

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри автоматики та
телекомунікацій

_____ Валерій ПОЦЕПАСВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2024 р.

Випускна кваліфікаційна робота

_____ магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та розробка автоматизованої системи управління парко
місцями для бізнес-центрів та ТРЦ»

Виконав студент 2 курсу, групи СУАм-23
(шифр групи)

спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
(шифр і назва спеціальності)

_____ Бакін Єгор Сергійович
(Прізвище, Ім'я та По-батькові) (підпис)

Керівник к.т.н., доц. каф.АТ _____ Ганна ТЕЛИЧКО
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Рецензент к _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Нормоконтроль:

Дар'я ЖУКОВСЬКА

21.12.2024 р.

*Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент _____
(підпис)

Дрогобич – 2024 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____

Секретар ЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота магістра

Тема: «Дослідження та розробка автоматизованої системи управління парко
місцями для бізнес-центрів та ТРЦ»

Виконавець, студент

гр. СУАм-23

Єгор БАКІН

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Ганна ТЕЛИЧКО

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

Гліб СТУПАК

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Валерій ПОЦЕПАЄВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Ярослав ЛЯШОК

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтроль

Дар'я ЖУКОВСЬКА

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дрогобич – 2024 р.

**Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"**

Інститут, факультет Комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації

Кафедра Автоматика та телекомунікації

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
(шифр і назва)

Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

Валерій ПОЦЕПАЄВ

« ____ » _____ 2024 року

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

Бакіну Єгору Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Дослідження та розробка автоматизованої системи
управління парко місцями для бізнес-центрів та ТРЦ»

керівник проекту (роботи) Теличко Ганна Олександрівна, к.т.н., доц. каф. АТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 20.09.2024 року № 449

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічна документація та матеріали з
переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) вступ, сучасний стан та порівняльний аналіз; використання
технологій (ІоТ, штучний інтелект); вимоги, структура системи та технічні
засоби; математична модель і програмне забезпечення; концептуальна модель,
алгоритм розподілу місць та моделювання; Тестування компонентів та
економічна ефективність; висновки; перелік використаних джерел, додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Порівняльний аналіз переваг і недоліків існуючих рішень управління; структура
та архітектура системи, математична модель, концептуальна модель системи,
графіки оцінки ефективності системи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Ступак Г.В., ст.викл. АТ		
2	Поцепасв В.В., зав. каф.АТ		
3	Теличко Г.О., к.т.н., доц.		
Додаток А	Ляшок Я.О., проф. каф.		
Нормо-контроль	Жуковська Д.О., асистент каф. АТ	-	21.12.2024 р.

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз існуючих рішень.	25.09.2024	
2	Порівняльний аналіз переваг і недоліків існуючих рішень управління паркомісцями у бізнес-центрах та ТРЦ.	10.10.2024	
3	Розробка структури і архітектури системи.	25.10.2024	
4	Вибір технічних засобів та програмного забезпечення.	06.11.2024	
5	Створення концептуальної моделі системи.	18.11.2024	
6	Розробка алгоритму розподілу паркомісць.	04.12.2024	
7	Оцінка ефективності роботи системи.	07.12.2024	
8	Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуаціях на підприємстві.	12.12.2024	
9	Оформлення та захист.	25.12.2024	

Студент

(підпис)

Єгор БАКІН

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ганна ТЕЛИЧКО

(прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада, Ім'я та ПРИЗВИЩЕ	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Бакін Є.С. Дослідження та розробка автоматизованої системи управління парко місцями для бізнес-центрів та ТРЦ / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка. – ДВНЗ «ДонНТУ», Дрогобич, 2024.

Пояснювальна записка: 97 стор., 26 рис., 9 табл., 26 джерела, 2 додатка.

У кваліфікаційній роботі досліджено сучасний стан управління паркувальними місцями в бізнес-центрах і торгових розважальних комплексах. Виявлено проблеми традиційних підходів до організації паркування, які характеризуються низькою ефективністю, затримками, відсутністю точного обліку зайнятих місць та складнощами в обробці даних.

Проведено аналіз автоматизованих систем, таких як IoT-технології, системи контролю доступу та мобільні додатки. У роботі обґрунтовано вибір обладнання, зокрема ультразвукових сенсорів і камер з розпізнаванням номерних знаків, для створення системи управління паркуванням.

Розроблено концептуальну модель системи, яка включає мікроконтролери, сенсори, центральний вузол управління та монітори для реального часу відображення статусу паркомісць. Використання віртуального середовища Cisco Packet Tracer дозволило протестувати взаємодію елементів системи та оцінити її ефективність. Робота доводить ефективність автоматизованих рішень для управління паркуванням, що забезпечує зручність та безпеку користувачів, а також можливість підвищення конкурентоспроможності.

Ключові слова: УПРАВЛІННЯ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ІОТ, ПАРКУВАННЯ, МОНІТОРИНГ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ, ДАТЧИК, МІКРОКОНТРОЛЕР.

ABSTRACT

Yehor Bakin “Research and development of an automated parking lot management system for business centers and shopping malls” / Graduation qualifying work for obtaining an educational degree "Master" in specialty 174 Automation, computer-integrated technology and robotics - SHEE DonNTU Drohobych, 2024.

Explanatory note: 97 pp., 26 fig., 9 table, 26 sources, 2 appendices.

The qualification work investigated the current state of parking space management in business centers and shopping and entertainment complexes. The problems of traditional approaches to parking organization were identified, which are characterized by low efficiency, delays, lack of accurate accounting of occupied spaces and difficulties in data processing.

An analysis of automated systems, such as IoT technologies, access control systems and mobile applications, was conducted. The work substantiated the choice of equipment, in particular ultrasonic sensors and cameras with license plate recognition, to create a parking management system.

A conceptual model of the system was developed, which includes microcontrollers, sensors, a central control node and monitors for real-time display of the status of parking spaces. The use of the Cisco Packet Tracer virtual environment made it possible to test the interaction of system elements and assess its effectiveness. The work proves the effectiveness of automated parking management solutions, which provides convenience and safety for users, as well as the possibility of increasing competitiveness.

Keywords: CONTROL, AUTOMATED SYSTEM, IOT, PARKING, MONITORING, ACCOUNTING AUTOMATION, SENSOR, MICROCONTROLLER.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	13
1.1. Сучасний стан управління парко місцями у бізнес-центрах та ТРЦ	13
1.2. Порівняльний аналіз існуючих рішень управління паркомісцями у бізнес-центрах та ТРЦ	18
1.3. Використання сучасних технологій (IoT, хмарні сервіси, штучний інтелект).....	21
Висновки до розділу 1	29
2 АРХІТЕКТУРНЕ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	31
2.1. Вимоги до автоматизованої системи управління паркомісцями.....	31
2.2. Розробка архітектури системи.....	35
2.3 Математична модель автоматизованої системи управління паркомісцями.....	38
2.4. Вибір технічних засобів та програмного забезпечення	41
2.4.1 Сенсори для виявлення зайнятості паркомісць	41
2.4.2 Камери для розпізнавання номерних знаків	43
2.4.3 Шлагбауми для контролю доступу	44
2.4.4 Платіжні термінали.....	45
2.4.5 Платформи пошуку та інформаційні панелі управління паркуванням	46
2.4.6 Дисплеї.....	46
2.5 Програмне забезпечення для управління	48
2.6 Підходи до обробки та зберігання даних	48
Висновки до розділу 2	50
3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	51
3.1. Створення концептуальної моделі системи	51
3.2 Розробка алгоритму розподілу паркомісць	54

3.3 Вибір середовища моделювання	56
3.4 Загальний опис симуляційної моделі.....	59
3.4.1 Основні компоненти системи	60
3.4.2 Опис логіки роботи системи	60
Висновки до розділу 3	67
4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ.....	68
4.1 Підготовка тестового середовища.....	68
4.2 Тестування окремих компонентів	69
4.3 Розрахунок економічної ефективності автоматизованої системи управління паркомісцями.....	71
Висновки до розділу 4	74
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях ..	82
ДОДАТОК Б – Програмний код для управління паркувальною зоною	90

ВСТУП

Актуальність роботи.

У сучасних умовах, особливо в умовах інтенсивного зростання урбанізації, проблема управління паркувальними місцями стає дедалі більш актуальною. Зростання кількості транспортних засобів внаслідок збільшення попиту на мобільність створює значне навантаження на паркувальні майданчики бізнес-центрів, торгових та розважальних центрів. Традиційні методи управління паркувальними місцями, такі як використання шлагбаумів, паперових талонів та ручного контролю, вже не здатні забезпечити ефективне обслуговування та задовольнити зростаючий попит на комфортні умови паркування. Вони мають низку недоліків: довгі затримки, відсутність точного обліку використання паркомісць, обмежену взаємодію з користувачами та труднощі з обробкою інформації.

Автоматизація процесів управління паркувальними місцями із застосуванням сучасних інформаційних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект та хмарні обчислення, пропонує нові рішення для ефективного та точного контролю завантаженості паркінгів. Впровадження автоматизованих систем дозволяє скоротити витрати часу на обслуговування користувачів, підвищити рівень безпеки, а також знизити витрати на персонал. Завдяки таким системам забезпечується прозорий облік паркувальних місць, що дає змогу власникам бізнес-центрів і торгових об'єктів управляти завантаженістю паркінгів більш ефективно.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи управління паркувальними місцями на основі сучасних технологій IoT та автоматизації, яка забезпечить підвищення ефективності управління, зниження витрат на обслуговування паркомісць та покращення обслуговування користувачів.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати сучасний стан управління паркувальними місцями в бізнес- і торгових центрах.

2. Оцінити існуючі автоматизовані рішення та визначити перспективні технології для управління паркуванням.
3. Обґрунтувати вибір обладнання для створення автоматизованої системи управління паркувальними місцями.
4. Розробити концептуальну модель автоматизованої системи управління паркомісцями та оцінити її функціонування.
5. Визначити економічну ефективність впровадження системи управління паркувальними місцями.

Об'єктом в роботі є процеси управління паркувальними місцями в бізнес-центрах та торгових розважальних комплексах.

Предметом є автоматизована система управління паркувальними місцями на основі IoT-технологій та автоматизації.

Методи дослідження. У процесі роботи було використано комплекс методів:

1. Аналіз – для вивчення існуючих систем управління паркувальними місцями та оцінки їх ефективності.
2. Синтез – для розробки концептуальної моделі автоматизованої системи управління паркувальними місцями.
3. Моделювання – для створення віртуальної моделі роботи системи та тестування її функціонування.
4. Економічного аналізу – для оцінки ефективності впровадження системи з урахуванням витрат і доходів.

Практичне значення роботи. Розроблена автоматизована система управління паркувальними місцями має низку переваг, що забезпечують її практичне значення:

1. Ефективне використання паркувальних місць – завдяки точному обліку завантаженості паркінгів і зниженню витрат на обслуговування.
2. Підвищення рівня безпеки – завдяки автоматизованому контролю доступу, камерам з розпізнаванням номерних знаків і металодетекторам.

3. Економічна ефективність – швидка окупність системи завдяки скороченню витрат на персонал, підвищенню завантаженості паркомісць і автоматизації процесів.
4. Підвищення комфорту для користувачів – завдяки зручним методам оплати та інтеграції з мобільними додатками.

Результати роботи можуть бути використані підприємствами, які експлуатують парковки, для підвищення ефективності їхньої діяльності та конкурентоспроможності. Впровадження подібних автоматизованих систем сприяє створенню сучасної інфраструктури, що відповідає потребам сучасних користувачів та сприяє зниженню витрат на обслуговування парковок.

Структура і обсяг випускної кваліфікаційної роботи складається зі вступу, 4-х основних розділів, загального висновку, переліку літератури та 2-х додатків з охорони праці та програмного коду налаштування компонентів системи програмних кодів. Об'єм та структура роботи є такими: 97 сторінок; таблиць – 9; рисунків – 26; використаних літературних джерел – 26; 2 додатка на 18 сторінках.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Сучасний стан управління паркомісцями у бізнес-центрах та ТРЦ

В умовах стрімкої урбанізації та збільшення кількості автомобілів у містах проблема ефективного управління паркомісцями стала однією з ключових для бізнес-центрів та торгово-розважальних центрів (ТРЦ). Ці об'єкти залучають велику кількість відвідувачів щодня, що створює високий попит на зручні, організовані та швидкодоступні паркувальні місця. Ефективність їх управління впливає як на задоволеність клієнтів, так і на загальну репутацію бізнесу. Еволюцію розвитку в автоматизації управління паркуванням можна розглянути на рис. 1.1.

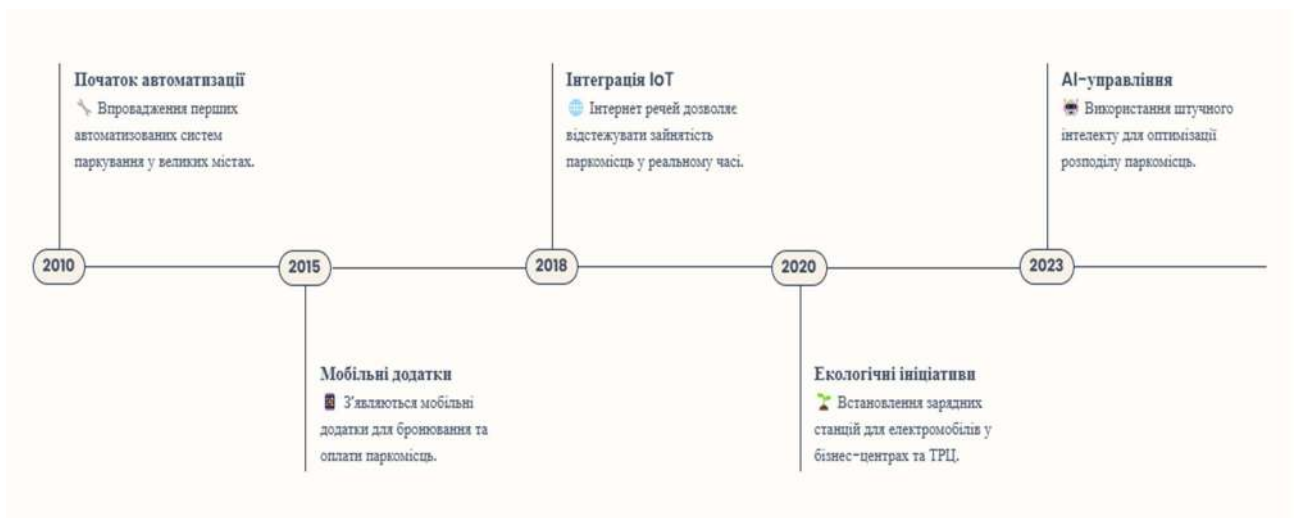


Рисунок 1.1 – Еволюція автоматизованого управління паркомісцями

На сьогоднішній день використовуються різноманітні підходи до організації паркомісць. Найпростішими є традиційні методи, які включають ручне управління, де парковку контролюють оператори або охоронці. Однак цей підхід має низку недоліків, серед яких – людський фактор, затримки через ручний контроль і відсутність чіткої системи розподілу місць. У результаті такі

методи стають дедалі менш ефективними для великих об'єктів, які обслуговують тисячі клієнтів.

Автоматизація процесів управління паркомісцями стає все більш поширеною у великих бізнес-центрах та ТРЦ. Наприклад, у Європі та США популярністю користуються системи, які інтегрують датчики зайнятості, камери відеоспостереження та мобільні додатки. У Нідерландах, зокрема, широко використовуються розумні парковки, які автоматично направляють автомобілістів до найближчих доступних місць за допомогою електронних табло. Одним із прикладів є система Park Assist, що встановлена у великих ТРЦ Амстердама, яка використовує камери та датчики для забезпечення зручності клієнтів [1].

В Японії, де простір є обмеженим ресурсом, активно впроваджуються багаторівневі автоматичні парковки. Такі системи, як Smart Parking у Токіо, не лише автоматизують процес паркування, але й значно економлять простір, що є критично важливим для густонаселених мегаполісів [2].

В Україні також є приклади впровадження сучасних технологій управління паркінгами. У Києві на деяких великих ТРЦ, таких як Ocean Plaza та Gulliver, встановлено системи автоматичного контролю, які використовують камери для зчитування номерних знаків автомобілів. Ці системи дозволяють швидше пропускати транспортні засоби через шлагбауми та надають клієнтам інформацію про вільні місця на електронних табло. Крім того, у Львові запущено мобільний додаток UNIP, який дозволяє бронювати місця на парковках міста та здійснювати оплату через смартфон [3].

Мобільні додатки стають важливим елементом у сучасних системах управління паркомісцями у всьому світі. Наприклад, у США популярний сервіс ParkMobile надає можливість користувачам бронювати місця заздалегідь, оплачувати паркування онлайн та отримувати сповіщення про завершення часу стоянки [4]. Аналогічні рішення з'являються і в Україні, як-от мобільний додаток Parking UA, що підтримує оплату паркування у містах Київ, Львів, Одеса та ін.

Однією з найбільш інноваційних технологій, яка набуває популярності, є використання Інтернету речей (IoT) для управління паркомісцями. Такі системи

забезпечують можливість підключення до мережі великої кількості датчиків, камер і пристроїв. Наприклад, в Іспанії, у Барселоні, впроваджено систему розумного паркування, яка дозволяє за допомогою датчиків у реальному часі відстежувати зайнятість місць та керувати ними через централізовану платформу.

Розумні системи паркування, створені на основі IoT-технологій, значно спрощують процес паркування для водіїв. Вони застосовуються на паркувальних майданчиках, де сенсори, такі як камери або датчики визначають, чи вільне місце.

Інтелектуальні автостоянки стають все більш популярними для поліпшення життя міських мешканців. За прогнозами, світовий ринок розумних паркувальних систем зросте до майже 12 мільярдів доларів США до 2030 року, у порівнянні з 4,4 мільярда доларів у 2020 році.

Фахівці вважають, що відновлювати інфраструктуру України потрібно вже зараз, навіть у воєнний час. Це робить розвиток транспортної інфраструктури та розумних паркувань надзвичайно актуальним. До того ж, для створення сучасних комунальних мереж у будівлях все частіше використовуються розумні IoT-пристрої, наприклад, розумні лічильники.

Основний принцип функціонування розумних паркінгів полягає в тому, що smart-пристрої можуть зчитувати інформацію, наприклад, про вільні місця для паркування, і передавати її до єдиної системи. Це реалізується завдяки використанню мережі NB-IoT-датчиків (Narrow Band Internet of Things). Такі датчики аналізують дані та передають їх до центру управління за допомогою вбудованих SIM-карт [5].

Сервіс, що дозволяє у реальному часі віддалено керувати SIM-картами в M2M-пристроях, називається Центром керування IoT. Українські компанії можуть налаштувати цю онлайн-платформу за допомогою Київстар.

Завдяки Центру керування IoT від Київстар можна через особистий кабінет контролювати витрати на зв'язок усіх пристроїв, налаштовувати параметри роботи, прив'язувати окремі SIM-карти до пристроїв, а також активувати чи деактивувати їх.

Варіанти реалізації розумного паркування:

1. Розумні датчики для паркування по всьому місту

- IoT-пристрої, розміщені у різних частинах міста, взаємодіють із мобільними додатками, допомагаючи водіям знаходити вільні місця для паркування.
- Ультразвукові датчики працюють за допомогою ультразвукових хвиль, але їхня ефективність може знижуватися через забруднення.
- Електромагнітні датчики реагують на металеві об'єкти поруч.
- Інфрачервоні сенсори визначають рух, фіксуючи зміни температури навколо.

Такі датчики можна легко прикріпити до поверхні за допомогою клею або закріпити шурупами.

2. Мобільні додатки для паркування:

Безкоштовні додатки для iOS та Android надають водіям зручні функції для організації паркування. Вони дозволяють:

- шукати вільні місця на громадських або приватних стоянках;
- бронювати місця;
- оплачувати паркування онлайн через смартфон;
- отримувати сповіщення про закінчення часу та можливість його продовжити.

Прикладом є український додаток «Київ Цифровий», що дозволяє переглядати мапу муніципальних, перехоплювальних та приватних стоянок у Києві. Він також надає можливість дізнатися вартість, оплатити паркування онлайн (окрім приватних), автоматично завершити паркування, отримувати квитанції та сповіщення про ремонт доріг.

3. Двоповерхові паркінги

Ця технологія ефективно збільшує кількість паркувальних місць. Авто в'їжджає на рампу, яка піднімається, звільняючи місце під нею для іншого автомобіля.

Підйом може виконуватися як вручну, так і автоматизовано.

Важливо враховувати порядок паркування, щоб уникнути незручностей: зручніше, якщо першим зверху буде паркуватися той водій, який раніше звільнить місце [6].

UHF-паркінг передбачає встановлення спеціального зчитувача біля шлагбауму. Зчитувач орієнтується в бік в'їзної групи та зчитує дані з міток, встановлених на автомобілях. Радіус детекції може досягати 18 метрів і регулюється в залежності від потреб.

Передача радіосигналу призводить до автоматичного підняття шлагбауму, що дозволяє здійснювати заїзд на швидкості до 20-30 км/год.

UHF-мітки – це маленькі пристрої, які кріпляться до кузова або лобового скла автомобіля для бездротової ідентифікації. Вони складаються з мікросхеми та антени. На відміну від штрих-кодів та QR-кодів, для зчитування UHF-мітки не потрібно прямої видимості. Вона може бути прихована іншими об'єктами або навіть шаром бруду, що не впливає на її функціонування.

Переваги UHF-міток:

1. Безперебійна робота без необхідності обслуговування.
2. Відсутність батареї, яку потрібно замінювати.
3. Додатковий парольний або криптографічний захист.
4. Можливість сканування міток кількох машин одночасно.
5. Зчитування на відстані до 18 метрів.
6. Підтримка форматів для читання та запису даних.
7. Об'єм пам'яті до 32 кБ.

UHF-мітки мають низьку вартість. Наприклад, одноразові самоклеючі етикетки коштують всього кілька центів, а ціна варіюється залежно від обсягу пам'яті, умов експлуатації та довговічності (одноразові або багаторазові моделі).

Сучасні UHF-зчитувачі мають великий радіус дії (до 18 м) і можливість зчитування кількох міток одночасно. Робоча частота устаткування складає 860-960 МГц. Для паркувальних зон використовуються високопродуктивні стаціонарні моделі, які мають герметичний корпус, що забезпечує справну роботу в будь-яких умовах.

Мітка-наклейка: Кріпиться до внутрішньої сторони лобового скла. Це найдешевший варіант.

Стандартні карти: Розміщуються в кишенці для тексталону чи страхового полісу. Забезпечують максимальну відстань для зчитування.

WindShield Tag: Клеїться до лобового скла і руйнується під час спроби зняття.

Корпусна мітка: Фіксується на кузові автомобіля. Має захищений корпус, що робить її стійкою до зовнішніх впливів.

Приклади використання UHF-міток для автомобіля

UHF-паркінг є ефективною системою контролю доступу (СКУД), що використовується для автоматизації паркування на різноманітних об'єктах. Вона забезпечує зручність і безпеку на паркінгах житлових комплексів, багатоповерхівок, бізнес-центрів, торгових центрів, готелів, а також на паркінгах компаній, що надають послуги прокату автомобілів [<https://idcard.com.ua/ua/blog/sistemy-kontrolya-dostupa-na-parkovku/>].

1.2 Порівняльний аналіз існуючих рішень управління паркомісцями у бізнес-центрах та ТРЦ

Існує кілька основних підходів до управління паркомісцями, що використовуються в бізнес-центрах і ТРЦ. Ці рішення можуть варіюватися від традиційних механічних систем до сучасних автоматизованих технологій, таких як системи на основі IoT або хмарні сервіси. Для кращого розуміння переваг і недоліків різних рішень аналіз приведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз існуючих рішень управління паркомісцями у бізнес-центрах та ТРЦ

Тип рішення	Переваги	Недоліки
Традиційне ручне управління (охорона, оператори)	– низька вартість впровадження; – простота в реалізації на невеликих об'єктах; – присутність живих операторів для взаємодії з клієнтами	– висока ймовірність людських помилок; – повільний процес надання доступу до місць; – обмежена масштабованість на великі об'єкти
Автоматичні системи з квитками / шлагбаумами	– вища ефективність та швидкість процесу; – зручність для клієнтів (відсутність необхідності спілкуватися з операторами); – легкість інтеграції з іншими системами	– високі витрати на встановлення та обслуговування; – вимагає налаштування та ремонту обладнання; – можливі труднощі з обробкою великих потоків клієнтів в годину пік
Інтелектуальні системи з датчиками зайнятості (IoT)	– реальний час відображення інформації про вільні місця; – ефективне використання простору; – можливість інтеграції з мобільними додатками; – зменшення часу пошуку місця	– висока вартість установки та обслуговування; – залежність від безперебійної роботи технологій; – потрібна постійна підтримка програмного забезпечення
Мобільні додатки для бронювання та оплати	– зручність для користувачів (бронювання місць заздалегідь, оплата через смартфон); – можливість отримання реальних даних про паркування; – широкі можливості для збору та аналізу даних	– залежність від користувачів і їх технологічної грамотності; – потрібна стабільна інтернет-мережа; – можливі труднощі з інтеграцією в уже існуючі системи
Автоматизовані багаторівневі системи (автоматичні паркінги)	– економія простору; – автоматичне паркування без участі водія; – безпечність і швидкість процесу	– дуже висока вартість впровадження та обслуговування; – можливі проблеми з технічним

		обслуговуванням та ремонтom обладнання; – потребує великих площ для установки
--	--	--

З результатів аналізу таблиці можна зробити висновок, що традиційне ручне управління є найбільш дешевим рішенням, але його обмеження проявляються в малих можливостях для масштабування, швидкості обробки великих потоків клієнтів та підвищеному ризику помилок через людський фактор. Цей метод підходить для малих або середніх об'єктів з низьким потоком автомобілів.

Автоматичні системи з квитками та шлагбаумами є популярним рішенням для багатьох ТРЦ та бізнес-центрів завдяки зручності і швидкості, однак їхній недолік полягає у високих витратах на початкову інсталяцію та обслуговування.

Інтелектуальні системи з датчиками зайнятості та IoT пропонують найбільшу ефективність і зручність для користувачів, завдяки можливості в реальному часі отримувати дані про вільні місця. Вони також дозволяють інтегрувати додаткові сервіси через мобільні додатки. Проте, ці системи потребують значних інвестицій та надійної технічної підтримки.

Мобільні додатки надають клієнтам можливість бронювати місце і оплачувати через смартфон, що робить процес ще зручнішим і доступнішим. Однак, їхня ефективність обмежена, якщо користувачі не володіють необхідними технічними навичками або якщо відсутня стабільна інтернет-мережа.

Автоматизовані багаторівневі паркінги є найбільш технологічно розвиненим і ефективним методом, але вони надзвичайно дорогі в установці та обслуговуванні. Такі системи, як правило, використовуються у найбільших і найсучасніших бізнес-центрах і ТРЦ.

1.3 Використання сучасних технологій (IoT, хмарні сервіси, штучний інтелект)

Сучасні технології відкривають нові можливості для автоматизації та оптимізації процесів у різних сферах, зокрема в управлінні паркомісцями для бізнес-центрів і торгово-розважальних центрів. Інтернет речей (IoT), хмарні сервіси та штучний інтелект (ШІ) дозволяють створювати інтегровані, інтелектуальні системи, які підвищують ефективність використання простору, знижують експлуатаційні витрати та забезпечують більш високий рівень зручності для користувачів.

Інтернет речей (IoT) – це концепція, яка передбачає підключення до мережі різних пристроїв, здатних обмінюватися даними між собою та працювати автономно. В управлінні паркомісцями IoT використовується для моніторингу, аналізу й управління паркувальними зонами в режимі реального часу. Наприклад, датчики зайнятості, встановлені на кожному паркомісці, передають інформацію про його статус (зайнято/вільно) до центрального сервера або хмарної платформи. Це дозволяє водіям швидко знаходити доступні місця за допомогою мобільного додатку або електронного табло.

Одним із прикладів ефективного застосування IoT у світі є система Smart Parking, яка працює в багатьох європейських містах, таких як Барселона. Датчики зайнятості інтегровані з мобільними додатками, що дозволяє користувачам не лише отримувати інформацію про доступні місця, а й бронювати їх заздалегідь. В Україні такі системи поступово впроваджуються у великих ТРЦ, наприклад, у Києві, де датчики на паркомісцях з'єднані з автоматичними шлагбаумами та екранами, які показують кількість доступних місць (див. рис. 1.2).

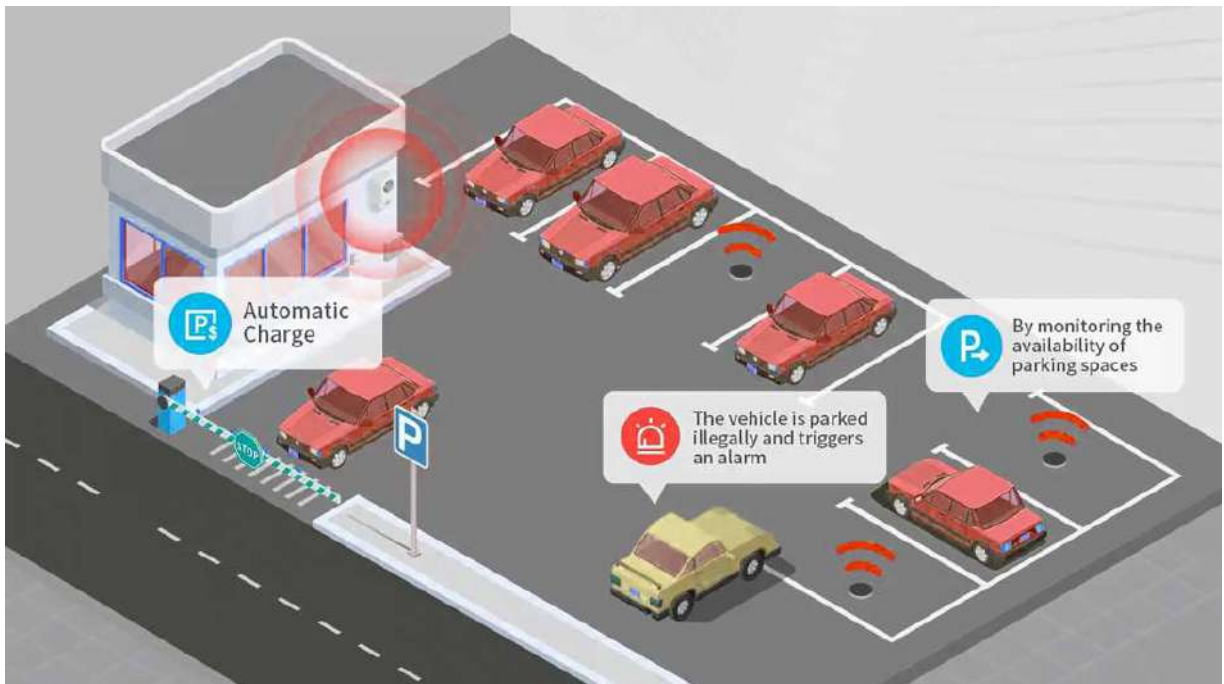


Рисунок 1.2 – Розумна система паркування з використанням IoT

У системах розумного паркування, що базуються на IoT, застосовуються різні комунікаційні інтерфейси для забезпечення з'єднання та обміну інформацією між компонентами. Найчастіше використовуються протоколи LoRaWAN та BLE, які разом із IoT-шлюзами забезпечують функціонування таких систем (рис. 1.3 – 1.4) [8].

У системах розумного паркування протокол зв'язку LoRaWAN відіграє ключову роль, забезпечуючи стабільний зв'язок і ефективний обмін даними між усіма елементами системи. На кожному паркувальному місці встановлюються спеціальні датчики, які працюють на основі технологій, таких як ультразвук, інфрачервоне випромінювання або магнітне поле, для виявлення автомобіля. Ці датчики фіксують зайнятість або звільнення місця та передають відповідну інформацію.

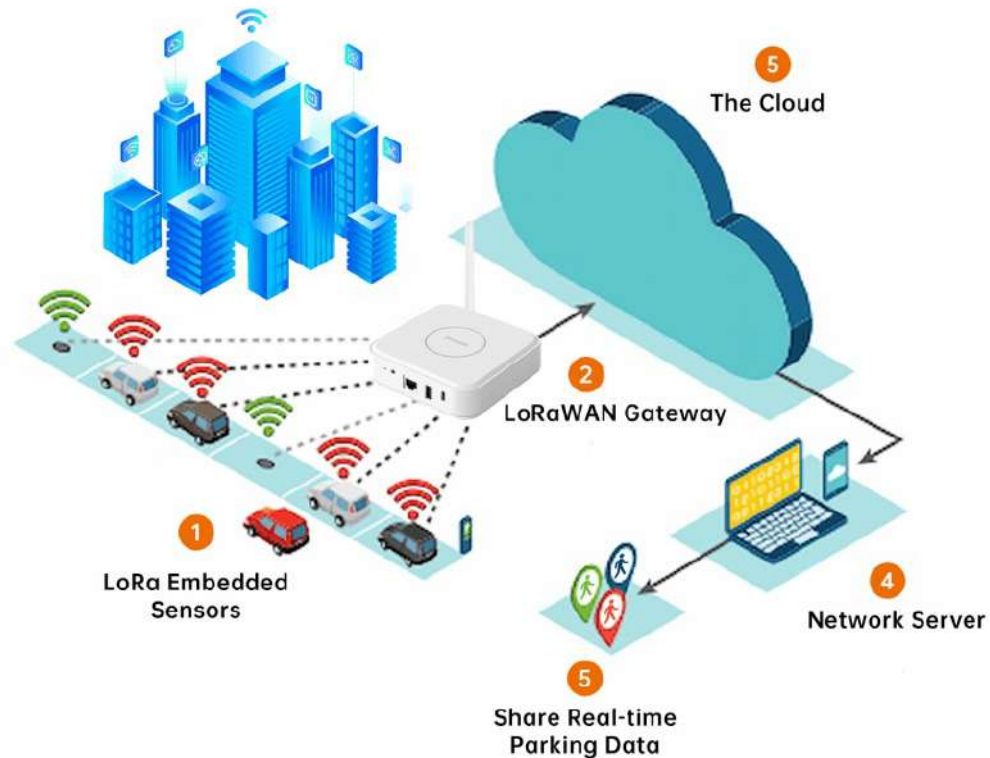


Рисунок 1.3 – Використання протоколу LoRaWAN в автоматизованих системах керування паркомісцями

Кожен датчик оснащений передавачем LoRaWAN, який використовує технологію LoRa-модуляції. Це дозволяє передавати дані на значні відстані з мінімальним споживанням енергії. Трансивери LoRaWAN відправляють інформацію про статус зайнятості паркувального місця на найближчі шлюзи.

Шлюзи виконують функцію посередників між датчиками та центральним сервером. Вони збирають дані від датчиків у своєму радіусі дії та передають їх далі через Інтернет, використовуючи стільниковий зв'язок, Ethernet або Wi-Fi. Отримана інформація надходить на центральний сервер LoRaWAN.

Центральний сервер є головним елементом системи. Він отримує, обробляє та аналізує дані, що надходять зі шлюзів. Сервер підтримує актуальну базу даних, яка відображає статус зайнятості паркувальних місць у режимі реального часу. Окрім цього, сервер взаємодіє з інтерфейсами для користувачів – мобільними додатками, веб-сайтами або цифровими табло. Це дає змогу водіям оперативно отримувати інформацію про доступні місця, тарифи та навігацію до паркінгу.

Мережа LoRaWAN організована за топологією "зірка-зірок", що дозволяє датчикам взаємодіяти із сусідніми шлюзами, які передають дані на сервер. Такий підхід забезпечує простоту встановлення і обслуговування системи навіть на великій території.

Перевагами LoRaWAN є можливість передачі даних на великі відстані, що ідеально підходить для великих або розподілених паркувальних зон. Завдяки низькому енергоспоживанню датчики можуть працювати від батарей протягом тривалого часу, що зменшує витрати на обслуговування. Крім того, масштабованість LoRaWAN дозволяє системі ефективно управляти великою кількістю датчиків і шлюзів, забезпечуючи централізовану обробку даних і надання інформації в реальному часі. Це значно покращує процеси паркування, оптимізує використання місць і підвищує зручність для користувачів [8].

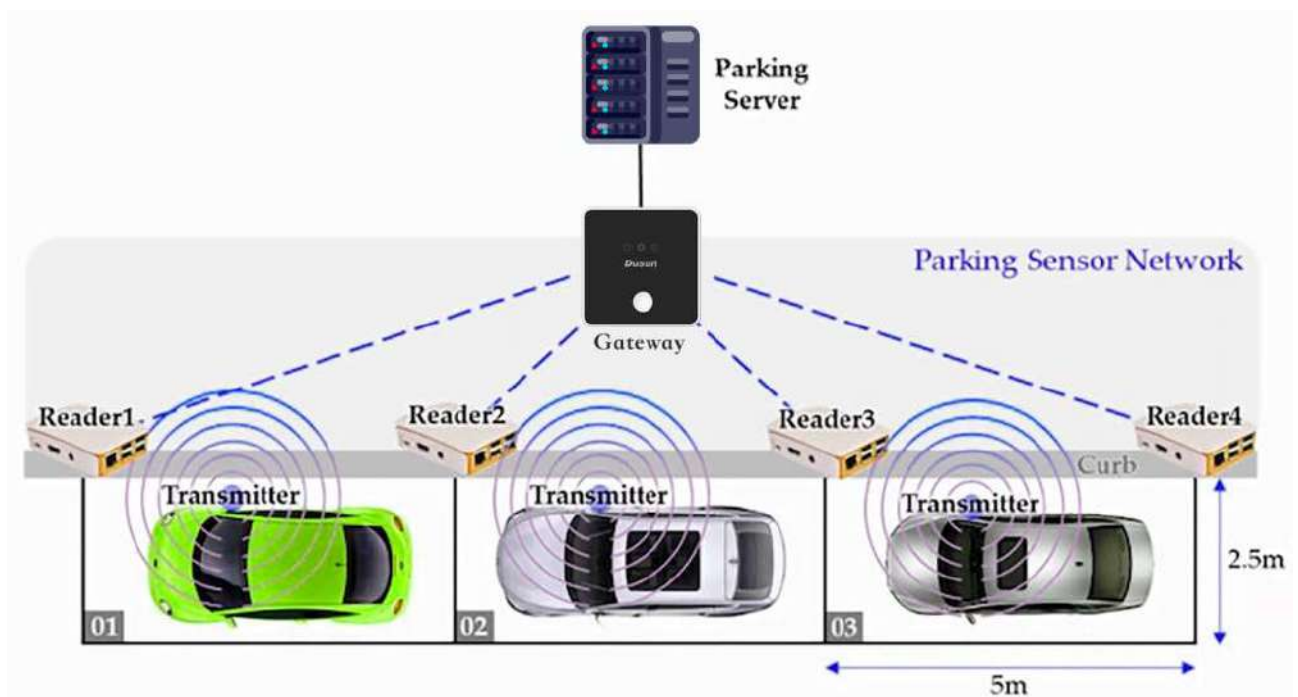


Рисунок 1.4 – Технологія BLE в автоматизованих системах керування паркомісцями

Шлюз маяка BLE у розумній системі паркування служить зв'язком між пристроями з підтримкою BLE, такими як смартфони та маяки BLE, і центральною системою керування. Шлюз отримує дані від маяків BLE,

встановлених на паркувальних місцях, збирає інформацію про зайнятість і передає її в центральну систему.

BLE маяки це невеликі пристрої з живленням від батареї, які періодично передають сигнали за допомогою протоколу Bluetooth Low Energy. Ці маячки стратегічно розташовуються на окремих паркувальних місцях або по всій зоні паркування.

Користувачі можуть встановити мобільний додаток на свої смартфони, який сканує найближчі маяки BLE і фіксує їхні UUID. Програма використовує RSSI для оцінки близькості до маяків, таким чином визначаючи зайнятість паркувального місця.

Коли транспортний засіб, обладнаний пристроєм з підтримкою BLE, потрапляє в зону дії маяка BLE, сигнал маяка виявляється пристроєм. Вимірюючи RSSI, програма може визначити, чи місце для паркування зайняте чи вільне.

Мобільний додаток збирає дані з найближчих маяків і надсилає їх на центральний сервер. Сервер обробляє цю інформацію та підтримує базу даних про наявність паркувальних місць у реальному часі. Користувачі можуть отримати доступ до програми для перегляду наявності місць для паркування та прийняття обґрунтованих рішень щодо паркування.

Використовуючи потужність отриманого сигналу та відомі місця розташування маяків, мобільний додаток може надавати користувачам допомогу в навігації. Він направляє їх до найближчих доступних місць для паркування в межах зони паркування, покращуючи загальний досвід користувача.

BLE можна інтегрувати з платіжними системами, дозволяючи користувачам оплачувати паркування безпосередньо через мобільний додаток. Це спрощує процес оплати та усуває необхідність фізичної оплати в паркоматах або кіосках.

Низьке енергоспоживання BLE дозволяє маячкам BLE працювати від батареї протягом тривалого часу, зменшуючи потреби в обслуговуванні та забезпечуючи постійну доступність маяків. Крім того, BLE забезпечує чудову

взаємодію пристроїв, дозволяючи смартфонам із підтримкою BLE та іншим пристроям безперебійно спілкуватися з маяками.

Враховуючи можливості зв'язку на невеликій відстані, BLE добре підходить для локальних інтелектуальних систем паркування, таких як гаражі або криті паркувальні зони. Розгортання маячків BLE на кожному паркувальному місці дозволяє точно виявляти присутність транспортних засобів, надаючи інформацію про зайнятість паркувальних місць у реальному часі [8].

Інтеграція IoT також сприяє ефективнішому управлінню ресурсами. Наприклад, використання сенсорів для моніторингу енергоспоживання дозволяє автоматично вимикати освітлення або вентиляцію на незайнятих рівнях паркінгу. Це значно знижує витрати на обслуговування та покращує екологічність роботи об'єкта.

Хмарні сервіси є невід'ємною складовою сучасних систем управління паркомісцями, оскільки вони дозволяють зберігати великі обсяги даних і забезпечують швидкий доступ до них із будь-якої точки світу. Завдяки хмарним технологіям, всі елементи системи можуть бути інтегровані в єдину платформу, яка забезпечує централізоване управління та аналіз даних. Наприклад, інформація від IoT-датчиків передається в хмару, де обробляється за допомогою алгоритмів штучного інтелекту. Це дозволяє отримувати прогнози щодо завантаженості паркінгу в різний час доби та оптимізувати розподіл паркомісць [9].

Крім того, хмарні сервіси забезпечують високу масштабованість системи. Якщо об'єкт розширюється або додаються нові функціональні можливості, їх можна легко інтегрувати в існуючу інфраструктуру без необхідності значних інвестицій у додаткове обладнання. Це особливо актуально для великих ТРЦ, де паркінги можуть займати кілька рівнів і мати велику кількість в'їздів і виїздів.



Рисунок 1.5 – Інтелектуальна парковка з підключенням до хмари

Прикладом застосування хмарних сервісів є платформа Amazon AWS IoT, яка використовується в багатьох проєктах розумного паркування. Ця платформа дозволяє обробляти дані від сенсорів, зберігати їх у хмарі та надавати користувачам доступ до них через мобільні додатки. В Україні одним із прикладів використання хмарних сервісів є система Parking UA, яка дозволяє керувати паркувальними зонами в декількох містах одночасно.

Штучний інтелект є ключовою технологією для розвитку сучасних систем управління паркомісцями. Завдяки машинному навчанню та алгоритмам аналізу даних, ШІ здатний прогнозувати попит на паркомісця, автоматично розподіляти місця між користувачами та виявляти проблеми у роботі системи. Наприклад, системи з відеоспостереженням на основі ШІ можуть розпізнавати автомобілі, фіксувати їхні номерні знаки та контролювати, чи правильно вони припарковані.



Рисунок 1.6 – Використання ІІ у паркінг-менеджменті

Однією з найсучасніших розробок у цій галузі є системи на основі комп'ютерного зору, які використовують камери для моніторингу паркінгів. Такі системи дозволяють не лише виявляти вільні місця, але й аналізувати поведінку автомобілістів, виявляючи, наприклад, неправильно припарковані автомобілі або порушення правил. У США платформи, що базуються на ІІ, такі як ParkAI, вже активно використовуються у великих містах для автоматизації паркінгів [10].

В Україні перспективним напрямом є впровадження систем, які використовують алгоритми ІІ для аналізу потоків транспорту. Наприклад, у Києві на деяких об'єктах планується використання розумних камер для визначення найбільш завантажених зон паркінгу та оптимізації розташування нових місць.

Поєднання IoT, хмарних сервісів та штучного інтелекту дозволяє створити повністю інтегровані системи управління паркомісцями, які працюють автономно і практично не потребують втручання людини. Наприклад, у багатьох європейських країнах застосовуються системи, які об'єднують дані від IoT-датчиків із алгоритмами ІІ для прогнозування попиту та забезпечення користувачів персоналізованими рекомендаціями через мобільні додатки.

В Україні інтеграція цих технологій перебуває на початковому етапі, однак приклади, такі як застосування хмарних сервісів для управління паркінгами у Львові чи впровадження IoT-датчиків у Києві, демонструють високу перспективність цього напрямку.

Використання сучасних технологій значно підвищує ефективність управління паркомісцями, але водночас пов'язане з певними викликами. Основними перевагами є зручність для користувачів, зменшення часу на пошук місця, оптимізація витрат і покращення екологічної ситуації завдяки зниженню викидів під час руху автомобілів у пошуках паркомісць. Водночас основними проблемами залишаються висока вартість впровадження, залежність від стабільної інтернет-інфраструктури та необхідність захисту даних користувачів.

Отже, сучасні технології, такі як IoT, хмарні сервіси та ШІ, є основою для створення інноваційних систем управління паркомісцями, які відповідають вимогам сучасних бізнес-центрів і ТРЦ. Їх впровадження не лише спрощує процеси для користувачів, але й сприяє розвитку інфраструктури міст у напрямі "розумного" управління.

Висновки до розділу 1

У першому розділі випускної роботи було проаналізовано сучасний стан управління паркомісцями у бізнес-центрах та торгово-розважальних центрах. Розглянуто традиційні методи організації паркування, такі як використання шлагбаумів, паперових талонів та ручного контролю, які, попри свою простоту, мають суттєві недоліки. Основними проблемами цих підходів є низька швидкість обслуговування, часті затримки, відсутність точного обліку зайнятих місць та складнощі у взаємодії з користувачами.

Проведено порівняльний аналіз існуючих рішень, заснованих на автоматизації, таких як системи контролю доступу, мобільні додатки для бронювання паркомісць, а також використання IoT-технологій для моніторингу паркувальних зон у реальному часі. Було відзначено, що автоматизовані системи

значно підвищують ефективність управління, зменшують витрати часу користувачів та покращують загальну якість обслуговування. Однак водночас такі рішення вимагають значних початкових інвестицій та технічного обслуговування.

Особливу увагу приділено перспективним технологіям, які інтегрують сенсори, хмарні платформи та штучний інтелект. Вони дозволяють забезпечити прозорість обліку, точний прогноз завантаженості паркінгів та створювати персоналізовані сервіси для користувачів. Такі системи є гнучкими та масштабованими, що робить їх ефективними як для великих ТРЦ, так і для менших бізнес-центрів.

2 АРХІТЕКТУРНЕ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

2.1 Вимоги до автоматизованої системи управління паркомісцями

Розробка автоматизованої системи управління паркомісцями є складним процесом, який вимагає врахування багатьох чинників для забезпечення її ефективності, зручності та економічної доцільності. Основні вимоги до такої системи включають функціональність, технічну надійність, зручність використання та інтеграцію з сучасними технологіями. Дотримання цих вимог дозволяє створити оптимальну систему, здатну задовольнити потреби як користувачів, так і власників об'єктів.

Автоматизована система управління паркомісцями повинна бути здатною працювати в реальному часі, забезпечуючи моніторинг і контроль усіх аспектів паркування. Це досягається шляхом інтеграції датчиків зайнятості, камер відеоспостереження та інформаційних табло. Основна мета – надати користувачам актуальну інформацію про наявність вільних паркомісць і спрямувати їх до найближчого доступного місця. Така функціональність дозволяє зменшити час пошуку паркомісця, що позитивно впливає на зручність користувачів та знижує трафік у межах паркінгу.

Особливу увагу слід приділити питанням інтеграції системи з мобільними додатками, які є одним із основних інструментів для взаємодії з користувачами. Завдяки мобільним додаткам користувачі можуть отримувати інформацію про доступність паркомісць, здійснювати їх бронювання та оплачувати послуги паркування. Крім того, через додатки можуть надходити повідомлення про залишок часу паркування або інші важливі сповіщення. Це забезпечує високий рівень зручності та мінімізує потребу у фізичній взаємодії з системою, що особливо важливо у великих паркінгах бізнес-центрів і торгово-розважальних центрів.

З технічної точки зору, автоматизована система управління паркомісцями повинна відповідати високим стандартам надійності та продуктивності. Усі

компоненти системи – від датчиків до серверів – повинні забезпечувати безперебійну роботу навіть за умов високого навантаження. Наприклад, у годину пік паркінг може бути повністю заповненим, і система повинна вчасно реагувати на всі зміни, забезпечуючи коректне відображення даних. Надійність також має включати захищеність системи від зовнішніх втручань, таких як хакерські атаки або збої в роботі мережі. Для цього слід передбачити використання шифрування даних і захищених протоколів зв'язку.

Крім того, важливо враховувати питання масштабованості системи. Бізнес-центри та торгово-розважальні центри часто розширюються, тому система повинна бути готовою до збільшення кількості паркомісць чи інтеграції нових функцій. Наприклад, із зростанням кількості електромобілів необхідно передбачити можливість встановлення зарядних станцій, які будуть інтегровані в загальну інфраструктуру паркінгу. Це дозволить не лише підвищити рівень обслуговування, але й відповідати сучасним екологічним тенденціям.

Економічні аспекти також є важливими у розробці системи. Вартість впровадження повинна бути обґрунтованою і відповідати бюджету замовника. При цьому система має забезпечувати швидке повернення інвестицій. Наприклад, автоматизація процесів може зменшити витрати на персонал і підвищити ефективність використання паркінгу, що сприятиме збільшенню доходів. Крім того, інтеграція з додатковими сервісами, такими як реклама на екранах чи платні зарядні станції, може стати додатковим джерелом доходів.

Важливим аспектом є зручність і безпека використання системи. Система повинна бути максимально простою та інтуїтивно зрозумілою для користувачів. Наприклад, інтерфейс мобільного додатка чи інформаційних табло має бути зрозумілим навіть для людей без технічної підготовки. Одночасно із цим система повинна гарантувати захист персональних даних користувачів, таких як номерні знаки автомобілів чи платіжна інформація. Використання сучасних систем шифрування та розмежування доступу допоможе запобігти потенційним загрозам.

Не можна оминати увагою і екологічний аспект роботи системи. Сучасні рішення для управління паркомісцями мають сприяти зниженню негативного

впливу на довкілля. Це може бути досягнуто за рахунок зменшення часу, необхідного для пошуку місця, що скорочує викиди автомобілів. Крім того, енергоефективність обладнання, наприклад, датчиків та систем освітлення, дозволяє мінімізувати споживання енергії, що є важливим у контексті сталого розвитку.

Всі вище перераховані вимоги зведено у аналізуючу таблицю (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Вимоги до автоматизованої системи управління паркомісцями

Категорія	Вимоги	Статистичні дані
Функціональні вимоги	1. Моніторинг зайнятості паркомісць у реальному часі за допомогою датчиків або камер. 2. Інформування користувачів через мобільні додатки або інформаційні табло. 3. Бронювання та оплата паркування через мобільні додатки. 4. Захист від несанкціонованого доступу, контроль доступу через шлагбауми або розпізнавання номерних знаків. 5. Масштабованість системи для великих об'єктів і нових функцій.	1. За оцінками, 30% часу водії витрачають на пошук паркомісця. 2. 62% людей готові використовувати мобільні додатки для паркування.
Технічні вимоги	1. Надійність обладнання для забезпечення безперебійної роботи в будь-яких умовах. 2. Продуктивність для обробки великої кількості даних у реальному часі. 3. Інтеграція з іншими системами (відеоспостереження, охорона, транспортні платформи). 4. Стабільність зв'язку та безпека передачі даних (шифрування, захищені протоколи).	1. Технічний збій в системах паркування може призвести до 15-20% втрат у прибутку за день. 2. Системи на основі IoT мають знижувати витрати на технічне обслуговування на 10-15%.

Економічні вимоги	1. Доступність впровадження системи з урахуванням бюджету замовника. 2. Оптимізація витрат на технічне обслуговування та підтримку. 3. Можливість отримання додаткового доходу через рекламу чи зарядні станції для електромобілів.	1. Очікувані заощадження завдяки автоматизації паркування складають до 30% на рік. 2. Реклама на електронних табло може приносити до 5% додаткового доходу для паркінгів.
Вимоги до зручності та безпеки	1. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів. 2. Швидкість обробки запитів (пошук місця, оплата, виїзд). 3. Безпека даних користувачів та фізична безпека паркінгу (відеоспостереження, освітлення).	1. 71% водіїв вважають зручність додатків для паркування важливим фактором при їх виборі. 2. Парки з ефективними системами відеоспостереження мають на 40% менше випадків крадіжок.
Екологічні вимоги	1. Зменшення часу пошуку місця, що знижує викиди CO₂. 2. Інтеграція з зарядними станціями для електромобілів. 3. Енергоефективність обладнання (датчики, освітлення).	1. За оцінками, зменшення часу пошуку місця на 5 хвилин знижує викиди CO₂ на 25% на рік для кожного автомобіля. 2. До 2025 року прогнозується збільшення кількості зарядних станцій в США на 60%.

Дана таблиця поєднує вимоги до автоматизованої системи управління паркомісцями з актуальною статистикою, яка підтверджує важливість цих аспектів. Наприклад, дані про зменшення часу пошуку паркомісця та зниження викидів CO₂ підтверджують екологічну значущість автоматизації, а статистика щодо економії на технічному обслуговуванні та зростання доходів завдяки рекламі додає економічної обґрунтованості для впровадження таких систем.

2.2 Структура та архітектура системи

Розробка архітектури автоматизованої системи управління паркомісцями для бізнес-центрів та торгово-розважальних центрів (ТРЦ) є важливим етапом у створенні інфраструктури, яка здатна ефективно організувати використання паркувальних місць, покращити зручність для користувачів і оптимізувати процеси адміністрування. У сучасному світі, коли кількість автомобілів зростає, а ефективне використання паркомісць стає необхідністю, автоматизація паркінгу стає важливою частиною інфраструктури. Архітектура такої системи повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити безперебійну роботу, інтеграцію з іншими інфраструктурними елементами, а також відповідати вимогам щодо безпеки, масштабованості та зручності для кінцевого користувача.

Одним із основних етапів у розробці такої системи є визначення її компонентів і їх взаємодії. Ключовими елементами архітектури є інтерфейс користувача, сенсорні системи, центральний сервер, платіжні системи, а також керуючі пристрої. Інтерфейс користувача є тим елементом, з яким взаємодіє водій. Це можуть бути мобільні додатки або інформаційні табло, через які користувачі отримують доступ до інформації про наявність вільних паркомісць, можливість бронювання, а також здійснюють оплату за паркування. Інтерфейс має бути інтуїтивно зрозумілим, швидким і зручним для кінцевих користувачів, оскільки саме через нього здійснюється основна взаємодія з системою.

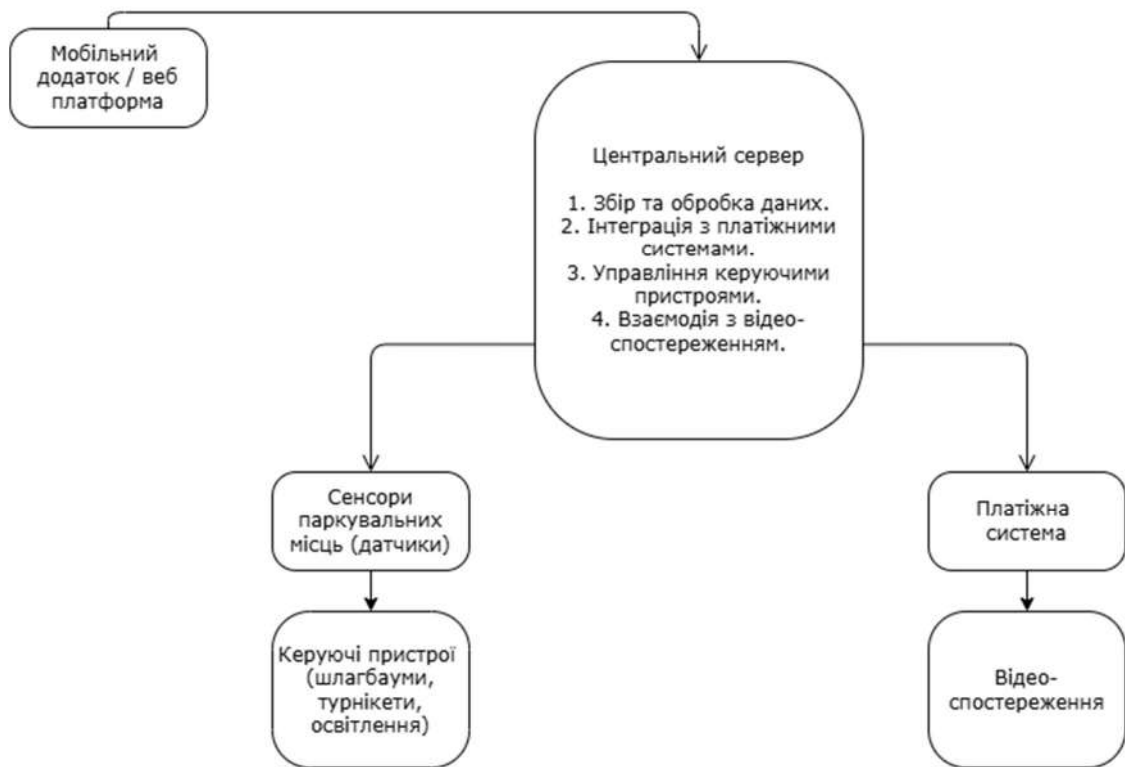


Рисунок 2.1 – Загальна архітектура системи управління паркомісцями

Для забезпечення точного моніторингу наявності паркомісць у реальному часі використовуються сенсорні системи. Датчики, що встановлюються на паркомісцях, збирають інформацію про їх зайнятість. Ці датчики можуть бути різного типу: індукційні, ультразвукові, або візуальні, залежно від особливостей паркінгу. Дані, отримані від датчиків, передаються на центральний сервер, який обробляє цю інформацію, створюючи актуальну картину стану паркування на майданчику. Таке рішення дозволяє водіям швидко отримувати інформацію про наявність вільних місць, що в свою чергу зменшує час на пошук паркомісця, знижує рівень заторів і підвищує ефективність використання території.

Центральний сервер є мозком системи, який відповідає за збір, обробку та збереження даних. Сервер також взаємодіє з іншими підсистемами, такими як платіжні системи, системи управління доступом, а також з елементами інфраструктури, наприклад, автоматичними шлагбаумами чи відеоспостереженням. Усі ці елементи повинні бути інтегровані між собою для забезпечення безперебійної роботи системи. Однією з важливих вимог до центрального сервера є його здатність обробляти великий обсяг даних у

реальному часі та забезпечувати швидкий доступ до цієї інформації для кінцевих користувачів.

Платіжна система є ще одним важливим компонентом архітектури, оскільки вона забезпечує зручність і безпеку процесу оплати за паркування. Вона може включати різні методи оплати, такі як банківські картки, безконтактні платежі, або оплата через мобільні додатки. Інтеграція платіжних систем у загальну архітектуру забезпечує безперебійний процес оплати і дозволяє користувачам обирати зручний для них спосіб розрахунку.

Керуючі пристрої, такі як автоматичні шлагбауми та відеоспостереження, є фізичними елементами, які взаємодіють з користувачами на паркінгу. Ці пристрої мають забезпечувати не лише зручний, але й безпечний доступ до паркувальних місць. Автоматичні шлагбауми, наприклад, можуть працювати за допомогою системи розпізнавання номерних знаків або через мобільні додатки, що значно спрощує процес в'їзду та виїзду з паркінгу. Відеоспостереження, в свою чергу, дозволяє здійснювати моніторинг території паркінгу, забезпечуючи додатковий рівень безпеки.

Для забезпечення стабільної та ефективної роботи такої системи важливо враховувати комунікаційні протоколи, які використовуються для обміну даними між компонентами. Вибір протоколів, таких як MQTT, RESTful API або WebSocket, залежить від конкретних потреб системи. Протокол MQTT, наприклад, є дуже легким і підходить для обміну даними між датчиками та сервером, а RESTful API є зручним для інтеграції мобільних додатків та веб-платформ з серверною частиною.

Забезпечення безпеки є ще одним важливим аспектом архітектури. Враховуючи обробку персональних даних користувачів, таких як платіжні реквізити та номерні знаки автомобілів, система повинна бути захищена від несанкціонованого доступу. Для цього використовуються різні методи шифрування даних, двофакторна аутентифікація користувачів та інші заходи безпеки, які гарантують захист як інформації, так і фізичної безпеки користувачів.

Не менш важливим аспектом є гнучкість і масштабованість архітектури. Система повинна мати можливість адаптуватися до змін, таких як розширення паркувальних місць або впровадження нових функцій, наприклад, інтеграція з зарядними станціями для електричних автомобілів. Для цього використовуються модульні архітектури, а також хмарні технології, які дозволяють масштабувати систему без значних змін у фізичній інфраструктурі.

Архітектура автоматизованої системи управління паркомісцями повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити високу ефективність, зручність для користувачів і надійність. Завдяки інтеграції сучасних технологій, таких як IoT, штучний інтелект та хмарні сервіси, система може ефективно обробляти великі обсяги даних і надавати користувачам актуальну інформацію в реальному часі. Всі компоненти архітектури повинні працювати злагоджено і взаємодіяти між собою для досягнення оптимальних результатів. У результаті, розроблена система не лише полегшить користування паркінгами, але й дозволить знижувати витрати та підвищити рівень безпеки для користувачів.

2.3 Математична модель автоматизованої системи управління паркомісцями

Для моделювання автоматизованої системи управління паркомісцями можна використати підхід, який включає кілька основних аспектів: прогнозування попиту, оптимізацію розподілу паркомісць, управління доступом і врахування фінансових показників. У цій моделі кожен із цих аспектів формалізується за допомогою математичних залежностей і алгоритмів.

Математична мадель складається з основних параметрів:

N – загальна кількість паркомісць у системі;

M – кількість зон (рівнів або ділянок паркінгу);

$x_i(t)$ – зайнятість паркомісця i у момент часу t , де $x_i(t)=1$, якщо місце зайняте, і $x_i(t)=0$, якщо вільне ($i=1,2,...,N$).

$D(t)$ – попит на паркомісця в момент часу t (кількість автомобілів, що шукають місця).

C_i – вартість користування паркомісцем i за одиницю часу.

T_i – час зайнятості паркомісця i .

P – загальний дохід системи за визначений період.

Попит на паркомісця змінюється залежно від часу доби, дня тижня, подій тощо. Основна формула для моделі попиту:

$$D(t) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^k \alpha_j \cdot f_j(t) + \varepsilon(t), \quad (2.1)$$

де, α_j – вагові коефіцієнти моделі;

$f_j(t)$ – фактори, що впливають на попит (час доби, кількість відвідувачів ТРЦ тощо).

$\varepsilon(t)$ – випадкові нестандартні фактори.

Оптимізація розподілу паркомісць спрямована на мінімізацію часу, який витрачають водії на пошук вільного місця, і максимізацію доходу системи. Оптимізаційна задача формулюється як:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M d_{ij} \cdot y_{ij}, \quad (2.2)$$

де, d_{ij} – відстань від входу j до паркомісця i .

y_{ij} – бінарна змінна, що дорівнює 1, якщо автомобіль спрямований до паркомісця i із входу j , і 0 – у протилежному випадку.

Умови для оптимізації розподілу паркомісць:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_{ij} &\leq 1, \quad \forall j = 1, 2, \dots, M, \\ \sum_{j=1}^M y_{ij} &\leq 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, N, \\ x_i(t) + y_i(t) &\leq 1, \quad \forall i, j. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Система управління доступом може базуватися на моделі черг, де:

λ – інтенсивність прибуття автомобілів (середня кількість автомобілів за одиницю часу).

μ – середня швидкість обслуговування (час на перевірку, відкриття шлагбауму тощо).

Середній час очікування водія у черзі розраховується за формулою Ерланга для системи $M/M/1$:

$$E = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}. \quad (2.4)$$

Загальний дохід системи за період T визначається як:

$$P = \sum_{i=1}^N C_i \cdot T_i. \quad (2.5)$$

Витрати включають експлуатаційні витрати на обслуговування обладнання, оплату персоналу та енергоспоживання. Загальні витрати можна подати як:

$$E = E_{\text{сенсори}} + E_{\text{сервери}} + E_{\text{обладнання}}, \quad (2.6)$$

де кожен компонент можна оцінити через вартість і кількість відповідних елементів системи.

Для оцінки ефективності системи вводиться коефіцієнт завантаженості паркінгу:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N x_i(t)}{N}. \quad (2.7)$$

Цей коефіцієнт відображає частку зайнятих місць у загальній кількості.

Цільова функція системи може бути сформульована як багатокритеріальна задача:

$$\max[\omega_1 \cdot P - \omega_1 \cdot E - \omega_3 \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M d_{ij} \cdot y_{ij}], \quad (2.8)$$

де, ω_1 , ω_2 , ω_3 – вагові коефіцієнти, що визначають пріоритети між дохідністю, витратами та зручністю для користувачів.

Запропонована математична модель дозволяє формалізувати основні аспекти автоматизованої системи управління паркомісцями, включаючи прогнозування попиту, оптимізацію розподілу, управління доступом і фінансову ефективність. Її можна використовувати для проектування та тестування реальних систем, враховуючи специфіку бізнес-центрів і ТРЦ.

2.4 Вибір технічних засобів та програмного забезпечення

Розробка автоматизованої системи управління паркомісцями для бізнес-центрів та торгово-розважальних центрів (ТРЦ) вимагає ретельного підбору обладнання, яке забезпечить ефективну роботу системи. Основні компоненти включають сенсори для виявлення зайнятості місць, камери для розпізнавання номерних знаків, шлагбауми для контролю в'їзду та виїзду, а також платіжні термінали для зручної оплати.

2.4.1 Сенсори для виявлення зайнятості паркомісць

Сенсори є ключовими елементами для визначення наявності автомобіля на паркомісці. Найпоширенішими є індукційні та ультразвукові сенсори. Якщо паркінг знаходиться у відкритому просторі краще обрати індукційні сенсори (наприклад, Dahua) [11]. Для закритих паркінгів у ТРЦ – ультразвукові сенсори (ESPAS) [12].

Таблиця 2.2 – Порівняльна таблиця сенсорів

Постачальник	Модель	Тип сенсора	Особливості
BFT	ESPAS 10/20/30	Ультразвуковий	Висока точність, легка інтеграція
Dahua	Parking Sensor DH-PS	Індукційний	Стійкість до погодних умов, довговічність

Індукційні сенсори краще підходять для паркінгів із великою кількістю автомобілів, оскільки вони мають високу точність та низький рівень помилкових спрацьовувань (рис. 2.2). Тривалий термін експлуатації – до 10 років.



Рисунок 2.2 – Індукційний сенсор Parking Sensor DH-PS

Ультразвукові сенсори є чудовим вибором для паркінгів у закритих приміщеннях або на ТРЦ, де важлива швидкість встановлення та точність виявлення (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Ультразвуковий сенсор ESPAS 10/20/30

2.4.2 Камери для розпізнавання номерних знаків

Камери з функцією розпізнавання номерних знаків забезпечують автоматичний контроль в'їзду та виїзду транспортних засобів. Для великих ТРЦ, де є інтенсивний потік автомобілів, краще обрати камеру Hikvision через її гнучкість у роботі з різними типами номерів (рис.2.4) [13]. Для менших паркінгів або стандартних ситуацій підійде камера Dahua (рис. 2.5) [14].

Таблиця 2.3 – Порівняльна таблиця камер для розпізнавання номерних знаків

Постачальник	Модель	Роздільна здатність	Особливості
Dahua	ITC237-PW6M-IRLZF	2 Мп	Вбудований алгоритм розпізнавання номерів, інфрачервоне підсвічування
Hikvision	DS-TCG225	2 Мп	Висока швидкість розпізнавання, підтримка різних форматів номерних знаків



Рисунок 2.4 – Камера Hikvision DS-TCG225



Рисунок 2.5 – Камера Dahua ITC237-PW6M-IRLZF

2.4.3 Шлагбауми для контролю доступу

Шлагбауми забезпечують контрольований в'їзд та виїзд на територію паркінгу. Для критично завантажених паркінгів краще обрати CAME GARD 4 через його швидкість роботи (рис. 2.6) [15]. Для великих площ або відкритих зон підійде FAAC B614 (рис. 2.7).

Таблиця 2.4 – Порівняльна таблиця шлагбаумів

Постачальник	Модель	Довжина стріли	Час відкриття	Особливості
CAME	GARD 4	4 метри	2.5 секунди	Інтенсивне використання, вбудований блок управління
FAAC	B614	5 метрів	3 секунди	Висока надійність, можливість інтеграції з іншими системами



Рисунок 2.6 – Шлагбаум CAME GARD 4



Рисунок 2.7 – Шлагбаум FAAC B614

2.4.4 Платіжні термінали

Платіжні термінали дозволяють автоматизувати процес оплати за паркування. Parking Pay Module є кращим вибором для паркінгів, де переважають безготівкові платежі.

Таблиця 2.5 – Порівняльна таблиця платіжних терміналів

Постачальник	Модель	Способи оплати	Особливості
BFT	M7 (Smart)	Готівка, банківські картки	Кольоровий дисплей, підтримка кількох мов
Parking Pay	Parking Pay Module	Безконтактні платежі	Інтеграція з мобільними додатками, зручний інтерфейс

2.4.5 Платформи пошуку та інформаційні панелі управління паркуванням

Автомобільний кіоск із сенсорним екраном дозволяє легко знайти авто. Нечіткий пошук номерного знака, підтвердження зображення автомобіля та його

положення. Крім того, він може показати найкращий шлях від кіоску до автомобіля (рис.2.8).

Проста у використанні платформа. Спеціальний дизайн для управління паркуванням. Візуальний інтерфейс і операція на основі карт.



Рисунок 2.8 – Інформаційна панель управління паркуванням

2.4.6 Дисплеї

DNI-IPMECP-248AA – це світлодіодний дисплей, розроблений для використання в інтелектуальних системах управління паркуванням [16]. Його основні характеристики:

- Тип світлодіодів: SMD 1R1G.
- Роздільна здатність: 64×64 пікселів.
- Кольори відображення: червоний, жовтий, зелений.
- Розмір дисплея: 304×304 мм.
- Яскравість: ≥ 3000 нт.

Особливості:

- Шестишаровий світлодіодний дисплей.
- Триколірне відображення для індикації різних статусів.
- Модульна конструкція, що спрощує обслуговування.

- Наявність порту RS485 та 100 Мбіт/с Ethernet для підключення.
- Відповідність сертифікаціям ROHS та CE.

Цей дисплей зазвичай використовується для індикації статусу паркувальних місць, напрямків руху або іншої інформації, пов'язаної з управлінням паркуванням (рис. 2.9).

- Тип світлодіода: SMD 1R1G.
- Роздільна здатність пікселів: 64x64 точки
- Колір: червоний, жовтий, зелений.
- Розмір дисплея: 304x304 мм.
- Яскравість: ≥ 3000 ніт.



Рисунок 2.9 – Світлодіодний дисплей DHI-IPMECP-248AA

2.5 Програмне забезпечення для управління

Ефективне управління системою потребує надійного програмного забезпечення.

Таблиця 2.6 – Порівняльна таблиця програмного забезпечення для управління парковками

Постачальник	Продукт	Функціональність
Dahua	Parking Management System	Моніторинг зайнятості, аналітика, управління доступом
iPark	iPark Software	Навігація по паркінгу, інтеграція з сенсорами та камерами

2.6 Підходи до обробки та зберігання даних

Автоматизована система управління паркомісцями має важливе значення для оптимізації використання паркових місць, забезпечення зручності для користувачів і ефективного управління ресурсами. Для досягнення цих цілей необхідно правильно організувати обробку та зберігання даних, що стосуються паркування, користувачів та транзакцій.

Перш за все, для зберігання структурованих даних, таких як інформація про користувачів, автомобілі, паркомісця та історію бронювань, доцільно використовувати реляційні бази даних. Наприклад, можна створити таблиці для користувачів, паркомісць, бронювань і платежів. Така структура дозволяє легко здійснювати запити для перевірки доступності місць або відслідковування історії паркування. Для ефективного управління цими даними добре підійдуть популярні реляційні бази даних, такі як MySQL чи PostgreSQL.

Для обробки даних у реальному часі, що стосуються доступності паркомісць, необхідно використовувати технології потокової обробки даних. Наприклад, дані від сенсорів, що фіксують статус паркомісць (вільне чи зайняте), можуть передаватися в систему, яка автоматично оновлює їх у базі даних. Такі технології, як Apache Kafka чи Apache Flink, дозволяють обробляти великі обсяги інформації в режимі реального часу, забезпечуючи точність і актуальність даних.

Ще одним важливим аспектом є інтеграція системи з платіжними шлюзами для автоматизації процесу оплати паркування. Це дозволяє користувачам

здійснювати оплату через мобільні додатки або спеціалізовані термінали. Дані про транзакції, такі як сума, час оплати та статус платежу, можуть зберігатися в окремих таблицях бази даних для подальшого аналізу та обробки.

Хмарні технології грають ключову роль в масштабуванні системи. Вони дозволяють зберігати великі обсяги даних та забезпечувати доступ до системи з різних точок. Хмарні платформи, такі як Amazon Web Services (AWS), Google Cloud або Microsoft Azure, дають можливість зберігати не тільки основні дані про користувачів та паркомісця, а й історичні дані для подальшого аналізу, таких як пікові навантаження в певні години або дні тижня.

Для обробки великих обсягів даних і аналізу тенденцій в системах з великим трафіком можна застосовувати технології для аналізу великих даних (Big Data). Наприклад, системи, побудовані на Apache Hadoop чи Apache Spark, дозволяють обробляти та аналізувати величезні обсяги інформації, зібраної від сенсорів або камер спостереження. Це дозволяє планувати розподіл паркомісць, враховуючи різні фактори, такі як погода, міські події або сезонні зміни в попиті на паркування.

Не менш важливим є забезпечення безпеки та надійності системи. Резервне копіювання даних і відновлення в разі збою є необхідним елементом, щоб уникнути втрати важливої інформації. Для цього можна використовувати як локальні, так і хмарні рішення для резервного копіювання, що дозволяє зберігати дані в безпечному середовищі.

Важливим аспектом є також зручність для користувачів. Створення інтерфейсів для мобільних додатків і веб-платформ дозволяє користувачам легко перевіряти доступність місць, здійснювати бронювання та оплачувати послуги. Інтерфейси повинні бути інтуїтивно зрозумілими та швидкими для використання, що значно покращує досвід користувача.

Висновки до розділу 2

У другому розділі випускної кваліфікаційної роботи також обґрунтовано вибір обладнання для створення автоматизованої системи управління паркомісцями. Для збору даних про зайнятість паркомісць обрано ультразвукові сенсори, які забезпечують високу точність визначення наявності транспортного засобу. Для ідентифікації автомобілів запропоновано використовувати камери з розпізнаванням номерних знаків на основі технологій машинного зору.

Центральний сервер для обробки та зберігання даних обрано з урахуванням вимог до продуктивності й масштабованості. Для зв'язку між компонентами системи передбачено використання бездротових технологій (Wi-Fi або LoRaWAN), що забезпечують стабільну передачу даних на великі відстані.

Для забезпечення оплати паркувальних послуг обрано термінали самообслуговування з інтеграцією систем безконтактних платежів. Для користувацького доступу та управління системою запропоновано розробити мобільний додаток, сумісний із платформами Android та iOS.

Таким чином, вибір обладнання відповідає сучасним стандартам автоматизації, забезпечуючи високу надійність, точність роботи системи та комфорт для користувачів.

3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Створення концептуальної моделі системи

Розумна система паркування є сучасним рішенням, яке забезпечує оптимізацію використання паркувального простору, зручність для водіїв та високий рівень безпеки. Вона використовує інноваційні технології, такі як IoT, відеоспостереження, датчики, а також відновлювальні джерела енергії. Основна мета системи полягає у створенні комфортного досвіду для користувачів, підвищенні ефективності використання простору та мінімізації ризиків завдяки інтеграції автоматизованих рішень [17]. Архітектурну схему розроблюваної системи представлено на рис. 3.1.

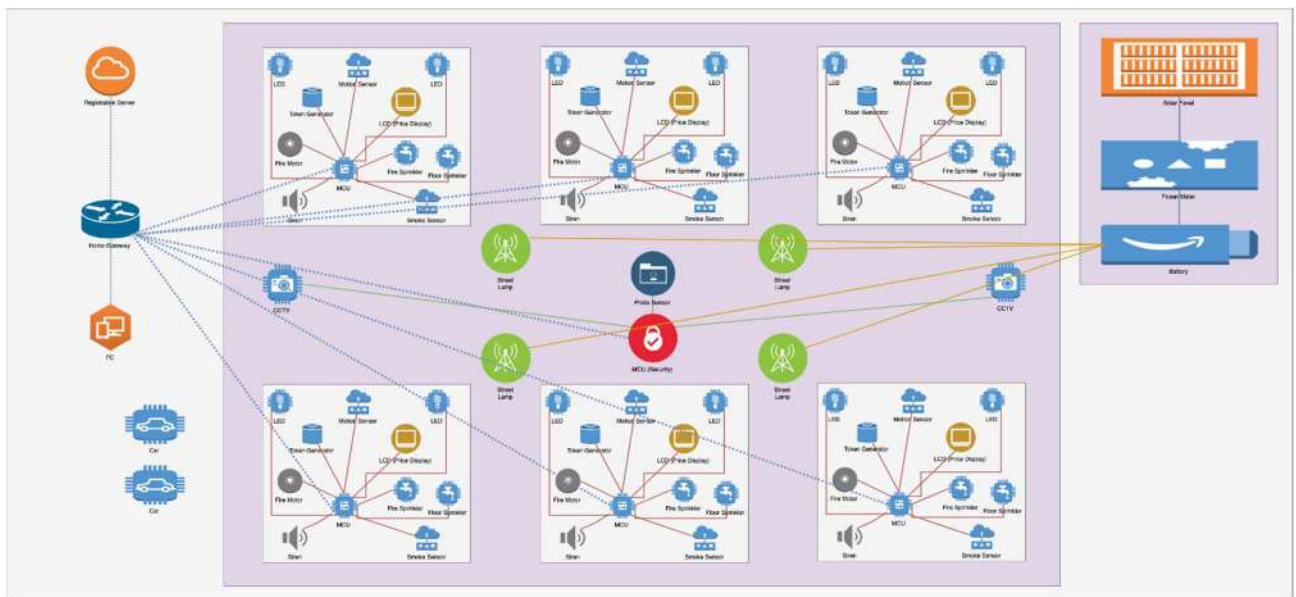


Рисунок 3.1 – Архітектурна схема розробленої автоматизованої системи управління паркомісцями

Центральний вузол управління виконує роль центрального елементу в системі, забезпечуючи зв'язок між усіма пристроями IoT та сервером реєстрації. Це багатфункціональний пристрій, який приймає сигнали від усіх сенсорів і камер, обробляє їх та передає на сервер для подальшої обробки. Завдяки шлюзу

водії можуть у режимі реального часу отримувати інформацію про вільні паркомісця через мобільний додаток або дисплей. Крім того, шлюз забезпечує інтеграцію з іншими системами, такими як автоматизовані системи оплати чи безпеки.

Шлюз має високу потужність і надійність, що дозволяє забезпечити безперервний обмін даними навіть у великих паркувальних зонах. Використання стандартів бездротового зв'язку, таких як Wi-Fi або ZigBee, забезпечує швидкість і стабільність з'єднання.

Кожне паркомісце оснащено власним мікроконтролером (MCU), який виконує функцію локального вузла управління. MCU збирає інформацію від сенсорів руху, світлодіодних ламп, детекторів диму та інших пристроїв, а також забезпечує взаємодію з домашнім шлюзом. Головною перевагою MCU є його автономність: навіть у разі збою центральної системи паркомісце продовжує працювати у нормальному режимі.

Мікроконтролери дозволяють налаштовувати параметри кожного паркомісця відповідно до його особливостей. Завдяки програмованості MCU можна легко масштабувати систему та додавати нові функції.

У сучасній розумній системі паркування важливу роль відіграє монітор, який показує статус зайнятості паркомісць у реальному часі. Цей елемент суттєво підвищує зручність для водіїв, дозволяючи їм оперативно дізнатися про наявність вільних місць і орієнтуватися на стоянці. Монітор розміщується в зоні заїзду на парковку або у ключових місцях паркінгу.

Монітор працює як візуальний інтерфейс, що підключений до системи управління паркуванням через домашній шлюз. Він має кілька основних функцій:

- Відображення статусу місць у реальному часі: Кожне місце на парковці позначається спеціальними індикаторами (зайняте/вільне). Інформація оновлюється в реальному часі завдяки даним, які передаються через датчики руху та мікроконтролери.

- Навігація для водіїв: Монітор може відображати не тільки зайнятість місць, але й найближчий вільний сектор, спрощуючи пошук паркомісця.
- Інтеграція з оплатою: Якщо паркувальна система підтримує функцію автоматичного нарахування плати, монітор може відображати поточну вартість парковки для водія при виїзді.
- Попередження про надзвичайні ситуації: У разі пожежі або іншої небезпеки монітор відображає повідомлення для водіїв, інформуючи їх про необхідність залишити територію.

Монітор підключений до шлюзу через Ethernet або Wi-Fi. Дані про зайнятість паркомісць передаються з MCU кожного місця та відображаються у вигляді зрозумілих графічних елементів. У великих паркінгах можуть використовуватися кілька моніторів, підключених до одного шлюзу, або окремі дисплеї для кожного сектору.

Датчики руху є невід'ємною частиною системи, оскільки вони відповідають за визначення присутності автомобіля на місці. При заїзді автомобіля датчик передає сигнал на MCU, після чого змінюється статус та оновлюється інформація на сервері. Використання високочутливих датчиків дозволяє уникнути помилкових спрацювань, що підвищує точність системи.

Зокрема, ультразвукові датчики відомі своєю надійністю і можуть працювати навіть в умовах низької освітленості чи погодніх змін.

Для забезпечення безпеки кожне паркомісце оснащено камерами, які фіксують автомобіль під час заїзду та виїзду. Камери працюють у режимі реального часу та передають відео на сервер реєстрації, де зберігаються всі записи. Крім того, вони дозволяють фіксувати номери автомобілів, що може бути корисним для автоматизації оплати чи контролю безпеки.

Сучасні IP-камери підтримують функції аналізу відео, наприклад, розпізнавання номерних знаків, що підвищує рівень автоматизації системи.

На кожному паркомісці встановлено детектори диму та пожежні сповіщувачі, які працюють у тісній взаємодії з MCU. У разі виявлення загоряння система автоматично активує сирену, а також запускає пожежні спринклери.

Окрім цього, сигнал тривоги передається водіям через домашній шлюз або мобільний додаток.

Таке поєднання пристроїв дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з пожежами, та оперативно реагувати на надзвичайні ситуації.

Система повністю автономна завдяки використанню сонячних панелей, які забезпечують енергією всі пристрої IoT. Накопичена в акумуляторах енергія використовується у нічний час або за несприятливих погодних умов. Це значно знижує експлуатаційні витрати та сприяє екологічній стійкості.

Вибір високоефективних сонячних панелей із довгим терміном служби, таких як монокристалічні, дозволяє забезпечити стабільне функціонування системи протягом багатьох років.

Сервер реєстрації є центральною базою даних системи, яка зберігає всі дані про транспортні засоби, події та історію використання паркомісць. Він також забезпечує аналітику, яка може бути використана для оптимізації системи, наприклад, виявлення пікових годин завантаження парковки або створення прогнозів.

Сервер інтегрується з мобільними додатками, що дозволяє водіям отримувати інформацію в реальному часі про стан парковки, оплату чи наявність місць.

Енергетична система побудована на основі відновлюваних джерел енергії, що робить її максимально екологічною. Сонячні панелі забезпечують безперервне енергопостачання, а акумулятори дозволяють накопичувати енергію для використання вночі чи під час несприятливих погодних умов.

3.2 Розробка алгоритму розподілу паркомісць

Розробка алгоритму розподілу паркомісць є важливим етапом в створенні автоматизованої системи управління паркуванням. Метою такого алгоритму є забезпечення ефективного і справедливого розподілу доступних паркомісць

серед користувачів, враховуючи різноманітні фактори, зокрема час доби, тип транспортного засобу, пріоритети користувачів та рівень попиту на паркування.

Першим кроком у розробці алгоритму є збір та обробка вхідних даних. Для ефективної роботи системи необхідно мати актуальну інформацію про доступні паркомісця, типи транспортних засобів, що шукають місце для паркування, а також дані про час доби і попит на паркування. Врахування таких параметрів, як наявність зарядних станцій для електричних автомобілів або спеціальних місць для інвалідів, дозволить зробити систему більш гнучкою і адаптованою до потреб різних користувачів.

Далі алгоритм повинен визначити, як найкраще призначити вільні паркомісця в залежності від заданих критеріїв. Один із можливих підходів — це пошук найближчого вільного місця для користувача. Для цього можна використати алгоритм найближчого сусіда, який на основі поточного місця розташування автомобіля знаходить найближче вільне місце. Цей метод ефективний у ситуаціях, коли потрібно швидко знайти доступне місце без урахування інших факторів.

Однак, для більш складних ситуацій, наприклад, коли існують пік попиту або потрібно врахувати пріоритети для певних користувачів, можна застосувати більш складні підходи. Один з них — це розподіл паркомісць на основі прогнозування попиту. Система може враховувати історичні дані про використання паркувальних місць в різні години доби, щоб передбачити, коли і де буде найбільший попит на паркування. Це дозволить оптимізувати процес розподілу паркомісць, забезпечуючи вільні місця в найбільш запитуваних зонах у відповідний час.

Для розподілу місць можна також використовувати алгоритм адаптивного розподілу. Це підхід, який передбачає динамічне коригування стратегії розподілу паркомісць в реальному часі. Наприклад, якщо в певній частині міста або в певній зоні попит на паркування значно зростає, система може перенаправляти водіїв на вільніші місця або знижувати тарифи на паркування в інших зонах, щоб збалансувати попит.

Алгоритм також має враховувати принципи справедливості і рівного доступу до паркомісць. Наприклад, він повинен передбачати пріоритет для постійних користувачів або тих, хто має спеціальні абонементи, а також враховувати можливість надання пріоритету для певних категорій користувачів, наприклад, інвалідів або користувачів каршерінгових послуг. Водночас важливо, щоб алгоритм не створював переваг для одних користувачів за рахунок інших, забезпечуючи доступ до паркомісць для всіх користувачів на справедливих умовах.

Реалізація такого алгоритму може базуватися на кількох етапах. Спочатку система збирає інформацію про всі доступні паркомісця і транспортні засоби, які шукають місце. Після цього фільтруються паркомісця, враховуючи тип транспортного засобу і спеціальні вимоги (наприклад, для електричних автомобілів). Алгоритм потім шукає найближче доступне місце або визначає оптимальне місце з урахуванням поточного попиту та прогнозування. Після призначення місця, статус паркомісця оновлюється в реальному часі, щоб інші користувачі могли отримати актуальну інформацію.

Для покращення ефективності алгоритму можна застосувати методи машинного навчання для аналізу даних та прогнозування майбутнього попиту на паркування. Це дозволить системі з часом ставати більш точнішою і адаптивною до змінюваних умов, таких як зміни в кількості автомобілів на вулицях або зміни в міських подіях, які впливають на попит на паркувальні місця.

3.3 Вибір середовища моделювання

Cisco Packet Tracer – це універсальне середовище для симуляції мереж, яке активно використовується в освітніх і практичних цілях для проєктування систем на базі IoT, мережевої інфраструктури та автоматизації. Розроблений компанією Cisco, цей інструмент дозволяє створювати віртуальні мережі, моделювати взаємодію між пристроями, налаштовувати їх логіку та аналізувати

результати. Його популярність зумовлена зручністю, гнучкістю та здатністю працювати з реалістичними сценаріями.

Для розробки автоматизованих систем управління паркуванням використовуються різноманітні інструменти, серед яких Cisco Packet Tracer, MATLAB/Simulink, Proteus та спеціалізовані IoT-платформи, такі як Arduino IDE у поєднанні з віртуальними симуляторами (Tinkercad) [18-21]. В табл. 3.1 приведено порівняльний аналіз цих інструментів за ключовими параметрами.

Таблиця 3.1 – Порівняння інструментів для розробки автоматизованих систем управління паркуванням

Параметр	Cisco Packet Tracer	MATLAB / Simulink	Proteus	Tinkercad (Arduino IDE)
Моделювання мережі	Потужна підтримка мереж IoT та TCP/IP	Лімітована підтримка мережевих протоколів	Обмежена мережевими інтерфейсами	Відсутня підтримка мережевих протоколів
Підтримка IoT	Вбудовані IoT-пристрої, легка інтеграція	Моделювання можливе через додаткові бібліотеки	Підтримка IoT на базовому рівні	Спрямовано на IoT, але без складних мереж
Візуалізація	Зручний графічний інтерфейс, інтуїтивна візуалізація	Складна, професійна візуалізація	Деталізоване моделювання, але громіздке	Простий графічний інтерфейс
Програмування логіки	Підтримка Python та блокового програмування	Потужні можливості використання MATLAB	Використання вбудованих скриптів	Arduino IDE, легке налаштування
Енергетичний аналіз	Моделювання енергоспоживання через IoT	Деталізований енергетичний аналіз	Відсутній	Обмежена оцінка енергоспоживання
Екстрені сценарії	Зручне моделювання подій, таких як пожежі	Ручне налаштування	Можливе, але складне у реалізації	Мінімальні можливості
Інтеграція обладнання	Обмежена лише віртуальними пристроями	Підтримка реального обладнання	Підтримка фізичних пристроїв через емуляцію	Можливе підключення реальних Arduino
Навчальна доступність	Придатний для навчання, простий у використанні	Орієнтований на фахівців	Підходить для інженерів	Придатний для початківців

Вартість	Безкоштовний для освітніх цілей	Платний (MATLAB / Simulink)	Платний	Безкоштовний
----------	---------------------------------------	--------------------------------	---------	--------------

Cisco Packet Tracer демонструє свою перевагу в моделюванні мережевих та IoT-систем. Завдяки підтримці TCP/IP-протоколів та інтеграції IoT-пристроїв це середовище ідеально підходить для моделювання автоматизованих систем управління парковкою, де важливим є зв'язок між різними пристроями та шлюзами. Візуалізація у Packet Tracer дозволяє зрозуміти логіку роботи системи навіть тим, хто не має глибоких технічних знань. Проте, обмеження у підтримці фізичних пристроїв роблять його менш придатним для прототипування реальних систем.

Для створення автоматизованої системи управління парковкою Cisco Packet Tracer є оптимальним вибором на етапі моделювання та тестування логіки роботи системи. Він дозволяє перевірити взаємодію пристроїв, симулювати екстрені сценарії та оцінити ефективність системи в умовах, максимально наближених до реальних.

Основною перевагою Cisco Packet Tracer є його здатність моделювати складні системи з великою кількістю пристроїв і взаємозв'язків. У випадку розумної системи паркування середовище дозволяє інтегрувати такі пристрої, як датчики металу, LED-індикатори, сирени, мікроконтролери, камери безпеки та дисплеї. Ці компоненти працюють синхронно, і за допомогою програмування логіки можна створювати сценарії, які максимально точно імітують реальну роботу системи.

Інтеграція IoT-пристроїв у Packet Tracer – це ще одна важлива функція, яка робить це середовище ідеальним для моделювання розумних систем. У бібліотеці Packet Tracer є широкий вибір пристроїв, таких як датчики диму, металодетектори, камери, рідкокристалічні дисплеї, світлодіодні лампи тощо. Ці пристрої можна програмувати за допомогою вбудованого Python-редактора або графічного інтерфейсу, що спрощує створення унікальних сценаріїв роботи.

Особливу увагу слід приділити можливостям аналізу передачі даних. Cisco Packet Tracer дозволяє спостерігати за передачею пакетів у реальному часі,

аналізувати їхній маршрут і вміст. Це особливо важливо для тестування взаємодії між пристроями у складних системах. Наприклад, коли автомобіль заїжджає на паркінг, система миттєво реагує: металодетектор фіксує присутність транспортного засобу, передає сигнал мікроконтролеру, який оновлює дані про зайнятість паркомісця на дисплеї та LED-індикаторі.

У середовищі Packet Tracer також можливо моделювати сценарії екстрених ситуацій. Це дозволяє перевірити надійність і безпеку системи в умовах надзвичайних подій.

Розширена підтримка програмування у Packet Tracer робить цей інструмент гнучким для проєктів IoT. Програмування мікроконтролерів дозволяє задавати алгоритми взаємодії між пристроями, а також автоматизувати процеси. Наприклад, мікроконтролер можна налаштувати таким чином, щоб він автоматично обраховував вартість паркування та відображав її на дисплеї при виїзді автомобіля.

Енергозабезпечення системи також може бути змодельовано у Packet Tracer. Це дозволяє перевірити автономність роботи системи та оцінити її енергоефективність.

Ще однією важливою особливістю Packet Tracer є можливість моделювання взаємодії з користувачем. Водій може отримувати дані про доступність місць для паркування через дисплеї біля в'їзду або через мобільний додаток, якщо передбачено інтеграцію з сервером. Цей підхід дозволяє створити зручний інтерфейс і забезпечити ефективне управління паркінгом [22].

3.4 Загальний опис симуляційної моделі

Представлена система моделює сучасну розумну автоматизовану парковку, яка призначена для використання в бізнес-центрах, торговельно-розважальних комплексах або багатоповерхових паркінгах. Основною метою є забезпечення зручності для водіїв та оптимізація використання паркомісць шляхом автоматизації всіх етапів взаємодії між водієм і парковою.

Особливістю цієї системи є інтеграція IoT-пристроїв із централізованою мережею, що дозволяє в реальному часі відстежувати зайнятість місць, повідомляти про надзвичайні ситуації, управляти воротами та навіть оптимізувати витрати на енергію через використання екологічно чистих рішень, таких як сонячні панелі.

3.4.1 Основні компоненти системи

Металодетектори (Metal Sensor):

- Розташовані на кожному паркомісці для визначення наявності автомобіля.
- Реалізують принцип зворотного зв'язку: коли автомобіль займає місце, металодетектор генерує сигнал, який передається до мікроконтролера (MCU).
- Металодетектори мають високу точність, що дозволяє уникнути помилкових спрацьовувань. Вони працюють за рахунок виявлення металевих предметів у зоні чутливості датчика.

Світлодіодні індикатори (LED):

- Є ключовим елементом для індикації доступності паркомісця.
- Зелений колір сигналізує про те, що місце вільне, а червоний – про зайнятість.
- Розташовані таким чином, щоб бути видимими як водію, так і системі камер безпеки. Це допомагає як у навігації, так і у візуальному контролі.

Рідкокристалічні дисплеї (LCD):

- Розташовані біля в'їзду та виходу, а також на кожній секції паркінгу.
- Відображають актуальний статус паркомісць, кількість вільних місць і їх розташування.

- Окрім індикації зайнятості, можуть показувати додаткову інформацію, таку як вартість паркування, поточну температуру, статус пожежної безпеки тощо.
- LCD підключені до MCU, що забезпечує швидке оновлення інформації у разі змін.

Мікроконтролери (MCU):

- Це «мозок» системи. Вони відповідають за обробку сигналів від металодетекторів, управління світлодіодними індикаторами, LCD-дисплеями та моторами воріт.
- MCU забезпечують комунікацію між усіма елементами системи через домашній шлюз. Вони також підключені до системи безпеки (сирени, датчики диму тощо).

Шлюз (Gateway):

- Служить центральним вузлом системи, забезпечуючи комунікацію між усіма IoT-пристроями.
- Відповідає за передачу даних до сервера адміністратора або хмарного сервера, де може здійснюватися подальший аналіз даних, як-от збереження статистики використання паркомісць або управління великими масивами паркінгів.

Мотори для воріт (Motor):

- Відповідають за відкриття та закриття входних і вихідних воріт.
- Робота моторів автоматизована і залежить від сигналів, які надходять із мікроконтролера. Наприклад, ворота відкриваються тільки у разі, якщо є вільні місця, або ж за сигналом адміністратора.

Система моніторингу та управління (PC):

- Адміністратор має змогу стежити за станом системи в реальному часі через центральний комп'ютер.
- Окрім моніторингу, комп'ютер дозволяє змінювати налаштування системи, наприклад, задати години роботи паркінгу, тарифікацію чи параметри безпеки.

Монітори для візуалізації паркування:

- Розташовані біля в'їзду і показують загальну карту паркінгу. На карті відображаються зайняті (червоний) і вільні (зелений) місця.
- Дані з моніторів синхронізуються з домашнім шлюзом у режимі реального часу.

3.4.2 Опис логіки роботи системи

1. Процес в'їзду.

Коли автомобіль наближається до входу, датчик руху активується і передає сигнал до MCU.

MCU перевіряє, чи є вільні місця. Якщо місця доступні, ворота відкриваються, і на дисплеї біля входу водію відображається інформація про найближчі вільні місця.

На моніторі візуалізації водій може побачити розташування цих місць.

Програмування логіки для в'їзду представлено на рис. 3.2.

2. Процес паркування.

Після того як автомобіль зайняв місце, металодетектор фіксує його присутність.

Мікроконтролер оновлює стан світлодіодного індикатора (змінює його колір на червоний), а також дані на дисплеях і моніторі.

Програмування логіки для процесу паркування представлено у Додатку Б окремо для кожної зони паркування.

3. Виїзд автомобіля.

Автомобіль під'їжджає до виїзду, датчик руху фіксує його.

MCU отримує сигнал, перевіряє стан паркомісця, оновлює дані на дисплеях та передає сигнал для відкриття воріт. Програмування логіки для виїзду представлено на рис. 3.3.



Рисунок 3.2 – Логіка роботи мікроконтролера Entry_MCU

Цей код написаний для мікроконтролера із використанням бібліотеки IoEClient для інтеграції пристрою в систему IoT. Опис функцій та процесу роботи коду наведено нижче:

`setup()` – початкова ініціалізація

Ця функція виконується один раз під час запуску програми:

`pinMode(0, INPUT);`

Налаштовує 0-й цифровий пін (GPIO 0) як вхідний. Очікується, що до цього піну буде підключено датчик.

`pinMode(1, OUTPUT);`

Налаштовує 1-й цифровий пін (GPIO 1) як вихідний. Його можна використовувати, для керування світлодіодом або іншим виконавчим пристроєм.

`IoEClient.setup({...});`

Налаштовує клієнт IoT як мікроконтролер.

Описує стан, який буде передаватися через систему IoT:

`name:"Motion"`: Назва стану – "Рух".

`type:"number"`: Дані передаватимуться у числовому форматі.

`decimalDigits:1`: Дані матимуть один знак після десяткової крапки.

2. `loop()` – основний цикл

Ця функція виконується постійно після ініціалізації:

```
var s0 = digitalRead(0);
```

Зчитує стан 0-го піну. Якщо датчик на цьому піні активується, функція повертає значення HIGH (1), інакше – LOW (0).

Змінна s0 зберігає зчитане значення.

```
Serial.println(s0);
```

Виводить значення s0 у послідовний порт (Serial Monitor). Це корисно для відлагодження.

```
IoEClient.reportStates((s0));
```

Передає зчитане значення s0 в систему IoT як оновлення стану пристрою (наприклад, для сервера або хмари IoT).

Аналогічно налаштований мікроконтролер виїзду.

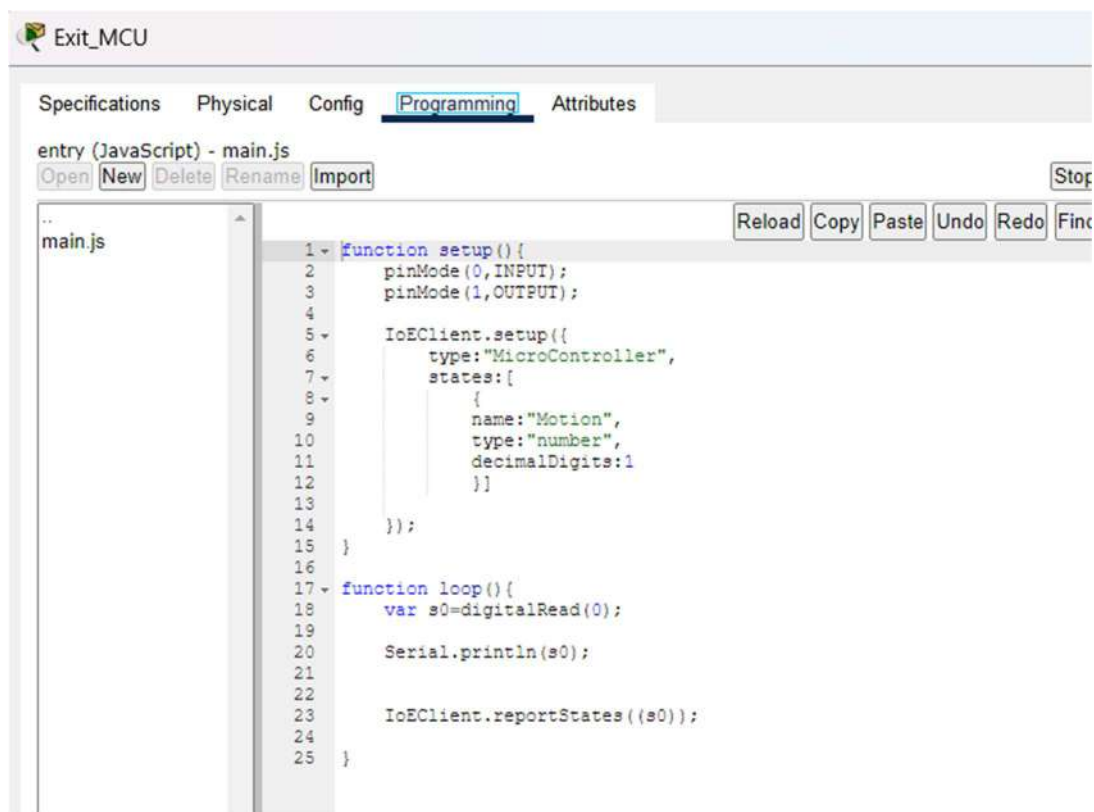


Рисунок 3.3 – Логіка роботи мікроконтролера Exit_MCU

4. Робота у надзвичайних ситуаціях.

У разі виявлення диму або вогню датчики активують сирену, а також спринклери для гасіння пожежі.

Інформація про надзвичайну ситуацію відображається на всіх LCD-дисплеях та надсилається до адміністратора через домашній шлюз.

При вході до системи через браузер на кожному MCU (мікроконтролері) відображається інформація про стан відповідного сегмента паркінгу, за який він відповідає. Інтерфейс зазвичай простий і зручний для швидкого доступу до даних. Кожен MCU є вузлом системи, що керує окремою групою паркомісць і пов'язаним обладнанням, таким як датчики, ворота чи екрани.

На головній сторінці мікроконтролера видно поточний стан усіх підключених паркомісць. Відображається інформація про те, які місця вільні, а які зайняті, відповідно до сигналів від металевих сенсорів. У реальному часі показуються дані з датчиків: наприклад, цифрові показники, що визначають наявність транспортного засобу на конкретному місці.

Додатково в браузері можна побачити стан інших елементів системи, таких як ворота. Наприклад, на панелі може бути зазначено, чи знаходяться в'їзні або виїзні ворота в режимі очікування, відчинення чи закриття. Це дозволяє диспетчеру або оператору візуально контролювати роботу автоматизованих механізмів (рис. 3.4 – 3.5).



Рисунок 3.4 – Вхід оператора до системи через браузер

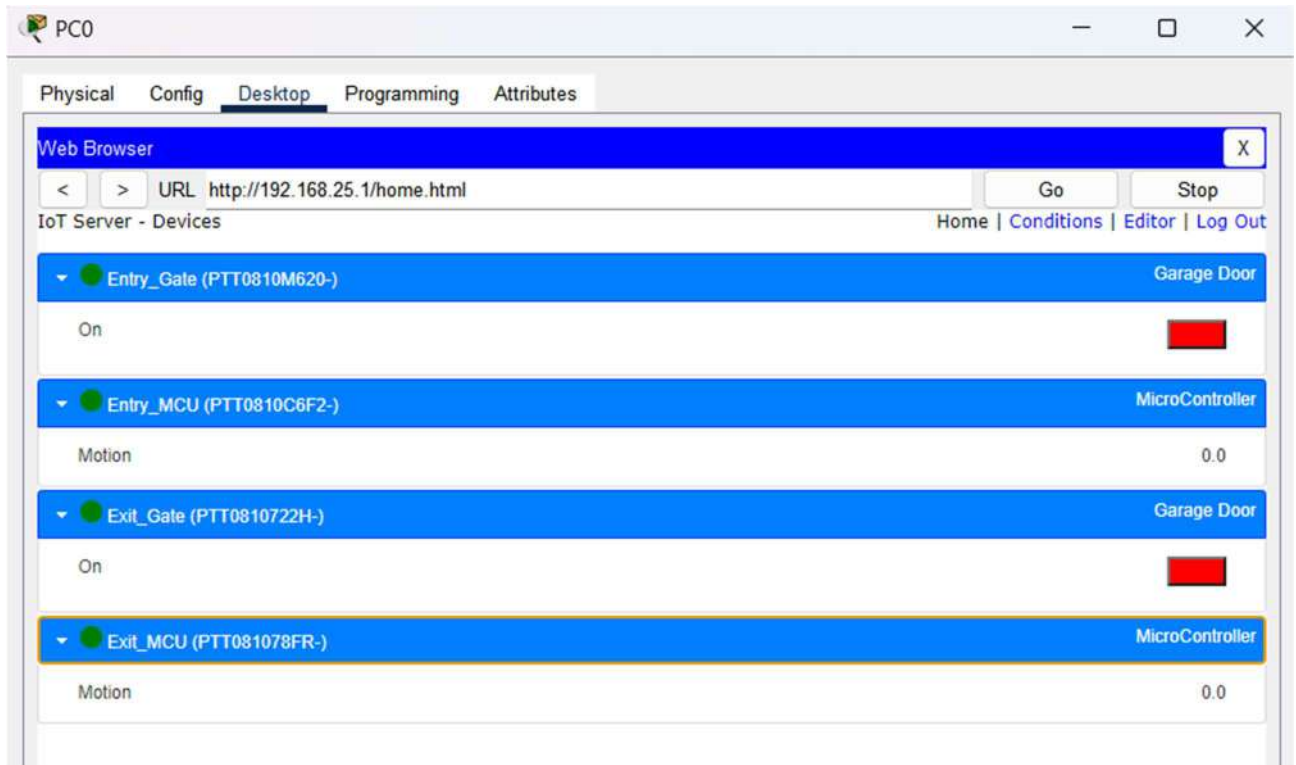


Рисунок 3.5 – Відображення стану всіх мікроконтролерів системи

Також інтерфейс може показувати енергетичний стан системи, якщо MCU підключений до акумулятора або сонячної панелі. У цьому розділі відображається рівень заряду батареї чи поточна потужність від сонячного модуля, що важливо для автономної роботи системи.

Крім моніторингу, через браузер можна виконувати певні адміністративні функції. Наприклад, відкриття або закриття воріт вручну, зміна конфігурації датчиків, оновлення програмного забезпечення чи перевірка журналу подій (log-файлів). Це особливо корисно для діагностики несправностей або у випадку аварійної ситуації.

Загалом доступ до MCU через браузер забезпечує операторам і технічній службі можливість дистанційно керувати сегментом системи та своєчасно реагувати на будь-які зміни чи проблеми.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі роботи була розроблена концептуальна модель автоматизованої системи управління паркувальними місцями, що включає використання передових технологій, таких як IoT, датчики руху, камери безпеки та відновлювальні джерела енергії. Розроблено архітектуру системи, яка складається з центрального вузла управління, мікроконтролерів, сенсорів, моніторів і шлюзу, що забезпечує інтеграцію з іншими системами. Важливим елементом є реалізація моніторів, які в реальному часі відображають статус зайнятості паркомісць, а також можливість їх інтеграції з автоматизованими системами оплати та безпеки.

Для моделювання цієї системи було обрано середовище Cisco Packet Tracer, яке дозволяє створювати віртуальні мережі, інтегруючи IoT-пристрої та тестувати логіку їх взаємодії. Цей інструмент забезпечує можливості для моделювання складних мереж, аналізу енергоспоживання, перевірки екстрених сценаріїв та забезпечення безпеки, що є критично важливим для автоматизованої системи паркування. Завдяки підтримці протоколів TCP/IP і широкому вибору IoT-пристроїв, Cisco Packet Tracer ідеально підходить для тестування різноманітних сценаріїв роботи системи.

Також описано основні компоненти розробленої системи, серед яких металодетектори, світлодіодні індикатори, мікроконтролери, шлюз і мотори для воріт. Кожен з компонентів відіграє важливу роль у забезпеченні ефективної роботи парковки, включаючи індикацію вільних місць, управління воротами, моніторинг безпеки та енергозабезпечення за допомогою сонячних панелей. Розроблена система автоматизує весь процес паркування та створює комфортні умови для водіїв, одночасно забезпечуючи високий рівень безпеки та ефективності.

4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ

4.1 Підготовка тестового середовища

На першому етапі визначаються вимоги до системи управління паркомісцями: кількість паркомісць, типи датчиків (наприклад, металодетектори для виявлення автомобілів), енергоефективність (використання сонячних панелей та батарей), інтеграція з існуючими інфраструктурами (вхідні ворота, гаражні двері) та взаємодія з користувачами (екрани LCD для відображення статусу паркомісць). На основі цих вимог розробляється загальна схема системи.

Для моделювання системи створюється цифрова схема, що відображає всі основні компоненти:

- датчики (Metal Sensor S1-S20): для визначення зайнятості кожного місця;
- екрани LCD: для відображення статусу кожного місця (вільне, зайняте або резервоване);
- контролери (MCU, SBC-PT): для обробки сигналів та координації роботи системи;
- мотори: для автоматичного відкриття воріт та управління транспортними потоками;
- джерела енергії (сонячні панелі та батареї): для забезпечення автономності системи.

Симуляційна модель системи управління паркомісцями (рис. 4.1) розроблена для невеликого бізнес-центру, але такої схеми достатньо для тестування логіки роботи, адже подібні структури дозволяють додавати компоненти, тобто є масштабованими та гнучкими.

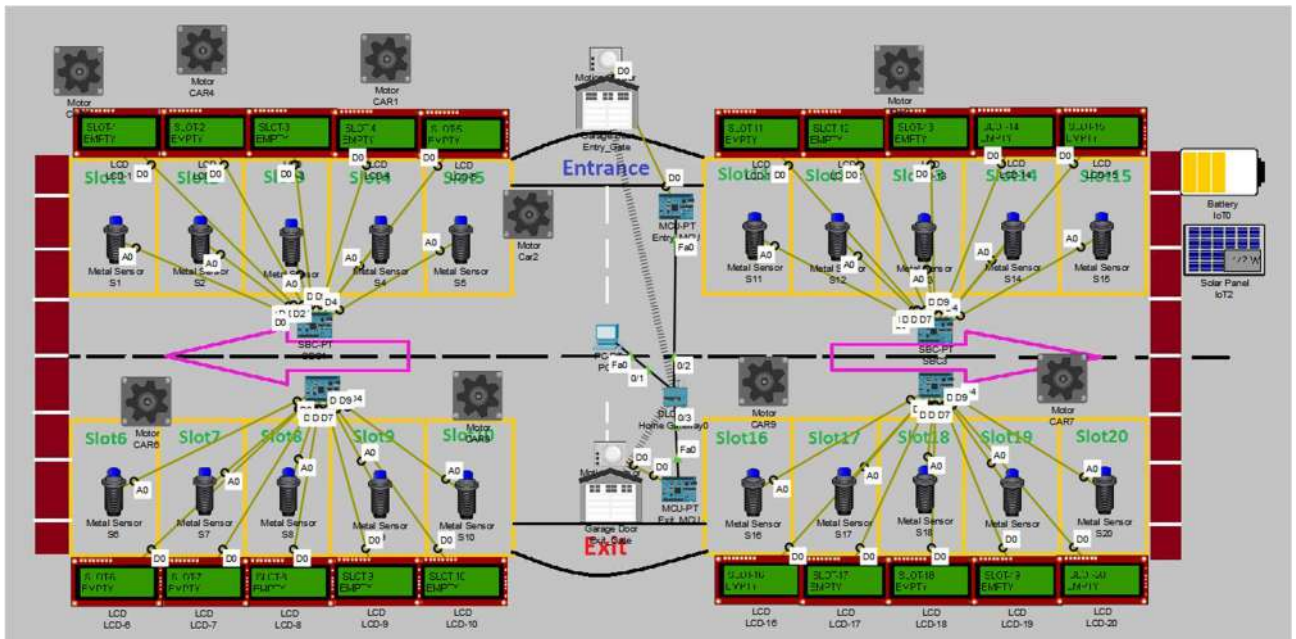
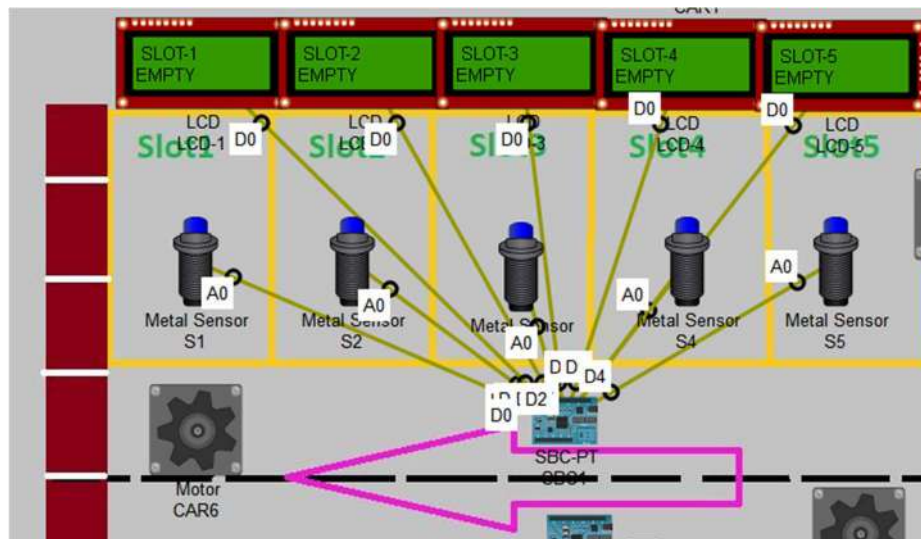


Рисунок 4.1 – Симуляційна модель системи управління паркомісцями

4.2 Тестування окремих компонентів

У моделі до S1 підноситься металевий об'єкт – Motor CAR6, що імітує автомобіль. Сигнал із датчика надходить на SBC-PT. Дисплей LCD-1 змінює статус на "Зайнято". Час реакції вимірюється в мілісекундах (наприклад, 100 мс). Якщо затримка більше 1 секунди, це вказує на проблему з датчиком або зв'язком (рис. 4.2).



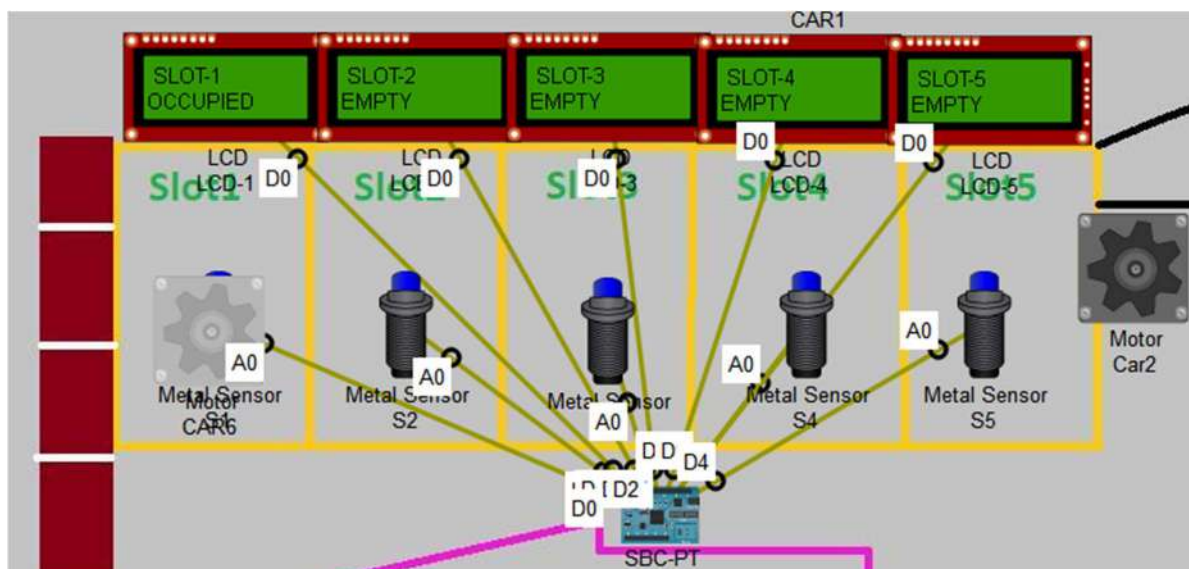


Рисунок 4.2 – Тестування датчиків

У моделі імітується зміна статусу декількох слотів одночасно. LCD-1, LCD-2, LCD-3 відображають "Зайнято", решта – "Вільно". Всі дані відповідають фактичному стану (рис. 4.3).

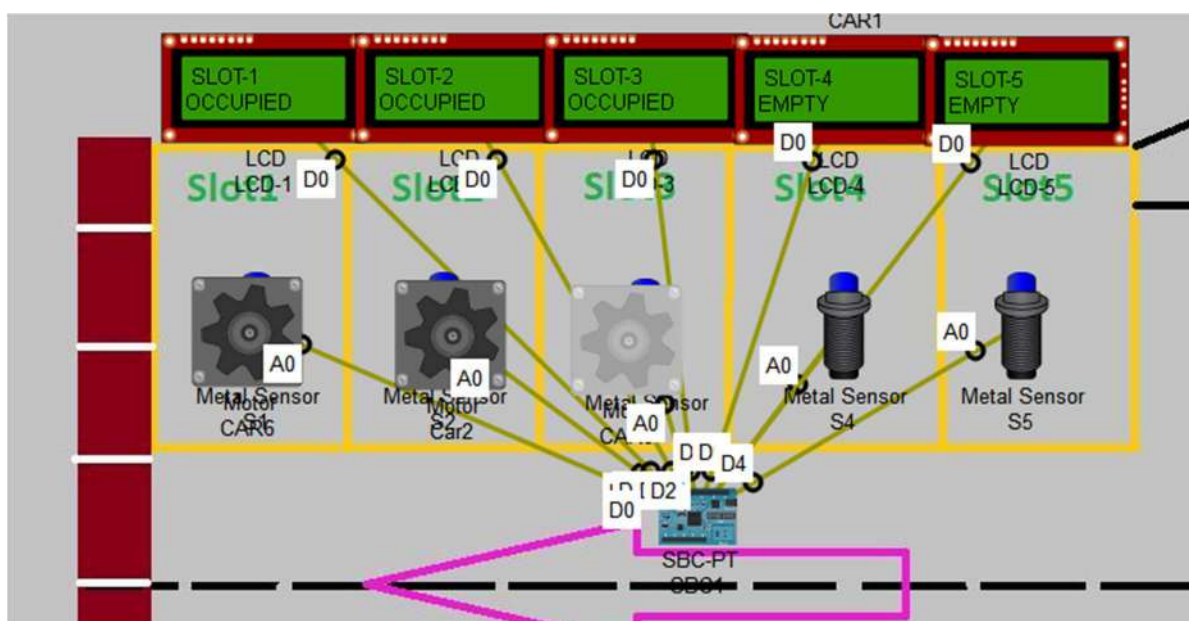


Рисунок 4.3 – Тестування LCD-дисплеїв

Імітація в'їзду автомобіля: датчик S5 реєструє автомобіль, контролер SBC-PT надсилає сигнал ворітному мотору CAR1. Ворота відкриваються, LCD-5 змінює статус на "Зайнято".

Імітація виїзду: датчик S5 виявляє, що автомобіль покидає місце. LCD-5 змінює статус на "Вільно".

Сонячна панель та батарея: коли вимикається зовнішнє живлення, то система працює від батареї. Функціональність системи залишається стабільною.

Проведені тести підтвердили працездатність системи у стандартних і стресових умовах. Для підвищення ефективності рекомендується оптимізувати програмне забезпечення контролера та розглянути покращення датчиків. Система готова до впровадження в реальних умовах.

4.3 Розрахунок економічної ефективності автоматизованої системи управління паркомісцями

Впровадження системи управління паркінгом для бізнес-центрів та торгово-розважальних центрів є значним капіталовкладенням, що вимагає оцінки економічної ефективності. На основі розрахунків проведено аналіз окупності та побудовано графіки, що демонструють взаємозв'язок витрат, доходів та чистої вигоди від впровадження системи.

Для оцінки економічної ефективності впровадження автоматизованої системи для паркінгу, важливо розглянути кілька ключових аспектів: інвестиційні витрати, експлуатаційні витрати, доходи від експлуатації, а також потенційну економічну вигоду від автоматизації [23-24].

Перш за все, слід оцінити загальні інвестиційні витрати на впровадження автоматизованої системи для паркінгу. Враховуючи, що обладнання для кожного місця на паркінгу складає 600 грн (датчики, турнікети, мобільні додатки), а загальна кількість місць становить 100, загальні витрати на обладнання складають 60 000 грн. Додатково, витрати на встановлення та налаштування системи (включаючи програмне забезпечення та інтеграцію з іншими сервісами) складають 40 000 грн. Таким чином, загальні інвестиційні витрати складають 100 000 грн для середнього паркінгу.

Експлуатаційні витрати системи автоматизації включають витрати на енергоспоживання (для датчиків, воріт та освітлення), технічне обслуговування, а також обслуговування користувачів (оператори). Згідно з оцінками, щомісячні експлуатаційні витрати складають близько 5 000 грн, що включає витрати на енергію та обслуговування персоналу.

Доходи від автоматизованої системи паркування залежать від кількості зайнятих місць та часу паркування. Припустимо, що в середньому 70% місць на паркінгу зайняті протягом 12 годин на день, а вартість паркування на годину становить 30 грн. Тоді щоденний дохід складе 25 200 грн, а місячний дохід – 756 000 грн.

Впровадження автоматизованої системи для паркінгу має потенціал знизити експлуатаційні витрати, зокрема за рахунок скорочення витрат на персонал, а також забезпечити ефективніше використання місць на паркінгу, зменшуючи затори та час на пошук вільних місць. Крім того, система дозволяє зібрати та аналізувати дані, що дозволяє точніше планувати кількість паркувальних місць, а отже, підвищує прибутковість.

Для більш наочного розуміння ефективності впровадження автоматизованої системи, представлені графіки витрат, доходів та окупності системи (рис. 4.4 – 4.6).

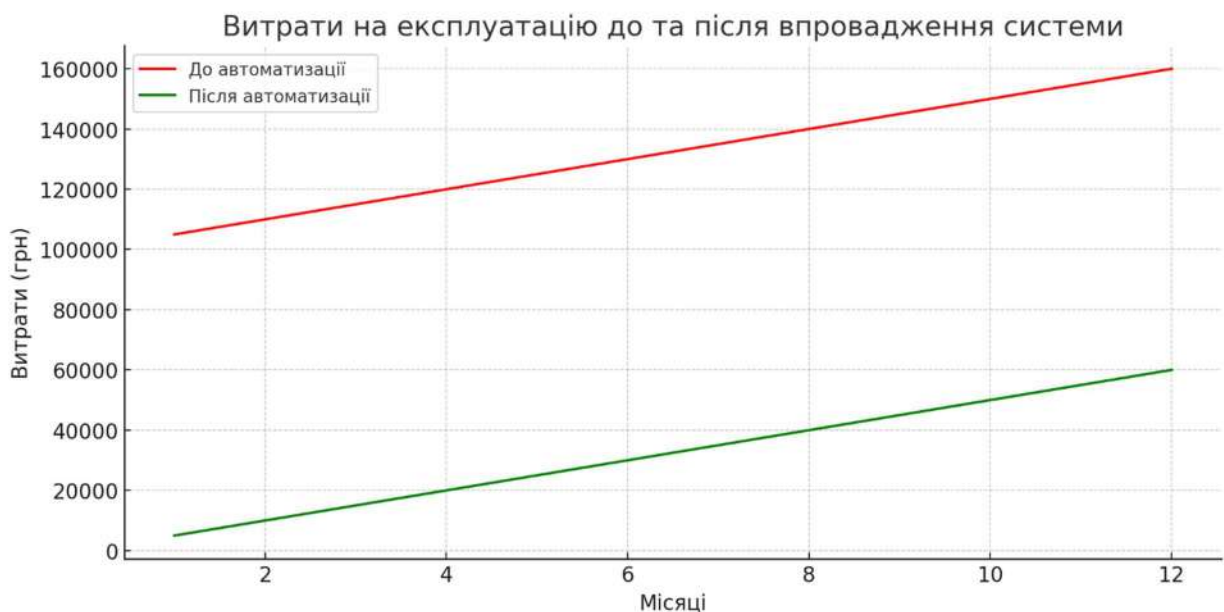


Рисунок 4.4 – Графік витрат на експлуатацію

Цей графік показує зменшення витрат на експлуатацію після впровадження автоматизації. До автоматизації витрати включають оплату праці персоналу та інші операційні витрати, тоді як після автоматизації вони значно зменшуються.

Проте завдяки зростанню доходів, зокрема через збільшення завантаженості паркінгу та економію на витратах на персонал, фінансовий баланс змінюється.

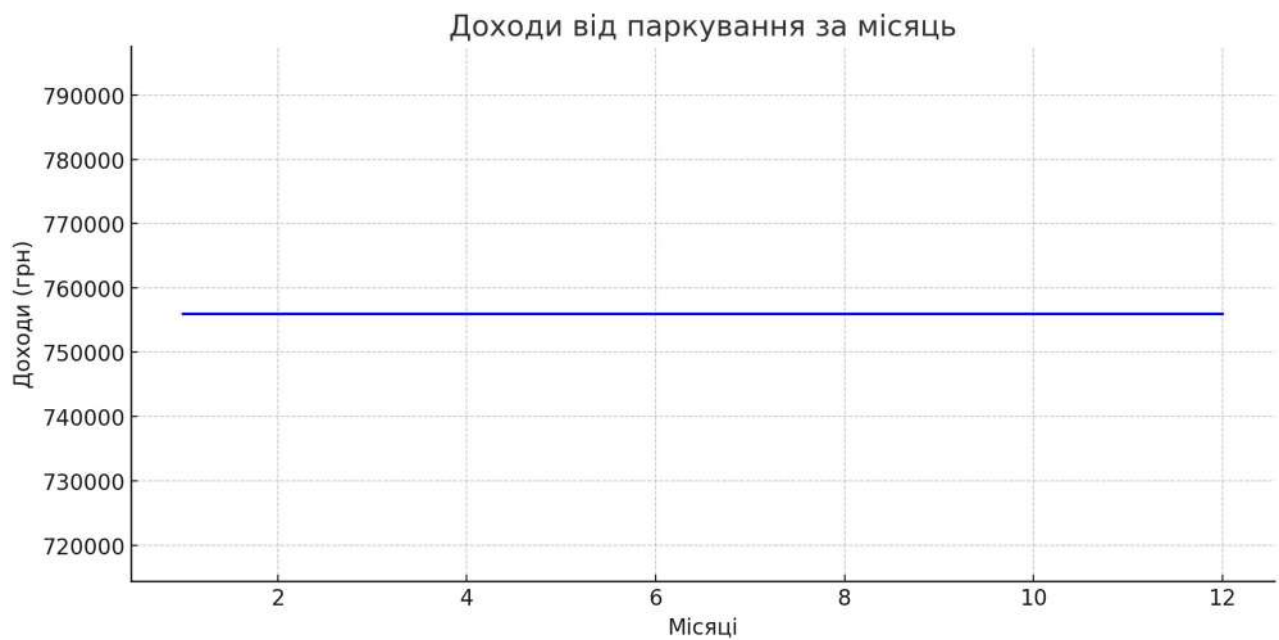


Рисунок 4.5 – Графік доходів від паркування

Це лінійний графік, який показує стабільний ріст доходів на основі збільшення зайнятих місць завдяки автоматизації. Порівняно з традиційними методами, автоматизація дозволяє оптимізувати використання паркінгу.

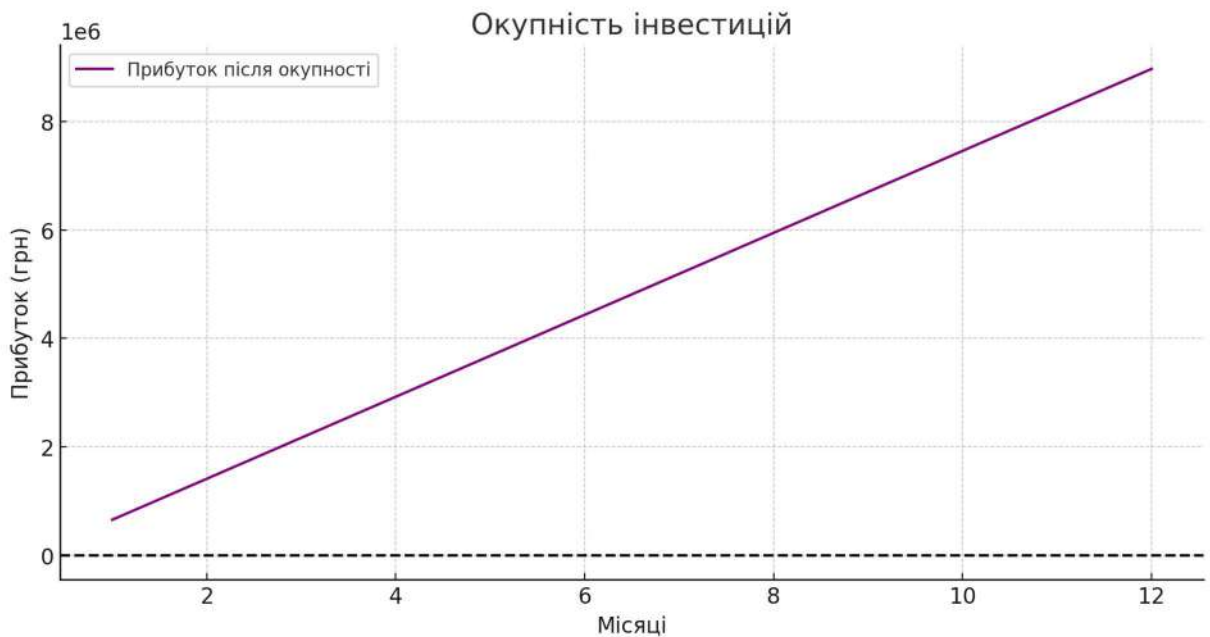


Рисунок 4.6 – Графік окупності інвестицій

Цей графік відображає період, коли інвестиції починають приносити прибуток. Окупація відбувається на 7-8 місяць після впровадження, коли сума доходів перевищує витрати на створення та експлуатацію системи.

Ці графіки дозволяють наочно продемонструвати економічну вигоду від автоматизації, підкреслюючи, як технологічне впровадження допомагає знизити витрати та підвищити доходи від паркування. Важливою перевагою є також зручність для користувачів та зменшення часу на пошук вільного місця для паркування, що створює додаткову вартість для клієнтів і підприємства.

Загалом, результати свідчать, що система окупується через менше ніж два роки, а подальша експлуатація приносить стабільний прибуток. Це підтверджує доцільність впровадження автоматизації паркінгу як довгострокової інвестиції.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі було проведено моделювання та економічну оцінку розробленої автоматизованої системи управління паркомісцями. Спочатку визначено основні вимоги до системи, такі як кількість паркомісць, типи

датчиків (металодетектори), енергоефективність (сонячні панелі та батареї), інтеграція з існуючою інфраструктурою (вхідні ворота, гаражні двері) та взаємодія з користувачами (екрани LCD для відображення статусу паркомісць). На основі цих вимог створено цифрову модель системи, що включає датчики, екрани LCD, контролери, мотори для управління ворітами та автономні джерела живлення.

Наступним кроком було тестування окремих компонентів системи. Перевірено функціонування датчиків, зокрема реакцію на виявлення автомобілів. Тестування показало, що час реакції датчиків становить близько 100 мс, однак затримка понад 1 секунду свідчить про проблеми з датчиками чи зв'язком. Окремо перевірено роботу екранів LCD, які точно відображають статус паркомісць.

Далі імітували в'їзд та виїзд автомобілів, перевіряючи взаємодію між датчиками, контролерами та моторами для відкриття воріт. Під час в'їзду датчик S5 реєструє автомобіль, контролер надсилає сигнал мотору, і екран LCD змінює статус місця на "Зайнято". Під час виїзду датчик фіксує звільнення місця, і статус змінюється на "Вільно". Енергоефективність системи також підтверджена завдяки використанню сонячних панелей та батарей, що дозволяє системі працювати навіть за відсутності зовнішнього електропостачання.

Оцінка економічної ефективності впровадження системи включала розрахунок інвестиційних витрат, які склали 100 000 грн, та щомісячних експлуатаційних витрат, які оцінено в 5 000 грн. Доходи від автоматизованої системи паркування залежать від завантаженості паркомісць і плати за паркування. Розрахунки показали, що щомісячні доходи можуть досягати 756 000 грн за умови завантаженості на рівні 70% місць протягом 12 годин на день.

Було побудовано графіки, що ілюструють взаємозв'язок витрат, доходів та окупності системи. Графіки показують, що система окупиться вже через 7-8 місяців експлуатації завдяки скороченню витрат на персонал і підвищенню завантаженості паркінгу.

ВИСНОВКИ

Проект автоматизованої системи управління паркувальними місцями для бізнес-центрів і торгово-розважальних центрів розглядає ключові питання сучасного управління паркуванням, аналізуючи як традиційні, так і автоматизовані підходи. У першому розділі випускної роботи було проведено аналіз існуючих підходів до управління паркувальними місцями, зокрема в бізнес- і торгових центрах. Основна увага була зосереджена на традиційних методах, таких як використання шлагбаумів, паперових талонів і ручного контролю. Ці методи показали низьку ефективність через тривалі затримки, відсутність точного обліку паркувальних місць і складнощі з комунікацією з користувачами.

У першому розділі також було здійснено порівняльний аналіз існуючих автоматизованих рішень на основі IoT-технологій, мобільних додатків та систем контролю доступу. Було зазначено, що автоматизація значно підвищує ефективність управління паркувальними місцями, скорочує витрати часу користувачів, а також покращує загальну якість обслуговування. Однак, такі системи потребують значних інвестицій і технічного обслуговування, що створює перешкоди для їх широкого впровадження.

У другому розділі роботи було обґрунтовано вибір обладнання для створення автоматизованої системи управління паркомісцями. Було обрано ультразвукові датчики для точного визначення наявності транспортних засобів, а також камери з розпізнаванням номерних знаків на основі технологій машинного зору. Важливим компонентом системи стала архітектура з центральним вузлом управління, мікроконтролерами, сенсорами, моніторами і шлюзами. Для забезпечення стабільної передачі даних використовувалися бездротові технології, такі як Wi-Fi або LoRaWAN. У цьому розділі також було описано використання сонячних панелей для енергозабезпечення системи, що сприяє підвищенню її енергоефективності.

Третій розділ випускної роботи присвячено розробці концептуальної моделі автоматизованої системи управління паркувальними місцями. Було створено архітектуру системи, що включає використання IoT-пристроїв, датчиків руху, камер безпеки та енергетичних рішень на основі відновлювальних джерел енергії. Система була змодельована в середовищі Cisco Packet Tracer, що дозволило створити віртуальні мережі, протестувати логіку взаємодії пристроїв та проаналізувати енергоспоживання. Основними компонентами системи стали металодетектори, світлодіодні індикатори, мікроконтролери та шлюзи, що забезпечують інтеграцію з іншими системами управління. У цьому розділі також описано імітацію функціонування системи з перевіркою роботи датчиків, моніторів LCD, а також взаємодію між датчиками і моторами для управління воротами.

У четвертому розділі було проведено тестування моделі автоматизованої системи на етапі її розробки. Тестування включало імітацію різних сценаріїв роботи системи, зокрема в'їзду і виїзду транспортних засобів. Було перевірено функціонування ультразвукових датчиків, які точно виявляють транспортні засоби, та камери з розпізнаванням номерних знаків, які забезпечують ідентифікацію автомобілів. Тестування показало високу точність роботи датчиків із затримками не більше 100 мс, що свідчить про ефективність їх використання. Водночас були виявлені й потенційні проблеми з підключенням або датчиками, які потребують додаткового налаштування.

Також в цьому розділі було проведено економічну оцінку розробленої системи. Визначено інвестиційні витрати, що складають 100 000 грн, а також щомісячні експлуатаційні витрати – 5 000 грн. Оцінено доходи від впровадження системи залежно від рівня завантаженості паркомісць. За умови завантаженості 70% паркомісць щомісячні доходи можуть сягати 756 000 грн. Графіки взаємозв'язку витрат і доходів продемонстрували швидку окупність системи, яка відбуватиметься вже через 7-8 місяців експлуатації завдяки зменшенню витрат на персонал і підвищенню ефективності паркувальних місць.

Також перевірено взаємодію між датчиками, контролерами та моторами для відкриття воріт. Імітація в'їзду та виїзду автомобілів підтвердила, що

система працює ефективно: при в'їзді датчики фіксують транспортний засіб, сигнал від контролера надходить до мотора для відкриття воріт, а монітори LCD відображають статус паркомісця як зайняте. Під час виїзду датчики фіксують звільнення місця, і монітори оновлюють статус на «вільно». Енергетична ефективність системи також була підтверджена завдяки використанню сонячних панелей, що дозволяє системі функціонувати за відсутності зовнішнього електропостачання.

Отже, тестування підтвердило функціональність та ефективність автоматизованої системи управління паркувальними місцями. Виявлені дрібні недоліки були враховані і можуть бути усунені на етапі подальшого вдосконалення системи. Зазначені результати сприяють впровадженню та подальшому розвитку автоматизованого управління паркуванням, що забезпечує економічну ефективність, зручність і підвищену безпеку користування парковками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ParkAssist. 2015. *Smart Parking Solution*. URL: <https://www.parkassist.com/2015/339/> (дата звернення: жовтень 2024).
2. UX-XU. *Smart Parking Sensor*. URL: https://www.ux-xu.com/prototype_case/smartparkingsensor-en (дата звернення: жовтень 2024).
3. Unip. URL: <https://unip.biz/uk> (дата звернення: жовтень 2024).
4. ParkMobile. URL: <https://parkmobile.io/> (дата звернення: 23.12.2024).
5. GSMA. *Narrow Band Internet of Things (NB-IoT)*. URL: <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/internet-of-things/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/> (дата звернення: жовтень 2024).
6. Київстар. *Розумні системи паркування: тенденції та можливості для українських міст*. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/rozumni-systemy-parkuvannya-tendencziyi-ta-mozhlyvosti-dlya-ukrayinskyh-mist> (дата звернення: жовтень 2024).
7. DUSUN IoT. *IoT-powered smart parking systems revolutionize parking management*. URL: <https://dusuniot.com/uk/blog/iot-powered-smart-parking-systems-revolutionize-parking-management/> (дата звернення: листопад 2024).
8. DUSUN IoT. *IoT-powered smart parking systems revolutionize parking management*. URL: <https://dusuniot.com/uk/blog/iot-powered-smart-parking-systems-revolutionize-parking-management/> (дата звернення: листопад 2024).
9. Proxis. *Building a Cloud-connected Smart Parking*. URL: <https://www.proxis.ua/uk/solution/building-a-cloud-connected-smart-parking/> (дата звернення: листопад 2024).
10. Medium. *The Role of AI in Improving Vehicle Recognition for Parking Management*. URL: <https://medium.com/@API4AI/the-role-of-ai-in-improving-vehicle-recognition-for-parking-management-eed9212719c2> (дата звернення: листопад 2024).
11. Dahua Security. *Smart Parking Management Solution*. URL: https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/solution/20180626/Catalog_Smart-

[Parking-Management-Solution_Solution_201805\(16P\).pdf](#) (дата звернення: листопад 2024).

12. Petrotall. *BFT Espas Line*. URL: <https://petrotall.satu.kz/p2058955-bft-espas-line.html> (дата звернення: листопад 2024).

13. Охорона. *IP 4G камера Hikvision DS-2XS2T41G1-ID-4G-C05S07-4 MP 4 мм з акумулятором і сонячною батареєю*. URL: <https://ohrana.ua/ip-4g-kamera-hikvision-ds-2xs2t41g1-id-4g-c05s07-4-mp-4-mm-s-akkumulyatorom-i-solnechnoy-batareey.html> (дата звернення: листопад 2024).

14. Dahua Technology. *Dahua DHI-ITC237-PW6M-IRLZF1050-B*. URL: <https://dahua-technology.com.ua/dahua-dhi-itc237-pw6m-irlzf1050-b> (дата звернення: листопад 2024).

15. Came. *Gard-4*. URL: <https://www.came.com/us/installers/solutions/gard-4> (дата звернення: листопад 2024).

16. Dahua Security. *Smart Parking Management Solution*. URL: https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/solution/20180626/Catalog_Smart-Parking-Management-Solution_Solution_201805%2816P%29.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: листопад 2024).

17. Lantec. *Розумна парковка та її переваги*. URL: <https://ula.lantec.ua/statti/rozumna-parkovka-ta-jiji-perevagi> (дата звернення: листопад 2024).

18. Tinkercad. *Smart Home Design Using Cisco Packet Tracer*. URL: <https://www.tinkercad.com/things/0ED04KZlxBQ-2134-cisco> (дата звернення: грудень 2024).

19. Freelancer. *Smart Home Design Using Cisco Packet Tracer*. URL: <https://www.br.freelancer.com/u/alie18/portfolio/smart-home-design-using-cisco-packet-tracer-11653868> (дата звернення: грудень 2024).

20. MikroE. *MATLAB Simulink STM32 Proteus Simulation*. URL: <https://libstock.mikroe.com/projects/view/5443/matlab-simulink-stm32-proteus-simulation> (дата звернення: грудень 2024).

21. MathWorks. *How to Transfer Data from Proteus to MATLAB (Serial Communication)*. URL: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/1640435-how-to-transfer-data-from-proteus-to-matlab-serial-communication> (дата звернення: грудень 2024).
22. Cisco. *Cisco Packet Tracer*. URL: <https://www.netacad.com/cisco-packet-tracer> (дата звернення: грудень 2024).
23. Полтава. *Проектування та реалізація системи*. URL: <https://i1.poltava.to/uploads/2024/05/20/664b773d7d2bb.pdf> (дата звернення: грудень 2024).
24. Economy and Society. *Journal Article*. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3489> (дата звернення: грудень 2024).
25. Жидецький В.Ц. *Охорона праці користувачів комп'ютерів*. Львів: Афіша, 2011. 176 с.
26. Желібо Е.Н. *Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник*. За ред. Е.П. Желібо, В.М. Львів: «Новий світ - 2000», 2011. 320 с.

ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

А.1. Охорона праці

При дослідженні методів і засобів побудови інтелектуальної комп'ютеризованої системи управління парковкою дотримано правил та норм охорони праці і вимог техніки безпеки, що є невід'ємною частиною виконання всіх видів робіт. Робоче приміщення та місце оператора парковки відповідати вимогам охорони праці при організації роботи персональними комп'ютерами і терміналами.

На сьогодні основним нормативним документом, який визначає і регламентує норми і правила експлуатації електронно-обчислювальної техніки є НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [25]. Правила встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць операторів ЕОМ.

Згідно НПАОП 0.00-7.15-18 електронно-обчислювальні засоби повинні відповідати вимогам чинних в Україні стандартів і пройти державну санітарно-епідеміологічну експертизу у Порядку проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Природне світло у приміщення, в якому працює оператор парковки проникає через три віконні отвори. Також наявні жалюзі з можливістю захисту від прямого попадання сонячних променів і регулювання рівня освітленості в приміщенні. Вікна приміщення орієнтовані на північний схід. Оскільки будинок розташований у відносній віддаленості від прилеглих будівель, то які-небудь перешкоди природному освітленню відсутні.

Всередині приміщення стіни обклеєні світлими шпалерами, стеля побілена (переважає білий колір).

У приміщенні використовується система загального рівномірного штучного освітлення. У приміщенні наявні внутрішні джерела постійного шуму:

- вентилятори блоків ЕОМ;
- принтери.

Рівень шуму, які створюють пристрої, відповідає нормам державних санітарних правил і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Шум, створюваний усіма перерахованими джерелами, можна кваліфікувати як постійний.

Фактичний виміряний рівень шуму в робочій зоні оператора парковки складає 43 дБА, що задовольняє нормативному рівню шуму (не повинен перевищувати 50 дБА), та не перевищує санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

Аналіз стану електробезпеки в робочому приміщенні при експлуатації інтелектуальної комп'ютеризованої системи управління парковкою показав що:

- усі прилади в кабінеті використовують напругу 220 В;
- електропроводка захована і ізольована від працівників спеціальним коробом;
- кожне робоче місце з ПК чи терміналом обладнане окремими розетками по 220 В;
- у приміщенні знаходяться наступні споживачі електроенергії: 4 ПК, 4 термінали та 8 світильників (по 4 лампи);
- відносна вологість повітря – 60%, температура повітря +22 - +24 °С, струмопровідний пил і хімічно активні речовини в повітрі відсутні;
- підлога: ізолююча – лінолеум.

Проаналізувавши наведене вище, можна сказати, що приміщення оператора парковки відноситься до приміщень без підвищеної електробезпеки.

Комп'ютери та комутаційні пристрої, що використовуються в даному приміщенні підключаються до трифазної мережі і мають захисне занулення (за допомогою окремого захисного нульового провідника). Корпуси терміналів і принтера виготовлені з пластику і не є струмопровідними. Щодо корпусів самих ПК, то вони виготовлені зі струмопровідного матеріалу, крім передньої панелі, що виготовлена з пластику.

До роботи не допускаються особи, які не пройшли навчання з техніки безпеки. Даний кабінет задовольняє вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями що, відображені в НПАОП 0.00-7.15-18 [25].

З огляду на можливість виникнення пожежі слід з'ясувати, які речовини і матеріали можуть горіти. У приміщенні, що розглядається, можуть горіти вироби з дерева, пластмас, тканини і паперу. Горючі рідини, пил та волокна у приміщенні не використовуються і не виділяються. Тому приміщення, що аналізується, відноситься, відповідно до нормативної документації, до зони П-Па і до категорії пожежної небезпеки В.

Експлуатація ліній електромережі практично повністю унеможливорює виникнення електричного джерела загоряння як наслідок короткого замикання та перевантаження проводів. Застосовуються дроти з важкогорючою і негорючою ізоляцією.

Приміщення має один вихід, оскільки в ньому працює менше 25 чоловік. Ширина проходу між робочими місцями у приміщенні перевищує 1 м. Будинок має три виходи – головний і 2 запасних. Коридор між приміщеннями має два виходи на різні сходи, одні з яких ведуть до головного виходу, а другі - до спеціального евакуаційного виходу.

Для гасіння пожежі кімната обладнана ручними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-1,4. У загальному коридорі встановлені пінні вогнегасники ВВП. На сходах присутній спеціальний щит пожежного гідранта з відповідним рукавом. Розглянуте приміщення обладнане датчиками централізованої системи пожежної сигналізації.

Таким чином, проведено аналіз основних питань і заходів, які стосуються охорони праці та можуть впливати на здоров'я і життя оператора парковки. У результаті аналізу встановлено основні вимоги до приміщень з експлуатації інтелектуальної комп'ютеризованої системи управління парковкою, вимоги до мікроклімату у приміщенні, а також освітлення і ключових ергономічних характеристик.

А.2 Створення метеорологічних умов виробничого середовища користувачів ВДТ ЕОМ, ПЕОМ

Одним з найважливіших параметрів в роботі користувачів з комп'ютерною технікою є мікроклімат. Параметри мікроклімату можуть мінятися в широких межах, тоді як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка постійності температури тіла завдяки терморегуляції, тобто здібності організму регулювати віддачу тепла в оточуюче середовище. Принцип нормування мікроклімату – створення оптимальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем.

У людини температура підтримується на постійному рівні ($36,5...37,0^{\circ}\text{C}$). Незмінність ця забезпечується двома процесами – теплотворення і тепловіддачі. Джерелом утворення тепла в організмі є окислювальні процеси. Особливо багато тепла утворюється в м'язах під час роботи. Посилення теплотворення забезпечується мимовільним мускульним тремором, що складає механічну регуляцію. Оскільки робота за комп'ютером характеризується малими фізичними навантаженнями, то цей вид діяльності належить до категорії легких робіт за критерієм енерговитрат організму. Для того, щоб фізіологічні процеси в організмі людини відбувалися нормально, тепла енергія, яка виділяється під час роботи організмом, повинна повністю відводитися в навколишнє середовище, оскільки порушення теплового балансу може привести до перегріву або ж переохолодженню організму людини і, зрештою, до захворювання. Віддача тепла організмом людини здійснюється в основному за рахунок випромінювання і випаровування вологи з поверхні шкіри. Чим нижче температура повітря і швидкість його руху, тим більше за тепло віддається випромінюванням. При високій температурі значна частина тепла втрачається випаровуванням поту.

Показники віддачі води через шкіру і легені працівника використовуються для оцінки тяжкості праці, для користувачів комп'ютера показник складає $0,15 \text{ кг/г}$, тобто роботи відносяться до легених.

Значна втрата поту під час роботи спричиняє до порушень в організмі працівника, зокрема до обезводнення і у зв'язку з цим до здатності згущуватися крові, а також втрат великої кількості солей і вітамінів. Тому одним з важливих заходів запобігання порушенням водно-сольового і вітамінного балансу в організмі працюючих в умовах нагріваючого мікроклімату є раціональний питний режим (вода з домішкою 0,5...0,75% хлориду натрію, білково-вітамінні суміші і тому подібне). Дослідження показують що: випаровування 10 мл поту з поверхні тіла спричиняє до втрати 0,585 ккал тепла. В стані спокою при температурі 18...20 °С тепловіддача організму забезпечується за рахунок конвекції – на 30%, за рахунок випромінювання – на 45% і за рахунок випаровування – на 25%. При підвищенні температури зовнішнього середовища до 34...35°С тепловіддача здійснюється винятково шляхом випаровування поту. В умовах підвищеної температури, коли в організмі працівника збільшується тепловіддача, потовиділення може збільшуватися до 1 л за годину проти 0,5...0,7 л за добу.

При високій температурі виробничого середовища у працівників наголошуються збільшення частоти пульсу до 140...180 ударів за хвилину, підвищення кров'яного артеріального тиску і підвищення температури шкіри. В деяких випадках можливий тепловий удар, тобто гіпертермія (перегрів організму) третього ступеня, який спричиняє до втрати свідомості, погіршення кровообігу, спостерігається головний біль, запаморочення, зміна колірного сприйняття, сухість у роті, нудота, прискорене дихання, в крові зростає зміст залишкового азоту і молочної кислоти.

Обчислювальна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може привести до підвищення температури і зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. В санітарних нормах встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови праці. Ці норми затверджують залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (табл. А.1).

Таблиця А.1 – Параметри мікроклімату для приміщень, де встановлені комп'ютери

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	22-24°C
	Відносна вологість	40-60 %
	Швидкість руху повітря	до 0,1м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	23-25°C
	Відносна вологість	40-60 %
	Швидкість руху повітря	0,1-0,2м/с

Об'єм приміщень, в яких розміщені працівники, що використовують комп'ютерну техніку, не повинен бути меншим 19,5м³ /людина з урахуванням максимального числа одночасно працюючих в зміну. Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери, приведені в табл. А.2.

Таблиця А.2 – Норми подачі свіжого повітря в приміщення з комп'ютерами

Характеристика приміщення	Об'ємна витрата свіжого повітря, що подається в приміщення, м ³ /на одну
Об'єм до 20 м ³ на людину людину в годину	Не менше 30
20 – 40 м ³ на людину	Не менше 20
Більше 40м ³ на людину	Природна вентиляція

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

А.3 Оповіщення керівного складу органів виконавчої влади, підприємств установ та організацій, населення про загрозу і виникнення НС природного, техногенного та воєнного характеру

При загрозі чи виникненні надзвичайних ситуацій природного, техногенного чи воєнного походження, згідно [26], правовою основою організації оповіщення населення є:

- Конституція України;
- Кодекс Цивільного захисту України;
- Постанови Кабінету Міністрів "Про затвердження Положення про організацію оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій та зв'язку у сфері цивільного захисту";
- "Положення про єдину державну систему цивільного захисту";
- накази центрального органу виконавчої влади з питань НС, відповідні розпорядження обласної державної адміністрації та інші акти.

Для виконання основних завдань оповіщення, які визначені керівними документами, а саме: забезпечення своєчасного проходження інформації між органами управління щодо ступенів готовності; оповіщення керівного складу, населення про загрозу радіоактивного, хімічного і бактеріологічного ураження, про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і особливий період та постійне інформування його про наявну обстановку [26].

Система оповіщення працює за принципом відбору каналів з єдиної національної системи зв'язку. Апаратура оповіщення розташована на відповідних об'єктах органів управління, електрозв'язку, чергових відділах МВС, на радіо-теле-передавальних центрах та інших визначених підприємствах і установах [26].

Для оперативного доведення відповідної інформації до керівного складу по телефонам застосовуються стійки циркулярного виклику та апаратура автоматизованого багатоканального оповіщення [26].

Для передачі попереджувального сигналу "УВАГА ВСІМ" застосовуються електричні сирени централізованого і автономного включення, наявна кількість яких в основному забезпечує озвучення території.

Готовність систем оповіщення забезпечено шляхом:

- організованої цілодобової чергової відповідних служб;
- налагодження телефонного зв'язку чергових служб потенційно небезпечних підприємств, зона ураження яких може поширюватися на заселені території або території інших підприємств, установ, організацій з оперативно-черговою службою пункту управління, чергових служб органів МВС;

- завчасної підготовки персоналу чергових служб до дій у надзвичайних ситуаціях;
- впровадження автоматизованих систем оповіщення з використанням сучасних технологій;
- якісного експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та системи зв'язку.

Висновки

Створення метеорологічних умов виробничого середовища користувачів ВДТ ЕОМ, ПЕОМ у відповідності до існуючих норм і правил в галузі охорони праці і безпеки життєдіяльності є важливою процедурою організації робочого місця оператора, оскільки це безпосередньо впливає на його здоров'я і працездатність. Дотримання метеорологічних показників і норм, наведених у п. 4.2 цього розділу, дозволяє забезпечити комфортні умови праці.

Оповіщення керівного складу органів виконавчої влади, підприємств установ та організацій, населення про загрозу і виникнення НС природного, техногенного та воєнного характеру є чітко регламентовано на рівні законодавчих актів, а їх дотримання, особливо у воєнний час, дає змогу зменшити імовірність негативного впливу факторів НС на життя і здоров'я людей.

ДОДАТОК Б – Програмний код для управління паркувальною зоною

```
from gpio import *
from time import *

def main():
    pinMode(0,INPUT)
    pinMode(1,INPUT)
    pinMode(2,INPUT)
    pinMode(3,INPUT)
    pinMode(4,INPUT)
    pinMode(5,OUTPUT)
    pinMode(6,OUTPUT)
    pinMode(7,OUTPUT)
    pinMode(8,OUTPUT)
    pinMode(9,OUTPUT)

    while True:
        s1=analogRead(0);
        s2=analogRead(1);
        s3=analogRead(2);
        s4=analogRead(3);
        s5=analogRead(4);
        print(s1)
        print(s2)
        print(s3)
        print(s4)
        print(s5)
        #5 ka guchha
        if(s1> 0 and s2 > 0 and s3>0 and s4>0 and s5>0):
```

```

customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")

```

#4 ka

```

elif(s1> 0 and s2 > 0 and s3>0 and s4>0):

```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")

```

```

elif(s1> 0 and s2 > 0 and s3>0 and s5>0):

```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")

```

```

elif(s1> 0 and s2 > 0 and s4>0 and s5>0):

```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")

```

```

elif(s1> 0 and s3>0 and s4>0 and s5>0):

```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")

```

```

elif(s2 > 0 and s3>0 and s4>0 and s5>0):

```

```

customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")

```

#3

```

elif(s1 > 0 and s2>0 and s3>0):

```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")

```

```

elif(s2 > 0 and s4>0 and s3>0):

```

```

    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")

```

```

elif(s3 > 0 and s4>0 and s5>0):

```

```

    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")

```

```

elif(s1 > 0 and s4>0 and s5>0):

```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")

```

```

elif(s5 > 0 and s1>0 and s2>0):

```

```

customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
elif(s1 > 0 and s2>0 and s4>0):
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
elif(s1 > 0 and s3>0 and s5>0):
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
elif(s2 > 0 and s3>0 and s5>0):
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
elif(s3 > 0 and s1>0 and s4>0):
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
elif(s4 > 0 and s5>0 and s2>0):
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")

```

```

customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")

```

#2

```
elif(s1> 0 and s2 > 0):
```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")

```

```
elif(s1> 0 and s3 > 0):
```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")

```

```
elif(s1> 0 and s4 > 0):
```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")

```

```
elif(s1> 0 and s5 > 0):
```

```

    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")

```

```
elif(s2> 0 and s3 > 0):
```

```

    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")

```

```

        customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
        customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
        customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
        customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
elif(s2> 0 and s4 > 0):
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
elif(s2> 0 and s5 > 0):
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
elif(s3> 0 and s4 > 0):
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
elif(s3> 0 and s5 > 0):
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
elif(s5> 0 and s4 > 0):
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")

```

```

        customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
        customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
        customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
#1
elif(s1 > 0):
    customWrite(5," SLOT-1\nOCCUPIED ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
elif(s2 > 0):
    customWrite(6," SLOT-2\nOCCUPIED ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
elif(s3 > 0):
    customWrite(7," SLOT-3\nOCCUPIED ")
    customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
elif(s4 > 0):
    customWrite(8," SLOT-4\nOCCUPIED ")
    customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
    customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
    customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
elif(s5 > 0):
    customWrite(9," SLOT-5\nOCCUPIED ")
    customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")

```

```
        customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
        customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
        customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
    else:
        customWrite(5," SLOT-1\nEMPTY ")
        customWrite(6," SLOT-2\nEMPTY ")
        customWrite(7," SLOT-3\nEMPTY ")
        customWrite(8," SLOT-4\nEMPTY ")
        customWrite(9," SLOT-5\nEMPTY ")

if __name__=="__main__":
    main()
```