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

В третьому розділі кваліфікаційної роботи досліджено застосування великих даних та IoT в інфраструктурному середовищі «розумних міст». Описано технологічні досягнення, що сприяють сталому розвитку «розумних міст». Висвітлені подолання викликів, інтеграція, безпека та масштабованість. Розглянуто вплив «розумних міст» на навколишнє середовище та економіку. Подано майбутні напрямки та можливості для досліджень об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

ANNOTATION

Methods of Information Integration in Urban Environments and Smart Cities // Qualification work of the educational level "Bachelor" // Kutsyi Vitalii // Ternopil Ivan Pulyu National Technical University, Computer and Information Systems and Software Engineering Faculty, Computer Sciences Department, group SN-42 // Ternopil, 2025 // P. 64, fig. - 5, tabl. - 3, chair. - 11, annexes. – 0, references - 61.

Keywords: big data analytics, Internet of Things (IoT), sustainable development, smart cities, resource optimization, real-time monitoring, data-driven decision-making.

The qualification work is dedicated to the study of information fusion methods in urban environments and smart cities. The first chapter of the qualification work examines information fusion in the "smart city" infrastructure environment. An analytical literature review on the "smart city" infrastructure environment is presented. The methodology of information fusion in the "smart city" infrastructure environment is highlighted.

The second chapter of the qualification work considers key indicators for optimizing resources in the "smart city" infrastructure environment. Methods and tools for data fusion in the "smart city" infrastructure environment are investigated. Challenges and solutions in the "smart city" infrastructure environment are analyzed.

The third chapter of the qualification work explores the application of big data and IoT in the "smart city" infrastructure environment. Technological achievements contributing to the sustainable development of "smart cities" are described. Overcoming challenges, integration, security, and scalability are highlighted. The impact of "smart cities" on the environment and economy is considered. Future directions and opportunities for research on data fusion in the "smart city" infrastructure environment are presented.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГІС – географічні інформаційні системи.

ІКТ – інформаційні та комунікаційні технології.

ІТ – інформаційні технології.

СППР – Системи підтримки прийняття рішень.

СУБД – Системи управління базами даних.

ВІ (англ. Business Intelligence) – бізнес-аналітика

Big Data – великі дані.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ОБ'ЄДНАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФРАСТРУКТУРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ «РОЗУМНИХ МІСТ»	10
1.1 Об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	10
1.2 Аналітичний огляд літератури щодо інфраструктурного середовища «розумних міст»	13
1.3 Методологія об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	19
1.3.1 Огляд моделі об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	20
1.3.2 Механізм збору даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	22
1.3.3 Аналіз даних та прогностичне моделювання в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	23
1.4 Висновок до першого розділу	25
РОЗДІЛ 2. ПОКАЗНИКИ ОПТИМІЗАЦІЇ, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБ'ЄДНАННЯ ДАНИХ В ІНФРАСТРУКТУРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ «РОЗУМНИХ МІСТ»	26
2.1 Ключові показники оптимізації ресурсів інфраструктурного середовища «розумних міст»	26
2.2 Методи та засоби об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	30
2.3 Виклики та рішення в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	32
2.3.1 Інтеграція даних та інтероперабельність в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	32

2.3.2 Масштабованість та інфраструктура мережі	34
2.3.3 Уразливості безпеки та конфіденційності в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	35
2.3.4 Обмежена прогностична здатність та точність в інфраструктурному середовищі «розумних міст».....	37
2.3.5 Споживання енергії та оптимізація витрат в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	38
2.4 Висновок до другого розділу	39
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ОБ'ЄДНАННЯ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ».....	40
3.1 Застосування великих даних та IoT в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	40
3.1.1 Прогностичні системи обслуговування	40
3.1.2 Динамічний розподіл ресурсів «розумних» систем	41
3.1.3 «Розумні» системи управління відходами	41
3.1.4 Моніторинг навколишнього середовища «розумних міст».....	42
3.2 Технологічні досягнення, що сприяють сталому розвитку «розумних міст».....	43
3.3 Подолання викликів, інтеграція, безпека та масштабованість	44
3.4 Вплив «розумних міст» на навколишнє середовище та економіку ...	45
3.5 Майбутні напрямки та можливості для досліджень об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»	45
3.6 Висновок до третього розділу	46
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	47
4.1 Сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину	47
4.1 Вимоги до серверних приміщень.....	51
4.2 Висновок до четвертого розділу	55
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	57

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність методів об'єднання інформації у міському середовищі та «розумних» містах зумовлена стрімким зростанням обсягів даних, що генеруються різними джерелами в урбанізованих просторах: сенсорами Інтернету речей (IoT), транспортними системами, комунальними службами, системами відеоспостереження, платформами енергоменеджменту, мобільними застосунками громадян тощо. У таких умовах ефективне функціонування міської інфраструктури потребує узгодженого аналізу різнорідних, часто розподілених та несумісних інформаційних потоків. Методи об'єднання інформації дозволяють не лише інтегрувати ці дані, а й підвищити їхню якість, достовірність та інформативність. Завдяки таким методам можливо створювати єдину картину ситуацій у реальному часі, що критично важливо для прийняття рішень в управлінні транспортом, безпекою, екологією, енергетикою та іншими сферами міського життя. У контексті розвитку концепції «розумного міста», де пріоритетом є підвищення якості життя мешканців через цифрову трансформацію, інтеграційні методи стають ключовим інструментом для досягнення оперативності, адаптивності та стійкості міського управління.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є дослідження та обґрунтування ефективних методів об'єднання інформації для підтримки прийняття рішень у міському середовищі та розумних містах. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Проаналізувати предметну область і сучасні підходи до об'єднання інформації в інфраструктурі «розумних міст».
- Розробити методологію збору, об'єднання та аналізу даних в інфраструктурному середовищі.
- Дослідити показники оптимізації та методи інтеграції інформації з різних джерел.

- Визначити виклики, пов’язані з безпекою, масштабованістю та точністю об’єднання інформації.

- Оцінити вплив процесів об’єднання даних на функціонування, стійкість та ефективність «розумного міста».

Об’єктом дослідження кваліфікаційної роботи є методи об’єднання інформації для підвищення ефективності управління процесами в розумному місті.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є інфраструктурне середовище розумних міст, у якому відбувається збирання, передача та обробка міських даних.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості застосування розроблених підходів до об’єднання інформації в реальних умовах інфраструктурних систем «розумного міста». Досліджені методи можуть бути використані для підвищення ефективності управління міськими ресурсами, покращення взаємодії між різними підсистемами та забезпечення прийняття рішень на основі якісних, інтегрованих даних. Результати дослідження можуть стати основою для створення інтелектуальних платформ моніторингу, аналітики та прогнозування в урбаністичному середовищі.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ОБ'ЄДНАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФРАСТРУКТУРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ «РОЗУМНИХ МІСТ»

1.1 Об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Ефективне споживання ресурсів при одночасній боротьбі з утворенням відходів у процесі розвитку міських територій є основним викликом для інфраструктурного середовища «розумних міст». Світ дедалі більше стикається з проблемами:

- деградація довкілля;
- різкі зміни клімату;
- нестача життєво важливих ресурсів;
- невпинне зростання чисельності населення.

Тому сталий розвиток інфраструктурного середовища в розумних містах є ефективним підходом, оскільки він базується на сучасних інструментах прийняття рішень на основі даних [1], зокрема:

1. Платформи для збору та інтеграції даних:

- IoT-платформи.
- СУБД.
- Платформи інтеграції даних.

2. Інструменти для аналізу даних та моделювання:

- Програмні мови для аналізу даних.
- Бібліотеки машинного навчання та глибокого навчання.
- Статистичні пакети.
- ГІС.
- Імітаційне моделювання.

3. Інструменти для візуалізації та звітності:

- Інструменти бізнес-аналітики (BI).
 - Бібліотеки для візуалізації даних.
 - Веб-картографічні платформи.
4. Інструменти для підтримки прийняття рішень та автоматизації:
- СППР.
 - Платформи для автоматизації процесів.
 - Системи управління подіями в режимі реального часу.
 - Платформи для розробки додатків.
5. Інструменти для управління та безпеки даних:
- Системи управління метаданими
 - Інструменти забезпечення конфіденційності та безпеки даних.

Ці інструменти (див. рисунок 1.1) виступають критичними факторами впровадження сталих практик у «розумних містах», зокрема, оптимізації використання ресурсів і підвищення ефективності споживання шляхом зменшення негативного впливу на довкілля. Крім того, забезпечення муніципальних менеджерів і планувальників можливістю отримувати інформацію в режимі реального часу про експлуатаційні показники спрощує підвищення ефективності та стійкості процесів у «розумних містах».



Рисунок 1.1 – Інструменти прийняття рішень на основі даних для розумних міст

Суттєвою перешкодою на шляху формування сталого середовища «розумних міст» є ефективне використання енергії, води та сировинних матеріалів.

Традиційні практики об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст» часто є неефективними через відсутність доступу

до даних про використання ресурсів і умови довкілля в режимі реального часу, що призводить до надмірних відходів і збільшення вуглецевого сліду [2].

Використання сенсорів IoT у поєднанні з платформами великих даних дозволяє оснащувати «розумне» міське середовище інструментами, здатними контролювати витрати енергії, оцінювати потребу в матеріалах та виявляти проблеми з технічним обслуговуванням до того, як відбудуться відмови [3]. Такий підхід може покращити реалізацію інформаційно-технологічних проєктів через моніторинг і фіксацію моделей споживання ресурсів у непікові години, а також виявлення можливостей для оптимізації їх використання [4].

Можливості прогнозування ролі IoT і великих даних у забезпеченні сталості розвитку «розумних міст» є величезними – від зменшення кількості відходів до проактивного управління ресурсами та заходів з обслуговування [5]. Наприклад, впровадження сенсорів IoT у матеріали та обладнання дозволяє збирати дані щодо їх використання, впливу зовнішніх факторів і зносу. Використовуючи аналітику великих даних, ці чинники можна обробляти для планування ресурсів, технічного обслуговування й оптимізації роботи інструментів з метою зменшення простоїв і експлуатаційних витрат [6]. Для забезпечення дотримання принципів сталого розвитку та стійкості «розумних» систем [7] можна використовувати моніторинг:

- температури навколишнього середовища;
- запиленості;
- вологості;
- загальної якості повітря.

Втім, існує чимало причин, через які ці технології досі недостатньо широко впроваджені, особливо в контексті ініціатив «розумного міста», де традиційні практики домінують. Проблеми інтеграції з іншими пристроями, а також прогалини в безпеці численних IoT-пристроїв залишаються невирішеними [8]. Це дослідження прагне окреслити виявлені недоліки, пов'язані з впровадженням технологій великих даних і IoT для управління ресурсами у «розумному місті».

1.2 Аналітичний огляд літератури щодо інфраструктурного середовища «розумних міст»

Швидка інтеграція великих даних (Big Data) та Інтернету речей (IoT) у «розумні міста» змінила підходи до оптимізації ресурсів в урбанізованих територіях [9]. Багато досліджень показали, як ці технології сприяють покращенню розподілу ресурсів, полегшують процес прийняття рішень і підтримують сталий розвиток «розумних міст».

Співпраця передових технологій аналітики даних і IoT сприяє:

- швидшому прийняттю рішень у «розумних містах»;
- кращому розподілу енергії;
- вдосконаленому плануванню міського простору.

Наприклад, сенсорні системи на основі IoT, інтегровані із застосуваннями великих даних, дозволяють здійснювати моніторинг і відстеження ресурсів довкілля та регулювати розподіл енергії [10]. Стокгольм і Барселона – приклади міст, які використовують системи на основі «розумних» даних, такі як смарт-мережі та моніторинг навколишнього середовища, що дозволяють ефективніше використовувати ресурси [11].

Крім того, для ефективного й масштабованого управління ресурсами в місті було запропоновано децентралізовану та гібридну архітектуру інформаційних та комунікаційних технологій (IKT). Моделі хмарних та периферійних обчислень (Cloud та Edge Computing), інтегровані в ці архітектури, дозволяють обробляти дані в режимі реального часу та покращують масштабованість інфраструктури «розумних міст» [12]. Такі моделі сприяють інтеграції розподілених мереж для підвищення стійкості й адаптивності в оптимізації ресурсів.

Обробка великих обсягів даних (Big Data) може бути складною для інтерпретації через велику кількість складних результатів [13]. Техніки візуалізації вирішують цю проблему, перетворюючи результати у зручні для

розуміння аналітичні висновки, якими легко користуватися під час ухвалення рішень [14]. «Розумні міста» використовують візуалізацію даних [15] для:

- покращення роботи служб екстреної допомоги;
- розподілу ресурсів;
- надання громадських послуг, таких як енергопостачання;
- оптимізації транспортних потоків та управління дорожнім рухом;
- моніторингу та управління якістю повітря та води;
- підвищення ефективності збору та утилізації відходів;
- аналізу соціально-економічних показників для кращого планування

розвитку міста;

- інтерактивного відображення даних про міську інфраструктуру;
- залучення громадян до процесу прийняття рішень через прозору

демонстрацію даних;

- управління освітленням вулиць для економії енергії та підвищення безпеки;

- відстеження та прогнозування рівня злочинності;
- планування та розвитку зелених зон та міських просторів.

У випадках пожеж чи стихійних лих розвинені системи візуалізації сприяють оптимізації ресурсів для запобігання надзвичайним ситуаціям у режимі реального часу [16].

Управління різнотиповими роботами та процесами в середовищі «розумних міст» за допомогою сучасних технологій IoT зосереджено на інтеграції енергозберігаючих конструкцій будівель, ефективних систем боротьби із забрудненням та належної системи утилізації відходів у єдину ефективну систему управління ресурсами [17].

Зелений Інтернет речей (G-IoT) та інші екологічно орієнтовані мережі IoT підвищують сталий розвиток екосистеми через точне прогнозування та управління ресурсами, що призводить до чітких покращень у проєктуванні сталого «розумного» міського середовища [18].

Попри значний прогрес у синергії великих даних і IoT із фокусом на «розумні міста», залишаються проблеми [19], зокрема:

- питання захисту конфіденційності даних;
- способів їх використання;
- нерівномірного охоплення міст;
- кібербезпека та вразливість інфраструктури;
- стандартизація та сумісність пристроїв та платформ;
- масштабованість систем та їхня здатність обробляти зростаючі обсяги даних;
- висока вартість впровадження та обслуговування «розумних» рішень;
- брак кваліфікованих кадрів для управління та аналізу даних;
- складність інтеграції старих та нових технологій;
- регуляторні та правові аспекти використання даних;
- забезпечення енергоефективності IoT-пристроїв;
- точність та надійність сенсорних даних;
- проблеми з управлінням даними у режимі реального часу;
- цифрова нерівність та доступ до технологій для всіх громадян;
- прозорість та довіра до використання даних міською владою.

Відмінності в успіхах міст на кшталт Стокгольма і Барселони демонструють, що для кожного окремого «розумного міста» необхідна індивідуальна стратегія управління даними, яка враховує соціальні, екологічні та політичні умови [20].

Таблиця 1.1 узагальнює три ключові дослідження, які демонструють застосування інноваційних технологій, таких як Інтернет речей (IoT) та GIoT, для покращення екологічного моніторингу та сталого розвитку міст. Кожне дослідження висвітлює певний внесок, фокусну область та очікуваний вплив, зокрема оптимізацію використання ресурсів, зменшення забруднень та відходів, а також сприяння сталому будівництву через моніторинг міського розвитку.

Таблиця 1.1 – Дослідження з фокусом на моніторинг навколишнього середовища та управління ресурсами

Джерело	Ключовий внесок	Фокусна область	Вплив
[10]	Застосунки на основі давачів Інтернету речей для оптимізації ресурсів у режимі реального часу	Моніторинг навколишнього середовища	Покращене управління енергією та ресурсами
[11]	Рішення G-IoT для екологічно чистого розподілу ресурсів	Контроль забруднення та управління відходами	Зменшення викидів та оптимізація відходів
[16]	Моніторинг сталого міського розвитку	Кругові потоки ресурсів	Покращення сталого будівництва

Таблиця 1.2 представляє огляд п'яти наукових досліджень, що зосереджені на інтеграції великих даних, ІКТ, штучного інтелекту та Інтернету речей для вдосконалення «розумних міст». Кожне джерело демонструє ключові внески, що стосуються управління енергетикою та відходами, масштабованого планування ресурсів, оптимізації міських програм у реальному часі, прогнозного планування ресурсів та оптимізації інфраструктури та транспорту. Загалом, ці дослідження підкреслюють значний вплив цих технологій на підвищення стійкості, ефективності, покращення процесів прийняття рішень та операційної ефективності в міському середовищі. Вони також висвітлюють потенціал синергії між цими технологіями для вирішення складних міських викликів та створення більш інтелектуальних та функціональних міст майбутнього.

Таблиця 1.2 – Дослідження з фокусом на управління даними, планування та оптимізацію інфраструктури

Джерело	Ключовий внесок	Фокусна область	Вплив
[21]	Урбанізація на основі даних за допомогою великих даних та ІКТ	Управління енергетикою та відходами	Покращена стійкість та розподіл ресурсів
[22]	Гібридні архітектури ІКТ для масштабованого управління даними	Масштабоване та розподілене планування ресурсів	Вища стійкість та ефективність
[23]	Підходи Інтернету речей, орієнтовані на дані	Міські програми в режимі реального часу	Покращений процес прийняття рішень та системна інтеграція
[15]	Моделі великих даних на основі штучного інтелекту	Прогнозне планування ресурсів	Оптимізовані моделі споживання ресурсів
[17]	Синергічне міське планування з використанням великих даних	Оптимізація інфраструктури та транспорту	Підвищення операційної ефективності

Таблиця 1.3 узагальнює три дослідження, які демонструють застосування інноваційних підходів у контексті «розумних міст». Перше дослідження зосереджується на методах візуалізації даних для оптимізації реагування на надзвичайні ситуації та покращення комунальних послуг, що призводить до швидшого реагування на небезпеки та ефективнішого використання ресурсів. Друге дослідження присвячене системам раннього попередження про ризики на основі великих даних, що сприяє покращенню превентивних заходів та загальної безпеки в системах реагування на надзвичайні ситуації. Третє дослідження аналізує роль «розумних» мереж та лічильників в оптимізації

ресурсів у міжгалузевих програмах, виявляючи існуючі бар'єри та пропонуючи рішення для подальшого вдосконалення. Загалом, представлені роботи підкреслюють важливість даних, візуалізації та інтелектуальних систем для підвищення стійкості та ефективності міських сервісів.

Таблиця 1.3 – Дослідження з фокусом на реагування на надзвичайні ситуації та міжгалузеві застосування

Джерело	Ключовий внесок	Фокусна область	Вплив
[24]	Методи візуалізації для прийняття рішень	Оптимізація надзвичайних ситуацій та комунальних послуг	Швидше реагування на небезпеки та ефективність використання ресурсів
[25]	Системи раннього попередження про ризики на основі великих даних	Системи реагування на надзвичайні ситуації	Покращені превентивні заходи та безпека
[19]	«Розумні» мережі та лічильники в оптимізації ресурсів	Міжгалузеві програми	Виявлені бар'єри та запропоновані рішення

Порівняльні таблиці пояснюють відмінності у використаних технологіях та обсягах досліджень, що були проведені іншими авторами щодо оптимізації ресурсів у розумних містах. Варто звернути увагу на кілька аспектів.

– По-перше, візуалізація як технологія є ключовою для процесів моніторингу та ухвалення рішень [24]:

– По-друге, децентралізовані та гібридні архітектури ІКТ підвищують масштабованість застосувань IoT, що є критично важливим для довгострокової стійкості [22].

– По-третє, інтеграція IoT і великих даних приносить суттєві екологічні переваги, однак результати залишаються непослідовними через проблеми сумісності систем та нерівномірне впровадження технологій у «розумних» містах [26].

Безсумнівно, для «розумного» та самодостатнього розвитку міст потрібна добре збалансована інтегративна модель, що поєднує:

- збір даних у режимі реального часу;
- прогнозу аналітику;
- раціональний розподіл ресурсів.

Відмінності в результатах, зафіксовані у таких містах, як Стокгольм і Барселона, ще більше підкреслюють необхідність адаптивного підходу, налаштованого відповідно до локальних і екологічних умов [19].

1.3 Методологія об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

У контексті «розумного» міста моделі процесів, які використовують великі дані та IoT для вдосконаленого моніторингу та аналітики як оптимальної стратегії управління ресурсами у «розумних» проєктах. У цьому випадку створення складних систем моніторингу може бути досягнуте завдяки чітко визначеній методології, яка використовується для оперативного й проактивного ухвалення рішень. Тому вона зосереджена на:

- зборі даних;
- аналізі даних;
- моделюванні в режимі реального часу.

1.3.1 Огляд моделі об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Новий підхід об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст» базується на багаторівневій архітектурі, де кожен рівень відповідає певній функції процесу оптимізації, керованого даними. Модель об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст» складається з чотирьох основних модулів:

- збору даних;
- обробки даних;
- прогнозування та оптимізації;
- ухвалення рішень і візуалізації.

Взаємодія цих модулів гарантує ефективний збір, аналіз і впровадження даних. На рисунку 1.2 подано концептуальну модель об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст», яка ілюструє робочий процес – від збору даних до етапу ухвалення рішень у «розумних» проектах. В основі концептуальної моделі лежить інформаційно-технологічна платформа, яка інтегрує різні компоненти. Дані збираються за допомогою IoT-сенсорів, які формують рівень збору даних. Зібрані дані проходять через рівень обробки даних, де вони готуються для подальшого використання. Модуль прогнозування та оптимізації використовує оброблені дані для формування прогнозів та оптимізаційних рішень. Ці рішення та аналітичні висновки передаються до рівня прийняття рішень, де вони використовуються для підтримки управління міськими процесами. Менеджери «розумних» послуг є одним із кінцевих користувачів або зацікавлених сторін, які взаємодіють з цією системою, отримуючи необхідну інформацію для своєї діяльності. Таким чином, IoT-сенсори слугують центральним елементом, що пов'язує збір, обробку, прогнозування та прийняття рішень у єдиній інтегрованій системі «розумного міста».

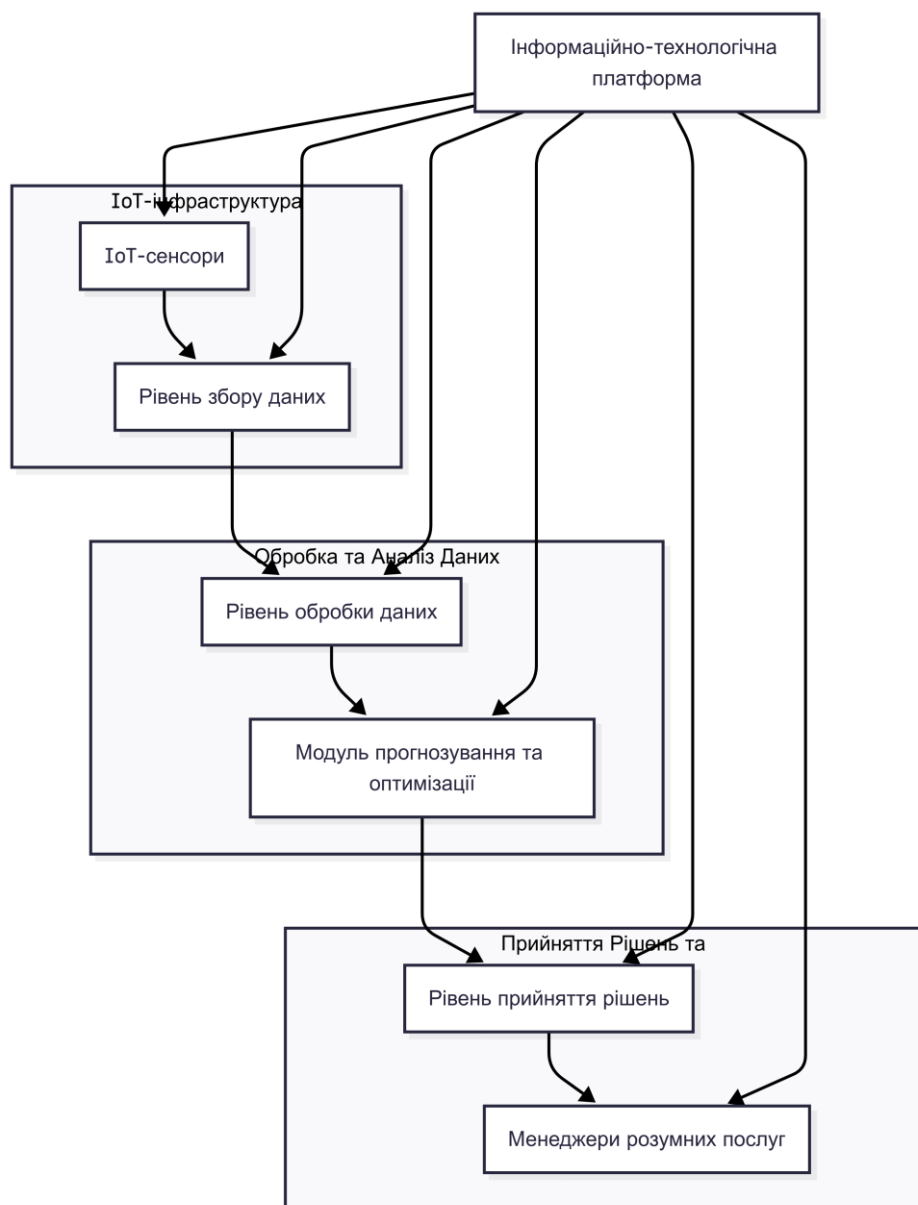


Рисунок 1.2 – Концептуальну модель об’єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Рівень збору даних є незамінним завдяки використанню сенсорів з підтримкою IoT, RFID-міток та розумних пристроїв для спостереження за різноманітними будівельними процесами [27]. Ці сенсори автономно відстежують використання матеріалів, споживання енергії, експлуатацію обладнання та інші екологічні фактори для збору даних. Зібрана інформація передається за допомогою бездротового зв'язку через технології Wi-Fi, LoRaWAN або LPWAN, які покращують покриття на великих будівельних майданчиках [28].

Після збору дані переходять до рівня обробки даних, де проводиться зменшення шуму, очищення та агрегування даних. Цей процес забезпечує збереження лише цінної інформації для подальшого аналізу [29]. Ефективне управління великими наборами даних здійснюється за допомогою сучасних фреймворків обробки великих даних, як от Apache Spark або Hadoop, що дозволяють обробляти великі обсяги інформації на високій швидкості.

Наступним етапом є модуль прогнозування та оптимізації, який використовує моделі машинного навчання для прогнозування використання ресурсів та виявлення аномальних активностей, що можуть призвести до надмірного споживання ресурсів або відмов системи [30].

Нарешті, Рівень ухвалення рішень і візуалізації відображає проаналізовані дані на інформаційних панелях (дашбордах), що дозволяє менеджерам «розумних» проєктів оперативно використовувати інформацію для підвищення стійкості та продуктивності операцій [31].

1.3.2 Механізм збору даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Важливою частиною запропонованого підходу є механізм збору даних, що базується на всепроникній інфраструктурі IoT, розгорнутій в «розумному» міському середовищі [32]. Це забезпечується за допомогою пристроїв із сенсорами, здатними відстежувати:

- роботу машин та механізмів;
- використання матеріалів;
- споживання енергії;
- рівні температури й вологості міському середовищі.

Завдяки бездротовим мережам дані передаються в режимі реального часу до централізованих «розумних» систем, що дозволяє здійснювати моніторинг без необхідності залучення персоналу [33].

Механізм фокусується на таких ключових компонентах:

- IoT-сенсори – розташовані для збору важливих показників щодо матеріалів, роботи машин, механізмів та інших екологічних чинників.
- Бездротовий зв'язок – отримана з сенсорів інформація передається на центральний процесор за допомогою бездротових протоколів, таких як Zigbee, Wi-Fi та 5G.
- Централізоване зберігання даних – дані зберігаються та обробляються у розподіленому озері даних (data lake), що забезпечує масштабованість і стійкість до збоїв [34].

1.3.3 Аналіз даних та прогностичне моделювання в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Інформація, зібрана в режимі реального часу з середовища «розумного міста», аналізується та обробляється для отримання аналітичних висновків [35]. На етапі попередньої обробки здійснюється очищення даних, фільтрація шуму та нормалізація, що гарантує точність і узгодженість даних. Далі дані обробляються за допомогою прогностичних моделей і алгоритмів оптимізації для розподілу ресурсів та обслуговування систем.

Для прогнозування використовуються алгоритми машинного навчання:

- випадковий ліс;
- машини опорних векторів (SVM)
- нейронні мережі довгої короткочасної пам'яті (LSTM).

Які оцінюють потреби в ресурсах і виявляють аномалії в роботі обладнання. Лінійне програмування та генетичні алгоритми додатково використовуються для динамічного й цільового розподілу ресурсів із мінімізацією нераціональних витрат [36].

На рисунку 1.3 зображено архітектуру потоків даних і процес аналітики, що показує зв'язок між збором даних, функціонуванням, ухваленням рішень та оптимізацією, створюючи безперервний цикл.

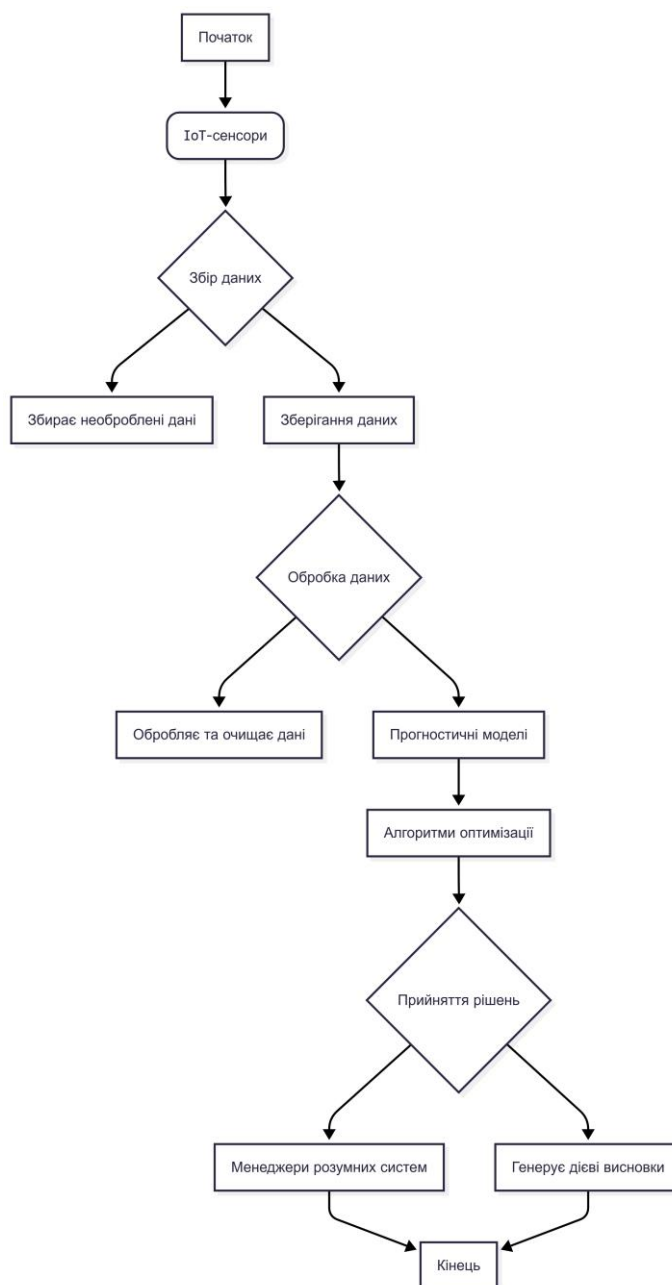


Рисунок 1.3 – Архітектури потоку даних та аналітики в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Наданий рисунок ілюструє архітектуру потоку даних та аналітики в інфраструктурному середовищі «розумних міст», починаючи від збору сирих даних до прийняття рішень. Потік починається з початку, де задіюються IoT-сенсори для збору інформації [37]. На етапі збору даних відбувається розділення потоку на два напрямки: Збирає необроблені дані та зберігає їх, що свідчить про паралельну фіксацію та збереження первинної інформації.

Далі процес переходить до обробки даних, де інформація розгалужується на Обробляє та очищає дані та задіює прогностичні моделі. Після обробки та очищення даних, а також застосування прогностичних моделей, використовуються алгоритми оптимізації.

Завершальний етап – це прийняття рішень, який також роздвоюється на два виходи: менеджери розумних систем та генерація дієвих висновків. Обидва ці виходи ведуть до кінця процесу, що вказує на завершення циклу даних, де інформація перетворюється на конкретні дії або інсайти для управління «розумним містом» [38].

1.4 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи досліджено об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст». Подано аналітичний огляд літератури щодо інфраструктурного середовища «розумних міст». Висвітлена методологія об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

РОЗДІЛ 2. ПОКАЗНИКИ ОПТИМІЗАЦІЇ, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБ'ЄДНАННЯ ДАНИХ В ІНФРАСТРУКТУРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ «РОЗУМНИХ МІСТ»

2.1 Ключові показники оптимізації ресурсів інфраструктурного середовища «розумних міст»

Розглянемо основні метрики, необхідні для оцінки ефективності інформаційно-технологічної платформи «розумного міста»:

- Енергоефективність – зменшення споживання енергії досягається завдяки оптимальному плануванню часу роботи обладнання та скороченню простоїв.

- Використання матеріалів – ретельніший моніторинг і розподіл матеріалів призводять до зменшення кількості відходів та підвищення ефективності.

- Ефективність прогнозного обслуговування – завчасно заплановане обслуговування дозволяє мінімізувати непередбачені витрати й простої за рахунок усунення потенційних поломок.

Інтерфейс користувача для «розумного» СППР також охоплює інші важливі аспекти, як от:

- споживання енергії;
- використання матеріалів;
- загальний прогрес проєкту;
- якість повітря та води;
- рівень шуму;
- безпека та криміногенна ситуація;
- ефективність транспортної системи;
- управління відходами;
- стан інфраструктури (дороги, мости);
- завантаженість громадських просторів;

- доступність послуг для громадян;
- прогнозування надзвичайних ситуацій тощо.

Це дає змогу менеджерам «розумних» систем мати повну видимість процесів у будь-який момент часу та оперативно змінювати загальні стратегії управління для досягнення бажаного рівня сталості.

Ілюстрація на рисунку 2.1 демонструє, як організовано цикл даних із використанням IoT-давачів як центру збору даних, що проходять через ієрархію обробки, прогнозування та ухвалення рішень. Вона показує, як здійснюються процеси взаємодії між модулями, особливо в режимі реального часу для моніторингу та аналітики з метою оптимізації ресурсів.

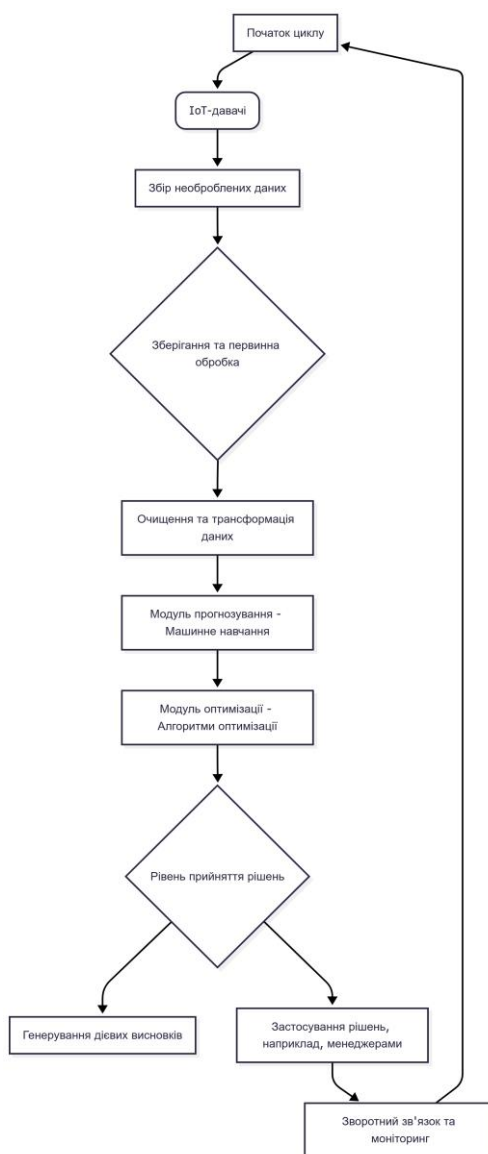


Рисунок 2.1 – Цикл даних із використанням IoT-давачів «розумних» систем

Діаграма на рисунку 2.2 відображає робочий процес архітектури потоку даних та аналітики – від збору даних за допомогою IoT та сенсорів до ухвалення рішень керівником проєкту «розумних» послуг.

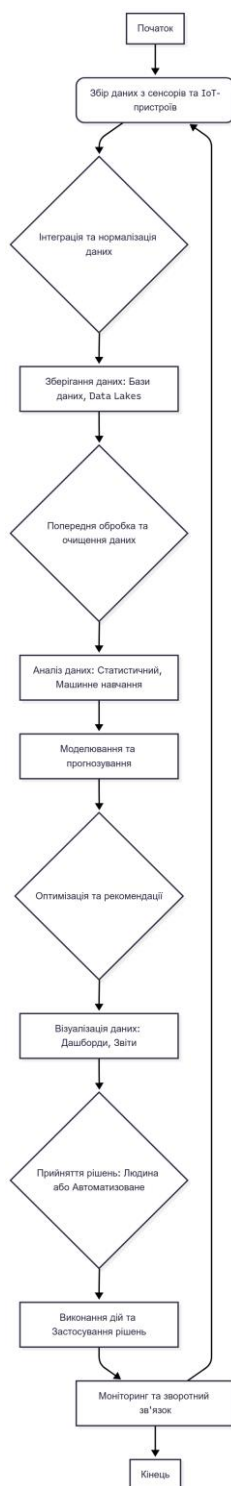


Рисунок 2.2 – Робочий процес архітектури потоку даних та аналітики «розумних» послуг

Завдання починається з IoT-давачів, де збираються дані про довкілля чи операційну діяльність у режимі реального часу, які надсилаються до стану збору даних, де неструктуровані дані з різних джерел консоліднуються та впорядковуються для подальшої обробки у стані зберігання даних для коротко- або довгострокового зберігання.

Після зберігання «розумна» система переходить до стану обробки даних, де дані очищаються, готуються та фільтруються для трансформації. Далі дані надходять до прогнозних моделей, де аналізуються тренди, ризики та потенційні результати. За допомогою розвинених алгоритмів оптимізації ці результати додатково уточнюються для вибору оптимальних методів та рішень, включно з ефективним розподілом доступних ресурсів [39].

Наступним є етап презентації, де оптимізовані висновки подаються у вигляді візуалізацій, що мають відношення до будівельних процесів. Надалі керівники «розумних» послуг використовують ці дані для ухвалення відповідних рішень безпосередньо на місці, що сприяє покращенню операційної діяльності та процесу ухвалення рішень. У такий спосіб забезпечується моніторинг і оптимізацію «розумних» послуг в режимі реального часу, що приводить до покращення результатів проєкту та скорочення неефективного використання ресурсів.

Цей підхід, що зосереджується на постійній інтеграції нових даних, прогнозному моделюванні та моніторингу, пропонує високореалістичний і ефективний метод досягнення сталості в будівництві. Такий підхід забезпечує активне ухвалення рішень за допомогою технологій Інтернету речей (IoT) та великих даних (Big Data), що гарантують ефективне використання ресурсів і зменшення негативного впливу на довкілля [40]. Ця частина окреслює стартову точку для практичної реалізації подібної концепції, яку можна буде розвивати на основі реальних прикладів у майбутньому.

2.2 Методи та засоби об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Методи та засоби об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст» є ключовими для ефективного функціонування та розвитку міських екосистем. Перш за все, це включає різноманітні підходи до збору та агрегації даних з численних джерел. "Розумні" міста генерують величезні обсяги інформації з безлічі сенсорів (трафік, якість повітря/води, освітлення, управління відходами, кліматичні дані), IoT-пристроїв, камер відеоспостереження, мобільних додатків та існуючих міських інформаційних систем (наприклад, управління транспортом, комунальні послуги). Для успішної агрегації необхідно використовувати спеціалізовані IoT-платформи та шлюзи, які здатні збирати дані з різних протоколів (MQTT, CoAP, HTTP/REST, LoRaWAN, NB-IoT) та приводити їх до єдиного формату [41]. Це дозволяє створити цілісне уявлення про стан міського середовища, яке є основою для подальшого аналізу та прийняття рішень.

Другий важливий аспект – це інтеграція та нормалізація даних. Дані, зібрані з різних джерел, часто мають різний формат, структуру, якість та семантику. Для того, щоб ці дані могли бути ефективно використані, вони повинні пройти етапи інтеграції та нормалізації. Це включає перетворення форматів (наприклад, з XML у JSON, або навпаки), очищення від неточностей та дублікатів, а також стандартизацію термінології та одиниць вимірювання. Для цього використовуються ETL-інструменти (Extract, Transform, Load) та платформи інтеграції даних, які забезпечують автоматизовану обробку та трансформацію даних. Застосування єдиних онтологій та семантичних моделей допомагає вирішити проблеми несумісності даних та дозволяє ефективно об'єднувати інформацію з різних доменів, таких як транспорт, енергетика, безпека та екологія.

Третій аспект стосується зберігання та архітектури даних. З огляду на величезні обсяги та різноманітність даних у "розумних" містах, вибір

відповідних систем зберігання є критично важливим. Зазвичай застосовуються гібридні підходи, що поєднують хмарні та локальні рішення. Хмарні сховища даних (наприклад, AWS S3, Azure Blob Storage, Google Cloud Storage) є ідеальними для зберігання великих обсягів сирих та архівних даних завдяки їхній масштабованості та доступності. Для оперативної обробки та аналізу використовуються реляційні (PostgreSQL, MySQL) та NoSQL (MongoDB, Apache Cassandra) бази даних, що оптимізовані для різних типів даних та сценаріїв доступу. Концепція Data Lake дозволяє зберігати дані у вихідному форматі, що забезпечує гнучкість для майбутнього аналізу, тоді як Data Warehouse орієнтовані на структуровані дані для звітів та бізнес-аналітики.

Четвертий пункт охоплює проміжне програмне забезпечення (middleware), яке відіграє центральну роль у забезпеченні безшовної комунікації та взаємодії між різними компонентами "розумних" систем. Це програмне забезпечення діє як міст між різнорідними пристроями, додатками та сервісами, забезпечуючи передачу даних, управління подіями, безпеку та координацію. До типових архітектур middleware для "розумних" міст належать сервісно-орієнтовані архітектури (SOA) та архітектури, орієнтовані на події (EDA), які дозволяють будувати гнучкі та масштабовані системи. Брокери повідомлень (наприклад, Apache Kafka, RabbitMQ) забезпечують асинхронний обмін даними, тоді як платформи IoT (наприклад, ThingsBoard, OpenHAB) надають комплексні рішення для підключення та управління пристроями. Застосування граничних (Edge) та туманних (Fog) обчислень також є важливим, оскільки дозволяє обробляти дані ближче до джерела, зменшуючи затримку та навантаження на центральну хмару.

П'ятий, і не менш важливий, аспект – це безпека та конфіденційність даних. Об'єднання великих обсягів чутливих міських даних вимагає надійних механізмів захисту. Це включає шифрування даних як під час передачі, так і під час зберігання, використання безпечних протоколів зв'язку (наприклад, TLS/SSL, VPN), багатофакторної автентифікації для доступу до систем та даних, а також контролю доступу на основі ролей (RBAC) для обмеження прав

користувачів. Сегментація мережі допомагає ізолювати критично важливі компоненти та дані. Крім того, необхідно впроваджувати політики анонімізації та псевдонімізації даних для захисту приватності громадян. Регулярні аудити безпеки, моніторинг журналів подій та тестування на проникнення є невід'ємними частинами забезпечення цілісності та конфіденційності даних у "розумному" місті.

2.3 Виклики та рішення в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Впровадження аналітики великих даних разом з IoT в інфраструктурному середовищі «розумних міст» відкриває великі можливості, однак поширення цих технологій значною мірою стримується через низку проблем. Такі проблеми найбільше впливають на галузь «розумних міст» і включають інтеграцію різнорідних пристроїв і систем, обмежені можливості масштабування та питання безпеки. Вкрай важливо знайти відповідні рішення для цих викликів, аби забезпечити ефективне і результативне застосування технологій з метою досягнення сталого будівництва.

2.3.1 Інтеграція даних та інтероперабельність в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Одним із викликів під час інтеграції пристроїв IoT в інфраструктурному середовищі «розумних міст» з великими сховищами даних є різноманітність джерел даних. IoT-системи, що впроваджуються в середовищі «розумних міст», зазвичай складаються з багатьох пристроїв, як от:

- давачі;
- RFID-зчитувачі;
- GPS-пристрої.

Кожен із цих пристроїв генерує дані у різних форматах. Така різноманітність створює труднощі при об'єднанні, обробці та аналізі даних для оперативного ухвалення рішень [20]. Без належних інтеграційних механізмів різні набори даних можуть призводити до помилкових або неефективних висновків, що знижує продуктивність системи.

Одним із можливих рішень є використання стандартних протоколів передачі даних і платформ проміжного програмного забезпечення (middleware), що дозволяють забезпечити легку взаємодію між різними «розумними» пристроями.

Останні дослідження підкреслюють важливість архітектур проміжного програмного забезпечення, здатних конвертувати дані з різних джерел у єдиний формат [42]. Для інформаційних систем «розумних міст» застосовуються:

- Архітектури на основі мікросервісів. Розбивають додаток на невеликі, незалежні «розумні» сервіси, що спрощує розробку, розгортання та масштабування для «розумних» систем.

- Архітектури на основі хмарних платформ. Використовують хмарні сервіси для розгортання та управління «розумним» проміжним програмним забезпеченням, надаючи масштабованість та гнучкість для «розумних» систем.

- Архітектури на основі туманних/граничних обчислень (Fog/Edge Computing). Розміщують обчислювальні ресурси ближче до джерела даних – «розумних» IoT-пристроїв для зменшення затримки та навантаження на хмарні сервіси.

- Архітектури на основі блокчейну. Забезпечують децентралізоване, безпечне та прозоре управління даними та транзакціями, що може бути корисним для довіри та конфіденційності в «розумних» містах.

- Архітектури на основі програмно-визначених мереж (SDN). Дозволяють централізовано керувати «розумною» мережевою інфраструктурою, оптимізуючи потік даних та забезпечуючи гнучке налаштування «розумної» мережі.

– Архітектури на основі платформ IoT. Спеціалізовані платформи, які надають повний набір інструментів для підключення, управління, збору та аналізу даних з «розумних» IoT-пристроїв.

– Архітектури на основі «Data Lake» та «Data Warehouse». Використовують великі сховища даних для агрегації та зберігання різноманітних даних з різних джерел для подальшого аналізу в «розумних» системах.

– Архітектури на основі штучного інтелекту та машинного навчання: Інтегрують моделі ШІ/МН безпосередньо в "розумне" проміжне програмне забезпечення для аналізу даних у реальному часі, прогнозування та автоматизації "розумних" рішень.

– Архітектури на основі цифрових двійників (Digital Twin): Створюють віртуальні копії фізичних об'єктів або «розумних» систем, що дозволяє моделювати, аналізувати та оптимізувати їхню поведінку в реальному часі.

«Middleware» не лише забезпечує інтероперабельність, а й дозволяє ефективно інтегрувати й управляти потоками даних із IoT-пристроїв в «розумних містах». Крім того, використання інтегрованих хмарних систем продемонструвало покращення доступності інформації та підвищення ефективності процесів на великих будівельних об'єктах [43].

2.3.2 Масштабованість та інфраструктура мережі

Другий важливий аспект стосується інтеграції декількох географічно розділених «розумних» майданчиків або розширення існуючих проєктів. Пристрої IoT мають працювати синхронно із системою, щоб забезпечити оптимальну продуктивність при обробці великих обсягів даних у режимі реального часу, з якими система вже має справу [44]. Традиційні підходи до обробки даних зазвичай не справляються з цим завданням, що призводить до суттєвих затримок у часі відгуку або уповільнення процесів.

Для вирішення цієї проблеми були запропоновані рішення на основі Hadoop, Spark та хмарних систем зберігання даних.

- Amazon Web Services (AWS).
- Microsoft Azure.
- Google Cloud Platform (GCP).
- IBM Cloud.
- Oracle Cloud Infrastructure (OCI).
- Alibaba Cloud.

В інформаційно-технологічних платформах «розумних міст» успішно інтегруються:

- Приватні хмари.
- Гібридні хмарні рішення.
- Сховища даних NoSQL.
- Data Lakes.
- Розподілені файлові системи (наприклад, HDFS).
- Хмарні сховища об'єктів (загальні для більшості провайдерів).
- Хмарні блокові сховища (загальні для більшості провайдерів).
- Хмарні файлові системи (наприклад, Amazon EFS, Azure Files).
- Сервіси резервного копіювання та аварійного відновлення на базі

хмари.

Ці платформи дозволяють здійснювати паралельну обробку даних та миттєвий розподіл ресурсів, що означає стабільну продуктивність незалежно від навантаження на систему. Обчислення на периферії (Edge Computing) також є дуже корисним рішенням для проблем масштабованості, оскільки обробка даних на серверах, розташованих ближче до місця їх збору, зменшує навантаження на центральні сервери та, відповідно, затримки [45].

2.3.3 Уразливості безпеки та конфіденційності в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Велика кількість взаємопов'язаних пристроїв та доступ до зовнішніх мереж роблять системи IoT у «розумних» проєктах вразливими до кібератак.

Пристрої IoT можуть піддаватися несанкціонованому доступу, що потенційно призводить до витоку даних, викривлення системної інформації та виходу з ладу критичних компонентів [46]. Всі ці проблеми із безпекою загострюються ще більше в контексті архітектури великих даних, оскільки розподілені системи з багатьма точками доступу складніше захищати. Часто зустрічаються

Надійні механізми захисту мають першочергове значення для збереження критичних даних і забезпечення надійності всієї системи. Щоб забезпечити безпечний доступ та передавання даних IoT-пристроїв, захист здійснюють за допомогою [47]:

- шифрування;
- безпечних протоколів зв'язку;
- багатофакторної автентифікації;
- контролю доступу на основі ролей (RBAC);
- сегментації мережі;
- регулярного оновлення програмного забезпечення та прошивки;
- використання брандмауерів та систем виявлення/запобігання вторгнень (IDS/IPS);
- фізичної безпеки пристроїв;
- аудиту та моніторингу журналів подій;
- безпечного проектування та розробки (Security by Design);
- тестування на проникнення та оцінки вразливостей;
- анонімізації та псевдонімізації даних.

Також підвищити безпеку даних можна за допомогою технології блокчейн, яка забезпечує незмінність записів транзакцій і надає доступ до конфіденційної інформації лише авторизованим користувачам [48].

2.3.4 Обмежена прогностична здатність та точність в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Інтеграція великих даних разом із IoT забезпечує значні переваги в управлінні ресурсами та прогностичному обслуговуванні:

- Оптимізація ресурсів у режимі реального часу.
- Покращене управління енергією та ресурсами.
- Покращена стійкість та розподіл ресурсів.
- Вища стійкість та ефективність.
- Швидше реагування на небезпеки.
- Ефективність використання ресурсів.
- Зменшення викидів.
- Оптимізація відходів.
- Покращений процес прийняття рішень.
- Системна інтеграція.
- Покращені превентивні заходи.
- Покращена безпека.
- Оптимізовані моделі споживання ресурсів.
- Покращення сталого будівництва.
- Підвищення операційної ефективності.

Однак точність залишається викликом через складний характер «розумних» завдань. Неточні прогнози призводять до неефективного розподілу ресурсів або до неспроможності підтримувати «розумні» системи в працездатному стані [49]. Один із ефективних методів боротьби з цими проблемами – це використання алгоритмів машинного навчання разом з реальними даними від пристроїв IoT в гібридних прогностичних моделях для IoT пристроїв в «розумних» системах [50]. Для цього використовуються алгоритми:

- Регресія.
- Класифікація.

- Кластеризація.
- Методи ансамблювання (Ensemble methods).
- Нейронні мережі.
- Опорні вектори (Support Vector Machines).
- Дерева рішень (Decision Trees).
- К-найближчих сусідів (K-Nearest Neighbors).
- Байєсівські мережі (Bayesian Networks).
- Методи градієнтного бустингу (Gradient Boosting methods).
- Випадковий ліс (Random Forest).
- Лінійна регресія (Linear Regression).

Постійне оновлення графіків і розподілу ресурсів з використанням зворотного зв'язку в режимі реального часу дозволяє менеджерам «розумних» систем приймати кращі рішення та досягати більшої точності в своїх прогнозах. Крім того, впровадження кращого злиття інформаційних даних, яке передбачає об'єднання даних з різних давачів для надання точного зображення робочого «розумного» майданчика, значно покращить точність прогнозів [51].

2.3.5 Споживання енергії та оптимізація витрат в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Існує технологічний розрив у сфері «розумних» будівель, оскільки пристрої Інтернету речей (IoT) і інфраструктури великих даних використовують значну кількість енергії, що нівелює зусилля з економії енергії. Обробка даних, необхідна для виконання реального аналізу даних пристроями IoT, генерує споживання енергії на рівні «розумної» будівлі. Подібно, централізовані сервери, що здійснюють обробку великих обсягів даних, також споживають величезні кількості енергії на рівні «розумної» будівлі [52]. Тут виникає проблема управління споживанням енергії, забезпечуючи при цьому продуктивність системи.

Один зі способів зменшення енергетичних витрат – це інтеграція пристроїв IoT з високим рівнем енергоефективності, разом з протоколами, спрямованими на економію енергії. Динамічне планування операцій пристроїв та передача даних на вимогу усувають енергетичні втрати від пристроїв на батареях [53]. Разом з вже згаданими енергетичними прогалинами, використання енергоефективних алгоритмів під час процесів машинного навчання на етапі обробки даних може змінити кількість використаної енергії та поріг продуктивності [54].

Це дозволяє «розумному» сектору повністю використати можливості IoT та великих даних для управління ресурсами, вирішуючи вищезгадані проблеми за допомогою архітектур на основі віртуалізації та захищених IoT фреймворків. Ефективні моделі збору даних покращують ефективність «розумних» проєктів, сприяють досягненню цілей сталого розвитку та зменшують надмірне споживання ресурсів.

2.4 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто ключові показники для оптимізації ресурсів інфраструктурного середовища «розумних міст». Доліджено методи та засоби об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст». Проаналізовано виклики та рішення в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ОБ'ЄДНАННЯ ДАНИХ «РОЗУМНИХ МІСТ»

3.1 Застосування великих даних та IoT в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Використання технологій великих даних та IoT у «розумних містах» підвищило ефективність і зменшило негативний вплив на навколишнє середовище, одночасно забезпечуючи кращу управлінську ефективність ресурсів [55]. Ці технології вирішують загальні проблеми в галузі «розумних міст» та дозволяють успішно завершувати проекти, які є екологічно чистими та економічно доцільними.

3.1.1 Прогностичні системи обслуговування

«Розумне місто», оснащене технологіями IoT, дозволяє застосовувати передові методи обслуговування обладнання, які включають прогнозування можливих поломок і проведення обслуговування заздалегідь. Обслуговування часто виконується в очікуванні поломок. IoT-давачі на обладнанні постійно відслідковують використання, температуру, вібрацію та інші параметри, а результати розрахунків передаються до моделей, що використовують прогностичну аналітику [50]. Ці методи дозволяють виявити потенційні поломки обладнання на ранній стадії, що дає змогу планувати обслуговування вчасно, зберігати роботу «розумних» систем, зменшувати пошкодження обладнання і мінімізувати простой. Дослідження показують, що прогностичне обслуговування за допомогою IoT і великих даних може знизити операційні витрати на 20-30%, одночасно збільшуючи термін служби критичного обладнання [51].

Наприклад, системи IoT, поєднані з машинним навчанням, можуть відслідковувати патерни використання обладнання і автоматично надсилати повідомлення після досягнення заданого порогу. Це дає змогу менеджерам

«розумних» систем планувати роботи з обслуговування таким чином, щоб вони не заважали виконанню інших завдань.

3.1.2 Динамічний розподіл ресурсів «розумних» систем

Ця техніка дозволяє отримувати, обробляти та аналізувати ресурси для прийняття рішень у режимі реального часу щодо розподілу матеріалів, енергії та персоналу на різних активних «розумних» майданчиках. Завдяки тому, що IoT пристрої контролюють споживання ресурсів, аналітика великих даних передає історичні дані разом з поточними туди, де вони є найбільш корисними, знижуючи витрати та підвищуючи ефективність [52]. Системи динамічного розподілу ресурсів також дозволяють коригувати темп надходження матеріалів, коли умови на «розумному» майданчику змінюються під час виконання масштабних «розумних» проєктів, зменшуючи затримки та надмірне споживання ресурсів. Смарт-системи – це приклади таких систем, що використовують Інтернет речей. Вони використовують датчики для моніторингу факторів навколишнього середовища, наприклад, температура та вологість, що дозволяє автоматично змінювати перебіг керованих процесів. Так само системи, що керують використанням енергії на різних «розумних» майданчиках для моніторингу споживання електроенергії, запланованої для використання обладнання в години пік, заощаджують велику кількість енергії.

3.1.3 «Розумні» системи управління відходами

Зростає занепокоєння з приводу створення відходів проєктів, оскільки це негативно впливає на навколишнє середовище та створює фінансові втрати. «Розумні» системи управління відходами на основі IoT вирішують цю проблему шляхом моніторингу споживання матеріалів, надлишкових запасів та утилізації відходів. Ці дані аналізуються на платформах великих даних,

щоб зрозуміти та рекомендувати правильні методи переробки та зменшення відходів [53].

Наприклад, спорожнення сміттєвих контейнерів може бути дорогим і марнотратним завданням, однак IoT-давачі можна встановити в контейнери для відслідковування рівня заповнення та сповіщення транспортних засобів для «розумного» збору відходів у режимі реального часу, що покращує операційну ефективність. Платформа великих даних може додатково аналізувати взаємозв'язок між виробництвом відходів і дизайном проєкту та пропонувати модифікації для зменшення відходів або альтернативні матеріали.

3.1.4 Моніторинг навколишнього середовища «розумних міст»

Для забезпечення сталого використання ресурсів та мінімізації їхнього впливу на навколишнє середовище необхідно здійснювати постійне спостереження. Моніторинг за допомогою давачів навколишнього середовища, вбудованих у IoT пристрої, дозволяє відстежувати якість повітря, рівень шуму, температуру та вологість в середовищі «розумного міста». Дані з цих давачів передаються на платформи великих даних для подальшого аналізу та надання детальних рекомендацій щодо зменшення впливу на навколишнє середовище [54].

Наприклад, коли давачі якості повітря реєструють надмірну кількість часток пилу, система може сповістити керівників «розумного міста» про необхідність вжити заходів для контролю пилу, таких як розпилення води або використання очищувачів повітря. Оперативний моніторинг гарантує, що заходи будуть вжиті негайно, тим самим запобігаючи шкоді навколишньому середовищу та штрафам за порушення нормативів.

Також, системи моніторингу шумового забруднення можуть оцінювати рівні шуму та автоматично рекомендувати перенесення деяких робіт, щоб уникнути перевищення допустимих меж концентрації шуму, таким чином, захищаючи працівників і мешканців сусідніх територій.

Інтеграція великих даних та IoT для покращення сталого розвитку в «розумних містах», без сумніву, призведе до змін в усій галузі, однак, як зазначено в попередніх розділах, існує низка викликів. Тому доцільно підкреслити значення «розумних міст», підкреслюючи можливості, а також перешкоди та проблеми, які потрібно вирішити.

3.2 Технологічні досягнення, що сприяють сталому розвитку «розумних міст»

Управління проєктами «розумних міст» було революціонізовано за допомогою аналітики великих даних та IoT, які забезпечують моніторинг у режимі реального часу та проактивне управління. Завдяки можливості постійно моніторити обладнання, матеріали та умови навколишнього середовища, керівники «розумних» проєктів та послуг отримують більше контролю над ресурсами проєкту, ніж будь-коли раніше. Прогнозне обслуговування є одним з найбільш корисних результатів цієї технологічної інтеграції, оскільки воно зменшило кількість непередбачених поломок і простоїв, одночасно покращуючи загальну ефективність «розумних» проєктів. Дослідження показують, що витрати були знижені на 30% завдяки прогнозованому обслуговуванню, що робить цей підхід як вигідним, так і сталим [1].

Також, кращий розподіл матеріалів і енергії був досягнутий за допомогою IoT і великих даних через можливість змінювати розподіл ресурсів у режимі реального часу. Системи моніторингу в режимі реального часу гарантують, що матеріали та робоча сила використовуються інтелектуально, щоб запобігти марнотратству або надмірним витратам. Однак ці переваги залежать від правильного збору множини наборів даних, що ускладнює впровадження.

3.3 Подолання викликів, інтеграція, безпека та масштабованість

Інтеграція технологій IoT та великих даних у контекст сталого розвитку «розумних міст» стикається з багатьма проблемами. Підтримка процесів об'єднання даних в режимі реального часу та прийняття рішень часто обмежена через проблеми з інтеграцією даних, що виникають через різноманітність форматів даних і джерел.

Зазвичай проекти «розумних міст» характеризуються великою кількістю сенсорів і пристроїв, а також застарілими системами, які часто не мають взаємодії [2]. Вирішення цих проблем є можливим через посередницькі рішення або платформи для хмарної інтеграції, які, завдяки своїй природі, підвищують масштабованість системи та нормалізують комунікацію даних.

Аспекти безпеки та конфіденційності є ще однією проблемою, пов'язаною з формуванням «розумних» систем на основі IoT, оскільки при цьому централізовано використовуються численні пристрої. Операції можуть бути зірвані, або важлива конфіденційна інформація «розумного» проекту може бути використана неналежним чином, якщо є несанкціонований доступ до чутливих операційних даних. Необхідно впроваджувати багаторівневі заходи безпеки, такі як шифрування, контроль доступу та блокчейн для захисту записів даних від підробок, серед інших заходів для забезпечення безпеки важливої інформації [56].

Для інформаційно-технологічних платформ в «розумних» містах масштабованість є серйозною проблемою, особливо на багатомісцевих об'єктах. Збільшення кількості IoT-пристроїв та потоків даних підвищує ймовірність утворення вузьких місць у централізованих даних. Обчислення на межі є масштабованим рішенням, в якому дані обробляються безпосередньо на джерелі, що покращує затримку та реакцію «розумних» систем.

3.4 Вплив «розумних міст» на навколишнє середовище та економіку

При спробі інтегрувати IoT та великі дані в проекти «розумних міст» головною метою є підвищення ефективності при мінімізації впливу на навколишнє середовище. Одним із таких продуктів є «розумні» системи моніторингу навколишнього середовища, які працюють у режимі реального часу – вони повинні бути достатньо надійними для перевірки того, чи відповідає будівельний проєкт нормам щодо повітря та відходів. Також критично важливо, щоб будівельні компанії мали можливість перевіряти операції для обмеження забруднення та споживання ресурсів.

Економічні переваги використання об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст» та аналітики великих даних при впровадженні IoT полягають у зменшенні відходів, покращенні споживання матеріалів та скороченні термінів будівництва. Витрати на обслуговування також можуть бути знижені завдяки розумній аналітиці, яка дозволяє заздалегідь виявляти зламане обладнання. Ці переваги можна досягти лише за умови інвестування в IoT, аналітику даних та кваліфіковану робочу силу для нагляду за даними.

3.5 Майбутні напрямки та можливості для досліджень об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст»

Попри вражаючі поточні результати використання об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст», великих даних та IoT для сталого розвитку «розумних міст», є ще багато роботи, яку потрібно виконати. Наступним кроком має стати розробка комплексних моделей інтеграції, які будуть достатньо гнучкими та масштабованими для ефективної роботи в «розумних» середовищах з кількома зацікавленими сторонами, де досягнення взаємодії залишатиметься проблемою. Крім того, покращення точності прогнозів за рахунок більш складних параметрів навколишнього середовища та

операцій можна досягти за допомогою вдосконалених моделей на основі штучного інтелекту та машинного навчання.

Дизайн пристроїв IoT та методи обробки даних можуть заповнити ще одну потенційну прогалину в рівні споживання енергії. Протоколи заощадження енергії та стратегії динамічного планування можуть зменшити споживання енергії в мережах IoT та сприяти досягненню цілей сталого розвитку.

Нарешті, подальші дослідження в області блокчейн-технологій можуть виявитися корисними, якщо метою є покращення безпеки та відстеження даних, щоб операції з інформаційно-технологічними платформами об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст» протягом всього життєвого циклу проєкту відповідали встановленим нормам та зберігали якість управління записами протягом всього «розумного» проєкту.

3.6 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи досліджено застосування великих даних та IoT в інфраструктурному середовищі «розумних міст». Описано технологічні досягнення, що сприяють сталому розвитку «розумних міст». Висвітлені подолання викликів, інтеграція, безпека та масштабованість. Розглянуто вплив «розумних міст» на навколишнє середовище та економіку. Подано майбутні напрямки та можливості для досліджень об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» присвячена дослідженню методів об'єднання інформації у міському середовищі та «розумних містах». Тому в підроділі «Безпека життєдіяльності» доцільно розглянути вплив інформаційних технологій на людину, який з кожним роком невідпинно зростає.

Сучасні інформаційні технології, що охоплюють усе від великих даних до штучного інтелекту та Інтернету речей (IoT), суттєво змінюють методи об'єднання інформації у міському середовищі та концепцію розумних міст. Ці технології дозволяють збирати, обробляти та аналізувати колосальні обсяги даних у режимі реального часу, що раніше було неможливим. Наприклад, IoT-давачі можуть збирати інформацію про якість повітря, затори на дорогах, споживання енергії, а системи штучного інтелекту – інтегрувати ці дані для виявлення закономірностей і прогнозування подій. Таке всеосяжне збирання інформації є фундаментом для створення по-справжньому "розумних" рішень, що підвищують ефективність міського управління та якість життя громадян.

Вплив цих технологій на людину, хоча й багатогранний, є центральним для успішної реалізації концепції розумного міста. З одного боку, вони пропонують нові можливості для персоналізації міських сервісів: від оптимізації маршрутів громадського транспорту до автоматизованих систем безпеки та енергозбереження. Це значно покращує комфорт, безпеку та ефективність повсякденного життя містян. З іншого боку, така інтеграція вимагає від людини адаптації до нових взаємодій з технологіями, що може проявлятися у зміні звичок, виникненні нових навичок та розумінні принципів роботи цих систем для їх ефективного використання.

Сьогодні інформаційні технології (ІТ) є невіддільною частиною нашого буття, пронизуючи всі аспекти людської діяльності – від навчання та професійної діяльності до відпочинку та спілкування.

Стрімкий розвиток ІТ докорінно трансформує наше життя. Завдяки їм ми можемо миттєво отримувати будь-яку інформацію, спілкуватися з людьми на іншому кінці світу і навіть працювати, не виходячи з дому. Ці технології стали невід'ємною частиною нашого існування, прискорюючи всі процеси.

Водночас, швидкий прогрес інформаційних технологій ставить перед нами нові виклики. Аби успішно функціонувати в сучасному світі, ми мусимо постійно розвиватися та пристосовуватися до змін. Наприклад, для праці в ІТ-сфері необхідні такі здібності, як критичне мислення, здатність до швидкого навчання та гнучке реагування на нововведення [57].

Світ інформаційних технологій розвивається з неймовірною швидкістю, і разом з ним зростає кількість різноманітних пристроїв та програм. Тому ІТ-фахівці, як і представники будь-якої іншої професії, зобов'язані постійно підвищувати свою кваліфікацію, зокрема, у питаннях охорони праці. Це може відбуватися як на спеціалізованих курсах, так і безпосередньо на робочому місці. Кожна компанія розробляє власну програму навчання з охорони праці, враховуючи специфіку своєї діяльності. Ці програми базуються на типових навчальних планах, але адаптуються під конкретні потреби підприємства.

Аби забезпечити належні соціальні гарантії для ІТ-фахівців, потрібно оновити державний класифікатор професій, додавши до нього детальніший перелік спеціальностей, характерних для ІТ-індустрії. Також варто створити спеціальний довідник, де будуть чітко визначені кваліфікаційні вимоги до кожної ІТ-професії. Це дозволить точніше встановлювати соціальні гарантії для ІТ-спеціалістів, такі як пенсійне забезпечення та компенсації за шкідливі умови праці [58].

Сучасна робота за комп'ютером пов'язана з високим рівнем навантаження на зір, нервову систему та опорно-руховий апарат. Відсутність чітких норм для

різних категорій працівників, що враховували б вік, стать та особливості роботи, посилює ризики розвитку професійних захворювань.

Щоб забезпечити безпечні умови праці для ІТ-фахівців, необхідно розробити нові правила та стандарти, які регулюватимуть їхню роботу та відпочинок. Ці норми мають стосуватися як великих ІТ-компаній, так і невеликих комп'ютерних класів.

Для збереження здоров'я працівників ІТ-сфери особливо важливі регулярні медичні огляди. Під час цих оглядів фахівці оцінюють загальний стан здоров'я працівника та його придатність до роботи з сучасною комп'ютерною технікою, яка може становити певну небезпеку для здоров'я.

У зв'язку з цим необхідне запровадження експертизи щодо безпечної експлуатації персональних електронних обчислювальних машин (ПЕОМ). Така експертиза є офіційним підтвердженням фактичних параметрів електробезпеки ПЕОМ та їх відповідності вимогам нормативної документації. Фахівці, які проводять таку експертизу, повинні пройти навчання і перевірку знань відповідно до вимог ДНАОП 0.00-8.20-99.

За результатами проведеної експертизи ухвалюється рішення щодо відповідності ПЕОМ стандартам безпеки та визначаються терміни наступної перевірки. При цьому оформлюються протоколи вимірювань і випробувань, а також, за потреби, додаються виконані розрахунки та експертний висновок.

Для збереження здоров'я та підвищення продуктивності ІТ-фахівців необхідно забезпечувати комфортні умови праці. Оптимальна організація робочого місця, що враховує всі фізіологічні потреби людини, допоможе зменшити навантаження на зір і нервову систему, а також запобігти виникненню професійних захворювань [59].

Закордонні компанії вже тривалий час успішно впроваджують різноманітні підходи для створення комфортного робочого середовища для своїх ІТ-спеціалістів. Зокрема, вони приділяють особливу увагу дизайну офісів, акустичному комфорту та використанню музики для зменшення стресу та підвищення продуктивності праці [59].

Водночас, важливо враховувати потенційні виклики, які несе із собою глибока інтеграція інформаційних технологій. Мова йде про питання приватності даних, кібербезпеки та ризиків, пов'язаних з алгоритмічною упередженістю. Для успішної реалізації розумних міст необхідно не лише розвивати технології, а й будувати довіру мешканців до цих систем. Це досягається через прозорість у зборі та використанні даних, надійні механізми захисту інформації та залучення громадськості до процесу розробки та впровадження міських технологічних рішень. Врахування людського фактора та його потреб є запорукою того, що розумні міста стануть місцями, де технології дійсно служать людині.

Таким чином, сучасні інформаційні технології є каталізатором трансформації міського середовища, дозволяючи об'єднувати інформацію з безлічі джерел для створення інтелектуальних систем. Їхній вплив на людину проявляється як у покращенні якості життя, так і у викликах, що стосуються приватності та адаптації. Успішне впровадження методів об'єднання інформації у міському середовищі та побудова "розумних міст" залежить від збалансованого підходу, який враховує не лише технологічні можливості, а й суспільні, етичні та гуманітарні аспекти, ставлячи людину в центр усіх інновацій.

На додаток, постійний розвиток інформаційних технологій сприяє формуванню нових форм взаємодії між містянами та міською інфраструктурою, перетворюючи пасивних споживачів послуг на активних учасників у житті міста. Інтерактивні платформи, мобільні додатки та цифрові сервіси дозволяють мешканцям надавати зворотний зв'язок, брати участь у прийнятті рішень та безпосередньо впливати на розвиток свого середовища. Це створює більш гнучку та адаптивну міську систему, яка краще відповідає потребам своїх мешканців, а також сприяє формуванню відчуття спільноти та приналежності до "розумного" міського простору.

4.1 Вимоги до серверних приміщень

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» присвячена дослідженню методів об'єднання інформації у міському середовищі та «розумних містах». Тому доцільно розглянути питання щодо забезпечення належних умов функціонування серверних приміщень, які є важливим компонентом інфраструктури для забезпечення безпеки та надійності роботи інформаційних систем такого класу.

Вимоги до серверних приміщень мають першочергове значення для ефективності методів об'єднання інформації у міському середовищі та функціонування розумних міст. Саме в цих приміщеннях зосереджені основні обчислювальні потужності, що забезпечують збір, зберігання, обробку та аналіз величезних обсягів даних, які генеруються численними давачами, камерами та іншими IoT-пристроями по всьому місту. Неналежні умови – перегрів, нестабільне електропостачання, недостатня безпека або відсутність резервних систем – можуть призвести до збоїв у роботі серверів, втрати критично важливої інформації або повної зупинки міських інтелектуальних систем. Це безпосередньо вплине на здатність міста оперативно реагувати на надзвичайні ситуації, керувати трафіком, оптимізувати споживання ресурсів та надавати якісні послуги мешканцям.

Вимоги до серверних приміщень спрямовані на забезпечення їх безперебійної та безпечної роботи, захист обладнання від зовнішніх впливів та запобігання надзвичайним ситуаціям.

Основна вимога до серверного приміщення полягає у дотриманні всіх необхідних нормативів щодо його розташування, розмірів, внутрішнього планування та відповідності стандартам безпеки. Серверні повинні бути розташовані в спеціально обладнаних зонах будівлі, де мінімізований вплив зовнішніх ризиків, таких як затоплення, пожежі, вібрації або впливи сильних вітрів. Правильний вибір цих зон важливий для запобігання можливим аварійним ситуаціям. Також критично важливо, щоб серверні приміщення не

знаходилися поруч із джерелами електромагнітних перешкод, наприклад, великими електричними установками чи трансформаторними підстанціями, що дозволяє мінімізувати можливі збої в роботі серверів. Розміри приміщення повинні відповідати кількості розміщеного обладнання та забезпечувати достатній простір для його обслуговування, а також належну вентиляцію та циркуляцію повітря, що сприяє стабільній роботі серверів [60].

Одним із ключових аспектів є підтримка належного мікроклімату в серверному приміщенні, що включає контроль температури та вологості. Встановлюються вискоєфективні системи кондиціонування та вентиляції, які підтримують постійну температуру в діапазоні від 18 до 27 градусів Цельсія, а рівень вологості – у межах від 40 до 60 відсотків. Ці параметри мають вирішальне значення для стабільної роботи обладнання, оскільки навіть невеликі відхилення від рекомендованих значень можуть призвести до перегріву серверів або утворення конденсату на їхніх компонентах. Це може спричинити серйозні пошкодження та знизити ефективність роботи всього інформаційного центру. У разі надмірного перегріву обладнання можливі збої в роботі програмного забезпечення, уповільнення процесів обробки даних або навіть повне вимкнення серверів для запобігання їх пошкодженню. Конденсація вологи на внутрішніх компонентах може призвести до корозії та коротких замикань, що також виводить обладнання з ладу.

Для забезпечення постійних стабільних умов використовуються автоматизовані системи моніторингу. Вони можуть оперативно сигналізувати про будь-які відхилення від заданих параметрів і швидко реагувати на зміни. Ці системи не лише відстежують температуру та вологість, а й забезпечують детальний аналіз для визначення тенденцій зміни мікроклімату в приміщенні. У разі критичних змін, таких як різке підвищення температури або зниження вологості, ці системи можуть активувати аварійне охолодження, додаткові вентилятори або інші механізми для підтримання оптимальних умов для серверного обладнання. Деякі системи також можуть автоматично відключати неактивне або пошкоджене обладнання, щоб мінімізувати негативний вплив на

інші компоненти. Такий рівень автоматизації забезпечує стабільність роботи серверів навіть за непередбачуваних змін у середовищі, що сприяє збереженню їхньої працездатності та продовженню терміну експлуатації.

Для захисту серверного обладнання від пожежі необхідно облаштовувати приміщення сучасними автоматичними системами пожежогасіння. Вони повинні оперативно виявляти загрозу та нейтралізувати її без затримок. Вибір відповідної системи залежить від специфіки приміщення та типу обладнання. Найефективнішими є системи, що використовують газові або порошкові засоби гасіння, оскільки вони швидко та ефективно пригнічують вогонь, не завдаючи шкоди електронним компонентам, на відміну від водяних або пінних систем. Вода або піна, потрапляючи на електронні компоненти, можуть спричинити коротке замикання, корозію, а також пошкодження важливих частин обладнання, що призводить до його повної поломки та втрати даних. Газові та порошкові системи забезпечують необхідний захист, не залишаючи після себе руйнівних наслідків для інфраструктури [61].

Крім того, серверні приміщення повинні бути оснащені високотехнологічними системами виявлення диму. Вони здатні вчасно сповіщати про початок загоряння на ранніх стадіях. Завдяки таким системам навіть невеликі зміни в концентрації диму можуть бути зафіксовані, що дозволяє запобігти розвитку великої пожежі. Це дає можливість вчасно вжити необхідних заходів, таких як активація систем пожежогасіння або евакуація персоналу, що значно знижує ризики серйозних пошкоджень. Окрім цього, важливо, щоб система сповіщення була інтегрована з іншими механізмами безпеки, наприклад, автоматичними дверима, які можуть зачинитися у разі пожежної небезпеки, щоб запобігти поширенню вогню до інших частин будівлі.

Стінові, стельові та підлогові покриття повинні бути виготовлені з негорючих матеріалів, щоб мінімізувати поширення вогню у випадку загоряння. Такі матеріали не тільки сприяють локалізації полум'я, а й здатні витримувати високі температури без руйнування, надаючи час для евакуації людей та активації системи пожежогасіння. Вибір саме цих матеріалів є

критичним для забезпечення високого рівня безпеки, оскільки навіть найменша іскра або теплове навантаження може стати джерелом пожежі у серверному приміщенні, де розташовані численні електронні пристрої, що генерують тепло.

Загалом, система пожежної безпеки у серверному приміщенні має бути комплексною та враховувати всі можливі ризики. Вона повинна не лише забезпечувати захист від пожежі, а й створювати умови для швидкого усунення загрози без пошкодження обладнання.

Електропостачання серверних приміщень має відповідати підвищеним вимогам надійності та безперебійності. Для цього встановлюються резервні джерела живлення, такі як джерела безперебійного живлення (ДБЖ) та дизельні генератори, які гарантують безперервну роботу серверів навіть у разі відключення основного електропостачання. Для мінімізації ризиків від перепадів напруги застосовуються стабілізатори та системи захисту від імпульсних перенапруг, що захищає чутливе обладнання від можливих пошкоджень. Кабельні мережі організовуються таким чином, щоб забезпечити максимальний захист від електромагнітних перешкод, використовуючи екрановані кабелі, що мінімізують ймовірність зовнішнього впливу.

Організація фізичної безпеки серверних приміщень також є невід'ємною складовою їхнього безпечного функціонування. Доступ до приміщення має бути обмежений лише для авторизованого персоналу, щоб запобігти несанкціонованому втручанням. Встановлюються системи контролю доступу: карткові зчитувачі, біометричні сканери або кодові замки, що дозволяє точно ідентифікувати осіб, які мають право на вхід. Додатково рекомендується інтегрувати системи відеоспостереження, які дозволяють моніторити переміщення в зоні серверної кімнати та фіксувати будь-які підозрілі дії.

Освітлення приміщення повинно забезпечувати достатній рівень видимості для виконання обслуговуючих робіт, при цьому використовуються світильники з низьким рівнем тепловиділення, щоб не порушувати температурний режим. Електромережа має бути організована з урахуванням вимог електробезпеки, передбачаючи заземлення всього обладнання та

наявність пристроїв захисного відключення. Крім того, слід забезпечити наявність інструкцій з охорони праці та безпеки, які повинні бути розміщені в доступному місці для персоналу, що обслуговує серверне обладнання.

Важливим аспектом є підготовка персоналу, який обслуговує серверні приміщення. Працівники повинні проходити регулярне навчання з питань охорони праці, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях. Також проводяться інструктажі щодо використання засобів індивідуального захисту та правил роботи з електрообладнанням, щоб уникнути травм та інших небезпек. План евакуації у разі надзвичайної ситуації повинен бути розроблений і чітко відомий всім працівникам, причому він має бути розміщений у доступному для ознайомлення місці.

Таким чином, забезпечення належних умов для серверних приміщень вимагає дотримання комплексу вимог, спрямованих на створення безпечного та стабільного середовища для роботи обладнання. Це включає не лише правильну організацію фізичних умов, а й забезпечення безперебійного функціонування інформаційних систем, що є необхідним для підтримки надійності інфраструктури та відповідності сучасним стандартам безпеки.

Дотримання суворих вимог до серверних приміщень є запорукою надійності та безперебійності функціонування всіх методів об'єднання інформації, що є основою концепції розумного міста. Це включає забезпечення оптимального температурного режиму, стабільного електроживлення з резервними джерелами, надійних систем пожежогасіння, фізичної та кібербезпеки.

4.2 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину. Розглянуто вимоги до серверних приміщень.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр»:

- Досліджено об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст».
- Подано аналітичний огляд літератури щодо інфраструктурного середовища «розумних міст».
- Висвітлена методологія об'єднання інформації в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Розглянуто ключові показники для оптимізації ресурсів інфраструктурного середовища «розумних міст».
- Доліджено методи та засоби об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст».
- Проаналізовано виклики та рішення в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- Досліджено застосування великих даних та IoT в інфраструктурному середовищі «розумних міст».
- Описано технологічні досягнення, що сприяють сталому розвитку «розумних міст».
- Висвітлені подолання викликів, інтеграція, безпека та масштабованість.
- Розглянуто вплив «розумних міст» на навколишнє середовище та економіку.
- Подано майбутні напрямки та можливості для досліджень об'єднання даних в інфраструктурному середовищі «розумних міст».

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» описано сучасні інформаційні технології та їх вплив на людину. Розглянуто вимоги до серверних приміщень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 A. Nuthalapati, "Architecting Data Lake-Houses in the Cloud: Best Practices and Future Directions," *Int. J. Sci. Res. Arch.*, vol. 12, no. 2, pp. 1902-1909, 2024, doi:10.30574/ijsra.2024.12.2.1466.
- 2 J. I. Janjua, M. Nadeem, Z. A. Khan and T. A. Khan, "Computational Intelligence Driven Prognostics for Remaining Service Life of Power Equipment," 2022 IEEE Technology and Engineering Management Conference (TEMSCON EUROPE), Izmir, Turkey, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/TEMSCONEUROPE54743.2022.9802008.
- 3 Duda, O., Kunanets, N., Matsiuk, O., & Pasichnyk, V. (2022). Cloud-based IT infrastructure for “smart city” projects. In D. Bădică, V. Kołodziej, M. Ganzha, & M. Paprzycki (Eds.), *Dependable IoT for human and industry* (pp. 389–409). Springer.
- 4 W. Alomoush, T. A. Khan, M. Nadeem, J. I. Janjua, A. Saeed and A. Athar, "Residential Power Load Prediction in Smart Cities using Machine Learning Approaches," 2022 International Conference on Business Analytics for Technology and Security (ICBATS), Dubai, United Arab Emirates, 2022, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICBATS54253.2022.9759024.
- 5 J. I, M. Nadeem and Z. A. Khan, "Machine Learning Based Prognostics Techniques for Power Equipment: Comparative Study," 2021 IEEE International Conference on Computing (ICOCO), Kuala Lumpur, Malaysia, 2021, pp. 265-270, doi: 10.1109/ICOCO53166.2021.9673564.
- 6 Дуда, О., Мацюк, О., Пасічник, В. В., & Кунанець, Н. Е. (2018). Концепт «розумне місто» та інформаційні технології BigData.
- 7 Ahamed, "Impact of AI-Powered Business Intelligence on Smart City Policy-Making and DataDriven Governance," International Conference on Green Energy, Computing and Intelligent Technology (GEn-CITy 2024), Johor, Malaysia, 2024.

8 Орлов М.В., Грибовський О.М., Жовнір Ю.І., Дуда О.М., Від концепції до реальності: роль методології devops в екосистемах іot. Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». Том 35 (74) № 6 2024. Частина 2. Видавничий дім «Гельветика». 2024. с. 163-170. ISSN 2663-5941 (Print), ISSN 2663-595X (Online) DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.6.2/22>.

9 Жовнір Ю. І., Грибовський О. М., Орлов М. В., Дуда О. М. , Кунанець Н. Е. Методологія розроблення та супроводу інформаційних систем, базованих на технології інтернету речей Управління розвитком складних систем 2024.- Вип.60, С. 56-71. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.56-70>.

10 S. B. Nuthalapati, M. Arun, C. Prajitha, S. Rinesh and K. M. Abubeker, "Computer Vision Assisted Deep Learning Enabled Gas Pipeline Leak Detection Framework," 2024 5th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC), Trichy, India, 2024, pp. 950957, doi:10.1109/ICOSEC61587.2024.10722308.

11 Ahmed Inan Mosaddeque , Zenith Matin Guria , Niaz Morshed , Mohammad Abu Sufian , Asif Ahamed , S M Tamim Hossain Rimon, "Transforming AI and Quantum Computing to Streamline Business Supply Chains in Aerospace and Education," 2024 International Conference on TVET Excellence & Development (ICTeD-2024), Melaka, Malaysia, 2024.

12 Дуда, О. М., Кунанець, Н. Е., Мацюк, О. В., & Пасічник, В. В. (2018). Системні комплекси інформаційних технологій у проектах «Розумне місто».

13 Oleksii, D., Oleksandr, M., Mikolaj, K., Nataliia, V., Nataliia, K., & Volodymyr, P. (2018). Information Technologies of Internet Devices and BigData in the “Smart Cities” Projects.

14 Palka, O., Dmytrotsa, L., Duda, O., Kunanets, N., & Pasichnyk, V. (2024). Information and technological tools for analysis and visualization of open data in smart cities. CEUR Workshop Proceedings, 3742, 1–12.

15 Babu Nuthalapati, S., Nuthalapati, A., "Accurate Weather Forecasting with Dominant Gradient Boosting Using Machine Learning," *Int. J. Sci. Res. Arch.*, vol. 12, no. 2, pp. 408-422, 2024, doi:10.30574/ijrsra.2024.12.2.1246.

16 M. A. Al-Tarawneh, R. A. AlOmoush, T. ul Islam, J. I. Janjua, T. Abbas and A. Ihsan, "Current Trends in Artificial Intelligence for Educational Advancements," 2024 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA), Manama, Bahrain, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/DASA63652.2024.10836340.

17 Nadeem, N., Hayat, M.F., Qureshi, M.A. et al. "Hybrid Blockchain-based Academic Credential Verification System (B-ACVS)," *Multimed Tools Appl* 82, 43991-44019 (2023). doi: 10.1007/s11042-023-14944-7.

18 T. Abbas, J. I. Janjua and M. Irfan, "Proposed Agricultural Internet of Things (AIoT) Based Intelligent System of Disease Forecaster for Agri-Domain," 2023 International Conference on Computer and Applications (ICCA), Cairo, Egypt, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCA59364.2023.10401794.

19 Abdullah Al Noman, Md Tanvir Rahman Tarafder, S M Tamim Hossain Rimon, Asif Ahamed, Shahriar Ahmed, Abdullah Al Sakib, "Discoverable Hidden Patterns in Water Quality through AI, LLMs, and Transparent Remote Sensing," The 17th International Conference on Security of Information and Networks (SIN-2024), Sydney, Australia, 2024, pp. 259-264.

20 A. Rehman, F. Noor, J. I. Janjua, A. Ihsan, A. Q. Saeed and T. Abbas, "Classification of Lung Diseases Using Machine Learning Technique," 2024 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA), Manama, Bahrain, 2024, pp. 1-7, doi: 10.1109/DASA63652.2024.10836302.

21 J. I. Janjua, S. Zulfiqar, T. A. Khan and S. A. Ramay, "Activation Function Conundrums in the Modern Machine Learning Paradigm," 2023 International Conference on Computer and Applications (ICCA), Cairo, Egypt, 2023, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICCA59364.2023.10401760.

22 A. Nuthalapati, "Building Scalable Data Lakes For Internet Of Things (IoT) Data Management," *Educational Administration: Theory and Practice*, vol. 29, no. 1, pp. 412-424, Jan. 2023, doi:10.53555/kuey.v29i1.7323.

23 Asif Ahamed, Hasib Fardin, Ekramul Hasan, S M Tamim Hossain Rimon, Md Musa Haque, & Abdullah Al Sakib. (2022). *Public Service Institutions Leading the Way with Innovative Clean*

24 J. I, O. Anwer and A. Saber, "Management Framework for Energy Crisis & Shaping Future Energy Outlook in Pakistan," 2023 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT), Amman, Jordan, 2023, pp. 312-317, doi: 10.1109/JEEIT58638.2023.10185730.

25 Energy Solutions. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 29(04), 44774495. <https://doi.org/10.53555/sfgbhk87>

26 Жовнір Ю. І., Орлов М. В., Дуда О. М., Грибовський О. М. Інструменти методології DevOps в інформаційних системах на основі технологій IoT Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, 2024, Вип. 57.-С.128-139. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-57-15>.

27 Орлов М. В., Жовнір Ю.І., Грибовський О.М., Дуда О.М. Від концепції до реальності: роль DevOps в екосистемах IoT. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, 2024, Том 35 (74) № 6, Ч.2.- С.163-171.

28 Duda, O., Mykytyshyn, A., Mytnyk, M., & Stanko, A. (2023). Information technology sets formation and TNTU Smart Campus services network support. *CEUR Workshop Proceedings*, 3628, 661–671.

29 Duda, O., Karnaukhov, O., Martsenko, S., & Yatsyshyn, V. (2023). Cyber-physical systems at “Digital University”. *CEUR Workshop Proceedings*, 3628, 605–609.

30 Stanko, A., Mykytyshyn, A., Totosko, O., Koroliuk, R., & Duda, O. (2024). Artificial Intelligence of Things (AIoT): Integration challenges and security issues. *CEUR Workshop Proceedings*, 3842, 92–105.

31 Kunanets, N., Zhovnir, Y., Burov, Y., Pasichnyk, V., & Duda, O. (2025). Designing the structure and architecture of situation-aware security information systems for residential complexes. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 1(9(133)), 6–23.

32 Орлов М. В., Дуда О. М., Жовнір Ю. І., Грибовський О.М. Інструменти методології DevOps в інформаційних системах на основі технологій IoT. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, Випуск 57, 2024, с. 128-138. ISSN 2524-0552; eISSN 2524-0560, DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-57-15>.

33 M. Luchkevych, I. Shakleina, O. Duda. The impact of modern cloud technologies on the efficiency of devops processes. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University* 2025, № 1 (117). ISSN 2522-4433. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.01.

34 О. Дуда, О. Захарія, Т. Крамар, А. Мельник, П. Скалецький. Архітектура системи організації даних «розумних міст» на основі концепту data mesh. Вісник національного університету «Львівська політехніка» серія Інформаційні системи та мережі, Випуск 17, (2025): с. 411 - 424. ISSN: 2524-065X <https://doi.org/10.23939/sisn2025.17.411>.

35 Дуда, О., & Станько, А. (2023). Архітектура мережевої платформи моніторингу об'єктів у кіберфізичних системах «розумних міст». Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки», №4, 10-19. ISSN 2307-5732. DOI 10.31891/2307-5732.

36 М. Лучкевич, І. Шаклеїна, О. Дуда. Підвищення ефективності devops за рахунок використання штучного інтелекту та машинного навчання. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. Том № 3 (2025).

37 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Nykytyuk, V., & Pasichnyk, V. (2021). COVID-19 data collections and analytical processing.

38 Duda, O., Pasichnyk, V., Kunanets, N., Antonii, R., & Matsiuk, O. (2020). Multidimensional representation of covid-19 data using olap information technology.

39 Duda, O., Pasichnyk, V., Lypak, H., Veretennikova, N., Kunanets, N., & Matsiuk, O. (2021). Formation of Integrated Repositories of Social and Communication Data by Consolidating the Resources of Museums, Libraries and Archives in Smart Cities Projects.

40 Duda, O. M., Kunanets, N. E., Matsiuk, O. V., Pasichnyk, V. V., & Rzhenskyi, A. V. (2018). Fog computing and Big data in projects of class smart city.

41 Duda, O., Kunanets, N., Matsiuk, O., & Pasichnyk, V. (2018). Information-communication technologies of IoT in the “smart cities” projects. Proceedings of the 11th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications.

42 Md Tanvir Rahman Tarafder, Md Masudur Rahman, Nisher Ahmed, Tahmeed-Ur Rahman, Zakir Hossain, Asif Ahamed, "Integrating Transformative AI for Next-Level Predictive Analytics in Healthcare," 2024 IEEE Conference on Engineering Informatics (ICEI-2024), Melbourne, Australia, 2024.

43 J. I. Janjua, M. Irfan, T. Abbas, A. Ihsan and B. Ali, "Enhancing Contextual Understanding in Chatbots and NLP," 2024 International Conference on TVET Excellence & Development (ICTeD), Melaka, Malaysia, 2024, pp. 244-249, doi: 10.1109/ICTeD62334.2024.10844601.

44 Asif Ahamed , Md Tanvir Rahman Tarafder , S M Tamim Hossain Rimon, Ekramul Hasan , Md Al Amin, "Optimizing Load Forecasting in Smart Grids with AI-Driven Solutions," 2024 IEEE International Conference on Data & Software Engineering (ICoDSE-2024), Gorontalo, Indonesia, 2024.

45 S. B. Nuthalapati, "Advancements in Generative AI: Applications and Challenges in the Modern Era," Int. J. Sci. Eng. Appl., vol. 13, no. 8, pp. 106-111, 2024, doi:10.7753/IJSEA1308.1023.

46 A. Y. Almansour, J. I. Janjua, M. Zahid and T. Abbas, "Application of Machine Learning and Rule Induction in Various Sectors," 2024 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA), Manama, Bahrain, 2024, pp. 1-8, doi: 10.1109/DASA63652.2024.10836265.

47 T. M. Ghazal et al., "Fuzzy-Based Weighted Federated Machine Learning Approach for Sustainable Energy Management with IoE Integration," 2024 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, USA, 2024, pp. 112-117, doi: 10.1109/SIEDS61124.2024.10534747.

48 J. I, T. A. Khan, S. Zulfiqar and M. Q. Usman, "An Architecture of MySQL Storage Engines to Increase the Resource Utilization," 2022 International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2022, pp. 68-72, doi: 10.1109/BalkanCom55633.2022.9900616.

49 Suri Babu Nuthalapati and Aravind Nuthalapati, "Transforming Healthcare Delivery via IoT-Driven Big Data Analytics in a Cloud-Based Platform," J. Pop. Ther. Clin. Pharm., vol. 31, no. 6, pp. 2559-2569, Jun. 2024, doi:10.53555/jptcp.v31i6.6975.

50 T. A. Khan, M. S. Khan, S. Abbas, J. I. Janjua, S. S. Muhammad and M. Asif, "Topology-Aware Load Balancing in Datacenter Networks," 2021 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob), Bandung, Indonesia, 2021, pp. 220-225, doi: 10.1109/APWiMob51111.2021.9435218.

51 S. Nuthalapati and A. Nuthalapati, "Advanced Techniques for Distributing and Timing Artificial Intelligence Based Heavy Tasks in Cloud Ecosystems," J. Pop. Ther. Clin. Pharm., vol. 31, no. 1, pp. 2908-2925, Jan. 2024, doi:10.53555/jptcp.v31i1.6977.

52 J. I. Janjua, S. Kousar, A. Khan, A. Ihsan, T. Abbas and A. Q. Saeed, "Enhancing Scalability in Reinforcement Learning for Open Spaces," 2024 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA), Manama, Bahrain, 2024, pp. 1-8, doi: 10.1109/DASA63652.2024.10836237.

53 Aravind Nuthalapati, "Smart Fraud Detection Leveraging Machine Learning For Credit Card Security," Educational Administration: Theory and Practice, vol. 29, no. 2, pp. 433-443, 2023, doi:10.53555/kuely.v29i2.6907.

54 J. I T. M. Ghazal, W. Abushiba and S. Abbas, "Optimizing Patient Outcomes with AI and Predictive Analytics in Healthcare," 2024 IEEE 65th

International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/RTUCON62997.2024.10830874.

55 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Nykytyuk, V., & Pasichnyk, V. (2021). Information technology platform for the selection and analytical processing of information on COVID-19.

56 Mohammad Abu Sufian, Zenith Matin Guria, Niaz Morshed, S M Tamim Hossain Rimon, Ahmed Inan Mosaddeque, Asif Ahamed, "Leveraging Machine Learning for Strategic Business Gains in the Healthcare Sector," 2024 International Conference on TVET Excellence & Development (ICTeD-2024), Melaka, Malaysia, 2024.

57 Вдосконалення охорони праці в ІТ-галузі. Наукова робота під шифром «ІТ-індустрія». 2019. <https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/>

58 СИДОРЕНКО, ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА. "МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНАЛЬНИХ ГОСПОДАРСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ В ІНТЕГРАЦІЙНИХ УМОВАХ."

59 Яблуновська, Катерина Олександрівна. "Безпека життєдіяльності. Ч. 1. Безпека життєдіяльності людини у середовищі існування." (2021).

60 Вимоги до серверної (серверному приміщенню, апаратної). <https://shop.hypernet.com.ua/trebovaniya-k-servernoy-komnate/>.

61 Вимоги до серверної кімнати. https://server-shop.ua/ua/requirements-for-the-server-room.html?srsltid=AfmBOor55m5rmaXdLvi1aqG3e9R1J_BgBejBt7EwDk9fUobjIZW0-Y0O.