

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ
ІНФРАСТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ ІОТ»**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

за спеціальності 126 Інформаційні системи та технології

(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

(підпис)

Єлизавета ХОРОЛЬСЬКА
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Виконав:
здобувач вищої освіти
група ІСД-43

Єлизавета ХОРОЛЬСЬКА
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник
к.т.н.

Ольга ПОЛОНЕВИЧ
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:
науковий ступінь,
вчене звання

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСТ

_____ Каміла СТОРЧАК

“ _____ ” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Хорольській Єлизаветі Юріївні

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Система моніторингу та управління транспортною інфраструктурою на основі IoT

керівник кваліфікаційної роботи: Ольга ПОЛОНЕВИЧ к.т.н., доцент

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від “24” лютого 2025 р. № 56

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «30» травня 2025 р.

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи:

1. Науково технічна література.
2. Аналіз моніторингу та управління транспортом.
3. Розумні системи для моніторингу та управління транспортною інфраструктурою.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Огляд роботи та проблематики транспортної інфраструктури.
2. Транспортна інфраструктура громадського транспорту.
3. Інфраструктура та організація цивільного транспорту.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання «24» лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	03.03.25	
2	Розділ 1. Загальні поняття теми дослідження	12.03.25	
3	Аналіз роботи транспортної інфраструктури та її проблематики	20.03.25	
4	Розділ 2. Транспортна інфраструктура громадського транспорту	01.04.25	
5	Розгляд варіантів покращення системи громадського транспорту	15.04.25	
6	Розділ 3. Інфраструктура та організація цивільного транспорту	21.04.25	
7	Висновки	30.04.25	
8	Оформлення та перевірка дипломної бакалаврської роботи	01.05.25	

Здобувач(ка) вищої освіти

(підпис)

Єлизавета ХОРОЛЬСЬКА

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

кваліфікаційної роботи

(підпис)

Ольга ПОЛОНЕВИЧ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 71 стор., 46 рис., 17 табл., 20 джерел.

Мета роботи - Розробка та впровадження ефективних та автоматизованих IoT-систем для подальшого моніторингу та управління транспортною інфраструктурою.

Об'єкт дослідження - транспортна інфраструктура міста.

Предмет дослідження - інформаційно-технологічні засоби для моніторингу та управління транспортною інфраструктурою та її потоками на основі IoT-рішень.

Короткий зміст роботи:

У роботі розглянуто сучасну транспортну інфраструктуру та її проблеми, а також шляхи розв'язання цих проблем на основі використання IoT-технологій та рішень. Проведено аналіз різних видів технологій IoT-систем, що можуть бути застосовані у сфері розумного транспорту. Розроблено кілька концептуальних моделей та схем систем моніторингу та управління транспортною інфраструктурою, які базуються на використанні різних видів сенсорних пристроїв, мікроконтролерів, хмарних сервісів та баз даних, а також інтелектуального аналізу отриманої інформації. Наведений приклад реалізації прототипу системи розумного паркінгу на базі використання Tinkercad для фіксації паркінг місць і керування ними. Проведено тестування запропонованої моделі для реалізації та зроблені рішення стосовно її вдосконалення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА, IoT, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ДАТЧИКИ, СЕНСОРИ, МОНІТОРИНГ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, РОЗУМНЕ МІСТО, МІКРОКОНТРОЛЕР, ARDUINO, УПРАВЛІННЯ, АНАЛІЗ, УРБАНІЗАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ВПРОВАДЖЕННЯ, РОЗРОБКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1. Транспортна інфраструктура та її значення.....	10
1.2. Проблеми та недоліки транспортної інфраструктури в Україні та в світі.....	12
1.3. Загальне поняття IoT та його інтеграція в транспорт.....	16
РОЗДІЛ 2. ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	25
2.1. Система моніторингу та управління громадським транспортом.....	25
2.2. Застосування технологій Інтернету речей у системі зупинок громадського транспорту.....	37
2.3. Висновок до розділу.....	44
РОЗДІЛ 3. ІНФРАСТРУКТУРА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИВІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ.....	48
3.1. Система моніторингу стану автомагістралей.....	48
3.2. Прототип системи розумного паркінгу.....	58
3.3. Висновок до розділу.....	74
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	80
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	82

ВСТУП

Актуальність. У 21 столітті весь свій перебуває на порозі глобальних відкриттів у сфері цифрової трансформації, які охоплюють абсолютно всі теперішні сфери діяльності людини. Починаючи від різного виду промисловостей та закінчуючи медициною та транспортом. Особливо відчутна трансформація та модернізація у великих містах мільйонниках, оскільки зі стрімким зростанням та приростом міського населення ростуть і вимоги до комфорту та кращого життя. Стають важливими питання безпеки та мобільності, адже з кожним роком міста стають дедалі щільнішими, що створює низку нових проблем. Ці проблеми з часом викликають ефект сніжного кому: при стражданні однієї сфери діяльності буде як результат страждати інша і, так далі. Транспортна сфера діяльності не виключення, а навпаки, закономірний та очікуваний результат, адже транспортні мережі відіграють велике значення. А зі збільшенням кількості населення міста відбувається перевантаження транспортної мережі. Далі - працює ефект метелика, який призводить до постійних заторів, а вони своєю чергою ще до низки інших та великих проблем, таких як забруднення екологічного стану міста та загального зниження рівня життя для міських мешканців.

У цьому контексті важливого та особливого значення набуває модернізація технологій, які дозволять зробити та полегшити процеси сфер діяльності людей автоматизованими. Розробка інноваційних технологій та підходів до організації, управління та моніторингу інфраструктурою, а особливо у сфері транспорту є необхідною з кожним днем все більше та більше. Забезпечити ефективну та доступну взаємодію між всіма транспортними засобами, включаючи дорожні об'єкти та пасажирів - усе це, є основною ціллю новітніх технологій автоматизації.

Таким чином використання IoT-технологій у транспортній інфраструктурі відкриває безліч нових горизонтів для підвищення ефективності роботи всієї глобальної системи використання транспорту. Створення однієї великої комплексної системи, що буде об'єднувати моніторинг та управління транспортом

є основною метою та задачею сьогодення. Це надзвичайно важливий крок на шляху до формування справді розумного та безпечного міста для всіх його мешканців.

У межах цієї кваліфікаційної роботи буде проведено дослідження та аналіз загальної роботи та проблематики транспортної інфраструктури та розгляд сучасних підходів до побудови розумних систем покращення роботи системи. Зроблено аналіз різних технічних рішень на основі відкритих апаратних платформ, досліджено можливості збору та обробки даних. Було розроблено декілька схем, які включають в себе різні компоненти задля покращення ефективності роботи. Серед таких схем є система моніторингу та управління для громадського транспорту, розумна зупинка та моніторинг загального стану доріг та автомагістралей. А також розроблений міні прототип системи розумного паркінгу за допомогою онлайн конструювання моделей Tinkercad. Детальніше про це та інше буде розглянуто в наступних розділах кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – розробка систем моніторингу та управління транспортною інфраструктурою та її потоками на основі IoT-рішень.

Об’єкт дослідження - транспортна інфраструктура міста.

Предмет дослідження - IoT у транспортній інфраструктурі.

Практичне значення роботи полягає в підвищенні ефективності, безпеки та екологічної сталості управління транспортною інфраструктурою шляхом впровадження IoT-рішень для моніторингу та оптимізації транспортних потоків.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Транспортна інфраструктура та її значення

Транспортна інфраструктура - основна мережа розвитку будь якої частини світу, так зване серце та головна нервова система організму під назвою цивілізація, що забезпечує постійний рух людей, транспорту, речей у просторі та часі. Це своєрідний каркас нашого повсякдення, який надає нам доступ до різних сфер діяльності людей: медична, освітня, культурна, бізнес, споживча та багато інших без яких, наше сучасне суспільство не існувало б взагалі.

Транспорт з перших кроків існування людей був і залишається прогресивною ланкою. Раніше це були прості стежки, які були протоптані першими людьми та тваринами. Вже тоді це була частина транспортної інфраструктури, але не мала саме таку назву. Згодом стали популярні торгівельні шляхи, які створювали контакт між двома містами та розвивали торгівлю, обміну інформацією та культурою. З набуттям технологій та подальшим розвитком людства, сучасна транспортна інфраструктура носить в собі велетенський комплекс компонентів: автомагістралі, мости, тунелі, залізничні колії, метро, депо, велосипедні доріжки, тротуари, а також світлофори, розмітка доріг, ліхтарі та ще безліч елементів, які допомагають нормальному функціонуванню інфраструктури. Частина компонентів зображена на рис. 1.1.

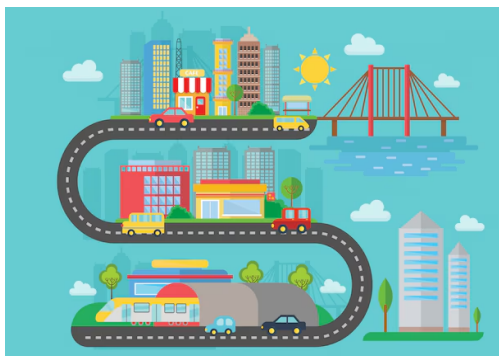


Рис. 1.1 Частина компонентів, що становлять транспортну інфраструктуру

Кожен з цих об'єктів працює абсолютно за різною схемою та напрямком, але їх всі об'єднує одна мета та задача - створити швидке, комфортне, безпечне та ефективне переміщення людей чи товарів з однієї точки призначення в іншу.

Кожен новий об'єкт транспортної інфраструктури, а саме дорога, міст, транспортний шлях відкривають безліч нових можливостей. Покращення бізнесу, логістики, розширення різноманітних ринків та мобільність населення - все це відбувається шляхом нових інвестицій.

Однією з провідних ролей інфраструктури є забезпечення всім користувачам системи соціальної справедливості. Наприклад, гарно розвинена система транспорту відкриває людям з віддалених районів отримати доступ до всіх тих самих сфер життєдіяльності, що і жителям великих міст. Це своєю чергою зменшує нерівність між центровими жителями та жителями передмістя, даючи рівні шанси на всі сфери діяльності в незалежності від місця проживання.

З приходом глобальної урбанізації великих міст, питання розвитку транспортної інфраструктури стало ще більш актуальним. Міста стають більшими, кількість жителів щодня збільшується і для ефективного функціонування всіх сфер діяльності потрібна гарно інтегрована транспортна мережа, яка може витягнути всі запити великого міста та його жителів. Особливу увагу сьогодення віддають екологічності та надійної стійкості транспортної інфраструктури. Наприклад, деякі автомагістралі будуються з матеріалів первинного перероблення, на окремих ділянках дороги встановлюють енергоефективні технології освітлення, активно розвивається велосипедна інфраструктура, що також є частиною великої системи транспорту.

Окремим елементом, яким також відзначається транспортна інфраструктура є її історичне та культурне значення. Мости, вокзали, старовинні дороги та пам'ятки на них - самі стають частиною історії та пам'яток міста, їх символами та важливою архітектурою. Їх функція полягає не лише в тому, аби практично виконувати свою роботу, а й зберігати історію міста, епохи, нагадуючи людям про пройдений шлях до цього моменту. Гарним прикладом такої пам'ятки є

Андріївський узвіз, який є однією з найстаріших та найвідоміших вулиць міста Києва. Його зображено на рис. 1.2.



Рис. 1.2 Андріївський узвіз

Ще з початку 11 століття ця дорога була торгівельно-ремісничим шляхом, а потім став укріпленням княжого центру та порту на Дніпрі.

На глобальних рівнях, таких як міжнародний, транспортна інфраструктура є головним інструментом інтеграції. Саме через автостради, а саме головне морські шляхи, різні країни об'єднуються в один та єдиний економічний простір для торгівлі, туризму, обміну різними культурними звичаями та укріпленню різних, соціальних, політичних та економічних зв'язків.

1.2 Проблеми та недоліки транспортної інфраструктури в Україні та в світі

Підсумовуючи можна сказати, що поняття транспортна інфраструктура - це не лише про автомагістралі та автомобілі. Це єдина складна, багатофункціональна система, яка має безліч рівнів та шляхів. Така система, як і все інше, живе та

процвітає з розвитком людства та технологій. Завдяки транспорту у великих містах задається пульс нашого життя.

Але попри всі вище сказані плюс та попри значущість інфраструктури в нашому житті, в багатьох країнах всього світу транспортна система має ряд недоліків, які прямим чином впливають на життя не тільки громадян окремо, а й всього міста, а то й країни та Україна серед них.

В Україні особливо гостро стоїть питання стосовно транспортної системи, оскільки вона має багато недоліків. Основні недоліки зображені на рис. 1.3.

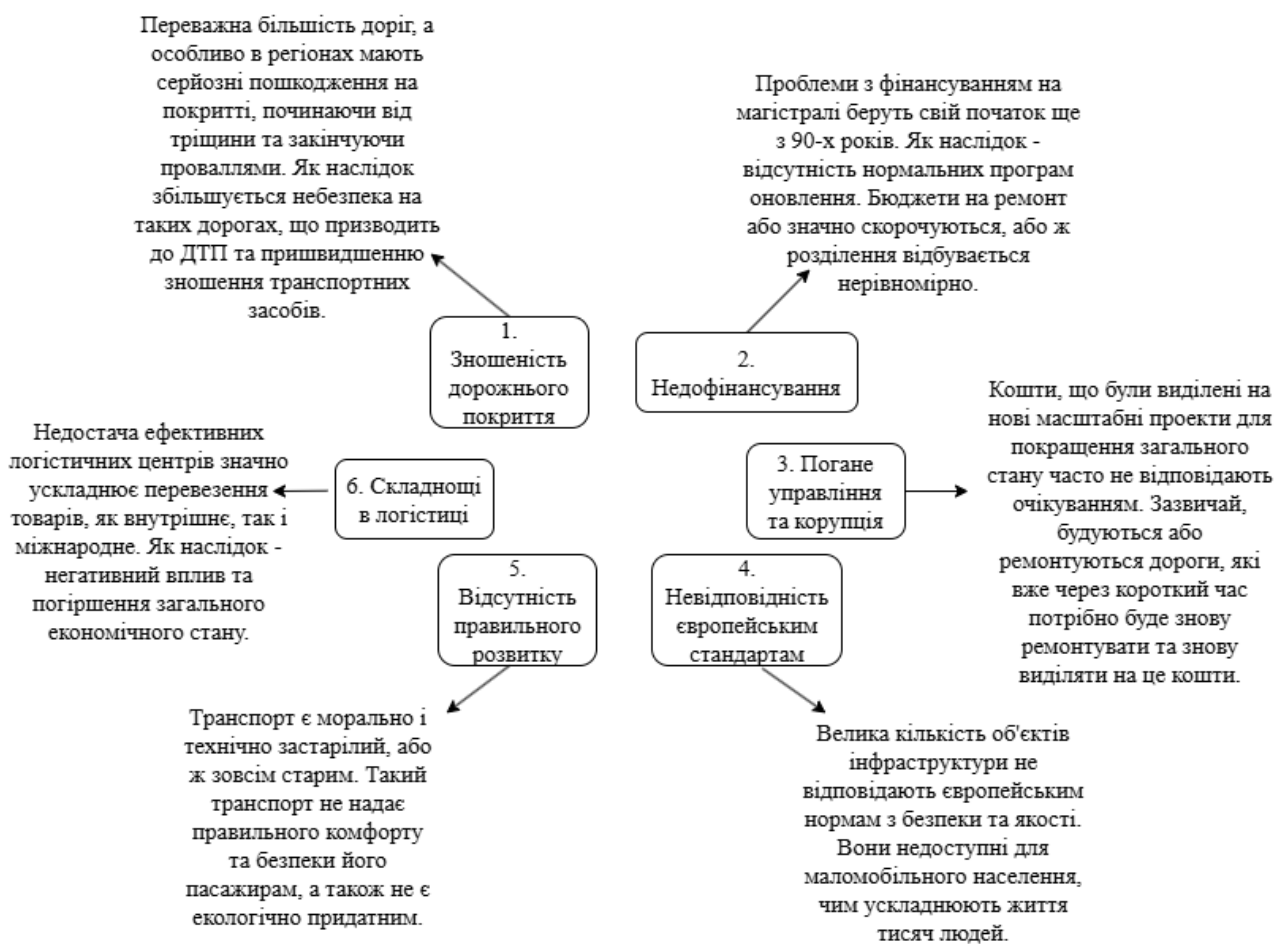


Рис. 1.3 Основні недоліки та проблеми транспортної системи в Україні

Недоліки є дуже значними, оскільки суттєво впливають на життя людей не тільки міста, а й жителів приміських районів. Але транспортні проблеми є не лише в містах України, а й в інших розвинених країн світу. Кожна країна приймає

серйозні виклики у цій сфері, хоча характер та проблематика можуть мати суттєву різницю залежно від рівня розвитку країни та держави.

Наприклад, проблематика застарілості об'єктів інфраструктури. Тільки в США з цією проблемою зіштовхується 45-47% мостів, оскільки вони перебувають в аварійних або ж наближеному до цього стані. Переважна кількість з них була побудована ще в далекому 20 столітті та потребує капітальних ремонтів. Один з таких мостів зображено на рис. 1.4.



Рис. 1.4 Міст Франкфорд Авеню

Цей міст знаходиться в Філадельфії, США та був побудований ще в 1697 році, що робить його одним з найстаріших мостів США.

Але проблема застарілості торкається не лише США, а й країн Європи, таких як Лондон, Париж та Берлін. Саме в цих містах є мережі метро, які були побудовані ще в 19-20-х століттях та суттєво потребують модернізації для безпеки. Були й трагічні випадки, коли застаріла система призвела до летальних випадків. Наприклад, у 2018 році в італійському місті Понте-Моранді відбувся обвал мосту, який забрав 40 життів. Наслідки обвалу показані на рис. 1.5.



Рис.1.5 Наслідки обвалу застарілого мосту

Такі великі міста, як Нью-Йорк, Лондон та Париж мають ще одну проблему, а саме перевантаженість доріг. Ці мегаполіси мають високу щільність населення, де збільшення кількості авто зовсім не пропорційне розвитку та оновленню інфраструктури. Це своєю чергою показує, що трафік дуже часто перевищує пропускну спроможність доріг. Як результат виникає велика кількість заторів, що несе за собою значне збільшення часу в дорозі, яке впливає не тільки на поганий настрій людей, а й на забруднення навколишнього середовища, адже викид шкідливих домішок в повітря перевищує допустимі норми в кілька разів. На рис. 1.5 показано один з випадків заторів у Нью-Йорку.



Рис. 1.6 Затори у Нью-Йорку

Або ж, наприклад таке місто як Стамбул, що знаходиться в Туреччині. Саме це місто займає друге місце у світі за загальним рівнем заторів. Статистичні показники доводять, що час у дорозі там на 55% довший, ніж це мало бути.

Крім ситуацій коли транспорт потребує покращення, ще досі є країни, що розвиваються. Саме в таких країнах, як, наприклад регіони Африки, Азії та Латинської Америки є брак базової транспортної інфраструктури, тобто все ще існують території без асфальтованої дороги або ж залізниці.

Підсумовуючи - проблеми з транспортною інфраструктурою є в кожній країні світу, однак основна їх різниця в масштабі, а це вже визначає рівень розвиненості країни.

1.3 Загальне поняття IoT та його інтеграція в транспорт

Однак, з приходом в кожную нашу сферу життя інтернет технологій, людство навчилось та досі вчиться автоматизувати процеси, які будуть покращувати та спрощувати повсякденне життя. Одним з таких досягнень можна вважати створення Інтернету Речей або ж скорочено IoT.

IoT - це велика мережа, що складається з фізичних пристроїв, які збирають та обмінюються даними без втручання людини. Ключова ідея полягає в тому, що пристрої, які входять в систему та сенсори мають обмін даними, а вже надалі на їх основі можна автоматизувати певні процеси, проводити аналіз ситуацій та приймати рішення, яке будуть покращувати ефективність. Відштовхуючись від назви - “речі” це будь які пристрої, які мають можливість підключення до Інтернету та можуть взаємодіяти з іншими об’єктами за допомогою цього. На рис. 1.7 показані пристрої, які можуть бути об’єднані за допомогою цього.

1991 рік	Перша розширена концепція “Інтернет для об'єктів”.
1999 рік	Кевін Ештон, британський вчений ввів термін Інтернет Речей.
2003 рік	Розвиток протоколу IPv6, нової версії протоколу для інтернету.
2008-2009 роки	Активне впровадження IoT у комерційний сектор за допомогою розвитку мобільних технологій.

За результатами розвитку IoT вже станом на 2015 рік, активне підключення пристроїв у світі досягло 15 мільярдів, що є гарним показником швидкого зростання.

Розберемо, за допомогою яких компонентів, система IoT буде працювати ефективно. Загалом, вона складається з 4 основних технологій, а саме:

1. Сенсори.
2. Мережеві протоколи.
3. Аналітика.
4. Інтерфейси користувача та додатки.

Першим та основним компонентом, без якого система не буде працювати є сенсори. Сенсори - пристрої, які збирають і обробляють інформацію з навколишнього середовища. Саме на основі даних, які зібрали сенсори надалі буде проводитись продовження роботи у вигляді обробки та аналітики. Без них немає даних, без даних немає аналітики, без аналітики не приймаються розумні рішення. Тобто, сенсори це база та фундамент для всієї логіки, що існує в IoT. Сенсори поділяються на різні категорії, які показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Види сенсорів, їх дія та сфери застосування

Сенсори	Що вимірюють	Зона застосування
---------	--------------	-------------------

Температурні	Температуру середовища або об'єкта	Аграрні системи, холодильні установки
Вологісні	Вологість матеріалів або повітря	Фермерство, промисловість
Газові	Різні гази в повітрі	Детектори в будинках, виробництвах
Світлові	Інтенсивність освітлення	Енергозбереження, освітлення в приміщеннях
Рухові	Рух об'єкту або його наближення	Системи безпеки, автоматичне світло та двері
Тискові	Атмосферний тиск або тиск у системах	Метеостанції, контроль витоку в трубах
Геолокаційні	Координати об'єкта в просторі	Відстеження транспорту, навігаційні системи
Якість води	Температура, провідність, токсичні речовини та рівень pH у воді	Стан водойм, очищення акваріумів та басейнів
Ультразвукові	Відстань до об'єкта	Безконтактні датчики паркування
Вібрації	Коливання або удари	Природні аномалії, системи безпеки

Мережеві протоколи є другим за значенням компонентом системи. Вони забезпечують передачу зібраних даних далі. Найпоширенішим протоколом є Wi-Fi з'єднання, яке використовується кожен день. Зазвичай використовується в побутовій техніці або ж розумних термостатах. Протокол Bluetooth також є поширеним протоколом для передачі даних, але його головний мінус в тому, що працює він лише на коротких дистанціях. Для створення мереж у будинках або ж великих розумних містах використовують протоколи Zigbee та Z-Wave. Ще одним достатньо поширеним протоколом є LoRaWAN, оскільки цей протокол легко

забезпечує зв'язок на великих відстанях та при цьому використовує низьке енергоспоживання. В таблиці 1.3 наведена порівняльна характеристика мережевих протоколів.

Таблиця 1.3

Порівняльна характеристика мережевих протоколів

Параметр	Wi-Fi	Bluetooth	Zigbee	LoRa
Дальність	50 м в приміщенні 100 м зовні	10-50 м	10-100 м	До 15 км в сільській місцевості
Швидкість	600 Мбіт/с	2 Мбіт/с	250 Кбіт/с	0,3-50 Кбіт/с
Споживання	Високе	Дуже низьке	Низьке	Дуже низьке
Топологія	Зіркоподібна	Зіркоподібна	Сітка	Зіркоподібна
Стійкість до перешкод	Середня	Середня	Висока	Висока
Придатність до IoT	Обмежена	Висока для носимих пристроїв	Дуже висока - розумний дім	Дуже висока - смарт міста
Частота	2,4 / 5 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц	915 МГц
Вартість реалізації	Висока	Низька	Низька	Середня

Дані, які збирають та обробляють датчики, мають бути оброблені. Саме тому ми переходимо до наступного компоненту це обчислювальна потужність та аналітика. З такою великою кількістю даних, що збираються, дуже важливим є процес обробки. Для того, щоб якісно провести аналіз зазвичай використовуються великі хмарні платформи та сервіси, які можуть виконувати таку важливу функцію та роботу. Дані мають обчислюватись в режимі реального часу, оскільки саме на їх основі робляться висновки проведеної роботи та виносяться рішення задля покращення. Поширеним випадком використання є хмарні обчислення, оскільки

вони можуть приймати та обробляти великий обсяг даних та проводити складні обчислення. Процес обробки даних у хмарних обчисленнях описано на рис. 1.8.

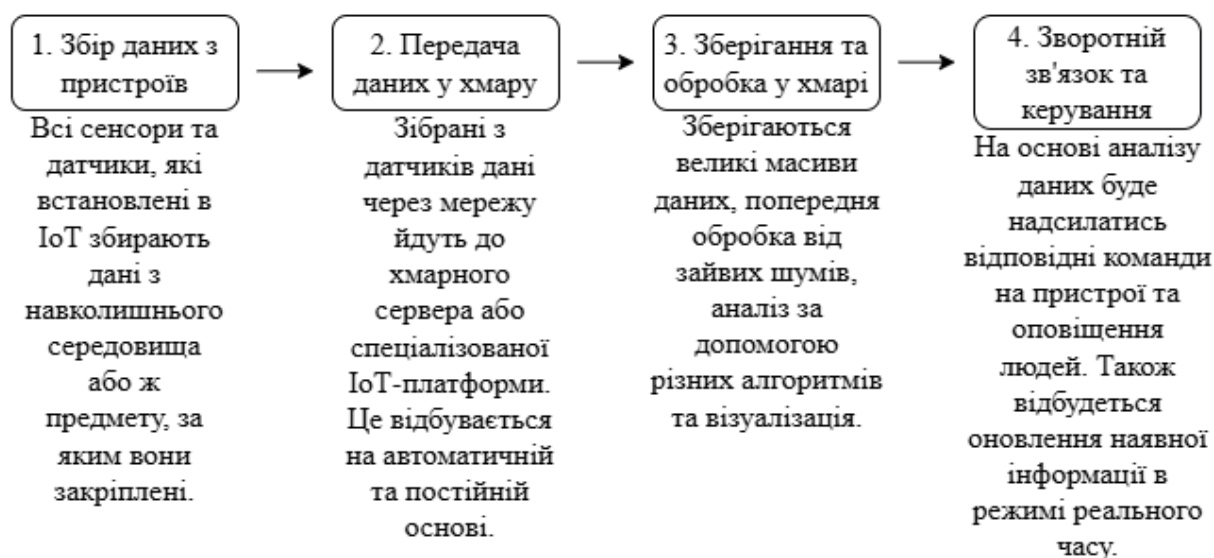


Рис. 1.8 Процес обробки даних у хмарних обчисленнях

Або ж можуть використовувати Edge Computing - обробка даних на самих пристроях або ж поруч з ними, що своєю чергою зменшує навантаження під час обробки на мережу та допомагає отримати швидше відгук та результат.

Edge Computing або ж дослівно обчислення на околиці мережі - технологія та концепція в інформаційних технологіях, яка будується на тому, що обчислення та збереження даних відбувається біля або поруч з джерелом, яке надсилає дані. Тобто, дані не надсилаються до хмари для обробки, як це відбувається в традиційній моделі, а обчислення починаються прямо на місці. На рис. 1.9 зображено принцип функціонування обчислення на краю.

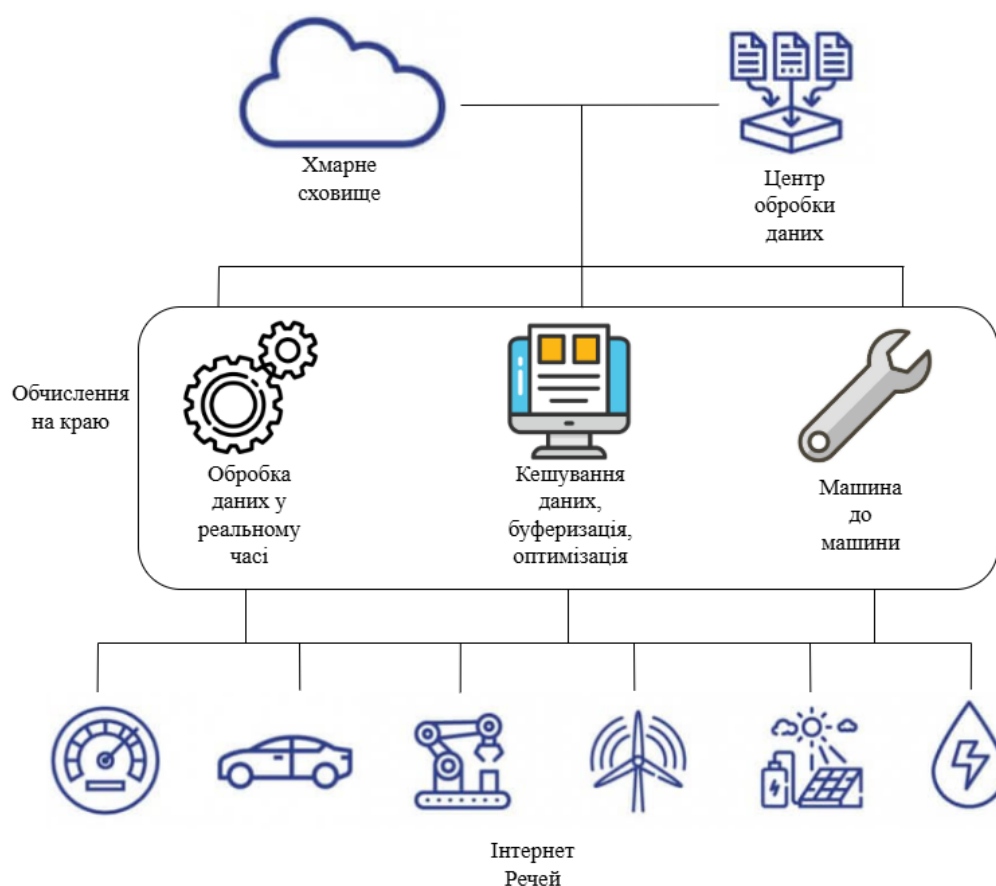


Рис. 1.9 Принцип функціонування обчислення на краю

І останнім, але не по значенню йде компонент інтерфейс та додатки. Завдяки цьому, користувачі без проблем можуть взаємодіяти з IoT системами та переглядати результати збору, обробки та збереження даних. Наприклад, перегляд температури в будинку буде здійснюватись за допомогою встановленого додатку на смартфон або ж моніторинг загального стану здоров'я через розумний годинник.

Повертаючись до проблем транспортної інфраструктури та згадуючи плюси оптимізації різних об'єктів Інтернетом Речей можна підсумувати, що об'єднання цих двох компонентів створить справжню інновацію в сучасних реаліях життя. Поєднавши IoT з транспортною інфраструктурою ми синхронізуємо їх в режимі реального часу, тобто розробимо розумну транспортну систему, яка буде “мислити”. Система більше не буде інертною простою масою, а стане динамічним організмом, де кожен об'єкт системи стає невіддільним джерелом даних про

поточний стан транспорту в місті. На рис. 1.10 зображено сфери, які може охопити розумне місто.



Рис. 1.10 Сфери охоплення розумного міста

Першим та самим головним результатом такого динамічного об'єднання стане оптимізація руху транспорту. Такі глобальні проблеми як затори стануть легшими, оскільки IoT допоможе водіям як громадського, так і цивільного транспорту перенаправляти власний маршрут та змінювати потоки транспорту, роблячи їх плавними.

Другим позитивним результатом такого об'єднання стане зменшення абсолютно всіх ресурсів життєдіяльності людини. Зменшаться витрати палива, оскільки час в заторах буде зменшений. Скоротиться витрачений час на дорогу, що своєю чергою позитивно вплине на загальний емоційний стан населення. Знизяться викиди шкідливих речовин в повітря, тобто відбудеться екологічний ефект. За допомогою зменшення часу простою в заторах, викидів стане менше, а громадський транспорт буде гарною альтернативою. На рис. 1.11 зображено приклад автоматизації руху цивільного транспорту.



Рис. 1.11 Приклад автоматизації для цивільного транспорту

Підводячи підсумок можна сказати, що впровадження об'єднання Інтернету Речей та транспортної інфраструктури це своєрідний перехід від великого хаосу до гармонії. Безліч можливостей стають точніше, ефективніше, безпечніше. Як і в будь яких проектах, таке впровадження має певні виклики, такі як надійна система безпеки витоку даних та вартість впровадження. Але такі технології стають нашим майбутнім, тому з часом система автоматизації буде повністю та вправно впроваджена в наше життя.

Розглядаючи варіанти, які можна створити для покращення життя людей за допомогою IoT не можна оминати стороною два напрямки: громадський та цивільний. В наступних розділах ми детальніше ознайомимось, які є шляхи автоматизації та покращення цих двох напрямків транспортної системи на основі Інтернету Речей.

2 ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Система моніторингу та управління громадським транспортом

Транспортна система громадського транспорту має значні недоліки в сучасному світі. З приростом населення та урбанізацією великих міст, транспортні автомагістралі та громадський транспорт отримує більше навантаження та завантаженість. Збільшується кількість проблем, які заважають як пасажирам, так і водіям з комфортом та легкістю використовувати громадський транспорт. Неправильний розклад руху транспорту, затори, велика завантаженість - все це і не тільки, значно збільшує рівень незадоволеності населення та погіршує транспортну систему в цілому.

Ефективним варіантом усунення та боротьби з певними проблемами, що виникають в системі є модернізація транспорту на основі IoT. Інтернет Речей має велику кількість ресурсів та обладнання, яке здатне автоматизувати систему та зменшити недоліки в транспортній інфраструктурі. Інтеграція технологій Інтернету речей в транспортну інфраструктуру та управління викликає значний інтерес завдяки своєму потенціалу підвищити ефективність, безпеку та стійкість транспортних систем. За допомогою цих технологій, можна розробити системи, які збільшать комфорт та будуть доступними будь кому за допомогою своєї мобільності. Очікується, що інтеграція Інтернету речей в транспорті дасть кращі результати завдяки миттєвому прийняттю рішень, тим самим покращуючи транспортний потік ефективність, зменшуючи затори та підвищуючи безпеку пасажирів. Прикладом такої системи є моніторинг транспорту з декількома видами датчиків. Така система не тільки допоможе пасажирам зручно та легко користуватись транспортом, але й водіям вона стане в пригоді.

Загалом, система моніторингу транспорту використовують вузол, що складається з декількох видів різних датчиків, мікроконтролера та комунікаційного модуля, який забезпечує підключення до інтернету для передавання даних. Системи в основному відрізняються застосуванням, кількістю

різних датчиків, що використовуються, та механізмом зв'язку, що використовується.

На рис. 2.1 зображено схему системи моніторингу та управління будь яких громадських транспортних засобів за допомогою поєднання компонентів у вузол системи. Всі компоненти системи є взаємозалежними один від одного та мають працювати одночасно для отримання гарного та точного результату в режимі реального часу.

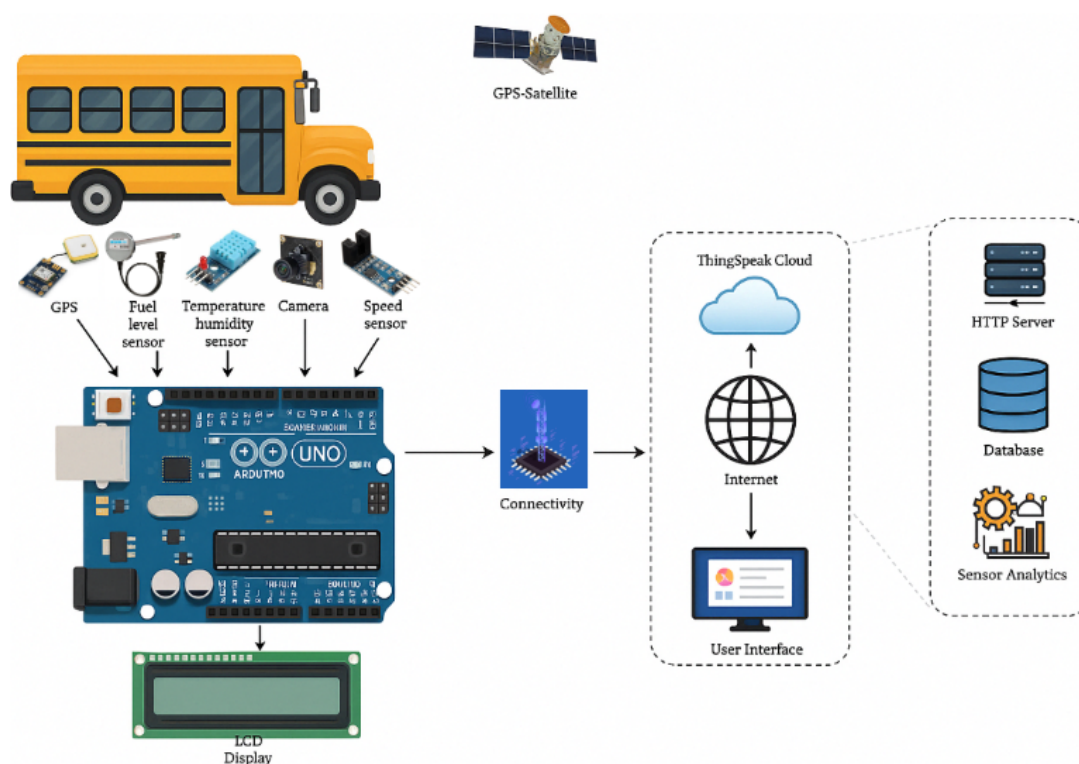


Рис. 2.1 Схема моніторингу та управління громадським транспортом

Схема демонструє компонентний склад, який буде працювати в системі. Система бере початок з встановлення в транспорт датчиків, які будуть збирати дані без затримки на основі яких, буде проводитись аналіз та автоматизація. В даному прикладі використані 5 різних датчиків, кожен з яких відповідає за різну функцію.

Датчики - основний інструмент технології IoT, оскільки саме за допомогою них система збирає необхідні для аналізу та подальшого вдосконалення дані з навколишнього середовища. Датчики інтерпретують фізичні параметри в

аналогові та цифрові сигнали та передають їх у мікроконтролери або контролери для роботи з ними. Це допомагає автоматизувати більшість процесів, підвищити точність отриманих даних, зменшити людське втручання в процес збору, що значно спрощує життя людей.

Найпоширенішими датчиками, що використовує технологія Інтернету речей є датчики температури, руху, світловий, датчик вологості, газовий та GPS датчик. На рис. 2.2 показані деякі з цих датчиків, які ми будемо використовувати в системі, а також їх короткий опис функції конкретно для нашої транспортної системи моніторингу громадського транспорту.

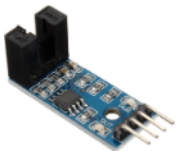
Вигляд та назва датчику	Його функція
 GPS	Визначення в реальному часі точного місце перебування транспорту за допомогою сигналів від загальної навігаційної системи. Також встановлює швидкість та напрям руху з фіксією часу.
 Датчик рівня палива	Визначає та передає точну інформацію про кількість палива в місткості наразі. Допомогає з контролем витрат палива.
 Температурний датчик вологості	Вимірює температуру повітря та оцінює рівень вологості в навколишньому середовищі. Автоматична регуляція кондиціонерів в транспорті та підтримка оптимального мікроклімату для людей в транспорті.
 Камера з комп'ютерним зором	Базується на основі штучного інтелекту(ШІ) та виконує підрахунок кількості пасажирів в транспорті в режимі реального часу. Використовується також для оцінки стану дорожніх умов, таких як знаки, світлофори та світло.
 Датчик швидкості	Вимірює швидкість транспортного засобу в режимі реального часу, підраховуючи кількість обертів та перетворюючи їх в цифровий сигнал.

Рис. 2.2 Датчики, що використані в схемі та їх функція

Всі датчики, що показані, встановлюються в транспортний засіб та починають збір даних. Кожен датчик працює в режимі реального часу для точності отриманих результатів по даних. Для більш точного збору даних по GPS датчику використовується GPS супутник. Такі супутники основне джерело надходження даних на датчик з максимально точним часом передачі та виміром координат. На рис. 2.3 використано приклад GPS супутника, який може використовуватись в системі.

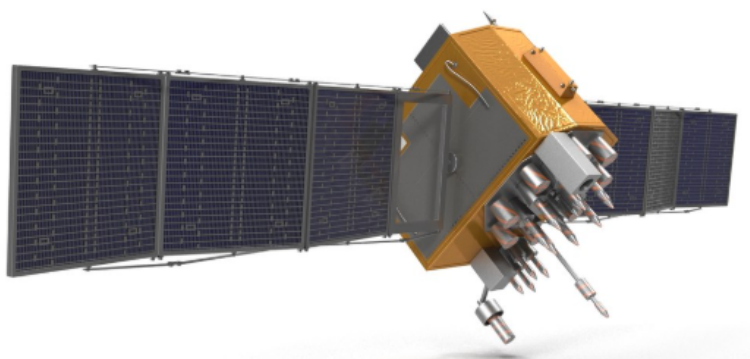


Рис. 2.3 Приклад GPS супутника

Потім зібрані дані передаються на мікроконтролер, де вони будуть оброблятися. В нашому випадку таким мікроконтролером виступає Arduino, приклад якого наведено на рис. 2.4.



Рис. 2.4 Мікроконтролер Arduino

Плата Arduino виконує функцію головного та центрального контролера для зчитування даних, що збираються з усіх датчиків відповідно для їх подальшої обробки. Тобто виконує функцію “мозку”, який отримує, збирає, обробляє та

інтерпретує дані, а потім надсилає в інші частини системи для подальшого зберігання, відображення та аналізу. Такий контролер отримуючи аналогові сигнали перетворює їх в цифрові для подальшої зручної роботи. Плата значно спрощує автоматизацію системи, оскільки може створити відповідну логіку, наприклад подання сигналу за певних умов.

Дані, що були отримані контролером передаються по зв'язку до блоку, який займається подальшою роботою з даними. Зв'язок, для передачі даних буває двох видів: бездротовий та дротовий. В таблиці 2.1 продемонстровані поширені види бездротового зв'язку та їх короткий опис.

Таблиця 2.1

Види бездротового зв'язку для передачі даних

Назва зв'язку	Короткий опис
GSM(3G/4G/5G)	Стільникова мережа передає пакети даних через мобільний інтернет.
Wi-Fi	Відбувається пряме підключення до локальної бездротової мережі через інтернет.
LoRa/LoRaWAN	Далекобійний зв'язок з малими частотами невеликих пакетів з даними на невелику відстань.
NB-IoT	Спеціальний стільниковий тип IoT, який передає дані з низьким енергоспоживанням через мобільну мережу зв'язку.
Bluetooth	Короткий радіозв'язок для передачі даних на невелику відстань.
ZigBee	Побудована мережа з кількох вузлів вузького радіуса дії.

Бездротовий зв'язок наразі є більш популярним у використанні на відміну від дротового, оскільки має велику кількість переваг. Основна з яких - мобільність, яка не залежить від кабелю. Ще однією значною перевагою є швидке

розгортання, оскільки не виникає необхідності прокладати дроти. Шляхом відсутності необхідності у дротах, бездротовий зв'язок має значно нижчу витрату на обслуговування, оскільки відсутнє зношення різних дротів. Тому встановлення з'єднання для передачі даних у системі моніторингу громадського транспорту буде відбуватись бездротове.

Але не варто забувати й про різні види дротового з'єднання. Таке з'єднання, на відміну від бездротового, має власні переваги та буде актуально для різних локальних компаній або ж в домашньому користуванні. Або ж на різних підприємствах, цехах та лабораторіях, де може бути високий рівень електромагнітних перешкод, що безпосередньо буде заважати бездротовому з'єднанню. Основними перевагами такого зв'язку є стабільність та безпека: стабільність відбувається за умови меншої схильності до перешкод на хвилі сигналу, а безпека відбувається внаслідок більшої складності перехоплення сигналу. В таблиці 2.2 зображені види дротового зв'язку, що є поширеними у використанні.

Таблиця 2.2

Види дротового зв'язку для передачі даних

Назва зв'язку	Короткий опис
Ethernet	Провідний зв'язок, що з'єднується з контролером через мережевий кабель.
USB	Пряме підключення через послідовний інтерфейс на комп'ютер чи інше обладнання.

Для впровадження Інтернету Речей у транспортну систему найкращим варіантом використання зв'язку буде бездротовий GSM зв'язок.

GSM зв'язок у своїх перевагах має широке покриття, яке забезпечить мобільність, оскільки буде працювати в будь якому місці. Працює в реальному часі, що дозволяє отримувати найточніші відомості зібрані з сенсорів та

контролера в цей момент. Також основними перевагами є сумісність, яка дозволяє працювати з великим відсотком мікроконтролерів, трекерів та платформ, а також гнучкість, що дозволяє легко інтегрувати з диспетчерськими системами.

Зв'язок по Wi-Fi мережі також є гарним варіантом та має багато переваг. Але він також має два суттєвих недоліки, які зменшують його ефективність:

1. Не підходить для відстежування в режимі реального часу, якщо транспорт вже перебуває в дорозі.
2. Має достатньо обмежене покриття, яке діє лише в межах маршрутизатора.

Дані, що передаються по бездротовому зв'язку потрапляють в глобальну мережу Інтернет та мають два напрямки взаємодії: хмарне сховище ThingSpeak Cloud та інтерфейс користувача. На рис. 2.5 показані ці два напрямки руху даних.

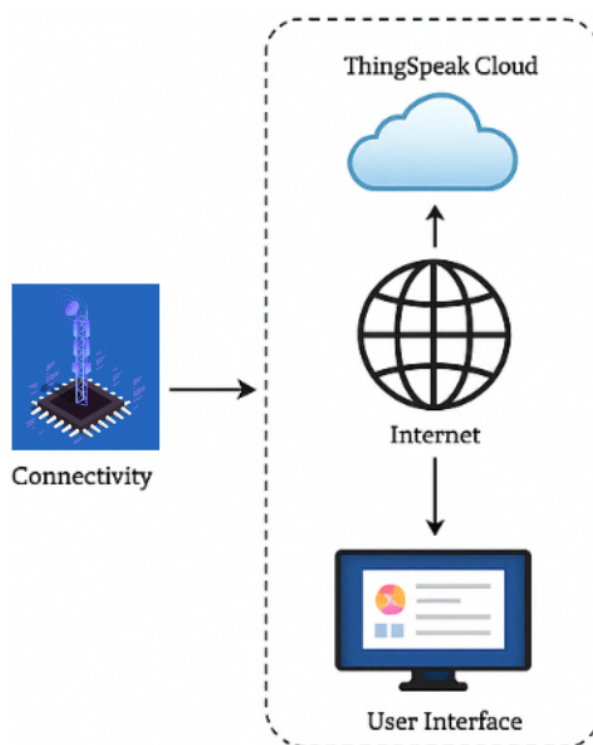


Рис. 2.5 Подальший шлях отриманих даних

В інтерфейсі користувача будь який користувач системи, як водій, так і пасажир, за допомогою різних типів інтерфейсу допоможе отримати точну та потрібну йому інформацію. Зазвичай, для доступного отримання інформації використовуються веб додатки або ж мобільний інтерфейс.

ThingSpeak Cloud - безоплатне хмарне сховище IoT, що дозволяє збирати, обробляти, зберігати, візуалізувати та аналізувати потоки даних, що надходять по зв'язку з датчиків. Сховище має простий та візуально зрозумілий інтерфейс, що значно спростить його використання. Дані, що надходять до хмари, зберігаються у вигляді каналів, кожен з яких має власні поля сенсорів. Також, за допомогою масштабованості, ThingSpeak Cloud підтримує багато форматів та протоколів даних, що буде зручно у використанні. Сховище надалі має три напрямки: HTTP сервер, база даних та аналітика сенсорів. Ці три компоненти, як і інші компоненти системи, невідривно взаємодіють між собою для продуктивної роботи та гарних результатів. На рис. 2.6 зображені ці три компоненти системи.

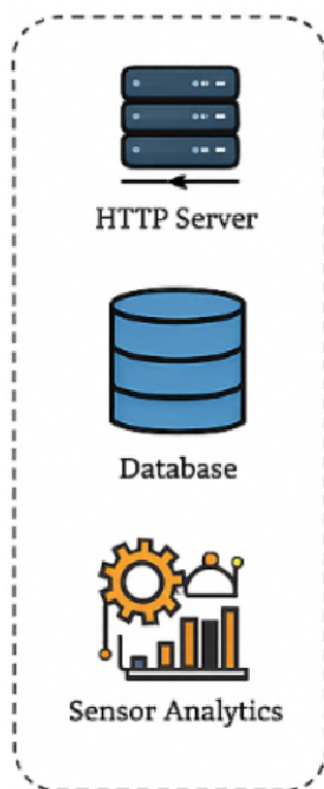


Рис. 2.6 Варіативність функцій хмарного сховища

HTTP сервер у хмарному сховищі виконує функцію приймання пакетів даних за допомогою спеціалізованого протоколу HTTP. Цей протокол є протоколом прикладного рівня, який використовується для передачі даних на сервер. Дані на сервер надходять у вигляді HTTP-запиту (GET або POST), де GET використовується для посилання невеликих даних, а POST - для більш безпечної

передачі цих самих даних. Потім після отримання цих запитів дані надходять до баз даних, де будуть записуватись у різному вигляді для подальшого опрацювання або ж простого зберігання. Тобто, сервер виконує функцію посередника між самим мікроконтролером за допомогою зв'язку та хмарним середовищем з іншими його функціями. Має високу безпеку, оскільки приймає тільки авторизовані запити в системі.

База даних у сховищі є надзвичайно важливим компонентом, який сприяє значному покращенню роботи системи в цілому. Саме в базі даних зберігаються усі отримані дані з сенсорів за певний проміжок часу у структурованому вигляді. Бази багатогранні у своїх функціях, кожна з яких надзвичайно важлива для досягнення успішних результатів роботи системи. В таблиці 2.3 коротко описано основні функціональні характеристики баз даних та їх опис.

Таблиця 2.3

Переваги та опис використання баз даних

Характеристика	Короткий опис
Зберігання великої кількості даних	Дані, що надійшли в систему зберігаються у різному вигляді, зокрема в таблицях, списках, рядках і стовпцях.
Прив'язка до часу	Кожен запис у базі даних має власну дату та час, що важливо для подальшого аналізу та структуризації даних у системі.
Легкий та швидкий доступ	Дані, що записані в системі легко фільтруються за потрібними нам критеріями пошуку.
Безпека	Високий рівень надійності та безпеки витоку даних за допомогою спеціального шифрування та створення резервних копій на випадок втрати даних.

Масштабність	Підтримання великого обсягу отриманих даних з різної кількості пристроїв.
--------------	---

Останнім, але не по важливості є компонент сенсорної аналітики, де відбувається аналіз та обробка отриманих даних зі сховища, бази даних, серверу. Пакети даних, що були отримані за певний час витягується з бази даних та виконується аналітика, на основі якої оголошуються результати певної роботи за певний проміжок часу. На рис. 2.7 наведено схему процесу аналітичного розбору даних.



Рис. 2.7 Процес аналітики даних

Наприклад, потрібно провести аналіз даних за останній місяць. Відбувається звернення до бази даних, в якій зберігаються дані та отримуємо всі зібрані дані за останній місяць. Виконуємо різноманітні обчислення, створюємо та візуалізуємо графіки результатів на основі даних та підбиваємо підсумки. За допомогою цього аналізу ми можемо виявити, ефективність роботи системи за останній місяць, які були недоліки та знайти різноманітні шляхи вдосконалення роботи системи. Аналіз даних допоможе чітко зрозуміти всі переваги та недоліки того чи іншого методу роботи системи та надалі сприяти покращенню роботи, що в результаті створить ефективну та зручну у користуванні систему транспорту.

Сховище ThingSpeak Cloud має вбудовану підтримку MATLAB-аналізування, що може виконуватись безпосередньо в хмарі.

MATLAB - середовище чисельних обчислень, що дозволяє маніпулювати матрицями, будувати різні варіанти графіків на основі отриманих даних, створювати та впроваджувати нові алгоритми на основі попереднього аналізу даних. Ця мова програмування запрограмована в першу чергу для чисельних обчислень, але у своєму функціоналі вона також має символіний інструмент, що дозволяє робити символіні обчислення в системі. Має багато додаткових пакетів, один з них дозволяє виконувати графічне моделювання та проектування на основі динамічних та вбудованих систем. Рис. 2.8 показує приклад одного з можливих аналізів з різними варіантами діаграм, які можуть бути проведені в MATLAB.

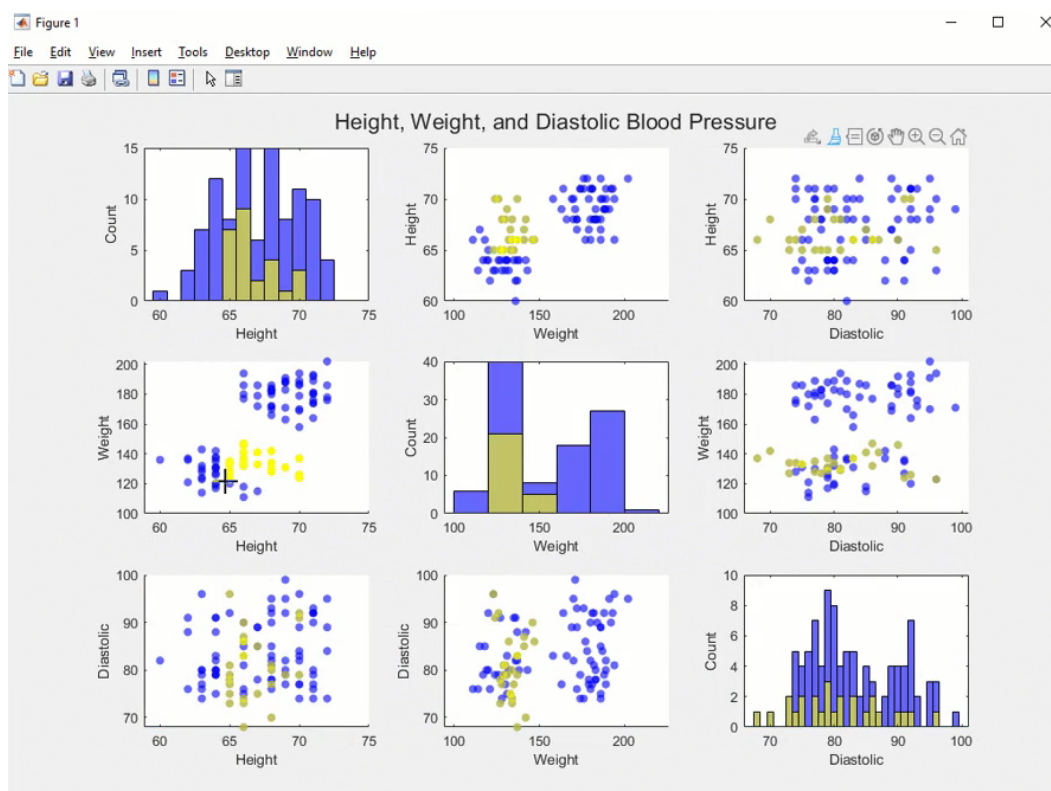


Рис. 2.8 Приклад візуалізації даних за допомогою різних видів діаграм в MATLAB

Таким чином, представлена на рис. 2.1 схема моніторингу громадського транспорту виконує свою роботу. Всі компоненти вказані в системі взаємодіють одне з одним паралельно виконуючи свою функцію в реальному часі. Представлене функціонування системи буде корисно відразу для багатьох аспектів

життєдіяльності міста та його громадської транспортної інфраструктури, а саме для водіїв, пасажирів та для загального значення. В таблиці 2.4 наведені результати автоматизації такої системи в роботу громадського транспорту.

Таблиця 2.4

Результати введення в експлуатацію системи моніторингу громадського транспорту для водіїв та пасажирів

Результат	Опис
Оптимізація маршруту перевезення	Завдяки отриманим з GPS даним, водій може корегувати маршрути для швидкої та безпечної поїздки.
Контроль стану транспорту	Фіксування пошкоджень системою, що допоможе уникнути аварій та вчасно відправити транспортний засіб на обслуговування.
Економія витрат на ресурси	Аналіз паливних витрат допоможе чітко розраховувати необхідну кількість палива для транспорту на робочі години.
Зниження аварійності	Відстежування швидкості для водіїв, перевантаження салону та стану транспорту значно зменшить аварійні ситуації.
Відстеження транспорту	Пасажири по картах знаходять необхідний їм транспортний засіб та прогнозують приблизний час, коли він буде на їх зупинці, що значно зменшить час очікування.
Інформування	Затримки транспорту, аварії, затори та інші
Комфорт перевезення пасажирів	Температурні датчики забезпечують автоматичне налаштування сприятливих умов в салоні під час поїздки.

Зменшення викидів у повітря	За допомогою ефективного планування та економії витрат на паливо, зменшиться кількість використаного палива, що своєю чергою зменшить викиди.
-----------------------------	---

Позитивні результати розробки такої системи будуть не тільки на цей момент, але й на майбутнє. Дані, зібрані протягом тривалого часу та аналітика на їх основі допоможе в майбутньому розробити покращення планування транспортної мережі міста на базі отриманих результатів.

2.2 Застосування технологій Інтернету речей у системі зупинок громадського транспорту

У наш час в урбанізованому світі розвиток має важливе значення, а особливо у системах громадського транспорту. Громадський транспорт у великих містах відіграє одну з провідних ролей у пересування людей до різних сфер діяльності. Тому питання комфорту, ефективності та безпеки такого транспорту виноситься на перше місце. Але, крім того, аби зробити комфортним транспорт, ще потрібно зробити час очікування приємним. А саме вдосконалити та автоматизувати зупинки для приємного та швидкого очікування на бажаний транспорт. Задля цього можна створити систему розумної зупинки. На рис. 2.9 показано схему такої зупинки.

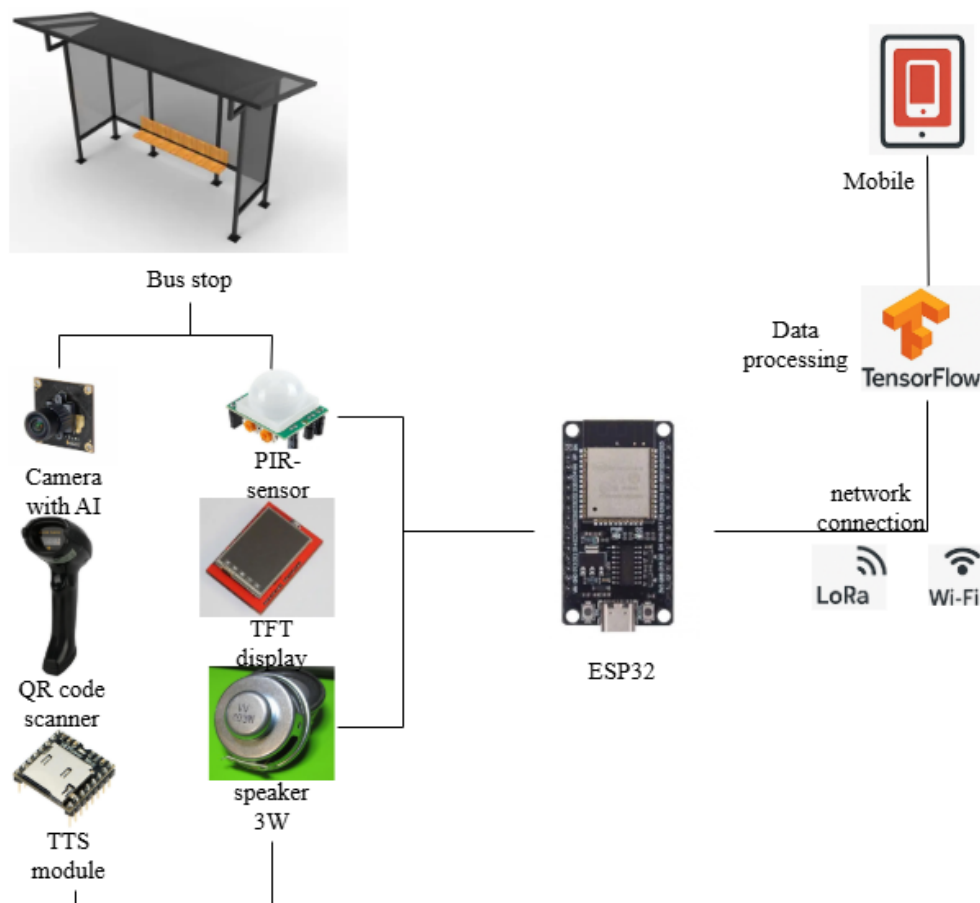


Рис. 2.9 Схема компонентів розумної зупинки

На схемі наведено основні компоненти за допомогою яких, така система як розумна зупинка буде ефективно виконувати свою функцію. Основними задачами такої зупинки є:

1. Визначення загальної кількості людей на зупинці в різні періоди часу для оцінки стану навантаження.
2. Оцінка та визначення попиту на певні види транспорту, тобто який громадський транспорт найбільш популярний та коли.
3. Озвучення інформації про маршрути та кількість людей на зупинці для сліпих.

Все це - основні задачі та цілі, які має виконувати автоматизована розумна зупинка. Визначення кількості людей на зупинці має важливу функцію для оцінки навантаження та має великий діапазон для практичного застосування. В таблиці 2.5 наведені основні причини, для чого це необхідно.

Таблиця 2.5

Функції, які виконуються при застосуванні визначення навантаження

Функція	Опис
Оптимізація графіку транспорту	Аналіз кількості людей у пікові та непікові години дозволить оптимізувати маршрути.
Використання ресурсів	Перерозподіл транспорту, де йде збільшення транспорту на популярних маршрутах та навпаки допоможе уникнути зайвої втрати ресурсів.
Моніторинг процесів міста	Аналіз про кількість пасажирів допоможе зрозуміти коли та в яких районах відбувається приріст або ж навпаки населення.
Планування майбутнього	Формується основа для довгострокового планування маршрутів та інфраструктури в цих районах.
Детальний аналіз безпеки	Велика щільність людей значно зменшує комфорт при пересуванні, що створює небезпеку при поїздки.

Своєю чергою важливу роль відіграє оцінка попиту на види транспорту в певні години дня. Це один з головних інструментів при побудові ефективної та гнучкої транспортної системи в місті. Коли органи управління транспортом чітко будуть знати та розуміти, який маршрут є популярним, в які дні та в який час, то вони зможуть приймати розумні рішення щодо того, аби підвищити якість поїздок для пасажирів.

Остання, але не по значенню є озвучення інформації, що стосується зупинки, починаючи від запланованих маршрутів та графіку транспорту і закінчуючи кількістю людей на зупинці. Таке впровадження - гарний приклад соціально відповідального підходу для інклюзивних людей щодо організації

транспорту. Це не тільки допоможе їм в зручності для пересування, а й підкреслить принцип рівноправності та гідності. Основні функції такого впровадження продемонстровані в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Головні функції впровадження озвучення на зупинках

Функція	Опис
Незалежність для людей з порушенням зору	Озвучення загальної інформації, яку може містити зупинка, забезпечить таких пасажирів самостійним прийняттям рішень на основі почутої інформації, без необхідності допомоги від перехожих.
Покращення безпеки	Людина з вадами зору може стати джерелом утворення небезпечних ситуацій. Озвучення допоможе уникнути зіткнень, падінь або ж неправильно обраного транспорту.
Зниження рівня соціальної ізоляції	Доступ до загальної інформації за допомогою озвучення зменшить відчуття виключеності з суспільства.
Реалізація принципу інклюзій	Чудова демонстрація, що місто дбає про кожного його мешканця, без виключень.

Для її реалізації обираються різні сенсори та датчики, які в режимі реального часу будуть зчитувати та надсилати дані далі для обробки. На рис. 2.10 детально описані використані види датчиків та їх функцію в системі.

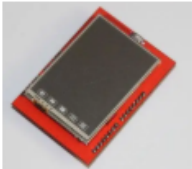
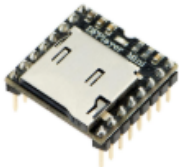
Вигляд датчику	Назва	Функція в системі
	Камера з комп'ютерним зором	Виконує підрахунок людей наразі на зупинці. Визначення кількості людей в різний час доби.
	PIR сенсор	Виявляє рухи людей на зупинці. Як додатковий підрахунок кількості поруч з камерою.
	Сканер QR кодів	Зчитує коди з мобільних пристроїв або квитків. Перевірка або ж ідентифікація пасажирів.
	TFT дисплей	Відображення інформації про транспорт. Показ розкладу, кількості людей, різні повідомлення.
	TTS модуль	Озвучення текстової інформації голосом. Інформування пасажирів з вадами зору.
	Колонка	Виведення звукової інформації. Трансляція аудіо повідомлень для людей.

Рис. 2.10 Види застосованих у схемі сенсорів та їх функція

За допомогою всіх цих датчиків, зчитується інформація, яка потрапляє на ESP32, тобто на мікроконтролер даної системи з вже вбудованим Wi-Fi й Bluetooth для зручного бездротового зв'язку. Це центральний контролер, який підключає до роботи всі сенсори, обробляє одержану інформацію та керує взаємодією всіх елементів цієї великої системи. При обробці інформації він визначає, коли саме потрібно активізувати той чи інший датчик та потім передає отриману статистику

у хмарний сервер або ж у базу даних. Наприклад, коли PIR-сенсор буде помічати, що прибула нова людина на зупинку, мікроконтролер буде посылати сигнал на активацію дисплея, що буде показувати розклад, а також відбудеться запуск TTS-модуля, що відразу озвучить цю саму інформацію на випадок, якщо людина не бачить інформаційне табло. Вигляд ESP32 продемонстровано на рис. 2.11.



Рис. 2.11 Зовнішній вигляд ESP32

Після збору даних з сенсорів та подальшої обробки її на мікроконтролері, ці дані будуть відправлені до бази даних або хмарного сховища за допомогою бездротового мережевого зв'язку. Такий зв'язок є невіддільною частиною роботи системи, без якого вона буде неефективною у своєму працюванні. Найкращим вибором бездротового зв'язку для міста буде Wi-Fi, а для сільської місцевості - LTE/3G. Для міста Wi-Fi буде найкращим варіантом, оскільки:

1. Підтримує швидкий та стабільний зв'язок, який необхідний для передавання інформації та її оновлення в реальному часі на основі даних.
2. Охоплює широку зону покриття, яку легко під'єднати до міської мережі.

3. Відсутня плата за будь яку передачу даних.

Для віддалених населених пунктів найкращим варіантом використання зв'язку буде LTE/3G, оскільки такий вид бездротового зв'язку не залежить від міської інфраструктури взагалі та може працювати навіть у полі.

За допомогою обраного бездротового зв'язку дані потрапляють у TensorFlow - фреймворк для навчання машин та нейромереж. Саме тут починається активний аналіз отриманих даних. На основі цього аналізу потім будуть зроблені рішення з загального покращення роботи системи. Такий фреймворк має велику кількість переваг, які наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Переваги використання TensorFlow

Перевага	Опис
Точність	Шляхом навчання на великій кількості даних, моделі мають високу точність розпізнавання.
Швидкість	Оптимізована для роботи, навіть на дуже слабкому обладнанні.
Автоматика	Система автоматично адаптується до будь яких змін без додаткового перепрограмування.
Інтеграція	Дані легко синхронізуються з іншими сервісами.
Гнучкість	Взаємодіє з камерами, мікрофонами, сенсорами.

Після цього відбувається взаємодія з інтерфейсом користувача, який є містком між людиною та розумною інфраструктурою. У цій системі інтерфейс це додаток або ж веб сторінка, яка дає змогу відстежувати інформацію в режимі реального часу, виконувати іншу розумну взаємодію, таку як бронювання місця та бачити загальні рекомендації стосовно маршрутів. Інформація, яку може містити інтерфейс різна, а саме:

1. Прибуття різного виду транспорту на зупинку та його графік руху.
2. Завантаженість конкретного виду транспорту.
3. Інформація про загальну кількість людей на зупинці.
4. Режими доступності, такі як озвучка.
5. Сканування QR-кодів для доступу до конкретної та потрібної інформації.
6. Попередження про проблеми, такі як порушення графіку руху транспорту або ж зовсім його відсутність.

Приклад використання може бути такий: пасажир приходить на зупинку і йому потрібен маршрут 401 маршрутки. Він заходить у додаток або ж веб застосунок і бачить інформацію, що необхідний йому транспорт буде через 3 хвилини на зупинці, але його навантаженість досягає 90%, що робить умови його перевезення не такими комфортними, як він хотів. За допомогою використання застосунку він проглядає інформацію про інші доступні маршрути до потрібного йому пункту призначення. За результатами пошуку пасажир бачить, що на зупинці через 10 хвилин буде 410 маршрутка з завантаженістю у 20% і яка зможе довести його в потрібний йому пункт призначення. Або ж якщо цей пасажир має вади зору, він приходячи на зупинку може обрати функцію озвучення та виконати ті самі дії.

Впровадження розумної зупинки на вулицях міста - великий та необхідний крок у модернізацію та автоматизацію зручності пересування у громадському транспорті. Воно поєднує в собі комфорт, зручність, доступність, а саме головне велику ефективність. За допомогою різних компонентів Інтернету Речей, звичайна зупинка стає не просто місцем очікування транспорту, а великим та потужним інформаційним вузлом, який стає доступним абсолютно будь якій людині.

2.3 Висновок до розділу

Проаналізувавши в ході дослідження можливості інтеграції технологій, можна зробити висновок, що вони є надзвичайно важливими у нашому сучасному світі. Правильне функціонування транспортної інфраструктури, а особливо

громадського транспорту є надзвичайно важливим не тільки у великих урбаністичних містах, а й селищах.

Громадський транспорт має забезпечувати не тільки комфорт, безпеку та мобільність для всіх громадян різної сфери діяльності, а й позитивно впливати на економічний та соціальний розвиток міст та регіонів, а також самої країни в цілому. Тому питання інтеграції Інтернету речей набуває особливої важливості для такого результату.

У процесі дослідження особливу увагу було зосереджено на найбільш перспективному напрямку - створення розумних систем моніторингу та подальшого їх управління, а також на перспективі створення та використання розумних зупинок.

Система моніторингу та управління громадським транспортом виступає надзвичайно важливим інструментом для контролю прозорості та керованості транспорту. Це велика та багатофункціональна система, оскільки виконує відразу великий спектр задач - починаючи від відстеження громадського транспорту в режимі реального часу до його загального стану та загальної зношеності. Ефективне впровадження такої системи запровадить потік актуальних даних про місце перебування транспорту і не тільки, що своєю чергою є важливим параметром для функціональності транспорту у будь якому місті чи населеному пункті.

Запровадження створить швидке реагування на будь яку нестандартну або ж аварійну ситуацію. Зменшення кількості заторів у години пік, швидке та своєчасне реагування на будь яку ремонтну ситуацію транспортного засобу та багато чого іншого. Інтеграційний потенціал такої системи є надзвичайно високим, оскільки це зможе забезпечити ефективну координацію між різними видами транспорту. Це покращить результат користування транспорту для пасажирів, а також буде реалізована концепція сталої мобільності транспорту. Ще одним гарним результатом роботи такої системи стане покращення загального екологічного фону міста, оскільки при зменшенні рівнів заторів, кількість викидів негативних речовин у повітря стане значно меншою.

Нові горизонти, які відкриває така система є надзвичайно великими. Зокрема, для ефективного прогнозування та аналітики міського і не тільки планування. На основі зібраних даних, що буде відбуватись в режимі реального часу, будуть відбуватись прогнози та аналітика, яка допоможе визначити потоки транспорту, вчасне коригування різних маршрутів та створювати й вдосконалювати транспортні стратегії, які будуть відповідати реальному попиту населення. Рішення з управління стануть більш точними та аналітично обґрунтованими, оскільки будуть враховувати не тільки технічні дані та інформацію, а й соціальні та інші аспекти загального функціонування.

Система розумної зупинки - стає не просто елементом транспортної інфраструктури, а цілим елементом великої та масштабної концепції розумного міста, який поєднує багато сучасних та передових технологій. Її основна ефективність - зручність у використанні та швидка взаємодія пасажирів громадського транспорту з всієї транспортною системою. Це більше не просто фізичне місце для очікування необхідного виду транспорту, а й надзвичайно великий та важливий інформаційний вузол, що в режимі реального часу надає оновлену інформацію актуальних даних. Загальний розклад руху та розклад руху по конкретному транспортному засобу, його місце перебування, приблизний час очікування, заповненість, інформації про аварії на шляху - все це і не тільки стає відомо будь якому пасажиру та користувачу зупинки. За допомогою цього, будь який пасажир краще планує власний час очікування та маршрут, який їм необхідний. Такі зупинки надалі будуть сприяти розвитку цифрової культури великих міст і не тільки, привчаючи їх до використання технологій. Все це в майбутньому стане гарним показником високого технологічного рівня розвитку, а також надзвичайно цивілізованого рівня до управління транспортною інфраструктурою.

Не менш важливим плюсом та показником інтеграції такої зупинки є соціальний складник. Такі зупинки значно зменшують рівень стресу та різних видів тривожності у всіх пасажирів. Це дуже актуально у години пік, коли існує великий потік натовпу, а також за поганих погодних умов. Крім того, система такої

зупинки оснащена функціями, які допомагають людям з поганим зором. Звуковий супровід, який буде озвучувати дані з інформаційного дисплея перетворює таку зупинку на повноцінний та соціально значущий елемент для інклюзивного міського і не тільки середовища. Ці функції дозволяють використовувати транспортну інфраструктуру так само як і звичайним людям, оскільки люди з поганим зором зможуть самостійно орієнтуватись у просторі та отримувати необхідну для них інформацію без допомоги. За допомогою цього, пасажери з вадами зору будуть відчувати впевненість в собі та власних діях. Також, це гарна демонстрація турботи влади про соціальну рівність та справедливість, що в результаті підвищить довіру людей до різних державних ініціатив та створить позитивний імідж для майбутнього розумного міста. В подальшому майбутньому це навіть може перетворитись на побудову розвиненого інклюзивного суспільства, де кожен мешканець з різними вадами та незалежно від фізичних можливостей, буде мати змогу вільно, комфортно, безпечно та без допомоги користуватись усіма функціями міського оточення.

3 ІНФРАСТРУКТУРА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИВІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

3.1 Система моніторингу стану автомагістралей

Під час збільшення кількості населення в місті зростає і кількість цивільного транспорту громадян, а саме машин. Станом на 2024 рік, Україна посідає одну з найнижчих позицій у рейтингу автомобілізації в Європі. Статистичні дані показують, що в Україні станом на 2024 рік припадає близько 250 автомобілів на 1000 жителів, що є значно меншим показником ніж у країн сусід: Польща - 575 автомобілів, Німеччина - 550. Найнижчі показники автомобілізації в містах України спостерігаються у західних областях, таких як Закарпаття або Львів - менше ніж 200 автомобілів на 1000 жителів.

Попри таку статистику, важливо зберігати безпечний та якісний стан дорожнього покриття на автомагістралях всіх міст України. Ями та вибоїни, тріщини, деформація дорожнього покриття, поганий дренаж - все це ознаки поганого стану магістралей, які своєю чергою становлять велику небезпеку для транспорту та життя людей. Хоча й поганий стан автомагістралей не є основним джерелом аварій на дорогах, але він додає дуже високий фактор ризику.

Не дивлячись на таку тенденцію до збільшення транспорту, інфраструктура дорожніх покриттів не встигає пройти період адаптації для таких умов. Зазвичай, всі ремонтні роботи відбуваються лише після того, як на певній ділянці стався інцидент, аварія або ж скарга. Такий метод виявлення несправностей на покритті є дуже неточним, оскільки не відбувається необхідної діагностики та збору даних. Крім цього, такий підхід є економічно не вигідним, оскільки відбуваються надлишкові витрати, що сильно б'є по економіці країни. І в кінцевому результаті, такий підхід є поганим для довгострокової перспективи.

Тому для вирішення проблеми виникає необхідність побудову автоматизованої та інтелектуальної системи, яка б змогла допомогти у вирішенні цих проблем. Інтернет речей за допомогою свого компонентного складу може надати таку можливість. За допомогою поєднання технологій IoT та

автомагістралей, можна створити систему, яка буде виконувати функцію моніторингу стану дорожнього покриття. На рис. 3.1 наведено схему, яка показує компонентний склад такої системи.

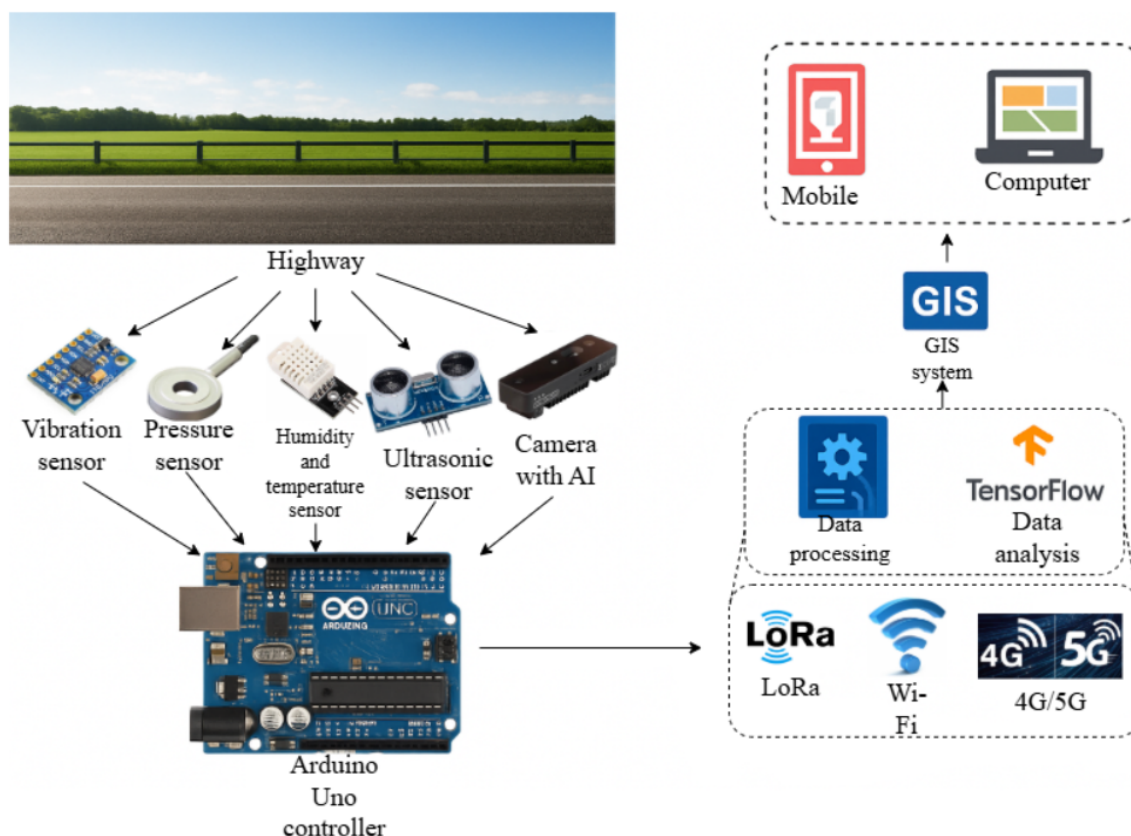


Рис. 3.1 Схема моніторингу стану дороги

На схемі розміщені компоненти, які утворюють систему моніторингу стану доріг в місті. Система, компоненти якої взаємодіють одне з одним як єдиний механізм, допоможе вирішити велику кількість проблем, а саме:

1. Пошкодження покриття виявлені в реальному часі.
2. Ремонтна оптимізація.
3. Витратні зменшення.
4. Запобігання майбутніх ушкоджень.
5. Швидке реагування.

На певному дорожньому покритті встановлюються датчики для автоматичного збору даних в режимі реального часу. Схема ілюструє

використання 5 різних датчиків в системі. На рис. 3.2 показаний вигляд датчиків та їх функція в даній системі.

Вигляд та назва датчику	Функція в системі
 Датчик вібрації	Вимірює рівень вібрації на певному дорожньому покритті. Допомогає у виявленні нерівностей, тріщин, ям, оцінює якість покриття. Також допомагає контролювати зміни в покритті.
 Датчик тиску	Вимірює тиск, з яким транспортні засоби діють на певне покриття. Допомогає в оцінці навантаження на покриття та прогнозування зношення гарного стану дороги в майбутньому.
 Датчик температури та вологості	Вимірює температуру та вологість покриття. Допомогає у виявленні замерзлої, вологої, слизької дороги та оцінка стану дороги за певних температурних умов.
 Ультразвуковий	Вимірює відстань до автомобілів та певних ушкоджень на покритті. Допомогає виявити деформації та ями та сканує структуру автомагістралі.
 Камера з комп'ютерним зором	Допомагає автоматично виявити пошкодження на магістралі та проводить аналіз навколишнього середовища біля дороги. Це своєю чергою допоможе уникненню навмисного пошкодження покриття та оточення навколо нього.

Рис. 3.2 Види датчиків, що використані в схемі та їх опис

Кожен датчиків встановлюється на певну ділянку дорожнього покриття та починає свою роботу. За допомогою автоматичного збору інформації в режимі реального часу, дані, що збираються будуть максимально точними. Потім дані

надходять до плати Arduino, що виконує ключову роль. Рис. 3.3 ілюструє вигляд плати, використаної в системі.



Рис. 3.3 Плата Arduino, використана в системі

Плата виконує функцію контролера, що не тільки збирає надіслані з датчиків дані, а ще й координує пристрої. Тобто, слугує мозком нижнього рівня системи. За допомогою контролера інтегруються робота усіх сенсорів та відбувається реагування з подачею сигналів у реальному часі. Після надходження та обробки даних у контролер вони передаються далі за допомогою бездротового зв'язку. Види зв'язку, які найбільше підходять для нашої системи у використанні зображено на рис. 3.4.



Рис. 3.4 Види бездротового з'єднання, використані в системі

Залежно від потреб оснащення певної ділянки покриття, буде обраний один з цих трьох видів зв'язку. Кожен з них має свої переваги над іншим, тому вибір буде заснований на певних потребах та можливостях встановлення його на

ділянці. В таблиці 3.1 наведена порівняльна характеристика зв'язків, на основі якої надалі обирається який вид бездротового зв'язку буде встановлений.

Таблиця 3.1

Порівняння трьох видів бездротового зв'язку

Характеристика	LoRa	Wi-Fi	4G/5G
Дальність	до 17 км у сільській місцевості	до 100 м у відкритому просторі	до 10 км
Швидкість	0.3-50 Кбіт/с	170-600 Мбіт/с	100-150 Мбіт/с
Енергоспоживання	<50 мВт	100-500 мВт	2-3 Вт
Підтримка відео	Не підтримується	Частково з низькою якістю	Так, у реальному часі
Працює без мобільної мережі	Так, через власну мережу	Так, через локальну мережу	Ні, оскільки залежить від мобільного покриття

Пакети даних з контролера надсилаються через вибраний один з трьох бездротових зв'язків до хмарного сховища, де обробляються та зберігаються. Робота з даними відбувається у два етапи, що наведені на рис. 3.5.



Рис. 3.5 Два етапи роботи з даними

Перший етап має назву - обробка даних. Пакети даних, що надійшли, проходять певний процес обробки, де відбувається фільтрування даних від шумів та калібрування значень до нормальних. Потім дані синхронізуються, якщо вони

надійшли з різних джерел, такі, наприклад як датчики вібрації та відео камери з комп'ютерним зором. Пройшовши ці процеси, отримана інформація агрегується, тобто перетворюється у зручний для використання формат. Форматом може бути CSV або JSON залежно від зручності використання даних саме в цей момент. І фінальним кроком цього етапу виступає зберігання всієї інформації в хмарному сховищі.

Другий етап - аналіз даних. Після вдалої обробки та збереження даних, відбувається аналіз, в ході проведення якого, можна використати TensorFlow.

TensorFlow - глибинна бібліотека, що використовується як інструмент для навчання комп'ютера аналізувати дані так само як це зробила б людина. TensorFlow як і будь яка глибинна та велика система, має власну архітектуру. Вона складається з 10 компонентів, які показані та описані на рис. 3.6.

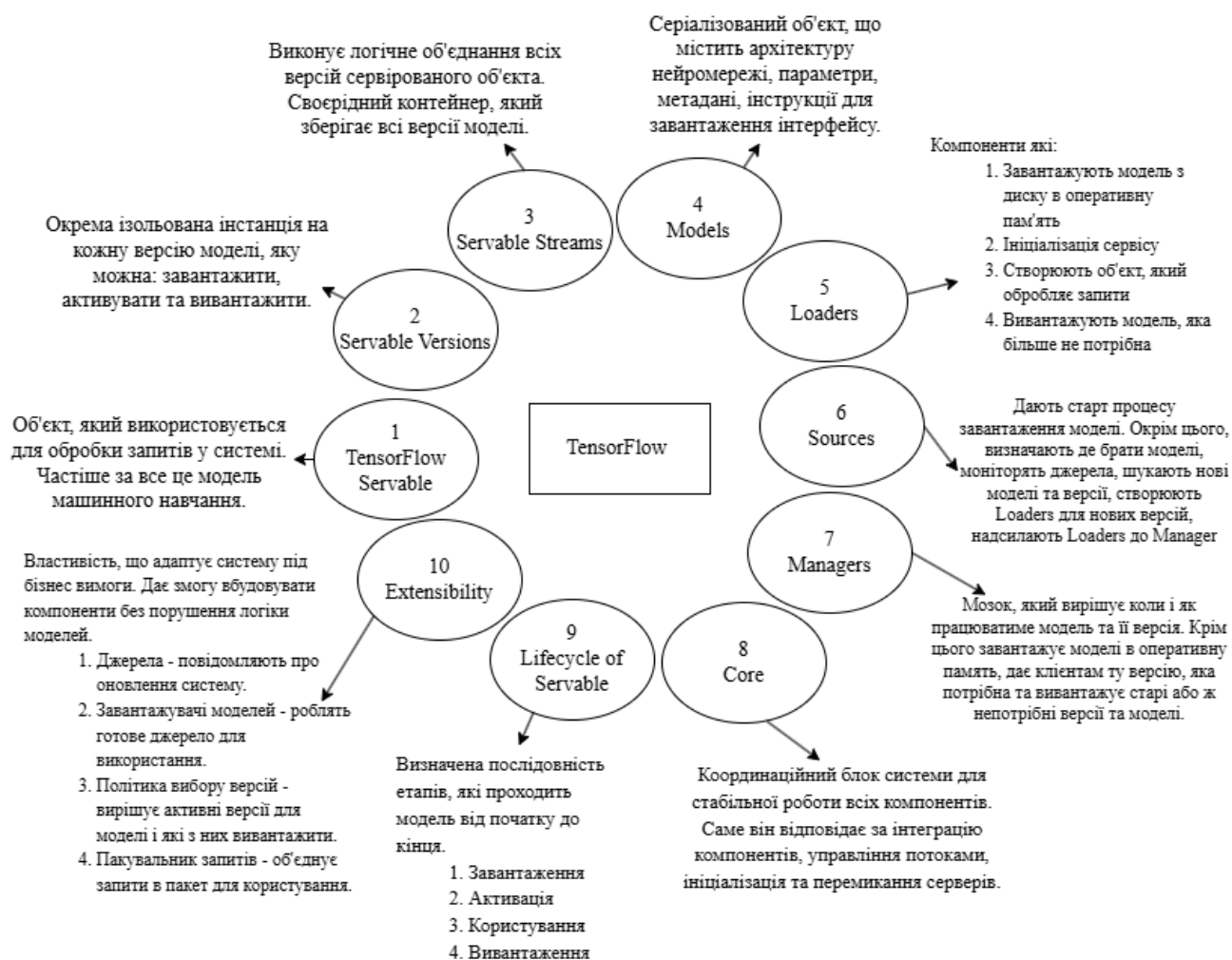


Рис. 3.6 Основні компоненти TensorFlow та їх опис

Бібліотека має велику кількість протоколів, оскільки взаємодіє з різними компонентами, передає дані, повідомлення та виконує обслуговування моделей. Серед усіх протоколів, можна виділити основні, а саме:

1. gRPC - Google Remote Procedure Call.
2. HTTP.
3. Protocol Buffers.
4. TensorFlow Data Transfer Protocols.
5. WebSocket.

Це основні протоколи, які застосовуються в бібліотеці. Протоколи необхідні для стабільної та безпечної взаємодії між клієнтом(сервіс чи користувач) та сервером моделей. По суті, це мова системи, за допомогою якої, різні компоненти взаємодіють. В таблиці 3.2 показано протокол та його функцію в TensorFlow.

Таблиця 3.2

Поширені протоколи TensorFlow та їх короткий опис

Протокол	Функція
gRPC	Основний комунікаційний протокол для зв'язку між клієнтом і сервером моделі.
HTTP	Аналог gRPC для спрощення.
Protocol Buffers	Формат серіалізації даних, необхідних для опису повідомлень.
Data Transfer	Для внутрішнього обміну тензорами між CPU і GPU.
WebSocket	Встановлення реального часу операцій між браузером і сервером.

Крім протоколів, TensorFlow також використовує велику кількість різних бібліотек. Вони необхідні в системі для полегшення та автоматизування всіх етапів машинного навчання. Вони масштабують кожен з етапів, починаючи від

підготовки даних та закінчуючи розгортанням моделей. Бібліотеки бувають різних видів та різного призначення, що показано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Основні бібліотеки TensorFlow та їх функція

Категорія бібліотек	Функція	Бібліотеки, що входять
Основні	Створення, обробка, тренування моделей та робота з тензорами.	TensorFlow Core tf.keras tf.data tf.function
Розгортання моделей	Розгортання моделей на продакшн-середовищі, мобільних пристроях та браузерах.	TensorFlow Serving TensorFlow Lite TensorFlow.js
Автоматизація ML-процесу	Інфраструктура для підготовки даних, навчання їх та подальшого деплою.	TensorFlow Extended TFLite Model Marker TF Agents
Візуалізація та інструменти	Моніторинг, аналіз та візуалізація моделей.	TensorBoard What-If Tool Model Analysis(TFMA)
Моделі та рішення	Готові до старту архітектури.	TensorFlow Hub TensorFlow Model Garden TensorFlow Datasets

В нашій системі моніторингу стану доріг такий інструмент допоможе в розпізнаванні тріщин або ж різних вибоїн на покриттях. Прогнозування - ще одна з можливостей цієї бібліотеки, завдяки якій, можна передбачити появи в майбутньому різних видів деформацій та проблем на основі отриманих даних з датчиків за певний час. Завдяки параметру класифікації, легко встановити тип дефекту покриття, починаючи від тріщин до вибоїн, а також наскільки серйозна проблема цього дефекту.

Коли інформація проходить два етапи обробки вона потрапляє в GIS систему - геоінформаційну систему, яка поєднує в собі карту та зібрану з бази

даних інформацію і візуалізує це. Така функція дозволяє не тільки знати, де що знаходиться, а й точно знати характеристики обраного покриття для подальшого прокладання маршруту. Інформація, що міститься в системі побудована у вигляді шарів - основна концепція, що дозволяє легко володіти даними. Усі шари системи накладаються та комбінуються, створюючи повну картину простору під запит. В таблиці 3.4 наведені основні типи шарів системи та їх короткий опис.

Таблиця 3.4

Основні типи шарів системи та їх короткий опис

Назва шару	Короткий опис
Карта	Звичайна фоновая карта, яка може використовувати супутникові знімки.
Автомагістральна мережа	Прокладені лінії доріг, траси та їх тип покриття.
Датчики	Чіткий показ розташування сенсорів та IoT-пристроїв.
Дефекти	Показ та звернення уваги на місця, де знайдені дефекти у вигляді ям, тріщин тощо.
Зони небезпеки	Показ ділянок, що частково або повністю обмежені для проїзду з тих чи інших причин.
Трафік	Навантаження транспортного потоку, загальний рух транспорту, виникнення заторів.
Камери	Зображення відео або фото, що прив'язані до координат ділянки.
Клімат	Повна інформація про навколишнє середовище, включаючи температуру та вологість на певній ділянці покриття.

Шари в системі можуть накладатись та комбінуються, що допоможе водіям отримати більше інформації, яка їх цікавить. А зробити вони це можуть через мобільні застосунки або ж веб перегляд сторінок з комп'ютера через інтерфейс користувача.

GIS надсилає усі оброблені дані на інтерфейс користувача, який містить в собі основні компоненти. В таблиці 3.5 показано три основні компоненти інтерфейсу та їх короткий опис.

Таблиця 3.5

Три основні компоненти інтерфейсу користувача та їх опис

Компонент	Опис
Графічний інтерфейс	Взаємодія з користувачем відбувається шляхом графічних елементів, якими виступають кнопки, вікна, поля, інструменти тощо.
Текстовий інтерфейс	Взаємодія та робота відбувається через термінал або ж текстовий рядок, тобто користувачу необхідно вводити текстові запити для виконання певних операцій.
Голосовий інтерфейс	Взаємодія відбувається за допомогою голосових команд замість візуальних елементів.

Основна мета та роль інтерфейсу - зробити будь яку взаємодію зі складною IoT-системою простою, доступною та ефективно зрозумілою у використанні.

Система моніторингу стану доріг надає багато корисних функцій, крім безпеки дорожнього руху. Зокрема, така система значно покращить оптимізацію витрат на ремонт покриття, оскільки функція прогнозування в системі дозволить проводити ремонти на ранньому етапі ушкоджень, а не аварійні. Також це захист інфраструктури, тому що своєчасне реагування на пошкодження та рівень зносу продовжить термін експлуатації доріг.

3.2 Прототип системи розумного паркінгу

Суттєвою проблемою, що виникає під час урбанізації міст є не тільки збільшення навантаження на автомагістралі, а й недостатня кількість паркувальних місць. За європейськими нормами, кількість паркувальних місць має становити 17-18% від всіх жителів міста, однак в Україні така забезпеченість вдвічі нижча за норму. Враховуючи все вищесказане, отримуємо результат, коли на одне паркувальне місце припадає в середньому 10-12 автомобілів.

Такий результат є дуже невтішним, оскільки з розвитком міст буде зростати та кількість населення, що своєю чергою значно збільшить попит на паркінг місця. В результаті чого, загальна перевантаженість вулиць з припаркованими автомобілями стане велетенською проблемою, особливо в великих та центральних містах України, таких як Київ, Харків чи Одеса.

Водії машин витрачають велику кількість часу у пошуках вільного паркувального місця, що створює ряд інших проблем, крім як витрата часу водія, що збільшує загальний рівень стресу людини та міста загалом. Виникають проблеми заторів, в рази збільшується кількість шкідливих викидів у повітря, що спричиняє значне погіршення екологічної ситуації міста. Не знайшовши місця для паркування, деякі водії можуть спробувати паркуватись на тротуарах або ж взагалі в заборонених для цього місцях. Це також викликає виникнення нових проблем, таких як ускладнення руху пішоходів, якщо паркування було на пішохідній зоні та отримання адміністративного порушення за паркування в забороненому для цього місці.

За допомогою використання можливостей Інтернету речей, можна створити систему, яка буде допомагати водіям з проблемою паркінг місць. Система розумного паркінгу саме таке рішення, оскільки створення та впровадження такої системи може значно полегшити життя у великих містах з їх кількістю місць для паркування.

На рис. 3.7 показана міні схема розумного паркінгу, що була розроблена в онлайн-платформі Tinkercad.

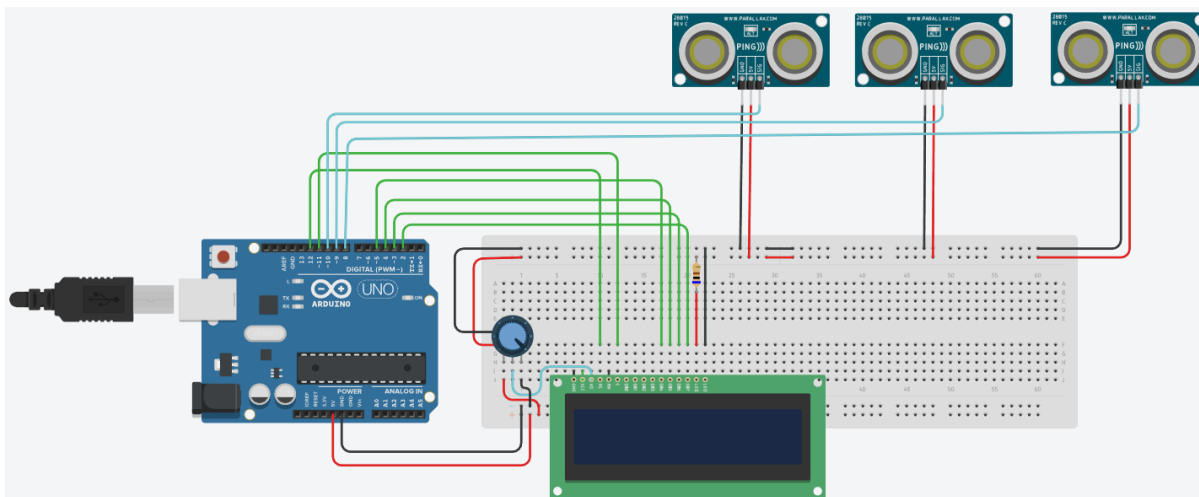


Рис. 3.7 Міні схема розумного паркінгу в Tinkercad

Tinkercad - онлайн платформа, створена Autodesk, яка безкоштовно дає можливість виконувати моделювання 3D моделей, створення електронних схем та виконання програмування мікроконтролерів та різного типу інструментів. Завдяки можливості поєднання в собі кодування та моделювання різних об'єктів, платформа має попит не тільки у новачків, які не знають нічого, але й у досвідчених фахівців, які прагнуть удосконалити та перевірити свої навички у різних галузях.

Основна перевага, за яку і використовують емулятор - відсутність необхідності в фізичному обладнанні. Оскільки не завжди людина має можливість та кошти використати обладнання, яке їй необхідно. Платформа надає широкий вибір потрібних інструментів та їх доповнень на тему, яка цікавить. Такий інструмент у своєму використанні допоможе створювати та вдосконалювати багато креативних ідей, які в майбутньому можуть суттєво змінити багато речей. Крім того, платформа допомагає розвивати інженерне мислення, що своєю чергою допоможе впевнено крокувати у світі програмування, електроніки та 3D моделювання.

Схема має стандартний міні контролер Arduino, що зображено на рис. 3.8, що виконує функцію мозку в системі.



Рис. 3.8 Плата Arduino

У цій системі плата виконує провідну роль, оскільки саме вона відіграє головну роль. Без плати система не працювала б та була недієздатною, тому що саме плата об'єднує усі елементи в системі та створює єдиний автоматичний та розумний механізм, який буде керувати паркінгом. В контролера багато функцій, основні з яких, продемонстровані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Основні функції контролера в системі

Функція	Опис
Зчитування даних датчиків	Контролер зчитує дані датчиків відстані та фіксує наявність або ж навпаки відсутність автомобіля на паркінг місці.
Показ результатів	Контролер висвітлює результати обробки даних на LCD-дисплеї. Він буде показувати статуси конкретних місць або ж кількість вільних.
Керування елементами	Керування зовнішніми елементами на основі отриманих ними даних.
Регулювання дисплею	За допомогою потенціометра, контролер регулює чіткість відображення результатів на дисплеї, забезпечуючи якісне відображення результатів.

Стабільна робота системи	Об'єднання всіх елементів системи в один великий та єдиний механізм.
--------------------------	--

Основним елементом, який збирає необхідні дані для функціональності системи є ультразвуковий датчик відстані, яких в продемонстрованій схемі в наявності три штуки. Датчики встановлюються на паркінг місце, таким чином аби на кожному місці було по одному датчику. Зовнішній вигляд датчика відображає рис. 3.9.

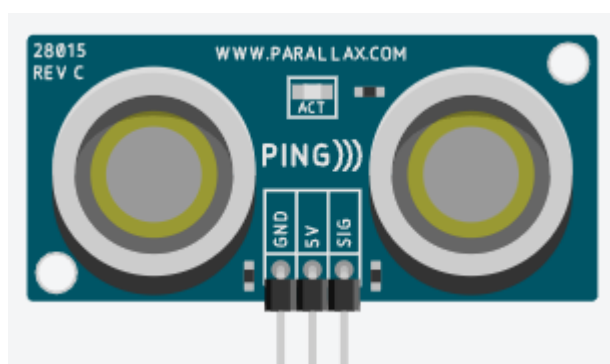


Рис. 3.9 Зовнішній вигляд ультразвукового датчика відстані

Такі датчики працюють за принципом ехолокації, тобто вони посилають або ж випромінюють ультразвуковий імпульс та фіксують час, за який цей імпульс у вигляді сигналу повернеться назад. В результаті цього відбудеться фіксація, чи стоїть там машин, чи об'єкт або ж місце порожнє. Потім мікроконтролер Arduino переводить дані та значення сигналу в відстань і показує результат на дисплеї, вільне паркінг місце чи ні. Розрахунок відстані відбувається за формулою, а саме:

Відомо що:

$$\text{Відстань} = (\text{Час} * \text{Швидкість}) / 2 \quad (3.1)$$

де Час - час, який почався від моменту пуску ультразвукової хвилі до моменту повернення ехо назад до датчика.

Швидкість - швидкість звуку, яка за нормальних температурних умов у повітрі ~ 20 градусів буде дорівнювати приблизно 343 метри на секунду або ж 0,0343 сантиметри на мікросекунду для розрахунків.

Ділення на 2 - датчики зазвичай роблять вимір посилення сигналу туди й назад. Оскільки нам потрібно знайти відстань лише до об'єкта, аби зафіксувати зайнятість паркінг місця, нам потрібно виконати поділ на 2.

Якщо відстань менша, ніж встановлена на датчику одиниця, то це означає, зайняте паркінг місце. Якщо ж відстань більша - місце вільне. Зазвичай, у системах розумного паркінгу встановлюється фіксована відстань, що дорівнює 50 сантиметрів від датчика. Тобто, якщо автомобіль стоїть ближче, це буде означати, що місце вже зайнято, та навпаки, якщо відстань більша ніж 50 сантиметрів, це означає, що місце вільне та готове до паркінгу авто.

В даній схемі Tinkercad використовується стандартний датчик моделі HC-SR04 або ж подібні до нього. Вони досить точні та мають широкий діапазон виміру. Це гарне рішення для показу роботи прототипів реальних моделей та для малих проектів. На великих розумних паркінгах буде доречно використовувати інші види датчиків, а саме датчики версії MaxBotix або ж промислові рішення Pepperl + Fuchs. Приклад таких датчиків зображено зліва направо на рис. 3.10.



Рис. 3.10 Датчик MaxBotix та датчик Pepperl + Fuchs

Кожен з таких датчиків підходить для систем розумного паркінгу. Але кожен з них має власні переваги та недоліки у порівнянні з іншим. Для цього, розглянемо порівняльну характеристику критеріїв датчиків, що продемонстрована в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Порівняльна характеристика датчиків

Критерії	MaxBotix	Pepperl + Fuchs
Призначення	Високоточні сенсори для середнього рівня складності, міські об'єкти	Промислові сенсори для важких умов та великих об'єктів
Дальність виміру	5-10 метрів	10-15 метрів
Робоча температура	-40...+65	-25...+70
Стійкість до умов погоди	Висока	Дуже висока
Розміри	Компактні	Більш масивні
Точність	Висока	Дуже висока(можливо налаштувати детекцію зони)
Фільтрація шуму	Вбудована фільтрація	Інтелектуальна фільтрація
Типи сигналів	PWM, UART, I2C, аналоговий	аналоговий, цифровий, IO-Link, CAN, Modbus
Сумісність з PLC	Обмежена	Повна
Інтеграція з Arduino	Проста	Ускладнена без спеціальних модулів
Сфери застосунку	Розумні паркінги, роботи, невеликі міські проекти	Великі паркінги, промислові зони, автоматизовані склади
Ціна	Низька/середня	Висока
Особливості	Легке налаштування,	Висока надійність,

	енергоефективність	програмні зони	детекційні
--	--------------------	----------------	------------

З характеристики бачимо, що обидва датчики ідеально підходять для систем розумного паркінгу, але якщо наша система велика за розміром, така як муніципальні паркінгові системи, то найкращим вибором будуть датчики від Pepperl + Fuchs. Все залежить від розмірів розумної паркінгової системи надалі.

Датчики за допомогою з'єднання підключаються до макетної дошки, яка дозволяє проводити з'єднання з контролером не на пряму. Такі дошки бувають меншими або ж більшими, залежно від системи. Зазвичай такі дошки значно спрощують та полегшують процес підключення, оскільки вони допомагають під'єднати багато компонентів відразу. Організованість дошки дозволяє приєднати багато пристроїв та надалі не заплутатись у них, роблячи все впорядкованим та логічним. Крім того, макетні дошки підтримують живлення відразу від кількох пристроїв за допомогою своїх шин живлення, які розміщені в горизонтальні та вертикальні ряди. Безпека таких макетних дощечок також на високому рівні, оскільки саме на них можна встановити допоміжні інструменти у вигляді резисторів та захисних діодів, щоб надалі при ввімкненні схеми на тестуванні не спалити мікроконтролер Arduino. Вигляд макетної дошки використаної у схемі наведено на рис. 3.11.

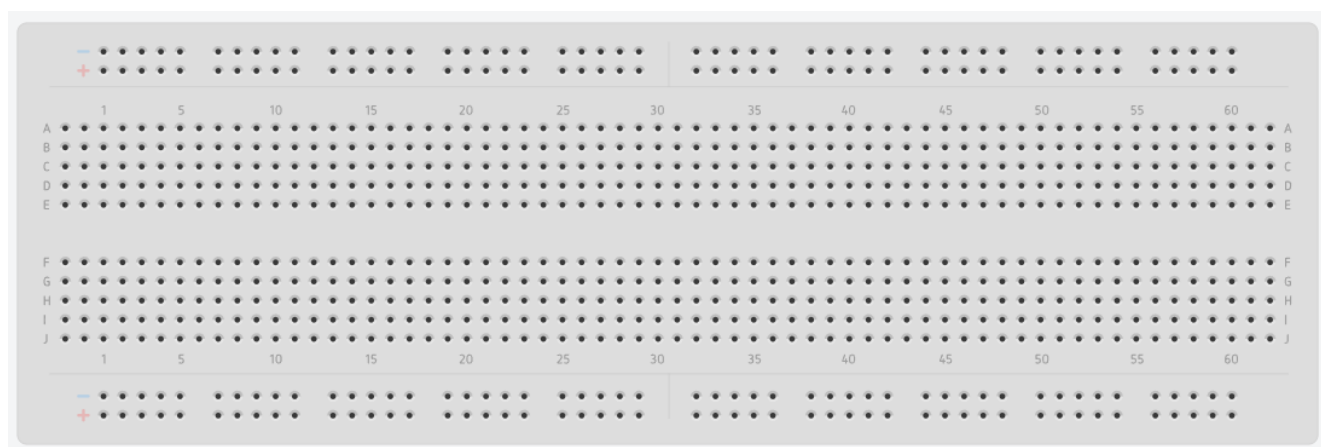


Рис. 3.11 Вигляд великої макетної дошки використаної у схемі

На такій дошці в схемі у нас встановлено одразу два допоміжних елементи, а саме резистор та потенціометр. Розглянемо кожен елемент окремо.

Резистор - базовий електронний компонент, який зазвичай регулює потік електричного струму. Він працює за принципом так званого “звуження дороги” для електронів: за допомогою резистора струм йде повільніше або ж в менших кількостях, що зменшує небезпеку перегорання плати Arduino.

Резистор має свій власний електричний опір, який обмежує струм в ланцюгах та працює за законом Ома та вимірюється в омах. А саме:

$$V = I * R \quad (3.2)$$

де V - напруга, що вимірюється у вольтах,

I - струм, що вимірюється в амперах,

R - опір, що вимірюється в омах.

Резистор, який ми використовували продемонстровано на рис. 3.12.



Рис. 3.12 Резистор з опором 600 Ом використаний в схемі

Резистор з опором 600 Ом обраний для оптимального обмеження струму, адже він ідеально підходить для стабільної роботи як плати Arduino, так і для LCD-дисплею. Якщо ми оберемо резистор з опором в 100 Ом, то струм, який буде надходити буде занадто великий, що може пошкодити пінами плати або ж вивід дисплея. Якщо взяти опір 1000 Ом, то струм, що надходить буде занадто малий та контраст на дисплеї буде слабшим, але він все одно буде працювати. Тому резистор з опором

600 Ом є самим оптимальним вибором, оскільки струму не багато і не мало. Гарний компроміс між безпечним використанням та чіткою якістю показу на дисплеї.

Потенціометр - електронний компонент, який є регульованим резистором. Тобто, він дозволяє створювати змінну напругу. При кожному повороті потенціометра плавно змінюється опір, що є в ланцюзі і як результат змінюється вихідна напруга.

На рис. 3.13 зображені різні та поширені типи потенціометрів, їх вигляд та короткий опис.

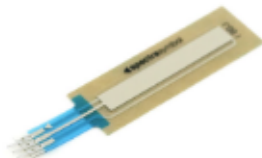
Тип потенціометра	Вигляд	Опис
Обертальний		Стандартний круглий потенціометр з ручкою
Лінійний		Повзунковий, де регуляція відбувається вправо або вліво за допомогою повзунка
Цифровий		Керується цифровими сигналами, а не механічно
Тріммер		Мініатюрний для тонкого налаштування
Мембранний		Тонкий і гнучкий потенціометр у вигляді плівки

Рис. 3.13 Види потенціометрів, їх вигляд та короткий опис

Залежно від сфери застосування, обирають вид потенціометра, але класичним та стандартним варіантом залишається обертальний. Він зручний у користуванні та легкий у підключенні, оскільки має всього три контакти: підключення до живлення, підключення до землі та вихідний сигнал. На рис. 3.14 зображено використаний у схемі обертальний потенціометр.

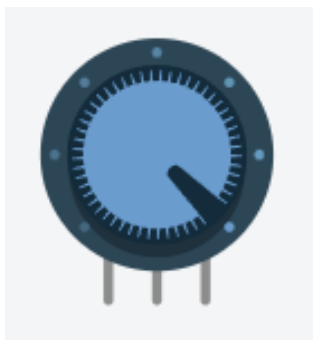


Рис. 3.14 Обертальний потенціометр

В нашій схемі потенціометр має опір у 250 000 Ом підключений до LCD-дисплею та відповідає за його контраст. Тобто, поворотом ручки потенціометра ми регулюємо наскільки яскраво чи темно будуть символи на екрані. Якщо схему використовувати без нього, то дисплей може бути або занадто темним, або занадто світлим і як результат - текст, що має виводитись як результат не буде видно. Фактично, він відповідає за правильне виставлення чорного та білого фону в нашому LCD-дисплеї.

Останнім, але не по значенню йде LCD-дисплей, який і буде показувати результат роботи всієї схеми, а саме чи вільне паркінг місце, чи ні.

LCD-дисплей (Liquid Crystal Display) - екран, який побудований на рідких кристалах, звідки й пішла назва, що використовується для показу тексту та інших графічних елементів. Він робить пристрій зручним та автономним. Відображає дані для користувача без необхідності підключення до комп'ютера, що є дуже зручним, адже не завжди є можливість це зробити.

В створеній схемі він підключається до Arduino в реальному часі та показує повідомлення до користувача про кількість вільних та зайнятих місць на паркінгу.

За допомогою цього, водії можуть швидко оцінити ситуацію та розуміти, чи є в них можливість паркування авто саме на цьому паркінгу.

На рис. 3.15 зображено LCD-дисплей, який використано в схемі Tinkercad.

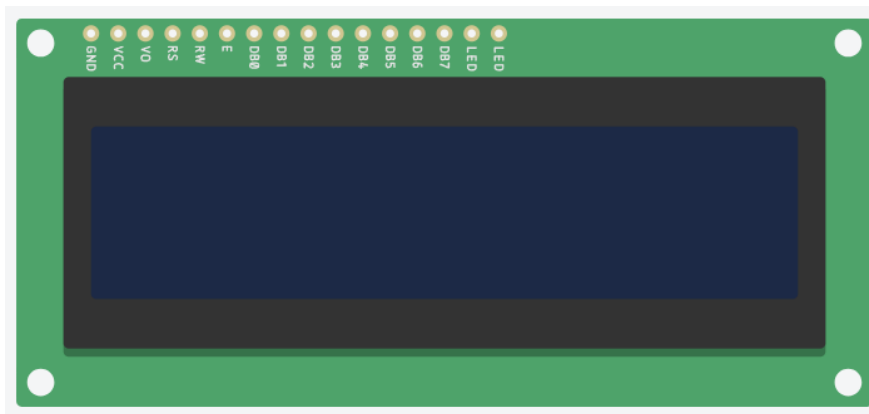


Рис. 3.15 LCD-дисплей

Задля того, аби ця схема працювала, крім правильного з'єднання та запуску всіх компонентів системи, потрібно написати код, який і зробить можливим та правильну роботу розумного паркінгу.

Код для такої схеми буде написаний на мовою програмування C++ для платформи Arduino, оскільки плата має спрощену версію мови, адаптовану для легкої роботи з мікроконтролером. Такий код буде автоматично перевіряти, які з трьох паркувальних місць вільні, а які ні, за допомогою датчиків та показувати результат інформації на LCD-дисплеї.

В нашому випадку код буде показувати три варіанти розвитку подій, а саме:

1. Якщо всі місця на паркінгу будуть вільними, код буде застосовуватись та на дисплеї буде виводитись "3 Slots Free" тобто три паркінг місця з трьох вільні.
2. Які всі місця будуть зайняті, код допоможе з виводом на екран фрази "No Slot Free" і "Parking Full", тобто немає вільних місць та паркінг зайнятий повністю.

3. Якщо буде зайняте лише одне чи два місця з трьох, не важливо яке, то буде повідомлення про те, яке місце вільне, а яке зайняте з вказанням конкретного місця.

Щоб повністю зрозуміти, як працює код, потрібно розглянути його покроково. На рис. 3.16 продемонстрований повний варіант коду, що застосований в схемі.

```

1  #include <LiquidCrystal.h>
2  LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
3  #define t1 10
4  #define t2 9
5  #define t3 8
6  int distanceThreshold = 100;
7  void setup() {
8      lcd.begin(16,2);
9      lcd.setCursor(0,0);
10     Serial.begin (9600);
11 }
12 long readDistance(int triggerPin, int echoPin)
13 {
14     pinMode(triggerPin, OUTPUT);
15     digitalWrite(triggerPin, LOW);
16     delayMicroseconds(2);
17     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
18     delayMicroseconds(10);
19     digitalWrite(triggerPin, LOW);
20     pinMode(echoPin, INPUT);
21     return pulseIn(echoPin, HIGH);
22 }
23 void loop()
24 {
25     float d1 = 0.01723 * readDistance(t1, t1);
26     float d2 = 0.01723 * readDistance(t2, t2);
27     float d3 = 0.01723 * readDistance(t3, t3);
28     Serial.println("d1 = " + String(d1) + "cm");
29     Serial.println("d2 = " + String(d2) + "cm");
30     Serial.println("d3 = " + String(d3) + "cm");
31     if (d1>100 & d2>100 & d3>100){
32         lcd.setCursor(0,0);
33         lcd.print("3 Slots Free");
34         lcd.setCursor(0,1);
35         lcd.print("Slot 1 2 3 Free");
36         delay(500);
37     }
38     else if((d1>100 & d2>100)|(d2>100 & d3>100)|(d3>100 & d1>100))
39     {
40         lcd.setCursor(0,0);
41         lcd.print("2 Slots Free");
42         lcd.setCursor(0,1);
43         if(d1>100 & d2>100)
44             lcd.print("Slot 1 & 2 Free");
45         else if(d1>100 & d3>100)
46             lcd.print("Slot 1 & 3 Free");
47         else
48             lcd.print("Slot 2 & 3 Free");
49         delay(500);
50     }
51     else if(d1<100 & d2<100 & d3<100)
52     {
53         lcd.setCursor(0,0);
54         lcd.print("No Slot Free");
55         lcd.setCursor(0,1);
56         lcd.print("Parking Full");
57         delay(500);
58     }
59     else if((d1<100 & d2<100)|(d2<100 & d3<100)|(d3<100 & d1<100))
60     {
61         lcd.setCursor(0,0);
62         lcd.print("1 Slot Free");
63         lcd.setCursor(0,1);
64         if(d1>100)
65             lcd.print("Slot 1 is Free");
66         else if (d2>100)
67             lcd.print("Slot 2 is Free");
68         else
69             lcd.print("Slot 3 is Free");
70         delay(500);
71     }
72     delay(100);
73 }

```

Рис. 3.16 Код, що застосований в схемі

Робота в коді починається з підключення бібліотеки для роботи з LCD-дисплеєм. За це відповідає 1 рядок коду. Далі в рядку 2 ми оголошуємо новий об'єкт, а саме наш дисплей та піни Arduino до яких підключений пристрій. Рядок 3-5 задає константи для трьох ультразвукових датчиків. Рядок 6 встановлює порогову відстань в сантиметрах, тобто якщо відстань буде менше як 100 сантиметрів, місце буде вважатись зайнятим, а якщо більше - місце вільне.

Блок, який йде на 7-11 рядку, відповідає за функцію, яка виконується лише один раз при запуску. Тобто відбувається налаштування перед початком циклу. Саме тут ініціалізується дисплей, встановлюється курсор у верхній рядок(позиція 0.0) та включається серійна передача даних на комп'ютер(9600 біт/с). Функція показана на рис. 3.17.

```

7  void setup() {
8      lcd.begin(16,2);
9      lcd.setCursor(0,0);
10     Serial.begin (9600);
11 }
```

Рис. 3.17 Одноразова функція при запуску

Рядки 12-22 відповідають за функцію, для вимірювання відстані. Процес починається з посилення короткого імпульсного сигналу, чекаємо на відбитий сигнал та обчислюємо час, за який сигнал повернувся, вимірюючи час затримки та відстань. Функція повертає час польоту звуку у мікросекундах. Вимірювання відстані описано на рис. 3.18.

```

12 long readDistance(int triggerPin, int echoPin)
13 {
14     pinMode(triggerPin, OUTPUT);
15     digitalWrite(triggerPin, LOW);
16     delayMicroseconds(2);
17     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
18     delayMicroseconds(10);
19     digitalWrite(triggerPin, LOW);
20     pinMode(echoPin, INPUT);
21     return pulseIn(echoPin, HIGH);
22 }
```

Рис. 3.18 Функція для вимірювання відстані

Наступним йде основний нескінченний цикл, який починається на рядку 23. Саме тут буде відбуватись основна робота системи розумного паркінгу. Рядки 25-27 виконують функцію зчитування відстані для 3 сенсорів, де 0,01723 є коефіцієнтом для того, аби перерахувати час в сантиметри. Потім дані будуть виводитись та відображатись на дисплеї. Блок коду продемонстрований на рис. 3.19.

```

25 float d1 = 0.01723 * readDistance(t1, t1);
26 float d2 = 0.01723 * readDistance(t2, t2);
27 float d3 = 0.01723 * readDistance(t3, t3);
28 Serial.println("d1 = " + String(d1) + "cm");
29 Serial.println("d2 = " + String(d2) + "cm");
30 Serial.println("d3 = " + String(d3) + "cm");

```

Рис. 3.19 Блок, що відповідає за зчитування та виведення

Потім застосовується логіка для визначення кількості вільних паркінг місць та прописуються 4 випадки для цього:

1. Всі місця вільні.
2. Два місця вільні.
3. Всі місця зайняті.
4. Одне місце вільне.

За це відповідають рядки коду з 31 по 69. Розглянемо кожен з випадків по черзі. На рис. 3.20 продемонстрований блок коду, який відповідає за всі вільні місця.

```

31 if (d1>100 & d2>100 & d3>100){
32     lcd.setCursor(0,0);
33     lcd.print("3 Slots Free");
34     lcd.setCursor(0,1);
35     lcd.print("Slot 1 2 3 Free");
36     delay(500);
37 }

```

Рис. 3.20 Код, якщо всі місця вільні

Якщо всі три датчики показують, що машин немає то всі три слоти вільні та відповідне повідомлення буде виводитись на дисплей.

Якщо буде вільно тільки два місця, буде виконуватись фрагмент коду що на рис. 3.21.

```

38  else if((d1>100 & d2>100)|(d2>100 & d3>100)|(d3>100 & d1>100))
39  {
40      lcd.setCursor(0,0);
41      lcd.print("2 Slots Free");
42      lcd.setCursor(0,1);
43      if(d1>100 & d2>100)
44          lcd.print("Slot 1 & 2 Free");
45      else if(d1>100 & d3>100)
46          lcd.print("Slot 1 & 3 Free");
47      else
48          lcd.print("Slot 2 & 3 Free");
49      delay(500);
50  }

```

Рис. 3.21 Код, якщо вільно тільки два місця

Відбувається перевірка комбінацій, коли вільно лише два місця з трьох. Як результат - буде виведено повідомлення, що вільно два місця та вказано, які саме.

У випадку, коли немає жодного вільного місця, буде застосовуватись блок коду, зображений на рис. 3.22.

```

51  else if(d1<100 & d2<100 & d3<100)
52  {
53      lcd.setCursor(0,0);
54      lcd.print("No Slot Free");
55      lcd.setCursor(0,1);
56      lcd.print("Parking Full");
57      delay(500);
58  }

```

Рис. 3.22 Блок коду, відповідальний за всі зайняті місця

Цей фрагмент коду перевіряє, скільки місць зайняті і якщо зайняті всі, на дисплей буде виводитись інформація - "Parking Full", що означає паркінг зайнятий повністю.

Коли буде вільне лише одне місце з трьох, буде застосовуватись блок, зображений на рис. 3.23.

```

59 else if((d1<100 & d2<100)|(d2<100 & d3<100)|(d3<100 & d1<100))
60 {
61     lcd.setCursor(0,0);
62     lcd.print("1 Slot Free");
63     lcd.setCursor(0,1);
64     if(d1>100)
65         lcd.print("Slot 1 is Free");
66     else if (d2>100)
67         lcd.print("Slot 2 is Free");
68     else
69         lcd.print("Slot 3 is Free");

```

Рис. 3.23 Фрагмент, який перевіряє яке саме одне місце вільне

Цей фрагмент коду перевіряє, яке саме одне з трьох місць є вільним та виводить результат на дисплей, показуючи точний номер вільного місця.

В кінці коду є дві затримки, зображені на рис. 3.24.

```

70     delay(500);
71 }
72     delay(100);
73 }

```

Рис. 3.24 Затримки, прописані в коді

Кожна затримка є необхідною для правильної роботи коду. Перша - вказує на невелику паузу в 0.5 секунди після кожного оновлення дисплея. Друга відповідає за ще одну невелику паузу перед тим, як цикл loop, тобто основний цикл, буде повторюватись.

На цьому робота міні схеми завершується. На основі даної схеми можна побудувати реальні, великі за обсягом та місцями системи розумного паркінгу, який буде значно спрощувати життя в місті.

Впровадження розумних систем паркінгу та моніторингу стану доріг є дуже актуальним напрямком для майбутнього розвитку так званих розумних міст. Обидві системи значно спрощують життя людей та створюють безпечне середовище користування автомагістралями. Крім того, обидві системи при їх

експлуатації допоможуть зменшити економічні витрати, оскільки завчасно буде відбуватись виявлення та усунення проблем.

У багатьох розвинених країнах світу, такі системи як розумний паркінг та моніторинг стану доріг вже успішно введені в експлуатацію. На основі результатів їх роботи, можна сказати, що це позитивно вплинуло на зменшення рівня заторів на автомагістралях міст, значно підвищився рівень безпеки для людей та набагато ефективніше стало використання ресурсів.

Наприклад, в США є проект система яка називається SFpark. Це аналог розумного паркінгу, який використовує різні сенсори, які вже вбудовані в покриття доріг. Водії через додатки отримують оновлену інформацію в режимі реального часу. Це зменшує час пошуку вільного паркінг місця, що своєю чергою зменшує рівень викидів шкідливих газів в атмосферу та позитивно впливає на екосистему.

У таких містах як Токіо та Йокогама, що в Японії, впроваджена в експлуатацію автоматизована багаторівнева система паркінгу, яка оптимізує використання часу та простору. А за допомогою роботів, якими оснащені такі паркінги, паркування авто відбувається без участі водія.

Світовий досвід доводить, що розробка та впровадження розумних систем міста, а саме розумного паркінгу та моніторингу стану доріг значно покращує якість життя, для жителів міста, суттєво економить ресурсні витрати та час, вдвічі підвищує безпеку для всіх учасників дорожньої системи та відновлює екологічну сталість міст.

3.3 Висновок до розділу

У межах загального розгляду різних концепцій, які можуть покращити моніторинг та управління транспортною інфраструктурою за допомогою великої технології Інтернету Речей, велику увагу варто приділити системі моніторингу стану доріг та прототипу розумного паркінгу.

Система, яка буде виконувати моніторинг стану доріг на основі інновацій та різних технологій IoT відкриває великі можливості та горизонти, які здатні

покращити дорожню інфраструктуру. За допомогою різної кількості та різних видів сенсорів та датчиків, відбувається постійний моніторинг загального стану в режимі реального часу. Це дозволяє робити не просто періодичний огляд стану дорожнього покриття або ж при надходженні про аварійні ситуації, як у нас зараз відбувається, а проводити безперервне та динамічне оцінювання якості стану доріг. Система оперативно слідкує за різними порушеннями у стані дорожнього покриття, починаючи від невеликих вибоїн до тріщин та значних пошкоджень. Така система з її технологіями не тільки фіксує вже наявні пошкодження, а й за допомогою різних технологій та подальшого аналізу може спрогнозувати ймовірність виникнення майбутніх ушкоджень. Такі результати роботи системи значно зменшують ризики утворення різних аварійних та небезпечних ситуацій, а також значно скорочують ресурсні витрати на ремонт.

Різні органи управління інфраструктурою будуть мати можливості завчасно планувати будь які види ремонту. Це спричинить відхід від реактивного способу, коли ремонт відбувається лише коли вже існують наявні пошкодження до превентивного. Як результат - велика трансформація у керуванні транспортних активів.

Розумні та автоматизовані паркінг системи - ще одне необхідне та ефективне вдосконалення для всіх жителів великих міст. Система, що розроблена в рамках дипломної роботи є не лише демонстраційною моделлю, але й концептуальним прототипом для великих майбутніх рішень. Відкривається можливість оперативного надходження зібраної у реальному часі інформації про статус кожного паркінг місця. Як результат - не лише значне скорочення часу пошуку вільного паркінг місця для власного автомобіля, а й загальне зменшення зайвих переміщень по місту в його пошуку. Такі переміщення можуть створити нові проблеми у вигляді зайвих викидів негативних домішок у повітря та створення надзвичайних ситуацій як для інших водіїв, так і для перехожих.

Система має великий позитивний вплив на навколишнє середовище та емоційно-соціальний стан водіїв, оскільки зменшується кількість викидів та шумове навантаження. Такі паркінг системи значно підвищують контроль та

адміністрування паркувального простору за допомогою прозорості системи та легкого управління. Водій, залишаючи автомобіль, завжди знає де він, в якому він стані та коли йому потрібно його забрати. Пошук вільного паркінг місця без такої системи знижує продуктивність водія, а також викликає стрес, тривожність, велике роздратування від чого така рутинна стає формуванням для негативного образу міста, у якому важко жити, пересуватись та важко дихати.

Крім того, упорядковане та правильне паркування створює візуальний комфорт та порядок міського простору. Коли різна кількість автомобілів припарковані хаотично, на тротуарах чи у не дозволених для цього місцях - це не лише фізичні перешкоди, а й постійне відчуття безладу та урбаністичної втоми, яке створює навантаження на нервову систему людини. Розумний паркінг створить більш структуроване та безпечне місто, що позитивно вплине на рівень загального стресу та емоційного сприйняття простору мешканцями. Це не просто про зручність, а й про формування нових взаємовідносин між містом та людиною, де відбувається повага до часу та простору.

У комплексі ці два великих компоненти та напрямки - не просте вдосконалення системи та інфраструктури транспорту, а й фундамент для майбутніх передумов для покращення управління системною та стратегічною міською мобільністю. Завдяки таким автоматизованим рішенням міста будуть мати змогу швидко та з комфортом рухатись у напрямку цифрової трансформації та індустріалізації.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було досліджено та розглянуто, проаналізовано та частково реалізовано концепцію загального створення та впровадження інтелектуальної системи моніторингу та управління транспортною інфраструктурою на основі різних технологій Інтернету Речей. На цей час це є надзвичайно актуальним та перспективним напрямком для розвитку у сучасному технологічному світі.

Світ поступово, але дуже впевнено формує власні вимоги до кожної сфери життєдіяльності, тому і транспорт не виключення: безпека та зручність залишаються пріоритетними критеріями, але крім цього, транспортна система має бути гнучкою та адаптивною, щоб самостійно приймати рішення по ситуації у режимі реального часу. Такі функції та використання стають можливими за допомогою широкого впровадження автоматизації на основі IoT.

Проведене дослідження та аналіз лише підтвердило, що застосування широкої мережі взаємопов'язаних елементів технологій Інтернету Речей, а саме датчиків, сенсорів, мікроконтролерів та програмного забезпечення зможе значно та суттєво підвищити моніторинг та управління транспортною інфраструктурою міста. Такі умови сприяють не лише комфорту та безпеці жителів міст, а й сталого та впевненого розвитку урбанізації та розвитку розумних міст.

Наприклад, подальша реалізація системи моніторингу та управління громадським транспортом дозволяє оперативно та без зайвих складнощів відстежувати переміщення транспорту, переглядати трафік та затори у реальному часі, вчасно та швидко реагувати на аварійні та небезпечні ситуації на дорозі та в транспорті загалом.

Іншим важливим складником та здобутком же розробка системи розумної зупинки. Така система виконує функцію не тільки інфраструктурного об'єкта транспортної системи, а й виступає гарним інформаційним та аналітичним вузлом та інструментом у забезпеченні комфорту та зручності для громадян. В її головні функції входить не тільки інтерактивне інформування та комунікацію з усіма

видами пасажирів, а й підвищення комфорту та часу очікування, генерація цінних та актуальних даних для майбутньої системи перевезень. Завдяки цьому, громадський транспорт стає не просто опцією, а доступним компонентом для кожного з видів населення.

Критично важливою системою розробки розумного міста є моніторинг стану автомагістралей та доріг. Він забезпечує нормативний та належним рівень безпеки для пересувань транспорту та людей. Своєчасне виявлення різного характеру проблем та недоліків на різних ділянках доріг дозволить оперативно та без зайвих ресурсних витрат реагувати на зміну дорожніх умов та забезпечення безпеки громадянам. Зменшення рівня аварійних та небезпечних ситуацій у вигляді ДТП збереже не одне життя в подальшому.

Особливо значущим компонентом великої системи розумного міста та його транспортної інфраструктури є система розумного паркінгу. Автоматизація такої системи дозволить своєчасно фіксувати наявну кількість вільних та зайнятих паркувальних місць, що допоможе в інших аспектах, зокрема в покращенні організації навігації та проведенню аналіз завантаженості паркінг місць в різний час доби та різних днів тижня. Відбудеться значне скорочення часу на пошук вільного паркінг місця та зменшить кількість хаотично припаркованих автомобілів, які перестануть ускладнювати рух пішоходам та зменшиться кількість правопорушень на цьому фоні. Також відбудеться позитивний вплив на навколишню екологічну ситуацію, адже викидів небезпечних домішок стане менше.

Роблячи підсумок даної проведеної роботи, можна сформулювати загальне та цілісне уявлення про транспортну інфраструктуру, Інтернет Речей та шляхи їх поєднання в одну велику та автоматизовану систему. Було розглянуто, яким чином абсолютно різні види та компоненти IoT можуть бути інтегровані в різні аспекти та функції транспорту для майбутнього створення гнучкої автоматизованої та саморегульованої системи. Кожен компонент такої системи не працює окремо від іншого. навпаки, їх правильна робота та ефективність зростає лише завдяки тому, що кожен елемент взаємодіє один з одним. Взаємозв'язок між елементами є

важливим, оскільки навіть одна невелика оптимізація одного з компонентів запускає ланцюгову реакцію позитивних та ефективних змін у всьому загальному процесі транспортного середовища.

Проведений аналіз доводить ефективність побудови IoT-орієнтовної системи транспортної інфраструктури. Це не лише технічно можливо у нашому сучасному світі, а і є стратегічно необхідною умовою покращення рівня життя громадян міста та розвитку сучасних розумних міст. Такий шлях розвитку перетворить урбаністичний простір міста з джерела виникнення проблем та недоліків у велику та інноваційну платформу для нових горизонтів можливостей удосконалення, зручності використання та безпеки на основі технологічного прогресу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. IoT based Smart Transportation System: Implementation and Security Challenges. ResearchGate.
URL: [\(PDF\) IoT based Smart Transportation System: Implementation and Security Challenges](#)
2. IoT-Based Public Transport Management System. ResearchGate.
URL: [\(PDF\) IoT-Based Public Transport Management System](#)
3. Smart Transportation Systems. arXiv.
URL: [Efficient Sensors Selection for Traffic Flow Monitoring: An Overview of Model-Based Techniques Leveraging Network Observability](#)
4. SmartCityBus – A Platform for Smart Transportation Systems. ResearchGate.
URL: [\(PDF\) SmartCityBus - A Platform for Smart Transportation Systems](#)
5. IoT Applications in Transportation. ScienceDirect.
URL: [Transport Infrastructure Development Performance - ScienceDirect](#)
6. Smart Transportation Security. IEEE Xplore.
URL: [Classifying IoT Devices in Smart Environments Using Network Traffic Characteristics | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)
7. Intelligent Transport Systems. IEEE Xplore.
URL: [Securing IoT for smart home system | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#)
8. Transport and IoT Integration. Springer.
URL: [IoT Based Intelligent Transportation System \(IoT-ITS\) for Global Perspective: A Case Study | SpringerLink](#)
9. IoT in Smart Cities. MDPI.
URL: [A Review of Machine Learning and IoT in Smart Transportation](#)
10. IoT for Traffic Control. IEEE Xplore.
URL: [Integration of Smart Phone and IOT for development of smart public transportation system | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#)
11. AI in Transportation Management. IEEE Xplore.

URL: [Smart Sensors: Analysis of Different Types of IoT Sensors | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#)

12. Urban Mobility Monitoring via IoT. IEEE Xplore.

URL: [IoT: Internet of Threats? A Survey of Practical Security Vulnerabilities in Real IoT Devices | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)

13. Connected Vehicle Systems. IEEE Xplore.

URL: [Security analysis on consumer and industrial IoT devices | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#)

14. IoT Solutions for Transportation. Digi.

URL: [IoT in Transportation: Solutions and Applications | Digi International](#)

15. Role of IoT in Modern Logistics. Synex Logistics.

URL: [How is IoT transforming transportation and logistics? - SYNEX Logistics](#)

16. AI and IoT for Safer Roads. Gorilla Technology.

URL: [How AI and IoT Are Making Roads Safer and Smarter](#)

17. Handbook of Intelligent Transport. Springer.

URL: [Applications of Computational Learning and IoT in Smart Road Transportation System | SpringerLink](#)

18. Introduction to IoT. GeeksforGeeks.

URL: [Introduction to Internet of Things \(IoT\) – Set 1 | GeeksforGeeks](#)

19. Combined Transport Services in Europe Decline. CLECAT.

URL: [CLECAT | COMBINED TRANSPORT SERVICES IN EUROPE DECLINE SLIGHTLY IN Q3 2024](#)

20. Smart Mobility for Cities. ACM Digital Library.

URL: [Benchmarking Context-Aware Services for IoT-driven Transportation Systems | Proceedings of the 14th International Conference on the Internet of Things](#)

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

“Система моніторингу та управління транспортною інфраструктурою на основі IoT”

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

Виконала: Єлизавета Хорольська, ІСД-43
Науковий керівник роботи:
Полоневич О.В.

Київ - 2025

Актуальність теми: На сьогоднішній день кількість населення в містах стрімко зростає, що в свою чергу призводить до виникнення певних проблем у сфері транспортної інфраструктури, оскільки вона не адаптована до такої кількості населення. Сучасний розвиток інформаційних технологій та автоматизованих систем характеризується стрімким поширенням Інтернету речей (IoT), який при ефективному використанні може допомогти усунути безліч проблем, що пов'язані з транспортом.

Об'єкт дослідження: транспортна інфраструктура міста.

Предмет дослідження: IoT у транспортній інфраструктурі.

Мета дослідження: розробка систем моніторингу та управління транспортною інфраструктурою та її потоками на основі IoT-рішень.

Завдання дослідження:

- аналіз існуючої транспортної інфраструктури;
- розробка концептуальних моделей систем моніторингу та управління транспортною інфраструктурою;
- створення прототипу системи розумного паркінгу;
- проведення тестування запропонованого прототипу моделі для подальшої реалізації.

Основні недоліки та проблеми транспортної системи в Україні

1. **Зношеність дорожнього покриття**
Переважає більшість доріг, а особливо в регіонах мають серйозні пошкодження на покритті, починаючи від тріщини та закінчуючи провалами. Як наслідок збільшується небезпека на таких дорогах, що призводить до ДТП та пришвидшеному зношенню транспортних засобів.
2. **Недофінансування**
Проблеми з фінансуванням на магістралі беруть свій початок ще з 90-х років. Як наслідок - відсутність нормальних програм оновлення. Бюджети на ремонт або значно скорочуються, або ж розділення відбувається нерівномірно.
3. **Погане управління та корупція**
Кошти, що були виділені на нові масштабні проекти для покращення загального стану часто не відповідають очікуванням. Зазвичай, будуються або ремонтуються дороги, які вже через короткий час потрібно буде знову ремонтувати та знову виділяти на це кошти.
4. **Невідповідність європейським стандартам**
Велика кількість об'єктів інфраструктури не відповідають європейським нормам з безпеки та якості. Вони недоступні для маломобільного населення, чим ускладнюють життя тисяч людей.
5. **Відсутність правильного розвитку**
Транспорт є морально і технічно застарілий, або ж зовсім старим. Такий транспорт не надає правильного комфорту та безпеки його пасажиром, а також не є екологічно придатним.
6. **Складнощі в логістиці**
Недостача ефективних логістичних центрів значно ускладнює перевезення товарів, як внутрішнє, так і міжнародне. Як наслідок - негативний вплив та погіршення загального економічного стану.

Види сенсорів, їх дія та сфери застосування



Температурний



Вологості



Газовий



Світловий



Руховий

Сенсори	Що вимірюють	Зона застосування
Температурні	Температуру середовища або об'єкта	Аграрні системи, холодильні установки
Вологісні	Вологість матеріалів або повітря	Фермерство, промисловість
Газові	Різні гази в повітрі	Детектори в будинках, виробництвах
Світлові	Інтенсивність освітлення	Енергозбереження, освітлення приміщень
Рухові	Рух об'єкту або його наближення	Системи безпеки, автоматичне світло та двері
Тискові	Атмосферний тиск або тиск у системах	Метеостанції, контроль витоків в трубах
Геолокаційні	Координати об'єкта в просторі	Відстеження транспорту, навігаційні системи
Якість води	Температура, провідність, токсичні речовини та рівень pH у воді	Стан водойм, очищення акваріумів та басейнів
Ультразвукові	Відстань до об'єкта	Безконтактні датчики паркування
Вібрації	Колівання або удари	Природні аномалії, системи безпеки



Тисковий



GPS



Якість та рівень води

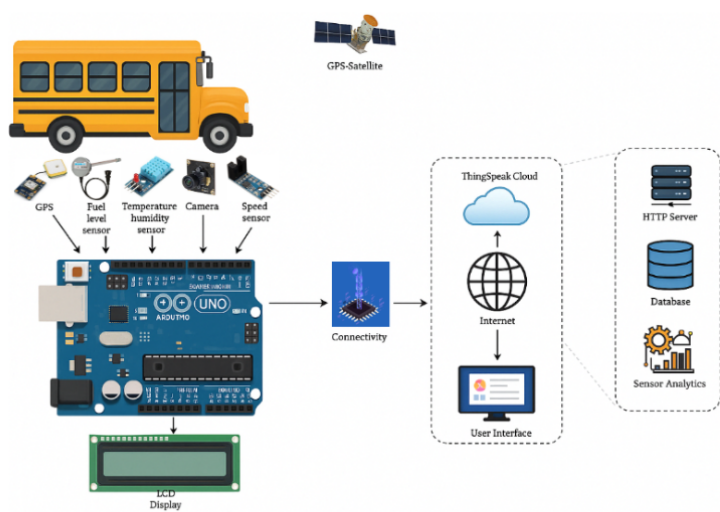


Ультразвуковий



Вібрації

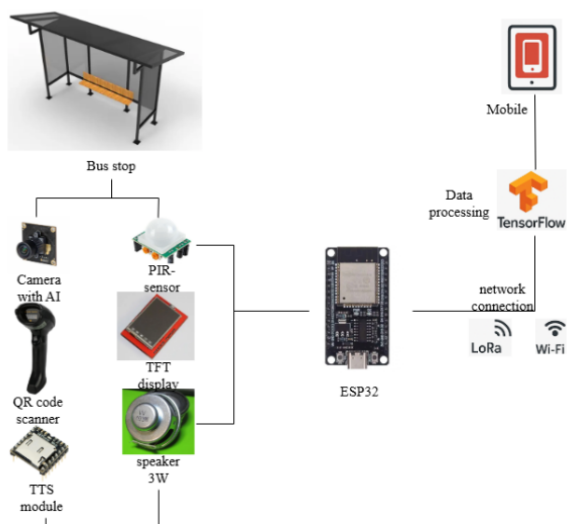
Схема моніторингу та управління громадським транспортом



Датчики схеми:



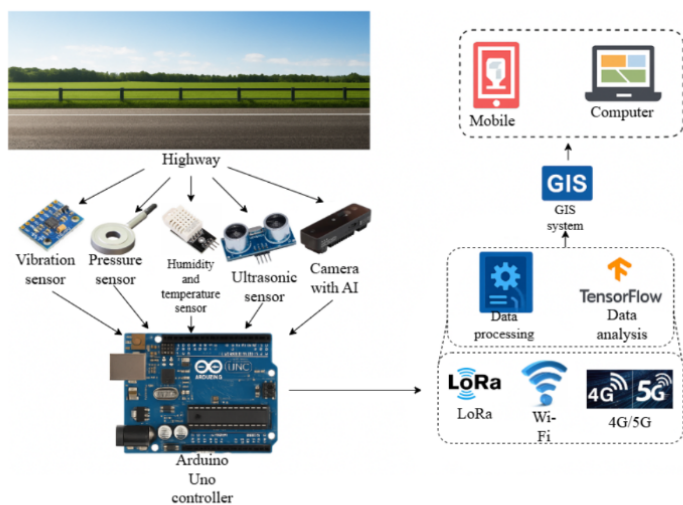
Схема компонентів розумної зупинки



Датчики схеми:



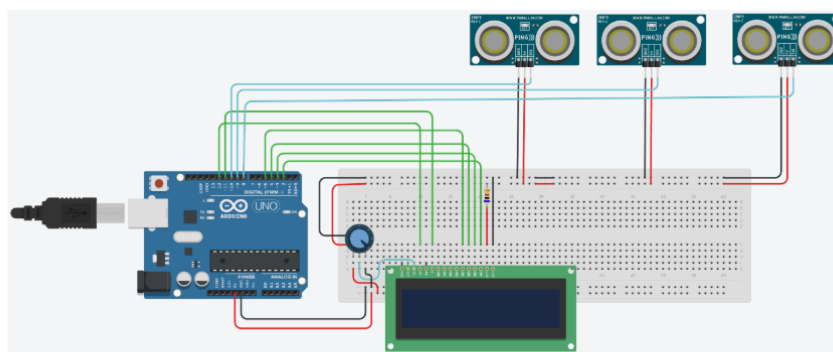
Схема моніторингу стану дороги



Датчики схеми:



Міні схема розумного паркінгу в Tinkercad



Основні компоненти схеми:



Висновки



