Міністерство освіти і науки України

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Запорізького національного університету

Кафедра управління та адміністрування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»

зі спеціальності 073 «Менеджмент»

за освітньо-професійною програмою «Промисловий менеджмент»

на тему

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА IoT

(повна назва теми випускної кваліфікаційної роботи)

Здобувач студент групи **6.0732-пм-з** **Прошкін Роман Олександрович** _

(шифр групи) *(прізвище, ім'я, по батькові)* *(підпис)*

Науковий керівник д.ф.н., проф. Воронкова В. Г._____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

Результати захисту: _____ _____

(оцінка за національною шкалою) *(оцінка ECTS)* *(рейтинговий бал)*

Голова ЕК _____ к.е.н., доц. Цвілій С.М. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

Заступник Голови ЕК _____ к.т.н., доц. Белоконь К. В. _____

Член ЕК _____ д.ф.н., проф. Воронкова В. Г. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

Член ЕК доктор наук з держ. управління, проф. Ажажа М. А.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

Член ЕК к.е.н., доц. Мороз О. С. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

Відповідальний секретер ЕК старший лаборант Ковальова М. В. _____

(підпис) *(прізвище та ініціали)* *(підпис)*

Запоріжжя, 2026 р.

Міністерство освіти і науки України

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Запорізького національного університету

Кафедра управління та адміністрування

Затверджую:

Зав. кафедрою д.ф.н., проф. Воронкова В.Г.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ “26”12. 2026 р.

(підпис) (дата)

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачу ступеня вищої освіти «Бакалавр»

зі спеціальності 073 «Менеджмент»

за освітньо-професійною програмою «Промисловий менеджмент»

студенту групи **6.0732-пм-з** **Прошкін Роман Олександрович**

(шифр групи) *(прізвище, ім’я, по батькові)*

на тему: УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА IoT

(повна назва теми випускної кваліфікаційної роботи)

затверджену розпорядженням по ІННІ ЗНУ від “26”12.2024 р. №2227-с
Термін подання кваліфікаційної роботи до захисту 15.05.2026

(місяць або дата)

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи. 1. Гіпотеза дослідження. 2. Формулювання мети, завдань та концепції дослідження. 3. Визначення предмета і об’єкта дослідження. 4. Вибір методології дослідження – методів і підходів. 5. Аналіз вітчизняних і зарубіжних джерел. 6. Формулювання плану дослідження. (матеріали з теми, що досліджується)

Завдання бакалаврської роботи: 1. Дослідити сутність та основні характеристики концепції Smart City. 2. Проаналізувати цифрові технології в системі управління сучасним містом. 3. Визначити роль Інтернету речей (IoT) у функціонуванні міської інфраструктури. 4. Розкрити світовий досвід впровадження концепції Smart City. 5. Провести аналіз системи управління смарт-містом на прикладі Парижа. 6. Виявити проблеми та недоліки системи управління смарт-містом Парижа. 7. Розробити напрями удосконалення управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та IoT. 8. Обґрунтувати архітектуру IoT-системи управління смарт-містом. 9. Оцінити ефективність запропонованих заходів та ризики їх впровадження. [2]

Використання графічного матеріалу в кваліфікаційній роботі

_____

Таблиця 1 - Порівняння традиційного міста та Smart City
Таблиця 2 - Основні компоненти концепції Smart City
Таблиця 3 - Основні цифрові технології у системі Smart City
Таблиця 4 - Світовий досвід розвитку Smart City
Таблиця 5 - Основні характеристики Парижа
Таблиця 6 - Цифрові ініціативи Парижа
Таблиця 7 - Основні проблеми управління смарт-містом Парижа
Таблиця 8 - Порівняння Парижа з іншими Smart City світу
Таблиця 9 - Очікувані результати впровадження IoT
Таблиця 10 - Ризики впровадження IoT у систему управління містом
Таблиця 11 - Показники ефективності Smart City

_____

_(обов'язкові таблиці, графіки, рисунки тощо)

Консультанти кваліфікаційної роботи за її окремими розділами:

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІОТ

(назва розділу)

д.ф.н., проф. Воронкова В.Г. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ НА ПРИКЛАДІ ПАРИЖА

(назва розділу)

д.ф.н., проф. Воронкова В.Г. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІОТ

(назва розділу)

д.ф.н., проф. Воронкова В.Г. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) *(підпис)*

Календарний план підготовки та виконання кваліфікаційної роботи

№ з/п	*Етапи підготовки та виконання кваліфікаційної роботи*	*Термін виконання*	*Фактичне виконання*
1	Дослідити сутність та основні характеристики концепції Smart City	27.01.26	виконано
2	Проаналізувати цифрові технології в системі управління сучасним містом	15.02.26	виконано
3	Визначити роль Інтернету речей (IoT) у функціонуванні міської інфраструктури	01.03.26	виконано

4	Розкрити світовий досвід впровадження концепції Smart City	16.03.26	виконано
5	Провести аналіз системи управління смарт-містом на прикладі Парижа	01.04.26	виконано
6	Виявити проблеми та недоліки системи управління смарт-містом Парижа	15.04.26	виконано
7	Розробити напрями удосконалення управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та IoT	20.04.26	виконано
8	Обґрунтувати архітектуру IoT-системи управління смарт-містом	01.05.26	виконано
9	Оцінити ефективність впровадження запропонованих заходів	05.05.26	виконано
10	Оцінити ризики та обмеження впровадження IoT у системі управління містом	10.05.26	виконано
11	Оформлення роботи (відгук наукового керівника та рецензія)	15.05.26	виконано
12	Підготовка презентації. Створення доповіді та слайдів для захисту	20.05.26	виконано
13	Захист	27.05.26	

Науковий керівник д.ф.н., проф. Воронкова В.Г. _____
(підпис) *(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)*
Нормоконтроль к.п.н., доц. Венгер О.М. _____
(підпис) *(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)*
Завдання прийняв до виконання здобувач студент групи 6.0732-пм-з Прошкін Р. О.
(шифр групи) *(прізвище, ім'я, по батькові)* *(підпис)*
"15 " 05. 2026 р. _____
(дата)

Міністерство освіти і науки України

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Запорізького національного університету

Кафедра управління та адміністрування

РЕФЕРАТ

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»

зі спеціальності 073 «Менеджмент»

освітньо-професійна програма «Промисловий менеджмент»

на тему

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА IoT

(повна назва теми випускної кваліфікаційної роботи)

Об'ємні показники кваліфікаційної роботи: 68 сторінок тексту; 11 таблиць; 1 рисунок; 35 використаних джерел інформації.

Об'єктом роботи є процес управління смарт-містом у контексті цифрової трансформації міського середовища. Предметом роботи є теоретичні, методичні та практичні підходи до удосконалення управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та Інтернету речей.

Метою роботи є дослідження теоретичних і практичних аспектів управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та IoT, аналіз системи управління смарт-містом на прикладі Парижа та розроблення напрямів її удосконалення.

Завдання бакалаврської роботи: дослідити сутність концепції Smart City; проаналізувати цифрові технології у системі міського управління; визначити роль Інтернету речей у функціонуванні міської інфраструктури; розкрити світовий досвід впровадження Smart City; провести аналіз системи управління смарт-містом Парижа; визначити проблеми та недоліки існуючої системи; розробити напрями удосконалення управління смарт-містом із використанням IoT; оцінити ефективність запропонованих заходів та ризики їх впровадження.

Сфера можливого застосування результатів кваліфікаційної роботи охоплює органи місцевого самоврядування, міські адміністрації, комунальні підприємства та організації, що здійснюють цифрову трансформацію міського середовища. Результати можуть бути використані для оптимізації управлінських процесів, розвитку цифрової інфраструктури, підвищення ефективності функціонування транспортної, екологічної та комунальної систем міста.

Практичне значення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості їх використання для удосконалення системи управління смарт-містом, підвищення якості прийняття управлінських рішень, розвитку цифрового урядування та впровадження інтегрованої IoT-архітектури. Запропоновані підходи можуть бути застосовані у діяльності органів місцевого самоврядування для підвищення ефективності управління міською інфраструктурою, оптимізації використання ресурсів та покращення якості життя населення.

Елементи наукової новизни в кваліфікаційній роботі.

Елементи наукової новизни в кваліфікаційній роботі полягають у систематизації підходів до управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та IoT; уточненні ролі інтегрованої цифрової платформи у функціонуванні міського середовища; обґрунтуванні напрямів удосконалення управління на основі даних, штучного інтелекту та Інтернету речей. Запропоновано логіку побудови IoT-системи управління смарт-містом, яка поєднує сенсорний, комунікаційний, аналітичний, управлінський та користувацький рівні. Ключові слова та словосполучення: Smart City, смарт-місто, цифрові технології, Інтернет речей, IoT, цифрове урядування, штучний інтелект, Big Data, міська інфраструктура, управління містом, Париж.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра Прошкін Роман Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему «Удосконалення управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та IoT» присвячена дослідженню теоретичних і практичних аспектів управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та Інтернету речей. У роботі розкрито сутність концепції Smart City, проаналізовано роль цифрових технологій, IoT, Big Data, штучного інтелекту та цифрового урядування у формуванні сучасної системи міського управління. Особливу увагу приділено аналізу системи управління смарт-містом на прикладі Парижа, визначено ключові проблеми цифрової трансформації міського середовища та обґрунтовано напрями удосконалення управління. Запропоновано архітектуру IoT-системи управління смарт-містом, яка базується на інтеграції сенсорних мереж, комунікаційної інфраструктури, хмарної платформи, аналітичного модуля та цифрових сервісів для громадян. Розроблені рекомендації спрямовані на підвищення ефективності управлінських процесів, оптимізацію використання ресурсів, покращення екологічного стану та якості життя населення.

Ключові слова та словосполучення: смарт-місто, Smart City, цифрові технології, Інтернет речей, IoT, цифрове урядування, штучний інтелект, Big Data, міська інфраструктура, Париж.

SUMMARY

Qualification work of bachelor's degree of Roman Proshkin

on the topic "Improvement of smart city management using digital technologies and IoT" is devoted to the study of theoretical and practical aspects of smart city management based on digital technologies and the Internet of Things. The paper examines the concept of Smart City, the role of IoT, Big Data, artificial intelligence and digital governance in the formation of modern urban management systems. Special attention is paid to the analysis of smart city management using Paris as an example. The main problems of digital transformation of the urban environment are identified, and directions for improving city management are proposed. The developed recommendations are aimed at increasing the efficiency of management processes, optimizing resource use, improving environmental monitoring and enhancing the quality of life of the population.

Keywords and phrases: Smart City, digital technologies, Internet of Things, IoT, digital governance, artificial intelligence, Big Data, urban infrastructure, city management, Paris.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА IoT

1.1. Сутність та основні характеристики концепції smart city

1.2. Цифрові технології в системі управління сучасним містом

1.3. Роль Інтернету речей (IOT) у функціонуванні міської інфраструктури

1.4. Світовий досвід впровадження концепції SMART CITY

1.5. Переваги та недоліки концепції SMART CITY

1.6. Роль штучного інтелекту у розвитку SMART CITY

Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ НА ПРИКЛАДІ ПАРИЖА

2.1. Загальна характеристика міста Париж та особливості його управління

2.2. Цифрові ініціативи та технології у системі управління містом Париж

2.3. Використання Інтернету речей (IoT) у міській інфраструктурі Парижа

2.4. Проблеми та недоліки системи управління смарт-містом Парижа

2.5. Порівняння Парижа з іншими Smart City світу

2.6. Екологічні аспекти розвитку Smart City у Парижі

Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА IoT

3.1. Напрями удосконалення управління смарт-містом із використанням IoT

3.2. Архітектура IoT-системи управління смарт-містом

3.3. Оцінка ефективності впровадження запропонованих заходів

3.4. Оцінка ризиків та обмежень впровадження IoT у системі управління містом

3.5. Перспективи розвитку Smart City у майбутньому

3.6. Ризики цифрової трансформації смарт-міст

3.7. Напрями розвитку цифрового урядування у смарт-місті

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

ВСТУП

Актуальність теми дослідження зумовлена стрімким розвитком урбанізації та цифрових технологій, що трансформують підходи до управління сучасними містами. Зростання чисельності міського населення, підвищення навантаження на інфраструктуру, транспортні системи та екологію вимагають впровадження інноваційних рішень, здатних забезпечити ефективне, стале та безпечне функціонування міського середовища. У цьому контексті концепція «розумного міста» (Smart City) набуває особливої значущості, оскільки передбачає інтеграцію інформаційно-комунікаційних технологій, цифрових платформ та Інтернету речей (IoT) у систему управління містом. [2]

Використання цифрових технологій та IoT дозволяє здійснювати збір, обробку та аналіз даних у реальному часі, що сприяє підвищенню якості управлінських рішень, оптимізації використання ресурсів та покращенню якості життя населення. Провідні міста світу активно впроваджують смарт-рішення у сферах транспорту, енергетики, екології та безпеки. Водночас існує низка проблем, пов’язаних із фрагментованістю систем управління, недостатньою інтеграцією даних та обмеженою ефективністю використання IoT-технологій. [2]

Особливої уваги заслуговує досвід Парижа, який активно реалізує цифрові ініціативи у межах концепції Smart City, проте стикається з рядом викликів, пов’язаних із управлінням транспортними потоками, екологічними проблемами та координацією цифрових систем. Це обумовлює необхідність удосконалення підходів до управління містом із використанням сучасних цифрових технологій та IoT. [2]

Метою дипломної роботи є удосконалення управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та Інтернету речей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити сутність та основні підходи до управління смарт-містом;

- проаналізувати роль цифрових технологій у міському управлінні;
- визначити значення IoT у функціонуванні міської інфраструктури;
- здійснити аналіз системи управління смарт-містом на прикладі Парижа;
- виявити основні проблеми та недоліки існуючої системи;
- розробити пропозиції щодо удосконалення управління із використанням IoT;
- оцінити ефективність запропонованих заходів.

Об’єктом дослідження є система управління сучасним містом.

Предметом дослідження є процеси удосконалення управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та IoT.

У процесі дослідження використано такі методи: аналіз і синтез, узагальнення, системний підхід, порівняльний аналіз, економічний аналіз, а також методи моделювання.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання запропонованих рекомендацій органами місцевого самоврядування для підвищення ефективності управління міською інфраструктурою.

Структура дипломної роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ

1.1 Сутність та основні характеристики концепції Smart City

У сучасних умовах розвитку глобальної економіки та урбанізаційних процесів традиційні підходи до управління містами поступово втрачають свою ефективність. Зростання чисельності населення, ускладнення міської інфраструктури, підвищення вимог до якості життя та екологічної безпеки зумовлюють необхідність впровадження нових управлінських підходів. Одним із таких підходів є концепція «розумного міста» (Smart City), яка передбачає інтеграцію сучасних цифрових технологій у всі сфери функціонування міського середовища [2]

Поняття Smart City є багатогранним та не має єдиного універсального визначення. У загальному розумінні, смарт-місто — це урбаністична система, у якій інформаційно-комунікаційні технології, цифрові платформи та Інтернет речей використовуються для підвищення ефективності управління, оптимізації використання ресурсів та покращення якості життя населення. Водночас ключовою особливістю смарт-міста є не лише впровадження технологій, а й створення інтегрованої системи управління, що забезпечує взаємодію між різними підсистемами міста [3]

Концепція Smart City базується на ідеї використання даних як основного ресурсу управління. Завдяки впровадженню цифрових сенсорів, інформаційних систем та аналітичних платформ, міські органи влади отримують можливість здійснювати моніторинг стану інфраструктури у режимі реального часу, прогнозувати розвиток ситуацій та оперативно реагувати на виклики. Таким чином, управління містом переходить від реактивної моделі до проактивної, що значно підвищує його ефективність.

Серед ключових характеристик смарт-міста доцільно виділити такі:

По-перше, цифровізація управління. Вона передбачає впровадження електронного урядування, автоматизованих систем прийняття рішень та цифрових сервісів для населення. Це дозволяє зменшити бюрократичні процедури, підвищити прозорість діяльності органів влади та забезпечити доступ громадян до публічних послуг. [6]

По-друге, інтеграція інформаційних систем. У традиційних містах різні сфери (транспорт, енергетика, комунальні послуги) функціонують відокремлено. У смарт-місті вони об'єднуються в єдину цифрову екосистему, що дозволяє забезпечити обмін даними між ними та підвищити ефективність управління.

По-третє, використання Інтернету речей (IoT). IoT забезпечує збір даних за допомогою датчиків, пристроїв та інших підключених об'єктів. Це дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан міського середовища, включаючи транспортні потоки, рівень забруднення повітря, споживання енергії тощо.

По-четверте, орієнтація на сталий розвиток. Смарт-міста спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля, ефективне використання ресурсів та підвищення енергоефективності. Це досягається за рахунок впровадження екологічно чистих технологій, оптимізації транспортних систем та розвитку відновлюваних джерел енергії.

По-п'яте, участь громадян. Важливою складовою концепції Smart City є залучення населення до процесів управління через цифрові платформи, мобільні додатки та інші інструменти. Це сприяє підвищенню рівня довіри до влади та забезпечує врахування потреб громадян при прийнятті рішень.



Рис. 1.1 - Smart City Париж

Окрему увагу слід приділити структурним компонентам смарт-міста. У науковій літературі зазвичай виділяють такі основні складові: «розумна економіка», «розумне управління», «розумна мобільність», «розумне середовище», «розумне життя» та «розумні люди». Кожен із цих компонентів охоплює відповідну сферу функціонування міста та визначає напрями його розвитку.

Таким чином, концепція Smart City є комплексним підходом до управління міським середовищем, що поєднує сучасні цифрові технології, ефективні управлінські механізми та орієнтацію на потреби населення. Її впровадження дозволяє підвищити якість життя, забезпечити сталий розвиток та створити конкурентоспроможне міське середовище у сучасних умовах. [1].

Таблиця 1.1 Порівняння традиційного міста та Smart City

Критерій	**Традиційне місто**	**Smart City**
Управління	Реактивне	Проактивне
Обробка даних	Фрагментарна	Інтегрована
Транспорт	Традиційне регулювання	Інтелектуальні системи управління
Комунальні послуги	Ручний контроль	Автоматизований моніторинг
Енергоспоживання	Високий рівень втрат	Оптимізоване використання ресурсів
Взаємодія з громадянами	Обмежена	Через цифрові сервіси
Використання IoT	Мінімальне	Комплексне

1.2 Цифрові технології в системі управління сучасним містом

У сучасних умовах цифрова трансформація виступає одним із ключових чинників розвитку міського середовища. Активне впровадження цифрових технологій у систему управління містом дозволяє забезпечити більш високий рівень ефективності управлінських процесів, підвищити якість муніципальних послуг та оптимізувати використання ресурсів. Цифрові технології стають основою функціонування смарт-міст, оскільки саме вони забезпечують збір, передачу, обробку та аналіз інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень. [2]

Цифровізація управління містом передбачає використання комплексу інформаційних рішень, спрямованих на автоматизацію адміністративних процесів, підвищення прозорості діяльності органів місцевого самоврядування та створення комфортного середовища для громадян. Основною метою впровадження цифрових технологій є формування єдиної інформаційної екосистеми, у межах якої забезпечується ефективна взаємодія між органами влади, комунальними службами, бізнесом та населенням. [2]

Одним із базових напрямів цифрової трансформації є впровадження електронного урядування. Електронне урядування являє собою систему

організації державного та муніципального управління з використанням інформаційно-комунікаційних технологій, яка забезпечує спрощення доступу громадян до адміністративних послуг, підвищення прозорості діяльності влади та скорочення часових витрат на взаємодію з органами управління. [6]

Важливою складовою цифрового управління є використання великих даних (Big Data). У сучасному місті щоденно генерується значний обсяг інформації, що надходить із різних джерел: транспортних систем, комунальних служб, екологічних сенсорів, мобільних додатків, соціальних платформ та інших цифрових сервісів. Аналіз цих даних дозволяє виявляти закономірності, прогнозувати зміни та формувати більш обґрунтовані управлінські рішення. [4]

Технології Big Data використовуються для вирішення широкого спектра завдань, серед яких:

- прогнозування транспортного навантаження;
- аналіз споживання енергоресурсів;
- моніторинг екологічної ситуації;
- виявлення аварійних ситуацій;
- планування розвитку міської інфраструктури.

Наступним важливим елементом цифрового управління є штучний інтелект та машинне навчання. Використання цих технологій дозволяє автоматизувати аналіз великих масивів інформації, моделювати різні сценарії розвитку подій та формувати рекомендації для прийняття управлінських рішень. [5]

Наприклад, системи на основі штучного інтелекту можуть:

- оптимізувати транспортні маршрути;
- прогнозувати аварійні ситуації;
- регулювати роботу світлофорів;
- визначати рівень навантаження на міську інфраструктуру;
- аналізувати звернення громадян.

Значну роль у цифровій трансформації відіграють хмарні технології. Вони забезпечують централізоване зберігання інформації, доступ до даних у режимі реального часу та можливість масштабування цифрових сервісів. Використання хмарних платформ дозволяє міським адміністраціям зменшити витрати на підтримку інформаційної інфраструктури та забезпечити високу надійність систем управління.

Важливим напрямом є також розвиток геоінформаційних систем (GIS). Геоінформаційні технології дозволяють здійснювати просторовий аналіз міських процесів, відображати інформацію на інтерактивних картах та забезпечувати візуалізацію даних для прийняття рішень.

GIS активно використовуються для:

- управління транспортною мережею;
- планування забудови;
- моніторингу стану інженерних мереж;
- аналізу екологічних показників;
- управління надзвичайними ситуаціями.

Окрему роль відіграють мобільні цифрові платформи, які забезпечують безпосередню взаємодію між міською владою та населенням. За допомогою мобільних застосунків громадяни можуть отримувати адміністративні послуги, повідомляти про проблеми інфраструктури, брати участь у громадських опитуваннях та контролювати виконання звернень.

Використання цифрових платформ сприяє формуванню відкритого управління, підвищує рівень залученості громадян та забезпечує більш ефективний зворотний зв’язок.

Водночас впровадження цифрових технологій супроводжується рядом викликів. Серед основних проблем можна виділити:

- високі фінансові витрати на модернізацію інфраструктури;
- ризики кібербезпеки;
- недостатній рівень цифрової грамотності населення;
- фрагментованість інформаційних систем;

- складність інтеграції різних технологічних платформ.

Незважаючи на зазначені труднощі, цифрові технології є невід'ємною складовою сучасної системи управління містом. Їх впровадження дозволяє підвищити оперативність реагування на виклики, забезпечити раціональне використання ресурсів та створити передумови для сталого розвитку міського середовища.

Таким чином, цифрові технології виступають фундаментом ефективного управління смарт-містом, забезпечуючи перехід від традиційних адміністративних моделей до інтелектуальних систем управління, орієнтованих на використання даних, автоматизацію процесів та підвищення якості життя населення.

Таблиця 1.2 Основні компоненти концепції Smart City

Компонент Smart City	**Характеристика**
Smart Economy	Використання цифрових технологій для розвитку економіки, інновацій та підприємництва
Smart Governance	Електронне урядування, цифрові сервіси та прозорість управління
Smart Mobility	Інтелектуальні транспортні системи та цифрове управління транспортом
Smart Environment	Контроль екологічного стану та енергоефективність
Smart Living	Підвищення якості життя населення за рахунок цифрових рішень
Smart People	Розвиток цифрових компетенцій та участь громадян в управлінні

Дані таблиці свідчать про те, що концепція Smart City охоплює практично всі сфери функціонування сучасного міста. Її основною особливістю є комплексний підхід до управління міським середовищем, що базується на інтеграції цифрових технологій, інформаційних систем та активній взаємодії між владою, бізнесом і населенням. [1]

Таблиця 1.3 – Основні цифрові технології у системі Smart City

Технологія	**Основне призначення**
Big Data	Аналіз великих масивів даних
Artificial Intelligence	Прогнозування та автоматизація управління
Cloud Computing	Централізоване зберігання даних
GIS	Просторовий аналіз міської інфраструктури
IoT	Збір даних у режимі реального часу
Blockchain	Захист та прозорість даних
Mobile Platforms	Взаємодія громадян із міськими сервісами

Використання зазначених цифрових технологій забезпечує формування інтегрованої системи управління містом, у межах якої здійснюється автоматизація процесів, аналіз інформації та підтримка прийняття управлінських рішень. [2]

1.3 Роль Інтернету речей (IoT) у функціонуванні міської інфраструктури

У сучасних умовах цифрової трансформації міст Інтернет речей (IoT) виступає однією з ключових технологічних основ реалізації концепції Smart City. Саме IoT забезпечує можливість безперервного збору даних про стан міського середовища, що створює передумови для підвищення ефективності управління, оптимізації ресурсів та покращення якості життя населення. [3]

Інтернет речей являє собою мережу фізичних об’єктів, оснащених сенсорами, програмним забезпеченням та засобами зв’язку, які здатні передавати дані між собою та до централізованих інформаційних систем. До таких об’єктів належать транспортні засоби, світлофори, системи освітлення,

лічильники енергії, камери відеоспостереження, датчики якості повітря та інші елементи міської інфраструктури. Завдяки цьому формується єдина цифрова екосистема, що дозволяє здійснювати комплексний моніторинг і управління містом. [3]

Функціонування IoT у смарт-місті базується на декількох ключових етапах. Першим етапом є збір даних за допомогою сенсорів і пристроїв, які фіксують параметри навколишнього середовища та інфраструктури. Другим етапом є передача даних через мережі зв'язку, включаючи бездротові технології, мобільні мережі та спеціалізовані IoT-протоколи. Третім етапом є обробка та аналіз інформації на серверах або у хмарних системах. Завершальним етапом є використання отриманих результатів для прийняття управлінських рішень або автоматичного реагування систем.

Однією з основних переваг IoT є можливість переходу до управління у режимі реального часу. На відміну від традиційних підходів, де рішення приймаються на основі застарілих або неповних даних, IoT дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан міського середовища та оперативно реагувати на зміни. Це особливо важливо для таких сфер, як транспорт, енергетика, комунальне господарство та безпека.

У сфері транспорту IoT використовується для моніторингу руху транспортних засобів, управління світлофорними системами, контролю завантаженості доріг та оптимізації маршрутів громадського транспорту. Наприклад, датчики руху та GPS-пристрої дозволяють визначати інтенсивність транспортних потоків, що дає змогу автоматично змінювати режими роботи світлофорів і зменшувати затори. Крім того, системи IoT забезпечують інформування водіїв і пасажирів про стан дорожнього руху у режимі реального часу.

У сфері енергетики IoT сприяє впровадженню так званих «розумних мереж» (smart grids). Інтелектуальні лічильники дозволяють здійснювати точний облік споживання електроенергії, аналізувати навантаження на мережі та оптимізувати розподіл ресурсів. Це забезпечує підвищення

енергоефективності, зниження втрат та більш раціональне використання енергетичних ресурсів.

У сфері комунального господарства IoT використовується для автоматизації процесів управління водопостачанням, каналізацією та системами збору відходів. Датчики можуть контролювати рівень заповнення контейнерів для сміття, що дозволяє оптимізувати маршрути їх обслуговування та зменшити витрати. У системах водопостачання сенсори здатні виявляти витоки води на ранніх етапах, що дозволяє запобігти значним втратам ресурсів.

У сфері екології IoT відіграє важливу роль у моніторингу стану довкілля. Датчики якості повітря, рівня шуму, температури та вологості забезпечують постійний контроль екологічних показників. Це дозволяє своєчасно виявляти перевищення допустимих норм та вживати заходів для покращення екологічної ситуації у місті.

У сфері безпеки IoT використовується для створення інтелектуальних систем відеоспостереження, контролю доступу та реагування на надзвичайні ситуації. Завдяки інтеграції з аналітичними системами такі рішення дозволяють не лише фіксувати події, але й автоматично виявляти потенційні загрози, що значно підвищує рівень безпеки населення.

Разом із тим впровадження IoT у міську інфраструктуру пов’язане з рядом викликів. Однією з ключових проблем є забезпечення кібербезпеки, оскільки велика кількість підключених пристроїв створює потенційні точки вразливості. Важливим аспектом є також захист персональних даних громадян, які можуть оброблятися у процесі функціонування IoT-систем.

Ще одним викликом є необхідність стандартизації та сумісності різних технологічних рішень. У разі використання різних платформ і протоколів виникають труднощі з інтеграцією систем, що може знижувати ефективність їх функціонування. Крім того, впровадження IoT потребує значних інвестицій у створення інфраструктури, обслуговування пристроїв та підготовку кваліфікованих фахівців.

Незважаючи на зазначені виклики, Інтернет речей є невід'ємною складовою сучасного смарт-міста. Його використання дозволяє створити інтелектуальну систему управління, що базується на даних, автоматизації та інтеграції різних сфер міського життя. Саме IoT забезпечує перехід до нового рівня управління містом, у якому ключову роль відіграє ефективне використання інформаційних ресурсів. [3]

Таким чином, впровадження IoT є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку смарт-міст, що відкриває широкі можливості для підвищення ефективності управління, зниження витрат та покращення якості життя населення.

1.4 Світовий досвід впровадження концепції Smart City

У сучасному світі концепція Smart City активно впроваджується у провідних містах, що прагнуть підвищити ефективність управління, забезпечити сталий розвиток та покращити якість життя населення. Світовий досвід демонструє, що успішна реалізація смарт-міста залежить не лише від рівня розвитку технологій, але й від ефективності управлінських рішень, стратегічного планування та інтеграції різних систем у єдину цифрову екосистему. [1]

Одним із найбільш показових прикладів є Сінгапур, який вважається одним із лідерів у сфері впровадження Smart City. У межах державної програми «Smart Nation» у місті було створено комплексну систему управління, що охоплює транспорт, охорону здоров'я, безпеку, енергетику та інші сфери. Особливістю Сінгапуру є високий рівень інтеграції IoT та аналітичних платформ, що дозволяє здійснювати управління у режимі реального часу. Наприклад, транспортна система міста використовує датчики

та камери для моніторингу руху, що дозволяє оптимізувати транспортні потоки та зменшувати затори.

Ще одним важливим прикладом є Барселона, яка стала одним із перших європейських міст, що активно впроваджували концепцію Smart City. У місті реалізовано низку інноваційних проєктів, зокрема «розумне» освітлення, системи управління паркуванням та моніторингу якості повітря. Важливою особливістю Барселони є орієнтація на сталий розвиток та екологічність. Завдяки використанню IoT місто змогло знизити витрати на енергоспоживання та покращити екологічну ситуацію.

Значний інтерес становить досвід Амстердама, де реалізується концепція відкритого смарт-міста. Основна увага приділяється взаємодії між владою, бізнесом та громадянами. У місті створено відкриті платформи даних, що дозволяють розробникам створювати нові цифрові сервіси. Такий підхід сприяє розвитку інновацій та підвищенню ефективності управління за рахунок залучення широкого кола учасників.

Окремої уваги заслуговує Лондон, який активно використовує цифрові технології для управління транспортною системою та міською інфраструктурою. У місті функціонує розвинена система збору та аналізу даних, що дозволяє прогнозувати транспортні навантаження та оптимізувати роботу громадського транспорту. Крім того, Лондон впроваджує інтелектуальні системи управління енергоспоживанням та екологічним станом.

У контексті дослідження особливу увагу слід приділити Парижу, який також активно розвиває напрям Smart City. У місті реалізуються проєкти цифровізації транспортної системи, впровадження екологічних ініціатив, розвитку відкритих даних та модернізації міської інфраструктури. Зокрема, Париж впроваджує системи моніторингу якості повітря, розвиває велосипедну інфраструктуру та використовує цифрові платформи для взаємодії з громадянами.

Разом із тим світовий досвід показує, що впровадження Smart City супроводжується низкою проблем. До них належать висока вартість реалізації проєктів, складність інтеграції різних технологічних систем, ризики кібербезпеки та необхідність забезпечення захисту персональних даних. Крім того, у багатьох містах виникають труднощі з координацією між різними органами управління, що знижує ефективність впровадження цифрових рішень.

Аналіз світового досвіду дозволяє виділити основні фактори успішної реалізації концепції Smart City. По-перше, це наявність чіткої стратегії розвитку, що визначає пріоритетні напрями цифровізації. По-друге, інтеграція різних систем у єдину інформаційну платформу, що забезпечує ефективний обмін даними. По-третє, активне використання IoT та аналітичних технологій для підтримки управлінських рішень. По-четверте, залучення громадян до процесів управління та створення відкритого інформаційного середовища.

Таким чином, світовий досвід впровадження Smart City свідчить про значний потенціал цифрових технологій та IoT у підвищенні ефективності управління містами. Водночас успішна реалізація цієї концепції потребує комплексного підходу, що поєднує технологічні інновації, ефективне управління та активну участь громадян. Отримані результати аналізу можуть бути використані для подальшого дослідження та розробки пропозицій щодо удосконалення управління смарт-містом на прикладі Парижа. [2]

Таблиця 1.4 Світовий досвід розвитку Smart City

Місто	**Основний напрям цифровізації**	**Особливість**
Сінгапур	IoT та транспорт	Система Smart Nation
Барселона	Екологія та енергетика	Smart Lighting
Амстердам	Open Data	Відкриті цифрові платформи
Лондон	Big Data	Інтелектуальний транспорт
Париж	Smart Governance	Екологічні цифрові ініціативи

1.5 Переваги та недоліки концепції Smart City

Аналіз світового досвіду демонструє, що ефективне впровадження концепції Smart City потребує комплексної інтеграції цифрових технологій, стратегічного планування та активної участі громадян у процесах управління. [2]

Концепція Smart City у сучасних умовах виступає одним із найбільш перспективних напрямів розвитку міського середовища. Її впровадження дозволяє забезпечити більш ефективне управління міською інфраструктурою, оптимізувати використання ресурсів та підвищити якість життя населення. Використання цифрових технологій, автоматизованих систем та Інтернету речей створює умови для формування інтегрованої системи управління містом. [2]

Однією з основних переваг Smart City є можливість оперативного збору та аналізу інформації у режимі реального часу. Завдяки використанню IoT-датчиків міські служби можуть контролювати транспортні потоки, рівень забруднення повітря, споживання енергії та інші важливі показники. Це дозволяє значно підвищити ефективність управлінських рішень та скоротити витрати міського бюджету.

Важливою перевагою смарт-міста є також підвищення рівня комфорту населення. Використання цифрових платформ дозволяє громадянам швидко отримувати доступ до адміністративних послуг, брати участь у процесах управління містом та взаємодіяти з органами місцевого самоврядування. Крім того, впровадження інтелектуальних транспортних систем сприяє зменшенню заторів та скороченню часу пересування містом.

Разом із перевагами концепція Smart City має і певні недоліки. Однією з основних проблем є високий рівень фінансових витрат на впровадження цифрової інфраструктури. Реалізація масштабних IoT-систем потребує значних інвестицій у мережеве обладнання, програмне забезпечення та технічне обслуговування. [1]

Ще однією проблемою є питання кібербезпеки та захисту персональних даних. У процесі функціонування смарт-міста здійснюється збір великої кількості інформації про мешканців, що створює ризики витоку даних та несанкціонованого доступу до інформаційних систем.

Таким чином, концепція Smart City має значний потенціал для розвитку сучасних міст, однак її ефективне впровадження потребує комплексного підходу, значних інвестицій та належного рівня інформаційної безпеки. [1]

1.6 Роль штучного інтелекту у розвитку Smart City

У сучасних умовах розвитку цифрових технологій штучний інтелект (Artificial Intelligence) відіграє важливу роль у процесі формування та розвитку концепції Smart City. Використання AI дозволяє автоматизувати значну кількість управлінських процесів, підвищити ефективність аналізу інформації та забезпечити прийняття більш обґрунтованих управлінських рішень. [2]

Штучний інтелект являє собою комплекс технологій, здатних аналізувати великі масиви даних, виявляти закономірності та формувати прогнозні моделі. У системі Smart City AI використовується у поєднанні з Big Data, IoT та хмарними технологіями, що забезпечує створення інтегрованої цифрової екосистеми управління містом. [4]

Одним із найбільш поширених напрямів використання штучного інтелекту є транспортна сфера. AI-системи здатні аналізувати транспортні потоки у режимі реального часу, прогнозувати виникнення заторів та автоматично коригувати режими роботи світлофорів. Це дозволяє оптимізувати рух транспорту та зменшити навантаження на дорожню інфраструктуру.

У сфері безпеки штучний інтелект використовується для аналізу відеоданих із камер спостереження. Системи AI можуть автоматично виявляти підозрілі ситуації, контролювати транспортний рух та забезпечувати оперативне реагування на надзвичайні події. [5]

У сфері енергетики штучний інтелект сприяє оптимізації споживання ресурсів. Аналізуючи дані про навантаження на енергомережі, AI може прогнозувати рівень споживання електроенергії та забезпечувати більш ефективний розподіл ресурсів. [5]

Значний потенціал штучний інтелект має і у сфері екологічного моніторингу. AI-системи здатні аналізувати дані про якість повітря, рівень шуму та інші екологічні показники, що дозволяє прогнозувати можливі екологічні ризики та оперативно реагувати на них. [5]

Разом із перевагами використання штучного інтелекту існують і певні ризики. Основними з них є залежність від цифрових систем, високі фінансові витрати на впровадження AI-рішень та питання етичного використання даних.

Таким чином, штучний інтелект є важливою складовою розвитку сучасних смарт-міст. Його використання дозволяє підвищити ефективність управління, оптимізувати використання ресурсів та забезпечити більш високий рівень комфорту та безпеки населення. [5]

Висновки до розділу 1

Отже, у першому розділі було досліджено теоретичні засади управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та Інтернету речей. Визначено сутність концепції Smart City, її основні характеристики та структурні компоненти. Проаналізовано роль цифрових технологій у системі управління сучасним містом, а також значення IoT у функціонуванні міської інфраструктури. Дослідження світового досвіду впровадження Smart City дозволило визначити основні напрями цифрової трансформації міського середовища та підтвердило доцільність використання сучасних цифрових технологій для підвищення ефективності управління містом. [2]

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ НА ПРИКЛАДІ ПАРИЖА

2.1 Загальна характеристика міста Париж та особливості його управління

Париж є одним із найбільших економічних, культурних та адміністративних центрів Європи, що відіграє важливу роль у розвитку сучасних урбаністичних процесів. Місто характеризується високою щільністю населення, розвиненою транспортною інфраструктурою, значною концентрацією бізнесу та туристичною привабливістю. Водночас такі особливості створюють суттєве навантаження на міську інфраструктуру, що зумовлює необхідність впровадження ефективних управлінських рішень, зокрема із використанням цифрових технологій. [2]

Система управління Парижем має складну багаторівневу структуру, що поєднує органи місцевого самоврядування, державні інституції та спеціалізовані міські служби. Ключову роль у процесі управління відіграє міська адміністрація, яка відповідає за стратегічне планування розвитку, управління інфраструктурою, транспортом, екологією та наданням публічних послуг. Особливістю управління є необхідність координації між різними рівнями влади, що інколи ускладнює процес прийняття рішень.

Однією з характерних рис Парижа є високий рівень урбанізації та обмеженість територіальних ресурсів. Це призводить до підвищеного навантаження на транспортну систему, житловий фонд та комунальні мережі. Значна кількість автомобілів, інтенсивний туристичний потік та щільна забудова створюють проблеми із заторами, забрудненням повітря та шумовим навантаженням.

Транспортна система міста є однією з найбільш розвинених у Європі та включає метро, автобуси, трамваї, приміські поїзди та альтернативні види транспорту, зокрема велосипедну інфраструктуру. Незважаючи на це, проблема перевантаженості транспортних мереж залишається актуальною, особливо у години пік. Це потребує впровадження інтелектуальних систем управління транспортом, здатних оптимізувати рух та зменшити навантаження на дорожню мережу.

У сфері екології Париж стикається з проблемами забруднення повітря, що значною мірою пов’язано з транспортними викидами. Міська влада активно впроваджує екологічні ініціативи, спрямовані на зменшення використання автомобілів, розвиток громадського транспорту та популяризацію екологічно чистих видів пересування. Проте досягнення стабільного екологічного балансу потребує більш комплексного підходу та інтеграції цифрових технологій у систему управління. [2]

Комунальна інфраструктура міста також характеризується високим рівнем навантаження. Системи водопостачання, енергозабезпечення та управління відходами функціонують у складних умовах постійного зростання попиту. Це зумовлює необхідність модернізації інфраструктури та впровадження інтелектуальних систем контролю і управління.

Важливою особливістю Парижа є активне впровадження цифрових технологій у різні сфери міського життя. Місто реалізує стратегії цифрової трансформації, спрямовані на розвиток відкритих даних, цифрових сервісів для громадян та модернізацію управлінських процесів. Водночас існують проблеми, пов’язані з фрагментованістю цифрових систем, недостатньою інтеграцією даних та обмеженою ефективністю використання наявних технологій. [2]

Таким чином, Париж є складною урбаністичною системою з високим рівнем розвитку інфраструктури та значними викликами у сфері управління. Наявні проблеми, зокрема перевантаження транспортної системи, екологічні ризики та складність координації управлінських процесів, створюють

передумови для впровадження більш ефективних цифрових рішень та технологій Інтернету речей. Це робить місто доцільним об’єктом для подальшого аналізу та розробки пропозицій щодо удосконалення системи управління.

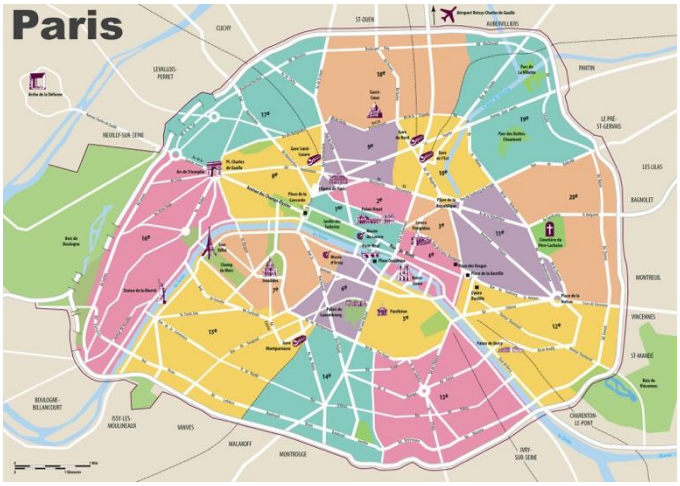


Рис. 2.1 Схема міста Париж

Таблиця 2.1 Основні характеристики Парижа

Показник	**Значення**
Населення	понад 2,1 млн осіб
Площа міста	105,4 км²
Щільність населення	понад 20 тис. осіб/км²
Кількість туристів на рік	понад 30 млн
Кількість станцій метро	понад 300
Основний напрям Smart City	цифровізація управління

Наведені показники свідчать про високий рівень урбанізації Парижа та значне навантаження на міську інфраструктуру, що обумовлює необхідність використання сучасних цифрових технологій у системі управління містом. [2]

2.2 Цифрові ініціативи та технології у системі управління містом Париж

Сучасний розвиток Париж характеризується активним впровадженням цифрових технологій у різні сфери міського управління. Міська влада реалізує комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування інфраструктури, покращення якості публічних послуг та забезпечення сталого розвитку. Цифровізація розглядається як ключовий інструмент модернізації міського середовища та підвищення конкурентоспроможності міста. [2]

Одним із основних напрямів є розвиток цифрового урядування. У Парижі впроваджено електронні сервіси, що дозволяють громадянам отримувати адміністративні послуги онлайн, подавати звернення, здійснювати оплату комунальних послуг та взаємодіяти з органами влади без необхідності особистого відвідування установ. Це сприяє підвищенню доступності послуг, скороченню часу їх отримання та зменшенню адміністративного навантаження.

Важливу роль у цифровій трансформації відіграє політика відкритих даних. Міська влада забезпечує доступ до значних масивів інформації, що стосуються транспорту, екології, інфраструктури та інших сфер. Відкриті дані використовуються як для внутрішнього аналізу, так і для розробки інноваційних рішень з боку бізнесу та громадян. Такий підхід сприяє розвитку цифрової екосистеми міста та залученню додаткових ресурсів до вирішення міських проблем.

У транспортній сфері цифрові технології застосовуються для оптимізації руху та підвищення ефективності використання транспортної інфраструктури. Використовуються системи моніторингу транспортних потоків, електронні табло з інформацією про рух громадського транспорту, а також мобільні додатки, що дозволяють планувати маршрути з урахуванням

поточної ситуації на дорогах. Це дозволяє частково зменшити навантаження на транспортну систему та покращити мобільність населення.

У сфері екології Париж активно використовує цифрові технології для моніторингу стану довкілля. Впроваджено системи контролю якості повітря, що дозволяють відстежувати рівень забруднення у різних районах міста. Отримані дані використовуються для прийняття управлінських рішень, зокрема щодо обмеження руху транспорту у періоди підвищеного забруднення.

Комунальна інфраструктура також поступово цифровізується. Використовуються системи моніторингу споживання енергоресурсів, автоматизовані рішення для управління освітленням та технології оптимізації збору відходів. Це дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів та знизити витрати на обслуговування міської інфраструктури.

Разом із тим важливо зазначити, що цифрові ініціативи Парижа мають певні обмеження. Основною проблемою є недостатня інтеграція окремих систем між собою. Багато цифрових рішень функціонують автономно, що ускладнює обмін даними та знижує загальну ефективність управління. Крім того, існує проблема нерівномірності впровадження технологій у різних районах міста.

Ще одним викликом є обмежене використання потенціалу Інтернету речей. Хоча окремі IoT-рішення вже впроваджені, їх застосування не є системним і не охоплює всі сфери міського управління. Це створює передумови для подальшого розвитку та вдосконалення цифрової інфраструктури.

Таким чином, Париж демонструє активний розвиток цифрових технологій у системі управління містом, проте існують значні можливості для підвищення ефективності їх використання. Основними напрямами вдосконалення є інтеграція цифрових систем, розширення використання IoT та підвищення рівня координації між різними управлінськими структурами. [2]

Таблиця 2.2 Цифрові ініціативи Парижа

Ініціатива	**Сфера використання**
Paris Open Data	Відкриті міські дані
Vélib	Велосипедна інфраструктура
Smart Lighting	Енергоефективність
Air Quality Monitoring	Моніторинг повітря
Smart Transport Systems	Управління транспортом

Реалізація зазначених цифрових ініціатив сприяє підвищенню ефективності функціонування міської інфраструктури та формує основу для подальшого розвитку смарт-міста.

2.3 Використання Інтернету речей (IoT) у міській інфраструктурі Парижа

У процесі цифрової трансформації Париж поступово впроваджує технології Інтернету речей (IoT) як один із ключових інструментів підвищення ефективності управління міською інфраструктурою. Використання IoT дозволяє забезпечити безперервний збір даних, підвищити рівень автоматизації управлінських процесів та створити основу для прийняття більш обґрунтованих рішень.

На сучасному етапі розвиток IoT у Парижі має фрагментарний характер, однак охоплює низку важливих сфер функціонування міста, серед яких транспорт, екологія, енергетика та комунальне господарство. Впроваджені рішення свідчать про наявність значного потенціалу, проте водночас демонструють необхідність подальшої інтеграції та систематизації.

У транспортній сфері IoT використовується для збору та аналізу даних про рух транспортних засобів. Датчики та камери відеоспостереження дозволяють фіксувати інтенсивність транспортних потоків, швидкість руху та рівень завантаженості доріг. На основі цих даних здійснюється часткова

оптимізація роботи світлофорів та управління дорожнім рухом. Крім того, використання GPS-технологій у громадському транспорті дає можливість відстежувати його переміщення у режимі реального часу та надавати пасажирам актуальну інформацію.

Разом із тим, незважаючи на наявність зазначених рішень, система управління транспортом не є повністю інтегрованою. Дані з різних джерел не завжди об’єднуються в єдину аналітичну платформу, що обмежує можливості комплексного управління транспортними потоками. Це свідчить про необхідність подальшого розвитку IoT-інфраструктури у цьому напрямі.

У сфері екології IoT-технології відіграють важливу роль у моніторингу стану довкілля. У місті встановлено датчики якості повітря, які дозволяють визначати рівень забруднення за основними показниками. Отримані дані використовуються для інформування населення та прийняття управлінських рішень, зокрема щодо обмеження руху транспорту у періоди підвищеного забруднення. Такий підхід сприяє підвищенню екологічної безпеки та формуванню більш відповідальної поведінки населення.

У комунальному господарстві IoT застосовується для оптимізації процесів управління ресурсами. Зокрема, використовуються системи моніторингу споживання енергії, автоматизоване управління вуличним освітленням та окремі рішення у сфері збору відходів. Наприклад, датчики заповненості контейнерів дозволяють більш ефективно планувати маршрути їх обслуговування, що сприяє зниженню витрат та підвищенню ефективності роботи комунальних служб.

У сфері енергетики IoT сприяє впровадженню елементів «розумних мереж», які дозволяють здійснювати контроль за споживанням енергоресурсів та оптимізувати їх розподіл. Використання інтелектуальних лічильників створює можливість більш точного обліку та аналізу споживання, що є важливим для підвищення енергоефективності міста.

Водночас слід зазначити, що використання IoT у Парижі не має комплексного характеру. Багато рішень впроваджуються окремо, без

належної інтеграції в єдину систему управління. Це призводить до того, що потенціал технологій використовується не повною мірою. Відсутність централізованої платформи для обробки та аналізу даних ускладнює координацію між різними службами та знижує ефективність управлінських процесів.

Крім того, існують певні організаційні та технічні обмеження. До них належать складність модернізації існуючої інфраструктури, значні фінансові витрати на впровадження нових технологій, а також необхідність забезпечення кібербезпеки та захисту даних. Важливим фактором є також потреба у підготовці кваліфікованих спеціалістів, здатних працювати з сучасними цифровими системами.

Окрему увагу слід приділити питанню масштабування IoT-рішень. Для досягнення максимального ефекту необхідно не лише впроваджувати окремі технології, але й забезпечити їх інтеграцію у єдину систему управління містом. Це передбачає створення централізованих платформ обробки даних, стандартизацію технологічних рішень та координацію дій між різними управлінськими структурами.

Таким чином, використання Інтернету речей у міській інфраструктурі Парижа перебуває на етапі активного розвитку. Незважаючи на наявність окремих ефективних рішень, існує значний потенціал для подальшого вдосконалення. Основними напрямами розвитку є інтеграція систем, розширення сфери застосування IoT та підвищення рівня автоматизації управлінських процесів. Саме ці аспекти мають стати основою для розробки пропозицій у наступному розділі дипломної роботи.

2.4 Проблеми та недоліки системи управління смарт-містом Парижа

Незважаючи на активний розвиток цифрових технологій та впровадження окремих елементів концепції Smart City, система управління Париж характеризується наявністю низки суттєвих проблем та недоліків, які обмежують ефективність її функціонування. Аналіз існуючих підходів дозволяє виявити як технологічні, так і організаційні бар'єри, що стримують повноцінну реалізацію потенціалу цифровізації міського управління. [2]

Однією з ключових проблем є фрагментованість цифрових систем. У місті впроваджено значну кількість цифрових рішень у різних сферах, зокрема транспорті, екології та комунальному господарстві, однак ці системи часто функціонують автономно. Відсутність єдиної інтегрованої платформи для обміну даними призводить до дублювання інформації, зниження оперативності управління та ускладнення процесу прийняття рішень. Така ситуація не дозволяє повною мірою реалізувати переваги цифровізації.

Наступною важливою проблемою є недостатній рівень інтеграції IoT-технологій. Хоча окремі рішення вже застосовуються, їх впровадження не має системного характеру. Багато сфер міського управління залишаються недостатньо охопленими технологіями Інтернету речей, що обмежує можливість збору даних у режимі реального часу та автоматизації процесів. У результаті управлінські рішення часто приймаються на основі неповної або несистематизованої інформації.

Суттєвим недоліком є складність координації між різними органами управління. Багаторівнева структура управління містом, яка включає місцеві органи влади, державні установи та окремі служби, створює труднощі у забезпеченні узгодженості дій. Відсутність єдиного центру координації цифрових процесів призводить до неефективного використання ресурсів та знижує швидкість впровадження інновацій.

У транспортній сфері, незважаючи на впровадження цифрових технологій, зберігається проблема перевантаженості інфраструктури. Існуючі системи моніторингу та управління рухом не забезпечують повної оптимізації транспортних потоків, що призводить до заторів, збільшення часу пересування та підвищення рівня забруднення повітря. Це свідчить про необхідність більш глибокої інтеграції цифрових рішень та IoT у транспортну систему. [2]

Екологічні проблеми також залишаються актуальними. Незважаючи на наявність систем моніторингу, управлінські заходи не завжди забезпечують стабільне покращення екологічної ситуації. Це пов’язано як із обмеженим використанням даних для прогнозування, так і з недостатньою координацією між екологічними та транспортними службами.

У сфері комунального господарства спостерігається недостатній рівень автоматизації процесів. Багато систем управління ресурсами функціонують за традиційними принципами, що не дозволяє оперативно реагувати на зміни та ефективно використовувати ресурси. Впровадження IoT-рішень у цій сфері потребує подальшого розвитку.

Окрему увагу слід приділити питанням кібербезпеки та захисту даних. Зростання кількості цифрових систем і підключених пристроїв підвищує ризики несанкціонованого доступу до інформації. Відсутність комплексної стратегії кібербезпеки може створювати загрози для функціонування критичної міської інфраструктури.

Ще одним важливим аспектом є економічні обмеження. Впровадження сучасних цифрових технологій та IoT потребує значних фінансових ресурсів, що може стримувати реалізацію масштабних проєктів. Крім того, ефективність інвестицій залежить від рівня координації та стратегічного планування. [2]

Соціальний фактор також відіграє важливу роль. Недостатній рівень цифрової грамотності населення та обмежена участь громадян у процесах управління можуть знижувати ефективність впровадження смарт-рішень. Для

досягнення максимального ефекту необхідно забезпечити активне залучення населення до використання цифрових сервісів.

Таким чином, система управління смарт-містом Парижа, незважаючи на наявність значних досягнень у сфері цифровізації, характеризується рядом системних проблем. Основними з них є фрагментованість цифрових рішень, недостатня інтеграція IoT, складність координації управлінських процесів, а також технологічні та економічні обмеження. Виявлені недоліки створюють передумови для розробки ефективних напрямів удосконалення системи управління, які будуть розглянуті у наступному розділі дипломної роботи.

2.5 Порівняння Парижа з іншими Smart City світу

Париж є одним із провідних європейських міст у сфері цифрової трансформації міського середовища. Проте для більш об’єктивної оцінки рівня розвитку Smart City доцільно порівняти систему управління Парижа з іншими провідними смарт-містами світу.

Одним із найбільш технологічно розвинених міст є Сінгапур, який реалізує державну програму «Smart Nation». У межах цієї програми активно використовуються IoT-датчики, системи штучного інтелекту та технології Big Data для управління транспортом, безпекою та енергоспоживанням. Особливістю Сінгапуру є високий рівень інтеграції цифрових технологій у всі сфери міського життя. [2]

Барселона також вважається одним із лідерів розвитку Smart City у Європі. Основна увага у місті приділяється енергоефективності, цифровізації громадських послуг та екологічному моніторингу. Значна кількість міських сервісів функціонує на основі IoT-технологій, що дозволяє підвищити ефективність управління інфраструктурою.

Лондон активно використовує технології Big Data та аналітичні платформи для прогнозування транспортних потоків та управління міськими службами. У місті функціонують системи інтелектуального відеоспостереження та цифрового контролю дорожнього руху. [4]

У порівнянні з іншими смарт-містами Париж демонструє високий рівень розвитку цифрових сервісів, однак має певні проблеми у сфері інтеграції різних цифрових платформ. Частина систем функціонує автономно, що ускладнює централізоване управління міською інфраструктурою.

Таким чином, аналіз світового досвіду дозволяє зробити висновок, що Париж має значний потенціал для подальшого розвитку Smart City, однак потребує більш глибокої інтеграції цифрових технологій та удосконалення системи управління даними. [2]

2.6 Екологічні аспекти розвитку Smart City у Парижі

Одним із ключових напрямів розвитку сучасних смарт-міст є забезпечення екологічної стійкості міського середовища. У сучасних умовах урбанізації великі міста стикаються зі значними екологічними проблемами, серед яких забруднення повітря, надмірне споживання енергоресурсів, високий рівень шумового навантаження та збільшення кількості відходів. У зв’язку з цим екологічний аспект є важливою складовою концепції Smart City.

Париж належить до міст, які активно впроваджують екологічні цифрові ініціативи. Міська влада реалізує комплекс заходів, спрямованих на скорочення шкідливих викидів, розвиток екологічного транспорту та підвищення енергоефективності міської інфраструктури.

Одним із пріоритетних напрямів є зменшення використання автомобільного транспорту у центральних районах міста. Для цього у Парижі активно розвивається велосипедна інфраструктура, створюються пішохідні зони та впроваджуються обмеження для транспортних засобів із високим рівнем викидів. Такі заходи сприяють покращенню якості повітря та зниженню рівня шумового забруднення.

Важливу роль у реалізації екологічної політики відіграють цифрові технології та IoT-системи. У місті функціонують датчики моніторингу якості повітря, які дозволяють здійснювати постійний контроль рівня забруднення у різних районах Парижа. Отримані дані використовуються для прогнозування екологічної ситуації та прийняття управлінських рішень.

Крім того, у Парижі впроваджуються системи «розумного» освітлення, що дозволяють автоматично регулювати рівень освітлення залежно від часу доби та інтенсивності руху. Це забезпечує зниження споживання електроенергії та підвищення енергоефективності міської інфраструктури.

Окрему увагу приділено системам управління відходами. Використання IoT-датчиків дозволяє контролювати рівень заповненості контейнерів та оптимізувати маршрути збору сміття. Це сприяє скороченню витрат на комунальні послуги та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Разом із позитивними результатами існують і певні проблеми. Однією з них є недостатній рівень інтеграції екологічних систем у єдину цифрову платформу управління містом. Крім того, реалізація екологічних проєктів потребує значних фінансових ресурсів та постійної модернізації інфраструктури.

Таким чином, екологічний напрям розвитку Smart City у Парижі є важливою складовою цифрової трансформації міста. Використання цифрових технологій та IoT дозволяє підвищити ефективність екологічного моніторингу, оптимізувати використання ресурсів та створити більш комфортне міське середовище. [2]

Висновки до розділу 2

У другому розділі проведено аналіз системи управління смарт-містом на прикладі Парижа. Визначено основні особливості функціонування міської інфраструктури, досліджено цифрові ініціативи та напрями використання IoT у різних сферах міського господарства. У результаті аналізу виявлено ряд проблем, серед яких фрагментованість цифрових систем, недостатня інтеграція IoT та складність координації між міськими службами. Отримані результати створюють основу для розробки пропозицій щодо удосконалення системи управління смарт-містом.

РОЗДІЛ 3
УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-МІСТОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІОТ

3.1 Напрями удосконалення управління смарт-містом із використанням IoT

Аналіз системи управління Париж дозволив виявити низку проблем, пов’язаних із фрагментованістю цифрових рішень, недостатньою інтеграцією Інтернету речей та обмеженою ефективністю управлінських процесів. Це обумовлює необхідність формування комплексного підходу до удосконалення системи управління смарт-містом на основі сучасних цифрових технологій. [2]

Першим і ключовим напрямом удосконалення є створення єдиної інтегрованої цифрової платформи управління містом. Така платформа повинна об’єднувати дані з усіх міських систем, включаючи транспорт, енергетику, екологію та комунальні служби. Її основним завданням є забезпечення централізованого збору, обробки та аналізу інформації, що дозволить підвищити якість управлінських рішень. Впровадження єдиної платформи дозволить усунути проблему фрагментованості та забезпечити ефективну взаємодію між різними службами.

Другим важливим напрямом є розширення використання IoT-технологій у міській інфраструктурі. Необхідно забезпечити більш широке впровадження сенсорних систем для моніторингу стану транспортних потоків, якості повітря, споживання енергії та інших параметрів. Розвиток IoT дозволить створити систему управління, що функціонує у режимі реального часу, що значно підвищить її ефективність.

У транспортній сфері доцільно впровадити інтелектуальну систему управління рухом, яка базується на аналізі даних, отриманих від сенсорів та камер. Така система повинна забезпечувати автоматичну зміну режимів роботи світлофорів, оптимізацію маршрутів громадського транспорту та інформування учасників дорожнього руху. Це дозволить зменшити затори, скоротити час пересування та знизити рівень забруднення повітря.

У сфері екології доцільно розширити мережу датчиків моніторингу та інтегрувати їх у єдину аналітичну систему. Це дозволить не лише фіксувати поточний стан довкілля, але й прогнозувати можливі зміни та своєчасно реагувати на них. Крім того, результати моніторингу можуть використовуватися для формування екологічної політики міста.

У сфері комунального господарства необхідно впровадити системи автоматизованого управління ресурсами. Це включає використання «розумних» лічильників, систем контролю витоків води, автоматизоване управління освітленням та оптимізацію процесів збору відходів. Такі рішення дозволяють значно підвищити ефективність використання ресурсів та знизити витрати.

Ще одним важливим напрямом є впровадження систем підтримки прийняття управлінських рішень на основі штучного інтелекту. Використання аналітичних алгоритмів дозволить прогнозувати розвиток ситуацій, оцінювати ефективність різних сценаріїв та обирати оптимальні рішення. Це забезпечить перехід до проактивної моделі управління містом.

Окрему увагу слід приділити питанням кібербезпеки. Розвиток цифрової інфраструктури потребує створення систем захисту даних та запобігання кіберзагрозам. Необхідно впровадити комплексну стратегію кібербезпеки, що включає технічні, організаційні та правові заходи.

Важливим елементом удосконалення є підвищення рівня участі громадян у процесах управління. Використання мобільних додатків, цифрових платформ та сервісів дозволяє залучати населення до прийняття

рішень, отримувати зворотний зв’язок та підвищувати ефективність управління.

Крім того, необхідно забезпечити підготовку кваліфікованих кадрів, здатних працювати з сучасними цифровими технологіями. Це передбачає розвиток освітніх програм, підвищення кваліфікації працівників та формування нових компетенцій у сфері цифрового управління.

Таким чином, удосконалення управління смарт-містом повинно здійснюватися на основі комплексного підходу, що поєднує інтеграцію цифрових систем, розвиток IoT, впровадження аналітичних технологій та підвищення ефективності управлінських процесів. Реалізація запропонованих напрямів дозволить підвищити ефективність функціонування міста, покращити якість життя населення та забезпечити сталий розвиток міського середовища.

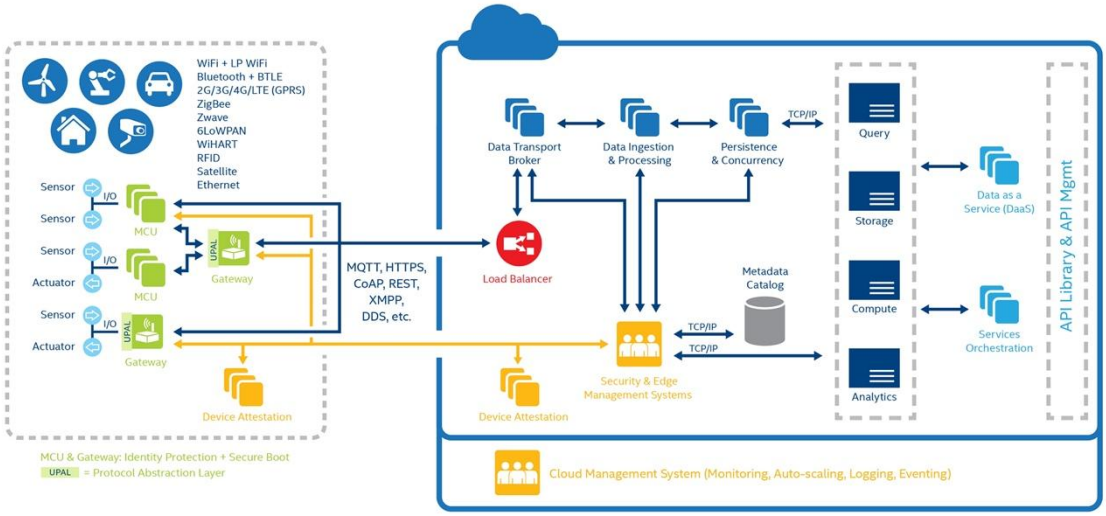


Рис 3.1 Архітектура IoT-системи

3.2 Архітектура IoT-системи управління смарт-містом

Для ефективного удосконалення управління смарт-містом доцільно запропонувати інтегровану архітектуру IoT-системи, яка забезпечуватиме збір, передачу, обробку та використання даних у процесі прийняття управлінських рішень. Така система повинна функціонувати як єдина цифрова екосистема, що об’єднує різні сфери міського господарства та дозволяє здійснювати управління містом у режимі реального часу.

Основною метою запропонованої IoT-архітектури є підвищення ефективності управління міською інфраструктурою за рахунок використання даних, автоматизації процесів та інтеграції окремих цифрових рішень у єдину систему. У випадку Парижа це є особливо актуальним, оскільки місто характеризується високою щільністю населення, значним транспортним навантаженням, екологічними викликами та складною структурою управління.

Запропонована архітектура IoT-системи управління смарт-містом може включати декілька основних рівнів.

Перший рівень — сенсорний. Він передбачає використання різних типів датчиків, пристроїв та підключених об’єктів, які здійснюють збір інформації про стан міського середовища. До них можуть належати датчики якості повітря, сенсори руху, камери відеоспостереження, GPS-пристрої громадського транспорту, інтелектуальні лічильники води та електроенергії, датчики заповненості контейнерів для відходів, сенсори освітлення та інші пристрої.

Другий рівень — комунікаційний. Його завданням є передача зібраних даних від сенсорів до централізованої платформи управління. Для цього можуть використовуватися мобільні мережі, Wi-Fi, LPWAN, 5G, LoRaWAN та інші технології зв’язку. Важливим завданням цього рівня є забезпечення стабільності, швидкості та безпеки передачі даних.

Третій рівень — рівень обробки та зберігання даних. На цьому етапі інформація надходить до хмарної або гібридної платформи, де здійснюється її систематизація, зберігання та попередня обробка. Саме цей рівень забезпечує формування єдиного інформаційного простору міста, у якому дані з різних сфер можуть аналізуватися комплексно.

Четвертий рівень — аналітичний. Він передбачає використання Big Data, штучного інтелекту та систем підтримки прийняття рішень. Завдяки цьому стає можливим не лише відстеження поточного стану міської інфраструктури, але й прогнозування майбутніх ситуацій. Наприклад, система може прогнозувати транспортні затори, підвищення рівня забруднення повітря, аварійні навантаження на комунальні мережі або необхідність додаткового обслуговування міських об’єктів. [4]

П’ятий рівень — управлінський. На цьому рівні результати аналізу використовуються міською адміністрацією та відповідними службами для прийняття управлінських рішень. Це можуть бути рішення щодо зміни режиму роботи світлофорів, коригування маршрутів громадського транспорту, обмеження руху в окремих районах, оптимізації роботи комунальних служб або реагування на надзвичайні ситуації.

Шостий рівень — користувацький. Він забезпечує взаємодію системи з громадянами через мобільні додатки, веб-портали, інформаційні табло та інші цифрові сервіси. Завдяки цьому мешканці можуть отримувати актуальну інформацію про транспорт, якість повітря, стан доріг, комунальні послуги та інші міські процеси.

Особливістю запропонованої архітектури є її інтегрований характер. Це означає, що дані з різних сфер міського управління повинні не просто накопичуватися окремо, а використовуватися у взаємозв’язку. Наприклад, дані про транспортні потоки можуть поєднуватися з інформацією про якість повітря, що дозволить ухвалювати більш ефективні екологічні рішення.

Важливою перевагою такої системи є можливість переходу від реактивного до проактивного управління. У традиційній моделі міські

служби часто реагують на проблему вже після її виникнення. Натомість IoT-система дозволяє заздалегідь виявляти ризики та запобігати негативним наслідкам.

Таким чином, запропонована архітектура IoT-системи управління смарт-містом може стати основою для підвищення ефективності управління Парижем. Її впровадження дозволить об’єднати окремі цифрові рішення, підвищити якість аналізу даних, покращити координацію між міськими службами та забезпечити більш раціональне використання ресурсів.

3.3 Оцінка ефективності впровадження запропонованих заходів

Оцінка ефективності запропонованих напрямів удосконалення управління смарт-містом є важливим етапом дослідження, оскільки дозволяє визначити доцільність їх впровадження та очікуваний вплив на функціонування міської інфраструктури. У випадку Париж впровадження інтегрованої IoT-системи управління має забезпечити як економічні, так і соціальні та екологічні результати.

Ефективність запропонованих заходів доцільно розглядати за декількома основними напрямами: економічним, управлінським, екологічним та соціальним.

З економічної точки зору впровадження IoT-рішень дозволяє оптимізувати використання ресурсів та зменшити витрати на обслуговування міської інфраструктури. Зокрема, використання інтелектуальних систем управління освітленням дає змогу зменшити споживання електроенергії, а впровадження систем моніторингу водопостачання дозволяє знизити втрати води за рахунок своєчасного виявлення витоків. У транспортній сфері оптимізація руху дозволяє скоротити витрати пального та зменшити час простою транспорту.

Управлінська ефективність проявляється у підвищенні якості прийняття рішень. Завдяки використанню аналітичних систем міська влада отримує доступ до актуальної та достовірної інформації, що дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення. Крім того, інтеграція цифрових систем сприяє покращенню координації між різними службами, що зменшує час реагування на проблемні ситуації.

Екологічний ефект є одним із найбільш важливих результатів впровадження IoT. Зменшення транспортних заторів сприяє зниженню рівня викидів шкідливих речовин у атмосферу. Контроль за споживанням енергії та ресурсів дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля. Використання систем моніторингу якості повітря забезпечує можливість оперативного реагування на екологічні загрози.

Соціальна ефективність проявляється у покращенні якості життя населення. Скорочення часу пересування, підвищення рівня безпеки, покращення екологічної ситуації та доступність цифрових сервісів сприяють підвищенню комфорту життя у місті. Крім того, використання цифрових платформ дозволяє залучати громадян до процесів управління, що підвищує рівень довіри до органів влади.

Для більш наочного представлення результатів доцільно узагальнити очікувані ефекти впровадження запропонованих заходів.

Таблиця 3.1 Очікувані результати впровадження IoT

Показник	**До впровадження**	**Після впровадження**
Рівень транспортних заторів	Високий	Середній
Споживання електроенергії	100%	75%
Час реагування служб	40 хв	15 хв
Рівень екологічного навантаження	Високий	Помірний
Ефективність управління	Середня	Висока

Отримані результати свідчать про доцільність впровадження інтегрованої IoT-системи управління містом. Очікується підвищення

ефективності використання ресурсів, скорочення витрат та покращення екологічної ситуації.

Таблиця 3.2 – Очікувані результати впровадження IoT у системі управління містом

Напрям	**Очікуваний ефект**
Транспорт	Зменшення заторів, скорочення часу пересування, підвищення ефективності маршрутів
Енергетика	Зниження споживання енергії, оптимізація навантаження на мережі
Комунальне господарство	Скорочення витрат, підвищення ефективності обслуговування
Екологія	Зменшення рівня забруднення, покращення якості повітря
Управління	Підвищення швидкості та якості прийняття рішень
Соціальна сфера	Підвищення комфорту життя населення

Окрім позитивних ефектів, необхідно враховувати і потенційні витрати, пов’язані з впровадженням IoT-системи. До них належать витрати на закупівлю обладнання, розробку програмного забезпечення, обслуговування інфраструктури та підготовку персоналу. Проте у довгостроковій перспективі ці витрати компенсуються за рахунок підвищення ефективності управління та зниження експлуатаційних витрат.

Важливою складовою оцінки ефективності є також можливість масштабування запропонованих рішень. Запропонована IoT-архітектура має універсальний характер і може бути адаптована до інших міст, що підвищує її практичну цінність.

Таким чином, впровадження запропонованих заходів дозволить суттєво підвищити ефективність управління смарт-містом, забезпечити більш раціональне використання ресурсів, покращити екологічну ситуацію та підвищити якість життя населення. Отримані результати підтверджують доцільність подальшого розвитку цифрових технологій та IoT у системі міського управління.

3.4 Оцінка ризиків та обмежень впровадження IoT у системі управління містом

Незважаючи на значний потенціал запропонованих заходів щодо удосконалення управління смарт-містом, їх впровадження супроводжується рядом ризиків та обмежень, які необхідно враховувати при реалізації відповідних рішень. Аналіз цих факторів дозволяє забезпечити більш обґрунтований підхід до впровадження цифрових технологій та мінімізувати можливі негативні наслідки. [2]

Одним із основних ризиків є кібербезпека. Розширення використання IoT та цифрових систем збільшує кількість потенційних точок доступу до міської інфраструктури. У разі недостатнього рівня захисту це може призвести до несанкціонованого доступу до даних, порушення роботи систем або навіть загроз для функціонування критично важливих об’єктів. Особливо актуальним це є для такого великого міста, як Париж, де цифрова інфраструктура охоплює значну кількість сфер.

Другим важливим ризиком є значні фінансові витрати. Впровадження IoT-системи потребує інвестицій у придбання обладнання, розробку програмного забезпечення, створення мережевої інфраструктури та її подальше обслуговування. У короткостроковій перспективі це може створювати додаткове навантаження на бюджет міста.

Ще одним обмеженням є технологічна складність інтеграції систем. У процесі цифровізації можуть виникати труднощі, пов’язані з сумісністю різних технологій, платформ та стандартів. Відсутність єдиних технічних стандартів може ускладнювати створення інтегрованої системи управління.

Організаційні ризики пов’язані з необхідністю координації між різними структурами управління. Впровадження комплексної IoT-системи вимагає узгоджених дій між органами влади, технічними службами та іншими учасниками процесу. Недостатня координація може призвести до неефективного використання ресурсів та затримок у реалізації проєктів.

Соціальні обмеження також відіграють важливу роль. Недостатній рівень цифрової грамотності населення може знижувати ефективність використання цифрових сервісів. Крім того, частина населення може негативно сприймати впровадження нових технологій через побоювання щодо конфіденційності та безпеки персональних даних.

Окремо слід виділити ризики, пов’язані з обробкою та зберіганням великих обсягів даних. Неправильне управління інформацією може призвести до втрати даних, їх некоректного використання або витоку конфіденційної інформації.

Разом із тим більшість зазначених ризиків можуть бути мінімізовані за умови впровадження комплексного підходу до управління цифровою трансформацією. Це передбачає розробку стратегії кібербезпеки, використання сучасних стандартів захисту інформації, поетапне впровадження технологій, а також підвищення кваліфікації персоналу.

Таким чином, врахування ризиків та обмежень є необхідною умовою ефективного впровадження IoT у систему управління смарт-містом. Це дозволяє забезпечити стабільність функціонування цифрових систем, підвищити їх надійність та досягти максимального ефекту від використання сучасних технологій.

3.5 Перспективи розвитку Smart City у майбутньому

Розвиток концепції Smart City у майбутньому буде тісно пов’язаний із подальшим удосконаленням цифрових технологій, Інтернету речей, штучного інтелекту та автоматизованих систем управління. Сучасні міста поступово переходять до моделі комплексної цифрової екосистеми, у межах якої всі елементи міської інфраструктури взаємодіють між собою у режимі реального часу. [2]

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку Smart City є використання штучного інтелекту для прогнозування міських процесів. Аналіз великих масивів даних дозволить більш ефективно управляти транспортними потоками, споживанням енергії та функціонуванням комунальних служб. Крім того, технології AI можуть використовуватись для прогнозування надзвичайних ситуацій та оперативного реагування на них.

Важливу роль у розвитку смарт-міст відіграватиме Інтернет речей. Кількість IoT-пристроїв у міській інфраструктурі постійно зростатиме, що забезпечить більш детальний контроль за станом навколишнього середовища, транспортної системи та об’єктів комунального господарства. [3]

Перспективним напрямом також є розвиток концепції «зеленої» цифрової економіки. Смарт-міста майбутнього будуть орієнтовані на скорочення викидів CO_2, використання відновлюваних джерел енергії та підвищення енергоефективності міської інфраструктури.

Окрему увагу необхідно приділити розвитку цифрової демократії та електронного урядування. Використання цифрових платформ дозволить підвищити рівень участі громадян у процесах управління містом та забезпечити прозорість діяльності органів місцевого самоврядування. [6]

Разом із перспективами розвитку Smart City існують і певні ризики. До них належать проблеми кібербезпеки, залежність міської інфраструктури від цифрових систем та необхідність значних фінансових інвестицій у модернізацію міського середовища.

Таким чином, розвиток Smart City у майбутньому буде визначатись рівнем інтеграції цифрових технологій, ефективністю управління даними та здатністю міської влади адаптуватися до сучасних технологічних викликів. [2]

3.6 Ризики цифрової трансформації смарт-міст

Розвиток концепції Smart City та активне впровадження цифрових технологій створюють значні можливості для підвищення ефективності управління містом. Водночас процес цифрової трансформації супроводжується рядом ризиків та викликів, які можуть негативно впливати на функціонування міської інфраструктури та рівень безпеки населення. [2]

Одним із найбільш суттєвих ризиків є проблема кібербезпеки. Сучасні смарт-міста функціонують на основі великої кількості цифрових систем, баз даних та IoT-пристроїв, які постійно обмінюються інформацією. У разі несанкціонованого доступу до таких систем можуть виникати серйозні загрози для транспортної інфраструктури, енергетичних мереж, комунальних служб та інших критично важливих об’єктів.

Особливо небезпечними є кібератаки на системи управління транспортом та енергетикою. Порушення роботи світлофорів, систем електропостачання або інформаційних платформ може призвести до транспортного колапсу, аварійних ситуацій та значних економічних втрат.

Ще одним важливим ризиком є проблема захисту персональних даних населення. У процесі функціонування Smart City здійснюється збір значного обсягу інформації про пересування громадян, використання цифрових сервісів, транспортних систем та комунальної інфраструктури. За відсутності належного рівня захисту існує ризик витоку конфіденційної інформації.

Суттєвим викликом також є залежність міської інфраструктури від цифрових технологій. У разі технічних збоїв, втрати доступу до мереж або пошкодження інформаційних систем можуть виникати серйозні проблеми у функціонуванні міста. Це обумовлює необхідність створення резервних систем управління та аварійних сценаріїв реагування. [2]

Важливим ризиком є економічна складова цифрової трансформації. Впровадження сучасних цифрових технологій та IoT потребує значних

фінансових ресурсів, що може створювати додаткове навантаження на міський бюджет. Крім того, існує ризик неефективного використання інвестицій у разі відсутності комплексної стратегії розвитку Smart City. [2]

Соціальні ризики також мають важливе значення. Частина населення може мати недостатній рівень цифрової грамотності, що обмежує ефективність використання цифрових сервісів. Крім того, надмірна автоматизація окремих процесів може призводити до скорочення робочих місць у традиційних сферах діяльності.

Окрему увагу необхідно приділити проблемі технологічної сумісності різних цифрових платформ. У багатьох містах окремі системи створюються різними компаніями та функціонують на основі різних стандартів, що ускладнює їх інтеграцію у єдину систему управління.

Для мінімізації зазначених ризиків необхідно забезпечити комплексний підхід до цифрової трансформації міського середовища. Він повинен включати впровадження сучасних систем кіберзахисту, резервних центрів обробки даних, стандартизацію цифрових платформ та підвищення рівня цифрової грамотності населення.

Таким чином, розвиток Smart City супроводжується не лише значними перевагами, але й рядом ризиків, які необхідно враховувати у процесі цифрової трансформації міського середовища. Ефективне управління цими ризиками є важливою умовою забезпечення стабільного та безпечного функціонування смарт-міста.

3.7 Напрями розвитку цифрового урядування у смарт-місті

У сучасних умовах цифровізації суспільства важливим напрямом розвитку Smart City є удосконалення системи цифрового урядування. Використання цифрових технологій у діяльності органів місцевого

самоврядування дозволяє підвищити ефективність управлінських процесів, забезпечити прозорість діяльності влади та покращити взаємодію з населенням. [2]

Цифрове урядування у смарт-місті передбачає використання електронних платформ, автоматизованих систем управління та цифрових сервісів для надання адміністративних послуг. Основною метою є створення єдиного цифрового середовища, у межах якого громадяни можуть швидко отримувати необхідні послуги та взаємодіяти з органами влади.

Одним із основних напрямів розвитку цифрового урядування є впровадження електронних сервісів. Використання онлайн-платформ дозволяє значно скоротити час отримання адміністративних послуг, зменшити рівень бюрократії та підвищити доступність сервісів для населення.

Важливим елементом цифрового урядування є використання відкритих даних. Надання громадянам доступу до інформації про діяльність органів влади сприяє підвищенню прозорості управління та формуванню довіри до місцевого самоврядування.

У системі Smart City цифрове урядування повинно бути інтегроване з іншими цифровими платформами міста. Це дозволяє забезпечити ефективний обмін інформацією між різними службами та підвищити оперативність прийняття управлінських рішень.

Значну роль у розвитку цифрового урядування відіграють мобільні застосунки та цифрові сервіси для населення. За їх допомогою громадяни можуть отримувати інформацію про транспорт, комунальні послуги, екологічний стан міста та інші важливі аспекти функціонування міського середовища.

Разом із перевагами цифрового урядування існують і певні виклики. До них належать проблеми кібербезпеки, необхідність захисту персональних даних та потреба у постійному оновленні цифрової інфраструктури.

Важливим аспектом є також підвищення рівня цифрової грамотності населення. Для ефективного використання цифрових сервісів громадяни повинні володіти базовими навичками роботи з електронними платформами та інформаційними системами.

Таким чином, розвиток цифрового урядування є одним із ключових напрямів удосконалення системи управління смарт-містом. Використання сучасних цифрових технологій дозволяє підвищити ефективність діяльності органів влади, забезпечити прозорість управління та створити більш комфортне середовище для населення. [2]

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було досліджено теоретичні та практичні аспекти управління смарт-містом із використанням цифрових технологій та Інтернету речей. Отримані результати дозволяють зробити ряд узагальнених висновків.

По-перше, встановлено, що концепція Smart City є сучасним підходом до управління міським середовищем, який базується на інтеграції цифрових технологій, інформаційних систем та IoT. Її впровадження сприяє підвищенню ефективності управління, оптимізації використання ресурсів та покращенню якості життя населення.

По-друге, визначено, що цифрові технології відіграють ключову роль у трансформації системи міського управління. Використання Big Data, хмарних технологій, геоінформаційних систем та штучного інтелекту дозволяє підвищити якість управлінських рішень та забезпечити їх обґрунтованість.

По-третє, доведено, що Інтернет речей є одним із основних інструментів реалізації концепції смарт-міста. IoT забезпечує можливість збору та аналізу даних у режимі реального часу, що створює передумови для переходу до проактивної моделі управління.

У ході дослідження було здійснено аналіз системи управління смарт-містом на прикладі Париж. Встановлено, що місто активно впроваджує цифрові технології, проте існують проблеми, пов’язані з фрагментованістю систем, недостатньою інтеграцією IoT та складністю координації управлінських процесів.

У результаті дослідження було розроблено напрями удосконалення управління смарт-містом, які включають створення єдиної цифрової платформи, розширення використання IoT, впровадження аналітичних

систем та підвищення рівня автоматизації процесів. Запропоновано архітектуру IoT-системи управління, яка дозволяє інтегрувати різні сфери міської інфраструктури в єдину систему.

Оцінка ефективності запропонованих заходів показала, що їх впровадження дозволить знизити витрати, підвищити ефективність управління, покращити екологічну ситуацію та підвищити якість життя населення. Водночас визначено основні ризики, пов’язані з кібербезпекою, фінансовими витратами та технологічною складністю впровадження.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність використання цифрових технологій та IoT для удосконалення управління смарт-містом. Запропоновані рішення мають практичну цінність та можуть бути використані органами місцевого самоврядування для підвищення ефективності функціонування міського середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Батенко Л. П. Управління розвитком смарт-міст : монографія. Київ : КНЕУ, 2021. 312 с.

2. Биков В. Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток Smart City. Інформаційні технології і засоби навчання. 2022. № 4. С. 15–27.

3. Воронкова В. Г. Філософія цифрового суспільства : монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 420 с.

4. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О. Smart City як основа цифрової трансформації сучасного міста. Гуманітарний вісник ЗДІА. 2021. № 87. С. 45–53.

5. Гриценко А. А. Цифрова економіка та сучасні технології управління. Київ : Центр учбової літератури, 2022. 256 с.

6. Державна стратегія регіонального розвитку України на 2021–2027 роки. URL: https://zakon.rada.gov.ua

7. Дубов Д. В. Інтернет речей у системі управління міською інфраструктурою. Науковий вісник. 2023. № 2. С. 61–69.

8. Європейська комісія. Smart Cities and Communities. URL: https://smart-cities.eu

9. Закон України «Про Національну програму інформатизації». URL: https://zakon.rada.gov.ua

10. Карпенко О. В. Цифрове урядування у системі Smart City. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2022. № 5.

11. Кастельс М. Інформаційна епоха: економіка, суспільство і культура. Київ : Основи, 2021. 608 с.

12. Коваленко О. М. Smart City: світовий досвід та перспективи розвитку в Україні. Економіка та держава. 2023. № 3. С. 88–94.

13. Лондонська стратегія цифрового розвитку. URL: https://www.london.gov.uk

14. Марченко В. П. Інтелектуальні транспортні системи у смарт-містах. Харків : ХНУМГ, 2021. 284 с.

15. Міністерство цифрової трансформації України. URL: https://thedigital.gov.ua

16. Нікітенко В. О. Smart City та цифрове суспільство: сучасні тенденції розвитку. Запоріжжя : ЗНУ, 2022. 338 с.

17. Офіційний сайт міста Париж. URL: https://www.paris.fr

18. Paris Smart City 2050. URL: https://vincent.callebaut.org

19. Прохоренко Л. Ю. Big Data у системі міського управління. Економіка та суспільство. 2024. № 1. С. 102–109.

20. Савченко І. М. Інтернет речей та перспективи його використання у Smart City. Інформаційні технології. 2022. № 7. С. 55–63.

21. Сингапурська програма Smart Nation. URL: https://www.smartnation.gov.sg

22. Стратегія розвитку цифрової економіки України. URL: https://zakon.rada.gov.ua

23. Ткаченко А. О. Геоінформаційні системи в управлінні містом. Київ : КПІ, 2021. 240 с.

24. European Smart Cities Ranking. URL: https://smart-cities.eu

25. United Nations. World Urbanization Prospects 2022. URL: https://population.un.org

26. World Economic Forum. Smart Cities Framework. URL: https://www.weforum.org

27. Yigitcanlar T. Smart Cities and Urban Technologies. New York : Routledge, 2021. 356 p.

28. Zanella A. Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet of Things Journal. 2022. Vol. 9. P. 22–34.

29. OECD Smart Cities and Inclusive Growth Report. URL: https://www.oecd.org

30. IBM Smart Cities Overview. URL: https://www.ibm.com

31. Cisco Smart+Connected Communities. URL: https://www.cisco.com

32. Smart City Expo World Congress. URL: https://www.smartcityexpo.com

33. European Commission Digital Strategy. URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu

34. Gartner IoT Research. URL: https://www.gartner.com

35. United Smart Cities Program. URL: https://unhabitat.org [3]

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Порівняльна характеристика Smart City у провідних містах світу

Місто	Основний напрям цифровізації	Ключові технології
Сінгапур	Smart Nation	IoT, Big Data, AI
Барселона	Енергоефективність	Smart Lighting, IoT
Лондон	Інтелектуальний транспорт	Big Data, GIS
Амстердам	Open Data	Цифрові платформи
Париж	Smart Governance	IoT, AI, цифрові сервіси

ДОДАТОК Б

Архітектура IoT-системи управління смарт-містом

IoT-система управління смарт-містом включає:

– сенсорний рівень;

– мережевий рівень;

– хмарну платформу;

– аналітичний модуль;

– систему підтримки прийняття рішень;

– цифрові сервіси для населення.

ДОДАТОК В

Основні проблеми цифрової трансформації смарт-міст

Проблема	Характеристика
Кібербезпека	Ризики витоку даних
Висока вартість	Значні витрати на інфраструктуру
Інтеграція систем	Несумісність платформ
Цифрова нерівність	Низька цифрова грамотність
Захист персональних даних	Необхідність дотримання конфіденційності

ДОДАТОК Г

Показники ефективності Smart City

Показник	Значення
Зменшення заторів	до 25%
Економія електроенергії	до 30%
Скорочення витрат	до 20%
Підвищення швидкості реагування служб	до 40%
Підвищення якості міських сервісів	високий рівень

ДОДАТОК Д

Приклад цифрових сервісів у Парижі

У Парижі активно використовуються:

– цифрові транспортні сервіси;

– система моніторингу якості повітря;

– електронні муніципальні послуги;

– цифрові платформи взаємодії з громадянами;

– системи інтелектуального освітлення.