

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем


КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

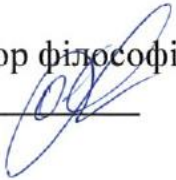
Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

на тему «Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи»

КвРКІП.2302182.02.14.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група КІ2м-23-2  Владислав МАРИНЯК
Підпис Ім'я, прізвище

Керівник д-р. техн. наук, професор  Василь ЯЦКІВ
Науковий ступінь, вчене звання Підпис Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри КІС, доктор філософії, доцент
Ольга ПАВЛОВА 
19 05 2025 р.

Хмельницький, 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 01 ” 09 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Владиславу МАРИНЯКУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи

Керівник проекту (роботи) д.т.н., професор Василь ЯЦКІВ

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 08.01.2025 №8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.05.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Аналіз інформаційних джерел стосовно наявної проблеми

Аналіз відомих методів для створення паркувальних систем

Моделювання процесу створення кіберфізичної системи парковки

Інформаційна технологія проектування кіберфізичної системи парковки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|--|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Нормоконтроль | Сергій ЛИСЕНКО, професор кафедри КПС |  |  |
| Антиплагіат | Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС |  |  |

7. Дата видачі завдання « 01 » 09 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №з/п | Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи магістра | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|------|---|--|----------|
| 1 | Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики КвРМ з керівником | 01.09.2024 | виконано |
| 2 | Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження | 01.10.2024 | виконано |
| 3 | Робота над розділом 1 – аналіз відомих моделей, методів за темою; постановка задачі | 01.11.2024 | виконано |
| 4 | Робота над розділом 2 – розробка моделей для вирішення поставленої задачі | 01.12.2024 | виконано |
| 5 | Робота над науковою статтею | 01.02.2025 | виконано |
| 6 | Робота над розділом 3 – розробка методів для вирішення поставленої задачі | 15.02.2025 | виконано |
| 7 | Робота над розділом 4 – проектування та розробка ПЗ для вирішення поставленої задачі, експериментальна частина | 01.04.2025 | виконано |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки згідно вимог | 18.04.2025 | виконано |
| 9 | Попередній захист ДРМ | 29.04.2025 | виконано |
| 10 | Захист ДРМ на засіданні ЕК | До 15.05.2025 | |

Студент


Підпис

Владислав МАРИНЯК

Ім'я, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Василь ЯЦКІВ

Ім'я, прізвище

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи магістра: Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи.

Автор роботи: Владислав МАРИНЯК.

Керівник роботи: Василь ЯЦКІВ.

Пояснювальна записка: 95 с., 13 рис., 3 дод., 83 джерел.

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, СМАРТ-СИСТЕМИ, РОЗУМНЕ ПАРКУВАННЯ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, РОЗУМНЕ МІСТО, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПАРКУВАЛЬНА СИСТЕМА, ОПТИЧНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ СИМВОЛІВ.

Об'єктом дослідження є процес проектування та розробки економічно ефективних систем керування паркуванням, які можуть працювати в режимі реального часу.

Предметом дослідження є методи та засоби ефективного створення паркувальних систем на основі кіберфізичних систем.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка кіберфізичної системи, що зможе ідентифікувати присутність транспортних засобів на паркувальному місці та передавати цю інформацію в центральну систему моніторингу.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися методи забезпечення функціонування систем з технологією інтернету речей, математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів:

- набув подальшого розвитку метод визначення тривалості паркування на основі розпізнавання із одночасним захопленням зображення;
- набула подальшого розвитку інформаційна технологія проектування та розробки кіберфізичної системи парковки;
- на основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти програмного забезпечення кіберфізичної системи паркування автотранспорту.

У першому розділі здійснено огляд та поняття кіберфізичних систем, зокрема й таких що пропонуються використовувати при проектування розумного паркування.

Також показано актуальність сучасних підходів до проектування та розробки систем паркування в умовах розумних міст та глобалізації урбаністики.

У другому розділі здійснено аналіз існуючих методів та засобів створення кіберфізичних систем. Також виявлено, що дослідницький ландшафт, пов'язаний з розробкою кіберфізичних систем, є динамічною та мультидисциплінарною галуззю, що привертає значну увагу з боку академічних кіл, промисловості та уряду. Аналіз цих досліджень виявляє кілька ключових аспектів, зокрема те, що в загальному кіберфізичні системи визначаються як інженерні системи з глибокою інтеграцією між обчислювальними (кібернетичними) і фізичними компонентами. Ця інтеграція дозволяє взаємодіяти в реальному часі і контролювати фізичні процеси за допомогою обчислень і комунікації.

Серед ключових характеристик виділяють паралельність, розподіленість, обмеженість ресурсів (особливо у вбудованих компонентах), надійність, безпеку та роботу на основі даних.

Економічний потенціал кіберфізичних систем широко визнаний як набагато більший, ніж реалізований зараз, що в свою чергу стимулює значні глобальні інвестиції в їх розвиток.

У третьому розділі подано метод створення автоматизованої системи, яка об'єднує датчики, обробку зображень та керування базою даних для вирішення цих проблем. Одна камера контролює кілька паркувальних місць із попередньо визначеними координатами, пов'язаними з інфрачервоними датчиками для подвійної перевірки.

У четвертому розділі подано проектування архітектури кіберфізичної системи паркування із врахуванням всіх складових, що необхідні для функціонування кіберфізичної системи на фізичному та кібернетичному рівні.

Інтеграція розробленої кіберфізичної системи відкрила можливості для її практичного застосування в ключових областях: інфраструктурі «розумного міста»

(зокрема, в системах керування паркуванням та автоматизованого білінгу). Завдяки застосуванню сучасних технологій, результати цього дослідження демонструють реальний підхід до оптимізації міської мобільності, що потенційно призведе до зменшення транспортних заторів, підвищення ефективності управління доходами та сприяння більш екологічному підходу до організації міського руху для майбутніх поколінь.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ | 4 |
| ВСТУП..... | 5 |
| 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ВИЯВЛЕННЯ НАЯВНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАВДАНЬ..... | 8 |
| 1.1 Огляд та поняття кіберфізичних систем | 8 |
| 1.2 Аналіз існуючих досліджень | 14 |
| 1.3 Дослідження засобів технологічних рішень створення кіберфізичних систем..... | 19 |
| 1.4 Постановка задачі | 22 |
| 1.5 Висновки..... | 23 |
| 2 МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ТА ТРИВАЛОСТІ ПАРКУВАННЯ | 25 |
| 2.1 Алгоритм визначення тривалості паркування автотранспорту | 25 |
| 2.2 Модель процесу визначення присутності та тривалості паркування автотранспорту | 28 |
| 2.3 Висновки..... | 35 |
| 3 МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ | 37 |
| 3.1 Основи методу автоматизованого розпізнавання зображення..... | 37 |
| 3.2 Експериментальні дослідження методу | 49 |
| 3.3 Висновки..... | 50 |
| 4 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ПАРКОВКИ..... | 51 |
| 4.1 Розробка архітектури програмного забезпечення кіберфізичної системи парковки | 51 |
| 4.2.1 Діаграма варіантів використання для програмного забезпечення..... | 55 |
| 4.2.2 Діаграма станів та діяльності програмного забезпечення..... | 58 |
| 4.3 Інтерфейс програмного забезпечення парковки | 62 |
| 4.4 Висновки | 67 |

| | |
|--|----|
| ВИСНОВКИ | 68 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ | 71 |
| ДОДАТОК А Лістинг програмного забезпечення..... | 79 |
| ДОДАТОК Б Матеріали тез доповіді конференції..... | 85 |
| ДОДАТОК В Презентаційний матеріал..... | 87 |

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КФС – кіберфізична система

РП – розумне паркування

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ОРС – оптичне розпізнавання символів

ВСТУП

Кіберфізичні системи (КФС) належать до захоплюючої та дедалі важливішої галузі інформаційних технологій, адже вони надають можливість позитивно покращити якість життя людей в багатьох сферах, починаючи від транспорту, охорони здоров'я, сільського господарства, виробництва, розумних мереж і повсякденного життя.

Однак, ключовою проблемою є потреба в тому, щоб інженерні інновації працювали в координації з інноваціями в інформаційних технологіях, оскільки в даному питанні фізичне зустрічається з цифровим. Розробка спільних мов та інших спільних рис у цій галузі сприятиме майбутньому розвитку таких систем. Крім того, як і у випадку з багатьма технологічними досягненнями, непередбачені наслідки інтеграції кіберфізичних систем, ймовірно, виникнуть у майбутньому, і тому важливо заздалегідь подумати про етику, що оточує ці системи, і про те, як майбутнє регулювання може обмежити ризики, пов'язані з безпекою, відповідальністю, конфіденційністю тощо.

Кіберфізичні системи інтегрують обчислювальні компоненти (обробку інформації) з фізичними процесами, які взаємодіють через мережу. Технологічні досягнення в «Інтернеті речей» [1], «робототехніці» [3] та «автономних транспортних засобах» [1, 2, 3] є основою для створення кіберфізичних систем, і сьогодні є приклади успішних кіберфізичних систем всюди від потягів без водіїв до розумних будівель, побутової техніки та повсякденних предметів, таких як роботи-прибиральники, переносні фітнес-пристрої чи електричні велосипеди.

Загалом кіберфізичні системи (КФС) є рушійною силою широкого спектру цікавих застосувань: від «розумних» міст до «розумної» охорони здоров'я. На відміну від традиційних вбудованих систем, КФС працюють у непередбачуваному середовищі, в якому вони повинні відповідати суворим вимогам, таким як наскрізна своєчасність і стабільність фізичної системи. Сфера КФС вирішує ці критичні проблеми шляхом вдалої інтеграції обчислювальних і фізичних компонентів та їх взаємодії. У другому десятилітті після свого зародження як

міждисциплінарної галузі, КФС зростає як динамічна наукова та інженерна дисципліна.

З експоненціальним зростанням кількості транспортних засобів у сьогоденних міських ландшафтах управління паркуванням і розрахунку тарифу для отримання прибутку створює значні проблеми для містобудівників і операторів паркування. Потреба в точних і автоматизованих системах моніторингу паркування стає все більш актуальною для розподілу паркувальних та резервування паркувальних місць, виявлення несанкціонованих паркувань і розрахунку вартості паркування. Традиційні ручні методи неефективні та схильні до помилок, напружують ресурси та ставлять під загрозу потоки доходів. Це підкреслює терміновість пошуку надійного рішення для зазначених вище потреб. Ці дослідницькі зусилля спрямовані на розробку комплексної системи, яка об'єднує передові технології для виявлення припаркованих транспортних засобів, вимірювання тривалості перебування та розрахунку тарифів у режимі реального часу.

Актуальність роботи полягає в розробці методу ефективності створення парковки автотранспорту на основі кіберфізичної системи.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка кіберфізичної системи, що зможе ідентифікувати присутність транспортних засобів на паркувальному місці та передавати цю інформацію в центральну систему моніторингу.

Поставлена мета досягається розв'язанням таких основних завдань:

- здійснити аналіз поняття кіберфізичних систем;
- проаналізувати відомі методи та засоби проектування та розробки паркувальних систем;
- здійснити опис концептуальної моделі визначення тривалості паркування;
- здійснити опис удосконаленого методу автоматизованого розпізнавання зображення.

Об'єктом дослідження є процес проектування та розробка економічно ефективних систем керування паркуванням, які можуть працювати в режимі реального часу.

Предметом дослідження є методи та засоби ефективного створення паркувальних систем на основі кіберфізичних систем.

Наукова новизна отриманих результатів:

- набув подальшого розвитку метод визначення тривалості паркування на основі розпізнавання із одночасним захопленням зображення;
- набула подальшого розвитку інформаційна технологія проектування та розробки кіберфізичної системи парковки.

На основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти програмного забезпечення кіберфізичної системи паркування автотранспорту.

Практична значущість отриманих результатів полягає у використанні в таких сферах, як інфраструктура розумного міста, управління паркуванням і автоматичне виставлення рахунків. Використовуючи потужність передових технологій дане дослідження пропонує відчутний шлях до зменшення заторів, оптимізації доходів і сприяння більш стійкій екосистемі міської мобільності для прийдешніх поколінь.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися методи забезпечення функціонування систем з технологією інтернету речей, методи математичного моделювання.

За темою кваліфікаційної роботи опубліковано одну публікацію тез доповіді «Кіберфізична система паркінгу» [33] у збірнику XV Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2025».

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ВИЯВЛЕННЯ НАЯВНИХ ПРОБЛЕМ І ЗАВДАНЬ

1.1 Огляд та поняття кіберфізичних систем

З поширенням комп'ютерних технологій з'являються системи, що складаються як з цифрових (або кібернетичних), так і з фізичних компонентів, вони називаються кіберфізичними системами (КФС).

За визначенням Гілл [2] кіберфізичними системами є фізичні, біологічні та інженерні системи, операції яких інтегровані, відстежуються та/або контролюються обчислювальним ядром. Комп'ютери об'єднані в мережу на всіх рівнях.

Відповідно, обчислення глибоко вбудовані в кожен фізичний компонент, можливо, навіть у матеріали. Обчислювальне ядро у вбудованому комп'ютері, у вбудованій системі, як правило, вимагає реакції в реальному часі, і найчастіше є розподіленим.

Насправді, КФС складаються з трьох основних типів компонентів:

- фізичні елементи (відстежувані та/або керовані);
- інтерфейси (мережеві компоненти та інші посередники, зокрема включаючи датчики, виконавчі механізми, аналого-цифрові (АЦП) та цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі);
- кібернетичні, вбудовані пристрої (обробка інформації та взаємодія між собою та з навколишнім середовищем).

Також КФС часто характеризуються розподіленням, роботою в реальному часі та зворотним зв'язком. Особливі аспекти, такі як, наприклад, незворотність і неможливість випередження необхідно брати до уваги, і в багатьох випадках вони є джерелом проблем.

Електрична зубна щітка, яка стежить за тим, наскільки добре очистяться зуби, холодильник, яким можна керувати з телефону, автоматизовані склади, які сортують замовлення з інтернет-магазинів, і домашнє освітлення, кероване персональними цифровими асистентами – це приклади багатьох тисяч

комп'ютерно-керованих систем, які взаємодіють з фізичним світом. Ці системи використовують датчики для вимірювання навколишнього середовища, запускають програмне забезпечення для прийняття рішень про обробку даних, а потім змінюють вихідні дані пристроїв, щоб впливати на світ. Комп'ютери, що керують фізичними процесами та системами, існують майже так само довго, як і самі комп'ютери.

Отже, кіберфізичні системи пов'язують фізичні процеси з обчисленнями. Комп'ютери відстежують і контролюють процеси та реагують на зміни, зазвичай у режимі реального часу. Загалом, проектування кіберфізичних систем є складним завданням. Процес проектування стає дедалі складнішим, вимагаючи залучення багатьох експертів з різних галузей для спільної роботи над проектуванням сучасних систем. Такими складними кіберфізичними системами наприклад, є вбудовані в автомобілі. Ці автомобілі характеризуються безперервним зв'язком для підтримки багатьох пов'язаних між собою функцій, наприклад, пов'язаних з автономним водінням, обслуговуванням та енергетичним менеджментом в електромобілях.

В результаті з цих функцій збирається велика кількість даних. Аналіз цих функцій і систем, що лежать в їх основі систем, за допомогою даних з підключеного автомобіля відіграє вирішальну роль у їхньому вдосконаленні.

Управління міським паркуванням стає все більш складним завданням зі збільшенням кількості транспортних засобів та обмеженим паркувальним простором. Традиційні методи часто не дають результатів у години пік, що призводить до неефективності, несанкціонованого використання та втрати прибутку. Наприклад, автостоянка, розрахована на 300 транспортних засобів, часто заповнена понад 90% у години пік, що створює затори та неточності у виставленні рахунків.

З величезним зростанням, шаленими темпами кількості транспортних засобів у сьогоднішніх міських ландшафтах управління паркуванням і розрахунок тарифу для отримання прибутку створює значні проблеми для містобудівників і операторів паркування. Потреба в точних і автоматизованих системах моніторингу паркування

стає все більш актуальною для розподілу паркувальних місць, резервування паркувальних місць, виявлення несанкціонованих паркувань і розрахунку вартості паркування. Традиційні ручні методи неефективні та схильні до помилок, напружують ресурси та ставлять під загрозу потоки доходів. Це підкреслює терміновість пошуку надійного рішення для зазначених вище потреб. Ці дослідницькі зусилля спрямовані на розробку комплексної системи, яка об'єднує передові технології для виявлення припаркованих транспортних засобів, вимірювання тривалості перебування та розрахунку тарифів у режимі реального часу. Мета – створити надійну та ефективну систему управління паркуванням, яка б вирішила цю актуальну проблему. Щоб прояснити всю серйозність ситуації, розглянемо типовий міський сценарій: гамірна автостоянка з теоретичною місткістю 300 транспортних засобів зазвичай працює з 85% наповненістю.

Однак, у години пік ця цифра значно зростає (до 95%), що призводить до перевантаження, незадоволеності клієнтів і значних втрат доходу через неточні методи виставлення рахунків. Вирішуючи цю критичну проблему за допомогою автоматизації дане дослідження спрямоване на підвищення ефективності роботи систем керування паркуванням. Емпіричні дані, отримані в ході пілотного впровадження, підкреслюють трансформаційний потенціал запропонованої автоматизованої системи: було помічено вражаюче 30% скорочення розбіжностей у виставленні рахунків і, як наслідок, 20% зростання прибутку для операторів паркування, що підтверджує ефективність підходу. Крім того, наслідки цього дослідження виходять далеко за межі управління паркуванням. Також можна розглядати його ширші наслідки для систем стягнення плати за проїзд, де моніторинг заповненості транспортного засобу та розрахунку вартості проїзду в режимі реального часу може зменшити затори, оптимізувати потоки доходів і покращити загальний досвід міського транспорту.

По суті, КФС – це інженерні системи, які інтегрують обчислення, комунікацію та управління з фізичними процесами. На відміну від традиційних програмних систем, які переважно маніпулюють інформацією, КФС безпосередньо

взаємодіють з реальним світом і впливають на нього, а отже мають ряд властивостей:

- тісна інтеграція;
- взаємодія в реальному часі;
- паралельність і паралелізм;
- розподілена природа;
- обмеження ресурсів;
- орієнтованість на дані;
- надійність та безпека;
- використання гібридних систем.

Визначальною характеристикою КФС є глибока та безшовна інтеграція між кібернетичними (обчислювальними та комунікаційними) і фізичними (механічними, електричними, хімічними, біологічними) компонентами. Зміни у фізичному світі безпосередньо впливають на кібернетичний рівень, а обчислення на кібернетичному рівні можуть безпосередньо керувати фізичними виконавчими механізмами.

Багато КФС вимагають своєчасної та часто детермінованої взаємодії з фізичним середовищем. Це означає, що програмне забезпечення повинно реагувати на події і контролювати фізичні процеси в межах певних часових обмежень. Недотримання цих термінів може мати фізичні наслідки.

У КФС часто задіяні численні датчики, які збирають дані одночасно, і кілька виконавчих механізмів, які виконують дії паралельно. Програмне забезпечення має бути розроблене таким чином, щоб ефективно та надійно обробляти цей паралелізм.

КФС часто є розподіленими системами, з обчислювальними вузлами, вбудованими у фізичні пристрої та взаємодіють через мережі. Це створює проблеми, пов'язані з мережевою затримкою, надійністю та узгодженістю даних.

Програмне забезпечення вбудованих компонентів КФС часто працює в умовах жорстких ресурсних обмежень, включаючи обмежену обчислювальну

потужність, пам'ять та енергію, що в свою чергу вимагає ефективної розробки алгоритмів та управління ресурсами.

З огляду на безпосередню взаємодію з фізичним світом, надійність і безпека КФС мають першорядне значення. Програмне забезпечення має бути надійним, відмовостійким і розробленим з урахуванням міркувань безпеки (наприклад, механізми захисту від збоїв).

КФС генерують величезні обсяги даних з датчиків, а тому програмне забезпечення відіграє вирішальну роль у зборі, обробці, аналізі та використанні цих даних для моніторингу, контролю, оптимізації та прогнозування.

Поведінка КФС часто є поєднанням дискретних подій (наприклад, спрацьовування датчика) і безперервної динаміки (наприклад, зміна температури). Моделювання та міркування про таку гібридну поведінку представляють унікальні програмні виклики.

Під час розробки та впровадження кіберфізичних систем необхідно враховувати такі ключові аспекти для розробників програмного забезпечення:

- програмування вбудованих систем;
- мережі та комунікації;
- збір та обробка даних з датчиків;
- системи управління;
- паралельне програмування;
- безпека;
- тестування та валідація;
- інтеперабельність та стандарти;
- розробка на основі моделей.

Значна частина розробки КФС пов'язана з програмуванням вбудованих систем з операційними системами реального часу (RTOS) або «голими металами» (bare-metal). Поширеними є такі мови, як C, C++, Rust.

Розуміння різних протоколів зв'язку (наприклад, Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, шина CAN, промислові протоколи, такі як Modbus і OPC UA) має вирішальне значення для побудови розподілених КФС.

Розробники повинні працювати з різними типами датчиків, розуміти формати їхніх даних та впроваджувати програмне забезпечення для збору, фільтрації, калібрування та об'єднання даних.

Знайомство з основними концепціями теорії керування (наприклад, петлі зворотного зв'язку, PID-регулятори) може бути корисним при розробці програмного забезпечення, яке взаємодіє з виконавчими механізмами для керування фізичними процесами.

Розробка програмного забезпечення КФС може відбуватись в режимі реального часу, тому вона повинна відповідати суворим часовим вимогам, що в свою чергу передбачає розуміння таких понять, як планування завдань, обробка переривань і примітивів синхронізації.

Використання таких методів, як багатопотоковість, багатопроцесорність та асинхронне програмування, є важливим для роботи з паралельною природою КФС. Розробка програмного забезпечення для зберігання, обробки та аналізу великих масивів даних, часто передбачає роботу з базами даних, платформами потокової передачі даних та інструментами аналізу даних.

Кібербезпека є критично важливим питанням, оскільки КФС можуть бути об'єктами зловмисних атак з потенційно серйозними фізичними наслідками. Розробники повинні впроваджувати найкращі практики безпеки, включаючи безпечний зв'язок, автентифікацію та авторизацію.

Ретельне тестування та валідація мають вирішальне значення для забезпечення надійності та безпеки КФС. Це часто включає в себе тестування та моделювання апаратного забезпечення в циклі.

Дедалі частіше використовуються підходи до розробки на основі моделей, коли програмне забезпечення створюється на основі високорівневих моделей поведінки системи. Розуміння мов та інструментів моделювання може бути також корисним.

Оскільки КФС стають все більш взаємопов'язаними, розуміння стандартів і протоколів інтероперабельності є важливим для побудови систем, які можуть взаємодіяти з іншими пристроями та системами.

Загальний вигляд структури кіберфізичної системи, що включає всі її компоненти, відображено на рисунку 1.1 [4].

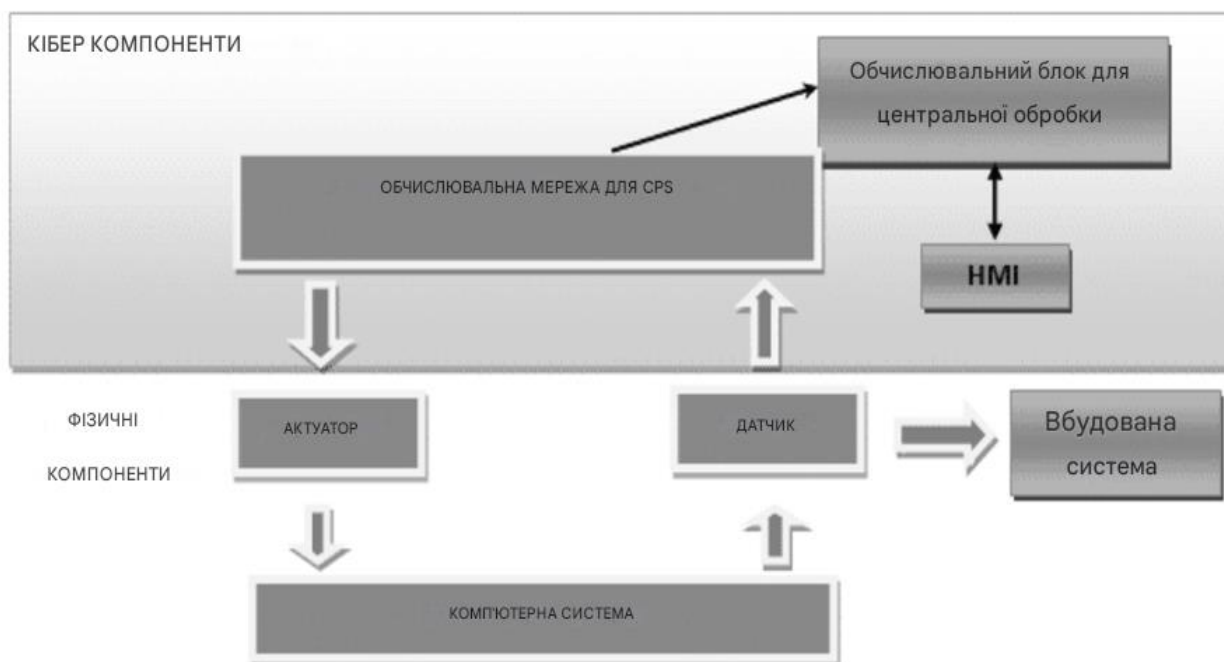


Рисунок 1.1 – Загальна структура кіберфізичної системи

1.2 Аналіз існуючих досліджень

Дослідження в галузі розробки КФС є динамічною і важливою сферою, зумовленою трансформаційним потенціалом цих систем у багатьох галузях промисловості. Незважаючи на значні досягнення в таких сферах, як інтеграція штучного інтелекту, цифрові двійники і дизайн на основі моделей, проблеми, пов'язані зі складністю, безпекою, обмеженнями в реальному часі і потребою в міждисциплінарному досвіді, залишаються центральними для поточних досліджень.

Існує багато досліджень щодо систем розумного паркування для закритого паркування, відкритого паркування чи паркування на вулиці. Основна увага залишається на виявленні припаркованих транспортних засобів у слоті та збереженні даних про транспортний засіб шляхом вилучення номерного знака. Схема паркування визначає розташування пристроїв IoT для виявлення

транспортних засобів. Деякі рішення виявилися дорогими, а деякі – зі збільшеною затримкою виявлення тощо. Зі зростанням технологій, що підтримують IoT, виявлення припаркованих транспортних засобів і виділення паркувальних місць можна ефективно здійснювати за допомогою різних датчиків і мікроконтролерів разом із камерами. Деякі дослідження використовують окремі камери для кожного паркувального місця для виявлення номерних знаків транспортного засобу, що робить установку досить дорогою.

Зазначена технологія служить основою для запропонованого дослідження, одночасно спрямованого на зниження вартості впровадження. У [2] підкреслюється інтеграцію датчика відстані разом із Pi-камерою в кожне місце для паркування для точного виявлення транспортного засобу та передачі даних у реальному часі до центральної системи моніторингу.

Дослідження демонструє, як SPIN-V підвищує ефективність керування паркуванням, виявляючи прибуття транспортного засобу за допомогою датчика відстані, який знімає зображення транспортного засобу за допомогою Pi-камери для вилучення номерного знака. Однак вартість, пов'язана з цим, досить висока, оскільки кожне паркувальне місце забезпечено, наприклад Raspberry Pi з камерою. Крім того, пропонується встановити пристрій SPIN-V на стіну, що обмежує застосування дослідження до певної схеми паркування. Ні відкритий паркінг, ні закритий паркінг без перегородки не можуть використовувати цей пристрій.

Нещодавнє дослідження пропонує систему керування паркуванням автомобілів у реальному часі (RTCPMS), яка використовує обробку зображень і бездротові периферійні пристрої з підтримкою мікроконтролерів. RTCPMS замінює Raspberry Pi на ESP32 у кожному паркувальному місці разом із ІЧ-датчиком, який виявляє присутність автомобіля в слоті. ESP32 взаємодіє із сервером за допомогою технології зв'язку Wi-Fi. Камера HP-W100 використовується на кожній стоянці для зйомки номерного знака. Це дослідження зменшує вартість інфраструктури завдяки використанню ESP32 замість Raspberry Pi. Однак, окремі камери для паркувальних місць збільшують вартість інфраструктури. Ще одне дослідження в [5] пропонує систему розумного

паркування на основі Інтернету речей для міського паркування. Тут ESP32 замінено мікроконтролером Arduino, що додатково знижує вартість обладнання. Однак, у вказаному дослідженні не йдеться про якийсь конкретний зв'язок із місцем паркування. Тому ІЧ-датчика з Arduino достатньо, щоб виявити присутність автомобіля на парковці. Також це дослідження демонструє поглиблене вивчення існуючих технологічних підходів у цій галузі, охоплюючи поточні досягнення у виявленні транспортних засобів на основі камери, розпізнаванні номерних знаків і підтвердженні присутності на основі ІЧ-датчика. Запропонована система пояснює архітектуру системи, яка об'єднує виявлення транспортних засобів, пов'язаних з координатами інфрачервоних датчиків для перевірки паркувальних місць і Tesseract OCR для точного зчитування номерних знаків, щоб досягти більш надійного моніторингу транспортних засобів і оцінки вартості проїзду. Також представлено експериментальні результати, з аналізом продуктивності та ефективності системи за допомогою таких показників, як точність виявлення транспортного засобу через розпізнавання номерного знака, точність відстеження заповненості та точність розрахунку вартості проїзду, з візуалізаціями, що демонструють ключові вдосконалення. Окреслюються основні внески дослідження, зокрема, у підвищенні надійності виявлення транспортних засобів за допомогою інтеграції ІЧ-датчика та відображення координат. Він також визначає потенційні майбутні розробки в інтелектуальних лічильниках та ідентифікаційних технологіях, прокладаючи шлях для інновацій у масштабованих та динамічних системах керування паркуванням. Технологія, служить основою для запропонованого дослідження, одночасно спрямованого на зниження вартості впровадження. У [3] підкреслюється інтеграція датчика відстані разом із Рі-камерою в кожне місце для паркування для точного виявлення транспортного засобу та передачі даних у реальному часі до центральної системи моніторингу. Використовуючи потужність передових технологій, він пропонує відчутний шлях до зменшення заторів, оптимізації доходів і сприяння більш стійкій екосистемі міської мобільності для прийдешніх поколінь. Тому в цій роботі камера не використовується.

Деякі дослідження використовують окремі камери для кожного паркувального місця для виявлення номерних знаків транспортного засобу, що робить установку досить дорогою, застосовується як до закритих, так і до відкритих парковок.

У дослідженні Мін Літа Лі Чжана [6] представлено інноваційний метод розпізнавання номерних знаків (LPR), заснований на алгоритмі YOLOv6, який обіцяє підвищену точність та ефективність для інтелектуальних систем паркування. Система, досліджена Мунаваром та ін. [8], є автоматизованим ідентифікатором транспортного засобу для високобезпечних зон, що використовує розпізнавання зображень для номерних знаків транспортного засобу та ідентифікацію власника. Він контролює доступ до воріт і повідомляє зареєстрованим власникам про несанкціоновані входи. Пропонуючи багатофункціональні програми, крім безпеки, потенційні проблеми включають залежність від якості зображення, сприйнятливості до помилкової ідентифікації, а також проблеми з інтеграцією та масштабованістю. Для забезпечення надійності та ефективності необхідне постійне обслуговування та оновлення. Запропонована модель значно покращує можливості LPR, використовуючи спеціалізований набір даних і точні методології. Однак, необхідні подальші дослідження, щоб розглянути варіації в реальному світі та забезпечити масштабованість і надійність у різноманітних середовищах паркування.

У статті Paranjare та інших [7] демонструється, що система Smart Parking System використовує вдосконалені датчики та технологію камери, а також OCR, щоб автоматизувати процеси паркування, оптимізувати оплату та зменшити затори в міських районах. Незважаючи на його переваги, можуть виникнути проблеми з масштабованістю, точністю OCR і безпекою платіжних шлюзів, що вимагає постійного моніторингу та оновлень для оптимальної продуктивності.

Автори відзначають, що технології розпізнавання транспортних засобів, такі як розпізнавання номерних знаків, радіочастотна ідентифікація та комп'ютерне бачення, відіграють життєво важливу роль у розумних системах паркування, забезпечуючи автоматичну ідентифікацію та відстеження транспортних засобів,

коли вони в'їжджають на стоянку або виїжджають із неї. Хоча кожен метод має свої переваги та обмеження. Наприклад, розпізнавання номерних знаків забезпечує високу точність, але на нього можуть впливати погодні умови, а комп'ютерне бачення забезпечує комплексний аналіз, але може потребувати інтенсивних обчислень. Разом вони сприяють ефективному керуванню паркуванням. Крім того, технології інтелектуального продажу квитків, включаючи мобільні додатки, QR-коди та NFC, інтегровані в інтелектуальні системи паркування для видачі, перевірки та керування квитками або дозволами на паркування, підвищуючи зручність для користувачів, оптимізуючи процеси оплати та зменшуючи адміністративні витрати для операторів. Однак, ці технології також викликають серйозні занепокоєння забезпечення конфіденційності та безпеки даних і усунення цифрового розриву між користувачами, які можуть не мати доступу до смартфонів чи інших інтелектуальних пристроїв.

У той час як попередні дослідження в основному зосереджувалися на виявленні стану зайнятості паркувальних місць, ці системи не повністю вирішували всі пов'язані з цим проблеми. Незважаючи на надання цінних даних про доступність паркувальних місць, вони не вирішували ефективно питання оптимізації використання місць для паркування. Як наслідок, на контрольованих паркувальних майданчиках зберігається велика кількість заторів, де деякі місця залишаються вільними, а інші переповнені, що часто призводить до того, що «кілька автомобілів ведуть конкурентну боротьбу за одне місце». Таким чином, незважаючи на те, що дані про стан заповнюваності є вирішальними, необхідно розробити стратегії для ефективного використання цих даних для пом'якшення заторів і оптимізації використання паркувальних ресурсів.

В глобальному масштабі широко використовуються розумні системи паркування в містах із підтримкою Інтернету речей. І, оскільки люди створюють більш стійкі та ефективні міста, розумні системи паркування є життєво важливими для зменшення заторів і покращення міської мобільності. За словами Альтуджмана та Малеклоо [11], розумні системи паркування з підтримкою Інтернету речей можуть кардинально змінити спосіб паркування, зробивши його швидшим,

зручнішим та екологічнішим. Надаючи інформацію про наявність паркувальних місць у режимі реального часу, ці системи можуть допомогти водіям швидко знаходити місця для паркування, скорочуючи час, витрачений на об'їзд кварталу, і зменшуючи забруднення повітря.

Розумні системи паркування автомобілів на основі Інтернету речей це можливість паркуватися легко, коли водій швидко може знайти вільне місце. Розумні системи паркування автомобілів на основі Інтернету речей роблять це реальністю. Shaikh та інші [2, 4, 6, 7] розробили інноваційний інтелектуальний паркувальний агент на основі інтернету речей з використанням Raspberry Pi, який забезпечує ефективне керування паркуванням і зменшує затори. Ця технологія має потенціал змінити досвід паркування, зробивши його більш ефективним, зручним і без стресу.

Технології розпізнавання транспортних засобів є основою інтелектуальних систем паркування. Dung і Cho у [13] продемонстрували потужність глибокого навчання та камер «риб'яче око» у виявленні зайнятості автостоянки, підкресливши потенціал комп'ютерного зору в цій області. Використовуючи ці технології, можна створювати більш точні та ефективні системи розпізнавання транспортних засобів, покращуючи керування паркуванням і покращуючи загальний досвід.

1.3 Дослідження засобів технологічних рішень створення сучасних систем паркування

Ефективне управління вуличними паркувальними місцями має вирішальне значення для зменшення заторів та забезпечення безперебійного процесу паркування. Впровадження розумних рішень для паркування значно покращило досвід паркування для водіїв і дозволило владі більш ефективно забезпечувати дотримання правил паркування. Однією з таких технологій є використання недорогих датчиків, які відстежують наявність вільних місць у режимі реального часу. Ці датчики передають дані до централізованої системи, до якої водії можуть

отримати доступ через додатки для смартфонів, надаючи їм інформацію про вільні місця для паркування поблизу.

Прикладом того, як працюють технології вуличного паркування, є місто Левен у Бельгії. Місто впровадило рішення розумного паркування під назвою «Shop and Go» для позавуличного паркування біля вільного від автомобілів історичного центру міста та торгових вулиць. Ця система пропонує невелику кількість безкоштовних місць для паркування на вулиці, дозволяючи водіям паркуватися максимум 45 хвилин шість днів на тиждень. Для контролю тривалості паркування встановлені датчики, які в цифровому вигляді відстежують час, проведений транспортними засобами на цих паркувальних місцях. Коли транспортний засіб перевищує ліміт часу, паркувальники отримують повідомлення, а водієві може бути виписаний штраф. Така інтеграція паркувальних датчиків та цифрового моніторингу забезпечує ефективне дотримання правил паркування та сприяє обігу паркувальних місць у місцях з високим попитом.

Інтернет речей (IoT) змінює те, як відбуваються подорожі, і паркування не є винятком. Як обговорювали Насреддін та ін. у [14], IoT має потенціал революціонізувати різні аспекти транспорту, включаючи управління паркуванням. Використовуючи технології Інтернету речей, є можливість створювати інтелектуальні системи паркування, які надають дані про доступність паркувальних місць у реальному часі, оптимізують використання паркувальних місць і зменшують затори.

Інтелектуальні системи керування паркуванням відіграють досить ключову роль, оскільки традиційні системи паркування часто неефективні та викликають розчарування. З іншого боку, інтелектуальні системи керування паркуванням створені для безперебійного та зручного паркування.

Alsafar та ін.[15] розробили інтелектуальну систему керування паркуванням за допомогою Інтернету речей, яка забезпечує ефективне керування паркуванням і зменшує затори. Ця технологія має потенціал змінити досвід паркування, зробивши його швидшим, зручнішим і приємнішим.

Ефективні системи керування паркуванням мають вирішальне значення для зменшення заторів та оптимізації використання паркувального простору. Вантагуді та ін. [16] запропонували інноваційну систему керування паркуванням, яка використовує технології Інтернету речей для надання інформації про наявність паркувальних місць у реальному часі та оптимізації розподілу паркувальних місць. Ця система потенційно може зменшити затори, зменшити забруднення повітря та покращити загальне враження від паркування.

Комп'ютерне бачення – це потужна технологія з численними застосуваннями в інтелектуальних системах паркування. Як обговорювали Грімсон і Манді [14], комп'ютерний зір можна використовувати для різних застосувань, включаючи розпізнавання та відстеження транспортних засобів. Szeliski [18] надав вичерпний огляд алгоритмів і програм комп'ютерного зору, підкресливши їхній потенціал у системах інтелектуального паркування. Використовуючи комп'ютерне бачення, можна створити більш точні та ефективні системи розпізнавання транспортних засобів, що призведе до покращеного керування паркуванням.

Автоматичне розпізнавання номерних знаків (APHZ, ALPR) є критично важливим компонентом інтелектуальних систем паркування. Чанг та ін. [15] продемонстрували потужність ALPR для ідентифікації транспортних засобів, підкресливши її потенціал у інтелектуальних системах паркування. ALPR може отримувати інформацію про номерні знаки із зображень, зроблених камерами, забезпечуючи ефективну ідентифікацію та відстеження автомобіля.

Розпізнавання номерних знаків транспортних засобів є складною справою, особливо в складних умовах. Гоу та ін. [16] запропонували систему розпізнавання номерних знаків транспортних засобів на основі екстремальних регіонів і обмежених машин Больцмана, підкреслюючи її потенціал у системах інтелектуального паркування. Використовуючи цю технологію, є можливість створити більш точні та ефективні системи розпізнавання транспортних засобів, що призведе до покращеного керування паркуванням і кращого загального досвіду.

1.4 Постановка задачі

Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка кіберфізичної системи, що зможе ідентифікувати присутність транспортних засобів на паркувальному місці та передавати цю інформацію в центральну систему моніторингу.

Поставлена мета досягається розв'язанням таких основних завдань:

- здійснити аналіз поняття кіберфізичних систем;
- проаналізувати відомі методи та засоби створення паркувальних систем.

Об'єктом дослідження є процес проектування та розробку економічно ефективних систем керування паркуванням, які можуть ефективно працювати в режимі реального часу.

Предметом дослідження є методи та засоби ефективного створення паркувальних систем на основі кіберфізичних систем.

Наукова новизна отриманих результатів:

- набув подальшого розвитку метод визначення тривалості паркування на основі розпізнавання із одночасним захопленням зображення;
- набула подальшого розвитку інформаційна технологія проектування та розробки кіберфізичної системи парковки;
- на основі проведених досліджень розроблена архітектура і компоненти програмного забезпечення кіберфізичної системи паркування автотранспорту.

Практична значимість отриманих результатів полягає у використанні в таких сферах, як інфраструктура розумного міста, управління паркуванням і автоматичне виставлення рахунків. Використовуючи потужність передових технологій дане дослідження пропонує відчутний шлях до зменшення заторів, оптимізації доходів і сприяння більш стійкій екосистемі міської мобільності для прийдешніх поколінь.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися методи забезпечення функціонування систем з Інтернету речей, методи математичного моделювання.

Поставлена мета досягається розв'язанням таких основних завдань:

- проаналізувати відомі підходи до створення кіберфізичних систем;

- здійснити аналіз методів та технологій створення паркувальних систем;
- здійснити опис концептуальної моделі визначення тривалості паркування;
- розробити метод оптимізації продуктивності паркувальних систем, шляхом удосконалення визначення тривалості паркування автотранспорту.

1.5 Висновки

Отже, у першому розділі здійснено аналіз поняття кіберфізичних систем. Та виявлено, що кіберфізичні системи інтегрують обчислювальні компоненти (обробку інформації) з фізичними процесами, які взаємодіють через мережу. Технологічні досягнення в «Інтернеті речей», «робототехніці» та «автономних транспортних засобах» є основою для створення кіберфізичних систем, і сьогодні є приклади успішних кіберфізичних систем всюди від потягів без водіїв до розумних будівель, побутової техніки та повсякденних предметів, таких як роботи-прибиральники, переносні фітнес-пристрої чи електричні велосипеди.

Існує багато досліджень щодо систем розумного паркування. Основна увага залишається на виявленні припаркованих транспортних засобів у слоті та збереженні даних про транспортний засіб шляхом вилучення номерного знака. Схема паркування визначає розташування пристроїв IoT для виявлення транспортних засобів. Певні рішення досить дорогі, а інші – мають збільшену затримку виявлення і т. д. Зі зростанням технологій підтримки інтернету речей, виявлення припаркованих транспортних засобів і виділення паркувальних місць можна ефективно здійснювати за допомогою різних датчиків і мікроконтролерів разом із камерами. Деякі дослідження використовують окремі камери для кожного паркувального місця для виявлення номерних знаків транспортного засобу, що робить установку досить дорогою.

Отже, існує величезна кількість досліджень та наукових напрацювань, що стосуються розробки кіберфізичних систем різного роду призначення, в тому числі і для керування парковкою.

Майбутні дослідження, ймовірно, будуть зосереджені на створенні більш надійних методологій, усуненні вразливостей безпеки, посиленні співпраці між людиною і штучним інтелектом, а також на розробці масштабованого та надійного штучного інтелекту для все більш взаємопов'язаного світу.

2 МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПАРКУВАННЯ

2.1 Алгоритм визначення тривалості паркування автотранспорту

Загальна структура «захоплення» та розпізнавання декількох номерних знаків за допомогою одного захоплення на межі зображена на рисунку 2.1.

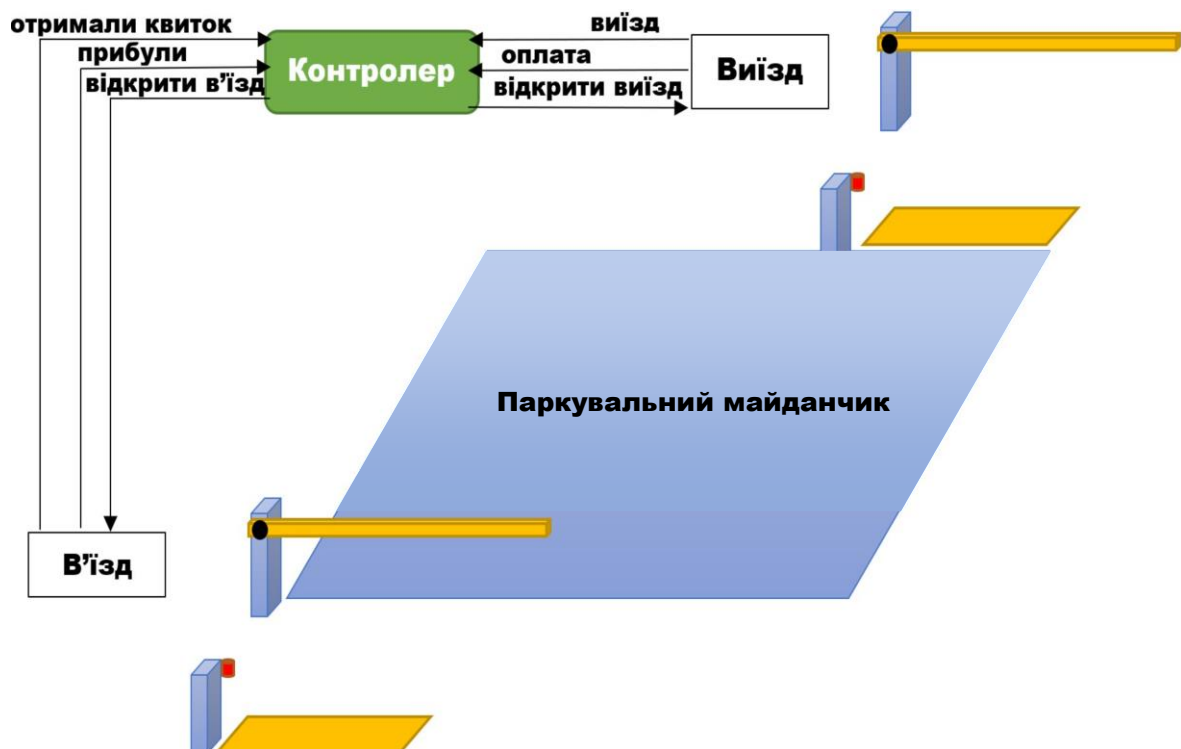


Рисунок 2.1 – Загальна структура захоплення та розпізнавання декількох номерних знаків

Коли автомобіль в'їжджає на парковку через в'їзні ворота, як показано на рис. 2.1, інфрачервоний датчик, який активує камеру виявляє його на в'їзних воротах,. Після цього камера фіксує номерний знак транспортного засобу відповідно до процедури, зображеної на рисунку 2.1.

Вимірювання тривалості паркування починається одразу після того, як відбулось розпізнавання автомобіля камерою. За таким самим алгоритмом здійснюється робота і під час виїзду автомобіля, тобто на виїзних воротах. До захопленого зображення застосовуються передові методи обробки зображень, щоб виявити раму автомобіля та визначити його колір. Для зменшення рівня шуму

зображення використовується гаусове розмиття та порогові значення. Відповідно зображення сегментується для отримання чітких меж транспортного засобу. Після цього для локалізації та нанесення рамки навколо номерного знака використовується контурування. Після того, як рама транспортного засобу та номерний знак ізольовані за допомогою оптичного розпізнавання символів відбувається вилучення тексту номерного знаку з обмежувальної рамки.

Камера виявляє припарковані автомобілі, зіставляючи їхні координати з даними слотів. Підтверджене заповнення запускає зчитування номерного знаку та перехресне звернення з базою даних для запуску таймера і розрахунку вартості проїзду.

Лічильник паркомісць оновлюється автоматично, відображаючи наявність вільних місць на в'їзді на паркувальний майданчик. При виїзді з парковки лічильник зупиняється, а дані про вартість проїзду та транспортний засіб зберігаються в базі даних для виставлення рахунків, що автоматично відображається у мобільному застосунку.

Коли камера фіксує припаркований транспортний засіб, система зіставляє виявлені координати із заздалегідь визначеними місцями для паркування, перевіряючи наявність вільних місць. Після успішної перевірки, номерний знак автомобіля транспортного засобу за допомогою оптичного розпізнавання символів зіставляється з базою даних транспортних засобів, що дозволяє точно відстежувати транспортний засіб і автоматично розраховувати вартість проїзду.

Для проведення експериментальних досліджень доцільно використовувати зображення, зроблені USB-камерою на двох протилежних паркувальних смугах. Одна із них повернена до сонця, а інша – в протилежному напрямку від сонця. Так можна відмітити здійснення виокремлення номерних знаків окремих автомобілів фактично з одного кадру. Можна зрозуміти, що, наприклад, мікроконтролер Raspberry Pi, підключений до чотирьох різних камер одночасно, може здійснити захоплення чотирьох зображень, що мають кілька слотів на кожному зображенні. Загалом, якщо використовувати USB-камеру, то буде видно, що один кадр може захопити аж п'ять паркувальних місць.

Таким чином, залежно від розташування камери та широкого кута, що використовується камерою, на одному кадрі можна зафіксувати кілька паркувальних місць, що може бути захоплено в одному кадрі, і той самий алгоритм вилучення може бути використаний для розпізнавання номерних знаків.

Псевдокоди для зіставлення координат транспортного засобу з паркувальними місцями, перевірка виявленого автомобіля за допомогою ІЧ-датчиків та відповідне оновлення бази даних мають містити:

- порівняння координат транспортного засобу та паркувального місця;
- збіг координат паркомісця та унікального ІЧ-ідентифікатора;
- методику оновлення бази даних.

Отже, для проведення ідентифікації транспортного засобу за зображенням з камери використовується Гаусове розмиття, що застосовується для мінімізації шумів і згладжування зображення з камери. Процес ідентифікації транспортного засобу з камери починається з аналізу відеопотоку та використання методу гаусового розмиття, що фокусується на пороговому значенні транспортних засобів і номерних знаків на основі контрастності нерухомого зображення.

Застосовується підхід виявлення на основі сітки, який ідентифікує транспортний засіб, розміщуючи навколо нього заповнену рамку, а потім виділяючи номерний знак. Цей подвійний метод виявлення забезпечує точну ідентифікацію транспортних засобів для подальшої обробки.

Інтеграція централізованої системи баз даних, може бути реалізована, наприклад, за допомогою Microsoft SQL Server Management Studio (SSMS) та SQLite, що підвищить ефективність та надійність запропонованої системи управління паркуванням. База даних призначена для зберігання критично важливої інформації, такої як дані про транспортний засіб, координати паркомісць, ідентифікатори інфрачервоних датчиків, статус зайнятості та дані для розрахунку вартості проїзду. Ця надійна структура забезпечує безперебійне зберігання даних, пошук та управління даними, підтримуючи основні функції системи.

Слід зазначити, що ключовими особливостями інтеграції з базами даних включають співставлення слотів і транспортних засобів, моніторинг слотів у режимі реального часу, розрахунок вартості проїзду, виставлення рахунків.

База даних полегшує точне співставлення виявлених транспортних засобів із заздалегідь визначеними координатами слотів, використовуючи комбінацію виявлення на основі підтвердження ідентифікації за допомогою інфрачервоного датчика. Система безперервно оновлює статус зайнятості паркувальних місць, надаючи в режимі реального часу дані про наявність вільних місць, що відображаються на в'їзді, що дозволяє зменшувати затори та оптимізувати використання паркувального простору. Тривалість зайнятості паркувального місця та деталі утворення ціни за паркування в динаміці зберігаються в базі даних, що дозволяє автоматично виставляти точні рахунки. Історія паркування кожного транспортного засобу та деталі оплати за проїзд зберігаються для ведення обліку та аудиту та своєчасного виставлення рахунків.

2.2 Модель процесу визначення тривалості паркування

Практика основних стратегій моделювання кіберфізичної системи паркування, власне як і будь-якої кіберфізичної системи, передбачає розбиття складної системи на керовані частини, а потім представлення цих частин та їх взаємодії за допомогою відповідних методів моделювання. На першому етапі визначаються межі та компоненти системи, а також ключові фізичні та кібернетичні компоненти. Сюди відноситься перерахування всіх фізичних елементів:

- паркувальні місця;
- шлагбауми на в'їзді/виїзді;
- датчики (заповнюваності, виявлення транспортних засобів);
- камери, освітлення;
- платіжні кіоски;
- фізичні знаки;

- самі транспортні засоби.

Також перераховуються всі кібернетичні елементи:

- системи управління (шлагбаумами, освітленням);
- блоки обробки даних датчиків;
- комунікаційні мережі;
- мобільні застосунки для користувачів;
- системи обробки платежів;
- бази даних (заповнюваності, даних користувачів, платежів);
- інформаційні панелі управління.

Зображується фізичне розташування та поведінка паркувального об'єкту (автотранспорту) із моделюванням на основі станів, а саме моделюванням станів кожного паркувального місця (зайняте, вільне, зарезервоване). Для цього доцільно використовувати просту діаграму станів.

Також можливе використання просторового моделювання, а саме спрощеного представлення планування парковки (наприклад, у вигляді сітки). На початковому етапі не потрібна точна САПР, але необхідне чітке розуміння просторових взаємозв'язків. Також важливим є моделювання ресурсів і врахування того, що місця для паркування є обмеженими ресурсами. Тому необхідним є моделювання того, як транспортні засоби отримують і звільняють ці ресурси.

Спрощене подання базових фізичних елементів представляється таким чином, що для в'їзду або виїзду моделюється стан шлагбаума (відкритий, закритий, відкривається, закривається) та умови переходу між станами (виявлено транспортний засіб, підтверджено оплату тощо). Моделювання кібер-аспектів представляє інформаційний потік, логіку управління та управління даними в системі. Відповідно схеми потоків даних ілюструють, як дані переміщуються між датчиками, системами управління, базами даних та інтерфейсами користувача. За допомогою базових алгоритмів окреслюється логіка для таких ключових функцій, як:

- виявлення присутності людей на основі даних датчиків;

- керування шлагбаумом на основі виявлення транспортного засобу та статусу оплати;
- оновлення інформації про наявність вільних місць у базі даних;
- обробка платіжної інформації.

При моделюванні взаємодії, тобто кіберфізичних зв'язків зосереджено увагу на тому, як кібернетичні та фізичні компоненти взаємодіють для досягнення цілей системи. При моделюванні на основі подій визначаються ключові події, які запускають дії у фізичній та кібернетичній сфері (наприклад, датчик виявляє автомобіль, користувач здійснює платіж) та враховується при моделюванні, як ці події поширюються в системі.

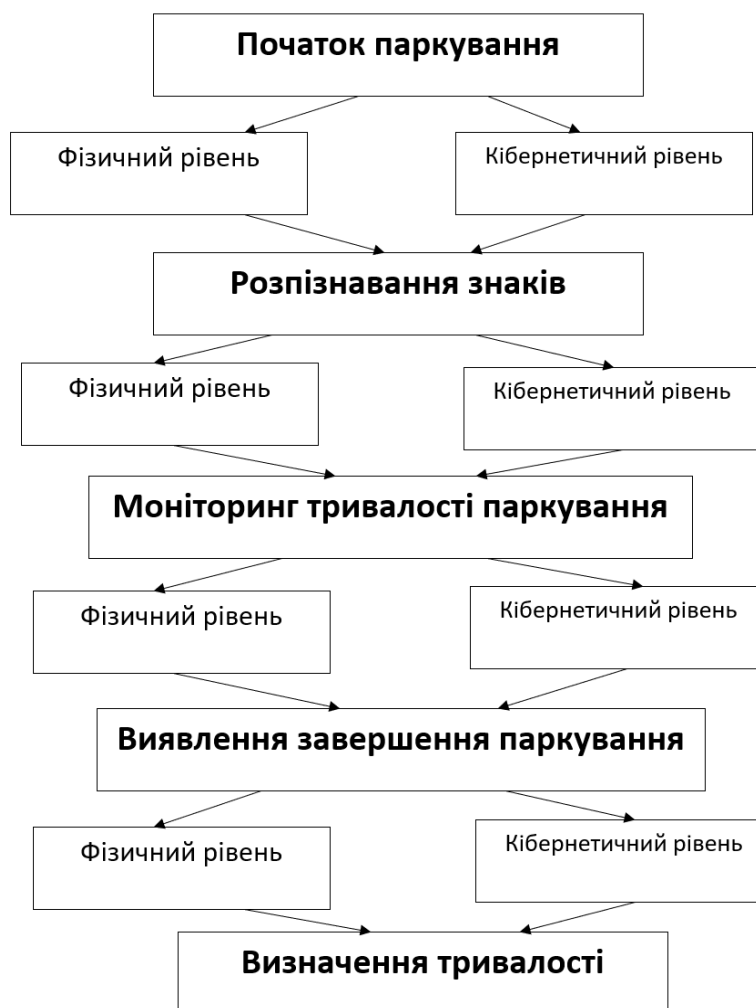


Рисунок 2.2 – Модель процесу визначення тривалості паркування

Далі визначаються цикли керування, тобто візуалізація того, як дані з датчиків використовуються системами керування для активації фізичних компонентів (наприклад, система типу датчик присутності, система керування, шлагбаум). Для обміну даними описується тип даних, якими обмінюються фізичні датчики та кіберсистеми (наприклад, статус зайнятості, ідентифікатор транспортного засобу).

Визначаються цілі та вимоги системи із чітким формулюванням, чого має досягти система паркування. Для цього перераховуються функціональні вимоги (що повинна робити система): визначати зайнятість, керувати в'їздом чи виїздом, обробляти платежі, відображати наявність вільних місць і т.д.; нефункціональні вимоги (наскільки добре система повинна це робити): швидкість входу чи виходу, точність визначення зайнятості, безпека платіжних даних, зручність для користувача. Це може вплинути на рівень деталізації моделей.

Нижче подано моделювання основного процесу заїзду автомобіля на паркувальний майданчик, що складається із фізичного та кібернетичного рівня. Для фізичного рівня визначено такі дії:

- в'їзд автомобіля до шлагбауму;
- відкриття шлагбауму;
- в'їзд автомобіля на місце для паркування.

Для кібернетичного рівня визначено наступні дії:

- виявлення автомобіля датчиком;
- надсилання датчиком сигналу прибуття до системи керування;
- перевірка кіберсистеми керування наявності вільних місць у базі даних;
- подання сигналу про відкриття шлагбауму;
- виявлення датчиком присутності автомобіля на паркувальному місці;
- надсилання датчиком зайнятості сигналу про зайнятість до системи керування;
- оновлення кіберсистемою управління статусу паркувального місця в базі даних.

Загалом кіберфізична система паркування може автоматично визначати тривалість паркування транспортного засобу, використовуючи інтеграцію фізичних сенсорів, обчислювальних ресурсів та комунікаційних мереж. Детальний опис такої моделі описано нижче, а структура подана на рисунку 2.2. Дана модель складається із декількох етапів, кожен з яких містить декілька рівнів, а саме фізичний рівень та кібернетичний рівень.

Етапи визначення тривалості паркування:

- виявлення початку паркування;
- моніторинг тривалості паркування;
- виявлення завершення паркування;
- визначення тривалості паркування.

Кожен із цих етапів має свій алгоритм виконання та чіткий порядок дій. Далі для кожного з цих етапів подана деталізація по рівнях.

Фізичний рівень виявлення початку паркування включає:

- сенсори присутності;
- камери з розпізнаванням номерних знаків;
- смарт-зчитувачі.

Передбачено, що сенсори присутності повинні бути встановлені на кожному паркувальному місці. Сенсори присутності фіксують появу транспортного засобу та можуть бути ультразвукові, інфрачервоні, магнітні. Камери з розпізнаванням номерних знаків розміщуються на в'їзді та фіксують номерний знак автомобіля та час в'їзду. Для фіксації в'їзду та ідентифікації автомобіля за часом перебування використовуються смарт-зчитувачі, наприклад RFID або NFC, що використовують ідентифікаційні мітки.

Кібернетичний рівень виявлення початку паркування включає:

- обробку даних сенсорів;
- розпізнавання номерних знаків;
- зчитування;
- реєстрація події «початок паркування».

На етапі обробки даних із сенсорів присутності передаються до центрального контролера або локальних обчислювальних вузлів. Алгоритми обробки визначають, чи зайняте паркомісце. Для розпізнавання номерних знаків автомобіля зображення з камер обробляються програмним забезпеченням, після чого отриманий номерний знак та час в'їзду зберігаються в базі даних. Зчитаний ідентифікаційний номер та час за допомогою RFID чи NFC передаються до центральної системи та асоціюються з транспортним засобом (якщо він зареєстрований). Центральна система реєструє подію початку паркування, фіксуючи ідентифікаційний номер паркомісця (якщо визначений), номерний знак, ідентифікаційний номер транспортного засобу та точний час початку.

Для забезпечення фізичного рівня моніторингу тривалості паркування підключаються сенсори присутності, які продовжують відстежувати стан паркомісця (зайняте чи вільне). Для верифікації присутності транспортного засобу камери можуть періодично робити опціонально знімки.

Кібернетичний рівень моніторингу тривалості паркування забезпечується центральною системою, що періодично здійснює опитування сенсорів або отримує від них оновлення стану. Система підтримує запис про активне паркування для кожного транспортного засобу, фіксуючи час початку. Алгоритми аналізу відео можуть опціонально виявляти рух транспортного засобу на паркомісці.

На фізичному рівні виявлення завершення паркування сенсори присутності фіксують звільнення паркомісця, тобто перехід у стан «вільно», в той час як камери на виїзді фіксують номерний знак автомобіля та час виїзду, а смарт-зчитувачі на виїзді фіксують ідентифікаційний номер транспортного засобу та час.

Кібернетичний рівень виявлення завершення паркування включає дії:

- обробка даних сенсорів;
- розпізнавання номерних знаків на виїзді;
- смарт-зчитування на виїзді;
- реєстрація завершення паркування.

Зміна стану сенсора на «вільно» ініціює подію завершення паркування для відповідного паркомісця шляхом обробки даних сенсорів. Розпізнавання номерних

знаків на виїзді відбувається завдяки тому, що отриманий номерний знак та час виїзду використовуються для співставлення із записом про початок паркування. Зчитаний ідентифікаційний номер та час при виїзді використовуються для співставлення із записом про початок паркування. Після цього здійснюється реєстрація події «завершення паркування», коли центральна система реєструє подію завершення паркування, фіксуючи час завершення для відповідного запису.

Кібернетичний рівень визначення тривалості полягає у тому, що після реєстрації події завершення паркування, центральна система обчислює тривалість паркування шляхом віднімання часу початку паркування від часу завершення паркування. Отримана тривалість паркування транспортного засобу може бути використана для розрахунку вартості паркування у випадку, якщо система платна. Також можна здійснювати аналіз статистики використання парковки і оновлення статусу паркувального місця на «вільно» для інших користувачів.

Важливо також враховувати, що система повинна мати механізми обробки випадків, коли виявлення початку або завершення паркування є нечітким або відсутнім (наприклад, через несправність сенсора або камери), тобто можливість обробки помилок. У випадку несправності якогось із сенсорів чи камери має бути забезпечено використання резервних сенсорів або алгоритмів на основі часових інтервалів. Для розрахунку за використання парковки залучаються платіжні системи, якщо парковка платна, при цьому визначена тривалість є ключовим параметром для розрахунку суми до оплати. Для інформування користувачів тривалість паркування може відображатися в мобільному застосунку користувача або на інформаційних табло. Зібрані аналітичні дані про тривалість паркування можуть використовуватися для аналізу завантаженості парковки, середнього часу перебування тощо.

2.3 Висновки до другого розділу

Отже, у другому розділі здійснено аналіз існуючих методів та засобів створення кіберфізичних систем. Також виявлено, що Дослідницький ландшафт,

пов'язаний з розробкою кіберфізичних систем (КФС), є динамічною та мультидисциплінарною галуззю, що привертає значну увагу з боку науковців, бізнесу та влади. Аналіз цих досліджень виявляє кілька ключових аспектів, що описано нижче.

КФС послідовно визначаються як інженерні системи з глибокою інтеграцією між обчислювальними (кібернетичними) і фізичними компонентами. Ця інтеграція дозволяє взаємодіяти в реальному часі і контролювати фізичні процеси за допомогою обчислень і комунікації. Серед ключових характеристик можна визначити паралельність, розподілений характер, обмеженість ресурсів (особливо у вбудованих компонентах), надійність, безпека та робота на основі даних. Економічний потенціал КФС широко визнаний як набагато більший, ніж реалізований зараз, що стимулює значні глобальні інвестиції в їх розвиток.

Кіберфізичні системи широко використовуються у різних галузях: створення «розумних» заводів завдяки автоматизації, моніторингу в реальному часі та адаптивному виробництву; розробка автономних транспортних засобів, інтелектуальних систем управління дорожнім рухом і поліпшення управління літаками; підвищення енергоефективності, надійності та безпеки розподілу електроенергії за допомогою розумних мереж; створення передових медичних пристроїв, роботизованих хірургічних платформ і систем віддаленого моніторингу пацієнтів; підвищення ефективності виробництва продуктів харчування за допомогою моніторингу навколишнього середовища та автоматизованого контролю; оптимізація енергоспоживання, безпеки та загальної функціональності шляхом впровадження розумних будинків та інфраструктури загалом. Потрібно зазначити, що вказаний перелік є умовним та неповним і постійно розширюється.

Сучасні дослідження активно вивчають кілька ключових тенденцій і досягнень, а саме: штучний інтелект (ШІ) і машинне навчання (МН), тобто інтеграція штучного інтелекту та машинного навчання зокрема, для покращення процесу прийняття рішень, прогнозного обслуговування та адаптивного управління; інтернет речей (IoT), а саме використання можливостей підключення пристроїв IoT для розширення можливостей зондування та керування в КФС;

цифрові двійники, тобто створення віртуальних представництв фізичних активів і процесів для моделювання, моніторингу та оптимізації; проектування на основі моделей, а саме використання моделей для проектування систем, симуляції, верифікації та автоматизованої генерації коду; протидія зростаючим загрозам для шляхом розробки надійних заходів і систем безпеки; дослідження методів покращення співпраці та безпеки при взаємодії людини з КФС; можливості в режимі реального часу завдяки прогресивним методам забезпечення своєчасного і детермінованого реагування, що має вирішальне значення для безпеки застосунків; аналітика великих даних шляхом розробки методів обробки і вилучення цінної інформації з великих обсягів даних, що генеруються КФС; граничні обчислення, коли обробка даних ближче до джерела для зменшення затримок і підвищення продуктивності в реальному часі.

3 МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ

3.1 Основи методу автоматизованого розпізнавання зображення

В роботі пропонується метод створення автоматизованої системи, яка об'єднує датчики, обробку зображень та керування базою даних для вирішення цих проблем. Тобто пропонується метод, що удосконалений шляхом поєднання оптичного розпізнавання зображення та гаусового розмиття. Завдяки цьому методу здійснюється виявлення тривалості паркування шляхом розпізнавання номерних знаків та введення їх у базу даних для проведення відповідної оплати після використання ліміту безоплатного паркування, якщо таке передбачено.

Тобто, як тільки автомобіль розпізнається камерою, для нього починається відлік тривалості паркування. Аналогічний алгоритм виконується на виїзних воротах, щоб дізнатися, коли автомобіль виїжджає. Потім до захопленого зображення застосовуються передові методи обробки зображень, щоб виявити раму транспортного засобу та визначити його колір. За допомогою гаусового розмиття та порогового розмиття зменшується рівень шуму, а зображення сегментується для отримання чітких меж транспортного засобу. Після цього використовується контурування, щоб локалізувати та намалювати рамку навколо номерного знаку. Після того, як рама автомобіля та номерний знак ізольовані, використовується оптичне розпізнавання символів (ОРС) для вилучення тексту номерного знаку з рамки, що його обмежує.

Одна камера контролює кілька паркувальних місць із попередньо визначеними координатами, пов'язаними з інфрачервоними датчиками для подвійної перевірки із використанням алгоритмів обробки зображень. Алгоритми обробки зображень, включаючи оптичне розпізнавання символів (ОРС), забезпечують точне розпізнавання номерних знаків.

Оптичне розпізнавання символів (ОРС) є ключовою технологією в системах автоматичного розпізнавання номерних знаків (АРНЗ), які широко використовуються на парковках для різних цілей, таких як контроль доступу,

оплата паркування та забезпечення безпеки. Процес розпізнавання номерних знаків на основі оптичного розпізнавання символів складається із таких етапів:

- збір зображення;
- попередня обробка зображення;
- сегментація символів;
- розпізнавання символів;
- постобробка та валідація.

Використовуються спеціалізовані камери, призначені для фіксації чітких зображень номерних знаків автомобілів, що в'їжджають або виїжджають з парковки. Ці камери можуть бути стаціонарно встановлені на в'їзді та виїзді, а також усередині паркувальної зони.

Для успішного розпізнавання важлива якість зображення. Системи АРНЗ часто використовують інфрачервоне підсвічування для забезпечення чіткості в умовах недостатнього освітлення та для зменшення відблисків. Те значення номерного знака, що отримується, проходить декілька етапів попередньої обробки задля покращення якості та з метою підготовки до самого процесу розпізнавання. Загалом попередня обробка якості зображення включає наступні етапи:

- виявлення області номерного знака;
- вирівнювання;
- нормалізація освітлення та контрасту;
- видалення шумів та артефактів;
- бінаризація (перетворення в чорно-біле).

Алгоритми комп'ютерного зору виявляють на зображенні прямокутну область, яка, ймовірно, містить номерний знак. Якщо номерний знак на зображенні нахилений, система може застосувати алгоритми для його вирівнювання, щоб символи були розташовані горизонтально. Корекція освітлення та контрасту допомагає зробити символи більш чіткими та відокремити їх від фону, особливо в умовах змінної освітленості, після чого можуть застосовуватися фільтри для зменшення шумів та інших небажаних елементів на зображенні. Зображення часто

перетворюється на чорно-біле, де символи стають чорними, а фон – білим (або навпаки). Це спрощує подальший процес розпізнавання.

Після попередньої обробки система намагається розділити номерний знак на окремі символи (літери та цифри). Це може бути складним завданням через:

- різні шрифти та розміри символів;
- близьке розташування символів;
- наявність розділових знаків або рамок на номерному знаку;
- пошкодження або забруднення номерного знака.

Для сегментації використовуються різні алгоритми, такі як:

- аналіз зв'язаних компонентів, який полягає у виявленні окремих груп пікселів, що утворюють символи;
- проєкційний аналіз, а саме аналіз горизонтальних та вертикальних проєкцій пікселів для визначення меж символів;
- машинне навчання (глибоке навчання), тобто використання спеціалізованих нейронних мереж для сегментації символів.

На цьому етапі кожен сегментований символ порівнюється з базою даних відомих символів (шаблонів або ознак). Існують різні підходи до розпізнавання:

- порівняння шаблонів;
- вилучення ознак;
- машинне навчання.

При порівнянні шаблонів кожен сегментований символ порівнюється з набором заздалегідь збережених зображень символів. Обирається шаблон, який найбільш схожий на вхідний символ. Вилучення ознак полягає у тому, що з кожного сегментованого символу вилучаються певні характерні ознаки (наприклад, кількість ліній, кутів, петель). Ці ознаки порівнюються з ознаками відомих символів. При використанні машинного навчання застосовуються складні нейронні мережі (наприклад, Convolutional Neural Networks – CNN), навчені на великій кількості зображень номерних знаків. Ці мережі здатні автоматично вивчати ознаки та розпізнавати символи навіть при наявності шумів та деформацій.

Після розпізнавання окремих символів система виконує постобробку для підвищення точності результату шляхом комбінування розпізнаних символів, тобто отримані символи об'єднуються у рядок, що представляє номерний знак, який розпізнається. При цьому здійснюється перевірка за форматом, тобто рядок, що розпізнається перевіряється на відповідність встановленим форматам номерних знаків для конкретної країни або регіону. Використовується також контекстна інформація, коли система може використовувати інформацію про попередні розпізнавання або очікувані формати для виправлення помилок. Кожному розпізаному символу та всьому номерному знаку присвоюється ймовірність правильності розпізнавання, тобто надається ймовірнісна оцінка. Результати з низькою ймовірністю можуть бути відхилені або потребувати додаткової перевірки.

Загалом, використання методу оптичного розпізнавання символів для розпізнавання номерних знаків на паркувальному майданчику має ряд переваг та недоліків. Завдяки автоматизації тобто зменшення потреби в ручній обробці даних про транспортні засоби відбувається швидка ідентифікація транспортних засобів на в'їзді та виїзді. Забезпечується висока точність розпізнавання при належній якості зображення та оптимізованих алгоритмах. Можливість автоматичного виявлення викрадених або небажаних транспортних засобів сприяє підвищенню безпеки. Завдяки автоматичному відкриттю шлагбаумів для авторизованих транспортних засобів забезпечується контроль доступу. Оплата паркування відбувається шляхом автоматичного визначення часу перебування для розрахунку вартості. Є можливість збору статистичних даних про використання парковки для аналізу та оптимізації. Разом з тим є залежність від якості зображення, а саме погане освітлення, брудні або пошкоджені номерні знаки можуть суттєво знизити точність розпізнавання. Системі необхідно підтримувати різні формати, що використовуються в різних регіонах через різноманітність форматів номерних знаків. Існує кут огляду камери при якому неоптимальний кут може спотворювати зображення номерного знака. Погодні умови, а саме дощ, сніг або туман можуть ускладнити процес розпізнавання. Оскільки складні алгоритми оптичного

розпізнавання символів можуть вимагати значних обчислювальних ресурсів, особливо для обробки відео в реальному часі, то мова може йти про обмеження обчислювальних ресурсів.

У роботі гаусове розмиття застосовується до зображення HSV (відтінок, насиченість, значення) для зменшення шуму та згладження зображення, що досягається шляхом згортки зображення за допомогою гаусового ядра. математично операцію гаусового розмиття можна представити так, як показано в (3.1):

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.1)$$

де:

$G(x, y)$ – гаусівське ядро в точці (x, y) .

σ – середньоквадратичне відхилення гаусівського розподілу.

e – основа натурального логарифма.

Операція гаусового розмиття виконується шляхом усереднення пікселів в гаусового розмиття виконується шляхом усереднення пікселів поблизу кожного пікселя, надаючи більшу вагу центральним пікселям. Це ефективно зменшує високочастотний шум на зображенні

У запропонованій реалізації метод застосовується до HSV-зображення з розміром ядра і стандартним відхиленням нуль. Регулювання розміру ядра або стандартного відхилення може змінити ефект розмиття. Менші розміри ядра або менші стандартні відхилення створюють легші розмиття, тоді як більші значення створюють сильніші розмиття.

Порогове розмиття відноситься до фундаментальної техніки обробки зображень, яка перетворює зображення у відтінках сірого на двійкові шляхом класифікації пікселів чорних (0) або білих (255) на основі заздалегідь визначеного порогового значення. Математично, операцію порогового розрізнення можна представити так, як це показано у (3.2):

$$B(x, y) \begin{cases} 1, & \text{if } Gray(x, y) > T_d \\ 0, & \text{o_wise} \end{cases} \quad (3.2)$$

де:

$B(x, y)$ – двійкове вихідне зображення у позиції (x, y) .

$Gray(x, y)$ – значення відтінків сірого вхідного зображення у позиції (x, y) .

Поріг – це попередньо визначене значення, яке застосовується після перетворення кадру в HSV колірний простору. Функція вибору кольору створює бінарну маску, ізолюючи певні кольори в межах заданого діапазону, визначеного параметрами «нижній_колір» і «верхній_колір». Ця двійкова маска допомагає ідентифікувати краї шляхом подальшого виявлення контурів за допомогою алгоритму виявлення країв.

Сюди ж підключається такий відомий метод як YOLO (You Only Look Once) – це алгоритм, здатний виявляти об'єкти з першого погляду, одночасно виконуючи виявлення та класифікацію. Даний алгоритм є вдосконаленим алгоритмом виявлення об'єктів на основі сітки, відомий своєю швидкістю та точністю у виявленні та локалізації об'єктів на зображенні. У запропонованій моделі використовується система YOLO для виявлення межі транспортного засобу і номерного знаку на обробленому зображенні, яке пройшло попередню обробку методами покращення, таких як гаусове розмиття та порогове значення.

В YOLO вхідне зображення розбивається на сітку розміром $C \times C$, де кожна комірка сітки відповідає за прогнозування граничні рамки та ймовірності класів для об'єктів, що знаходяться в них. Отримавши вхідний кадр, YOLO обробляє все зображення одразу, передбачаючи обмежувальні рамки та пов'язані з ними довірчі оцінки за один прохід через мережею.

Математичний підхід для виявлення YOLO можна описати через прогнозування граничних значень, коли кожна комірка мережі прогнозує величину обмежувальних рамок. Обмежувальна область визначається чотирма параметрами (x, y, w, h) :

x, y – координати, що представляють центр обмежувальної рамки;

w – ширина рамки відносно всього зображення.

h – висота рамки відносно всього зображення.

Кожній обмежувальній рамці відповідає довірча оцінка, яка відображає ймовірність збігу (3.3):

$$C_{Score} = P(o) \times iou_p^T, \quad (3.3)$$

де:

$P(o)$ – ймовірність того, що об'єкт знаходиться в обмежувальній рамці.

P – це перетин над об'єднанням між прогнозованою граничною областю та базовою істиною.

Кожна комірка сітки також прогнозує ймовірність класу C для присутності об'єкта в комірці (3.4):

$$C_P = P(c|o), \quad (3.4)$$

YOLO обчислює остаточну оцінку для кожної обмеженої області шляхом множення довірчої оцінки на клас ймовірності. В даному випадку YOLO спочатку ідентифікує обмежувальну рамку навколо кордону транспортного засобу, позначаючи цю область як Region of Interest (ROI) для наступного етапу виявлення. Потім алгоритм переоцінює ROI для більш точного розпізнавання номерних знаків, створюючи гніздо номерного знака, створюючи вкладену обмежувальну рамку в межах транспортного засобу. Таке двоетапне виявлення дозволяє здійснювати цілеспрямовану обробку, гарантуючи, що розглядаються лише релевантні частини кадру, зменшуючи непотрібні обчислення і підвищуючи точність.

Математичне представлення цього підходу на основі сітки має такий вигляд, як показано у (3.5):

$$O(i, j) = \begin{cases} (x, y, w, h, C_e, P(C|O)), & \text{if } o \text{ d}_a \text{ in grid cell } o_wise \\ 0 \end{cases}, \quad (3.5)$$

де:

(i, j) – конкретна комірка сітки.

Після ідентифікації межі транспортного засобу за допомогою обмежувальної рамки, всередині неї малюється вкладена обмежувальна рамка, яка орієнтується на номерний знак на основі додаткових прогнозів YOLO, сфокусованих в межах ROI. Ця ієрархічна методика виявлення у поєднанні з попередніми етапами попередньої обробки (порогове значення, розмиття за Гаусом тощо) дає надійні результати у виявленні як транспортного засобу, так і його номерного знаку, що полегшує подальші етапи, такі як оптичне розпізнавання символів (OPC).

У роботах сучасних дослідників розглядається технологія автоматичного розпізнавання номерних знаків (АРНЗ) та окреслюються її застосування, принципи роботи та виклики. Дослідження класифікує методи АРНЗ на основі використовуваних функцій і порівнює їх щодо точності та достовірності. Однак, у ньому бракує детального обговорення обмежень і нещодавніх досягнень і не вистачає практичних прикладів для ілюстрації ефективності.

Ця модель долає ці недоліки традиційних методів АРНЗ, ефективно обробляючи різноманітні умови навколишнього середовища, пристосовуючись до номерних знаків з різних регіонів, покращуючи якість зображення та уможливлуючи обробку в реальному часі.

Важливим моментом є етап вилучення текстової інформації із зображень за допомогою оптичного розпізнавання символів (OPC). Захоплене зображення обробляється за допомогою перетворення градацій сірого та шумозаглушення для покращення якості тексту. Програмне забезпечення OPC, наприклад Тесеракт розпізнає та витягує текст. Тесеракт аналізує зображення, ідентифікує шаблони символів і перетворює їх на машинозчитуваний текст.

Перетворення у відтінки сірого дуже важливе для попередньої обробки зображень перед їхнім аналізом або використанням в комп'ютерному зорі. Це передбачає зміну початкового представлення кольору зображення. Зазвичай у відтінках сірого RGB (червоний, зелений і синій) використовується у відтінках

сірого, де значення кожного пікселя відображає яскравість або насиченість. Математично це можна виразити так як у (3.6).

$$Y = 0,299 \times R + 0,587 \times G + 0,114 \times B \quad , \quad (3.6)$$

де:

R, G, B – червона, зелена та синя кольорові площини вихідного зображення.

Y – результуюче значення інтенсивності в градаціях сірого.

У випадку видалення тексту, перетворення зображень у відтінки сірого спрощує їх до такої міри, що один канал не зберігає жодної важливої інформації, необхідної для тексту, але при цьому зменшується обчислювальне навантаження. Виражаючи зображення за допомогою значень його інтенсивності, перетворення у відтінки сірого дає змогу виділити яскравіші деталі тексту та контрасти, що полегшує сприйняття слів на тлі інших частин документа. Це спрощує розпізнавання таких текстів для подальших алгоритмів, оскільки замість того, щоб мати справу зі змінами інтенсивності кожного переходу, пов'язаними зі стилем шрифту, їм не потрібно враховувати зі стилем шрифту кожен символ.

Важливим також є зменшення шуму (розмитості та зайвих елементів) на зображенні, або по-іншому випадкових змін значень пікселів, які можуть призвести до погіршення якості зображення і порушити точність розпізнавання тексту. Зменшення шуму дуже важливе, оскільки допомагає виявити деталі, приховані в зображенні. Одним з найпоширеніших методів зменшення шуму є гаусове розмиття, просторовий фільтр, який згладжує зображення, мінімізуючи вплив високих зображення, мінімізуючи вплив високочастотного шуму.

Простіше кажучи, гаусове розмиття працює шляхом підсумовування середньозважених значень для кожного пікселя на основі значень, отриманих за допомогою гаусової функції, що оточує даний піксель. Цю операцію можна записати як у 3.7:

$$B(x, y) = \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k P_l(x + i, y + j) \cdot K_l(i, j) \quad , \quad (3.7)$$

де:

$B(x, y)$ – результуюче значення інтенсивності в точці (x, y) .

$P_l(x + i, y + j)$ – значення інтенсивності сусідніх пікселів відносно зсуву (i, j) .

$K(i, j)$ – коефіцієнт ядра Гауса в позиції (i, j) .

k – розмір ядра.

Процес значно видаляє високочастотний шум, зберігаючи життєво важливі елементи, такі як краї та текст, таким чином згладжуючи зображення. В результаті знижується рівень шуму та покращується чіткість, що полегшує точне вилучення змістовного тексту.

Гаусове розмиття відноситься до фундаментальних методів зменшення шуму, який відіграє вирішальну роль у підвищенні точності алгоритмів вилучення тексту за рахунок зменшуючи вплив шуму у вхідному зображенні.

Оптичне розпізнавання символів доцільно здійснювати за допомогою Тесеракт (Tesseract), що є системою оптичного розпізнавання символів (ОРС) з відкритим вихідним кодом, розроблена компанією Google, яка використовує передові алгоритми для вилучення тексту з зображень. Його функціональність можна математично представити так, як у 3.8.

$$T(x, y) = \text{Тесеракт}(I(x, y)) \quad , \quad (3.8)$$

де:

$\text{Text}(x, y)$ – розпізнаний текст у позиції (x, y) на зображенні.

$I(x, y)$ – інтенсивність або значення пікселя в позиції (x, y) на вхідному зображенні.

Тесеракт аналізує структурні особливості тексту на зображенні, розпізнаючи патерни і перетворюючи їх в машиночитаний текст. Цей процес включає в себе складні алгоритми розпізнавання образів, які виділяють текстові елементи з фонового шуму та інших візуальних перешкод. Завдяки своїй надійній конструкції, Тесеракт може точно виявляти і витягувати текст із зображень зі складним фоном

або спотвореннями. Така універсальність і надійність роблять його цінним інструментом для різних застосувань розпізнавання тексту від сканування документів до вилучення даних на основі зображень у різних галузях.

Інтелектуальний облік – це процес вимірювання тривалості паркування транспортного засобу від його в'їзду до виїзду. Система розрахунку тарифу призначена для розрахунку плати за паркування на основі тривалості перебування транспортного засобу на паркувальному місці (3.9).

$$T_f = O_d \times Cost_S , \quad (3.9)$$

Тривалість перебування реєструється з точними позначками часу, зафіксованими за допомогою датчиків і технологій обробки зображень. Вартість за секунду – це заздалегідь визначена ставка, яка використовується для автоматичного підрахунку загальних витрат. Система підтримує динамічну структуру ціноутворення, яка коригує тарифи на основі пікових і непікових годин для підвищення ефективності, що відображається на інтелектуальному приладі обліку. Це забезпечує справедливе виставлення рахунків при оптимізації використання ресурсів. Автоматизуючи процес розрахунку вартості проїзду, система мінімізує людський фактор, забезпечуючи надійне та масштабоване білінгове рішення для оператора паркування.

Інтеграція централізованої системи баз даних, може бути реалізована за допомогою Microsoft SQL Server Management Studio (SSMS) та SQLite, що підвищує ефективність та надійність запропонованої системи управління паркуванням. База даних призначена для зберігання критично важливої інформації, такої як дані про транспортний засіб, координати паркомісць, ідентифікатори інфрачервоних датчиків, статус зайнятості та дані для розрахунку вартості проїзду. Ця надійна структура забезпечує безперебійне зберігання даних, пошук та управління даними, підтримуючи основні функції системи.

До ключових особливостей інтеграції з базами даних відносяться:

- співставлення слотів і транспортних засобів;

- моніторинг слотів у режимі реального часу;
- розрахунок вартості проїзду;
- операції адміністратора (за необхідності).

База даних полегшує точне співставлення виявлених транспортних засобів із заздалегідь визначеними координатами слотів, використовуючи комбінацію виявлення на основі YOLO та підтвердження ідентифікатора за допомогою інфрачервоного датчика. Система безперервно оновлює статус зайнятості паркувальних місць, надаючи в режимі реального часу дані про наявність вільних місць, що відображаються на в'їзді. Це зменшує затори та оптимізує використання паркувального простору. Тривалість зайнятості та динамічна інформація про ціни зберігаються в базі даних, що забезпечує автоматизоване та точне виставлення рахунків. Історія паркування кожного транспортного засобу та деталі оплати за проїзд зберігаються для ведення обліку та аудиту. Адміністратори можуть використовувати SQL Server Management Studio для взаємодії з базою даних, оновлюючи або отримуючи дані за потреби, що спрощує такі операції, як коригування моделей ціноутворення, відстеження використання ресурсів та управління.

Інтеграція SQL Server Management Studio також посилює безпеку даних і гарантує, що система може масштабуватися для обслуговування більших паркінгів або розширених функцій, таких як предиктивна аналітика та індивідуальні налаштування користувачів. Консолідуючи ключові функції в централізованій базі даних, система забезпечує безперебійну роботу, покращує розподіл ресурсів і забезпечує безперебійний процес паркування як для адміністраторів, так і для користувачів.

3.2 Експериментальні дослідження методу

Тестування в реальних умовах показало 95% точності при денному світлі, 90% при слабкому освітленні та 93% під кутом 45 градусів. Точність виявлення

досягала 88% на дистанціях 1,5-3 м. Технічне зображення експериментальних теоретичних досліджень показано на рисунку 3.1.

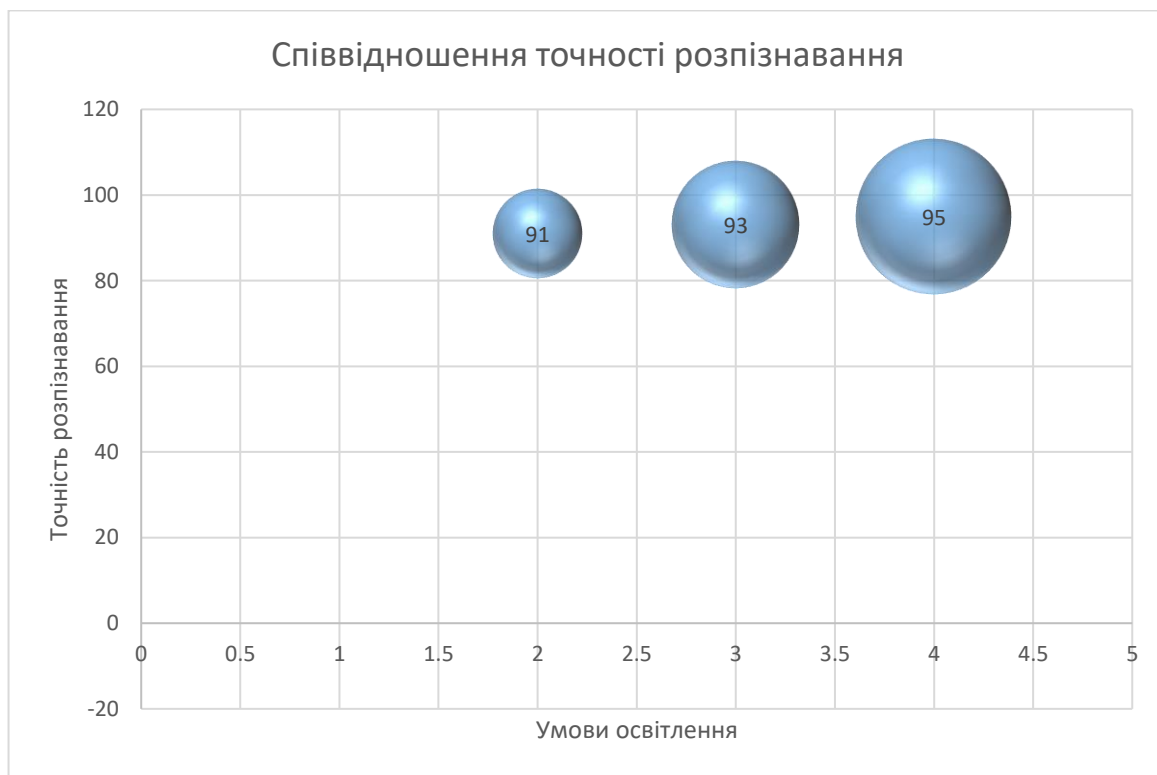


Рисунок 3.1 – Результати проведеного дослідження

Відстеження заповнюваності досягло менш ніж 5% похибок порівняно з ручними методами, тоді як модуль розрахунку вартості проїзду зменшив помилки виставлення рахунків на 90%, підвищивши ефективність і дохід.

Масштабований дизайн системи підтримує додатки для керування паркуванням, збору плати та моніторингу руху. За допомогою автоматизації ці дослідницькі зусилля спрямовані на підвищення ефективності роботи систем керування паркуванням.

Емпіричні дані, отримані в ході дослідження, підкреслюють трансформаційний потенціал запропонованої автоматизованої системи: було помічено 30% скорочення розбіжностей у виставленні рахунків і, як наслідок, 20% зростання прибутку для операторів паркування, що підтверджує ефективність підходу.

Крім того, наслідки цього дослідження виходять далеко за межі управління паркуванням.

Можливі наслідки для систем стягнення плати за проїзд, де моніторинг заповненості транспортними засобами паркувальних майданчиків та розрахунку вартості проїзду в режимі реального часу полягає у зменшенні заторів, оптимізації потоків доходів і покращенні загального досвіду міського транспорту.

Покращуючи виявлення транспортних засобів, відстеження зайнятості та точність виставлення рахунків, це рішення вирішує критичні проблеми міського паркування та сприяє розумнішій міській інфраструктурі.

3.3 Висновки до третього розділу

Отже, у даному розділі запропоновано метод автоматизованого розпізнавання зображення, шляхом поєднання створення автоматизованої системи, яка об'єднує датчики, обробку зображень та керування базою даних для вирішення цих проблем. Одна камера контролює кілька паркувальних місць із попередньо визначеними координатами, пов'язаними з інфрачервоними датчиками для подвійної перевірки.

4 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ

4.1 Розробка архітектури програмного забезпечення

Архітектурні рамки для проектування кіберфізичних систем зазвичай включають такі компоненти:

- рівень сприйняття;
- рівень передачі та управління даними;
- прикладний рівень.

Рівень сприйняття забезпечує фізична мережа пристроїв і датчиків, які виробляють первинну інформацію. Рівень передачі та управління даними керує передачею даними горизонтально між фізичними пристроями і вертикально через Інтернет на внутрішню платформу даних для зберігання і попередньої обробки. На прикладному рівні програмні компоненти, які взаємодіють з вихідною інформацією, навчають моделі, створюють цифрових двійників, якими може керувати кінцевий користувач. У виробництві можна використовувати багаторівневу архітектурну структуру. Наприклад, архітектура 5С, що містить п'ять архітектурних рівнів (від найнижчого до найвищого):

- підключення;
- перетворення;
- кібернетичний;
- пізнання;
- конфігурація.

На рівні підключення дані отримуються з інтелектуальної мережі, яка складається з великої кількості пристроїв і датчиків. Далі необроблені дані перетворюються на придатну для використання інформацію. Мережеві пристрої віртуалізуються та кластеризуються для виділення та аналізу даних. Інтегруються такі функції, як моделювання та синтез, розробляється графічний інтерфейс користувача для спільного прийняття рішень. На цьому рівні створюються

автономні можливості самоконфігурації для забезпечення відмовостійкості та надійного проектування системи.

Загалом, проектування архітектури програмної системи є критичним етапом у розробці будь-якої програми або програмної системи та включає такі важливі чинники:

- розуміння вимог;
- масштабованість;
- повторне використання;
- продуктивність та ефективність;
- забезпечення якості.

Правильне проектування архітектури допомагає розібратися у вимогах до системи, бо дозволяє визначити, які компоненти потрібні, як вони взаємодіють між собою та які будуть вимоги до продуктивності, безпеки та інших аспектів системи. Проектування архітектури дозволяє створити систему, яка легко масштабується, що особливо важливо, якщо система передбачає зростання обсягу даних, користувачів або функцій. В подальшому архітектура дозволить легко розширювати систему, додавати нові функції та забезпечувати продуктивність. Проектування архітектури допомагає створити модульну систему, де окремі компоненти можна повторно використовувати. Це покращує продуктивність розробки, спрощує тестування та забезпечує більшу стабільність системи. Правильне проектування архітектури дозволяє оптимізувати використання ресурсів системи, таких як процесор, пам'ять та мережа. Це може значно покращити продуктивність та ефективність системи, зменшуючи витрати на обладнання та операційні витрати. Забезпечення якості проектування архітектури допомагає забезпечити якість програмної системи. Це означає розробку системи з врахуванням принципів чистого коду, модульності, легкості тестування та інших аспектів, що сприяють стабільності та підтримці системи.

Узагалі, проектування архітектури допомагає зрозуміти складність системи, знижує ризики неправильної реалізації та сприяє створенню стійкої, масштабованої

та ефективної програмної системи, що в подальшому сприяє стійкій та безперебійній роботі.

Загалом існує багато типів архітектурних рішень, що можуть обиратись для мобільної розробки. Для мобільного застосунку у складі кіберфізичної системи паркувального майданчика доцільно використовувати трьохрівневу архітектуру.

Трирівнева архітектура (див. рис. 4.1) являє собою усталений та ефективний патерн проектування бізнес-застосунків. Її ключова перевага полягає в чіткому розподілі відповідальностей між шарами системи, що сприяє підтримці кодової бази та масштабуванню без зайвого ускладнення. Важливо відзначити, що цей патерн є абстрактним і не залежить від конкретної технології реалізації інтерфейсу користувача.

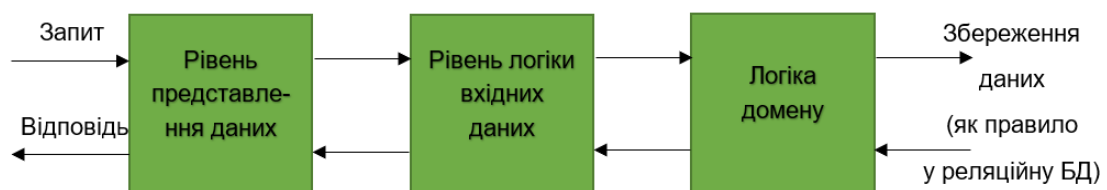


Рисунок 4.1 – Схематичний рисунок трьохрівневої архітектури

Перший рівень відповідає за візуалізацію даних користувачеві та обробку його взаємодії із застосунком. Він може бути реалізований як консольний інтерфейс (CLI), багатофункціональний графічний інтерфейс (GUI) або веб-інтерфейс на основі HTML. Основна функція цього рівня полягає у відображенні інформації та перетворенні дій користувача у команди, придатні для обробки бізнес-логікою та рівнем даних.

Другий рівень що абстрагує взаємодію застосунку із зовнішніми системами зберігання або іншими сервісами, що забезпечують необхідну функціональність. Це можуть бути системи моніторингу транзакцій, черги повідомлень тощо. У типових корпоративних застосунках центральним елементом цього рівня є база даних, яка відповідає за зберігання даних.

Третій рівень інкапсулює основні бізнес-правила та процеси, характерні для предметної області застосунку. Він включає обробку вхідних даних та даних зі сховища, валідацію даних, отриманих з рівня представлення, а також визначає стратегію взаємодії з рівнем даних на основі команд, що надходять з рівня представлення.

Така архітектура дозволяє забезпечити чітке розділення відповідальності між різними рівнями системи, сприяє підтримці, тестуванню та розширенню коду, а також забезпечує гнучкість і масштабованість програмного застосунку.

Принцип роботи трьохрівневої архітектури базується на розділенні функцій програмної системи на три логічні рівні, кожен з яких виконує свої завдання і має свої відповідальності:

- логіка представлення;
- логіка домену;
- логіка джерела даних.

Логіка представлення відповідає за взаємодію з користувачем і представлення інформації. Цей рівень включає в себе різноманітні інтерфейси, такі як графічний інтерфейс користувача, вебінтерфейс або API. Логіка представлення забезпечує відображення даних користувачу, обробку його введення та передачу відповідних команд до логіки домену.

Логіка домену включає бізнес-логіку програмної системи і представляє основну функціональність додатку. Вона обробляє всі обчислення, перевірки даних, бізнес-правила та ділові процеси, пов'язані з доменною областю. Логіка домену не залежить від конкретного інтерфейсу користувача або джерела даних, що дозволяє їй бути незалежною та повторно використовуватись.

Логіка джерела даних відповідає за доступ до джерел даних, таких як бази даних, зовнішні сервіси або інші джерела інформації. Цей рівень забезпечує збереження і отримання даних, виконання запитів та маніпулювання даними відповідно до вимог логіки домену. Логіка джерела даних ізолює роботу з конкретними джерелами даних від інших частин системи, що сприяє зручності зміни або розширення джерел даних.

Ключова концепція трирівневої архітектури полягає в декомпозиції системи на незалежні шари, кожен з яких інкапсулює чітко визначену відповідальність. Взаємодія між цими шарами відбувається через формалізовані інтерфейси, що є фундаментальним для забезпечення модульності, горизонтального та вертикального масштабування, а також підвищення рівня тестованості кожної окремої частини системи.

Такий підхід суттєво спрощує паралельну розробку та подальшу підтримку застосунку, оскільки кожен рівень може бути реалізований, протестований та оновлений незалежно різними командами розробників, мінімізуючи ризик виникнення складних залежностей та колізій.

4.2.1 Діаграма варіантів використання для програмного забезпечення

Загалом, вибір діаграм UML і рівень деталізації залежить від конкретних цілей моделювання. Для відпрацювання базових стратегій такі фундаментальні діаграми є гарною відправною точкою.

Діаграми варіантів використання (Use case diagram, ДВВ) – відносяться до динамічного типу діаграм або по-іншому її ще називають діаграмою поведінки в UML. Такі діаграми показують моделювання функціональності системи за допомогою акторів (діючих осіб) та відповідно їх варіантів використання. Варіанти використання – це набір дій, послуг, функцій, які повинна виконувати система. До акторів (діючих осіб відносяться люди або організації, що здійснюють виконання певних ролей в системі [2].

Діаграми даного типу використовуються для візуалізації функціональних вимог до системи, які будуть трансформовані в дизайні рішення та пріоритети процесу розробки. Вони також допомагають визначити будь-які внутрішні та зовнішні фактори, які можуть вплинути на систему й повинні бути взяті до уваги.

Діаграма варіантів використання показує моделювання взаємодії користувачів. Метою створення діаграми варіантів є використання представлення різних способів взаємодії користувачів (як людей, так і зовнішніх систем) з

системою паркування. У випадку із паркувальною системою актори представляють сутності, які взаємодіють з системою (Користувач, Транспортний засіб, Платіжний шлюз), а варіанти використання представляють конкретні функціональні можливості або цілі, яких хочуть досягти актори. Зв'язки показують взаємодію між акторами та варіантами використання. Асоціація вказує на участь актора у варіанті використання.

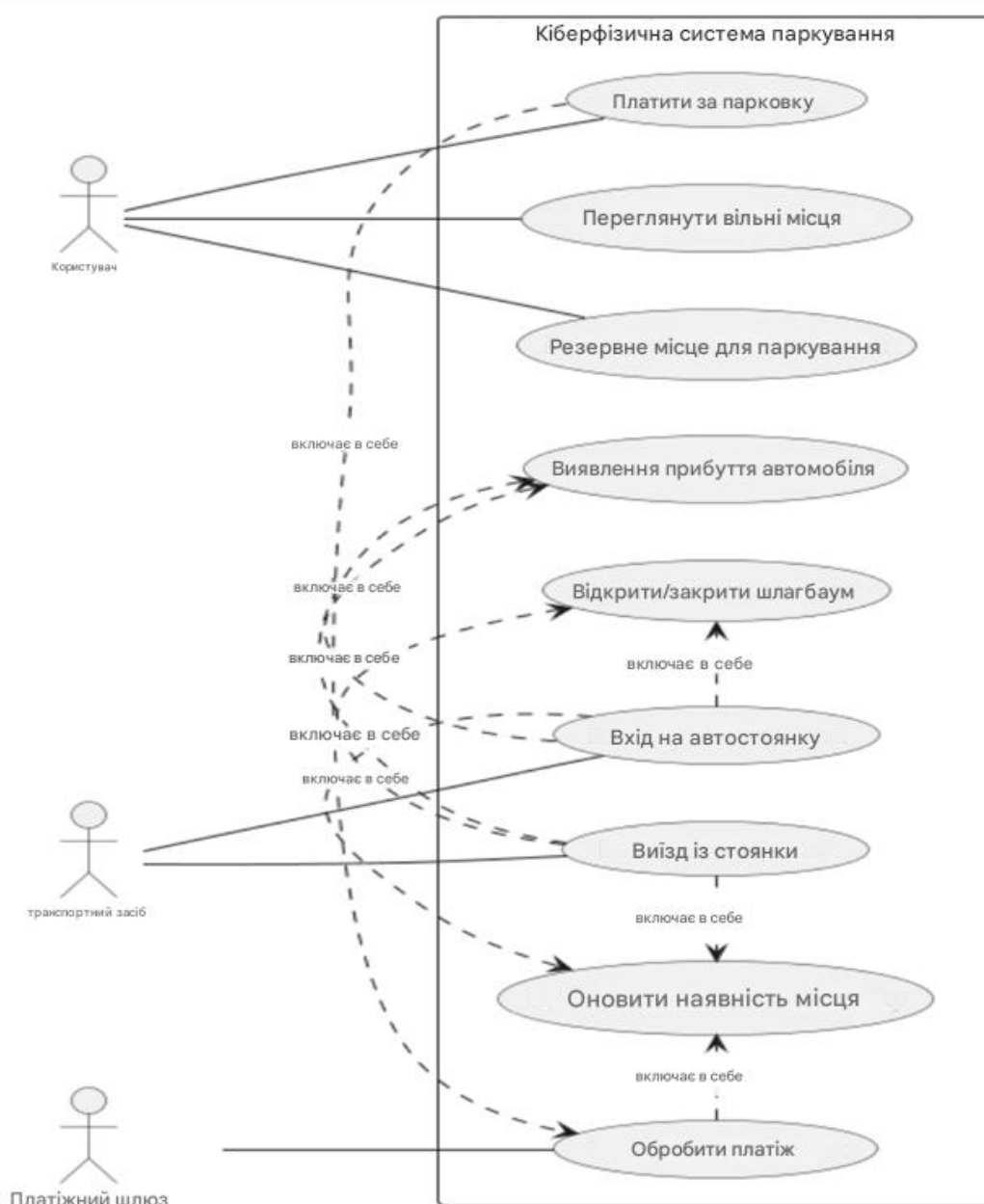


Рисунок 4.2 – Діаграма варіантів використання

Включення вказує на те, що один варіант використання включає поведінку іншого. Наприклад, варіант використання В'їхати на парковку включає Виявити прибуття транспортного засобу і Відкрити чи закрити шлагбаум.

Діаграму варіантів використання для розроблюваної кіберфізичної системи паркування показано на рисунку 4.1, де вказано варіанти використання: В'їзд на парковку, Виїзд з парковки, Оплата паркування, Перегляд вільних місць, Резервування місця для паркування, Виявлення прибуття транспортного засобу, Відкриття чи закриття шлагбаума, Обробка оплати і Оновлення інформації про наявність місць.

Зліва фігурки, що представляють акторів: Користувач, пов'язаний із варіантом використання Переглянути вільні місця, Зарезервувати місце для паркування та Сплатити за паркування. Актор Транспортний засіб буде пов'язаний із варіантом використання В'їзд на парковку і Виїзд з парковки. Актор Платіжний шлюз буде пов'язаний з варіантом використання Обробити платіж.

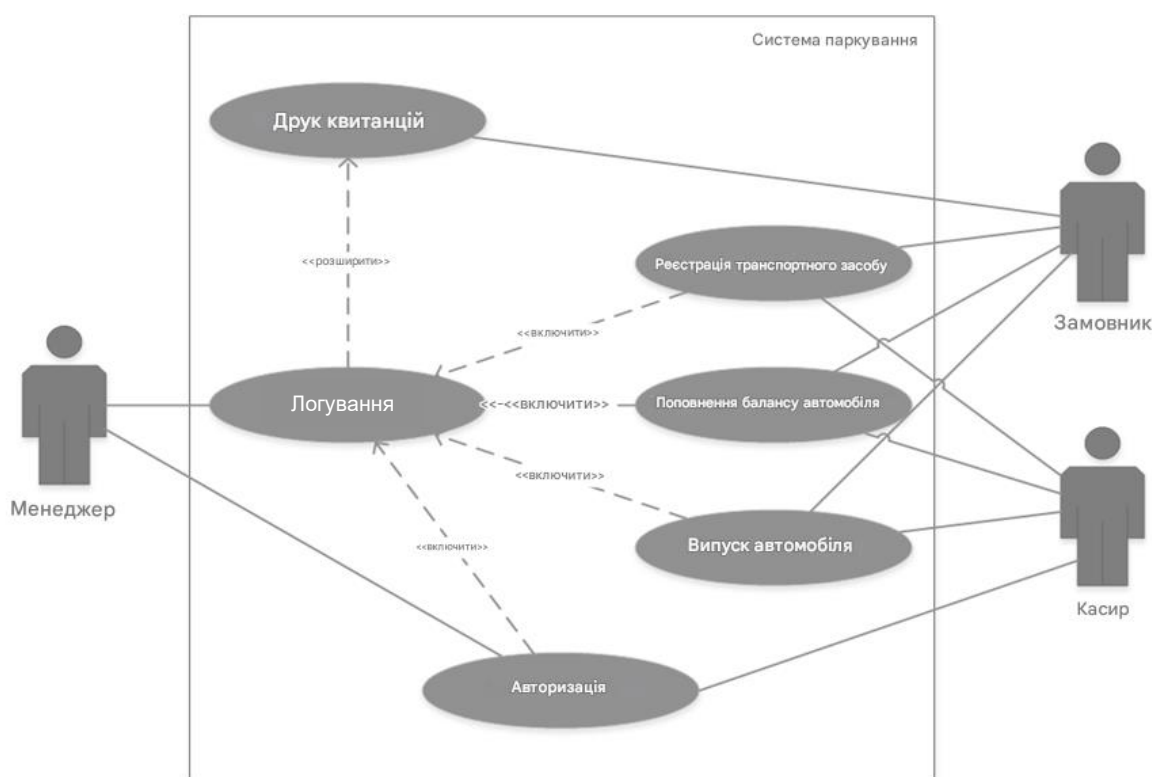


Рисунок 4.3 – Діаграма варіантів використання з передбаченням ролей

Можна розглядати також варіант, коли в програмній системі передбачено рольові моделі. На рисунку 4.2 подано три дійові особи: менеджер, касир та клієнт. Касир, так само як і клієнт, бере участь в операціях реєстрації, поповненні балансу, відпуску транспортного засобу. Обидва працівники (касир та менеджер) повинні обов'язково перед початком роботи виконати аутентифікацію в системі.

Менеджер має змогу працювати лише з даними, які збираються та зберігаються в процесі надання послуг.

4.2.2 Діаграма станів програмного забезпечення

Для моделювання кіберфізичних систем можливе використання трьох стандартних мов моделювання: уніфікованої мови моделювання (UML), мови системного моделювання (SysML) та моделювання і аналізу систем реального часу і вбудованих систем (MARTE) в контексті проектування і розробки CPS. Всі ці засоби вирішують проблеми різних зацікавлених сторін та якою мірою вони охоплюють різні точки зору, які етапи розробки можуть підтримувати за допомогою набору конкретних типів моделей, а також які прикладні області використовують ці мови.

Оскільки в даній кваліфікаційній роботі використовується мова UML, то доцільно, окрім діаграми варіантів використання представити ще діаграму станів та діяльності. Діаграма переходів станів (State-transition diagram – STD) відображає всі можливі стани, які може мати об'єкт, а також події, які спричиняють зміну стану об'єкта (переходи), умови, які повинні бути виконані перед переходом, і дії, які виконуються під час існування об'єкта (дії). Ці діаграми корисні для визначення поведінки окремих об'єктів у різних сценаріях використання, які впливають на ці об'єкти.

Діаграма станів допомагає при моделюванні станів паркувального місця та має на меті представити різні стани, в яких може перебувати одне паркувальне місце, та переходи між цими станами. Стани відображають різні стани

паркувального місця (Вільно, Зайнято, Зарезеровано). Переходи відображають події, які спричиняють зміну стану паркувального місця (рисунок 4.4).

Як видно із рисунку 4.4 діаграма станів показує такі стани: Вакантний, Зайняти та Зарезеровано. Початковий стан (маленьке заповнене коло) буде позначено стрілкою, що вказує на Вільно.

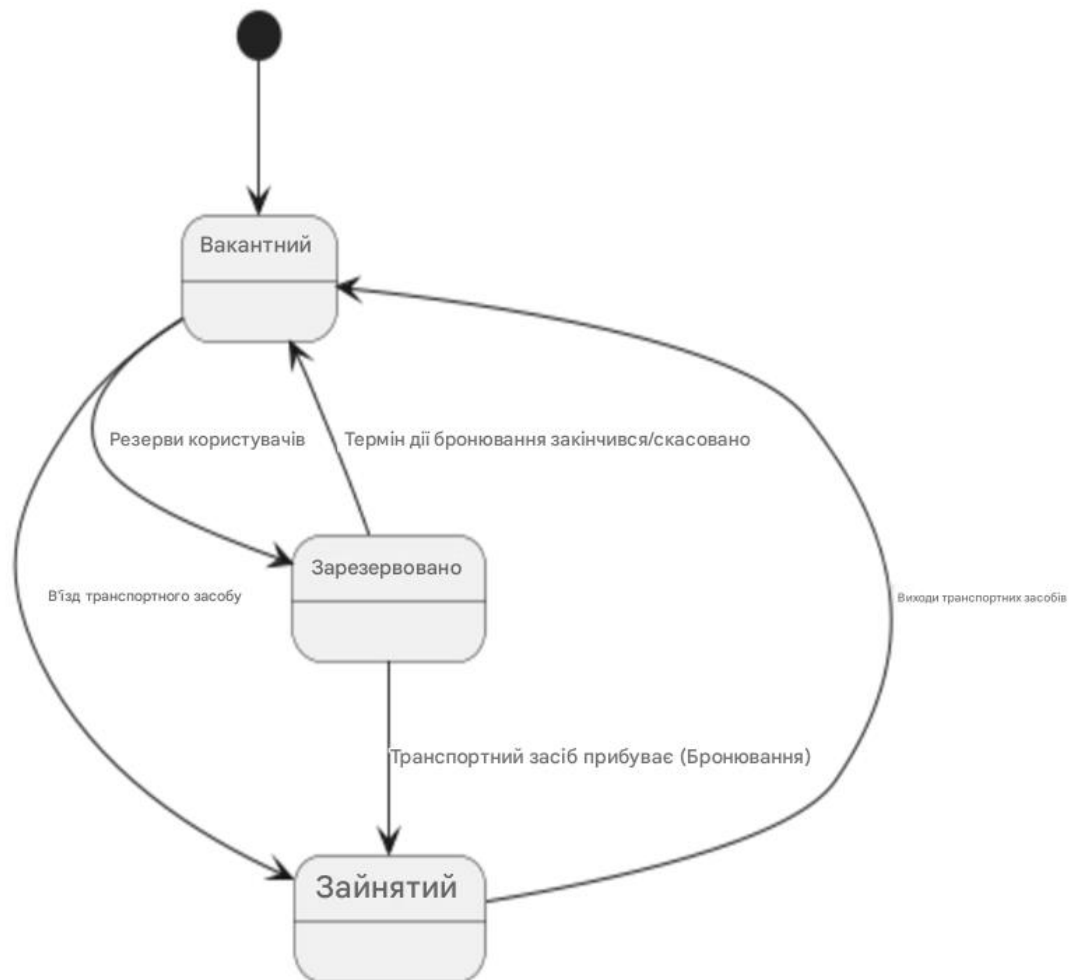


Рисунок 4.4 – Діаграма станів

Стрілки, які позначені подіями, будуть показувати переходи, наприклад, коли автомобіль в'їжджає, то буде перехід з вільно на зайнято, у випадку виїзду автомобіля стан буде змінюватись навпаки із зайнято на вільно. Аналогічно й у випадку резервування користувача буде зміна стану із вільно на зайнято, а у випадку прибуття транспортного засобу (бронювання) буде зміна стану із зарезеровано на зайнято.

На рисунку 4.3 показана послідовність станів, які відповідають умовам системи. Після отримання даних система виконує процес реєстрації, що призводить до надання права доступу до місця паркування. Надання послуги може бути скасовано в будь-який момент. У такому випадку клієнт отримає повернення коштів. Коли оплачений час перебування буде вичерпано, клієнт може продовжити або припинити використання місця паркування. Після завершення процесу відпуску транспортного засобу видається чек про надану послугу.

Діаграма діяльності показує моделювання процесу В'їзд на парковку, тобто метою даної діаграми є моделювання послідовності дій, пов'язаних з в'їздом транспортного засобу на парковку.

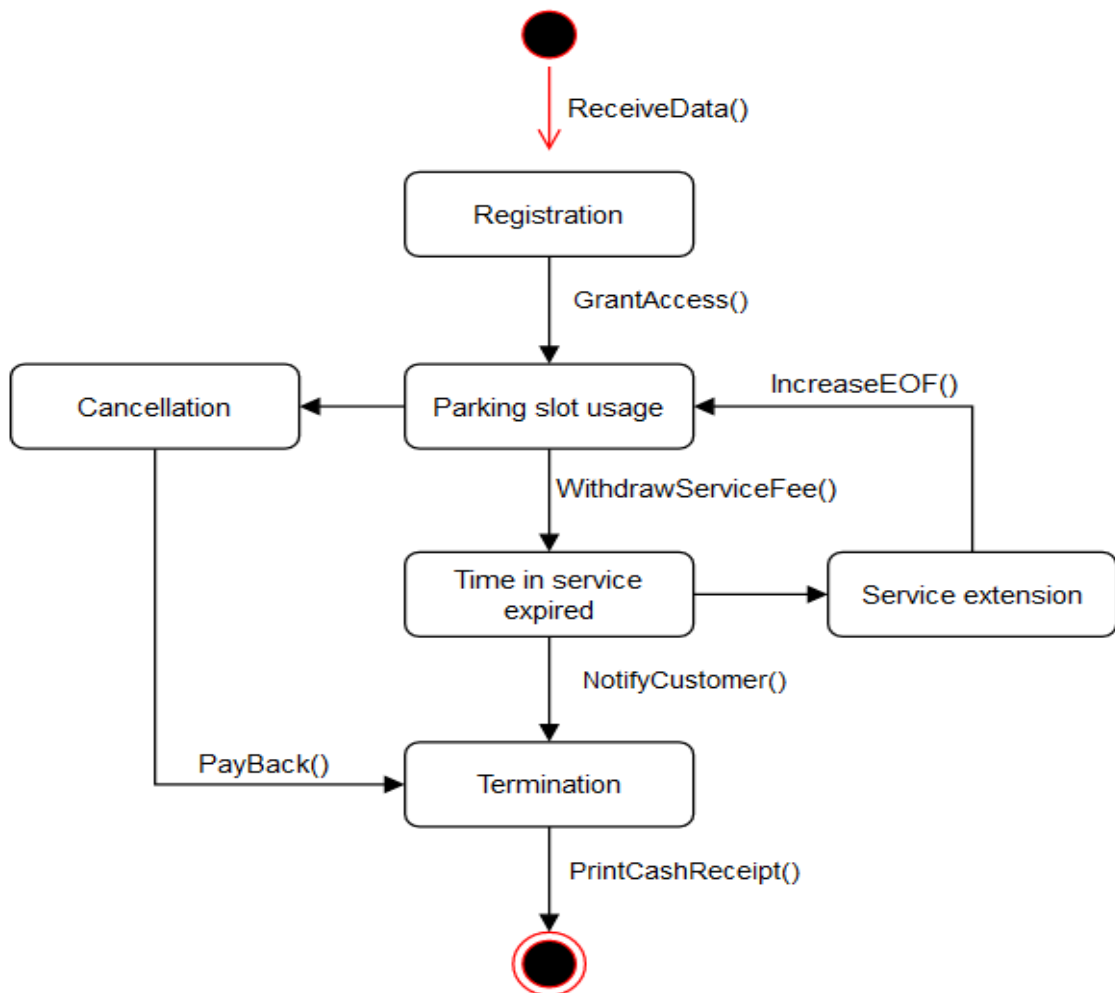


Рисунок 4.5 – Діаграма переходів станів (STD)

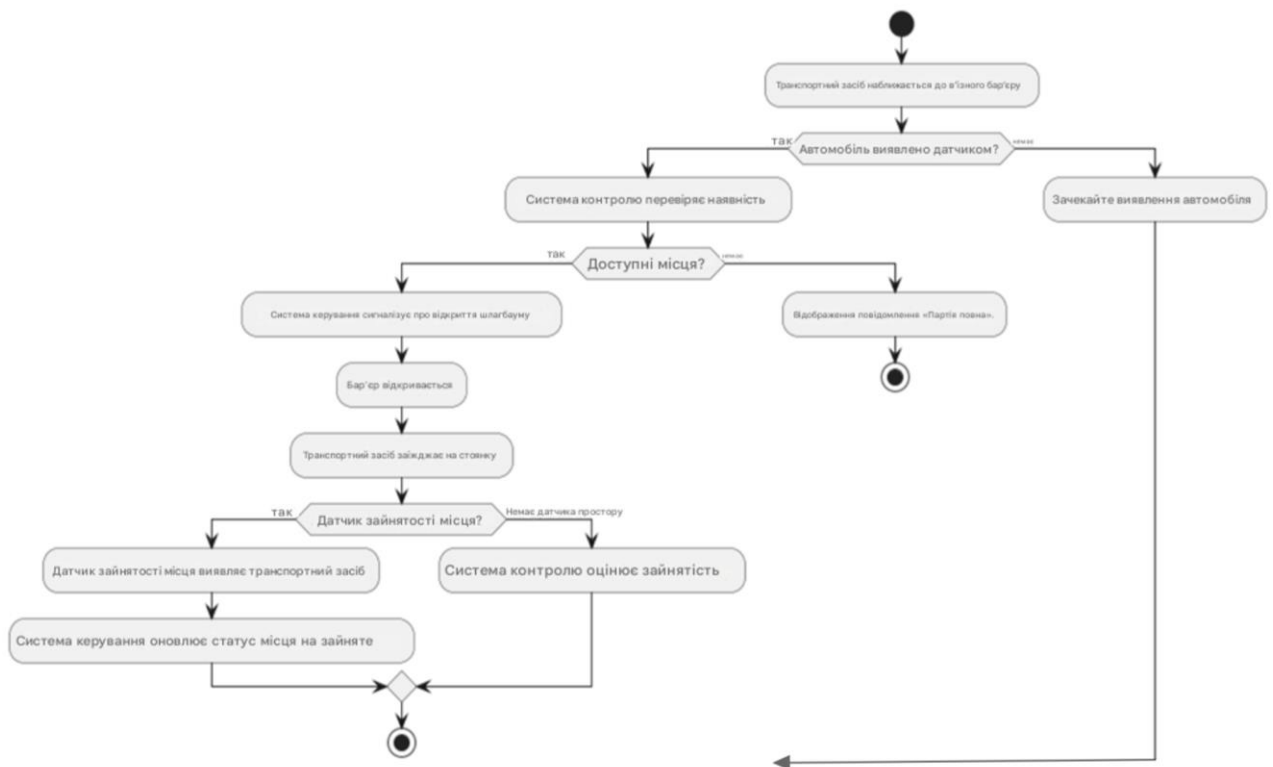


Рисунок 4.6 – Діаграма діяльності

На зображенні показана діаграма діяльності, що починається із заповненого кола. Прямокутники представлятимуть дії, а ромби – це точки прийняття рішень. Отже, вказані діаграми пов'язані зі стратегіями моделювання та відіграють кожна свою роль.

Діаграма варіантів використання допомагає визначити межі системи та ідентифікує високорівневі взаємодії між акторами та системою. Діаграма автомата станів забезпечує спосіб моделювання поведінки ключового фізичного компонента (місця для паркування) з плином часу.

Діаграма діяльності дозволяє візуалізувати послідовність кроків, що включають як фізичні (рух транспортного засобу, активація датчиків, рух шлагбаума), так і кібернетичні (логіка системи управління, оновлення бази даних) компоненти та їх взаємодію.

4.3 Інтерфейс програмного забезпечення

На етапі моделювання інтерфейсу створюються ескізи простих користувацьких інтерфейсів для мобільного застосунку (що показує вільні місця) або інформаційної панелі управління (що показує статистику зайнятості).

Програмна система перш за все повинна бути зручною у використанні та не викликати труднощів, враховуючи можливі способи ідентифікації користувачів. Тому, виходячи з розробленої специфікації програмної архітектури модуля було сформовано методика організації використання програмної системи кінцевим користувачем в залежності від типу ідентифікації. У рамках розробленої архітектури модуля проектування інтерфейсу користувачеві пропонується самому скласти опис свого користувацького профілю. Ця методика лежить у рамках концепції управління структурою інтерфейсу користувача з урахуванням варіативності вимог предметної області, яка застосовується в категорії конфігурованих систем, призначених для користувачів, щоб дати їм можливість самостійно змінювати систему відповідно до потреб предметної області. Залежно від вимог, що змінюються, а також предметної області може змінюватися і роль користувача. У разі таких змін користувацький інтерфейс також повинен бути адаптований до умов, що змінилися, щоб користувачеві було зручно користуватись застосунком.

Інтерфейс мобільного застосунку повинен мати сучасний та привабливий дизайн, що відповідає бренду паркінгу (якщо є), передбачити використання чіткої типографіки та зрозумілих іконок. Має бути консистентність стилів та елементів інтерфейсу на всіх екранах, із кольоровою схемою, яка відображає статус паркомісць (наприклад, зелений – вільно, червоний – зайнято, жовтий – заброньовано).

З точки зору ергономіки мобільний застосунок має передбачати зручне розташування елементів керування для використання однією рукою із достатньо великими інтерактивними елементами для легкого натискання та чітким візуальним виділенням активних елементів.

Щодо організації інформаційної архітектури, то потрібно передбачити логічну організацію інформації та функціональності, зрозумілу структуру навігації та ефективне використання екранного простору.

Важливим є також зворотний зв'язок, що передбачає візуальне підтвердження виконання дій користувача, інформативні повідомлення про помилки або проблеми, використання індикаторів завантаження при виконанні тривалих операцій, забезпечення надійної взаємодії з датчиками паркінгу, шлагбаумами, платіжними терміналами тощо через відповідні API для обміну даними між мобільним застосунком та серверною частиною системи.

Залежно від конфігурації, система керування паркуванням має кілька типів ідентифікації користувачів:

- в'їзний квиток із штрих-кодом;
- безконтактні пластикові карти;
- номерні знаки.

Найпростішим способом ідентифікації транспортного засобу на паркувальному майданчику є видача в'їзного квитка із штрих-кодом. Паркувальна стійка біля входу обладнана принтером для друку квитків і відвідувачі отримують паперовий квиток при вході. Штрих-код заноситься до бази даних і прив'язується до конкретного автомобіля. Цей квиток зчитується спеціальним сканером штрих-коду або касиром або терміналом самообслуговування. Також можуть використовуватись безконтактні пластикові картки. Для цього паркувальні місця оснащені пристроєм видачі та зчитування карток для видачі та збору карток у відвідувачів. Ця карта може бути використана для різних знижок у комплексі.

Номери автомобіля в даному випадку будуть використовуватися в якості ідентифікаційного знаку для визначення транспортного засобу. При під'їзді до шлагбауму номерний знак фіксується та зв'язується з автомобілем у базі даних, а при виїзді зі шлагбауму номерний знак знову фіксується та система розраховує ціну. Все аналогічно звичайному квитку, але на пунктах реєстрації та виїзду (або на платіжних терміналах) встановлено камери, які фіксують номерний знак. Якщо

записати номерний знак неможливо, клієнт автоматично видає талон зі штрих-кодом.

Кіберфізична система паркування працює таким чином, що водій перед шлагбаумом натискає кнопку для в'їзду на паркування та отримує квиток зі штрих-кодом, який може автоматично надсилатись на мобільний застосунок.

На рисунках 4.5-4.7 показано приклад типового інтерфейсу мобільного застосунку для керування паркуванням.

Зайшовши у даний застосунок користувач може знайти вільне місце для паркування, приїхати на парковку та здійснити реєстрацію там. Після перебування на парковці водій також може розрахуватись за точно визначеним часом перебуванням на парковці.

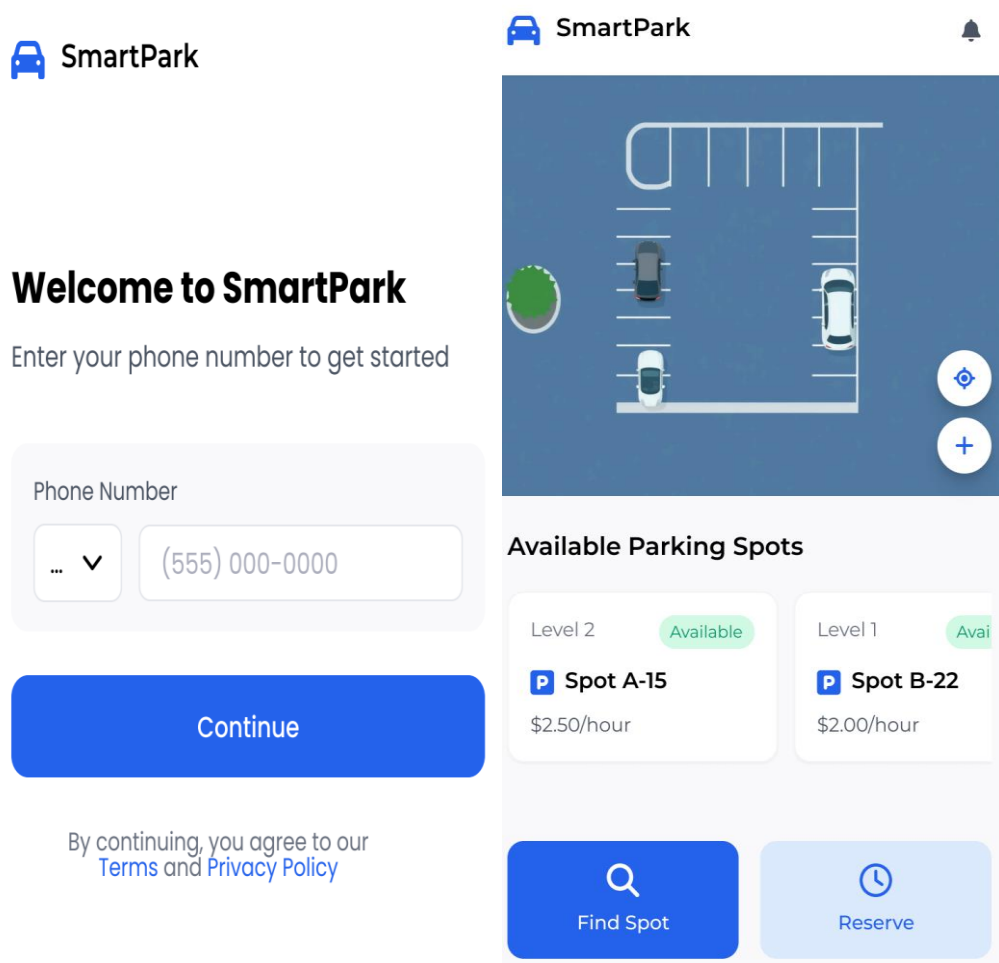


Рисунок 4.7 – Вигляд основних екранів мобільного застосунку

Також у даному мобільному застосунку передбачено функцію знаходження свого автомобіля, яку можна або ввімкнути, або не використовувати. Але на великих паркувальних майданчиках, дана функція є актуальною та доцільною для використання.

Також є можливість зберігати історію про тривалість, місце, час паркування, а також здійснення оплати за паркувальне місце.

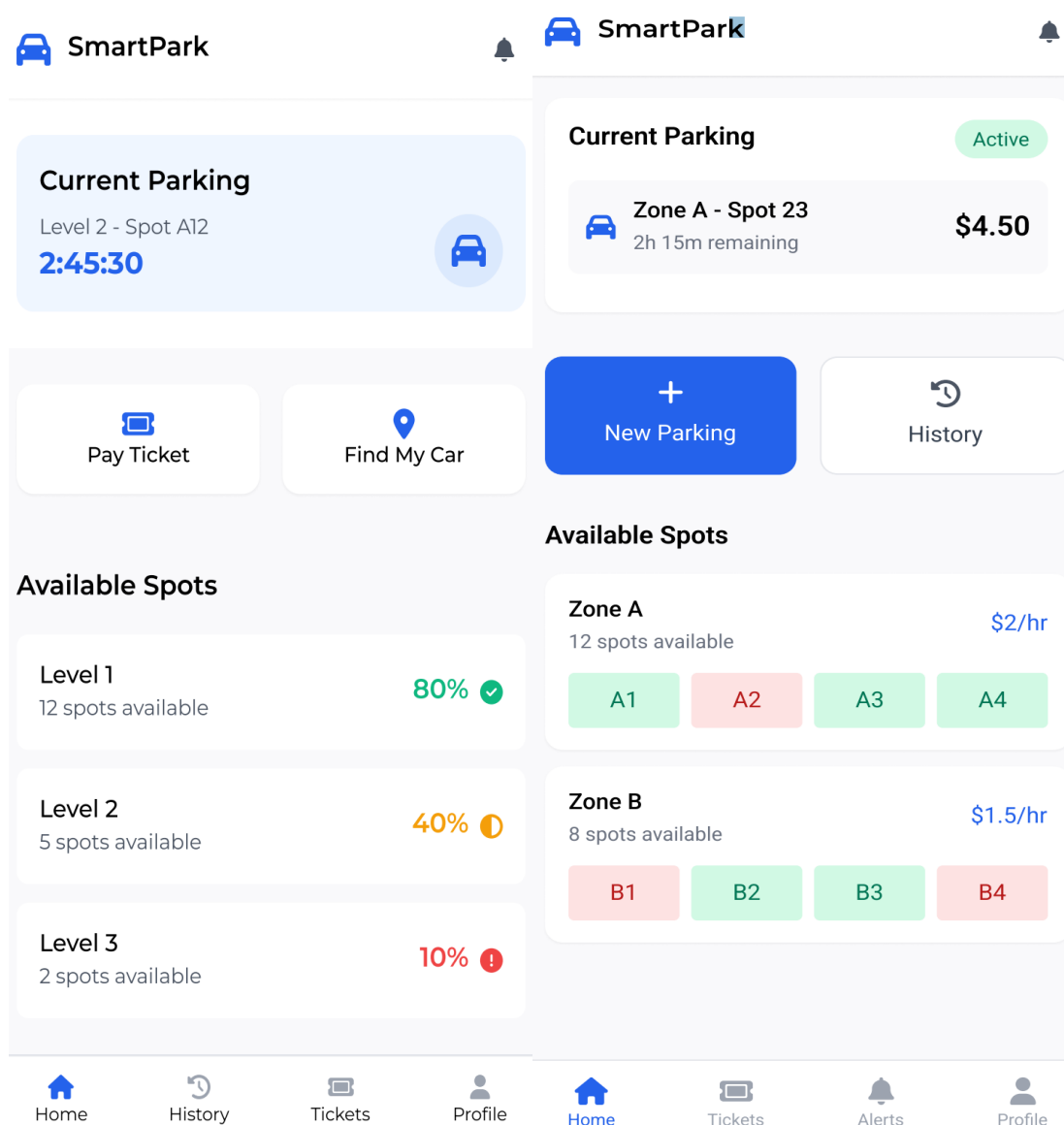


Рисунок 4.8 – Інтерфейс застосунку
для виявлення вільних паркувальних місць

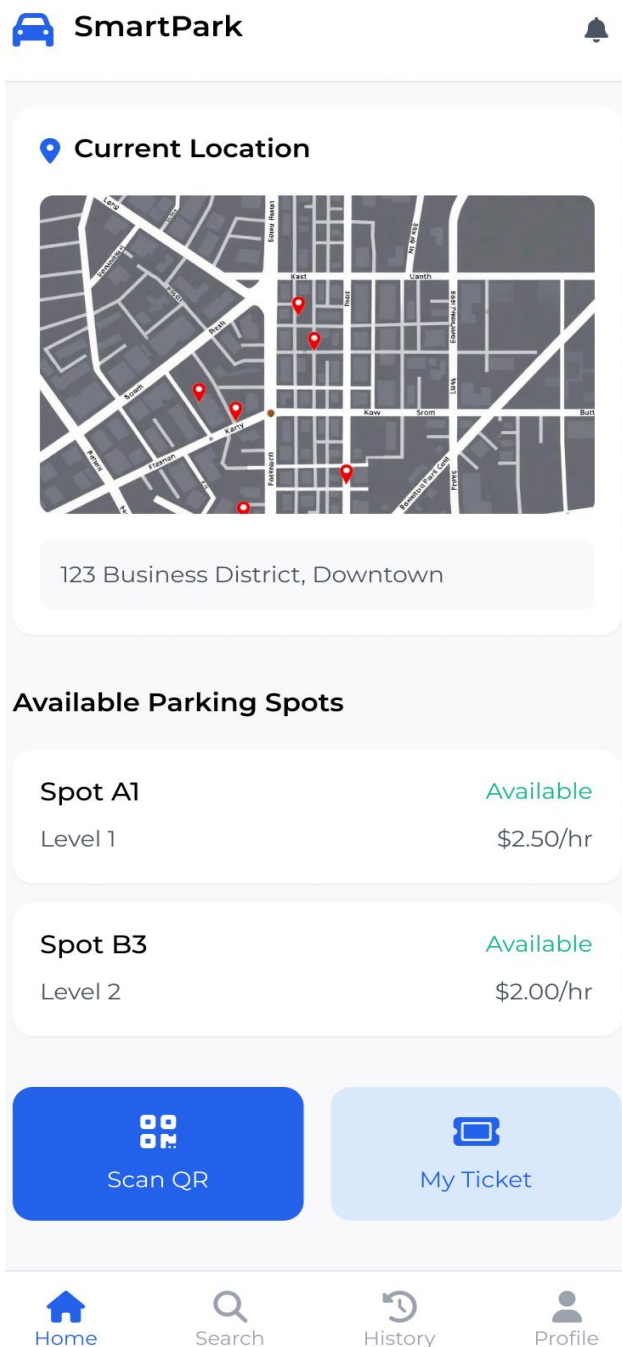


Рисунок 4.9 – Екран мобільного застосунку для визначення поточного місцезнаходження

Також є можливість здійснити оплату за допомогою паркувального терміналу, розташованого у спеціально відведеному місці, та скористатися своїм вхідним квитком або QR-кодом, що надходить у мобільний застосунок.

Термінал оснащений інформаційною панеллю, яка інформує відвідувача про суму платежу, за яким тарифом він був сформований та всю необхідну інформацію. Термінал також оснащений усім необхідним для оплати купюрами, монетами, банківськими картками, і залежно від конфігурації функції терміналу можуть бути розширені.

Після оплати водій отримує квитанцію та виїзний квиток, яким він може залишити паркування на виїзній стійці. Система автоматично реєструє всі входи, виходи та генерує фінансові звіти.

4.4 Висновки до четвертого розділу

У даному розділі подано проектування архітектури кіберфізичної системи паркування із врахуванням всіх складових, що необхідні для функціонування кіберфізичної системи на фізичному та кіберфізичному рівні.

Отже, на основі результатів дослідження проробленого у четвертому розділі можна зробити такі висновки.

Для роботи кіберфізичної системи паркувального майданчика необхідно, щоб і фізична складова, і кібернетична складова працювали цілісно та синхронно. Тому обрання архітектурного рішення, визначення вимог до програмного застосунку відграє одну із ключових ролей під час даного дослідження, оскільки без однієї складової – інша теж буде працювати недосконало та будуть видаватись помилки чи неточності.

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень розроблено алгоритм, модель та метод розробки кіберфізичної системи паркування.

У першому розділі здійснено аналіз поняття кіберфізичних систем. Та виявлено, що кіберфізичні системи інтегрують обчислювальні компоненти (обробку інформації) з фізичними процесами, які взаємодіють через мережу. Технологічні досягнення в «Інтернеті речей», «робототехніці» та «автономних транспортних засобах» є основою для створення кіберфізичних систем, і сьогодні є приклади успішних кіберфізичних систем всюди від потягів без водіїв до розумних будівель, побутової техніки та повсякденних предметів, таких як роботи-прибиральники, переносні фітнес-пристрої чи електричні велосипеди.

Існує багато досліджень щодо систем розумного паркування для закритого паркування, відкритого паркування чи паркування на вулиці. Основна увага залишається на виявленні припаркованих транспортних засобів у слоті та збереженні даних про транспортний засіб шляхом вилучення номерного знака. Схема паркування визначає розташування пристроїв Інтернету речей для виявлення транспортних засобів. Деякі рішення виявилися дорогими, а деякі – зі збільшеною затримкою виявлення тощо. Зі зростанням технологій, що підтримують IoT, виявлення припаркованих транспортних засобів і виділення паркувальних місць можна ефективно здійснювати за допомогою різних датчиків і мікроконтролерів разом із камерами. Деякі дослідження використовують окремі камери для кожного паркувального місця для виявлення номерних знаків транспортного засобу, що робить установку досить дорогою.

Отже, існує величезна кількість досліджень та наукових напрацювань, що стосуються розробки кіберфізичних систем різного роду призначення, в тому числі і для керування парковкою.

Майбутні дослідження, ймовірно, можуть бути зосереджені на створенні більш надійних методологій, усуненні вразливостей безпеки, посиленні співпраці

між людиною і штучним інтелектом, а також на розробці масштабованого та надійного штучного інтелекту для все більш взаємопов'язаного світу.

У другому розділі здійснено аналіз існуючих методів та засобів створення кіберфізичних систем. Також виявлено, що дослідницький ландшафт, пов'язаний з розробкою кіберфізичних систем, є динамічною та мультидисциплінарною галуззю, що привертає значну увагу з боку академічних кіл, бізнесу та керівництва країни в цілому. Аналіз цих досліджень виявляє кілька ключових аспектів, що описано нижче.

КФС послідовно визначаються як інженерні системи з глибокою інтеграцією між обчислювальними (кібернетичними) і фізичними компонентами. Ця інтеграція дозволяє взаємодіяти в реальному часі і контролювати фізичні процеси за допомогою обчислень і комунікації.

Серед ключових характеристик виділяють паралельність, розподіленість, обмеженість ресурсів (особливо у вбудованих компонентах), надійність, безпека та робота на основі даних.

Економічний потенціал кіберфізичних систем широко визнаний як набагато більший, ніж реалізований зараз, що стимулює значні глобальні інвестиції в їх розвиток.

У третьому розділі подано метод створення автоматизованої системи, яка об'єднує датчики, обробку зображень та керування базою даних для вирішення цих проблем. Одна камера контролює кілька паркувальних місць із попередньо визначеними координатами, пов'язаними з інфрачервоними датчиками для подвійної перевірки.

У четвертому розділі подано проектування архітектури кіберфізичної системи паркування із врахуванням всіх складових, що необхідні для функціонування кіберфізичної системи на фізичному та кіберфізичному рівні.

Набула подальшого розвитку інформаційна технологія створення кіберфізичної системи паркування.

Впровадження результатів роботи дозволили використання розроблюваної кіберфізичної системи в таких сферах, як інфраструктура розумного міста,

управління паркуванням і автоматичне виставлення рахунків. Використовуючи потужність передових технологій дане дослідження пропонує відчутний шлях до зменшення заторів, оптимізації доходів і сприяння більш стійкій екосистемі міської мобільності для прийдешніх поколінь.

За темою кваліфікаційної роботи опубліковано одну публікацію тез доповіді «Кіберфізична система паркінгу» у збірнику XV Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2025».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Програмне забезпечення парковок. URL: https://www.sea.com.ua/ua/parkovochnoe_oborudovanie/programmnoe-obespecenie-parkovok/ (дата звернення: 19.02.2025).
2. Liu K., Kang T., Ye X. A fault location method of distribution network based on XGBoost and SVM algorithm. *IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications*. №6(4). P. 310–318.
3. Iot smart parking system based on the visual-aided smart vehicle presence sensor: Spin-v / L. F. Luque-Vega та ін. *Sensors*. 2020. №20(5). P. 345–356.
4. Helen Gill and the Importance of Cyber-Physical Systems URL: https://tekeye.uk/computer_history/importance-of-cyber-physical-systems (дата звернення: 20.02.2025).
5. Tyagi A. K., Sreenath N. Cyber Physical Systems: Analyses, challenges and possible solutions. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*. 2021. №1. P. 22–23.
6. Cyber Physical Systems: features, Applications and Challenges. URL: <https://bigdataanalyticsnews.com/cyber-physical-systems/> (дата звернення: 20.02.2025).
7. Gour S. Та ін. Privacy and security of smart irrigation data using IOTA distributed ledger.. *Cyber-Physical Systems*. 2025. №11(2). P. 1–23.
8. What is a Cyber Physical System? URL: <https://matics.live/glossary/cyber-physical-system/> (дата звернення: 20.02.2025).
9. Michel-Torres D., Luque-Vega L., Lopez-Neri E. Iot based smart vehicle presence sensor spin-v for smart parking system. *In 2019 14th Annual Conference System of Systems Engineering (SoSE)*. 2019. P. 236–241.
10. Zhou X. A review of fruit ripeness recognition methods based on deep learning. *Cyber-Physical Systems*. 2025. №11(2). P. 1–30.
11. An Evaluation of Sentiment Analysis Techniques Processes and Challenges / E. V. Vig et al. *International Conference on Fourth Industrial Revolution Based Technology and Practices*. 2022. P. 145–149.

12. Hossain M. M., Peng C. Cyber-physical security for on-going smart grid initiatives: a survey. *IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications*. 2020. №5(3) P. 151–166.
13. Ramachandra A. C., Sanjay J. C. Real-time car parking management system. *In 2024 International Conference on Intelligent Algorithms for Computational Intelligence Systems*. P. 1–7. URL:
14. Golabi A., Erradi A., Tantawy A. Towards automated hazard analysis for CPS security with application to CSTR system. *Journal of Process Control*. 2022. №115. P. 100–111.
15. Cormier A., Ng C. Integrating cybersecurity in hazard and risk analyses. Author links open overlay panel. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2020. №64. P. 358–369.
16. Кіберфізичні системи: технології збору даних / О. Бочкар'юв та ін. Магнолія, 2023. 176 с.
17. Cyber Physical Systems: features, Applications and Challenges. URL: <https://bigdataanalyticsnews.com/cyber-physical-systems/> (дата звернення 23.01.2025).
18. Li M., Zhang L. Deep learning-based license plate recognition in iot smart parking systems using yolov6 algorithm. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*. 2023. № 4(12). P.245-255.
19. Cyber-Physical Systems (CPS). Leveraging engineered systems that integrate computational elements with physical processes. URL: What is Cyber-Physical Systems (CPS)? Examples, Applications & Security | Fortinet. (дата звернення: 20.02.2025).
20. Introduction to Cyber-Physical System. URL: Introduction to Cyber-Physical System | GeeksforGeeks. (дата звернення: 21.03.2025).
21. Nguyen T. et al. An Adaptive Vision-based Outdoor Car Parking Lot Monitoring System. *2020 IEEE Eighth International Conference on Communications and Electronics*. 2021. P. 445–450.

22. Munawar I., Rizky A., Rusman P. Automatic vlp's recognition for smart parking system. *International Journal of Applied Engineering and Technology*. 2022. №5(1). P. 17-29.
23. Cyber Physical Systems. URL: Cyber Physical Systems | NIST (дата звернення: 23.03.2025).
24. Cyber-Physical Systems: An Overview. URL: Cyber-Physical Systems: An Overview | SpringerLink (дата звернення: 24.03.2025).
25. 10 Examples of Cyber-Physical Systems. URL: 10 Examples of Cyber-Physical Systems | Claroty (дата звернення: 24.03.2025).
26. What are Cyber Physical Systems? (Design Elements & Factors). URL: www.erp-information.com (дата звернення: 28.03.2025).
27. What are Cyber-Physical Systems? URL: <https://research.ncl.ac.uk/cplab/aboutthelab/> (дата звернення: 28.03.2025).
28. Broo D. G., Boman U., Tornngren M. Cyber-physical systems research and education in 2030: Scenarios and strategies. *Journal of Industrial Information Integration*. 2021. № 21. P. 123–133.
29. Kalinath K., Ha T. N., Anagnostou E. Real-Time Detection and Identification of ARP Spoofing Attacks in Microgrids. *IEEE Access*. 2025. №13, P. 72427-72441.
30. Gong X., Wang K. Adaptive Resilience via Knowledge Distillation: Safeguarding Systems from Leader Missing Attacks. *2024 IEEE International Conference on Unmanned Systems*. 2024. P. 1533–1538.
31. Penchalaiah N., Kumar A., Chaithrashree A. Advanced Detection of Cyber-Physical Attacks in Manufacturing Using LSTM-KNN. *2024 International Conference on Data Science and Network Security*. 2024. P. 1-7
32. Haldorai A. A review on artificial intelligence in internet of things and cyber physical systems. *Journal of Computing and Natural Science*. 2023. № 3(1). P. 12–23.
33. Мариняк В. Кіберфізична система паркінгу. *Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2025»*.

34. Мельник А.О., Мельник В.А., Глухов В.С., Сало А.М. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування. – Магнолія, 2023. – 238 с.
35. Introduction to Cyber-Physical System. [URL:https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-cyber-physical-system/](https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-cyber-physical-system/) (дата звернення: 20.03.2025).
36. Vazhenina, L. V., Magaril, E., Mayburov, I. Digital management of resource efficiency of fuel and energy companies in a circular economy. *Energies*. 2023. №16(8). P. 34-45.
37. Lee, J., Choi, W., Kim, J. A cost-effective CNN-LSTM-based solution for predicting faulty remote water meter reading devices in AMI systems. *Sensors*. № 21(18). P.62-71.
38. Li Y., Lin G. Design of intelligent parking lot based on Arduino. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; IOP Publishing, Bristol, Uk*. 2019.
39. An IoT Raspberry Pi-based parking management system for smart campus / W. Jabbar та ін. *Internet Things*. 2021. №. 14. P. 378-390.
40. AARIN: Affordable, Accurate, Reliable and INnovative Mechanism to Protect a Medical Cyber-Physical System using Blockchain Technology / К. Tyagi та ін. *International Journal of Intelligent Networks*. 2021. №. 2. P. 175–183.
41. Intrusion detection in cyber security: role of machine learning and data mining in cyber security / G. Rekha та ін. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*. 2020. №. 5(3). P. 72–81.
42. Mohamed M. A., Kardas G., Challenger M. Model-Driven engineering tools and languages for cyber-physical systems—systematic literature review. *IEEE Access*. 2021. № 9. P. 48605–48630.
43. Application of Big Data and Machine Learning in Smart Grid, and Associated Security Concerns: A Review / E. Hossain et al. *IEEE Access*. 2019. №7. P. 13960–13988.

44. Analysis of Viewpoints for Modeling Cyber-Physical Systems / A. D. Ionita та ін. *2023 24th International Conference on Control Systems and Computer Science*, Bucharest, Romania. P. 319–324.
45. Chuadhry M. A., Palleti V. R., Vishrut K. M. A practical physical watermarking approach to detect replay attacks in a CPS. *Journal of Process Control*. 2022. №116. P. 136–146.
46. Frameworks for data-driven quality management in cyber-physical systems for manufacturing: A systematic review / B. B. Cassoli et al. *Procedia CIRP*. 2022. № 122. P. 567–572.
47. Raza M. Cyber-Physical Systems (CPS) Explained. *Splunk*. URL: https://www.splunk.com/en_us/blog/learn/cyber-physical-systems.html (дата звернення: 11.04.2025).
48. Cyber-physical spare parts intralogistics system for aviation MRO / Q. Chen et al. *Advanced Engineering Informatics*. 2023. № 56. P. 489-497.
49. A new generation cyber-physical system: A comprehensive review from security perspective / S. Rani та ін. *Computers & Security*. 2025. № 148. P. 256-267.
50. Digital twins in cyber effects modelling of IoT/CPS points of low resilience / G. Epiphaniou та ін. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2023. №125. P. 256–264.
51. Vishwanath S., Sharma S. Vehicle parking management system. *In 2020 International Conference on Convergence to Digital World-Quo Vadis*. 2020. №3. P.34-44.
52. The Role of Cyber-Physical Systems in Revolutionizing Transportation: From Connected Cars to Autonomous Vehicles / A. A. Frank et al. *2025 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM)*, Dehradun, India, 4–6 march. 2025.
53. Pannerselvam K., Rajiakodi S. Towards Smarter Interconnected Futures: The Crucial Role of Data in Cyber-Physical Systems" in *Intelligent Cyber-Physical Systems for Healthcare Solutions*. *Springer*. 2024. P. 181–194.

54. Enhancing User Experiences in Cyber-Physical Systems for Real-Time Feedback and Intelligent Automation in Navigating Cyber-Physical Systems With Cutting-Edge Technologies / V. Kuwar et al. *IGI Global Scientific Publishing*. 2025. P. 215–234.
55. A review on the static and dynamic risk assessment methods for cybersecurity in industry 4.0 / N. H. Ghoson та ін. *Computers & Security*. 2025. № 150. P. 567–578.
56. Vulnerability and security risk assessment in a IIoT environment in compliance with standard IEC 62443 / H. L. Hassani та ін. *Procedia Computer Science*. 2021. №191. P. 33–40.
57. Selmani A. An IoT-based cyber-physical system for smart greenhouse monitoring and control to improve energy efficiency. *Information Processing in Agriculture*. № 6(4). P. 445–459.
58. Airlanga, Liu H. H. Developing a cyber-physical system framework for water sprinkle monitoring in a smart agriculture environment. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. № 167. P. 245–257.
59. Kumar K. N., Pawar D. S., Mohan C. K. Open-air Off-street Vehicle Parking Management System Using Deep Neural Networks: A Case Study. *2022 14th International Conference on COMMunication Systems & NETWORKS*. 2022. P. 800–805.
60. Lafta N., Abbood Z. Comprehensive Review and Comparative Analysis of Keras for Deep Learning Applications: A Survey on Face Detection Using Convolutional Neural Networks. *International Journal of Religion*. 2024. № 5(11). P. 1203–1213.
61. Raspberry Pi. URL: <https://www.raspberrypi.com/> (дата звернення: 29.02.2025).
62. What Is Raspberry Pi? Here's The Best Guide To Get Started. URL: <https://www.simplilearn.com/tutorials/programming-tutorial/what-is-raspberry-pi> (дата звернення: 29.02.2025).
63. Паркування та автоматизована система управління оплатою. URL: <https://tvtdigital.com.ua/parkuvannia-ta-avtomatyzovana-systema-upravlinnia-oplatoiu/> (дата звернення: 25.03.2025).

64. How to implement cyberphysical systems? URL: <https://nexusintegra.io/implementing-cyberphysical-systems/> (дата звернення: 27.03.2025).
65. Cyberphysical systems and Systems Engineering. URL: <https://www.tue.nl/en/research/research-groups/control-systems-technology/cyber-physical-systems-and-systems-engineering> (дата звернення: 27.03.2025).
66. The Rise of Cyber-Physical Systems. URL: <https://www.nationalacademies.org/news/2023/11/the-rise-of-cyber-physical-systems> (дата звернення: 27.03.2025).
67. Ao W., Song Y., Wen C. Distributed secure state estimation and control for CPSs under sensor attacks. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2020. № 50(1). P. 259–269.
68. Checa D., Urbikain G., Beranoagirre A., Bustillo A. Using machine-learning techniques and virtual reality to design cutting tools for energy optimization in milling operations. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. № 35(9). P. 951–971.
69. Li F., Tang, Y. False data injection attack for cyber-physical systems with resource constraint. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2020. № 50(2). P. 729–738.
70. Zhou Y., Patel N. Real-Time Vehicle Detection and Slot Allocation in Cyber-Physical Parking Systems Using Edge Computing. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2025. № 26(2). P. 1345–1358.
71. Garcia M., Niazi A. A Framework for Integrating Cyber-Physical Parking Systems with Citywide Traffic Networks. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2025. № 16(1). P. 200–214.
72. Perez R., Demirbas M. Intelligent Parking Infrastructure: Cyber-Physical System Design for Congestion Reduction. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer. 2023. P. 321–336.
73. Liu J., Han S., Kumar S. A Cyber-Physical Parking System Prototype Using Raspberry Pi and Ultrasonic Sensors. *Procedia Computer Science*. 2024. № 223. P. 145–153

74. Singh A., Banerjee R. Smart Parking System Using Cyber-Physical Architecture and Cloud-Based Control. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 2025. № 21(4). P. 410–424.
75. Alvarez D., Chen Y. Cyber-Physical System-Based Multi-Level Parking Guidance Using Sensor Fusion and Real-Time Processing. *Sensors*. 2025. № 25(3). P. 1780–1797.
76. Hassan R., Khatib T. Cyber-Physical Parking Systems for Smart Cities: A Review of Enabling Technologies and Future Challenges. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. 2024. № 109(7). P. 1453–1471.
77. Yilmaz E., Rahman M. A Secure and Scalable Cyber-Physical Framework for Multi-Level Parking Structures. *Future Generation Computer Systems*. 2025. № 152. P. 588–603.
78. Moradi H., Zhang T. Real-Time Data Analytics in Cyber-Physical Parking Systems: From Sensor Integration to Decision Support. *Information Systems Frontiers*. 2025. № 27(2). P. 355–370.
79. Tariq M., Singh G. Cyber-Physical Parking System Using Low-Power Devices and AI-Driven Decision Logic. *ICT Express*. 2025. № 11(1). P. 122–130.
80. Sarkar P., Debnath A. Fuzzy-Based Decision-Making for Cyber-Physical Parking Management in Congested Urban Areas. In *Applications of Computational Intelligence in Smart Systems*. Springer. 2024. P. 193–209.
81. Altaf M., Dey S. Cyber-Physical Integration in Smart Parking: Sensor-Based Framework for Space Detection and Allocation. *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2024. № 28(3). P. 310–324.
82. Nguyen P., Rajan D. Cyber-Physical Models for Smart Urban Parking Systems: Design, Deployment, and Evaluation. *Transportation Research Procedia*. 2023. № 65. P. 89–101.
83. Zhang R., Lin F. Adaptive Traffic and Parking Management Based on Cyber-Physical Principles and Real-Time Feedback. *Procedia Computer Science*. 2024. № 219. P. 420–432.

ДОДАТОК А (обов'язковий)

ЛІСТИНГ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Модуль ViewModel для оплати паркування

```
// ui/payment/PaymentViewModel.kt
import androidx.lifecycle.LiveData
import androidx.lifecycle.MutableLiveData
import androidx.lifecycle.SavedStateHandle
import androidx.lifecycle.ViewModel
import androidx.lifecycle.viewModelScope
import com.example.parkingapp.data.model.PaymentInfo
import com.example.parkingapp.data.repository.ParkingRepository
import dagger.hilt.android.lifecycle.HiltViewModel
import kotlinx.coroutines.delay
import kotlinx.coroutines.launch
import java.time.LocalDateTime
import javax.inject.Inject

@HiltViewModel
class PaymentViewModel @Inject constructor (
    private val parkingRepository: ParkingRepository,
    savedStateHandle: SavedStateHandle
) : ViewModel() {

    private val parkingSpaceId: String =
savedStateHandle.get<String>("parkingSpaceId")!!
    private val startTime: String =
savedStateHandle.get<String>("startTime")!!

    private val _paymentAmount = MutableLiveData<Double>(0.0)
    val paymentAmount: LiveData<Double> = _paymentAmount

    private val _paymentStatus =
MutableLiveData<String>("Очікування")
    val paymentStatus: LiveData<String> = _paymentStatus

    private val _paymentSuccess = MutableLiveData<Boolean?>()
    val paymentSuccess: LiveData<Boolean?> = _paymentSuccess

    private val _errorMessage = MutableLiveData<String?>()
    val errorMessage: LiveData<String?> = _errorMessage

    init {
        calculatePaymentAmount()
    }

    private fun calculatePaymentAmount() {
        // Тут має бути логіка розрахунку вартості паркування на
основі часу
```

```

    // Для спрощення - фіксована сума
    _paymentAmount.value = 5.0 // Припустимо, 5 грн за годину
}

fun processPayment(userId: String) {
    viewModelScope.launch {
        _paymentSuccess.value = null
        _paymentStatus.value = "Обробка..."

        // Імітація процесу оплати (затримка)
        delay(3000)

        // Створення об'єкта PaymentInfo
        val endTime = LocalDateTime.now().toString()
        val paymentInfo = PaymentInfo(
            userId = userId,
            parkingSpaceId = parkingSpaceId,
            startTime = startTime,
            endTime = endTime,
            amount = _paymentAmount.value ?: 0.0
        )

        // Відправка запиту на сервер (замінено на імітацію)
        val response =
parkingRepository.processPayment(paymentInfo)
        if (response.isSuccessful) {
            _paymentSuccess.value = true
            _paymentStatus.value = "Оплачено успішно"
        } else {
            _paymentSuccess.value = false
            _paymentStatus.value = "Помилка оплати"
            _errorMessage.value = "Під час оплати сталася
помилка"
        }
    }
}
}
}
}

```

UI відображення карти

```

// ui/map/ParkingMapFragment.kt
import android.os.Bundle
import android.view.LayoutInflater
import android.view.View
import android.view.ViewGroup
import androidx.fragment.app.Fragment
import androidx.fragment.app.viewModels
import androidx.lifecycle.LifecycleScope
import com.google.android.gms.maps.CameraUpdateFactory
import com.google.android.gms.maps.GoogleMap
import com.google.android.gms.maps.MapView
import com.google.android.gms.maps.OnMapReadyCallback
import com.google.android.gms.maps.model.LatLng

```

```

import com.google.android.gms.maps.model.MarkerOptions
import dagger.hilt.android.AndroidEntryPoint
import kotlinx.coroutines.launch

@AndroidEntryPoint
class ParkingMapFragment : Fragment(), OnMapReadyCallback {

    private var mapView: MapView? = null
    private var googleMap: GoogleMap? = null
    private val viewModel: ParkingMapViewModel by viewModels()

    override fun onCreateView(
        inflater: LayoutInflater,
        container: ViewGroup?,
        savedInstanceState: Bundle?
    ): View? {
        val view = inflater.inflate(R.layout.fragment_parking_map,
container, false)
        mapView = view.findViewById(R.id.mapView)
        mapView?.onCreate(savedInstanceState)
        mapView?.getMapAsync(this)
        return view
    }

    override fun onResume() {
        super.onResume()
        mapView?.onResume()
    }

    override fun onPause() {
        super.onPause()
        mapView?.onPause()
    }

    override fun onDestroy() {
        super.onDestroy()
        mapView?.onDestroy()
    }

    override fun onLowMemory() {
        super.onLowMemory()
        mapView?.onLowMemory()
    }

    override fun onMapReady(map: GoogleMap) {
        googleMap = map
        lifecycleScope.launch {
            viewModel.parkingSpaces.collect { spaces ->
                googleMap?.clear()
                spaces.forEach { space ->
                    val location = LatLng(space.latitude,
space.longitude)
                    googleMap?.addMarker(

```

```

        MarkerOptions()
            .position(location)
            .title("Паркомісце ${space.id}")
            .snippet("Статус: ${space.status}")
        )
    }
    if (spaces.isNotEmpty()) {
        val firstLocation =
LatLng(spaces.first().latitude, spaces.first().longitude)

googleMap?.moveCamera(CameraUpdateFactory.newLatLngZoom(firstLocatio
n, 15f))
    }
}

lifecycleScope.launch {
    viewModel.errorMessage.collect { message ->
        message?.let {
            // Показати помилку користувачеві (наприклад,
Toast)
        }
    }
}
}

// data/repository/ParkingRepository.kt
import javax.inject.Inject

class ParkingRepository @Inject constructor(private val
parkingApiService: ParkingApiService) {
    suspend fun getParkingSpaces() =
parkingApiService.getParkingSpaces()
    suspend fun getParkingSpace(id: String) =
parkingApiService.getParkingSpace(id)
    suspend fun createReservation(reservation: Reservation) =
parkingApiService.createReservation(reservation)
    suspend fun cancelReservation(id: String) =
parkingApiService.cancelReservation(id)
    suspend fun processPayment(paymentInfo: PaymentInfo) =
parkingApiService.processPayment(paymentInfo)
    suspend fun getUserParkingInfo() =
parkingApiService.getUserParkingInfo()
}

// data/remote/ParkingApiService.kt
import retrofit2.http.GET
import retrofit2.http.POST
import retrofit2.http.DELETE

```

```

import retrofit2.http.Path
import retrofit2.http.Body
import retrofit2.Response

interface ParkingApiService {
    @GET("/api/parking-spaces")
    suspend fun getParkingSpaces(): Response<List<ParkingSpace>>

    @GET("/api/parking-spaces/{id}")
    suspend fun getParkingSpace(@Path("id") id: String):
Response<ParkingSpace>

    @POST("/api/reservations")
    suspend fun createReservation(@Body reservation: Reservation):
Response<Reservation>

    @DELETE("/api/reservations/{id}")
    suspend fun cancelReservation(@Path("id") id: String):
Response<Unit>

    @POST("/api/payments")
    suspend fun processPayment(@Body paymentInfo: PaymentInfo):
Response<Unit>

    @GET("/api/user/parking")
    suspend fun getUserParkingInfo(): Response<UserParkingInfo>
}

Класи даних (Data Classes:
// data/model/ParkingSpace.kt
data class ParkingSpace(
    val id: String,
    val latitude: Double,
    val longitude: Double,
    val status: String // "available", "occupied", "reserved"
)

```

```
// data/model/Reservation.kt
data class Reservation(
    val id: String,
    val userId: String,
    val parkingSpaceId: String,
    val startTime: String,
    val endTime: String?
)

// data/model/PaymentInfo.kt
data class PaymentInfo(
    val userId: String,
    val parkingSpaceId: String,
    val startTime: String,
    val endTime: String,
    val amount: Double
)

// data/model/UserParkingInfo.kt
data class UserParkingInfo(
    val parkingSpaceId: String?,
    val startTime: String?
)
```

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

МАТЕРІАЛИ ТЕЗ ДОПОВІДІ КОНФЕРЕНЦІЇ

УДК 004.056

*Мариняк В.М., магістрант
Хмельницький національний університет*

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА ПАРКІНГУ

Кіберфізична система (КФС) - це багатовимірна складна система, яка інтегрує обчислення, зв'язок і фізичне середовище з важливими і широкими перспективами застосування [1]. Така система здатна здійснювати реальне спостереження, аналіз і вплив на фізичні процеси, часто через вбудовані датчики, виконавчі механізми та пристрої. КФС є основою для розвитку багатьох інноваційних технологій, від розумних будівель і транспортних систем до медичних пристроїв і промислових автоматизованих комплексів. Перспективи їхнього застосування значно зростають у різних сферах, таких як Інтернет речей (IoT), промислова автоматизація, охорона здоров'я, енергетика та транспорт, що дозволяє зробити ці технології надзвичайно важливими для забезпечення інтелектуальної взаємодії між машинами і людьми. Враховуючи складність і різноманітність компонентів таких систем, КФС потребують використання передових методів проектування, моделювання, аналізу та верифікації для досягнення високої надійності та ефективності в реальному часі.

Кіберфізичні системи дедалі більше проникають у повсякденне життя людини. Розвиток вбудованих контролерів, як основної складової КФС, повинен впоратися з впливом вбудованих контролерів, як основної складової КФС, а також із впливом постійного зростання складності, що спостерігається протягом останніх десятиліть. Стратегії розвитку на основі моделей, що підтримуються графічними формами та точною семантикою із інтерактивними інструментами, що дозволяють редагувати та компонувати моделі, проводити симуляції, верифікацію та автоматичну генерацію коду, можуть забезпечити високоефективний спосіб швидкого створення прототипів та надійної реалізації в різних галузях життєдіяльності людини.

Актуальність використання кіберфізичних систем (КФС), які іноді розглядаються як нове покоління мережевих вбудованих систем, значно зростає з точки зору видимості та важливості. До основних характеристик відноситься надійність, функціонування в надійний, безпечний і захищений спосіб, як стверджується в [2], яка визначає прогалини в дослідженнях та майбутні напрямки для різних фаз життєвого циклу системи життєвого циклу розробки.

В даному дослідженні показано практичну задачу, що включає реальний сценарій розгляду кіберфізичної системи із подальшим моделюванням її системи, включаючи усі виконавчі механізми.

Здійснено аналіз роботи контролера автостоянки, що включає в себе керування в'їзними та виїзними воротами, а також моніторинг місткості паркінгу. Найпростішою конфігурацією паркінгу є: один в'їзд та один виїзд, де на кожному в'їзді або виїзді встановлений датчик присутності на підлозі для виявлення прибуття автомобіля і кнопка, яку повинен активувати водій (щоб отримати талон на в'їзді, або вставити квиток (талон) після оплати на виїзді).

Доступність ресурсів також присутня, оскільки кількість вільних місць для паркування можна розглядати як ресурси, які на конкурентній основі розподіляються між користувачами, що приїжджають.

Однак, починаючи з цієї найпростішої конфігурації паркування, можна також припустити, що такий варіант буде не завжди і припустити різні умовні ускладнення, наприклад:

- наявність декількох в'їздів, де можуть виникати конфлікти, наприклад, коли кількість автомобілів, що намагаються в'їхати на парковку, перевищує кількість вільних місць на ній.

- включення декількох виїздів, а також декількох паркувальних зон або поверхів, враховуючи модульну структуру паркінгу (і там, де це можливо) структуру парковки.

- включаючи додаткові датчики на в'їздах і виїздах для покращення виявлення поведінки водія, наприклад, виїзд з в'їзду після спроби в'їзду і подальший рух заднім ходом.

Отже, можна розглядати як найпростіший випадок кіберфізичної системи паркування так і з точки зору згаданих ускладнень (сценаріїв), коли може бути прийнято кілька рівнів абстракції, починаючи від загального опису поведінки системи, до детального опису дій управління, що дозволяє безпосередньо пов'язати їх з активацією пропускних воріт чи шлагбауму.

Список використаних джерел:

1. L. Gomes, A. Costa, Model-driven development in hardware-software co-design of controllers for cyber-physical systems, in: ICELIE'2023 – 10th International Conference on E-Learning in Industrial Electronics; October 2023. P.16-19

2. R. Sinha, S. Patil, L. Gomes, V. Vyatkin, A survey of static formal methods for building dependable industrial automation systems, IEEE Transactions on Industrial Informatics 15. 2019. P. 3772–3783.

Сторінка 2 – Практична реалізація та сценарії використання кіберфізичної системи паркінгу

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

**КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПАРКУВАЛЬНОЇ
СИСТЕМИ**

АВТОР РОБОТИ:

СТ. ГР. КІ2М-23-2 ВЛАДИСЛАВ МАРИНЯК

КЕРІВНИК РОБОТИ:

Д.Т.Н., ПРОФЕСОР ВАСИЛЬ ЯЦКІВ

Слайд 1 – Титульний слайд

Актуальність

Із шаленим зростанням кількості транспортних засобів у сучасних міських ландшафтах управління паркуванням і розрахунок тарифу для отримання прибутку створює значні проблеми для містобудівників і операторів паркування. Потреба в точних і автоматизованих системах моніторингу паркування стає все більш актуальною для розподілу паркувальних місць, резервування паркувальних місць, виявлення несанкціонованих паркувань і розрахунку вартості паркування. Традиційні ручні методи неефективні та схильні до помилок, напружують ресурси та ставлять під загрозу потоки доходів. Це підкреслює терміновість пошуку надійного рішення для зазначених вище потреб. Ці дослідницькі зусилля спрямовані на розробку комплексної системи, яка об'єднує передові технології для знаходження вільного паркувального місця, виявлення припаркованих транспортних засобів, вимірювання тривалості перебування та розрахунку тарифів у режимі реального часу.

Слайд 2 – Актуальність дослідження

Мета: розробка кіберфізичної системи, що зможе ідентифікувати присутність транспортних засобів на паркувальному місці та передавати цю інформацію в центральну систему моніторингу.

Об'єкт дослідження: процес проектування та розробку економічно ефективних систем керування паркуванням, які можуть працювати в режимі реального часу.

Предмет дослідження: кіберфізична система забезпечення діяльності паркувальної системи.

Слайд 3 – Мета, об'єкт і предмет дослідження

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- 1) ЗДІЙСНИТИ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ;
- 2) ПРОВЕСТИ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ РОЗРОБКИ КФС ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ;
- 3) ЗАПРОПОНУВАТИ ТЕХНОЛОГІЮ СТВОРЕННЯ ПЗ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ;
- 4) НА ОСНОВІ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБИТИ ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ.

Слайд 4 – Основні етапи виконання роботи


НАУКОВА НОВИЗНА

- 1) РОЗРОБЛЕНО КОНЦЕПТУАЛЬНУ МОДЕЛЬ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ.
 - 2) УДОСКОНАЛЕНО МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ШЛЯХОМ ПОЄДНАННЯ ОПТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ГАУСОВОГО РОЗМИТТЯ.
- НА ОСНОВІ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПІДХОДУ ЗДІЙСНЕНО ПРОЕКТУВАННЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ.
 - ПРАКТИЧНА ЗНАЧИМІСТЬ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОЛЯГАЄ У ТОМУ, ЩО ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ МОЖУТЬ БУТИ ВИКОРИСТАНІ В ТАКИХ СФЕРАХ, ЯК ІНФРАСТРУКТУРА РОЗУМНОГО МІСТА, УПРАВЛІННЯ ПАРКУВАННЯМ І АВТОМАТИЧНЕ ВИСТАВЛЕННЯ РАХУНКІВ. ВИКОРИСТОВУЮЧИ ПОТУЖНІСТЬ ПЕРЕДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДАНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПОНУЄ ВАРІАНТ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ІЗ ЗМЕНШЕННЯМ ЗАТОРІВ, ОПТИМІЗАЦІЇ ДОХОДІВ І СПРІЯННЯ БІЛЬШ СТІЙКІЙ ЕКОСИСТЕМІ МІСЬКОЇ МОБІЛЬНОСТІ ДЛЯ МАЙБУТНІХ ПОКОЛІНЬ.


Слайд 5 – Внесок у розвиток теми

ЗВ'ЯЗОК З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ ТА ТЕМАМИ


ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ ОПУБЛІКОВАНО ОПУБЛІКОВАНО ТЕЗИ ДОПОВІДІ КОНФЕРЕНЦІЇ



**ЖИТОМИРСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА**
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМП'ЮТЕРНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ



Секція 2

**КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ, КІБЕРБЕЗПЕКА ТА
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ**

35. *Мариняк В.М.* КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА ПАРКІНГУ
Хмельницький національний університет

Слайд 6 – Публікації та участь у конференціях

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Вітчизняні науковці:

Павлова О.О. - займається дослідження та розробкою кіберфізичних систем, зокрема запропоновано метод підвищення безпеки кіберфізичної системи розумного паркування.

В.Ю. Мейтус та ін. розглядають кіберфізичні системи як основу інтелектуалізації «розумних» підприємств.

Мельник А.О., Глухов В.С. та ін. – розкривають основні положення багаторівневої платформи кіберфізичних систем, напрями та організацію наукових досліджень в її межах.

Яцишин С.П., Лиса О.В., Мідик А.В.В., Мельник А. О., Мейтус В., Морозова Г., Таран Л., Козлова В., Майданюк Н. - досліджують кіберфізичні системи та займаються розробкою програмного забезпечення для кіберфізичних систем (КФС).

Вацлавська В.С. – досліджує медичні кіберфізичні системи та їх побудову.

Сверстюк А.С., Багрій-Заяць О.А., Горкуненко А.Б., Майхрук З.В. – займаються розробкою кіберфізичних біосенсорних систем для медико-біологічних досліджень.

Слайд 7 – Огляд сучасних досліджень у сфері кіберфізичних систем

Зарубіжні науковці:

Ван Чунжі (Китай) – займається дослідженням працездатності й ефективності кіберфізичних систем у результаті аналізу особливостей їх метрологічного та програмного забезпечення.

Теодора Саніслав (Румунія) – займається дослідженням концепту ЦФС, необхідністю впровадження цих систем у різних прикладних сферах.

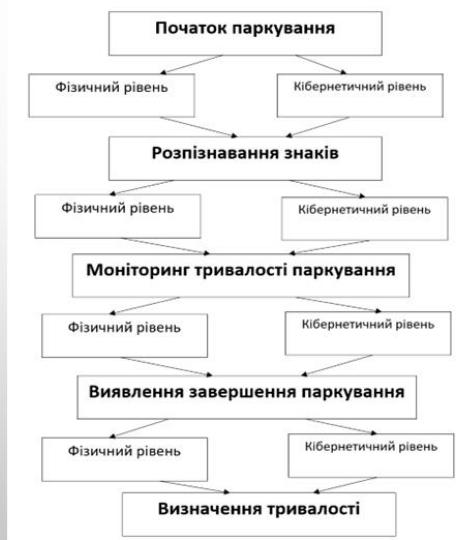
Жей Лі (США) - розглядає та описує тенденції промислової трансформації у середовищі великих даних, а також готовність розумних інструментів, зокрема КФС для прогнозування та керування великими даними.

Kaiyu Wan, K.L. Man D. Hughes – у своїх роботах здійснили аналіз обмеження сучасних інструментів та методів для розробки КФС на прикладі систем охорони здоров'я.

Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia (Китай) – застосовують кіберфізичний підхід до вбудованих систем, представляючи інженерні концепції, що лежать в основі вбудованих систем, як технологію та як предмет дослідження. Основна увага приділяється моделюванню, проектуванню та аналізу кіберфізичних систем, які об'єднують обчислення, мережу та фізичні процеси.

Слайд 8 – Міжнародний досвід та підходи до розробки КФС

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ КФС



Слайд 9 – Структура та етапи функціонування системи

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ

ТЕХНІКА ГАУСОВОГО РОЗМИТТЯ У ЦЬЙ РОБОТІ ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ ДО ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ШУМУ І ЗГЛАДЖУВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ. ЦЕ ДОСЯГАЄТЬСЯ ШЛЯХОМ ЗГОРТКИ ЗОБРАЖЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАУСОВОГО ЯДРА. МАТЕМАТИЧНО ОПЕРАЦІЯ ГАУСОВОГО РОЗМИТТЯ МОЖЕ БУТИ ПРЕДСТАВЛЕНА ТАКИМ ЧИНОМ:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Де,

1. $G(x, y)$ - гаусівське ядро в точці (x, y) .
2. σ - середньоквадратичне відхилення гаусівського розподілу.
3. e - основа натурального логарифма.

Операція гаусового розмиття виконується шляхом усереднення пікселів в області кожного пікселя, надаючи більшу вагу центральним пікселям. Це ефективно зменшує високочастотний шум на зображенні

Слайд 10 – Використання гаусового розмиття для обробки зображень

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ

Оптичне розпізнавання символів (ocr) використовує алгоритми для вилучення тексту із зображень (наприклад система *tesseract* від *Google*. Його функціональність можна математично представити таким чином:

$$\text{Text}(x, y) = \text{Tesseract}(I(x, y))$$

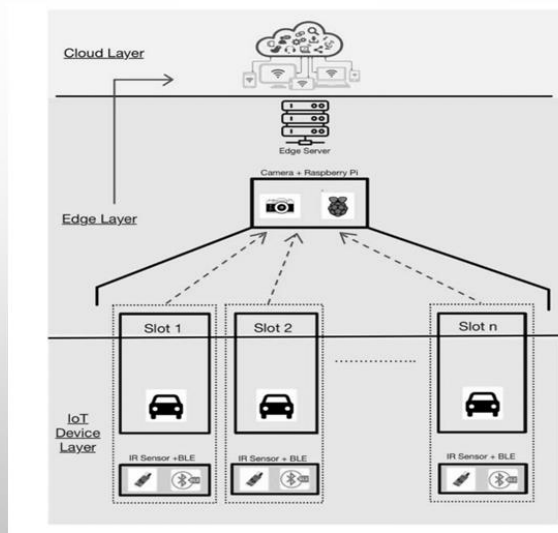
ДЕ:

1. $\text{Text}(x, y)$ - це розпізнаний текст у позиції (x, y) на зображенні.
2. $I(x, y)$ позначає інтенсивність або значення пікселя в позиції (x, y) на вхідному зображенні.

Tesseract аналізує структурні особливості тексту на зображенні, розпізнаючи патерни і перетворюючи їх в машиночитаний текст. цей процес включає в себе складні алгоритми розпізнавання образів, які виділяють текстові елементи з фонового шуму та інших візуальних перешкод.

Слайд 11 – Принципи роботи OCR-алгоритмів

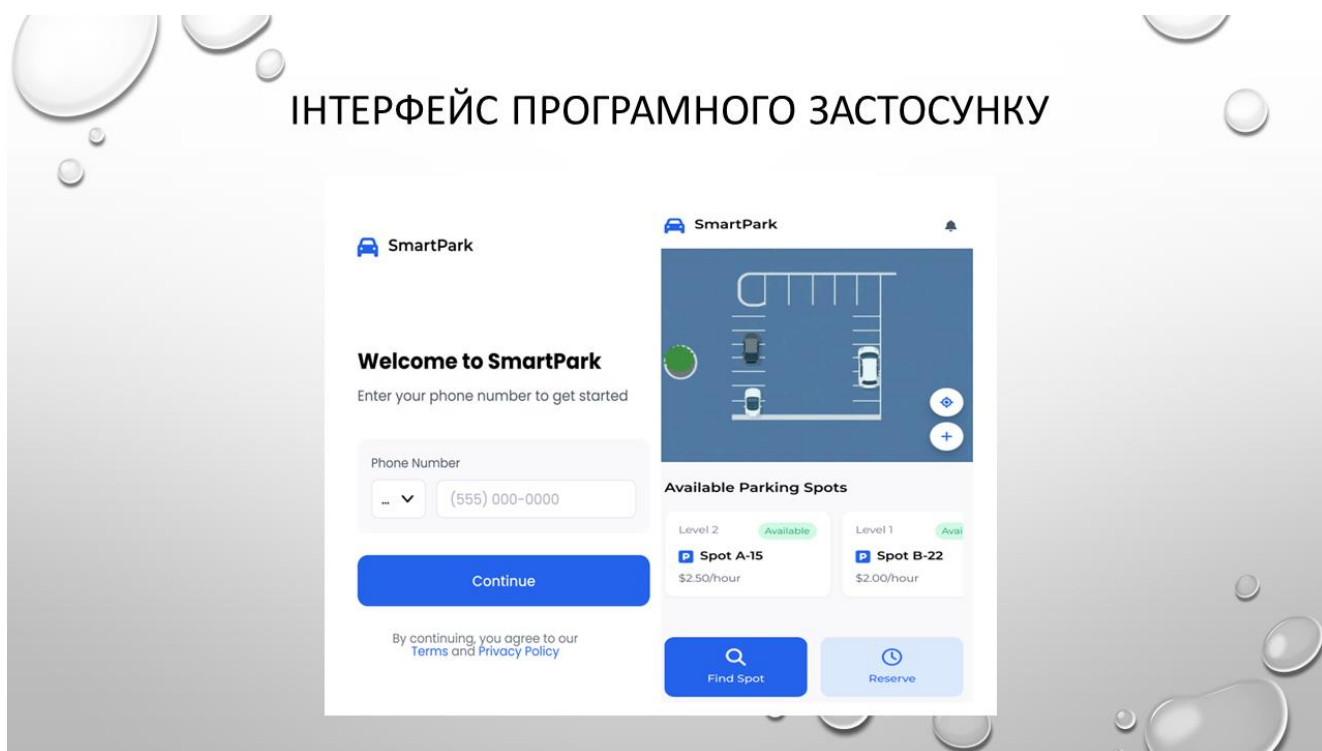
АРХІТЕКТУРА КФС



Слайд 12 – Компоненти системи та їх взаємодія

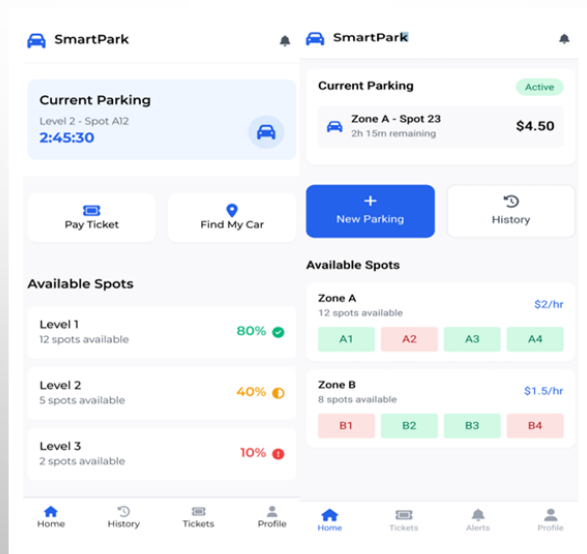


Слайд 13 – Аналіз отриманих результатів



Слайд 14 – Візуалізація користувацького досвіду

ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ



Слайд 15 – Демонстрація функціоналу мобільного додатку

ВИСНОВКИ:

- 1) здійснено аналіз існуючих апаратних та програмних технологій, що використовуються для забезпечення діяльності паркувальної системи;
- 2) проведено огляд існуючих моделей та методів розробки КФС для забезпечення діяльності паркувальної системи;
- 3) запропоновано технологію створення ПЗ кіберфізичної системи для забезпечення діяльності паркувальної системи в режимі реального часу;
- 4) на основі запропонованої технології розроблено програмні засоби.

Слайд 16 – Основні результати та досягнення дослідження



Дякую за увагу!

Слайд 17 – Заключне слово та подяка

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Владислав МАРИНЯК

Співавтор:

Назва: Мариняк_Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1:4.1%

Коефіцієнт подібності 2:0.3%

Мікропробіли: 17

Заміна букв: 15

Інтервали: 0

Білі знаки: 1

~~Дата створення звіту: 2025-05-19 11:23:38.0~~

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-05-19

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Mon May 19 10:55:53 EEST 2025, Медзатий Дмитро Миколайович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.274 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionary check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 9%**

| | | | | |
|--|----------|---------|---------------------------|---------|
| ID: 241345 Title: МКР Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи Added in a DB: 2025-05-19 Authors: Владислав МАРИНЯК Heads: Василь ЯЦКІВ Consultants: Opponents: | Document | | Sum coincidence on the DB | |
| | Symbols | Lexemes | Symbols | Lexemes |
| | 107138 | 769 | 2001 (2%) | 30 (4%) |

Plagiarism sources

| ID | Description | Plagiarism presence in the document | |
|----|-------------|-------------------------------------|---------|
| | | Symbols | Lexemes |
| | | | |

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Здобувач: Мариняк Владислав

Тема: «Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи магістра:

Кількість листів креслень —; кількість сторінок записки 95

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень розроблено алгоритм, модель та метод розробки кіберфізичної системи паркування.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню Кваліфікаційна робота магістра відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі здійснено аналіз поняття кіберфізичних систем. Та виявлено, що кіберфізичні системи інтегрують обчислювальні компоненти (обробку інформації) з фізичними процесами, які взаємодіють через мережу. У другому розділі здійснено аналіз існуючих методів та засобів створення кіберфізичних систем. Також виявлено, що дослідницький ландшафт, пов'язаний з розробкою кіберфізичних систем, є динамічною та мультидисциплінарною галуззю, що привертає значну увагу з боку академічних кіл, бізнесу та керівництва країни в цілому. У третьому розділі подано метод створення автоматизованої системи, яка об'єднує датчики, обробку зображень та керування базою даних для вирішення цих проблем. У четвертому розділі подано проектування архітектури кіберфізичної системи паркування із врахуванням всіх складових, що необхідні для функціонування кіберфізичної системи на фізичному та кіберфізичному рівні.

4. Позитивні сторони роботи: Впровадження результатів роботи дозволили використання розробленої кіберфізичної системи в таких сферах, як

інфраструктура розумного міста, управління паркуванням і автоматичне виставлення рахунків. Використовуючи потужність передових технологій дане дослідження пропонує відчутний шлях до зменшення заторів, оптимізації доходів і сприяння більш стійкій екосистемі міської мобільності для прийдешніх поколінь.

5. Негативні сторони роботи: Серед недоліків роботи можна відзначити обмежену увагу до економічного обґрунтування впровадження запропонованої системи. Крім того, питання інформаційної безпеки та захисту даних не були достатньо висвітлені.

6. Інші зауваження: _____

9. Оцінка кваліфікаційної роботи магістра:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої кваліфікаційної роботи магістра вважаю, що робота заслуговує оцінки «добре» 4.00 (С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____
д.т.н., професор, Мартинюк В.В., завідувач кафедри автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки _____

“ 19 ” травня 2025р.



Завідувачу кафедри КПС
доктору філософії, доценту
Ользі ПАВЛОВІЙ

Мариняка Владислава Миколайовича

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи КІ2м-23-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

22 квітня 2025 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи»

Автор: Мариняк Владислав Миколайович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Яцків Василь Васильович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|---|---|----------------------------|
| 1 | Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту. | відповідає |
| 2 | Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи | |
| 3 | Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат. | |
| 4 | Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту. | |

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах є збіг зі звітом з науково-дослідної практики автора Мариняк Владислав "Кіберфізична система для забезпечення діяльності паркувальної системи", який було додано в репозитраї ХНУ 21 березня 2025 року;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на відповідний збіг.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 4.11%; та системою Anti-Plagiarism складає 1%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІІС





Василь ЯЦКІВ

Олег САВЕНКО

Ольга ПАВЛОВА