

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**«РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ»**

Виконав: здобувач групи ІТ-61
спеціальності 126 «Інформаційні системи та
технології»

_____ Качур Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Пташник В. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ Сиротюк С. В.

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Другий (магістерський) рівень вищої освіти
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)
д.т.н., професор, Тригуба А. М.
(вч. звання, прізвище, ініціали)
“ _____ ” _____ 202 року

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

Качур Юрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка елементів інформаційної системи паркування автомобілів»

керівник роботи к. т. н., доцент, Пташник В. В.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП від 28.04.2023 року № 133/к-с

2. Строк подання студентом роботи 15 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: характеристика сучасних інформаційних систем паркування автомобілів; технічна документація до інженерного обладнання автоматичних парковок, науково-технічна і довідкова література.

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

Вступ

1. Аналіз інформаційних систем паркування автомобіля

2. Проектування системи автоматичного паркування

3. Розробка моделі елементів системи автоматичного паркування

4. Планування процесу моделювання системи автоматичного паркування

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6. Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 6	<i>Пташник В. В., к.т.н., доцент</i>			
5	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Складання інженерної характеристики об'єкту проектування</i>	<i>28.04.2023 – 31.05.2023</i>	
2	<i>Проектування інформаційної системи паркування автомобілів</i>	<i>01.06.2023 – 31.08.2023</i>	
3	<i>Моделювання системи автоматичного переміщення та паркування транспортних засобів</i>	<i>01.09.2023 – 31.10.2023</i>	
4	<i>Розгляд питань з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>01.11.2023 – 14.11.2023</i>	
5	<i>Оцінка економічної ефективності прийнятих рішень</i>	<i>15.11.2023 – 14.12.2023</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційного матеріалу</i>	<i>15.12.2023 – 31.12.2023</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому. Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи</i>	<i>01.01.2024 – 15.02.2024</i>	

Здобувач

_____ *Качур Ю. В.* _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ *Пташник В. В.* _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 681.521 / 681.518

Розробка елементів інформаційної системи паркування автомобілів.
Качур Ю. В. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

Кваліфікаційна робота: 69 сторінок текстової частини, 21 рисунок, 7 таблиць 33 джерела літератури.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у вивченні структурних та функціональних зв'язків елементів інформаційної системи паркування автомобілів та комп'ютерному моделюванні роботи її елементів.

Об'єктом дослідження є інформаційна система паркування автомобілів та міжелементні зв'язки її компонентів.

Предмет дослідження вивчає особливості комп'ютерного моделювання елементів інформаційної системи паркування автомобілів.

У роботі проаналізовано предметну область, визначено рівень розвитку систем автоматичного паркування транспортних засобів та наявні технології галузі. Окремо оцінено внесок технології V2X у розвиток сучасних транспортних технологій. Розроблено структурну та функціональну схеми інформаційної системи автоматичного паркування. Описано її можливості та послідовність виконання основних операцій. Запропоновано комп'ютерну модель процесу автоматичного паркування транспортного засобу – розроблено контролер автомобіля та контролер паркувальної зони. Проведено аналіз безпечних умов праці та можливих травматичних ситуацій при виконанні різних робіт у сфері використання комп'ютерної техніки, викладено питання охорони праці. Оцінено ефективність запропонованої інформаційної системи.

Ключові слова: інформаційна система, інтернет речей, паркування автомобілів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ	8
1.1. Завдання та можливості сучасних систем паркування.....	8
1.2 Огляд відомих аналогів інформаційних паркувальних систем	10
1.3 Визначення функціоналу інформаційної системи паркування.....	13
1.4 Базові сутності інформаційної системи паркування	15
1.5 Концепція та технології побудови систем IoT	15
1.6 Інтернет транспортних засобів V2X.....	17
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПАРКУВАННЯ	18
2.1 Структурний план системи	18
2.2 Функціональна схема системи.....	21
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПАРКУВАННЯ	24
3.1 Опис комп'ютерної моделі	24
3.2 Підсистема контролера автомобіля.....	27
3.2.1 Блок контролера поздовжнього керування	28
3.2.2 Блок контролера поперечного керування	30
3.3 Модель транспортних засобів.....	33
3.4 Результати моделювання переміщення автомобіля	38
РОЗДІЛ 4 ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПАРКУВАННЯ.....	40
4.1 Поведінковий рівень планування	40
4.2 Планування руху	42
4.3 Згладжування контурів і формування траєкторії	44
4.4 Маневр паркування	46

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
5.1. Загальні принципи.....	52
5.2 Закон України «Про охорону праці»	54
5.3 Правила поведінки на автостоянці	55
РОЗДІЛ 6 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	60
6.1 Техніко-економічний опис ідеї проекту.....	60
6.2 Аналіз ринкових можливостей для запуску проектів	62
6.3 Аналіз рівня ринкової конкуренції.....	63
6.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	64
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

У міру зростання кількості населення у світі, збільшується кількість транспортних засобів, адже кожен хоче бути незалежним від громадського транспорту. Власний автомобіль відкриває великі можливості для переміщення по місту і не тільки. Так як автомобілі весь час не можуть знаходитися в русі, а тільки тоді коли потрібно кудись доїхати, то вони близько 80% свого часу, десь мають стояти.

З кожним роком кількість автомобілів збільшується і проблема паркування стає все значнішою. У великих містах вона просто критична, водії залишають власні автомобілі на тротуарах, на крайніх смугах автомобільних доріг тощо, а все через брак вільних паркомісць, чи складності їх швидкого пошуку.

Вирішенням даної проблеми є інформаційна система автоматичних паркувань. Ця система дозволить власникам парковок здавати в оренду нові майданчики і слідкувати за статистикою їхнього використання. Водії матимуть можливість знаходити паркомісця, здійснювати бронювання на бажаний час та виконувати безпечне паркування в автоматичному режимі..

Тема даної роботи є актуальною, адже кількість автомобілів росте дуже швидко і паркомісць вистачає не завжди. Нові парковки не вигідно відкривати через складність і затратність їх введення в експлуатацію. Дана кваліфікаційна робота покликана спростити процес ведення паркобізнесу для власників парковок, дати водіям зручний доступ до паркомісць за допомогою розробленої системи і забезпечити зручний та безпечний спосіб розміщення транспортних засобів у межах парковки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

1.1. Завдання та можливості сучасних систем паркування

У світі збільшується кількість автомобілів, але місця для їх паркування не вистачає. Згідно зі статистичними даними Міжнародної асоціації виробників автомобілів, кількість автомобілів у 2015 році становила 1,2 мільярда, з яких 95% були легковими. За даними Navigant Research, річні продажі легкових автомобілів найближчим часом можуть зрости до 126,9 млн одиниць. Згідно з цими показниками, до 2035 року кількість автомобілів у світі досягне 2 мільярдів.

У світі по-різному підходять до цієї проблеми. Розглянемо для прикладу Японію, населення якої становить 126 млн. За даними Вікіпедії, на 1000 осіб припадає 591 автомобіль. Японія належить до числа високорозвинених країн тому інвестує ресурси у будівництво високотехнологічних паркінгів. На рис. 1.1 показано приклад паркування в Японії.

Автостоянка – окрема будівля або частина будівлі чи споруди або спеціальний відкритий майданчик, що використовується для тимчасового або постійного зберігання транспортних засобів.

Проблеми паркування дуже поширені в сучасному суспільстві, особливо у великих містах, де концентрація автомобілів вища, ніж будь-де. У випадку з житловими будинками забудовники не завжди будують паркінги з достатньою кількістю паркомісць. Ще меншою мірою це стосується будинків, побудованих до 1990-х років, оскільки в них часто взагалі немає місць для паркування.

У кожному місті України, зокрема у Львові, є велика проблема з паркуванням, тобто загальної кількості паркомісць просто не вистачає для усях бажаючих. Окрім недостатньої кількості паркувальних місць, є ще й проблеми з

роботою паркувального бізнесу. Для того, щоб орендувати паркомісце ефективно, необхідно мати систему онлайн-бронювання. Розробка та подальше розгортання такої системи є досить дорогим. Вирішенням цієї проблеми є розвиток єдиного ринку паркування, оскільки така система працюватиме з декількома власниками паркінгів.



Рисунок 1.1 – Приклад парковки в Японії

Будь-хто може додати власне паркомісце та отримувати дохід від оренди. Звичайно, така система повинна перевіряти право на ведення такого бізнесу, щоб уникнути його протиправного ведення і таким чином уникнути ухилення від сплати податків.

Паркінг-маркет об'єднує велику кількість паркувальних місць в одному місці, що буде дуже зручно для водіїв. Це дасть величезний поштовх для середнього та малого бізнесу, оскільки для того, щоб запуснути цю систему, потрібно мати власний офіс та встановити відповідні додаткові дані та шлагбауми на парковці, які можуть зчитувати QR-код. Такий тип шлагбауму необхідний для безпеки в'їзду та виїзду з автостоянки.

Долучення до такої інформаційної системи технологій інтернету речей дозволяє отримати інтелектуальну систему паркування (IoT Parking), що складається з спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення. Дозволяє проїзд автотранспорту на парковку, автоматично паркує авто без участі водія, автоматично розраховує оплату за перебування авто на парковці по кінцевому часу перебування на паркінгу. Спеціалізованим обладнанням вважаються: стійки в'їзду і виїзду, шлагбауми що пропускають автотранспорт на територію; автоматична каса: інтернет банкінги, термінали, електронні гаманці, модулі безпроводного зв'язку: BLE маяки для локального позиціонування або інші подібні системи, Wi-Fi модулі, Bluetooth модулі, 4G/5G модулі; датчики: датчики руху, датчики освітлення, датчики зайнятості місць, контролер управління рухом автомобіля; сервери: даних, додатків, сервісів.

Специфіка таких паркінгів полягає в постійному переміщенні транспорту без участі водія, що і диктує основні вимоги до транспортних засобів:

- наявність безпілотного керування в авто;
- наявність паркувальних систем (Park Assist);
- наявність різних датчиків по типу (лідари, парктроніки, т.і.);
- можливість прийому-передачі даних від авто до системи.

Зі сказаного вище можна зробити висновок, що поточна кваліфікаційна робота має бути спрямована на створення системи, яка б відповідала потребам власників паркінгів та самих клієнтів (тобто водіїв).

1.2 Огляд відомих аналогів інформаційних паркувальних систем

Під час пошуку аналогів були виявлені такі інформаційні системи зі схожим функціоналом щодо пошуку та бронювання паркомісць: KyivSmartCity, Barking, Parking UA та Приват24. До аналогів з можливістю автоматичного паркування автомобілів належать системи: Dahua, AFAPARK та FidPark

Розглянемо кожен з аналогів. KyivSmartCity – велика електронно-цифрова система, яка об'єднує в одному місці рахунки, штрафи, новини дорожнього руху, оголошення та багато інших сервісів. Однією з багатьох її можливостей є резервування паркувальних місць. Резервування вільних місць для паркування, починається з введення паркувальної локації, далі система сама визначить доступні місця для паркування та відобразить їх у вигляді списку адрес. Бронювання здійснюється на певний проміжок часу, що залежить від паркувального майданчика та акаунту водія. Під час бронювання також необхідно вказати номерний знак автомобіля. Ця система має функцію онлайн оплати.

Оскільки програма орієнтована не тільки на бронювання паркомісць, її функціональність обмежена: немає інтерактивної карти, на якій можна відразу побачити розташування паркувальних місць та інформацію про них, а також ви не можете додати власну парковку. Найбільшим недоліком цієї інформаційної системи є те, що вона є локальною і охоплює лише парковки в місті Києві.

На відміну від KyivSmartCity, Barking зосереджується лише на оренді паркомісць, тому його функціональні можливості та кількість доступних паркомісць значно більші. Ця програма дозволяє не тільки забронювати паркомісце, але й здати в оренду паркомісце. Орендувати паркомісце може кожен, хто є власником автомобіля.

Parking UA пропонує найкращі варіанти паркування залежно від місця розташування та планує найшвидший маршрут до місця паркування. Для роботи необхідно вибрати місце для паркування на інтерактивній карті та надати системі усю інформацію про бажаний час паркування, тип транспортного засобу та спосіб оплати. Користувачі також можуть керувати своїм місцем для паркування, це означає, що вони можуть продовжити час, якщо це необхідно. Після сканування QR-коду, додаток сам вибирає парковку, а користувачу потрібно лише вказати номер автомобіля та спосіб оплати. Додаток дуже зручний для водіїв та має багато паркувальних місць, оскільки він працює на території всієї

країни. Незважаючи на всі свої переваги, дана система має один великий недолік, який полягає у відсутності можливості здати в оренду власне паркомісце.

Приват24 – одна з найбільших систем мобільного банкінгу в Україні, яка надає своїм користувачам можливість купувати паркувальні абонементи за різними тарифами. Пошук місця для паркування здійснюється шляхом введення на карті адреси, де потрібно припаркуватися, і система запропонує найближчу парковку. У цій системі, як і в більшості попередніх, не можна здавати в оренду власне паркомісце.

Порівняння розглянутих інформаційних систем паркування авто за основними функціональними та технічними характеристиками наведено у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика систем аналогів

	KyivSmartCity	Barking	ParkingUA	Приват24
Оплата онлайн	+	+	+	+
Пошук місць на карті	–	+	+	+
Підтримка QR-кодів	–	+	–	+
Здача власних паркомісць	–	–	–	–
Єдиний програмний комплекс	–	+	+	–
Автоматичне паркування	–	–	–	–

1.3 Визначення функціоналу інформаційної системи паркування

Для покращення роботи системи паркування слід розглянути автоматизацію наступних процесів та операцій:

- орендувати паркомісце;
- забронювати паркомісце;
- виконати паркування;
- прийняти оплату.

Процес пошуку вільного паркувального місця без впровадження інформаційної системи досить незручний для водіїв. Зрештою, коли вони планують кудись їхати, спочатку потрібно дізнатися, де можна припаркувати свій автомобіль. У той момент, коли виникне потреба приїхати на стоянку може виявитись, що там вільних місць немає, і їм потрібно знову повторити процес пошуку іншого паркувального місця. Якщо паркувальний майданчик успішно знайдений і місце стає вільним, водій отримує паркувальний квиток і займає місце. На цьому етапі для оптимізації розміщення транспортних засобів може залучатись підсистема автоматичного паркування або асистування, яка підкаже водію напрямок руху і убезпечить транспортний засіб від можливих зіткнень. На виїзді зі стоянки слід заплатити за послугу, залежно від тривалості паркування.

Процес оренди паркомісця складний і дорогий. Власники паркінгів повинні встановити шлагбауми на в'їздах до паркінгів та найняти працівника для контролю за в'їздами. Отже, необхідно виплатити заробітну плату працівнику. Крім того, необхідно встановити систему, яка може видавати купони і мати можливість приймати готівку або інші способи оплати. Коштують такі системи досить дорого.

З впровадженням інформаційних технологій процес пошуку вільного паркувального місця стає простішим, а непотрібні поїздки для пошуку паркувального місця відпадають. Також можна забронювати місця для паркування. Для цього водій повинен бути зареєстрований в системі. Він зможе

вибрати паркувальний майданчик за вказаною адресою та вказати період часу, на який треба зарезервувати паркомісце. Система здійснить пошук вільних місць за вказаними параметрами та перейде на сторінку бронювання. Якщо вільних паркувальних місць за вказаними параметрами не знайдено, система почне активний пошук вільних паркувальних місць на найближчих парковках. На сторінці бронювання клієнтам необхідно вибрати банківську картку та підтвердити бронювання.

Коли водій прибуває на стоянку, йому потрібно зайти в офіс, згенерувати QR-код і зчитати його на шлагбаумі перед тим, як заїхати на стоянку. Система отримає запит на в'їзд і дозволить водієві припаркуватися. Власники автостоянок повинні увійти у свій обліковий запис або, якщо не зареєстровані, заповнити форму реєстрації бізнес-облікового запису. Після авторизації він повинен завантажити документи, що підтверджують його право на діяльність. Наступним кроком є додавання до системи власного автопарку, що також має бути підтверджено відповідною документацією. Після того, як місце для паркування буде підтверджено адміністратором системи, воно буде надано водіям, які можуть забронювати місця для паркування. Для забезпечення безпеки в'їздів та виїздів з паркінгу необхідно встановити шлагбауми зі сканерами QR-кодів. Таким чином система працює автоматично без залучення допоміжного персоналу.

Для забезпечення описаного функціоналу інформаційна система автоматичного паркування повинна вирішити наступні завдання:

- створення електронного офісу власника автостоянки для управління автостоянкою;
- гнучке управління автостоянкою з можливістю зміни кількості та категорії доступних паркувальних місць;
- підтримка облікових записів клієнтів, що дозволить їм керувати кредитними картками та переглядати історію замовлень та штрафів;
- можливість пошук найближчої автостоянки до обраної адреси;

- пошук вільних паркувальних місць протягом зазначеного користувачем часу на вибраній стоянці та їх бронювання;
- забезпечення ефективної комунікації з власниками автостоянки та водіями автомобілів.

1.4 Базові сутності інформаційної системи паркування

Сформуємо список основних акторів (сутностей), що беруть безпосередню участь у роботі інформаційної системи паркування автомобіля. Це дозволить у подальшому визначити список дій, які вони виконуватимуть:

- Персонал паркінгу. Співробітники компанії, що відповідають за перевірку документів власника автостоянки та технічну підтримку орендованих автостоянок.
- Клієнт. Зареєстровані користувачі, які заздалегідь бронюють паркувальні місця за допомогою онлайн-сервісу.
- Власник автостоянки. Зареєстровані користувачі, які мають намір здавати або вже здають своє паркомісце в оренду за допомогою інформаційної системи.

1.5 Концепція та технології побудови систем IoT

Інтернет речей — це концепція мережі, що складається з взаємопов'язаних фізичних пристроїв із вбудованими датчиками та програмним забезпеченням, яке за допомогою стандартних протоколів зв'язку дозволяє передавати та обмінюватися даними між фізичним світом і комп'ютерними системами. Мережі також можуть включати виконавчі механізми, вбудовані у фізичні об'єкти з

дротовими або бездротовими комунікаціями. Ці взаємопов'язані пристрої мають здатність читати та управляти, програмувати та ідентифікувати, а також можуть усунути потребу участі людини у різноманітних процесах завдяки використанню розумних інтерфейсів.

Термін Internet of Everything (IoE) – всеохоплюючий або всеосяжний Інтернет також набуває популярності. Це явище викликало занепокоєння щодо конфіденційності інформації та сприяло появі нового терміну IoT security.

Основною концепцією IoT є можливість з'єднання різних об'єктів (речей), які люди можуть використовувати у повсякденному житті, таких як холодильники, кондиціонери, автомобілі, велосипеди. Всі ці об'єкти (речі) повинні бути оснащені вбудованими передавачами та датчиками, здатними обробляти інформацію з навколишнього середовища, обмінюватися інформацією і виконувати різні операції на основі отриманої інформації. Прикладом реалізації цієї концепції є система «розумний дім», «розумна ферма», «розумне місто» тощо. До прикладу система сама аналізує дані про навколишнє середовище та регулює кімнатну температуру на основі вимірних показників та закладеного алгоритму. Взимку регулюється інтенсивність роботи опалювальних пристроїв, а в жарку погоду в будинку є механізми відкривання і закривання вікон, тому будинок можна провітрювати, і все це відбувається без втручання людини.

Для підключення повсякденних речей до Інтернету використовують різні технології. Так для розпізнавання та контролю кожного об'єкта потрібна проста і надійна технологія. За наявності унікальної ідентифікаційної системи можна збирати та накопичувати інформацію про суб'єкт. Для визначення точного місця розташування об'єкта можна використовувати технологію GPS або локальне позиціонування. Для відстеження змін у стані компонентів або навколишнього середовища об'єкти повинні бути оснащені датчиками. Для обміну інформацією між пристроями можна використовувати бездротові мережеві технології (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN тощо). Таким чином стек технологій, залучених до реалізації різноманітних завдань інтернету речей є вкрай широким.

Водночас у деяких галузях Інтернет речей розширився настільки, що можна виконати додаткову класифікацію. Наприклад, промисловий інтернет речей (IIoT, Industrial Internet of Things), або інтернет транспортних засобів (V2X, Vehicle-to-everything).

1.6 Інтернет транспортних засобів V2X

Vehicle-to-everything (V2X) — це зв'язок між автомобілями та будь-яким об'єктом, який може впливати або бути під впливом транспортного засобу. Це транспортна комунікаційна система, яка включає в себе інші більш специфічні типи зв'язку, такі як V2I (автомобіль – інфраструктура), V2N (автомобіль – мережа), V2V (автомобіль – транспортний засіб), V2P (автомобіль – пішохід), V2D (автомобіль – пристрій) і V2G (автомобіль – глобальна мережа).

Основними рушіями для розвитку V2X є безпека дорожнього руху, ефективність руху та енергозбереження. Автомобільні системи зв'язку – це комп'ютерні мережі, в яких транспортні засоби та транспортна інфраструктура служать вузлами зв'язку та надають один одному таку інформацію, як попередження про небезпеку та інформацію про дорожній рух. Це дозволяє ефективно уникати аварій і заторів.

Залежно від вибору базової технології розрізняють такі типи технології зв'язку V2X: бездротова локальна мережа та стільниковий зв'язок.

Обидва типи є виділеними пристроями малого радіусу зв'язку (DSRC). DSRC працює в діапазоні 5,9 ГГц із смугою пропускання 75 МГц і радіусом дії приблизно 500 м. Автомобільні комунікації часто розробляються як частина інтелектуальних транспортних систем (ITS).

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПАРКУВАННЯ

2.1 Структурний план системи

Структурна схема системи паркування автомобілів призначена для того, щоб показати загальну структуру системи, тобто її основні модулі, підсистеми та основні зв'язки між ними.

Система розділена на дві підсистеми, а саме:

- автомобільна підсистема;
- підсистема паркувального обладнання.

У свою чергу, підсистема автомобіля ділиться на чотири групи:

- блок сенсорно-інформаційної апаратури;
- автомобільний актуаторний блок;
- автомобільний блок бездротового зв'язку;
- пристрої обробки інформації (бортові комп'ютери та інші блоки управління).

До першої групи відносяться камери, лідари, ультразвукові датчики, радар, датчики тиску в гальмівній системі, датчики кута повороту керма. Отримані від них дані передаються далі для подальшої обробки. Цю задачу виконують наявні у системі пристрої обробки інформації, в тому числі бортові комп'ютери та виконавчі пристрої керування. Результатом роботи бортового комп'ютера є обробка даних від датчиків і камер, передача потоку даних в підсистему паркування через блок бездротового зв'язку та прийом зовнішніх команд управління для обробки і передачі в блок відповідного контролера чи актуатора.

Підсистема паркування також поділяється на чотири групи:

- блоки парктроніка та інформаційної підсистеми;
- блок адміністрування;

- бездротовий паркувальний модуль;
- обладнання обробки інформації (блоки управління, сервери).

Дані з автомобіля надсилаються на сервер даних через типовий модуль зв'язку (бездротовий модуль, Ethernet). У той же час дані від датчиків паркування: датчики руху, датчики освітлення, якщо потрібно, але в основному дані про зайняте місце і дані позиціонування від актуаторів, таких як блоки (мітки) маяків, передаються на сервер сервісу. Особливістю цієї структури є те, що самі блоки маяків не є елементами інфраструктури. Тому вони не беруть участь у формуванні мережі, маршрутизації тощо. Тобто така інфраструктура дозволяє позбутися всіх завдань, крім вимірювання відстані до рухомого об'єкта (автомобіля), його позиціонування і передачі результатів на сервер через інфраструктуру передачі. Це дозволяє значно спростити маркування елементів системи, тим самим зменшивши споживання енергії та відповідні витрати. Мітки взаємодіють з інфраструктурою через двосторонній радіо інтерфейс.

Інтерфейс визначає частотний діапазон, форму радіосигналу, метод модуляції та кодування, формат пакету даних, а також команди та звіти, якими обмінюються блоки міток та інфраструктура.

Структурну діаграму можна умовно розділити на такі складові:

1) Автомобіль (додаток, встановлений на бортовому комп'ютері автомобіля) створює запит на підключення до системи через модуль зв'язку (відбувається трансфер конкретних ідентифікаторів для авторизації користувача).

2) Встановлення каналу зв'язку з системою та перевірка клієнта в базі даних (формування резерву дозволів та ресурсів);

3) Запит на виділення ресурсу (присвоєння конкретного ідентифікатора), на який в подальшому будуть надсилатися дані з автомобіля;

4) Збір даних з датчиків і бортових камер, формувати медіа-поток і його трансфер на виділені ресурси;

5) Одночасний збір даних з датчиків паркування і їх трансфер на сервер сервісу разом з даними автомобіля для розрахунку контрольних точок, маршрутів і паркувальних операцій;

6) Результати обчислень передаються до серверу додатків для формування команд керування;

7) АСУ ТП передає команди на бортовий комп'ютер автомобіля;

8) Після попередньої обробки автомобілем команда надсилається на відповідний блок керування необхідного пристрою виконання.

Для спрощення впровадження цієї системи цифрове розпізнавання образів і створення баз даних динамічного уникнення перешкод виключаються, а модель навколишнього середовища надається системою транспортного засобу або камерою паркінгу у вигляді карти навколишнього середовища в інфраструктуру V2X. Тобто система використовує статичну карту паркування та припускає, що самопозиціонування автомобіля є точним.

Після підключення автомобіля до системи на карті визначається початкова точка (місцезнаходження) автомобіля для подальшого планування маршруту. Маршрути створюються за допомогою карт і статичного глобального планування маршрутів, по суті показуючи пункт призначення у вигляді певних координат на карті. Таким чином, запити на перевірку місцезнаходження надсилатимуться, поки автомобіль не досягне кінцевого пункту призначення.

Після знаходження позиції переходу (цілі) із запланованого шляху на сервісному сервері та виконання операції паркування дані зберігаються або оновлюються на сервері даних, а потім використовуються на сервері додатків для створення команд керування. Блок управління дорожнім рухом передає їх в автомобіль через модуль зв'язку.

Після цього команди управління з бортового комп'ютера автомобіля попередньо обробляються і передаються на відповідний блок управління виконанням. Наприклад, профіль швидкості, команди прискорення та уповільнення обробляються блоком електродвигуна і блоком приводу гальм для скидання швидкості під час зміни напрямку або зупинки на кінцевій траєкторії.

2.2 Функціональна схема системи

Функціональна схема системи пояснює процеси, що відбуваються в окремих функціональних вузлах або у всій системі загалом.

Наприклад, фото- чи відеокамера транспортного засобу оцифровують сигнал за допомогою аналого-цифрового перетворювача і передають її в блок цифрової обробки, де відбувається попередня обробка зображення. Далі відбувається зв'язок через мережевий приймально-передавальний пристрій з блоком управління або бортовим комп'ютером.

LiDAR виконує дистанційне зондування та має подібний принцип роботи з певними структурними особливостями. LiDAR потребує підсилювача сигналу після фото-чутливої матриці. Далі інформація аналогічно перетворюється, обробляється і передається на блок управління і бортовий комп'ютер.

Радарні та ультразвукові датчики відрізняються за типом підключення: перший використовує шину CAN, а другий – мережу MOST. Чутливий елемент датчика випромінює ультразвукові імпульси, після відбиття і повернення відбитий сигнал посилюється і оцифровується за допомогою аналого-цифрового перетворювача, надходить на цифровий процесор для обробки і передається в блок контролера або бортовий комп'ютер.

Розглянемо функціональні варіанти підсистеми паркування.

Модуль бездротового зв'язку описується як трансивер, підключений до ВКР через шину SPI.

Сенсор, що оцінює зайнятість паркомісць складається з передавального пристрою, що випромінює ультразвуковий імпульс, який після відбиття повертається до сенсора. Відбитий сигнал посилюється, оцифровується аналого-цифровим перетворювачем і передається в обчислювальний блок звідки передається через CAN-шину на блок керування.

Датчик освітленості має таку функціональну структуру: фоточутлива матриця та детектор, які після досягнення певного рівня яскравості генерують

відповідну напругу, яка за допомогою аналого-цифрового перетворювача оцифровується та надходить у блок цифрової обробки. Крім того, зв'язок з блоком управління відбувається через мережу MOST за допомогою приймально-передавального пристрою.

Модуль Bluetooth маяка використовує технологію Bluetooth 5.0, для практичної реалізації зв'язку використано мікросхему NRF52840, технічні характеристики якої наведено в таблиці 2.1. В якості методу кодування сигналу використовується метод GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), який може покращити індекс завадостійкості.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики NRF52840 Bluetooth 5.0

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Діапазон частот	ГГц	2,40-2,48
Стандарт радіозв'язку		Bluetooth 5
Частотна смуга	МГц	22, 80
Технологія кодування сигналу		Гаусівська-частотна модуляція
Швидкість потоку даних	Мбіт/с	2
Точність визначення віддалі	м	< 2
Метод визначення віддалі		RSSI або TOF
Робоча напруга	В	1,7 - 3,6
Струм передавача	мА	35
Струм передавача в режимі сну	мкА	100
Робочий діапазон температур	°С	від – 30 до + 77

Однією з особливостей цього модуля є досить низьке енергоспоживання, що дозволяє використовувати його в портативних пристроях, які працюють від акумулятора, з необхідними маяками Bluetooth. Струм споживання модуля не

перевищує 35 мА та 100 мкА в режимі сну. Діапазон змін напруги становить від 1,7 до 3,6 В.

Узгоджувальний каскад забезпечує максимальну передачу вихідної потужності антенного приймача шляхом узгодження вихідного опору приймача з вхідним опором антени. Смуговий фільтр пропускає сигнали в межах певного діапазону частот і послаблює сигнали за межами зазначеного діапазону.

Крім аналогової частини пристрої можуть відрізнятися і у побудові цифрового вузла: контролер MAC, SPI, лінія дисперсійної затримки (DDDL). Таким чином контролер MAC реалізує два методи доступу до середовища: множинний доступ, що супроводжується контролем несучої частоти для запобігання зіткненням: множинний доступ з короткочасним розподілом каналів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПАРКУВАННЯ

3.1 Опис комп'ютерної моделі

Автоматичне паркування – це проблема комплексна. Її вирішення передбачає, що автономні транспортні системи будуть контролювати транспортні засоби та направляти їх до доступних паркувальних місць. Така функція використовує низку бортових датчиків, зокрема:

- фронтальні та бічні камери для виявлення розмітки смуг руху, дорожніх знаків, інших транспортних засобів та пішоходів;
- лідарні та ультразвукові датчики використовуються для виявлення перешкод і розрахунку точних значень відстані;
- ультразвукові датчики для виявлення перешкод;
- кодери коліс для розрахунку мертвої зони.

Вбудовані датчики використовують для визначення середовища навколо автомобіля. Сприйняття навколишнього середовища включає розуміння дорожньої розмітки для аналізу правил дорожнього руху та визначення зон, якими можна рухатися, визначення перешкод і визначення доступних місць для паркування.

Оскільки датчики автомобіля сприймають світ, транспортний засіб повинен спланувати шлях крізь навколишнє середовище до доступного місця для паркування та виконати ряд дій, необхідних для під'їзду до цього місця для паркування. По дорозі він повинен реагувати на динамічні зміни навколишнього середовища, такі як пішоходи, що перетинають його шлях, і коригувати свій маршрут. У кваліфікаційній роботі розроблено групу функцій, для реалізації відповідних функціональних можливостей такої системи.

Моделювання процесу паркування виконуватиметься у пакеті Simulink програми MatLAB. Перед початком процесу симуляції слід створити статичну карту стоянки, яка містить інформацію про фіксовані перешкоди, дорожню розмітку та припарковані транспортні засоби. Для цього використовується функція `helperSLCreateCostmap` у функції рекурентного виклику моделі `PreLoadFcn`. Після завершення її роботи карта парковки буде представлена як об'єкт `vehicleCostmap`.

Щоб використовувати об'єкти `vehicleCostmap` у середовищі Simulink, функція `helperSLCreateUtilityStruct` перетворює `vehicleCostmap` на структурний масив під час ініціалізації маски блоку. Результати використання об'єкта `vehicleCostmap` наведені на рисунку 3.1.

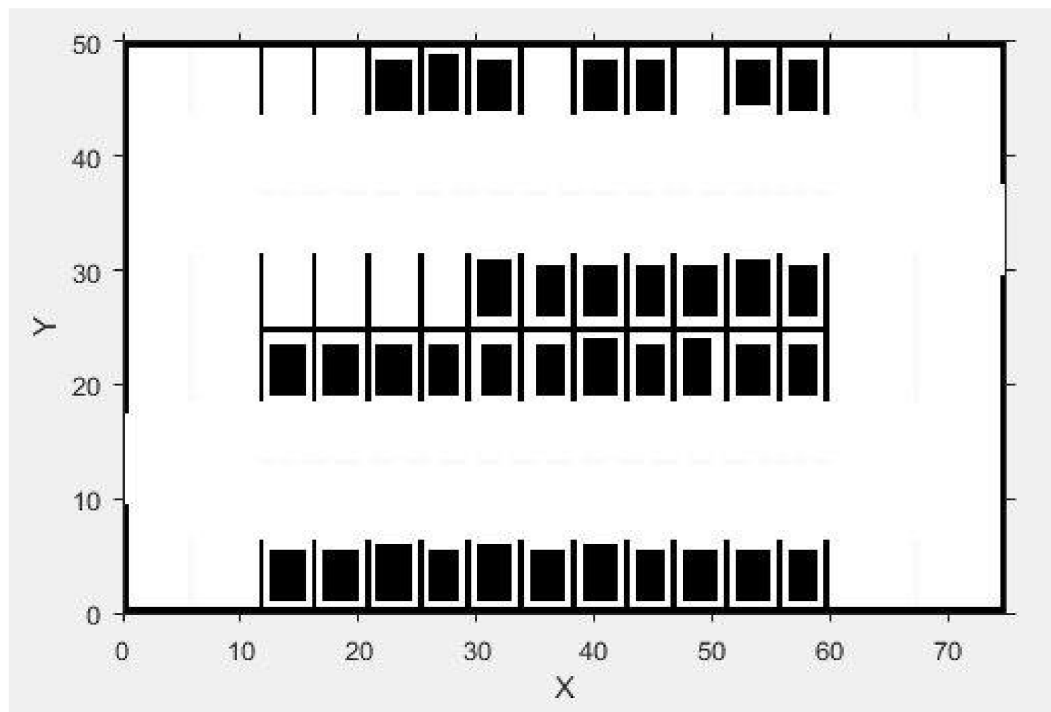


Рисунок 3.1 – Діаграма карти паркування

Глобальне планування маршруту задається послідовністю сегментів смуг, які необхідно проїхати, щоб дістатися до місця паркування. Перед процесом моделювання функція рекурентного виклику моделі `PreLoadFcn` завантажує та обробляє план маршруту, збережений у табличному форматі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Планування маршруту

Початкова позиція, StartPose	Кінцева позиція, EndPose	Атрибути
5;17;0	46;18;30	Структура [1;1]
46;18;30	64;11;80	Структура [1;1]
64;11;80	64;32;70	Структура [1;1]
64;32;70	42;0;150	Структура [1;1]
42;0;150	35;47;180	Структура [1;1]

Таблиця 3.1 містить перелік початкового та кінцевого розташування сегментів дороги, а також додаткові атрибути сегментів дороги, такі як обмеження швидкості.

Планування — це багаторівневий процес, кожен наступний рівень якого відповідає за менші завдання. Поведінковий рівень знаходиться у верхній частині стека. Модуль планувальника поведінки ініціює серію навігаційних завдань на основі глобального плану маршруту, надаючи проміжні цілі та конфігурації модулям планування руху та траєкторії. Транспортний засіб рухається вздовж кожного сегмента шляху, виконуючи такі дії:

1) Планування руху: за допомогою алгоритму Path Planner, призначеного для швидкого навчання випадкового дерева RRT виконується планування можливих шляхів переміщення транспортного засобу на карті;

2) Контурне згладжування: використовуйте сплайн-сплайн згладжування траєкторії Path Smoothing Spline, щоб згладити опорний контур;

3) Генерація траєкторії: виконується перетворення гладких шляхів на траєкторії руху, накладаючи криві швидкості за допомогою генератора кривої швидкості Speed Profile Generator;

4) Управління транспортним засобом: враховуючи плавний контрольний шлях, аналізатор шляху Path Analyzer обчислює контрольне положення та швидкість на основі поточного положення та швидкості автомобіля. Враховуючи

контрольне значення, бічний контролер обчислює кут повороту керма, щоб контролювати напрямок руху автомобіля. Поздовжній контролер розраховує команди прискорення та уповільнення для підтримки потрібної швидкості автомобіля.

5) Перевірка цілей: виконується перевірка цілей, щоб перевірити, чи досяг транспортний засіб кінцевої точки. Набори цілей показано на рис. 3.2.

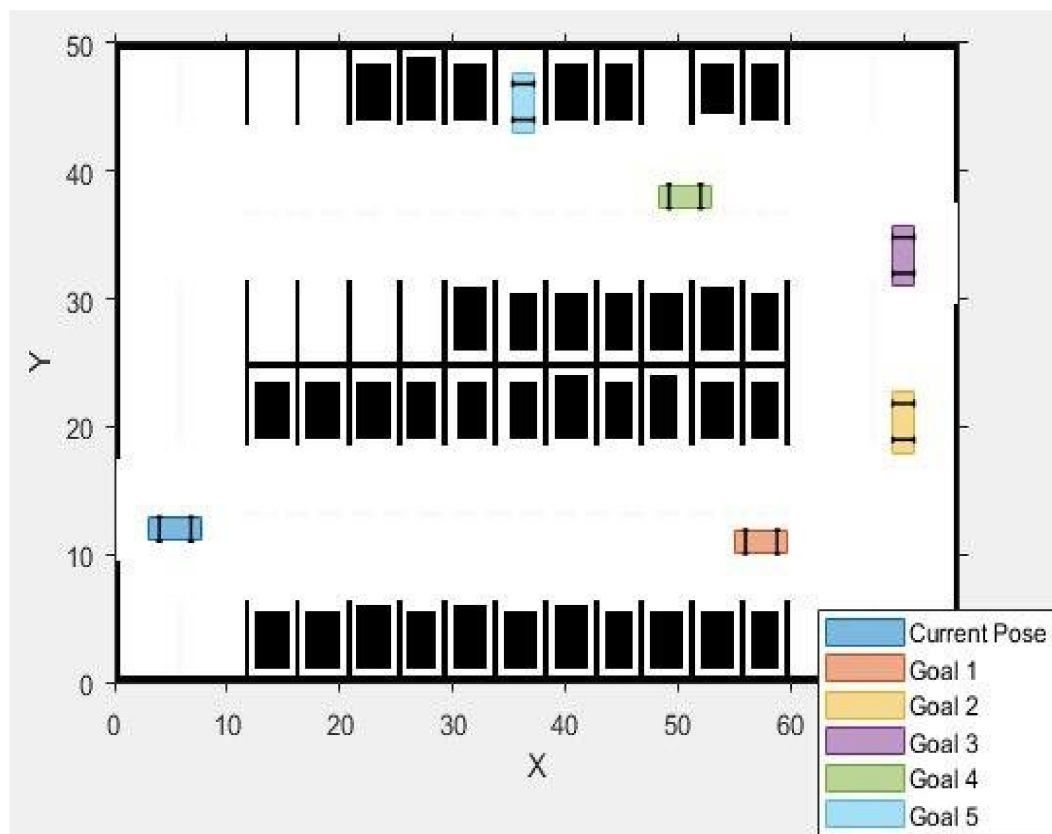


Рисунок 3.2 – Послідовність цілей до місця стоянки

3.2 Підсистема контролера автомобіля

Підсистема «Контролер транспортного засобу», яка схематично показана на рис. 3.3, містить поперечний та поздовжній контролери, які контролюють положення та швидкість транспортного засобу відповідно. Для реалістичної динаміки руху транспортного засобу параметри моделі транспортного засобу в

блоці поперечного контролера налаштовані на динамічну модель велосипеда. У цій конфігурації для обчислення команди керування потрібні додаткові вхідні дані, такі як кривизна траєкторії, поточний рівень ухилу автомобіля та поточний кут повороту. Блок поздовжнього контролера використовує перемикаючий пропорційно-інтегральний контролер для обчислення команд на прискорення або уповільнення, які керують гальмами та дроселем автомобіля.

3.2.1 Блок контролера поздовжнього керування

Блок поздовжнього контролера обчислює команди прискорення та уповільнення, які контролюють швидкість автомобіля. Для цього на вхід подаються опорна швидкість, поточна швидкість і поточний напрямок руху. Контролер обчислює ці команди за методом Стенлі, який блок реалізує як дискретний ПІ-регулятор з підтримкою методу Anti-windup. У блоці бічного контролера також є команда для розрахунку кута повороту автомобіля методом Стенлі.

Вхідні дані блоку поздовжнього контролера:

- 1) RefVelocity – базова швидкість. Еталонна швидкість (у метрах за секунду) задається як дійсний скаляр;
- 2) CurrVelocity – миттєва швидкість. Миттєва швидкість транспортного засобу (у метрах за секунду) задається як дійсний скаляр;
- 3) Direction – поточний напрямок переміщення транспортного засобу, закодований цифрами 1 та – 1 (рух вперед та рух назад відповідно);
- 4) Reset – тригер для скидання інтегралу помилки швидкості. Нульове значення скаляру залишає похибку незмінною, на поточному рівні, а ненульове значення призводить до скидання інтегралу помилки швидкості $e(k)$ до нуля.

Вихідні дані поздовжнього регулятора:

- 1) AccelCmd – команда прискорення, що повертається як дійсний скаляр у діапазоні $[0, M_A]$, де M_A – максимальне значення параметра поздовжнього прискорення (m/c^2);

2) DecelCmd – команда сповільнення, що повертається як дійсний скаляр у діапазоні $[0, M_D]$, де M_D – максимальне значення параметра поздовжнього уповільнення (м/с²).

Алгоритми роботи блоку поздовжнього керування.

Поздовжній контролер Стенлі реалізує дискретний ПІ-регулятор з інтегрованою системою інтегратора проти переривання у разі насичення вихідного сигналу, реалізований методом Anti-Windup блоку ПІ-регулятора. Контролер перевіряє вихід на насичення та не зберігає нове значення інтегратора, якщо член Р+І виходить за межі необхідного діапазону регулювання. Цей блок реалізовано на основі такого рівняння:

$$u(k) = (K_p + K_i \cdot T_s \cdot z / (z-1)) \cdot e(k), \quad (3.1)$$

де $u(k)$ – управляючий сигнал на k -му кроці ітерації;

K_p – коефіцієнт підсилення (пропорційності), що визначається заданим параметром підсилення;

K_i – коефіцієнт підсилення (інтегральний), що визначається заданим параметром підсилення;

T_s – час вибірки блоку в секундах, встановлений параметром час вибірки (с);

$e(k)$ – похибка швидкості, що обчислюється як різниця поточної CurrVelocity та заданої RefVelocity швидкості на k -му кроці часу.

Керуючий сигнал $u(t)$ визначає параметри команди прискорення AccelCmd і команди гальмування DecelCmd. Цей блок регулює параметри прискорення та уповільнення, залишаючи їх у наперед визначених діапазонах $[0, M_A]$ і $[0, M_D]$.

На кожній ітерації часу лише одне значення AccelCmd і DecelCmd є додатним, а інше значення порту дорівнює 0. Іншими словами, транспортний засіб може прискорюватися або сповільнюватися в межах кроку в часі, але не може виконувати обидві команди одночасно.

Напрямок руху, що подається на вхідний порт Direction, визначає, яка команда є позитивною впродовж певного кроку часу. Можливі значення параметру Direction наведено в таблиці 3.2.

Таблиця – 3.2 Можливі значення параметру Direction

Значення параметру напрямку	Значення сигналу управління $u(k)$	Значення параметру AccelCmd	Значення параметру DecelCmd	Примітки
+	$u(k) > 0$	додатне дійсне скалярне значення	нульове значення	Автомобіль рухається вперед і пришвидшується
	$u(k) < 0$	нульове значення	додатне дійсне скалярне значення	Автомобіль рухається вперед і гальмує
-	$u(k) > 0$	нульове значення	додатне дійсне скалярне значення	Автомобіль рухається заднім ходом і гальмує
	$u(k) < 0$	додатне дійсне скалярне значення	нульове значення	Автомобіль рухається заднім ходом і пришвидшується

3.2.2 Блок контролера поперечного керування

Бічний блок контролера Стенлі обчислює значення кута повороту керма в градусах, що регулює поточне положення транспортного засобу відносно контрольного положення з урахуванням поточної швидкості та напрямку автомобіля (рис. 3.3). Контролер розраховує цю команду за методом Стенлі, закон керування яким базується на моделі кінематики та динаміки велосипеда. Параметри моделі автомобіля використовуються для перемикання між моделями автомобіля. Перемикання залежить від умов модуляції руху:

- Кінематична модель велосипеда підходить для їзди в умовах низької швидкості, таких як стоянки, з мінімальними інерційними ефектами;
- Динамічна модель велосипеда підходить для їзди на трасі у високошвидкісному середовищі, наприклад на шосе, де ефект інерції очевидний. Така модель автомобіля генерує додаткові параметри, що описують динаміку автомобіля.

Вхідні дані:

- RefPose – еталонна (опорна) позиція транспортного засобу $[x, y, \theta]$. Вектор опорного положення, представлений вектором $[x, y, \theta]$, де x та y визначають контрольні точки для керування транспортним засобом та визначаються у метрах. Параметр θ визначає кутовий напрямок шляху в цій контрольній точці, визначається у градусах, при цьому напрямок проти годинникової стрілки є додатним. Для транспортного засобу, що рухається вперед, контрольною точкою є точка траєкторії, найближча до центру передньої осі транспортного засобу. Для транспортних засобів, що рухаються у зустрічному напрямку, точкою відліку є точка траєкторії, найближча до центру задньої осі транспортного засобу;

- CurrPose – поточна позиція автомобіля $[x, y, \theta]$. Вектор поточного положення транспортного засобу у просторі представлено вектором $[x, y, \theta]$, де x і y визначають положення транспортного засобу, яке визначається як центр задньої осі автомобіля та задаються у метрах. θ визначає азимутальний кут транспортного засобу в позиції з координатами (x, y) , а напрямок проти годинникової стрілки є додатним;

- CurrVelocity є дійсним скаляром поздовжньої швидкості. Поточна поздовжня швидкість транспортного засобу, визначена як дійсний скаляр. Одиницею вимірювання є метри в секунду. При русі автомобілю вперед, це значення має бути більшим за 0. Якщо автомобіль їде заднім ходом, це значення має бути меншим за 0. Значення 0 означає, що транспортний засіб стоїть.

- Direction – напрямок, у якому рухається транспортний засіб, заданий як 1 для руху вперед і -1 для руху назад. Напрямок руху визначає похибку положення та кутову похибку, які використовуються для обчислення команди кута повороту;

- Curvature – кривина шляху у контрольній точці в радіанах/метрах, указана як дійсний скаляр. Для транспортного засобу, що рухається вперед, контрольною точкою є точка на колії, найближча до центру передньої осі транспортного засобу. Для автомобілів, що рухаються заднім ходом, точкою

відліку є точка на колії, найближча до центру задньої осі автомобіля. Значення кривизни шляху надходить з вихідного порту Curvature модуля Path Smoothing Spline, а кривизну межі смуги з вихідного порту Curvature модуля Path Analyzer;

- CurrYawRate – поточна швидкість повороту автомобіля в градусах за секунду, указана як дійсний скаляр. Поточне значення швидкості відхилення – це швидкість зміни кутової швидкості транспортного засобу;

- CurrSteer – поточний кут повороту автомобіля, визначений в градусах та заданий як дійсний скаляр. Коефіцієнт приймає додатні значення, якщо поворот автомобіля здійснюється проти годинникової стрілки.

Вихідні дані:

- SteerCmd – команда (коефіцієнт) кута повороту в градусах представлена у вигляді дійсного скаляру. Приймає додатне значення для вказання повороту транспорту проти годинникової стрілки.

Щоб обчислити команду кута повороту, контролер мінімізує похибку положення та кутову похибку поточного положення автомобіля відносно базового положення визначені на основі поточного напрямку руху транспортного засобу.

При русі автомобіля уперед (параметр Direction + 1):

- похибка положення відноситься до поперечної відстані від центру передньої осі до контрольної точки на шляху;

- кутова похибка – це кут повороту переднього колеса відносно вихідної траєкторії.

При русі автомобіля в зустрічному напрямку (параметр Direction – 1):

- похибка позиції відноситься до поперечної відстані від центру задньої осі до контрольної точки на шляху;

- кутова похибка – це кут повороту заднього колеса відносно вихідної траєкторії.

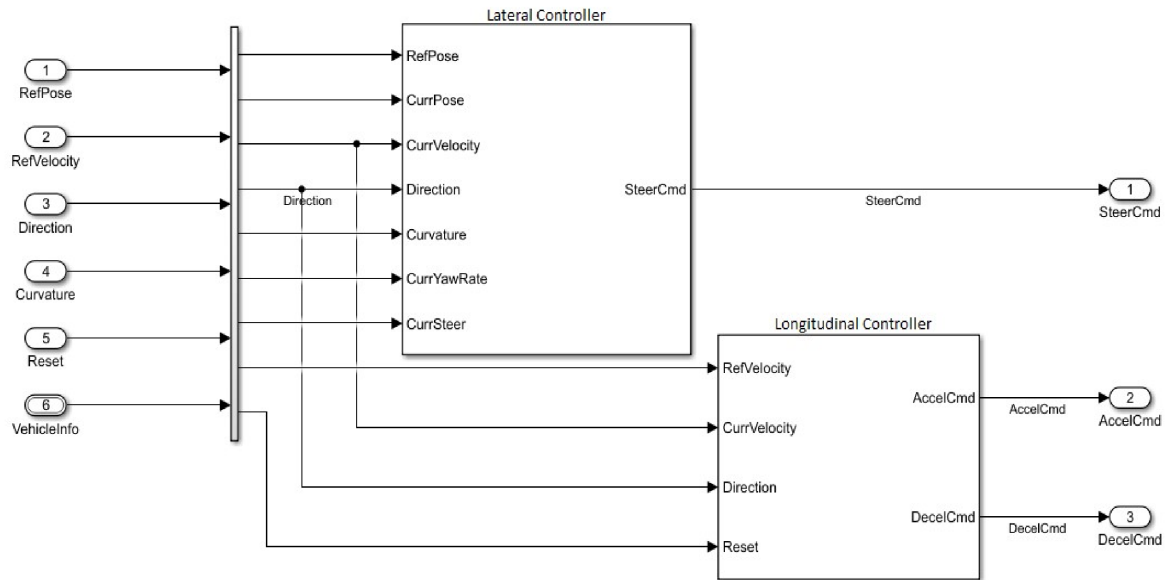


Рисунок 3.3 – Контролер автомобіля

3.3 Модель транспортних засобів

У розробленій моделі контролер транспортного засобу взаємодіє з блоком моделі автомобіля Car Model, що включає у себе спрощену систему рульового управління, змодельовану системою першого порядку, і блок кузова автомобіля VehicleBody 3DOF. У свою чергу робота цього блоку передбачає його взаємодію з бібліотеками Autonomous Driving Toolbox і Vehicle Dynamics Blockset. Використана модель також враховує інерційні ефекти, наприклад, пробуксовку коліс і роботу рульових механізмів керування (рис.3.4).

Модуль Body 3DOF відтворює двовісну модель жорсткого корпусу транспортного засобу для розрахунку поздовжніх, бічних і обертальних рухів автомобіля. Ця модель враховує вагу кузова та аеродинамічний опір між осями через прискорення та процеси керування.

Бібліотека Vehicle Dynamics Blockset містить два типи блоків 3DOF Body, які можуть моделювати поперечний, поздовжній і обертальний рухи. Під час

регулювання колісної бази автомобіля на передню і задню осі сили діють по осьовій лінії.

Вхідні параметри моделі:

- $WhlAngF$ – кут повороту переднього колеса представлений у радіанах у вигляді одиничного скаляру.
- \dot{x} – поздовжня швидкість переміщення, що передається як скаляр у м/с.
- CG (Centr of Gravity) – швидкість центру ваги транспортного засобу вздовж осі X, пов'язаної з транспортним засобом, м/с.

Вихідний порти:

- ψ – це відхилення, що повертається як скаляр. Поворот закріпленої рами автомобіля, відносно осі Z, закріпленої на землі, рад;
- $\dot{\psi}$ – швидкість відхилення, що повертається як скаляр. Кутова швидкість $\dot{\psi}$ автомобіля відносно осі Z, зв'язаної з транспортним засобом, рад/с;
- \dot{x} – поздовжня швидкість автомобіля, що повертається як скаляр. Центр ваги транспортного засобу відносно пов'язаної з транспортним засобом осі X, м/с;
- \dot{y} – поперечна швидкість авто, що повертається у вигляді скаляра. Центр ваги транспортного засобу вздовж нерухомо закріпленої вертикальної осі Y, м/с;

– Info – сигнал шини, що містить об'єднане значення кількох блоків: displacement – переміщення центру ваги автомобіля відносно осей X, Y, Z, прикріплених до землі, вимірюється в метрах; velocity – швидкості автомобіля в м/с по осях X, Y, Z, прикріплених до дорожньої поверхні; Ang – кут повороту рами автомобіля навколо осі Z, закріпленої до дорожньої поверхні, обчислюється в рад.).

– Базова швидкість разом із гладкою траєкторією формує траєкторію автомобіля. Для підтримки цієї траєкторії використовується контролер зі зворотним зв'язком. Контролер виправляє помилки відстеження через ковзання шин та інші причини, наприклад неточне позиціонування.

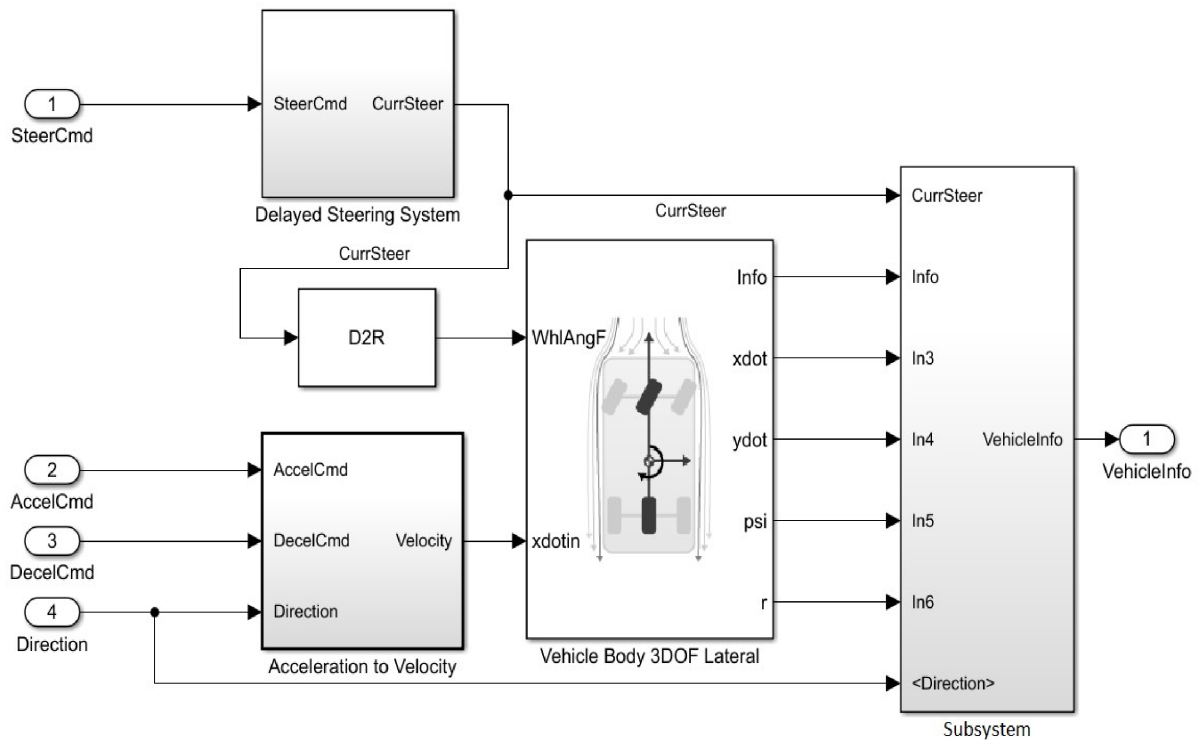


Рисунок 3.4 – Модель автомобіля

Оскільки сценарій паркування передбачає низькі швидкості руху, контролер спрощено, щоб враховувати лише кінематичну модель. Поперечне керування реалізовано через функцію `LateralControllerStanley`. Поздовжнє керування автомобілем здійснюється за допомогою системного об'єкта `HelperLongitudinalController`, що визначає команди прискорення та гальмування на основі закону ПІ-розподілу.

Для забезпечення відповідної роботи контролерів зворотного зв'язку необхідно задіяти симулятор. За допомогою представленої моделі транспортного засобу симулятор може виконувати різноманітні команди контролера. Клас `HelperVehicleSimulator` використовує таку кінематичну модель для імітації переміщення автомобіля:

$$x_r = v_r * \cos(\theta), \quad (3.2)$$

$$y_r = v_r * \sin(\theta), \quad (3.3)$$

$$\theta = v_r / l * \tan(\delta), \quad (3.4)$$

$$v_r = a_r. \quad (3.5)$$

У представлених рівняннях кожна комбінація значень (x_r, y_r, θ) відображає положення транспортного засобу у координатах. Параметри v_r , a_r , l та δ відображають відповідно швидкість обертання заднього колеса автомобіля, тангенціальне прискорення заднього колеса автомобіля, ширину колісної бази та кут повороту. Положення та швидкість обертання передніх коліс можна визначити за виразами:

$$x_f = x_r + l \cos(\theta), \quad (3.6)$$

$$y_f = y_r + l \sin(\theta), \quad (3.7)$$

$$v_f = v_r / \cos(\delta). \quad (3.8)$$

Початкова ініціалізація розробленої комп'ютерної моделі, що включає ініціалізацію початкових значень та створення об'єктів представлена на рис. 3.5.

```

% Створення моделі автомобіля
vehicleSim = HelperVehicleSimulator(costmap, vehicleDims);
% Задання значень положення і швидкості автомобіля
vehicleSim.setVehiclePose(currentPose);
currentVelocity = 0;
vehicleSim.setVehicleVelocity(currentVelocity);
% Налаштування моделі для відображення траєкторії
vehicleSim.showTrajectory(true);
% Створення об'єкта HelperPathAnalyzer для обчислення опорного положення
контролера
pathAnalyzer = HelperPathAnalyzer(refPoses, refVelocity, direction, 'Wheelbase',
vehicleDims.Wheelbase);
% Створення об'єкта HelperLongitudinalController для контролю швидкості
автомобіля
sampleTime = 0.05;
lonController = HelperLongitudinalController('SampleTime', sampleTime);

```

Рисунок 3.5 – Лістинг початкової ініціалізації моделі

Для реалізації зворотного зв'язку з контролером на фіксованій швидкості використано об'єкт `HelperFixedRate`. При цьому враховується швидкодія повздовжнього контролера. До моменту переміщення транспортного засобу у задану (цільову) точку виконується наступна послідовність операцій: розрахунок команд керування та значень прискорення/уповільнення, необхідних для відстеження запланованої траєкторії; передача команд управління; запис позиції транспортного засобу і швидкості руху в контролер під час кожної ітерації. Відповідний програмний код наведено на рис. 3.6.

```

% Визначення контрольних позицій та відповідних швидкостей на шляху
[refPose, refVel, direction] = pathAnalyzer(currentPose, currentVel);
% Оновлення напрямку руху моделі автомобіля
updateDrivingDirection(vehicleSim, Direction);
% Розрахунок параметрів руху
steeringAngle = lateralControllerStanley(refPose, currentPose, currentVel,
'Direction', direction, 'Wheelbase', vehicleDims.Wheelbase);
% Розрахунок команд прискорення та уповільнення
lonController.Direction = direction;
[accelCmd, decelCmd] = lonController(refVel, currentVel);
% Симулювання транспортного засобу за допомогою виводів контролера
drive(vehicleSim, accelCmd, decelCmd, steeringAngle);
% Перевірка досягнення цілі
goalReached = helperGoalChecker(goalPose, currentPose, currentVel, endSpeed,
direction);
% Очікування на досягнення фіксованої позиції
waitfor(controlRate);
% Отримання поточного положення та швидкості автомобіля
currentPose = getVehiclePose(vehicleSim);
currentVel = getVehicleVelocity(vehicleSim);
% Відображення схеми імітації руху автомобіля
showFigure(vehicleSim);

```

Рисунок 3.6 – Лістинг етапів моделювання переміщення у цільову точку

Результатом виконання команди `showFigure(vehicleSim);` є побудова принципової схеми імітації руху автомобіля показаної на рисунку 3.7. Ця схема завершує перший етап планування маршруту та демонструє кожен крок процесу.

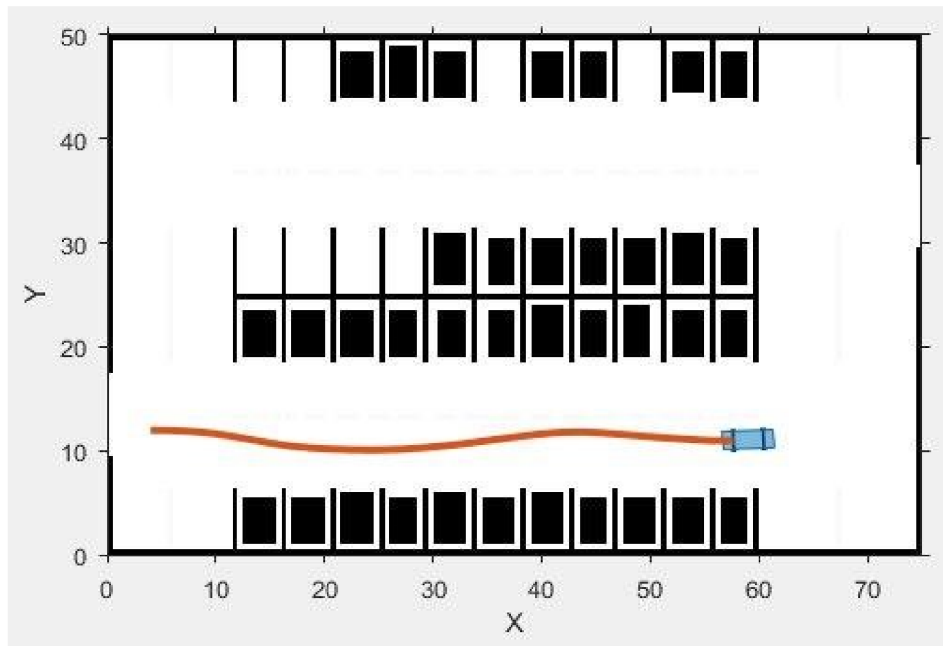


Рисунок 3.7 – Симуляція руху автомобіля

3.4 Результати моделювання переміщення автомобіля

Блок візуалізації показує, як транспортний засіб слідує траєкторії управління (рис. 3.8). Він також відображає швидкість автомобіля та команди керування в межах програмно заданих обмежень (рис. 3.9). Крім того графік швидкості транспортного засобу містить інформацію як про поточну швидкість, так і про цільове значення цього параметра. Відхилення реальної та заданої швидкості обумовлено особливостями динамічної моделі велосипеда, використаної для реалізації механіки процесу переміщення з низькими швидкостями.

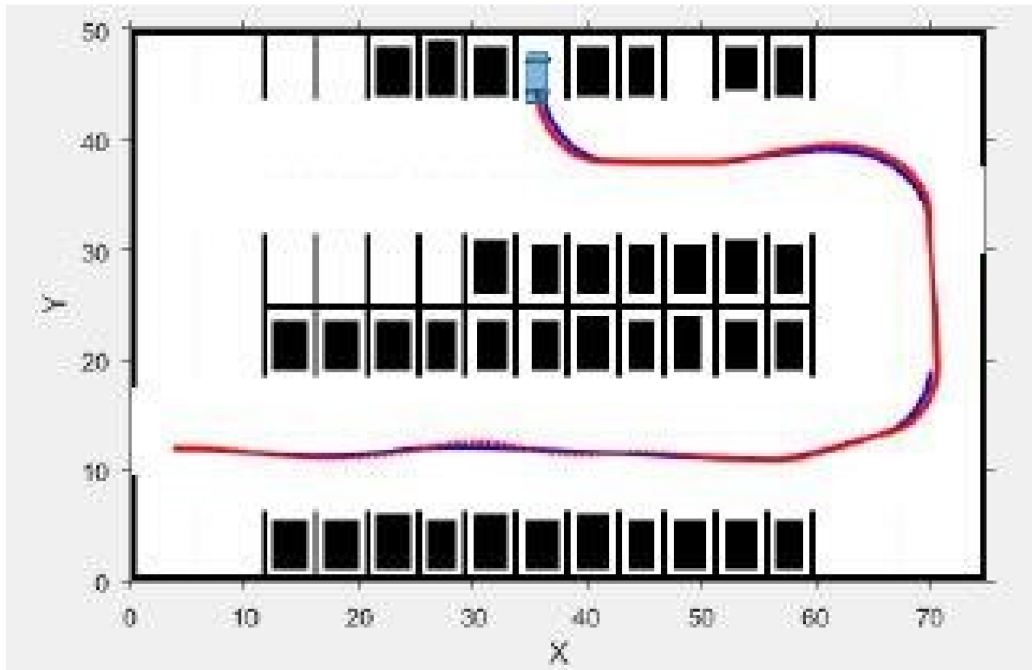


Рисунок 3.8 – Контрольний шлях до місця парковки

Приблизно через 45 секунд симуляція припиняється, коли автомобіль досягає місця призначення.

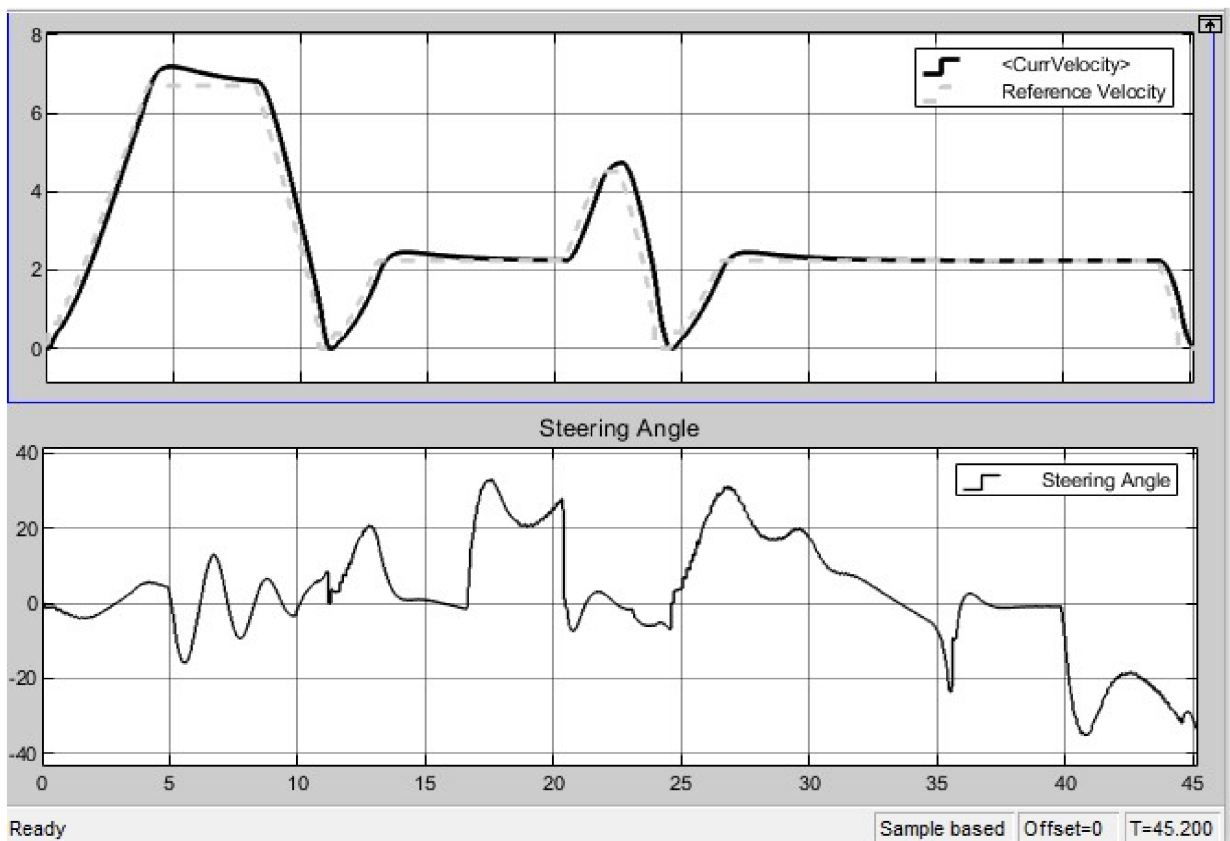


Рисунок 3.9 – Графік швидкості та кута повороту

РОЗДІЛ 4

ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПАРКУВАННЯ

4.1 Поведінковий рівень планування

Планування передбачає організацію всієї відповідної інформації в ієрархічні рівні. Кожен наступний рівень відповідає за меншу задачу. Поведінковий рівень знаходиться у верхній частині стека. Він активує та керує різними частинами завдання, забезпечуючи вірний порядок формування навігаційних завдань. Поведінковий рівень збирає інформацію з усіх частин системи, включаючи:

- позиціонування: поведінковий рівень перевіряє модуль позиціонування, щоб оцінити поточне положення автомобіля;
- модель навколишнього середовища: системи сенсорного сприйняття та синтезу створюють карту оточення довкола автомобіля;
- виявлення місця для паркування: поведінковий рівень аналізує карту, щоб визначити найближче доступне місце для паркування;
- глобальний пошук маршруту паркування: модуль маршруту розраховує глобальні маршрути через дорожні мережі, отримані з картографічних сервісів або інфраструктури.

Розбиття глобального маршруту на серію дорожніх зв'язків дозволяє окремо планувати траєкторію кожної ланки. Наприклад, кінцеві маневри паркування вимагають іншого профілю швидкості, ніж наближення до місця паркування. У більш загальному контексті це критично важливо для руху вулицями з різними обмеженнями швидкості, кількістю смуг і дорожніми знаками.

Для побудови карти навколишнього середовища замість датчиків на транспортних засобах буде використано карти розумних парковок через мережу V2X. Для зручності вважатимемо, що карта має форму заповненої сітки, яка містить дані про розташування доріг і доступні місця для паркування, надані системою V2X.

Клас `HelperBehavioralPlanner` моделює інтерфейс для планування поведінкового рівня. У цій роботі використовується статичний план глобального маршруту, який зберігається в таблиці MATLAB, але зазвичай він формується алгоритмом маршрутизації, наданим системою паркування або картографічним сервісом. Такий план маршруту описується як серія сегментів смуг для проїзду до місця паркування. Кожен сегмент (цільова точка) задається за допомогою таких змінних: `StartPose`, `EndPose` та `Attributes`. Змінні `Start Pose` та `EndPose` визначають початкову та кінцеву позиції переміщення, представлені як $[x, y, \theta]$. У свою чергу змінна `Attributes` визначає обмеження швидкості для кожного етапу дороги..

На рис. 4.1 наведено фрагмент коду, який відображає поточне місцезнаходження автомобіля та кожен наступний пункт призначення, запланований на основі маршруту (рис. 3.2).

```

% Функція для відображення поточного положення автомобіля
helperPlotVehicle(currentPose, vehicleDims, 'DisplayName', 'Current Pose');
% Цикл для відображення остаточних положень на маршруті
for n = 1:height(routePlan)
    % Отримання остаточного положення точки маршруту
    targetPose = routePlan{n, 'EndPose'};
    % Створення підпису для легенди
    legendEntry = sprintf('Target %i', n);
    % Відображення місця призначення на маршруті
    helperPlotVehicle(targetPose, vehicleDims, 'DisplayName', legendEntry);
end
defer;

```

Рисунок 4.1 – Лістинг відображення поточного місцезнаходження автомобіля

Транспортний засіб переміщається між окремими сегментами шляху, виконуючи такі дії:

1) Планування руху: алгоритм швидкого аналізу випадкового дерева pathPlannerRRT забезпечує планування можливого шляху через карту.

2) Контурне згладжування: згладжування опорного контуру траєкторії відбувається шляхом підгонки сплайна за допомогою smoothPathSpline.

3) Генерація траєкторії: функція helperGenerateVelocityProfile перетворює згладжені шляхи на траєкторії, накладаючи на них криві швидкості.

4) Керування транспортним засобом: команда HelperPathAnalyzer обчислює базове положення та швидкість транспорту, враховуючи поточне положення та швидкість автомобіля. Поперечний контролер розраховує кут повороту для керування напрямком руху автомобіля. А поздовжній контролер визначає команди прискорення та уповільнення для підтримки потрібної швидкості автомобіля.

5) Перевірка цільових точок: команда helperGoalChecker перевіряє, чи досяг транспортний засіб кінцевої точки маршруту.

4.2 Планування руху

За наявності глобального маршруту процес планування руху можна використовувати для планування шляху через навколишнє середовище для досягнення кожної точки маршруту, доки транспортний засіб не досягне свого кінцевого пункту призначення. Запланований шлях досягнення кожної мети має бути здійсненним і безконфліктним. Доступний шлях – це шлях, який може бути досягнутий транспортним засобом, враховуючи накладені на нього обмеження на рух і динаміку. Системи паркування передбачають низькі швидкості та низькі прискорення. Це дозволяє безпечно ігнорувати динамічні обмеження, викликані інерційними ефектами.

Алгоритми планування RRT формують шлях транспортного засобу у вигляді дерева безконфліктних послідовних позицій транспортного засобу. Команди реалізації рульового керування Dubins або Reeds-Shepp з'єднують визначені на карті позиції, щоб переконатися, що кінцевий шлях є кінематично можливим. На рис. 4.2 показано структуру сформованого масиву Dubins з усіма атрибутами.

```
refPath.PathSegments;
```

```
ans = 1×6 DubinsPathSegment array with properties:
```

StartPose;	% Початкова позиція сегмента
GoalPose;	% Кінцева позиція сегмента
MinTurningRadius;	% Мінімальний радіус повороту сегмента
MotionLengths;	% Довжина руху по кожному з сегментів
MotionTypes;	% Типи руху (0 – прямолінійний, 1 – поворот вліво, % – 1 – поворот вправо)
Length;	% Загальна довжина сегмента

Рисунок 4.2 – Структура та атрибути масиву Dubins

Щоб візуалізувати запланований шлях використано функцію відображення `plot(motionplanner)`. Отриманий з її допомогою результат планування шляху з забороненими для проїзду зонами та контрольними точками показано на рисунку 4.3. Крім того на цьому рисунку показано встановлені траєкторії руху транспортного засобу у кожній контрольній точці маршруту.

Червона зона на рисунку представляє область на карті, з якою автомобіль (центр задньої осі) не повинен перетинатися, щоб уникнути зіткнення з будь-якими перешкодами. Команда `pathPlannerRRT` знаходить шляхи, які уникають перешкод та перевіряє, чи згенеровані позиції транспортного засобу не знаходяться на червоних ділянках дороги.

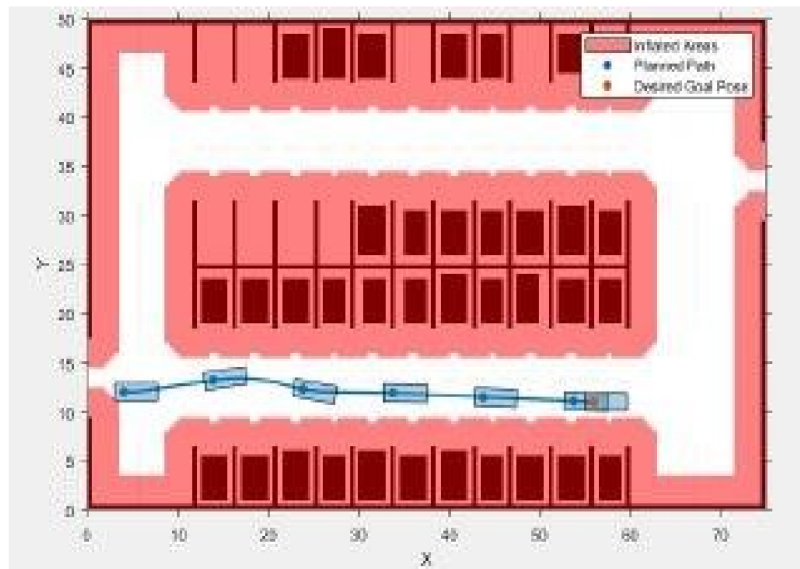


Рисунок 4.3 – Планування маршруту на карті заповнення

4.3 Згладжування контурів і формування траєкторії

Маршрут паркування, створений планувальником шляху, складається з окремих сегментів. Розрив кривизни на перетині двох таких відрізків може викликати різкі зміни кута повороту коліс транспортного засобу. Щоб позбутись цього неприродного руху, усі шляхи мають бути неперервно диференційованими і, отже, рівними. Один із методів згладжування контурів передбачає використання параметричних кубічних сплайнів. Сплайн-підгонка дозволяє генерувати плавні шляхи, якими може керувати контролер.

У роботі використано функцію `smoothPathSpline`, щоб створити параметричний кубічний сплайн через усі точки контрольного шляху. Початковий і кінцевий напрямки сплайна приблизно збігаються з початковим і кінцевим кутами автомобіля. Щоб визначити кількість місць для зміни напрямку використано ділянки завдовжки приблизно 0,1 м.

Щоб відобразити згладжений шлях використано функцію `hSmoothPath`, а сам згладжений шлях подано на рисунку 4.4.

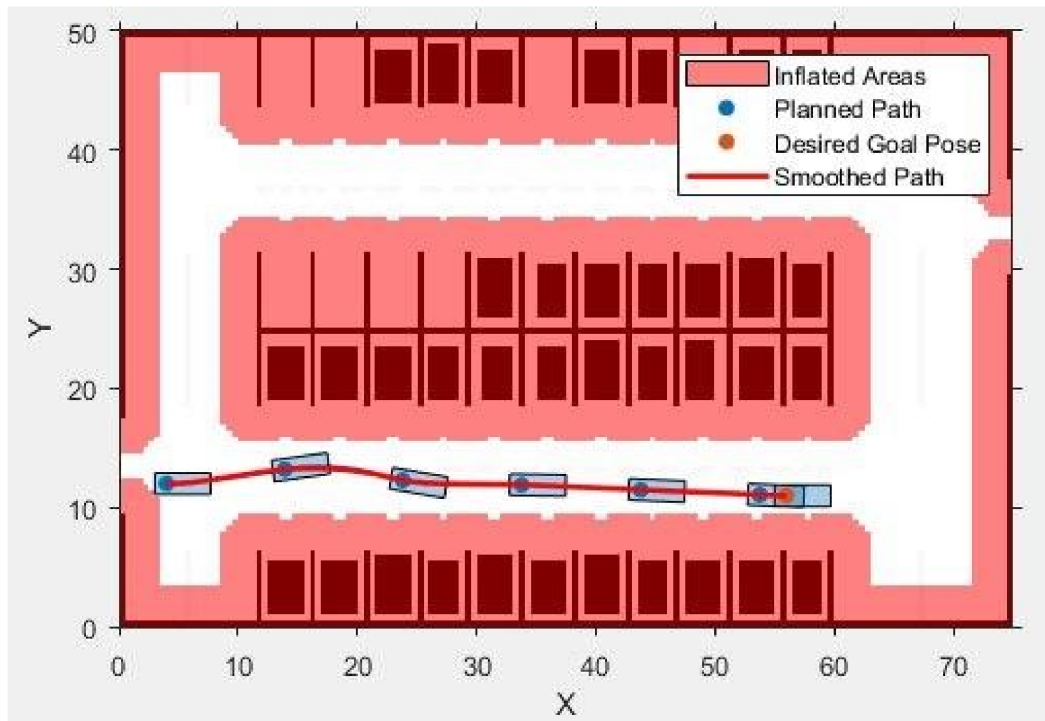


Рисунок 4.4 – Згладжування траєкторії руху

Далі перетворимо отриманий гладкий шлях на траєкторію, яку можна поєднати з кривою профіля швидкості. Обчислимо профіль швидкості для кожної ділянки як послідовність трьох фаз: прискорення до заданої максимальної швидкості, підтримання максимальної швидкості та сповільнення до кінцевої швидкості. Генерацію профілів швидкості виконано за допомогою функції `helperGenerateVelocityProfile`. Для її роботи задано початкову швидкість, максимальну швидкість і кінцеву швидкість транспортного засобу так, щоб автомобіль почав рух зі швидкістю 0 м/с, розігнався до 5 м/с, а потім зупинився, зменшивши швидкість до 0 м/с: `maxSpeed = 5; startSpeed = 0; endSpeed = 0`.

Далі здійснюється генерація профілю швидкості за допомогою команди: `refVelocity = helperGenerateVelocityProfile(directions, cumLengths, curves, startSpeed, endSpeed, maxSpeed)`. Структура `refVelocity` містить опорну швидкість для кожної ділянки заданого шляху. Для візуалізації отриманого профіля швидкості викликається функція `plotVelocityProfile`, результат її реалізації представлено на рисунку 4.5.

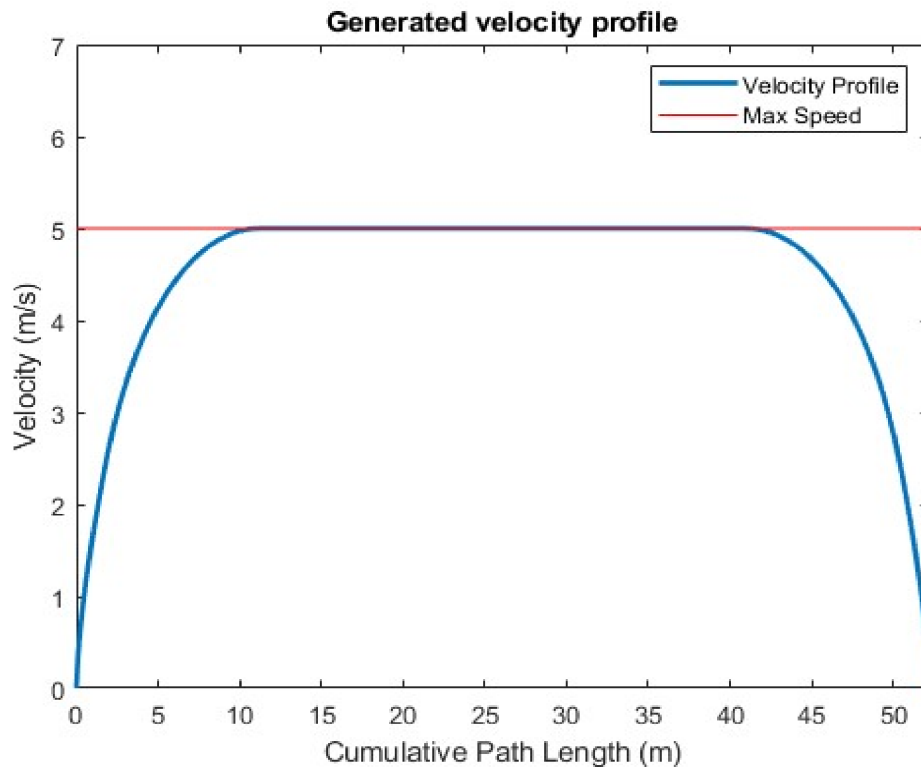


Рисунок 4.5 – Графік профілю швидкості

4.4 Маневр паркування

Коли транспортний засіб наближається до паркувального місця, він використовує спеціальні маневри паркування. Ця операція вимагає перетину вузького коридору, обмеженого краями паркувальних місць з обох кінців. Ця операція зазвичай контролюється ультразвуковими датчиками або лазерними сканерами, які постійно перевіряють наявність перешкод. VehicleCostmap використовує перевірку колізій на основі порівняння значень клітинок. Розглянемо детально алгоритм запобігання зіткненням схематично представлений на рис. 4.6.

Перевірка зіткнень виконується шляхом заповнення карти парковки перешкодами, радіус заповнення та перевірки залежить від радіуса кола, зображеного на рисунку 4.6 на розгорнутих комірках сітки. Кінцевий маневр паркування вимагає більш точного та консервативного механізму виявлення

зіткнення. Зазвичай це вирішується шляхом представлення форми транспортного засобу кількома колами, що перекриваються, а не одним колом. Кількість кіл слід обирати виходячи з розмірів транспортного засобу, але як показує практика їх кількість повинна знаходитись у межах 3-6.

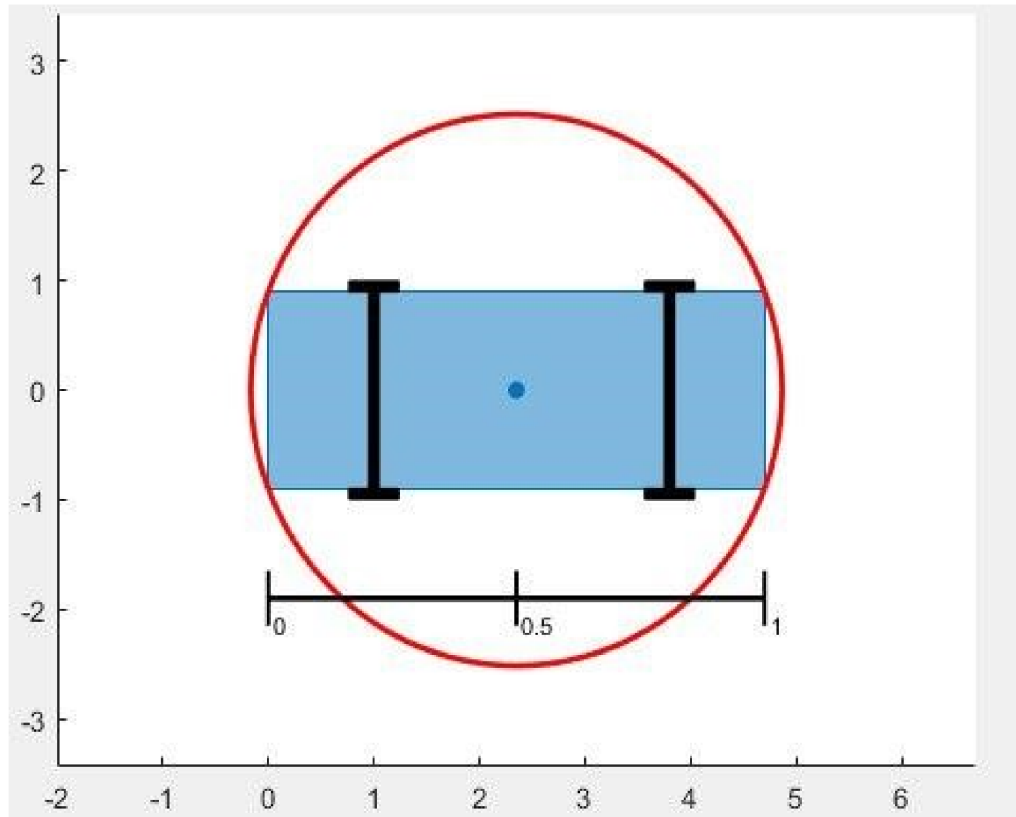


Рисунок 4.6 – Перевірка можливості зіткнення (1 зона)

У програмному кодї це можна відобразити наступним чином: `ccConfigure.NumbCircles = 4; fig; plot(ccConf); title('Перевірка зіткнень')`. Візуалізація такого рішення продемонстрована на рисунку 4.7. Це дозволяє спланувати переміщення автомобіля у вузьких проходах. При цьому Радіус розвороту істотно зменшується, що дозволяє проектувальнику знайти безперешкодний шлях до зони паркування, як показано на рисунку 4.8.

Програмний код для розрахунку та моделювання операції запобігання зіткненню представлено на рисунку 4.9.

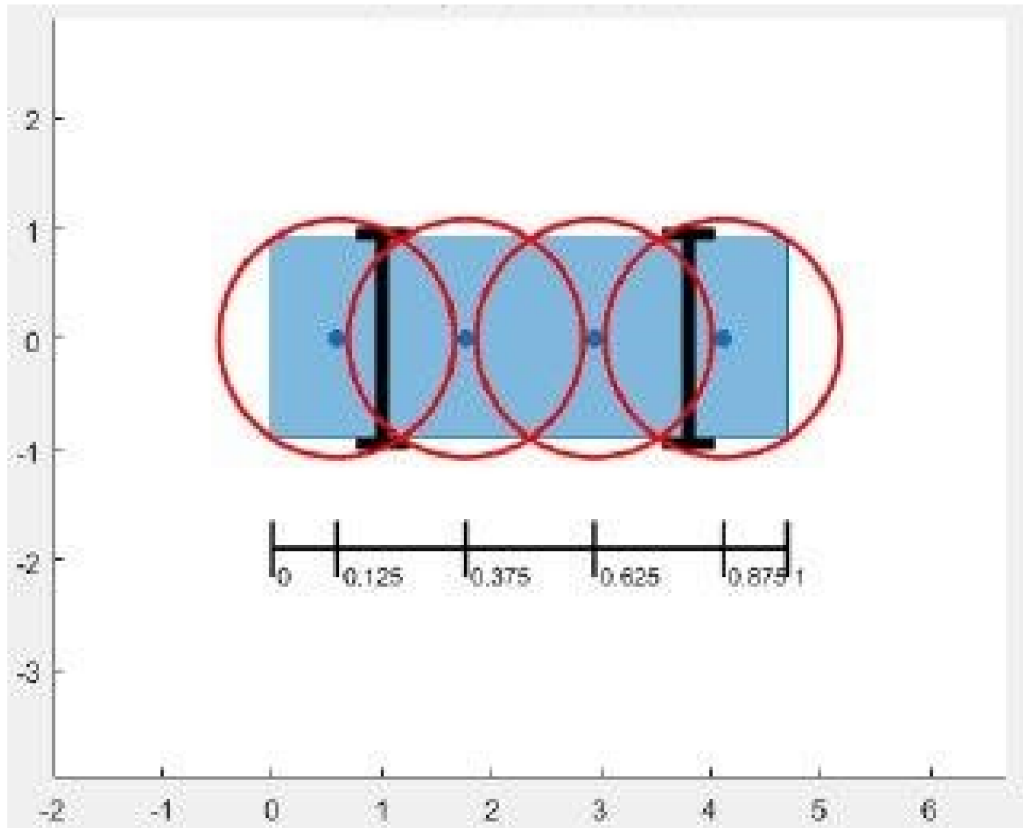


Рисунок 4.7 – Перевірка можливості зіткнень (4 зони)

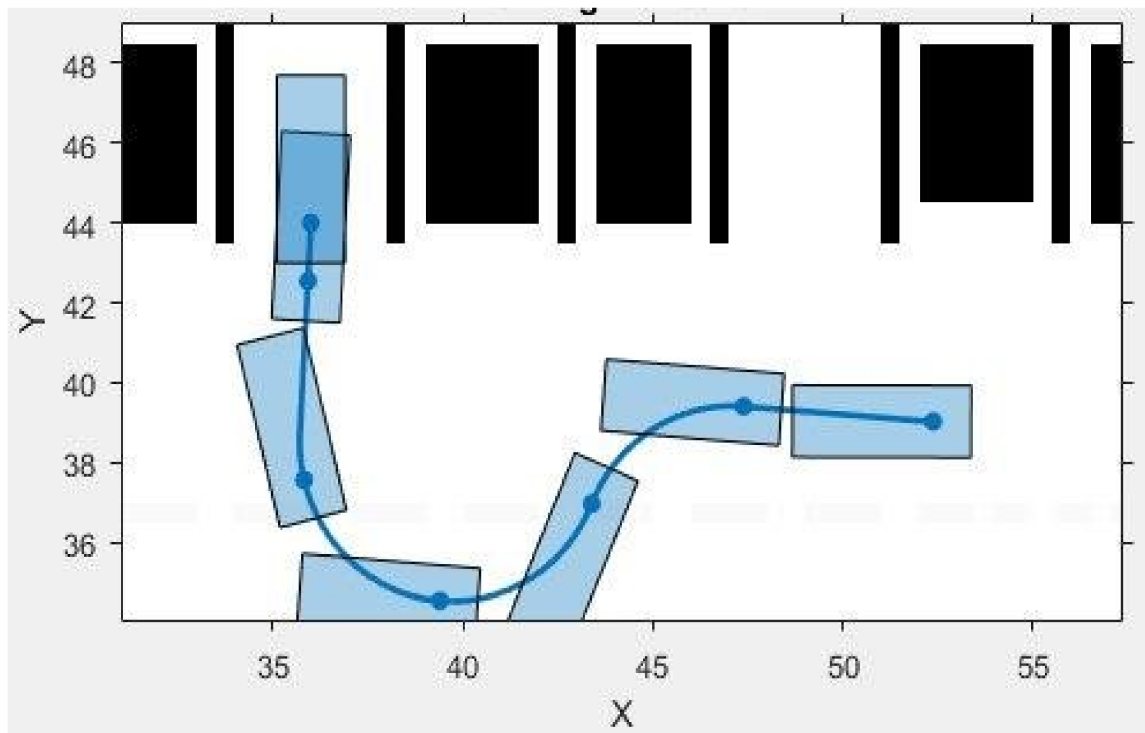


Рисунок 4.8 – Маневр паркування

```
% Відображення costmap
figure;
plot(costmap);
title('Costmap with updated collision checker');

% Використання системи повороту для визначення потрібного положення на
паркувальному місці
V2X parkPose = [36 44 90]; % Координати паркувального місця
preParkPose = currentPose; % Попереднє положення автомобіля
% Розрахунок маневреності, необхідної для зупинки автомобіля
refPath = plan(parkMotionPlanner, preParkPose, parkPose);

% Відображення отриманої операції паркування
figure;
plotParkingManeuver(costmap, refPath, preParkPose, parkPose);
```

Рисунок 4.9 – Лістинг запобігання зіткненню при здійсненні маневру паркування

Коли маневр виконано то повторюється попередній процес, щоб визначити нову послідовність команд для руху автомобіля: згладжуємо траєкторію, формуємо профіль швидкості та відстежуємо траєкторію за допомогою контролера зворотного зв'язку. Програмний код цих операцій відображено на рисунку 4.10, а зведений результат моделювання процесу автоматичного паркування транспортного засобу наведено на рисунку 4.11.

Як видно з рис. 4.11 розроблена математична модель не дозволяє досягнути прямолінійної траєкторії руху навіть на порівняно довгих прямолінійних ділянках маршруту. Зменшення кривизни закладеної траєкторії можна скоротити шляхом збільшення точності вхідних параметрів моделі або за рахунок підвищення рівня допустимої похибки.

```

% Отримання позицій переходу та напрямків із запланованого шляху
[transitionPoses, directions] = interpolate(refPath);
% Прокладання плавного шляху
numSmoothPoses = round(refPath.Length / approxSeparation);
[refPoses, directions, cumLengths, curvatures] =
smoothPathSpline(transitionPoses, directions, numSmoothPoses);
% Встановлення профілю генератора швидкості на рух з обмеженням
refVelocities = helperGenerateVelocityProfile(directions, cumLengths, curvatures,
currentVel, 0, 2.2352);
% Встановлення параметрів шляху аналізатора
pathAnalyzer.RefPoses = refPoses; pathAnalyzer.Directions = directions;
pathAnalyzer.VelocityProfile = refVelocities;
% Скидання контролера
reset(lonController); reachGoal = false;
while ~reachGoal
    % Знаходження опорної позиції на шляху та відповідної швидкості
    [refPose, refVel, direction] = pathAnalyzer(currentPose, currentVel);
    % Оновлення напрямку руху та команд управління
    updateDrivingDirection(vehicleSim, direction);
    steeringAngle = lateralControllerStanley(refPose, currentPose, currentVel,
'Direction', direction, 'Wheelbase', vehicleDims.Wheelbase);
    lonController.Direction = direction;
    [accelCmd, decelCmd] = lonController(refVel, currentVel);
    drive(vehicleSim, accelCmd, decelCmd, steeringAngle);
    % Перевірка досягнення цілі
    reachGoal = helperGoalChecker(parkPose, currentPose, currentVel, 0,
direction);
    % Отримання поточного положення та швидкості автомобіля
    currentPose = getVehiclePose(vehicleSim);
    currentVel = getVehicleVelocity(vehicleSim);
end

```

Рисунок 4.10 – Зведений лістинг моделювання процесу автоматичного паркування

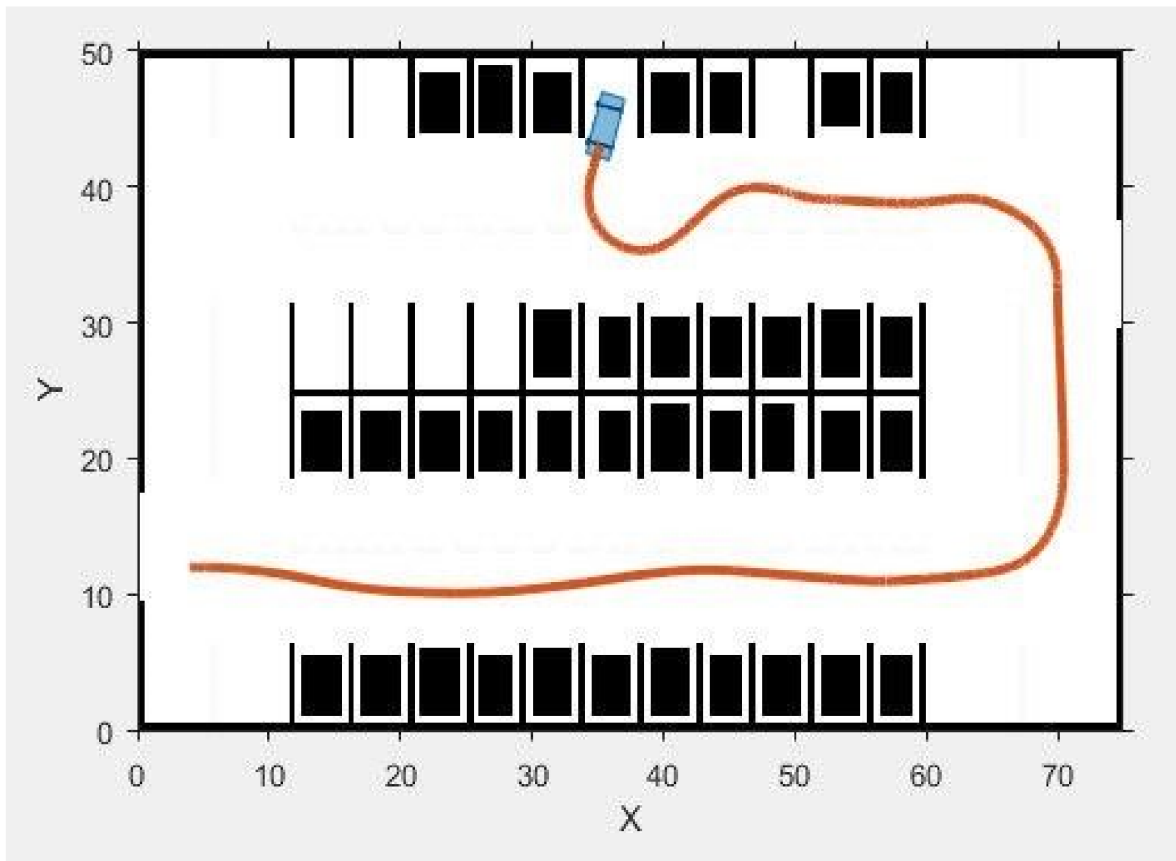


Рисунок 4.11 – Вікно моделювання процесу паркування

Іншою проблемою представленої моделі є динамічна зміна швидкісного режиму. Підтримання заданої швидкості не викликати проблем у гібридних та електричних транспортних засобів, у той час, як автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння зазнаватимуть істотних навантажень для підтримання заданого режиму руху. Причиною цього відхилення є використана динамічна модель велосипеда, яке передбачає надто стрімке регулювання швидкісних показників.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Загальні принципи

Робота персонального комп'ютера та комп'ютеризованих пристроїв (смартфон, планшет) впливає на фізичні та хімічні чинники середовища: електромагнітні випромінювання, статична електрика, температура і вологість повітря, вміст кисню і озону. Повітря забруднюється шкідливими хімічними речовинами антропогенного походження за рахунок деструкції полімерних матеріалів, що використовуються для обробки приміщень та обладнання. Організація робочого місця з порушенням норм призводить до загальної та локальної напруги м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, викривлення хребта і розвитку остеохондрозу, зміни внутрішнього тиску у оці та інших проблем з органами зору.

У Законі України «Про охорону праці» задекларовані основні принципи державної політики в галузі охорони праці:

- пріоритет життя і здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції;
- обов'язковий соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- використання економічних методів управління охороною праці;

- комплексне розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямків економічної та соціальної політики, досягнень у галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- запровадження єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності й виду діяльності;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- співробітництво і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці;
- міжнародне співробітництво в галузі охорони праці, використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці.

Для реалізації цих принципів було створено Національну раду з питань безпечної життєдіяльності населення при Кабінеті Міністрів України, Держгірпромнагляд та його територіальні органи, Фонд соціального страхування від нещасних випадків, Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, навчально-методичні центри. Розроблені та реалізуються загальнодержавна, галузеві, регіональні програми покращення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища. В обласних та районних державних адміністраціях діють відповідні ради з безпечної життєдіяльності, а в центральних та міських органах виконавчої влади функціонують підрозділи, що займаються питаннями охорони праці.

Виходить щомісячний журнал "Охорона праці". Великими накладками видаються нормативно-правові акти, наочні посібники, навчальна, довідкова та інша література з охорони праці. Створюються комп'ютерні мережі, опрацьовуються та впроваджуються автоматизовані інформаційні системи з найважливіших питань охорони праці. Умови трудового договору не можуть

містити положень, що суперечать законам та іншим нормативно-правовим актам з охорони праці. Під час укладання трудового договору роботодавець повинен поінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівників на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору.

5.2 Закон України «Про охорону праці»

Найважливішими пунктами Закону України «Про охорону праці» є:

- запровадження норм прямої дії щодо порядку організації охорони праці безпосередньо на підприємстві, в установі, організації будь-якої форми власності; чітке визначення функцій, обов'язків, прав, відповідальності роботодавця і конкретних посадових осіб та працівників; забезпечення визначених Законом основоположних складових частин системи управління охороною праці на виробничому рівні;
- зміцнення позиції та підтвердження вагомого статусу служб охорони праці щодо прав і повноважень працівників цих служб, їх підпорядкування безпосередньо керівникові та прирівнення до основних виробничо-технічних служб підприємства, необхідність створення служб охорони праці як на підприємствах, так і в усіх органах управління, включаючи місцеві державні адміністрації;
- визначення вагомого місця та ролі колективного договору підприємства у вирішенні завдань охорони праці, забезпечення прав і соціальних гарантій працівників;

- формування системи загальнообов'язкового державного соціального страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності;
- встановлення порядку створення в Україні власної нормативної бази з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища згідно з вимогами сьогодення, із урахуванням ринкових перетворень та необхідності забезпечення єдиних державних нормативів з охорони праці на рівні, не нижчому від міжнародних стандартів;
- визначення курсу на забезпечення неперервного якісного навчання населення з питань безпечної життєдіяльності та охорони праці, впровадження в усіх навчальних закладах системи освіти відповідної дисципліни; започаткування підготовки спеціалістів з охорони праці у технічних вузах країни;
- поширення принципів демократизму і гласності на сферу охорони праці, закріплення за відповідальними посадовими особами всіх рівнів та роботодавцями обов'язків щодо надання населенню країни або відповідного регіону вичерпної інформації про стан умов і безпеки праці, причини аварій, нещасних випадків, профзахворювань та про вжиті профілактичні заходи;
- забезпечення активної участі професійних спілок та інших громадських формувань у роботі щодо покращення охорони праці, створення можливостей щодо формування нових громадських інституцій: комісій з питань охорони праці підприємства, уповноважених трудового колективу з цих питань.

5.3 Правила поведінки на автостоянці

На автостоянці існують певні правила, яких відвідувачі зобов'язані дотримуватися:

– В'їзд на автостоянку вантажного транспорту виконується повністю під відповідальність відвідувача. Відвідувачам дозволений доступ лише на ту територію та в ті будівлі, де він необхідний для здійснення візиту або якої-небудь діяльності (для постачальників) і т. д.

– Як водіям, так і пасажиром, присутнім на автостоянці, необхідно мати дійсний паркувальний квиток.

– Стоянка на автостоянці вантажного транспорту виконується повністю під відповідальність відвідувача. Парковка не несе відповідальності за будь-який збиток, нанесений на автостоянці в результаті нещасного випадку, втрати, крадіжки або з будь-якої іншої причини. Єдиним винятком із вищевикладеного є випадки, коли збиток завданий в результаті очевидних злочинних дій парковки або одного з її співробітників. Про будь-який збиток слід негайно повідомляти в диспетчерський пункт. Парковка не може бути притягнута до відповідальності за пошкодження транспортного засобу, про які повідомляється після того, як автомобіль залишив автостоянку.

– Відвідувачі повинні завжди дотримуватися інструкцій та вказівок, даних які діють на парковці або від її імені. Такі інструкції/вказівки можуть бути дані, серед іншого, за допомогою знаків, вказівок або сигналів персоналу та співробітників підрядників, найнятих парковкою.

– Якщо відвідувач не виконує інструкції/вказівки, дані парковкою або від її імені, негайно, парковка не бере на себе відповідальність за будь-які втрати або збитки. (Теоретично, при дотриманні інструкцій не може бути жодних втрат або збитків).

– Парковка за жодних обставин не несе відповідальності за прокол шин і збиток, викликаний проколом шин, на автостоянці.

– Персонал парковки та/або найняті нею підрядники мають право в будь-який час оглядати (ручний) багаж, контейнери, кабіни та відсіки для приладдя будь-якого транспортного засобу/користувача.

– Якщо в результаті невиконання відвідувачем автостоянки правил парковки або найняті нею підрядники зазнають збитків, відвідувач зобов'язаний

за першою вимогою повністю відшкодувати усі збитки без обмеження будь-яких прав, які парковка може мати відповідно до закону.

– Якщо відвідувач не виконує правила, парковки може (безстроково) відмовити відвідувачу в доступі на автостоянку.

– В'їжджаючи на автостоянку, відвідувачі погоджуються з даними правилами які встановлені на парковці.

Інструкції з техніки безпеки для відвідувачів автостоянки.

Забороняється вхід на територію автостоянки без дійсного вхідного квитка. Ви повинні зберігати вхідний квиток під час перебування на автостоянці та пред'являти його на вимогу співробітників або найнятих нею підрядників.

Паркувати свій транспортний засіб у межах спеціально відведеного для цього простору між лініями.

Якщо не виконуються інструкції/вказівки негайно або виконуєте їх неправильно, працівники автостоянки мають право перемістити/прибрати транспортний засіб. Буде потрібно відшкодувати працівникам парковки вартість такого переміщення.

На автостоянці необхідно дотримуватися таких самих правил поведінки та дорожнього руху, як і на дорогах громадського значення. Дорожні знаки та сигнали мають таке саме значення.

Поведінка відвідувача на автостоянці не повинна представляти небезпеки або незручності, персоналу автостоянки, найнятим нею підрядникам або іншим користувачам автостоянки. Всі відвідувачі повинні дотримуватися звичайних правил пристойності та ввічливості.

Обладнання автомобільного транспорту та причепів, а також інші транспортні засоби повинні відповідати законодавчим вимогам.

Припарковані вантажні автомобілі або причепи, що стоять окремо, повинні бути завжди поставлені на стоянкові гальма або зафіксовані іншим способом, із тим щоб транспортний засіб не представляв небезпеки для іншого транспорту. Окремо залишати причепи (за умови використання опор) дозволено тільки

власникам абонементів; опори повинні бути встановлені так, щоб причіп не міг нахилитися вперед і пошкодити покриття автостоянки.

В'їзд на автостоянку та виїзд з неї, а також рух вперед та/або назад по автостоянці повинні здійснюватися тільки після того, як водій переконається, що не становить небезпеки або не створює перешкоди іншому транспорту.

Не можна заїжджати на автостоянку на автомобільному транспорті без діючих водійських прав. Реєстраційні документи та водійські права необхідно пред'являти на вимогу службового персоналу автостоянки або найнятих нею підрядників.

Обмеження швидкості вказано на знаках. Обмеження швидкості на автостоянці — 10 км/год.

На автостоянці забороняється вживання та/або зберігання алкогольних напоїв та/або наркотиків.

Забороняється розводити багаття.

Забороняється надмірно шуміти.

На автостоянці забороняється виконувати ремонт і технічне обслуговування вантажних автомобілів/комерційних транспортних засобів (включаючи заміну мастила і т. д.).

Невеликі побутові відходи слід викидати у сміттєві баки, що знаходяться на автостоянці; громіздкі відходи (шини, піддони і т. д.) та побутові хімічні відходи (батареї) у них викидати заборонено.

Забороняється розміщувати на дорозі об'єкти, перешкоди та/або загорождення без попереднього дозволу охоронної фірми та/або парковки.

Легкові автомобілі та обслуговуючий транспорт можуть бути припарковані на автостоянці тільки в спеціально відведених місцях.

Транспорту, що перевозить небезпечні вантажі, в'їзд на автостоянку заборонений.

Неповнолітні повинні знаходитися на автостоянці або відвідувати вбиральні в супроводі дорослих.

Додаткові послуги які можуть надавати автостоянки:

- прилад AED, який знаходиться поруч із вбиральнями;
- туалети;
- душові;
- пральна машина/сушильний автомат;
- Wi-Fi;
- кімната відпочинку;
- ресторани;
- мийка вантажних автомобілів;
- технічне обслуговування вантажних автомобілів різних марок.

Правила доступу на автостоянку:

– Вхід на територію автостоянки дозволений тільки за наявності дійсного вхідного квитка. Забороняється передавати Ваш квиток третім особам для входу на автостоянку.

– Працівники автостоянки і підрядники/співробітники уповноважені стежити за дотриманням цих правил. Працівники автостоянки і найняті нею підрядники мають право тимчасово відхилитися від інструкцій, наведених у цих правилах.

– Без обмеження будь-яких дій, які можуть бути виконані щодо тих, хто не дотримується правил або діє всупереч правилам, їм також може бути відмовлено в доступі на автостоянку на будь-якому транспортному засобі.

Стоянка напівпричепів-контейнеровозів:

Напівпричепи-контейнеровози дозволяється ставити на стоянку тільки разом з транспортним засобом.

Стоянка окремих напівпричепів-контейнеровозів не дозволяється у зв'язку з ризиком пошкодження покриття автостоянки.

РОЗДІЛ 6

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

6.1 Техніко-економічний опис ідеї проекту

Ідея створення системи автоматизованого паркування на основі технології IoT передбачає використання інструментів IoT для управління транспортними засобами на парковці.

Технологія, обрана для реалізації концепції проекту, передбачає побудову радіомережі для позиціонування за допомогою приймачів Bluetooth Low Energy (LE). Ця технологія можлива з точки зору реалізації апаратного та програмного забезпечення та відповідає вимогам точності та захисту від перешкод

Основними перевагами таких систем для різних груп користувачів є:

- Оформлення традиційних знань.
- Контроль руху автомобіля.
- Планування маршруту на короткі відстані та маневрування під час паркування.
- Запобігання зіткненням транспортних засобів.
- Попередження про можливе зіткнення, зміна курсу або негайна зупинка.

У таблиці 6.1 наведено порівняння розробленого проекту з декількома конкурентами (Конкурент 1 – FidPark-CAR, Конкурент 2 – AFAPARK) за такими техніко-економічними характеристиками:

- технологія;
- зона покриття;
- точність;
- швидкість передачі даних;
- завадостійкість;
- рівень енергоспоживання.

Таблиця 6.1 – Порівняння сильних, слабких і нейтральних характеристик конкуруючих проектів

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Конкуруючі проекти			Визначення слабких, нейтральних та сильних сторін розробленого проекту		
		Розроблений проект	Конкурент1 FidParkCAR	Конкурент2 AFAPARK	-	=	+
1	Технологія	<i>Bluetooth</i> , для точного контролю авто на території паркінгу	<i>Інформаційні</i> <i>табло</i> , для допомоги водію з навігацією паркінгом	<i>Інформаційні</i> <i>табло</i> , для допомоги водієві з навігацією паркінгом			Найкраще підходить для даної галузі
2	Зона охоплення	900 м	Поле зору водія	Поле зору водія			Більша зона покриття
3	Точність	до 1 м	Залежить від вправності водія авто	Залежить від вправності водія авто		Достатня для даної галузі	
4	Швидкість передачі даних	<i>Середня</i> , залежить від кількості авто на паркінгу	<i>Середня</i> , залежить від кількості авто на паркінгу	<i>Середня</i> , залежить від кількості авто на паркінгу		Як у конкурентів	
5	Завадостійкість	<i>Висока</i>	<i>Відсутня</i> , у систем такого типу	<i>Відсутня</i> , у систем такого типу		Як у конкурентів	
6	Рівень споживання енергії	<i>Низький</i>	<i>Низький</i>	<i>Низький</i>		Як у конкурентів	

Порівняння дозволяють визначити сильні, слабкі та нейтральні характеристики проектних ідей. Зокрема обрана технологія реалізації та покриття є сильними сторонами проекту. Хоча недоліків запропонованої концепції виявлено не було.

6.2 Аналіз ринкових можливостей для запуску проектів

В кваліфікаційній роботі насамперед описано потенційний ринок для запуску проекту. Основний склад команди 2 особи. Загальний обсяг продажів 200 000 000 грн. Життєвий цикл ринку – зростаючий. Обмежень на в'їзд немає. Особливих вимог до стандартизації та сертифікації немає. 70% — це середня галузева (або ринкова) норма прибутку.

Описано потенційних клієнтів для запуску проекту. Формування потреб ринку – системи контролю та управління автомобілями на паркувальних майданчиках. Цільова аудиторія – представники будівельної, логістичної та інших сфер. Існують відмінності в поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів – основні цілі всіх груп клієнтів однакові – зручність, економія часу, контроль місця розташування. Базові вимоги споживачів до продукції полягають у тому, щоб система була автоматизованою, простою у використанні та надійною.

Факторами загрози є поява нових конкурентів на ринку та девальвація гривні. Загроза полягає у зменшенні частки ринку та зниженні попиту на українському ринку. У цьому випадку можливі відповіді – збільшення витрат на рекламу, створення нових технологічних рішень, вихід на зовнішні ринки.

Фактори попиту на системи позиціонування в автомобільній промисловості або сферах зі схожими потребами впливають на збільшення частки ринку та можливість розробки нових систем. Компанії можуть відповісти збільшенням виробництва та впровадженням нових технологій.

Фактор здешевлення електрокомпонентів і компонентних систем впливає на зниження собівартості продукції, що призведе до зростання попиту на більш дешеву продукцію. Імовірною реакцією компанії є вихід на нові ринки збуту та збільшення продажів.

6.3 Аналіз рівня ринкової конкуренції

В кваліфікаційній роботі провели аналіз ринкової конкуренції.

Конкурентне середовище характеризується:

– Чиста конкуренція, що проявляється наявністю на ринку компаній-конкурентів зі схожими технологіями. Ця характеристика впливає на діяльність підприємств, оскільки боротьба за домінування призводить до скорочення витрат, технологічного вдосконалення та пошуку нових ідей розвитку.

– Рівень глобальної конкуренції, що проявляється виходом на зовнішні ринки та відсутністю локальних конкурентів. Ця характеристика впливає на діяльність підприємства, оскільки товар продається за найнижчою можливою ціною.

– Внутрішньогалузева конкуренція представлена ринковою конкуренцією в будівельній галузі та галузі логістики. Ця характеристика впливає на діяльність підприємства, оскільки необхідно зосередитися на пошуку конкурентних переваг, які дозволять підприємству зайняти стабільну конкурентну позицію на цьому ринку.

– Товарна конкуренція проявляється як змагання на технічному рівні за задоволення попиту. Існує конкуренція з іншими компаніями. Ця характеристика впливає на діяльність компанії через конкуренцію в технологічній сфері.

– Для значної частини споживачів проявляється нецінова конкуренція, і вирішальним фактором вибору є технологічна перевага або пропозиція. Ця характеристика впливає на діяльність компаній через конкуренцію в технологічній сфері.

Розглянули альтернативи виведення стартап-проектів на ринок.

Перший варіант – використання акцій і мерчандайзингу для збільшення продажів, презентація продукту на різноманітних конференціях, можливість отримання ресурсів від інвестицій, термін реалізації до 2 років.

Другий варіант - розширення асортименту за рахунок створення нових продуктів або вдосконалення існуючих, можливість отримання ресурсів від інвестицій, а термін реалізації – до 3 років.

Третьою альтернативою є збільшення представленості на міжнародній арені, ймовірність отримання довгострокових кредитів, строки реалізації до 5 років.

6.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

В кваліфікаційній роботі визначили ключові переваги концепції потенційного товару, по трьох напрямках: ціна, якість та дальність.

Вигоду яку пропонує товар в потребі «ціна» – дешевше, ніж у конкурентів. В потребі «якість» – точність позиціонування, завадостійкість, надійність. Точність відповідає технічним вимогам галузі, технології передачі даних є стійкими до спотворення. Часткове дублювання системи на випадок відмови головних елементів.

В потребі «дальність» – більше покриття. Більша зона обхвату базової станції призводить до зменшення кількості базових станцій на відміну від конкурентів. В таблиці 6.2 наведено опис рівнів моделі товару.

Визначили межі встановлення ціни на товари замітники, на товари аналоги, орієнтовні доходи цільової групи споживачів та межі встановлення ціни запропонованого проекту навели в таблиці 6.3.

Налагодження системи продажів.

Конкретною ситуацією купівельної поведінки цільового клієнта є його власна система продажів. Функція збуту, яку повинен виконувати постачальник продукту - це доставка продукту клієнту, повне впровадження та тестування системи на заводі. Глибина каналу збуту – це вертикальна система. Найкраща система продажів – це багатоканальна система продажів.

Таблиця 6.2 – Опис рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Інформаційна система автоматичного паркування автомобілів на основі систем локального позиціонування		
	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Д/Ер
	1. Базові станції	М	Вр, Тх
	2. Мітки	М	Тх, Д
	3. Живлення	М	Вр
	4. Автоматизована система	Нм	Тх, Ер
	Якість: тестування за державними і міжнародними стандартами		
	Пакування: без пакування, розгортання та налаштування		
	Встановлення: системи на об'єкті		
	Марка: в процесі розробки		
	До продажу: інформацію про товар можна дізнатися у менеджерів		
	Після продажу: повністю готовий для роботи		
	За рахунок чого товар буде захищено від копіювання: товар буде захищено за рахунок інтелектуальної власності і новітніх систем		

М – матеріальна, Нм – не матеріальна, Вр – вартість, Тх – технологія, Д – доступність, Ер – ергономічність.

Таблиця 6.3 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Орієнтовні доходи цільової групи споживачів	Межі встановлення ціни запропонованого проекту
Понад 1млн. грн	Понад 1 млн. грн	Від 10 до 50 млн. грн	Від 0,5 до 1 млн. грн

Концепція маркетингових комунікацій.

Поведінка цільового клієнта – це власники бізнесу або інвестори в галузі, які готові впроваджувати новітні технології. Каналами комунікації для цільових клієнтів є професійні форуми та виставки галузі. Ключовою локацією, обраною для позиціонування, є доступність і об'єктивність інформації про компанію та продукцію, а завданням рекламної інформації є вплив на процес прийняття рішення про покупку товару. Тому основною концепцією рекламного звернення є підкреслення переваг продукту, що розробляється.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено систему автоматичного паркування транспортних засобів на основі технології V2X. Розглянуто наявні рішення для розв'язання проблем локального позиціонування або навігації в межах автостоянки, і технології, які вони пропонують. Проаналізовано рішення від брендів FIDPARK та AFAPARK щодо регулювання питань автоматичного паркування автомобілів.

Обрано технологію визначення координат рухомих об'єктів за допомогою маяків Bluetooth, які використовують протокол Bluetooth Low Energy – стандарт, що підтримує роботу мінливих мереж. Тому застосування локальної системи позиціонування, побудованої на цих стандартах, дозволяє вирішити поставлені при створенні системи завдання. Розроблено інформаційну систему, яка використовує комбінацію методів для визначення місцезнаходження об'єкта та реалізує задачі пов'язані з авторизацією користувачів, пошуком та бронюванням паркомісць, здійсненням безготівкової оплати тощо.

Розроблено конструктивно-функціональне рішення автоматизованої системи паркування. Для побудови інфраструктури для локальної системи позиціонування було обрано мережеве рішення «маяк-маяк».

Розроблено комп'ютерну модель процесу паркування, що складається з моделі навколишнього середовища та моделі транспортного засобу. У свою чергу модель транспортного засобу розділена на контролери повздовжнього та поперечного переміщення. Моделювання описаних процесів проведено у математичному пакеті MATLAB.

Проведено аналіз економічних показників представленого рішення. Сформовано стартап-проект, у якому досліджено конкурентоспроможність системи, показано її переваги та недоліки, стратегії розвитку та динаміку вітчизняного ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.
2. Steiner, C. (2012). *Automate This: How Algorithms Came to Rule Our World*. New York: Portfolio.
3. Ford, M. (2015). *The Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York: Basic Books.
4. Russell, S. (2019). *Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control*. New York: Viking.
5. Mitchell, M. (2019). *Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
6. Ng, A. (2017). *Machine Learning Yearning*. [Назва видавництва не вказана - книга доступна онлайн].
7. Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2018). *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Boston: Harvard Business Review Press.
8. Lee, K.-F. (2019). *AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
9. Burns, L. D., & Shulgan, C. (2016). *Autonomous: The Future of Driverless Cars*. New York: Ecco.
10. Domingos, P. (2017). *The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*. New York: Basic Books.
11. Транспортний колапс [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://zik.ua/blogs/top_problem_kyieva_stan_sprav_ta_metody_rozviazann_ia_984139 (дата звернення 22.01.2024).
12. Системи керування паровкою Dahua [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://leater.com/services/sistema-upravleniya-parkovkoy.html> (дата звернення 12.01.2024).

13. AFAPARK Інтуїтивні інформаційні табло [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.afapark.com/prod_concept.html (дата звернення 12.01.2024).
14. Система контролю та оплати стоянок FIDPARK [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://fidpark.com/content/en/103/Car-Parkings-FidParkCar.html> (дата звернення 12.01.2024).
15. Технології позиціонування в реальному часі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.rtlsnet.com/technology/view/4> (дата звернення 08.01.2024).
16. Технології локального позиціонування. Частина 1 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/realtrac/blog/281837/> (дата звернення 09.01.2024).
17. Мережева інфраструктура системи РТЛС [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.rtlsnet.com/technology/view/3> (дата звернення 09.01.2024).
18. Мережі ZigBee [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/post/155037/> (дата звернення 10.01.2024).
19. RFID-системи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/post/194908/> (дата звернення 10.01.2024).
20. Технології позиціонування РТЛС [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.rtlsnet.com/technology/view/2> (дата звернення 09.01.2024).
21. SDS-TWR вимірювання відстані [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/post/154445/> (дата звернення 09.01.2024).
22. Методи локального позиціонування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/realtrac/blog/301706/> (дата звернення 15.01.2024).
23. Bluetooth mesh – базові складові мережі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/post/334478/> (дата звернення 16.01.2024).

24. Скорик Е. Т. Застосування супутникових технологій навігації та зв'язку в автотранспортній галузі // Е. Т. Скорик, В. М. Кондратюк. – Наука та інновації. – 2007. – Т. 3. – № 1.
25. Соколов В. Ю. Інформаційні системи і технології : навч. посібник / Соколов В. Ю. – К. : ДУІКТ, 2010. – 138 с.
26. Столярський О. В. Регламентация автомобільних перевезень за нормами національного права України : електронний підручник [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://pidruchniki.ws /1292052243933/logistika/reglamentatsiya_avtomobilnih_perevezen_normami_natsionalnogo_prava_ukrayini.
27. Супутникові системи навігації на транспорті : електронний підручник [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://shevchenkove.org.ua /person_syte/Golub/супутники2016/teoria1.html.
28. Фабричев В. А. Інформаційні системи і технології підприємства : навч. посіб. / В. А. Фабричев, В. М. Боровик. – К. : НАУ, 2008. – 100 с.
29. Четверухін Б. М. Основи теорії систем і системного аналізу : навчальний посібник / – К.: НТУ, 2004. – 272 с.
30. Пістун І. П., Березовецький А. П., Городецький І. М., Охорона праці на автомобільному транспорті : навч. посіб. /. – Львів : Тріада плюс, 2009. – 320 с. – Бібліогр.: с. 317.
31. Іванілов, О. С. Економіка підприємства: Підручник. – 2-ге вид. / О. С. Іванілов. – К. : ЦУЛ, 2011. – 728 с.
32. Бойчик, І. М. Економіка підприємства : навч. посіб. / І. М. Бойчик. – К. : Атіка, 2012. – 543 с.
33. Данилишин, Б. М. Економіка природокористування : підручник / Б. М. Данилишин, М. А. Хвесик, В. А. Голян. – К. : Кондор, 2010. – 465 с.