

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**

**ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій  
\_\_\_\_\_ Микола СІДЄЛЄВ  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**  
**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПАРКУВАННЯ**  
**ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШИРОКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**  
Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології  
та робототехніка  
Освітня програма «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології  
та робототехніка»

**Здобувач** \_\_\_\_\_ **Олексій ЖОСАН**  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

**Керівник роботи**  
к.т.н, доцент \_\_\_\_\_ **Олег ЩЕСІЮК**  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

**Консультант**  
докт. біол. наук, професор \_\_\_\_\_ **Людмила ГРИГОР'ЄВА**  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет	Комп'ютерних наук
Кафедра	Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Освітній ступінь	Магістр
Спеціальність	174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Освітня програма	Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій

\_\_\_\_\_ Микола СІДЄЛЄВ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну магістерську роботу здобувача**

**Жосан Олексій Андрійович**

1. Тема кваліфікаційної роботи «Автоматизована система паркування транспортних засобів широкого призначення»  
затверджена наказом в.о.ректора ЧНУ ім. Петра Могили № 265 від «05» листопада 2025 р.
2. Строк представлення кваліфікаційної роботи «18» червня 2026 р.

3. Очікуваний результат роботи та початкові дані, якщо такі потрібні

Очікуваний результат роботи та початкові дані: програмна імітаційна модель автоматизованої системи паркування з моделюванням сенсорних даних, прийняттям керуючих рішень, візуалізацією стану системи та збереженням результатів у базі даних. матеріали бакалаврської роботи, відомості про системи допомоги при паркуванні, опис сенсорів відстані, структура бази даних і програмна реалізація SmartParking Simulator.

4. Перелік питань, що підлягають розробці: аналіз автоматизованих систем паркування; огляд сенсорів і підходів до моделювання; формування вимог до системи; проєктування архітектури, алгоритму та бази даних; UML-моделювання роботи системи; опис програмної реалізації; тестування моделі; аналіз результатів; питання охорони праці та безпеки.

5. Перелік графічних матеріалів: загальна схема роботи системи; архітектура системи; схема інформаційної взаємодії модулів; блок-схема алгоритму прийняття рішень; UML-діаграма варіантів використання; UML-діаграма послідовності; ER-діаграма бази даних; головне вікно програми; вікно графіка зміни відстані; схема небезпечних факторів; схема безпечної зони паркувального маневру.

6. Консультанти:

Консультант	Кафедра (організація)	Частина роботи
Щесюк О.В.	Автоматизація та КІТ	1 - 3 розділи
Григор'єва Л.І.	Екологія	4 розділ

7. Дата видачі завдання «05» листопада 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1.	Розробка та затвердження завдання на виконання КМР	09.09.2025	05.11.2025	Виконано
2.	Огляд літератури за темою роботи	06.11.2025	20.11.2025	Виконано
3.	Складання календарного плану КМР	21.11.2025	22.11.2025	Виконано
4.	Аналіз предметної області	24.11.2025	22.12.2025	Виконано
5.	Розробка проєктних рішень	23.12.2025	26.02.2026	Виконано
6.	Моделювання, конструювання та програмування СА та РТС	02.03.2026	17.04.2026	Виконано
7.	Дослідження СА та РТС, аналіз результатів	20.04.2026	11.05.2026	Виконано
8.	Попередній захист	12.05.2026	12.05.2026	Виконано
9.	Робота над розділом з охорони праці	17.04.2026	20.05.2026	Виконано
10.	Відгук керівника КМР	21.05.2026	22.05.2026	Виконано
11.	Оформлення КМР та презентації	25.05.2026	04.06.2026	Виконано
12.	Рецензування	05.06.2026	16.06.2026	Виконано
13.	Завершення оформлення КМР та презентації	17.06.2026	18.06.2026	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026	25.06.2026	Виконано

**Здобувач**

\_\_\_\_\_

**Олексій ЖОСАН**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**Керівник роботи**

к. т. н. , доцент

\_\_\_\_\_

**Олег ЩЕСЮК**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

## АНОТАЦІЯ

**Жосан О.А. Автоматизована система паркування транспортних засобів. Кваліфікаційна магістерська робота зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». – Миколаїв, ЧНУ ім. Петра Могили, 2026. – 75 сторінок, 12 рисунків, 18 таблиць, 18 джерел посилання.**

Кваліфікаційна магістерська робота присвячена розробленню програмної імітаційної моделі автоматизованої системи паркування транспортного засобу. Актуальність роботи зумовлена потребою підвищення безпеки маневрування автомобілів і спеціальної техніки в умовах обмеженого простору, недостатньої оглядовості та наявності перешкод.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого паркування транспортного засобу. Предметом дослідження є програмна імітаційна модель системи паркування та алгоритм обробки сенсорних даних. Метою роботи є розроблення моделі, що забезпечує імітацію роботи датчиків, прийняття керуючих рішень, візуалізацію стану системи та збереження результатів у базі даних.

У роботі проаналізовано системи допомоги при паркуванні, типи датчиків і підходи до програмного моделювання. Розроблено архітектуру системи, алгоритм прийняття рішень, UML-діаграми, структуру бази даних і програмну модель SmartParking Simulator. Тестування показало коректну реакцію системи на типові сценарії паркування. Також розглянуто питання охорони праці та безпеки використання системи.

***Ключові слова:** автоматизована система паркування, транспортний засіб, сенсорні дані, імітаційна модель, датчик відстані, алгоритм прийняття рішень, база даних, журнал дій.*

## ANNOTATION

**Zhosan O.A. Automated Vehicle Parking System. Master's qualification thesis in specialty 174 "Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics". – Mykolaiv, Petro Mohyla Black Sea National University, 2026. – 75 pages, 12 figures, 18 tables, 18 references.**

The master's qualification thesis is devoted to the development of a software simulation model of an automated vehicle parking system. The relevance of the work is determined by the need to improve the safety of maneuvering cars and special-purpose vehicles in limited space, insufficient visibility, and the presence of obstacles.

The object of the study is the process of automated vehicle parking. The subject of the study is a software simulation model of a parking system and an algorithm for processing sensor data. The purpose of the thesis is to develop a model that provides sensor simulation, control decision-making, system state visualization, and storage of results in a database.

The thesis analyzes parking assistance systems, sensor types, and software modeling approaches. The system architecture, decision-making algorithm, UML diagrams, database structure, and SmartParking Simulator software model were developed. Testing showed the correct system response to typical parking scenarios. Occupational safety and safe use of the system are also considered.

***Keywords:*** *automated parking system, vehicle, sensor data, simulation model, distance sensor, decision-making algorithm, database, event log.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПАРКУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	6
1.1 Поняття та призначення автоматизованих систем паркування .....	6
1.2 Особливості паркування автомобілів, сільськогосподарської та спеціальної техніки .....	8
1.3 Аналіз сучасних систем допомоги при паркуванні .....	10
1.4 Огляд сенсорів, що використовуються в автоматизованих системах паркування .....	13
1.5 Аналіз програмних підходів до моделювання роботи систем паркування .....	17
1.6 Постановка задачі дослідження.....	19
Висновки до розділу 1 .....	21
2 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ .....	23
2.1 Формування вимог до автоматизованої системи паркування .....	23
2.2 Загальна архітектура системи .....	26
2.3 Проєктування інформаційної взаємодії датчиків, мікроконтролера та керуючого модуля.....	29
2.4 Розробка алгоритму прийняття рішень під час паркування .....	33
2.5 Моделювання сценаріїв руху та виявлення перешкод.....	36
2.6 Проєктування структури збереження даних і журналу роботи системи	39
Висновки до розділу 2.....	42

<b>3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ</b>	
<b>АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ .....</b>	<b>45</b>
3.1 Реалізація імітаційної моделі роботи системи .....	45
3.2 Реалізація модуля введення та збереження даних про транспортний засіб .....	48
3.3 Реалізація модуля симуляції сигналів датчиків .....	51
3.4 Реалізація алгоритму керування паркувальним маневром .....	53
3.5 Реалізація журналу дій системи.....	55
3.6 Тестування системи на типових сценаріях паркування .....	58
3.7 Аналіз результатів роботи системи та оцінювання її ефективності .....	61
Висновки до розділу 3 .....	64
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ</b>	
<b>СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ.....</b>	<b>66</b>
4.1 Загальні вимоги безпеки під час експлуатації транспортних засобів ....	66
4.2 Потенційні небезпеки під час автоматизованого паркування .....	67
4.3 Вимоги до робочої зони, освітлення та оглядовості.....	69
4.4 Заходи безпеки при використанні датчиків та електронних компонентів .....	70
4.5 Рекомендації щодо безпечного впровадження системи.....	72
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>75</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ... Помилка! Закладку не визначено.</b>	

## ВСТУП

Автоматизація процесів керування транспортними засобами є важливим напрямом розвитку сучасних автомобільних і роботизованих систем. Одним із практичних прикладів такої автоматизації є системи допомоги під час паркування, які використовують сенсорні дані для визначення відстані до перешкод, аналізу навколишньої ситуації та формування керуючих рішень [1].

Актуальність теми зумовлена тим, що паркування автомобіля або спеціальної техніки часто виконується в умовах обмеженого простору, недостатньої оглядовості та наявності перешкод. Для великогабаритної, сільськогосподарської або спеціальної техніки ця проблема є особливо важливою, оскільки помилки під час маневрування можуть спричинити пошкодження техніки, інфраструктури або створити небезпечні ситуації для людей [2].

У межах магістерської роботи розглядається автоматизована система паркування автомобіля/техніки. Практична частина представлена програмною реалізацією імітаційної моделі, яка відтворює логіку отримання сенсорних даних, аналізу відстані до перешкод, вибору керуючої дії, візуалізації стану системи та збереження результатів у базі даних. Програмна модель не здійснює фізичного керування реальним транспортним засобом, а використовується для перевірки алгоритмічної логіки роботи системи [3].

Метою роботи є розроблення та дослідження програмної імітаційної моделі автоматизованої системи паркування автомобіля/техніки, що забезпечує моделювання сенсорних даних, прийняття керуючих рішень, візуалізацію стану системи та збереження результатів роботи в базі даних.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. проаналізувати принципи роботи автоматизованих систем паркування;

2. розглянути типи сенсорів, що використовуються для визначення відстані до перешкод;
3. сформулювати вимоги до програмної імітаційної моделі системи;
4. спроектувати архітектуру системи та алгоритм прийняття рішень;
5. описати структуру бази даних для збереження телеметрії та журналу дій;
6. дослідити програмну реалізацію системи та її користувацький інтерфейс;
7. провести тестування програмної моделі на типових сценаріях;
8. розглянути питання охорони праці та безпеки використання системи.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого паркування автомобіля або техніки в умовах обмеженого простору.

Предметом дослідження є програмна імітаційна модель автоматизованої системи паркування, алгоритм обробки сенсорних даних і прийняття керуючих рішень.

У роботі використано методи системного аналізу, моделювання, алгоритмізації, проектування баз даних і тестування програмного забезпечення. Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована програмна модель може бути використана для попередньої перевірки логіки автоматизованого паркування та подальшого вдосконалення системи з можливістю адаптації до реальних датчиків.

Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання та додатків. У першому розділі розглянуто теоретичні основи автоматизованих систем паркування. У другому розділі виконано проектування системи. У третьому розділі описано програмну реалізацію імітаційної моделі та результати її тестування. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки використання системи.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПАРКУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

## 1.1 Поняття та призначення автоматизованих систем паркування

Автоматизована система паркування автомобіля/техніки є комплексом технічних і програмних засобів, призначених для полегшення або часткової автоматизації процесу маневрування транспортного засобу в обмеженому просторі. Основним завданням такої системи є виявлення перешкод, оцінювання відстані до них, формування попереджувальних сигналів або керуючих дій, а також підвищення безпеки під час виконання паркувального маневру [1].

У сучасних транспортних засобах системи паркування можуть виконувати різні функції. Найпростішими є системи звукового або візуального попередження водія про наближення до перешкоди. Більш складні системи здатні аналізувати простір навколо автомобіля, визначати придатне місце для паркування, пропонувати траєкторію руху або частково керувати окремими елементами транспортного засобу [2]. У таких системах важливу роль відіграють датчики відстані, камери, мікроконтролери, електронні блоки керування та програмні алгоритми обробки даних.

Автоматизовані системи паркування можуть застосовуватися не лише для легкових автомобілів, а й для сільськогосподарської, складської, комунальної та спеціальної техніки. Для такої техніки проблема безпечного маневрування є особливо актуальною через великі габарити, обмежену оглядовість і складність руху в ангарах, виробничих приміщеннях, на стоянках або в місцях зберігання обладнання. У цих умовах система паркування може виконувати функцію допоміжного засобу контролю навколишнього простору [3].

Типова автоматизована система паркування складається з сенсорного, керуючого, виконавчого та інформаційного рівнів. Сенсорний рівень відповідає за отримання даних про відстань до перешкод. Керуючий рівень обробляє ці дані та визначає поточний стан системи. Виконавчий рівень може формувати команди для руху, зупинки або зміни траєкторії. Інформаційний рівень забезпечує виведення повідомлень, звукових сигналів, графічної індикації або журналу подій.

Узагальнену схему роботи автоматизованої системи паркування наведено на рисунку 1.1.

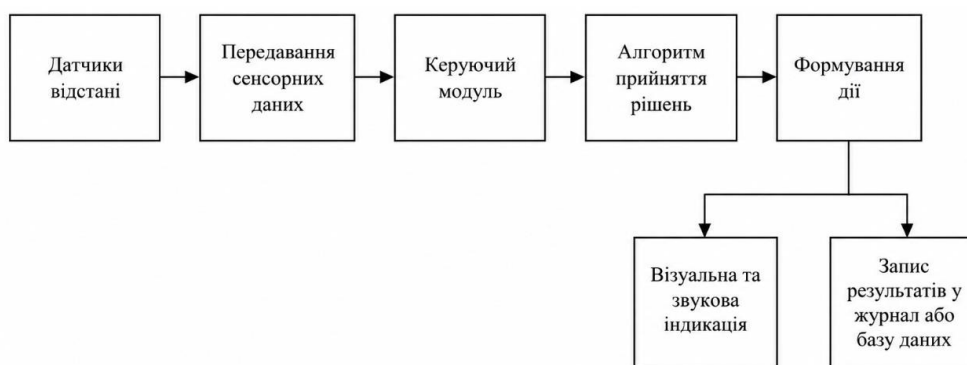


Рисунок 1.1 – Загальна схема роботи автоматизованої системи паркування

Як видно з рисунка 1.1, робота системи починається з отримання даних від датчиків. Далі ці дані передаються до керуючого модуля, де виконується їх аналіз і вибір подальшої дії. Залежно від значень відстані до перешкод система може сформувати попередження, команду зупинки, руху назад, повороту або продовження руху вперед.

У межах цієї магістерської роботи автоматизована система паркування розглядається через програмну імітаційну модель. Це означає, що робота реальних датчиків і виконавчих механізмів замінюється програмним моделюванням, а основна увага приділяється логіці обробки сенсорних даних,

прийняттю рішень, візуалізації стану системи та збереженню результатів у базі даних. Такий підхід дозволяє перевірити алгоритмічну частину системи без використання реального автомобіля або апаратного стенда [4].

Таким чином, автоматизована система паркування є важливим елементом підвищення безпеки та зручності керування транспортним засобом. Її ефективність залежить від точності сенсорних даних, швидкості їх обробки, правильності алгоритму прийняття рішень і зрозумілості інформування користувача.

## **1.2 Особливості паркування автомобілів, сільськогосподарської та спеціальної техніки**

Паркування транспортного засобу є одним із найскладніших маневрів, оскільки потребує одночасного контролю траєкторії руху, швидкості, відстані до перешкод і положення самого транспортного засобу відносно місця стоянки. На відміну від руху прямою ділянкою дороги, паркування часто виконується на малій швидкості, але в умовах обмеженого простору, де навіть незначна помилка може призвести до зіткнення або пошкодження техніки [1].

Для легкових автомобілів основними труднощами під час паркування є недостатній огляд задньої та бокових зон, наявність інших автомобілів, бордюрів, стін, огорожень або пішоходів. У таких умовах водій змушений постійно оцінювати зміну відстані до перешкод і коригувати напрямок руху. Саме тому в сучасних автомобілях широко використовуються паркувальні радары, камери заднього огляду, системи кругового огляду та напівавтоматичні асистенти паркування [2].

Особливої уваги потребує паркування сільськогосподарської та спеціальної техніки. Такі транспортні засоби часто мають значні габарити, велику масу, обмежену маневреність і значні сліпі зони. До цієї групи можна

віднести трактори, комбайни, вантажну техніку, причепа, комунальні машини та інші види обладнання, що використовуються на підприємствах, складах, у виробничих зонах або на аграрних об'єктах. У таких умовах ризик помилки під час маневрування є вищим, ніж для звичайного легкового автомобіля [3].

Складність паркування спеціальної техніки також пов'язана з тим, що вона часто експлуатується не в стандартних умовах дорожнього руху, а на територіях із нерівним покриттям, недостатнім освітленням, обмеженими проїздами або великою кількістю сторонніх об'єктів. Крім того, на підприємствах і в ангарах можуть одночасно перебувати люди, інші транспортні засоби, обладнання та матеріали. Це підвищує вимоги до точності виявлення перешкод і своєчасності попередження оператора.

Автоматизована система паркування в таких умовах виконує допоміжну функцію. Вона не лише інформує водія про наближення до перешкоди, а й може бути використана для моделювання керуючих дій. До таких дій належать зупинка, рух назад, зміна траєкторії або продовження руху вперед. Для цього система повинна отримувати дані від датчиків, аналізувати їх і формувати рішення відповідно до заданих правил.

У межах цієї роботи паркування розглядається не як повністю автономний процес фізичного керування транспортним засобом, а як алгоритмічна задача обробки сенсорних даних. Такий підхід дозволяє зосередитися на логіці прийняття рішень і перевірити її за допомогою програмної імітаційної моделі. У програмній реалізації моделюються значення переднього, заднього та бокових датчиків, після чого система визначає подальшу дію залежно від рівня небезпеки.

Основні фактори, що ускладнюють паркування транспортних засобів, наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Фактори, що ускладнюють процес паркування транспортних засобів

Фактор	Прояв під час паркування	Можливий наслідок
Обмежений простір	Невелика відстань до інших об'єктів	Ризик зіткнення
Недостатня оглядовість	Наявність сліпих зон	Несвоєчасне виявлення перешкоди
Великі габарити техніки	Складність оцінювання положення корпусу	Пошкодження техніки або інфраструктури
Низька маневреність	Повільна зміна траєкторії руху	Ускладнення заїзду на місце стоянки
Наявність людей у зоні руху	Потреба у швидкій реакції системи	Підвищення вимог до безпеки
Недостатнє освітлення	Погіршення видимості перешкод	Зростання ймовірності помилки

Як видно з таблиці 1.1, основні труднощі паркування пов'язані не лише з технічними характеристиками транспортного засобу, а й з умовами навколишнього середовища. Тому ефективна система паркування повинна враховувати як відстань до перешкод, так і швидкість реакції на зміну ситуації.

Для програмної імітаційної моделі ці особливості відображаються через використання сенсорних значень, порогових умов і алгоритму вибору дії. Такий підхід є спрощеним, але він дозволяє перевірити базову логіку роботи системи та підготувати основу для подальшого переходу до реального апаратного виконання.

### 1.3 Аналіз сучасних систем допомоги при паркуванні

Сучасні системи допомоги при паркуванні належать до засобів активної безпеки транспортного засобу. Їх основне призначення полягає в тому, щоб зменшити ймовірність зіткнення під час маневрування, надати водієві

додаткову інформацію про навколишній простір або частково автоматизувати виконання паркувального маневру [1].

Найпростішими системами є паркувальні радары, або парктроніки. Вони використовують ультразвукові датчики, які встановлюються переважно в передньому та задньому бамперах автомобіля. Такі датчики вимірюють відстань до перешкод і передають інформацію до керуючого блока. Водій отримує попередження у вигляді звукового сигналу, частота якого змінюється залежно від відстані до об'єкта. У більш складних системах додатково використовується графічна індикація на дисплеї [2].

Наступним рівнем розвитку є системи з камерою заднього огляду або кругового огляду. Вони дають змогу водієві бачити простір позаду або навколо транспортного засобу. Такі системи особливо корисні для великогабаритної техніки, де огляд із місця водія є обмеженим. Камери не замінюють датчики відстані, але доповнюють їх, оскільки дозволяють візуально оцінити положення транспортного засобу відносно перешкод [3].

Більш складними є напівавтоматичні системи паркування. Вони можуть самостійно визначати придатне місце для паркування, розраховувати траєкторію руху та керувати окремими виконавчими механізмами, наприклад кермовим управлінням. При цьому водій зазвичай продовжує контролювати швидкість, перемикання передач і гальмування. Тобто така система не є повністю автономною, а виконує функцію інтелектуального помічника [4].

Повністю автоматизовані системи паркування передбачають мінімальну участь водія в процесі маневрування. Вони можуть використовувати комплекс датчиків, камер, радарів, програмних алгоритмів і електронних блоків керування. Проте такі рішення є технічно складними, вимагають високої точності сенсорних даних, надійного програмного забезпечення та ретельного тестування в різних умовах експлуатації [5].

Для порівняння основних типів систем допомоги при паркуванні доцільно виділити їхні функціональні можливості, переваги та обмеження. Узагальнене порівняння наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння сучасних систем допомоги при паркуванні

Тип системи	Основні компоненти	Функції	Обмеження
Паркувальний радар	Ультразвукові датчики, блок керування, звуковий сигнал	Визначення відстані до перешкод, попередження водія	Не дає повної візуальної картини простору
Камера заднього огляду	Камера, дисплей, лінії розмітки	Візуальний контроль зони позаду транспортного засобу	Залежить від освітлення, забруднення камери та погодних умов
Система кругового огляду	Кілька камер, дисплей, програмна обробка зображення	Відображення простору навколо транспортного засобу	Не завжди точно визначає відстань до об'єктів
Напівавтоматичний асистент паркування	Датчики, камери, блок керування, алгоритм траєкторії	Пошук місця, розрахунок траєкторії, часткове керування	Потребує контролю водія
Автоматизована система паркування	Комплекс сенсорів, програмний модуль, виконавчі механізми	Автоматизоване прийняття рішень і виконання маневру	Висока складність, потреба в точному налаштуванні та тестуванні

Як видно з таблиці 1.2, різні системи допомоги при паркуванні мають різний рівень автоматизації. Найпростіші рішення лише інформують водія про небезпеку, тоді як складні системи здатні аналізувати навколишню ситуацію та формувати керуючі дії. Для магістерської роботи доцільним є розгляд саме

алгоритмічної частини такої системи, оскільки вона визначає, як сенсорні дані перетворюються на конкретне рішення.

У межах цієї роботи практична реалізація не є фізичною системою керування транспортним засобом. Вона представлена програмною імітаційною моделлю, яка відтворює базову логіку роботи системи допомоги при паркуванні. Такий підхід дозволяє дослідити принцип прийняття рішень на основі умовних сенсорних даних і перевірити реакцію системи на типові ситуації, зокрема появу перешкоди спереду або позаду транспортного засобу.

Таким чином, аналіз сучасних систем допомоги при паркуванні показує, що ефективність таких рішень залежить від поєднання сенсорної підсистеми, алгоритму обробки даних, інтерфейсу інформування водія та механізму збереження результатів роботи. Саме ці складові покладено в основу програмної моделі, що розглядається в подальших розділах роботи.

#### **1.4 Огляд сенсорів, що використовуються в автоматизованих системах паркування**

Сенсорна підсистема є однією з основних складових автоматизованої системи паркування. Саме вона забезпечує отримання первинної інформації про навколишній простір, наявність перешкод, відстань до них і можливі зміни в зоні руху транспортного засобу. Від точності та швидкості роботи сенсорів залежить правильність подальшої обробки даних і своєчасність прийняття керуючого рішення [2].

Найпоширенішими в системах паркування є ультразвукові датчики. Вони працюють за принципом випромінювання ультразвукового імпульсу та приймання відбитого сигналу від перешкоди. На основі часу проходження сигналу система визначає відстань до об'єкта. Такі датчики є відносно простими, недорогими та достатньо ефективними для роботи на малих

відстанях, тому їх часто використовують у парктроніках і допоміжних системах маневрування [6].

Відстань до перешкоди при використанні ультразвукового датчика може бути визначена за формулою:

$$S = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1.1)$$

де  $S$  – відстань до перешкоди;

$v$  – швидкість поширення звукової хвилі;

$t$  – час проходження сигналу від датчика до перешкоди та назад.

Поділ на два у формулі (1.1) пояснюється тим, що ультразвуковий сигнал проходить шлях до перешкоди і повертається назад до приймача. Саме тому для визначення реальної відстані враховується половина загального шляху сигналу.

Інфрачервоні датчики також можуть використовуватися для виявлення об'єктів у зоні руху транспортного засобу. Їх робота ґрунтується на використанні інфрачервоного випромінювання. Такі датчики можуть бути корисними для фіксації наявності перешкоди або руху в певній зоні. Водночас їх точність може залежати від освітлення, поверхні об'єкта та зовнішніх умов, тому в системах паркування вони часто використовуються як допоміжний елемент [7].

Камери заднього або кругового огляду забезпечують візуальний контроль простору навколо транспортного засобу. Їх перевагою є можливість отримання зображення, що допомагає водієві або системі оцінити положення об'єктів. Проте камера сама по собі не завжди дає точне числове значення відстані, тому її доцільно поєднувати з датчиками відстані або алгоритмами комп'ютерного зору [3].

Радарні сенсори використовуються у складніших автомобільних системах, оскільки здатні виявляти об'єкти на більшій відстані та працювати в умовах недостатньої видимості. Вони є корисними для систем активної безпеки, адаптивного круїз-контролю та допомоги при маневруванні. Однак для простої імітаційної моделі автоматизованого паркування їх використання не є обов'язковим через вищу складність реалізації [5].

Для контролю швидкості або обертання колеса може використовуватися датчик Холла. У системах паркування він може бути допоміжним засобом для визначення швидкості руху транспортного засобу або контролю переміщення. Проте в межах програмної моделі, що розглядається в роботі, основний акцент зроблено на моделюванні датчиків відстані, а не на фізичному контролі руху коліс.

Порівняння основних типів сенсорів, які можуть використовуватися в автоматизованих системах паркування, наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняння сенсорів для автоматизованих систем паркування

Тип сенсора	Призначення	Переваги	Обмеження
Ультразвуковий датчик	Визначення відстані до перешкоди	Простота, доступність, придатність для малих відстаней	Обмежений кут огляду, похибка на складних поверхнях

Продовження таблиці 1.3

Інфрачервоний датчик	Виявлення об'єктів або руху в зоні контролю	Швидка реакція, простота підключення	Залежність від освітлення та властивостей поверхні
----------------------	---	--------------------------------------	--

Камера	Візуальний контроль простору	Дає зображення навколишньої ситуації	Потребує освітлення та обробки зображення
Радарний сенсор	Виявлення об'єктів на більшій відстані	Стійкість до погодних умов, більша дальність	Вища вартість і складність
Датчик Холла	Визначення швидкості або обертання	Надійність, простота роботи з імпульсами	Не визначає відстань до перешкод

Як видно з таблиці 1.3, жоден сенсор не є універсальним для всіх умов експлуатації. Найдоцільнішим є комбіноване використання різних типів датчиків, що дозволяє компенсувати обмеження кожного з них. Для систем паркування найбільш практичними залишаються ультразвукові датчики, оскільки вони безпосередньо вимірюють відстань до перешкоди та добре підходять для роботи на малих дистанціях.

У програмній реалізації, що розглядається в цій роботі, фізичні сенсори не використовуються. Їх роботу замінено програмною генерацією числових значень, які імітують показники переднього, заднього, лівого та правого датчиків. Такий підхід дозволяє перевірити логіку аналізу сенсорних даних і прийняття рішень без підключення реального обладнання. При цьому передній і задній датчики беруть участь у формуванні керуючої дії, а бокові використовуються переважно для візуальної індикації стану зони паркування.

Таким чином, сенсорна підсистема є основою для роботи автоматизованої системи паркування. Вона забезпечує отримання даних, які надалі обробляються керуючим модулем і використовуються для вибору безпечної дії транспортного засобу.

## 1.5 Аналіз програмних підходів до моделювання роботи систем паркування

Моделювання роботи автоматизованої системи паркування дає змогу перевірити логіку її функціонування без використання реального транспортного засобу, фізичних датчиків і виконавчих механізмів. Такий підхід є доцільним на етапі попереднього проектування, коли потрібно перевірити алгоритм обробки сенсорних даних, визначити реакцію системи на різні ситуації та оцінити коректність прийняття керуючих рішень [8].

Програмна модель системи паркування може мати різний рівень деталізації. Найпростішим варіантом є імітація значень датчиків за допомогою випадкових або наперед заданих числових даних. У цьому випадку система не відтворює фізику руху транспортного засобу, але дозволяє перевірити, як алгоритм реагує на зміну відстані до перешкод. Такий варіант підходить для дослідження базової логіки: зупинки, руху вперед, руху назад або зміни напрямку [9].

Більш складні програмні моделі можуть враховувати кінематику транспортного засобу, швидкість руху, кут повороту коліс, траєкторію заїзду на місце стоянки та геометрію навколишнього простору. Такі моделі є точнішими, але потребують складнішого математичного апарату, більшої кількості вхідних параметрів і ретельної перевірки. Для попереднього дослідження алгоритму паркування достатньо спрощеної імітаційної моделі, у якій основну увагу приділено не фізичному руху, а логіці обробки даних.

У межах цієї роботи використовується саме програмна імітаційна модель. У ній значення датчиків формуються програмно, після чого система аналізує отримані дані та обирає одну з можливих дій. Такий підхід дозволяє перевірити роботу алгоритму в умовах, коли дані надходять циклічно, а система повинна швидко реагувати на зміну відстані до перешкод.

Основними складовими програмної моделі є модуль генерації сенсорних даних, модуль прийняття рішень, модуль візуалізації, модуль звукової індикації та модуль збереження результатів. Генерація даних замінює роботу фізичних датчиків, алгоритм прийняття рішень визначає дію системи, візуалізація відображає поточний стан, а база даних дає змогу зберігати історію роботи системи для подальшого аналізу.

Порівняння основних підходів до моделювання роботи систем паркування наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняння підходів до моделювання систем паркування

Підхід	Сутність	Переваги	Обмеження
Імітація сенсорних значень	Значення датчиків формуються програмно	Простота реалізації, можливість швидкого тестування алгоритму	Не враховує фізику руху транспортного засобу
Моделювання траєкторії	Враховується шлях руху транспортного засобу під час паркування	Дозволяє аналізувати маневр у просторі	Потребує складніших розрахунків
Модель із базою даних	Результати роботи системи зберігаються	Дає змогу вести журнал дій і телеметрії	Потребує проектування структури даних
Модель з графічною візуалізацією	Стан системи відображається в інтерфейсі	Зручна для демонстрації та аналізу	Не завжди відображає реальну поведінку техніки
Апаратно-програмна модель	Використовуються реальні датчики або мікроконтролер	Найближча до практичного впровадження	Потребує обладнання та налаштування

Як видно з таблиці 1.4, спрощена програмна імітаційна модель є доцільною для попередньої перевірки алгоритму. Вона не замінює повноцінну

апаратну систему, але дозволяє дослідити основну логіку роботи, перевірити реакцію на різні значення датчиків і підготувати базу для подальшого вдосконалення.

У розробленій програмній реалізації моделюється робота чотирьох датчиків: переднього, заднього, лівого та правого. Значення переднього і заднього датчиків використовуються для прийняття рішень, а бокові датчики виконують індикативну функцію. Це відповідає спрощеній моделі, у якій головна увага приділяється базовим сценаріям маневрування: руху вперед, повороту та зупинці з подальшим рухом назад.

Отже, програмне моделювання є важливим етапом дослідження автоматизованої системи паркування. Воно дозволяє перевірити працездатність алгоритму, оцінити логіку взаємодії модулів і сформувану основу для подальшої інтеграції з реальними сенсорами або мікроконтролером.

## **1.6 Постановка задачі дослідження**

Проведений аналіз показує, що автоматизовані системи паркування є важливим засобом підвищення безпеки маневрування транспортних засобів в умовах обмеженого простору. Їх ефективність залежить від точності отримання сенсорних даних, швидкості їх обробки, правильності алгоритму прийняття рішень і зручності інформування користувача. Для автомобілів, сільськогосподарської та спеціальної техніки ці питання є особливо актуальними через наявність сліпих зон, великі габарити та складність контролю навколишнього простору [1].

У межах цієї магістерської роботи основна увага приділяється не фізичній реалізації системи на реальному транспортному засобі, а програмній реалізації імітаційної моделі. Такий підхід дозволяє дослідити логіку роботи

автоматизованої системи паркування без використання апаратного стенда, фізичних датчиків і виконавчих механізмів. Програмна модель дає можливість відтворити процес отримання сенсорних даних, їх аналізу, вибору керуючої дії та збереження результатів роботи системи [8].

Задача дослідження полягає в розробленні та аналізі програмної імітаційної моделі автоматизованої системи паркування транспортного засобу, яка забезпечує циклічне формування сенсорних даних, визначення рівня небезпеки, вибір подальшої дії системи, візуальне та звукове інформування користувача, а також ведення журналу подій у базі даних.

Для розв'язання поставленої задачі необхідно:

1. визначити основні функції автоматизованої системи паркування;
2. сформулювати вимоги до програмної імітаційної моделі;
3. описати структуру системи та її основні модулі;
4. розробити алгоритм прийняття рішень на основі значень датчиків;
5. визначити структуру бази даних для збереження транспортних засобів, сенсорних даних і журналу дій;
6. описати користувацький інтерфейс програмної системи;
7. провести тестування програмної моделі на типових сценаріях;
8. оцінити обмеження реалізованої моделі та напрями її подальшого вдосконалення.

У подальших розділах роботи буде розглянуто проектування автоматизованої системи паркування, описано її архітектуру, алгоритм роботи, базу даних і програмну реалізацію. Особлива увага приділяється тому, як умовні сенсорні дані перетворюються на конкретні рішення системи: рух вперед, поворот або зупинку з подальшим рухом назад.

Таким чином, подальше дослідження спрямоване на перевірку алгоритмічної логіки автоматизованого паркування за допомогою програмної моделі. Це дозволяє сформулювати основу для майбутньої інтеграції з реальними

датчиками, мікроконтролером або електронним блоком керування транспортного засобу.

## **Висновки до розділу 1**

У першому розділі розглянуто теоретичні основи автоматизованих систем паркування транспортних засобів. Визначено, що такі системи призначені для підвищення безпеки маневрування, контролю відстані до перешкод і формування попереджувальних або керуючих дій.

Проаналізовано особливості паркування легкових автомобілів, сільськогосподарської та спеціальної техніки. Встановлено, що для великогабаритної техніки проблема безпечного паркування є особливо важливою через обмежену оглядовість, значні габарити та складність маневрування в закритих або виробничих зонах.

Розглянуто сучасні системи допомоги при паркуванні, зокрема паркувальні радары, камери заднього огляду, системи кругового огляду, напівавтоматичні та автоматизовані системи паркування. Показано, що рівень автоматизації таких систем може змінюватися від простого інформування водія до часткового або повного формування керуючих дій.

Виконано огляд сенсорів, що використовуються в системах паркування. Визначено, що найбільш поширеними є ультразвукові датчики, оскільки вони безпосередньо вимірюють відстань до перешкоди та добре працюють на малих дистанціях. Також розглянуто інфрачервоні датчики, камери, радарні сенсори та датчик Холла.

Проаналізовано програмні підходи до моделювання роботи систем паркування. Обґрунтовано доцільність використання програмної імітаційної моделі, яка дає змогу перевірити алгоритм обробки сенсорних даних і прийняття рішень без використання реального апаратного забезпечення.

На основі проведеного аналізу сформульовано задачу дослідження, яка полягає в розробленні та аналізі програмної імітаційної моделі автоматизованої системи паркування транспортного засобу з моделюванням сенсорних даних, прийняттям керуючих рішень, візуалізацією стану системи та збереженням журналу подій у базі даних.

## **2 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

### **2.1 Формування вимог до автоматизованої системи паркування**

Проєктування автоматизованої системи паркування передбачає визначення її основних функцій, структури, принципів взаємодії між модулями та вимог до програмної реалізації. Оскільки в межах цієї роботи система розглядається як програмна імітаційна модель, вимоги мають охоплювати не лише логіку паркування, а й моделювання сенсорних даних, візуалізацію стану системи, збереження результатів та можливість подальшого аналізу роботи алгоритму [8].

Основним призначенням проєктованої системи є імітація роботи автоматизованої системи паркування транспортного засобу. У програмній моделі дані від датчиків не надходять від реального апаратного обладнання, а формуються програмно. Це дозволяє перевірити, як система реагує на зміну відстані до перешкод, які рішення формує алгоритм і як ці рішення відображаються в інтерфейсі користувача.

До основних функцій системи належать: додавання транспортного засобу до бази даних, вибір активного транспортного засобу, запуск і зупинка симуляції, генерація значень датчиків, аналіз отриманих показників, формування керуючої дії, візуальна та звукова індикація, запис телеметрії та журналу дій у базу даних. Така структура дозволяє розглядати систему не лише як демонстраційний застосунок, а як спрощену модель інформаційно-керуючої системи [9].

Функціональні вимоги до автоматизованої системи паркування наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Функціональні вимоги до автоматизованої системи паркування

№	Функціональна вимога	Опис
1	Додавання транспортного засобу	Система повинна забезпечувати введення марки та номера транспортного засобу
2	Вибір активного транспортного засобу	Користувач повинен мати можливість вибрати транспортний засіб із бази даних
3	Запуск і зупинка симуляції	Система повинна дозволяти запускати та зупиняти процес моделювання паркування
4	Генерація сенсорних даних	Система повинна формувати значення переднього, заднього, лівого та правого датчиків
5	Аналіз відстані до перешкод	Система повинна порівнювати значення датчиків із заданими пороговими умовами
6	Формування керуючої дії	Система повинна визначати дію: рух вперед, поворот або зупинка з рухом назад
7	Візуальна індикація	Система повинна відобразити стан датчиків за допомогою кольорової індикації
8	Звукова індикація	Система повинна подавати звуковий сигнал залежно від рівня небезпеки
9	Запис даних у базу	Система повинна зберігати показники датчиків і дії алгоритму в базі даних
10	Перегляд історії роботи	Система повинна відобразити журнал дій у вигляді таблиці

Як видно з таблиці 2.1, функціональні вимоги охоплюють повний цикл роботи програмної моделі: від вибору транспортного засобу до фіксації результатів роботи системи. Особливу роль відіграє модуль прийняття рішень, оскільки саме він визначає реакцію системи на зміну сенсорних даних.

Крім функціональних вимог, важливо визначити нефункціональні вимоги. Вони описують не те, що саме виконує система, а якою вона має бути з точки зору зручності, надійності, швидкості роботи та можливості подальшого використання.

Нефункціональні вимоги до системи наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Нефункціональні вимоги до автоматизованої системи паркування

№	Нефункціональна вимога	Опис
1	Зручність інтерфейсу	Інтерфейс повинен бути зрозумілим для користувача та містити основні елементи керування
2	Швидкість реакції	Система повинна оновлювати дані датчиків у реальному часі або з невеликою затримкою
3	Надійність роботи	Система повинна перевіряти наявність вибраного транспортного засобу перед запуском симуляції
4	Збереження даних	Результати роботи повинні зберігатися в базі даних для подальшого перегляду
5	Масштабованість	Структура системи повинна дозволяти подальше розширення функціоналу
6	Модульність	Основні функції системи мають бути логічно розділені на окремі модулі
7	Інформативність	Користувач повинен отримувати зрозуміле повідомлення про поточну дію системи
8	Можливість аналізу	Система повинна забезпечувати перегляд історії та графічне відображення зміни показників

Наведені вимоги враховують особливості саме програмної реалізації імітаційної моделі. Вони не передбачають фізичного керування реальним транспортним засобом, але створюють основу для перевірки алгоритмічної логіки системи. У подальшому така модель може бути розширена за рахунок підключення реальних датчиків, удосконалення алгоритму траєкторії або додавання взаємодії з мікроконтролером.

Отже, сформовані вимоги визначають функціональну основу системи та дозволяють перейти до опису її загальної архітектури. Саме архітектура показує, як окремі модулі взаємодіють між собою і яким чином сенсорні дані перетворюються на рішення системи.

## 2.2 Загальна архітектура системи

Загальна архітектура автоматизованої системи паркування визначає склад основних модулів, їх призначення та порядок взаємодії між ними. У межах цієї роботи система розглядається як програмна імітаційна модель, тому її архітектура орієнтована на моделювання сенсорних даних, обробку отриманих значень, формування керуючої дії, візуалізацію стану системи та збереження результатів роботи в базі даних [8].

Проектована система має модульну структуру. Це означає, що окремі функції системи логічно розділені між різними складовими: модулем інтерфейсу користувача, модулем роботи з транспортними засобами, модулем імітації сенсорних даних, модулем прийняття рішень, модулем візуалізації, модулем звукової індикації та модулем роботи з базою даних. Такий підхід спрощує опис системи, її тестування та подальше вдосконалення.

Узагальнену архітектуру автоматизованої системи паркування наведено на рисунку 2.1.

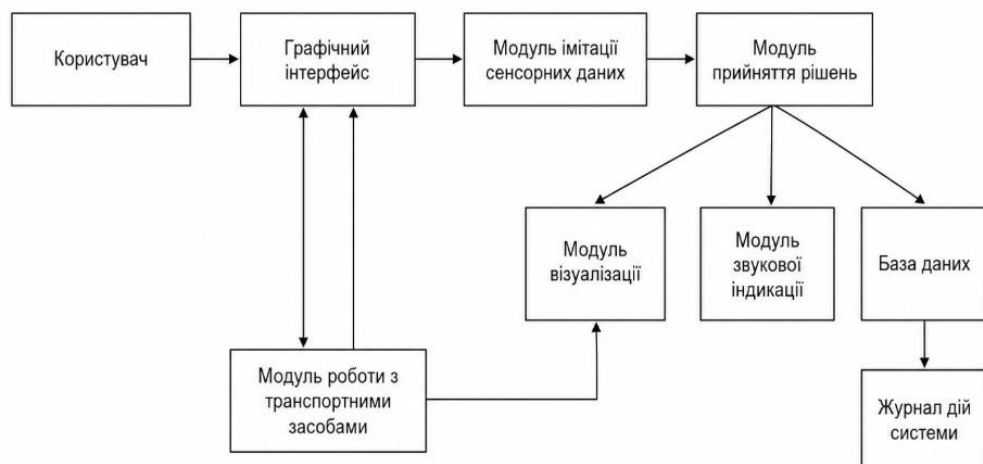


Рисунок 2.1 – Загальна архітектура автоматизованої системи паркування

Як видно з рисунка 2.1, користувач взаємодіє із системою через графічний інтерфейс. Через інтерфейс здійснюється додавання або вибір транспортного засобу, запуск і зупинка симуляції, перегляд поточного стану системи та журналу дій. Після запуску симуляції модуль сенсорних даних формує значення датчиків, які передаються до модуля прийняття рішень.

Модуль прийняття рішень є центральною частиною системи. Він аналізує значення переднього та заднього датчиків, порівнює їх із заданими пороговими значеннями та визначає подальшу дію системи. У межах програмної моделі передбачено три основні дії: рух вперед, поворот або зупинка з подальшим рухом назад. Така логіка дозволяє відтворити базові сценарії поведінки автоматизованої системи паркування.

Модуль візуалізації відповідає за відображення стану системи на екрані. До нього належить індикація значень датчиків, зміна кольорів залежно від рівня небезпеки, умовне відображення руху транспортного засобу та побудова графіка зміни відстані. Візуалізація дозволяє користувачу швидко оцінити поточну ситуацію та зрозуміти, чому система сформувала саме таку дію.

Модуль звукової індикації використовується для додаткового попередження про наближення до перешкоди. Частота або характер звукового сигналу може змінюватися залежно від відстані до об'єкта. Це відповідає загальному принципу роботи паркувальних систем, у яких звукові сигнали використовуються для інформування водія про рівень небезпеки [2].

Окремим елементом архітектури є база даних. Вона призначена для збереження інформації про транспортні засоби, показники датчиків і журнал прийнятих рішень. Завдяки використанню бази даних система не лише відображає поточний стан, а й накопичує історію роботи, яку можна використовувати для подальшого аналізу й тестування алгоритму.

Основні модулі автоматизованої системи паркування наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні модулі автоматизованої системи паркування

Назва модуля	Призначення	Основні функції
Модуль інтерфейсу користувача	Забезпечує взаємодію користувача із системою	Додавання авто, вибір авто, запуск і зупинка симуляції
Модуль роботи з транспортними засобами	Обробляє дані про автомобілі або техніку	Збереження марки та номера, вибір активного транспортного засобу
Модуль імітації сенсорних даних	Формує умовні значення датчиків	Генерація значень переднього, заднього, лівого та правого датчиків
Модуль прийняття рішень	Визначає подальшу дію системи	Аналіз відстані, перевірка порогових умов, вибір дії
Модуль візуалізації	Відображає стан системи	Кольорова індикація, графік, умовне переміщення транспортного засобу
Модуль звукової індикації	Попереджає користувача про небезпеку	Формування звукового сигналу при наближенні до перешкоди
Модуль роботи з базою даних	Зберігає результати роботи системи	Запис транспортних засобів, показників датчиків і журналу дій

Як видно з таблиці 2.3, кожен модуль виконує окрему функцію, але всі вони працюють як єдина система. Дані проходять послідовний шлях: від генерації сенсорних значень до прийняття рішення, відображення результату та запису в базу даних. Така послідовність дозволяє не лише продемонструвати роботу системи, а й перевірити її поведінку в різних умовах.

У програмній реалізації архітектура системи побудована за логікою настільного застосунку з графічним інтерфейсом. Центральним елементом є головна форма, яка об'єднує керування симуляцією, відображення стану

системи та роботу з історією дій. Додатково використовується окрема форма для побудови графіка, що дає змогу наочно оцінювати зміну значень переднього датчика в часі.

Таким чином, загальна архітектура системи поєднує елементи імітаційного моделювання, алгоритмічного прийняття рішень, візуалізації та збереження даних. Це забезпечує можливість дослідити роботу автоматизованої системи паркування без фізичного підключення до реального транспортного засобу.

### **2.3 Проектування інформаційної взаємодії датчиків, мікроконтролера та керуючого модуля**

Інформаційна взаємодія модулів автоматизованої системи паркування визначає порядок передавання, обробки, відображення та збереження даних. Для програмної імітаційної моделі це особливо важливо, оскільки в ній фізичні сигнали від реальних датчиків замінюються програмно сформованими значеннями. Незважаючи на це, загальна логіка роботи залишається наближеною до принципу функціонування реальної системи: сенсорні дані надходять до керуючого модуля, аналізуються, після чого система формує відповідну дію [8].

У розробленій моделі інформаційний цикл починається із запуску симуляції користувачем. Після вибору транспортного засобу система періодично формує значення чотирьох умовних датчиків: переднього, заднього, лівого та правого. У програмній реалізації ці значення генеруються автоматично в заданому діапазоні, що дозволяє моделювати різні ситуації під час паркування: безпечну дистанцію, наближення до перешкоди або критичне скорочення відстані.

Отримані значення передаються до керуючого модуля, де виконується їх аналіз. Основними для прийняття рішення є показники переднього та заднього датчиків. Передній датчик використовується для визначення небезпеки зіткнення попереду, а задній – для оцінювання ситуації позаду транспортного засобу. Лівий і правий датчики у поточній версії моделі виконують індикативну функцію та використовуються переважно для візуального відображення стану бокових зон.

Після аналізу сенсорних даних система формує одну з можливих дій: рух вперед, поворот або зупинку з подальшим рухом назад. Вибрана дія відображається в інтерфейсі користувача, а також супроводжується зміною кольорової індикації. Якщо значення датчика вказує на небезпечне наближення до перешкоди, система формує попереджувальний сигнал. Такий підхід відповідає загальному принципу роботи систем допомоги при паркуванні, у яких інформування водія здійснюється через поєднання візуальних і звукових засобів [2].

Окремим етапом інформаційної взаємодії є збереження результатів у базі даних. У базу записуються дані про транспортний засіб, значення переднього та заднього датчиків, прийнята дія системи, текстовий опис сенсорних показників і час події. Завдяки цьому система зберігає історію роботи, що дозволяє надалі аналізувати реакцію алгоритму на різні значення датчиків.

Схему інформаційної взаємодії модулів автоматизованої системи паркування наведено на рисунку 2.2.

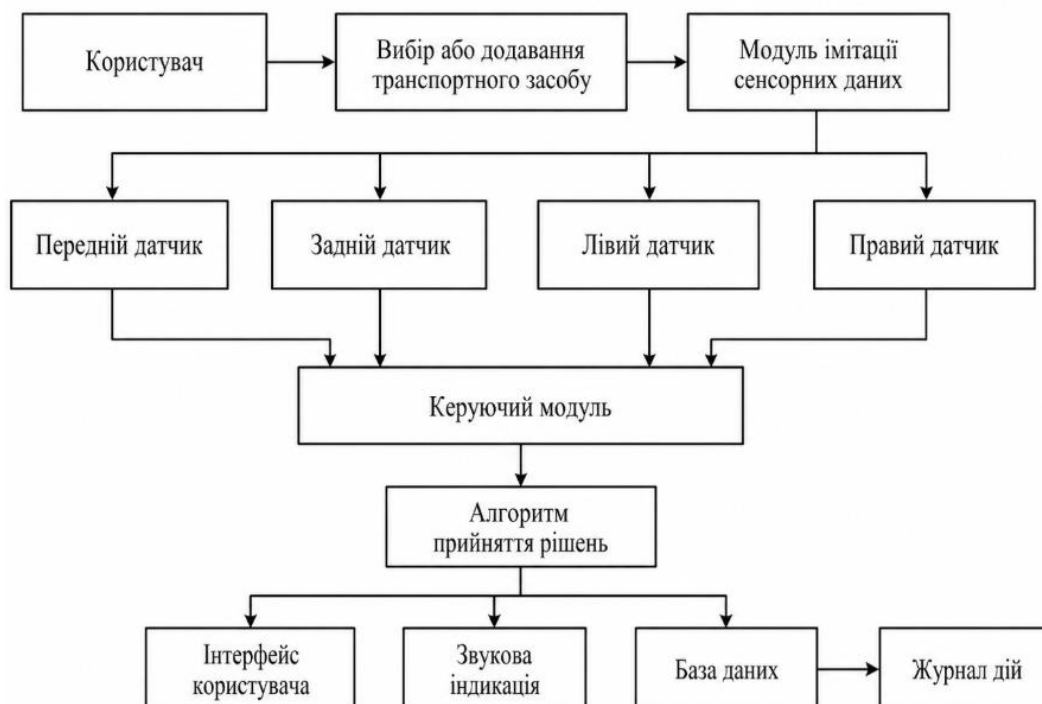


Рисунок 2.2 – Схема інформаційної взаємодії модулів системи

Як видно з рисунка 2.2, дані проходять кілька послідовних етапів: формування сенсорних значень, обробка керуючим модулем, визначення дії, відображення результату та запис у базу даних. Така структура дозволяє відокремити процес отримання даних від їх аналізу й подальшого збереження.

Для кращого розуміння логіки інформаційного обміну основні вхідні та вихідні дані системи наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вхідні та вихідні дані автоматизованої системи паркування

Тип даних	Назва даних	Джерело або отримувач	Призначення
Вхідні дані	Марка транспортного засобу	Користувач	Ідентифікація транспортного засобу в системі

Продовження таблиці 2.4

Вхідні дані	Номер транспортного засобу	Користувач	Збереження транспортного засобу в базі даних
Вхідні дані	FrontDistance	Модуль імітації сенсорів	Визначення відстані до перешкоди попереду
Вхідні дані	BackDistance	Модуль імітації сенсорів	Визначення відстані до перешкоди позаду
Вхідні дані	LeftDistance	Модуль імітації сенсорів	Візуальна індикація стану лівої зони
Вхідні дані	RightDistance	Модуль імітації сенсорів	Візуальна індикація стану правої зони
Вихідні дані	Керуюча дія	Модуль прийняття рішень	Визначення подальшої поведінки системи
Вихідні дані	Кольорова індикація	Модуль візуалізації	Відображення рівня небезпеки
Вихідні дані	Звуковий сигнал	Модуль звукової індикації	Попередження про наближення до перешкоди
Вихідні дані	Запис журналу	База даних	Збереження історії роботи системи

Як видно з таблиці 2.4, система працює з кількома групами даних. Частина інформації вводиться користувачем, частина формується автоматично під час симуляції, а результати обробки передаються до інтерфейсу та бази даних. Це дозволяє забезпечити повний цикл роботи програмної моделі: від введення початкових даних до аналізу результатів.

У межах програмної реалізації цикл обміну даними повторюється з певним інтервалом часу. На кожному такті симуляції генеруються нові значення датчиків, виконується аналіз умов, формується дія системи, оновлюються елементи інтерфейсу та створюються записи в базі даних. Такий циклічний принцип дає змогу імітувати роботу системи в режимі наближеному до реального часу.

Таким чином, інформаційна взаємодія модулів системи забезпечує узгоджену роботу всіх її складових. Сенсорні дані використовуються не

ізолювано, а проходять повний шлях від генерації до прийняття рішення, візуалізації та збереження в журналі подій.

## 2.4 Розробка алгоритму прийняття рішень під час паркування

Алгоритм прийняття рішень є центральним елементом автоматизованої системи паркування, оскільки саме він визначає реакцію системи на зміну сенсорних даних і формує відповідну дію залежно від відстані до перешкод. У системах допомоги при паркуванні така логіка зазвичай базується на аналізі показників датчиків, оцінюванні рівня небезпеки та своєчасному інформуванні водія або формуванні керуючої команди [5].

У реальних системах паркування алгоритм може враховувати велику кількість параметрів: швидкість руху транспортного засобу, кут повороту коліс, габарити автомобіля, положення перешкод, траєкторію руху та поточний стан виконавчих механізмів. Для програмної імітаційної моделі доцільно використовувати спрощену логіку, яка дозволяє перевірити базовий принцип обробки сенсорних даних без ускладнення математичної моделі руху [8].

У програмній реалізації моделюються чотири датчики: передній, задній, лівий і правий. Значення переднього та заднього датчиків використовуються безпосередньо для вибору дії системи. Лівий і правий датчики у поточній версії застосовуються для візуальної індикації стану бокових зон і не впливають на логіку прийняття рішень. Це обмеження враховується під час аналізу результатів роботи системи.

Алгоритм має каскадну структуру перевірки умов. Найвищий пріоритет має передній датчик, оскільки перешкода попереду вважається найбільш небезпечною для подальшого руху. Якщо значення переднього датчика є меншим за 15 умовних одиниць, система формує дію «Стоп + Назад». Якщо

передня зона є безпечною, система перевіряє значення заднього датчика. Якщо воно менше за 10 умовних одиниць, формується дія «Поворот». Якщо обидві умови небезпеки відсутні, система дозволяє рух вперед.

Умови прийняття рішень системою наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Умови прийняття рішень автоматизованою системою паркування

Умова	Дія системи	Пояснення
$Front < 15$	Стоп + Назад	Виявлено небезпечне наближення до перешкоди попереду
$Front \geq 15$ та $Back < 10$	Поворот	Попереду рух безпечний, але позаду є критична перешкода
$Front \geq 15$ та $Back \geq 10$	Вперед	Критичних перешкод попереду та позаду не виявлено

Як видно з таблиці 2.5, алгоритм побудований за принципом пріоритетної перевірки небезпечних умов. Спочатку аналізується передня зона, після цього – задня. Це дозволяє швидко визначити ситуацію, яка потребує негайної реакції системи.

Логіку роботи алгоритму можна подати у вигляді умовної функції вибору дії:

$$A = \begin{cases} A_1, F < 15 \\ A_2, F \geq 15 \wedge B < 10 \\ A_3, F \geq 15 \wedge B \geq 10 \end{cases} \quad (2.1)$$

де  $A$  – дія, яку формує система;

$F$  – значення переднього датчика;

$B$  – значення заднього датчика.

Формула (2.1) відображає пріоритетну перевірку умов: спочатку аналізується значення переднього датчика, після цього – значення заднього

датчика. Такий підхід є простим, але достатнім для перевірки базової логіки програмної моделі.

Блок-схему алгоритму прийняття рішень під час паркування наведено на рисунку 2.3.

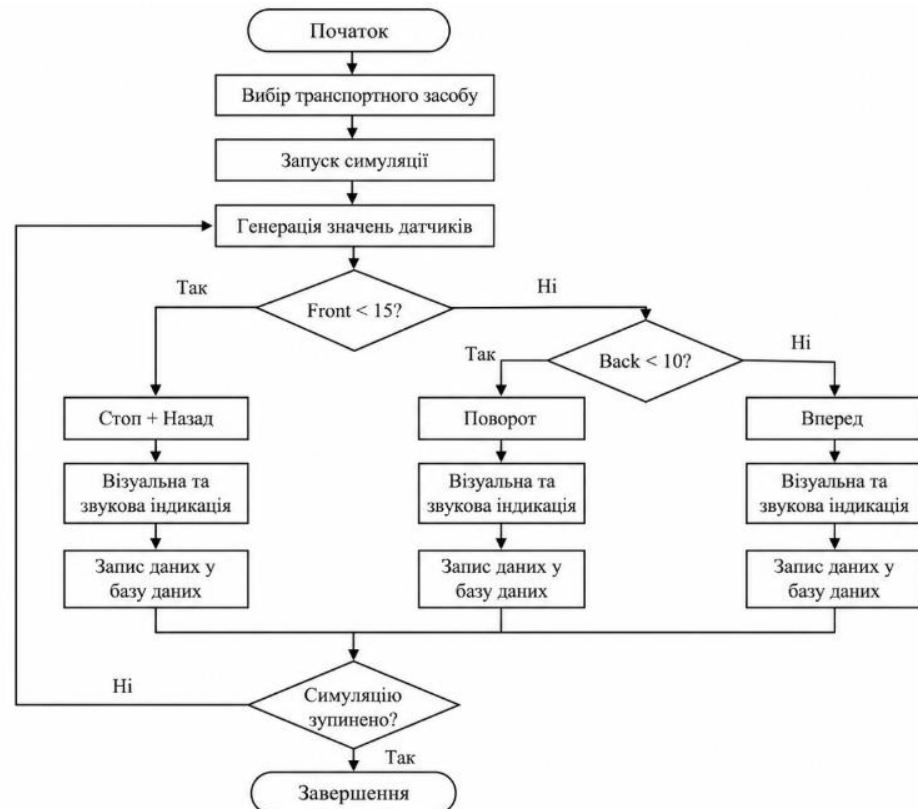


Рисунок 2.3 – Блок-схема алгоритму прийняття рішень під час паркування

Як видно з рисунка 2.3, після запуску симуляції система циклічно генерує значення датчиків, аналізує їх і формує керуючу дію. Після цього результат відображається в інтерфейсі користувача та записується в базу даних. Далі цикл повторюється до моменту зупинки симуляції користувачем.

У межах програмної моделі алгоритм не виконує фізичного керування автомобілем, а лише визначає умовну дію системи. Це дозволяє перевірити, чи правильно програма реагує на різні значення датчиків і чи коректно фіксує

результати роботи. Такий підхід є достатнім для дослідження логіки автоматизованого паркування на рівні програмної імітації.

Отже, розроблений алгоритм забезпечує базову реакцію системи на зміну відстані до перешкод. Його перевагою є простота, зрозумілість і можливість подальшого розширення. У майбутньому алгоритм може бути доповнений урахуванням бокових датчиків, швидкості руху, траєкторії маневру та налаштовуваних порогових значень.

## **2.5 Моделювання сценаріїв руху та виявлення перешкод**

Моделювання сценаріїв руху та виявлення перешкод є важливим етапом проєктування автоматизованої системи паркування, оскільки дозволяє формалізувати типові ситуації, які виникають під час маневрування транспортного засобу. Такий підхід дає змогу ще на етапі проєктування перевірити логіку взаємодії користувача із системою, послідовність виконання основних операцій та реакцію програмної моделі на зміну сенсорних даних [5].

У межах цієї роботи під сценаріями руху розуміються типові варіанти поведінки системи під час паркування залежно від показників датчиків. До основних сценаріїв належать: безпечний рух вперед, виявлення критичної перешкоди попереду, виявлення перешкоди позаду та зміна дії системи залежно від поточної ситуації. Такі сценарії відображають логіку функціонування програмної моделі та дозволяють встановити, у яких випадках система формує команди «Вперед», «Поворот» або «Стоп + Назад».

Для формалізації взаємодії користувача з програмною системою доцільно використати UML-діаграму варіантів використання. Вона відображає основні функції, доступні користувачу, та дозволяє узагальнити набір дій, які можуть бути виконані в межах програмної моделі.

Діаграму варіантів використання програмної системи наведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Діаграма варіантів використання програмної системи

Як видно з рисунка 2.4, основним актором системи є користувач. Він взаємодіє з програмою через такі основні варіанти використання: додавання транспортного засобу, вибір транспортного засобу, запуск симуляції, зупинка симуляції, перегляд графіка та перегляд журналу дій. Сукупність цих варіантів використання охоплює основні функції програмної моделі та відображає її прикладне призначення.

Окрім загальної взаємодії користувача із системою, важливо змоделювати внутрішню послідовність обробки подій під час симуляції паркування. Для цього використовується UML-діаграма послідовності, яка дозволяє показати порядок передавання повідомлень між основними елементами програмної системи.

Діаграму послідовності процесу симуляції паркування наведено на рисунку 2.5.

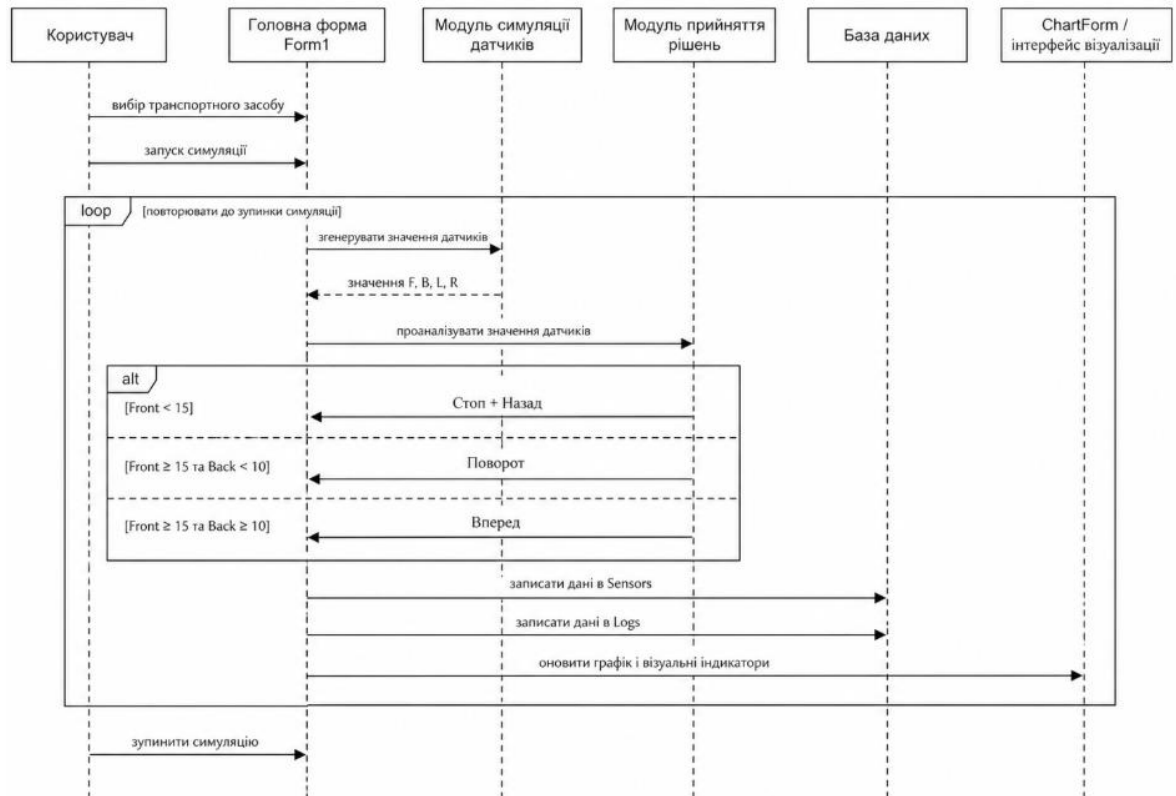


Рисунок 2.5 – Діаграма послідовності процесу симуляції паркування

Як видно з рисунка 2.5, після вибору транспортного засобу та запуску симуляції головна форма програми ініціює генерацію значень датчиків. Отримані сенсорні дані передаються до модуля прийняття рішень, де аналізуються значення переднього та заднього датчиків. На основі заданих умов система формує відповідну дію, оновлює інтерфейс користувача, записує значення датчиків і журнал дій у базу даних, а також, за потреби, відображає графік зміни відстані. Після цього цикл симуляції повторюється до моменту її зупинки користувачем.

У межах програмної моделі можна виділити кілька основних сценаріїв роботи системи.

Перший сценарій передбачає безпечний рух вперед. У такій ситуації значення переднього та заднього датчиків не досягають критичних меж, тому

система формує дію «Вперед». Цей сценарій відповідає нормальному продовженню маневру без необхідності коригування напрямку руху.

Другий сценарій виникає у випадку виявлення критичної перешкоди попереду. Якщо значення переднього датчика є меншим за встановлену межу, система визначає ситуацію як небезпечну та формує дію «Стоп + Назад». Такий сценарій має найвищий пріоритет, оскільки саме перешкода попереду безпосередньо обмежує можливість подальшого руху вперед.

Третій сценарій стосується ситуації, коли передня зона є безпечною, але в задній зоні виявлено критичне наближення до перешкоди. У такому випадку система формує дію «Поворот». Це дозволяє змінити напрямок руху та продовжити маневрування в межах допустимого простору.

Отже, моделювання сценаріїв руху та виявлення перешкод дозволяє формалізувати основні варіанти поведінки системи та показати їх як з позиції користувача, так і з позиції внутрішньої логіки виконання операцій. Використання UML-діаграм у цьому підрозділі підвищує наочність проєктних рішень і дозволяє краще обґрунтувати структуру програмної моделі [9].

## **2.6 Проєктування структури збереження даних і журналу роботи системи**

Для збереження результатів роботи автоматизованої системи паркування у програмній моделі використовується база даних. Її основне призначення полягає у збереженні інформації про транспортні засоби, показники датчиків і журнал прийнятих рішень. Використання бази даних дозволяє накопичувати структуровані записи, переглядати історію роботи системи та виконувати подальший аналіз отриманих даних [9].

У межах програмної реалізації використовується реляційна база даних MS Access. Такий варіант є достатнім для настільної імітаційної моделі,

оскільки дозволяє зберігати структуровані дані, виконувати додавання нових записів, отримувати історію подій і пов'язувати дані між таблицями [10]. Для взаємодії програми з базою даних застосовується підключення через OleDb, що забезпечує виконання SQL-запитів до файлу бази даних.

Структура бази даних побудована навколо таблиці транспортних засобів. До кожного транспортного засобу можуть належати записи з показниками датчиків і записи журналу дій. Такий підхід дає змогу уникнути дублювання інформації про транспортний засіб і логічно пов'язати результати роботи системи з конкретним автомобілем або одиницею техніки.

У базі даних передбачено три основні таблиці:

1. Cars – зберігає інформацію про транспортні засоби;
2. Sensors – зберігає показники переднього та заднього датчиків;
3. Logs – зберігає журнал прийнятих системою рішень.

ER-діаграму бази даних автоматизованої системи паркування наведено на рисунку 2.6.

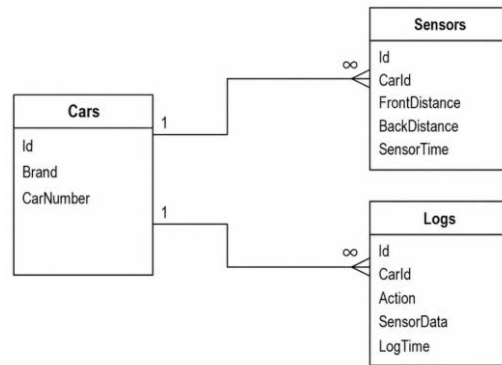


Рисунок 2.6 – ER-діаграма бази даних автоматизованої системи паркування

Як видно з рисунка 2.6, таблиця Cars є центральною. Вона пов'язана з таблицями Sensors і Logs через поле CarId. Один транспортний засіб може мати багато записів сенсорних даних і багато записів у журналі дій. Це відповідає зв'язку типу «один до багатьох».

Структуру таблиць бази даних наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Структура таблиць бази даних автоматизованої системи паркування

Назва таблиці	Поле	Призначення
Cars	Id	Унікальний ідентифікатор транспортного засобу
Cars	Brand	Марка транспортного засобу
Cars	CarNumber	Державний номер транспортного засобу
Sensors	Id	Унікальний ідентифікатор запису сенсорних даних
Sensors	CarId	Зв'язок із таблицею Cars
Sensors	FrontDistance	Значення переднього датчика
Sensors	BackDistance	Значення заднього датчика
Sensors	SensorTime	Дата і час фіксації показників
Logs	Id	Унікальний ідентифікатор запису журналу
Logs	CarId	Зв'язок із таблицею Cars
Logs	Action	Дія, сформована системою
Logs	SensorData	Текстовий опис показників датчиків
Logs	LogTime	Дата і час запису дії

Таблиця Cars використовується для збереження основних даних про транспортний засіб. У ній фіксується марка та номер, що дозволяє користувачу обрати потрібний транспортний засіб перед запуском симуляції. Поле Id є унікальним ідентифікатором, який використовується для зв'язку з іншими таблицями.

Таблиця Sensors призначена для збереження числових показників датчиків. У програмній моделі до неї записуються значення переднього та заднього датчиків, а також час фіксації цих значень. Така структура дозволяє відстежити, які сенсорні дані були отримані системою в конкретний момент часу.

Таблиця Logs використовується для збереження журналу дій. У ній фіксується дія, яку сформував алгоритм, короткий текстовий опис сенсорних показників і час події. Завдяки цьому можна переглянути не лише самі значення датчиків, а й реакцію системи на них.

У межах поточної програмної реалізації в базу даних записуються показники переднього та заднього датчиків. Лівий і правий датчики використовуються для візуальної індикації та не зберігаються в таблиці Sensors. Це є обмеженням поточної версії моделі, однак структура може бути розширена шляхом додавання полів LeftDistance і RightDistance у майбутніх версіях системи.

Таким чином, спроектована база даних забезпечує збереження ключових результатів роботи програмної моделі: інформації про транспортний засіб, сенсорних показників і прийнятих рішень. Така структура є достатньою для перевірки алгоритму, перегляду історії роботи системи та аналізу її реакції на різні значення датчиків.

## **Висновки до розділу 2**

У другому розділі виконано проектування автоматизованої системи паркування транспортних засобів на рівні програмної імітаційної моделі. Визначено, що система повинна забезпечувати введення та вибір транспортного засобу, генерацію сенсорних даних, прийняття керуючих рішень, візуальну й звукову індикацію, а також збереження результатів роботи в базі даних.

Сформовано функціональні та нефункціональні вимоги до системи. До основних функціональних вимог віднесено додавання транспортного засобу, запуск і зупинку симуляції, генерацію значень датчиків, аналіз відстані до перешкод, формування дії та запис результатів. Нефункціональні вимоги охоплюють зручність використання, надійність, швидкість реакції, модульність і можливість подальшого розширення системи.

Розроблено загальну архітектуру системи, яка включає модуль інтерфейсу користувача, модуль роботи з транспортними засобами, модуль

імітації сенсорних даних, модуль прийняття рішень, модуль візуалізації, модуль звукової індикації та модуль роботи з базою даних. Така структура дозволяє розглядати систему як єдину програмну модель із чітким розподілом функцій між модулями.

Описано інформаційну взаємодію між датчиками, керуючим модулем, інтерфейсом користувача та базою даних. Встановлено, що дані проходять послідовний цикл: формування сенсорних значень, аналіз, вибір дії, візуалізація та запис у журнал.

Розроблено алгоритм прийняття рішень під час паркування. Алгоритм базується на аналізі значень переднього та заднього датчиків. Найвищий пріоритет має передній датчик, при критичному значенні якого система формує дію «Стоп + Назад». Якщо передня зона є безпечною, але задня відстань є критичною, формується дія «Поворот». В інших випадках система дозволяє рух вперед.

Виконано моделювання сценаріїв руху та виявлення перешкод. За допомогою UML-діаграми варіантів використання формалізовано основні дії користувача в системі, зокрема додавання транспортного засобу, вибір авто, запуск і зупинку симуляції, перегляд графіка та журналу дій. За допомогою діаграми послідовності описано порядок взаємодії між користувачем, головною формою, модулем симуляції датчиків, модулем прийняття рішень, базою даних та візуальними компонентами системи.

Спроектовано структуру збереження даних і журналу роботи системи. База даних містить таблиці Cars, Sensors і Logs. Таблиця Cars зберігає інформацію про транспортні засоби, таблиця Sensors – показники переднього та заднього датчиків, а таблиця Logs – журнал дій системи. Зв'язки між таблицями дають змогу прив'язати сенсорні дані та дії системи до конкретного транспортного засобу.

Отже, у розділі було сформовано проєктну основу програмної імітаційної моделі автоматизованої системи паркування. Отримані проєктні рішення є базою для подальшого опису програмної реалізації, тестування та аналізу результатів роботи системи.

### **3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ**

#### **3.1 Реалізація імітаційної моделі роботи системи**

Практична частина магістерської роботи представлена програмною реалізацією імітаційної моделі автоматизованої системи паркування транспортного засобу. Програмна система призначена для моделювання процесу отримання сенсорних даних, аналізу відстані до перешкод, формування керуючої дії, візуального та звукового інформування користувача, а також збереження історії роботи системи в базі даних.

Розроблена програма є настільним застосунком із графічним інтерфейсом. Вона не підключається до реальних ультразвукових або інфрачервоних датчиків і не здійснює фізичного керування транспортним засобом. У межах програмної моделі робота датчиків імітується шляхом генерації числових значень, які використовуються для перевірки алгоритму прийняття рішень. Такий підхід дає змогу дослідити базову логіку автоматизованого паркування без використання апаратного стенда або реального автомобіля [8].

Програмну реалізацію виконано мовою C# з використанням технології Windows Forms. Для збереження даних застосовується база даних MS Access, взаємодія з якою здійснюється через OleDb. Вибір таких засобів пояснюється тим, що вони дозволяють створити настільну програму з графічним інтерфейсом, реалізувати взаємодію з локальною базою даних і забезпечити наочне відображення результатів роботи системи [10].

У програмній системі реалізовано такі основні функції:

1. введення та збереження даних про транспортний засіб;
2. вибір активного транспортного засобу з бази даних;

3. запуск і зупинка процесу симуляції;
4. генерація значень переднього, заднього, лівого та правого датчиків;
5. аналіз показників переднього та заднього датчиків;
6. формування дії системи: «Вперед», «Поворот» або «Стоп + Назад»;
7. відображення поточного стану системи в інтерфейсі;
8. звукове інформування про наближення до перешкоди;
9. побудова графіка зміни відстані;
10. запис сенсорних даних і журналу дій у базу даних.

Загальний вигляд головного вікна програмної системи наведено на рисунку 3.1.

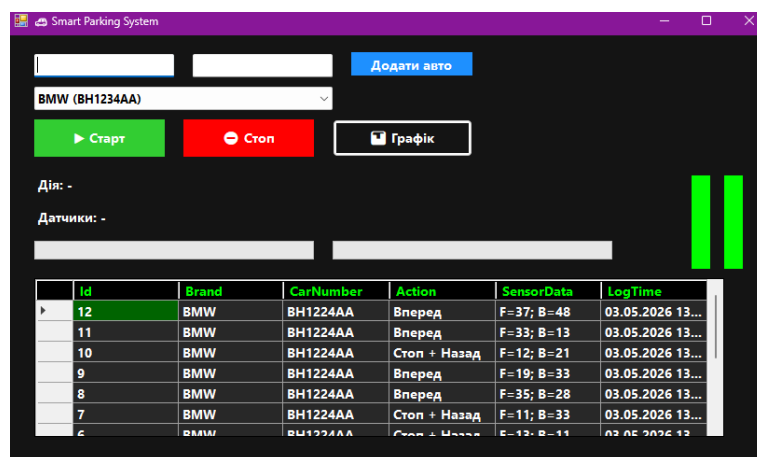


Рисунок 3.1 – Головне вікно програмної системи

Як видно з рисунка 3.1, головне вікно містить поля для введення марки та номера транспортного засобу, список вибору авто, кнопки запуску і зупинки симуляції, кнопку відкриття графіка, область відображення поточної дії системи, блок показників датчиків та таблицю журналу подій. Така структура дозволяє користувачу керувати симуляцією та одночасно спостерігати за результатами роботи алгоритму.

Робота системи відбувається циклічно. Після вибору транспортного засобу та запуску симуляції програма через певний проміжок часу формує нові

значення датчиків. Далі ці значення передаються до логіки прийняття рішень, де система визначає подальшу дію. Після цього оновлюється інтерфейс, за потреби подається звуковий сигнал, а результати записуються до бази даних.

Загальну характеристику програмної реалізації наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Загальна характеристика програмної реалізації

Характеристика	Опис
Тип програмного забезпечення	Настільна програмна імітаційна модель
Призначення	Моделювання роботи автоматизованої системи паркування
Мова програмування	C#
Інтерфейс	Windows Forms
База даних	MS Access
Спосіб підключення до бази даних	OleDb
Основні модулі	Робота з транспортними засобами, симуляція датчиків, прийняття рішень, візуалізація, логування
Тип сенсорних даних	Програмно згенеровані значення
Основні дії системи	Вперед, Поворот, Стоп + Назад
Характер реалізації	Імітаційна модель без фізичного керування транспортним засобом

Як видно з таблиці 3.1, програмна реалізація поєднує функції імітації, обробки даних, візуалізації та збереження результатів. Це дозволяє використовувати її як демонстраційну й дослідну модель для перевірки логіки автоматизованого паркування.

Особливістю реалізації є те, що значення датчиків формуються програмно, а не надходять від фізичних сенсорів. Завдяки цьому можна моделювати різні ситуації під час паркування: безпечну дистанцію, появу

перешкоди попереду, перешкоду позаду або критичне скорочення відстані. Програма не замінює реальну апаратну систему, однак дозволяє перевірити алгоритмічну частину та підготувати основу для подальшого вдосконалення системи.

Таким чином, розроблена програмна реалізація є спрощеною, але функціонально завершеною імітаційною моделлю автоматизованої системи паркування. Вона забезпечує моделювання сенсорних даних, формування керуючих дій, відображення поточного стану та збереження історії роботи системи.

### **3.2 Реалізація модуля введення та збереження даних про транспортний засіб**

Одним із базових модулів програмної системи є модуль введення та збереження даних про транспортний засіб. Його призначення полягає в тому, щоб забезпечити реєстрацію транспортного засобу в системі, вибір активного запису та подальшу прив'язку результатів симуляції до конкретного автомобіля або одиниці техніки. Збереження таких даних у базі дає змогу підтримувати структуровану історію роботи системи та пов'язувати результати симуляції з конкретним об'єктом [9].

У програмній реалізації користувач може ввести основні дані про транспортний засіб, зокрема марку та державний номер. Після натискання кнопки додавання ці дані зберігаються в базі даних у таблиці Cars. Для кожного транспортного засобу в базі створюється окремий запис з унікальним ідентифікатором. Надалі цей ідентифікатор використовується для зв'язку з таблицями сенсорних даних і журналу дій.

Таблиця Cars містить такі поля: Id, Brand і CarNumber. Поле Id використовується як первинний ключ, поле Brand зберігає марку

транспортного засобу, а поле CarNumber – його державний номер. Така структура є достатньою для імітаційної моделі, оскільки основним завданням цього модуля є не детальний облік транспортних засобів, а їх ідентифікація під час симуляції.

Після додавання транспортного засобу користувач може вибрати його зі списку на головній формі. Вибраний запис стає активним, а його ідентифікатор використовується під час запису показників датчиків і дій системи. Завдяки цьому всі результати роботи симуляції пов'язуються з конкретним транспортним засобом, що дає змогу зберігати історію роботи системи у структурованому вигляді.

У межах роботи модуля виконуються такі основні операції:

1. введення марки транспортного засобу;
2. введення державного номера;
3. збереження даних у таблиці Cars;
4. завантаження списку транспортних засобів із бази даних;
5. вибір активного транспортного засобу;
6. передавання ідентифікатора вибраного транспортного засобу до інших модулів системи.

Важливим елементом роботи модуля є перевірка вибору транспортного засобу перед запуском симуляції. Якщо користувач не обрав транспортний засіб, запуск процесу моделювання не повинен виконуватися, оскільки система не зможе коректно прив'язати сенсорні дані та журнал дій до запису в базі даних. Така перевірка підвищує надійність роботи програми та запобігає появі некоректних записів.

Модуль введення та збереження даних про транспортний засіб взаємодіє з іншими частинами програмної системи. Зокрема, модуль симуляції використовує ідентифікатор активного транспортного засобу для запису показників датчиків, а модуль логування – для збереження дій системи в

журналі. Таким чином, таблиця Cars є основою для зв'язування даних у межах усієї програмної моделі.

Опис основних операцій модуля наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні операції модуля роботи з транспортними засобами

Операція	Призначення	Результат виконання
Введення марки	Задання назви або марки транспортного засобу	Дані підготовлено до збереження
Введення номера	Задання державного номера транспортного засобу	Дані підготовлено до збереження
Додавання транспортного засобу	Збереження нового запису в таблиці Cars	У базі створено запис про транспортний засіб
Завантаження списку авто	Отримання наявних записів із бази даних	Список транспортних засобів відображено в інтерфейсі
Вибір активного авто	Визначення транспортного засобу для симуляції	Ідентифікатор авто передано до інших модулів
Перевірка вибору	Запобігання запуску симуляції без активного авто	Уникнення некоректного запису даних

Як видно з таблиці 3.2, модуль роботи з транспортними засобами виконує не лише функцію введення даних, а й забезпечує зв'язок між користувацьким інтерфейсом, базою даних та іншими модулями системи. Саме через вибраний транспортний засіб система визначає, до якого запису мають належати сенсорні показники та журнал дій.

Отже, реалізований модуль введення та збереження даних про транспортний засіб забезпечує початкову ідентифікацію об'єкта симуляції. Це дозволяє організувати подальше збереження телеметрії та результатів роботи алгоритму в базі даних у прив'язці до конкретного транспортного засобу.

### 3.3 Реалізація модуля симуляції сигналів датчиків

Модуль симуляції сигналів датчиків призначений для програмного формування значень, які імітують роботу сенсорної підсистеми автоматизованої системи паркування. Оскільки в межах роботи не використовується реальне апаратне забезпечення, фізичні ультразвукові або інфрачервоні датчики замінено програмною генерацією числових показників. Це дозволяє перевірити реакцію системи на різні умови паркування без підключення мікроконтролера або реального транспортного засобу [8].

У програмній моделі імітується робота чотирьох датчиків: переднього, заднього, лівого та правого. Передній датчик відповідає за контроль простору перед транспортним засобом, задній – за контроль зони позаду, а лівий і правий датчики використовуються для відображення стану бокових зон. Значення датчиків формуються автоматично під час роботи симуляції.

Генерація сенсорних даних виконується циклічно. Після запуску симуляції система через заданий проміжок часу створює нові значення датчиків у діапазоні від 5 до 50 умовних одиниць. У межах програмної моделі ці значення інтерпретуються як умовна відстань до перешкоди. Періодичне оновлення показників дозволяє моделювати зміну ситуації навколо транспортного засобу під час паркувального маневру.

Особливістю реалізації є те, що не всі датчики однаково впливають на алгоритм прийняття рішень. Передній і задній датчики використовуються безпосередньо для визначення подальшої дії системи. Саме їхні значення аналізуються під час вибору команди «Вперед», «Поворот» або «Стоп + Назад». Лівий і правий датчики у поточній версії програми виконують індикативну функцію та використовуються для візуального відображення стану бокових зон.

Вхідні сенсорні дані програмної моделі наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вхідні сенсорні дані програмної моделі

Датчик	Діапазон значень	Використання в алгоритмі	Призначення
Front	5-50	Так	Визначення відстані до перешкоди попереду
Back	5-50	Так	Визначення відстані до перешкоди позаду
Left	5-50	Ні	Візуальна індикація стану лівої бокової зони
Right	5-50	Ні	Візуальна індикація стану правої бокової зони

Як видно з таблиці 3.3, основними для прийняття рішень є показники переднього та заднього датчиків. Бокові датчики у поточній реалізації не впливають на вибір керуючої дії, однак підвищують наочність роботи системи під час симуляції.

Поточні значення датчиків відображаються в інтерфейсі користувача у вигляді текстового рядка з позначеннями F, B, L і R. Позначення F відповідає передньому датчику, B – задньому, L – лівому, а R – правому. Також значення датчиків відображаються через індикатори, які змінюють свій стан залежно від рівня наближення до перешкоди.

Приклад відображення сенсорних даних і поточної дії системи під час симуляції наведено на рисунку 3.2.

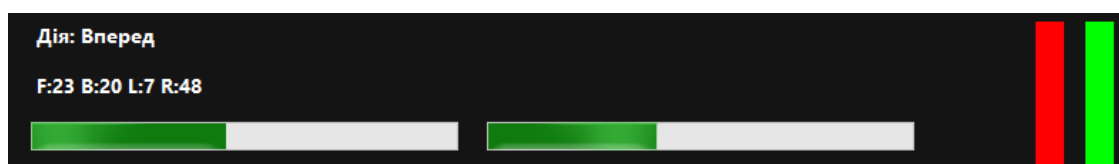


Рисунок 3.2 – Відображення сенсорних даних і дії системи під час симуляції

Як видно з рисунка 3.2, під час роботи програми користувач може спостерігати поточну дію системи, значення всіх чотирьох датчиків та візуальні індикатори. Це дозволяє оцінити, як зміна сенсорних даних впливає на поведінку програмної моделі.

У межах модуля симуляції сенсорні значення також передаються до інших частин системи. Передній і задній показники надходять до алгоритму прийняття рішень, після чого результат обробки відображається в інтерфейсі та записується до журналу. Таким чином, модуль симуляції сигналів датчиків є основою для роботи всієї програмної моделі.

Отже, реалізований модуль симуляції забезпечує програмне відтворення роботи сенсорної підсистеми автоматизованого паркування. Незважаючи на спрощений характер моделі, він дозволяє перевірити базову логіку реакції системи на зміну відстані до перешкод і підготувати основу для подальшої інтеграції з реальними датчиками.

### **3.4 Реалізація алгоритму керування паркувальним маневром**

Алгоритм керування паркувальним маневром у програмній системі реалізовано як набір умов, що перевіряють поточні значення переднього та заднього датчиків. Основне завдання цього модуля полягає у визначенні дії, яку має сформувавати система залежно від відстані до перешкод. У системах автоматизованого паркування подібна логіка базується на обробці сенсорних даних і формуванні керуючого або попереджувального рішення [5]. У межах імітаційної моделі така дія не передається на реальні виконавчі механізми, а відображається в інтерфейсі користувача та записується до журналу подій [8].

У програмній реалізації використано спрощену каскадну логіку прийняття рішень. На першому етапі перевіряється значення переднього

датчика. Якщо воно менше за встановлену межу, система вважає ситуацію небезпечною та формує дію «Стоп + Назад». Такий підхід пояснюється тим, що перешкода попереду має найвищий пріоритет під час руху вперед.

Якщо значення переднього датчика не є критичним, система переходить до аналізу заднього датчика. Якщо задня відстань менша за допустиме значення, формується дія «Поворот». У випадку, коли значення переднього та заднього датчиків перебувають у безпечних межах, система формує дію «Вперед».

Умови реалізації алгоритму керування паркувальним маневром наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Реалізація умов прийняття рішень у програмі

Умова	Дія системи	Результат у програмі
$Front < 15$	Стоп + Назад	В інтерфейсі відображається дія зупинки та руху назад, дані записуються в журнал
$Front \geq 15$ та $Back < 10$	Поворот	В інтерфейсі відображається дія повороту, дані записуються в журнал
$Front \geq 15$ та $Back \geq 10$	Вперед	В інтерфейсі відображається дія руху вперед, дані записуються в журнал

Як видно з таблиці 3.4, алгоритм має три основні варіанти реакції. Усі вони залежать від двох ключових параметрів: значення переднього датчика Front і значення заднього датчика Back. Бокові датчики Left і Right у поточній версії програми не впливають на вибір дії, а використовуються лише для візуального відображення стану бокових зон.

Після визначення дії система оновлює інтерфейс користувача. Поточна команда відображається в полі дії, значення датчиків виводяться окремим рядком, а індикатори змінюють свій стан залежно від рівня небезпеки. Це дозволяє користувачу бачити не лише результат роботи алгоритму, а й вхідні дані, на основі яких було сформовано відповідне рішення.

Окремим етапом роботи алгоритму є запис результату до бази даних. Після кожного циклу симуляції система зберігає показники датчиків і сформовану дію в журналі. Завдяки цьому можна простежити послідовність рішень, які приймала система під час роботи, і надалі використати ці записи для аналізу або тестування.

Приклад роботи алгоритму можна пояснити так: якщо передній датчик має значення  $F=10$ , а задній  $B=32$ , система спочатку перевіряє умову  $Front < 15$ . Оскільки вона виконується, формується дія «Стоп + Назад», незалежно від значення заднього датчика. Якщо ж передній датчик має безпечне значення, наприклад  $F=23$ , а задній також не є критичним, наприклад  $B=20$ , система формує дію «Вперед».

У поточній реалізації порогові значення задані безпосередньо в логіці програми. Це спрощує роботу моделі, але водночас обмежує її гнучкість. У майбутньому доцільно передбачити можливість налаштування порогів користувачем або збереження таких параметрів у базі даних. Це дозволило б адаптувати систему до різних типів транспортних засобів і умов паркування.

Таким чином, реалізований алгоритм керування паркувальним маневром забезпечує базову реакцію системи на зміну сенсорних даних. Він дозволяє перевірити логіку формування дій «Вперед», «Поворот» і «Стоп + Назад» у межах програмної імітаційної моделі. Попри спрощений характер алгоритму, він є достатнім для демонстрації принципу роботи автоматизованої системи паркування та подальшого її вдосконалення.

### **3.5 Реалізація журналу дій системи**

Журнал дій є одним із ключових елементів програмної реалізації, оскільки він забезпечує збереження результатів роботи імітаційної моделі. У програмних системах журналювання використовується для фіксації важливих

подій, подальшого аналізу роботи алгоритмів і перевірки коректності виконання операцій [9]. У межах цієї роботи журнал дій дозволяє відстежувати, які рішення формувала система під час симуляції паркування та на основі яких сенсорних значень ці рішення були прийняті.

У програмній моделі збереження даних реалізовано через базу даних MS Access. Під час кожного циклу симуляції система формує нові значення датчиків, визначає дію відповідно до алгоритму та записує результати роботи в базу даних. Такий підхід дозволяє не лише відображати поточний стан системи в інтерфейсі, а й накопичувати історію її роботи для подальшого перегляду й аналізу [10].

У структурі бази даних для збереження результатів роботи використовуються дві основні таблиці: Sensors і Logs. Таблиця Sensors призначена для збереження числових показників переднього та заднього датчиків. До неї записуються ідентифікатор транспортного засобу, значення FrontDistance, значення BackDistance і час фіксації показників. Це дозволяє зберігати первинні сенсорні дані, які були отримані під час симуляції.

Таблиця Logs використовується для збереження журналу прийнятих рішень. У ній фіксується ідентифікатор транспортного засобу, дія системи, текстовий опис сенсорних даних і час події. Дія може мати значення «Вперед», «Поворот» або «Стоп + Назад». Сенсорні дані записуються у скороченому форматі, наприклад F=23; B=20, що дозволяє швидко побачити, які значення переднього та заднього датчиків були використані під час прийняття рішення.

Структуру записів журналу дій системи наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Структура записів журналу дій системи

Поле	Джерело даних	Призначення
Id	База даних	Унікальний ідентифікатор запису журналу

CarId	Активний транспортний засіб	Прив'язка запису до конкретного транспортного засобу
Action	Алгоритм прийняття рішень	Збереження дії, сформованої системою
SensorData	Модуль симуляції датчиків	Збереження значень датчиків у текстовому форматі
LogTime	Системний час	Фіксація дати й часу події

Як видно з таблиці 3.5, кожен запис журналу містить інформацію, необхідну для аналізу роботи системи. Завдяки полю CarId журнал пов'язується з конкретним транспортним засобом, а поля Action, SensorData і LogTime дозволяють визначити, яку дію сформувала система, на основі яких значень датчиків і в який момент часу.

Відображення журналу дій реалізовано безпосередньо на головній формі програмної системи. Дані з бази виводяться у таблицю, де користувач може переглядати послідовність рішень, сформованих під час роботи симуляції. Приклад відображення журналу дій у програмній системі наведено на рисунку 3.3.

	<b>Id</b>	<b>Brand</b>	<b>CarNumber</b>	<b>Action</b>	<b>SensorData</b>	<b>LogTime</b>
▶	16	BMW	BH1234AA	Вперед	F=23; V=20	03.05.2026 22...
	15	BMW	BH1234AA	Вперед	F=25; V=42	03.05.2026 22...
	14	BMW	BH1234AA	Вперед	F=33; V=25	03.05.2026 22...
	13	BMW	BH1234AA	Стоп + Назад	F=10; V=32	03.05.2026 22...
	12	BMW	BH1224AA	Вперед	F=37; V=48	03.05.2026 13...
	11	BMW	BH1224AA	Вперед	F=33; V=13	03.05.2026 13...
	10	BMW	BH1224AA	Стоп + Назад	F=13; V=21	03.05.2026 13...

Рисунок 3.3 – Відображення журналу дій у програмній системі

Як видно з рисунка 3.3, журнал містить записи з ідентифікатором, маркою та номером транспортного засобу, дією системи, сенсорними даними та часом події. Такий формат дозволяє швидко оцінити, як система реагувала на різні значення датчиків під час симуляції.

У поточній реалізації журнал дій використовується переважно для перегляду історії роботи системи. Він не містить складного аналітичного модуля або фільтрації записів за транспортним засобом. Однак сама структура журналу створює основу для подальшого розширення функціоналу: додавання фільтрів, експорту даних, побудови статистики або аналізу частоти спрацювання окремих дій.

Окремо слід зазначити, що в таблицю Sensors записуються лише значення переднього та заднього датчиків. Лівий і правий датчики в поточній версії програми використовуються для візуальної індикації та не зберігаються в базі даних. Це є обмеженням реалізації, але воно не заважає перевірці основної логіки роботи системи, оскільки саме передній і задній датчики беруть участь у прийнятті рішень.

Таким чином, реалізований журнал дій забезпечує фіксацію основних результатів роботи програмної моделі. Він дозволяє зберігати сенсорні показники, дії системи та час їх формування, що є важливим для тестування, аналізу та подальшого вдосконалення алгоритму автоматизованого паркування.

### **3.6 Тестування системи на типових сценаріях паркування**

Тестування програмної моделі виконувалося з метою перевірки коректності роботи основних функцій системи: генерації сенсорних даних, прийняття рішень, візуального відображення результатів, запису даних у журнал та роботи графічного модуля. Тестування програмного забезпечення дозволяє виявити помилки в логіці роботи системи, перевірити відповідність фактичної поведінки очікуваній та оцінити стабільність виконання основних операцій [9].

Оскільки розроблена система є імітаційною моделлю, тестування проводилося не на реальному транспортному засобі, а в межах програмного

середовища. Основна увага приділялася перевірці реакції алгоритму на різні значення переднього та заднього датчиків. Саме ці два параметри використовуються системою для вибору дії: «Вперед», «Поворот» або «Стоп + Назад».

Під час тестування враховувалися умови, закладені в алгоритмі прийняття рішень. Якщо значення переднього датчика є меншим за 15 умовних одиниць, система повинна сформувати дію «Стоп + Назад». Якщо передній датчик має безпечне значення, але задній датчик менший за 10 умовних одиниць, система повинна сформувати дію «Поворот». Якщо значення переднього та заднього датчиків перебувають у безпечних межах, система повинна сформувати дію «Вперед».

Результати тестування програмної моделі наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати тестування програмної моделі

№	Тестовий сценарій	Вхідні дані або умова	Очікуваний результат	Фактичний результат
1	Безпечна дистанція попереду та позаду	Front = 35, Back = 40	Система формує дію «Вперед»	Дія «Вперед» відображається в інтерфейсі та записується в журнал
2	Перешкода попереду	Front = 12, Back = 30	Система формує дію «Стоп + Назад»	Дія «Стоп + Назад» має найвищий пріоритет і записується в журнал
3	Перешкода позаду	Front = 40, Back = 8	Система формує дію «Поворот»	Дія «Поворот» відображається в інтерфейсі та

				записується в журнал
4	Критичні значення попереду та позаду	Front = 6, Back = 6	Система формує дію «Стоп + Назад»	Спрацьовує пріоритет переднього датчика
5	Запуск без вибраного транспортного засобу	Транспортний засіб не вибрано	Симуляція не повинна запускатися	Система має повідомити користувача про необхідність вибору авто
6	Запис результату в у журнал	Виконано цикл симуляції	У журналі з'являється новий запис	У таблиці журналу відображається дія, дані датчиків і час події
7	Відкриття графіка	Натиснуто кнопку «Графік»	Відкривається вікно графіка	Відображається графік зміни відстані

Як видно з таблиці 3.6, тестування охоплює основні сценарії роботи програмної моделі. Перші чотири сценарії перевіряють логіку прийняття рішень залежно від значень переднього та заднього датчиків. П'ятий сценарій дозволяє перевірити коректність запуску симуляції лише після вибору транспортного засобу. Шостий і сьомий сценарії спрямовані на перевірку допоміжних функцій: журналювання та графічного відображення даних.

Результати тестування показують, що програмна модель коректно реагує на зміну сенсорних даних відповідно до заданих умов. Найвищий пріоритет має передній датчик, тому за наявності критичної перешкоди попереду система формує дію «Стоп + Назад» незалежно від значення заднього датчика. Це відповідає логіці безпечного маневрування, оскільки подальший рух уперед у такій ситуації є небезпечним.

Також під час тестування перевірено збереження результатів у журналі. Після кожного циклу симуляції система записує сформовану дію, короткий опис сенсорних даних і час події. Це дозволяє переглядати історію роботи моделі та аналізувати послідовність рішень, які були сформовані під час симуляції.

Окремо перевірено роботу графічного модуля. Після відкриття вікна графіка користувач може спостерігати зміну значень переднього датчика в часі. Це підвищує наочність роботи системи й дозволяє краще оцінити динаміку зміни відстані до перешкоди.

Отже, проведене тестування підтвердило працездатність основних модулів програмної моделі. Система виконує генерацію сенсорних даних, формує дії відповідно до заданого алгоритму, відображає результати в інтерфейсі, зберігає журнал подій і забезпечує графічне подання зміни відстані. Водночас тестування має імітаційний характер, оскільки перевірка проводиться без підключення реальних датчиків і виконавчих механізмів.

### **3.7 Аналіз результатів роботи системи та оцінювання її ефективності**

Після виконання програмної реалізації та тестування імітаційної моделі було проаналізовано результати роботи автоматизованої системи паркування. Оцінювання результатів програмної системи доцільно виконувати з урахуванням коректності роботи основних функцій, відповідності алгоритму заданим умовам, стабільності збереження даних і зручності відображення результатів для користувача [9].

Результати тестування показали, що програмна модель виконує основні функції, передбачені завданням роботи. Система дозволяє додати транспортний засіб, вибрати його зі списку, запустити симуляцію, сформувати значення датчиків, визначити дію відповідно до алгоритму та зберегти

результати в журналі. Це підтверджує працездатність базової логіки програмної реалізації.

Одним із важливих результатів є коректна робота алгоритму прийняття рішень. Якщо значення переднього датчика є критичним, система формує дію «Стоп + Назад». Якщо передня зона є безпечною, але задній датчик показує критичне наближення до перешкоди, система формує дію «Поворот». У разі відсутності критичних значень система формує дію «Вперед». Така логіка відповідає умовам, визначеним під час проєктування алгоритму.

Позитивним результатом також є наявність візуального та звукового інформування користувача. Значення датчиків відображаються в інтерфейсі, а поточна дія системи виводиться окремим повідомленням. Це дає змогу користувачу швидко зрозуміти, як саме система реагує на зміну ситуації під час симуляції. Додатково передбачено графічне відображення зміни значення переднього датчика, що підвищує наочність аналізу роботи моделі.

Вікно графіка зміни відстані до перешкоди наведено на рисунку 3.3.

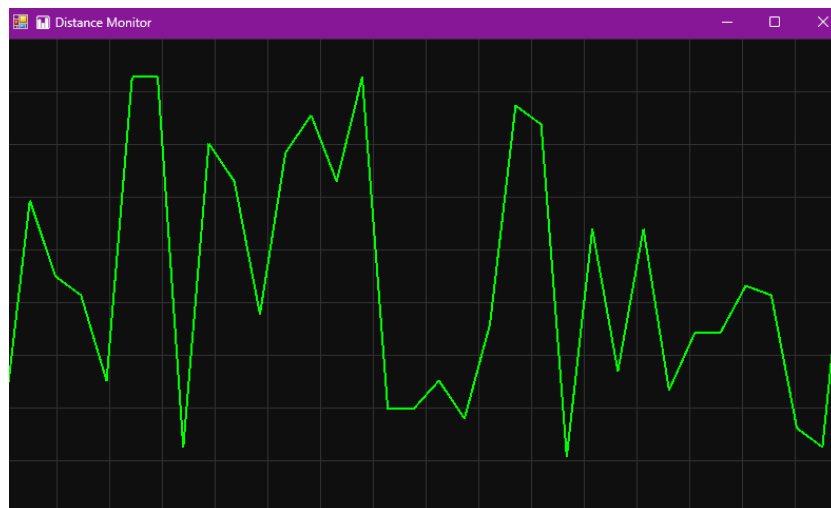


Рисунок 3.3 – Вікно графіка зміни відстані до перешкоди

Як видно з рисунка 3.3, графічний модуль дозволяє відстежувати зміну показників переднього датчика в часі. Така візуалізація є корисною для аналізу

динаміки наближення до перешкоди та перевірки того, як змінюються вхідні дані під час роботи симуляції.

Журналювання результатів роботи системи також є важливим елементом оцінювання ефективності. Після кожного циклу симуляції система зберігає показники датчиків і сформовану дію. Це дозволяє переглядати історію роботи моделі та аналізувати послідовність рішень, прийнятих алгоритмом. Наявність журналу підвищує інформативність програмної системи та створює основу для подальшого розширення аналітичних можливостей.

Водночас реалізована програмна модель має певні обмеження. По-перше, вона не використовує реальні датчики, а формує значення програмно. По-друге, система не здійснює фізичного керування транспортним засобом, а лише моделює вибір дії. По-третє, лівий і правий датчики використовуються тільки для візуальної індикації та не впливають на алгоритм прийняття рішень. По-четверте, порогові значення в поточній версії задані безпосередньо в логіці програми та не налаштовуються користувачем.

Незважаючи на зазначені обмеження, реалізована модель є достатньою для демонстрації принципу роботи автоматизованої системи паркування. Вона дозволяє перевірити базову логіку обробки сенсорних даних, реакцію системи на різні значення датчиків, роботу інтерфейсу, журналу дій і графічного модуля. Це дає підстави вважати програмну реалізацію придатною для подальшого розвитку.

Подальше вдосконалення системи може передбачати підключення реальних ультразвукових або інфрачервоних датчиків, використання мікроконтролера, додавання фільтрації журналу дій, урахування бокових датчиків у логіці прийняття рішень, налаштування порогових значень та розширення моделі руху транспортного засобу. Такі зміни дозволили б

перейти від спрощеної програмної імітації до більш наближеної до практичного використання системи.

Отже, аналіз результатів показав, що програмна імітаційна модель виконує поставлені завдання. Система забезпечує моделювання сенсорних даних, формування керуючих дій, візуальне представлення результатів, журналювання подій і графічне відображення зміни відстані. Це підтверджує працездатність запропонованої програмної реалізації та доцільність її використання як основи для подальшого вдосконалення автоматизованої системи паркування.

### **Висновки до розділу 3**

У третьому розділі розглянуто програмну реалізацію імітаційної моделі автоматизованої системи паркування транспортного засобу. Практична частина роботи представлена настільним застосунком із графічним інтерфейсом, який моделює отримання сенсорних даних, формування керуючих дій, візуальне та звукове інформування користувача, а також збереження результатів у базі даних.

Описано реалізацію модуля введення та збереження даних про транспортний засіб. Система дозволяє вводити марку й державний номер, зберігати ці дані в таблиці Cars і використовувати вибраний запис для прив'язки сенсорних показників та журналу дій.

Розглянуто модуль симуляції сигналів датчиків. У програмній моделі імітується робота переднього, заднього, лівого та правого датчиків. Передній і задній датчики використовуються для прийняття рішень, а лівий і правий – для візуальної індикації стану бокових зон.

Описано реалізацію алгоритму керування паркувальним маневром. Алгоритм працює за каскадною логікою: при критичному значенні переднього

датчика формується дія «Стоп + Назад», при критичному значенні заднього датчика – дія «Поворот», а за відсутності небезпечних значень – дія «Вперед».

Проаналізовано журнал дій системи, у якому зберігаються показники датчиків, сформовані рішення та час події. Це дозволяє переглядати історію роботи системи й оцінювати відповідність дій алгоритму вхідним сенсорним значенням.

Проведено тестування програмної моделі на типових сценаріях паркування. Результати показали, що система коректно реагує на безпечну дистанцію, перешкоду попереду, перешкоду позаду, критичні значення датчиків, а також забезпечує запис даних у журнал і роботу графічного модуля.

Визначено основні обмеження реалізованої моделі: відсутність реальних датчиків, фізичного керування транспортним засобом, впливу бокових датчиків на алгоритм і можливості налаштування порогових значень користувачем.

Отже, програмна реалізація підтверджує працездатність базової логіки автоматизованого паркування. Система забезпечує генерацію сенсорних даних, формування керуючих дій, візуалізацію стану, журналювання результатів і графічне відображення зміни відстані, що створює основу для подальшого вдосконалення моделі.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ**

### **4.1 Загальні вимоги безпеки під час експлуатації транспортних засобів**

Охорона праці під час експлуатації транспортних засобів передбачає створення безпечних умов роботи для водія, оператора, обслуговувального персоналу та інших осіб, які можуть перебувати в зоні руху техніки. Відповідно до законодавства України, охорона праці спрямована на забезпечення безпечних і здорових умов праці, запобігання виробничому травматизму та зменшення впливу небезпечних факторів на працівників [11]. Закон України «Про охорону праці» визначає загальні положення щодо права працівників на безпечні умови праці та є базовим нормативним джерелом для цього розділу.

Під час експлуатації автомобілів, сільськогосподарської та спеціальної техніки важливо дотримуватися правил безпечного маневрування, особливо під час руху заднім ходом, паркування, заїзду до ангарів, складів або виробничих приміщень. У таких умовах можуть виникати ризики зіткнення з іншими транспортними засобами, обладнанням, конструкціями або людьми. Тому перед початком маневру оператор повинен переконатися у відсутності перешкод у зоні руху та контролювати ситуацію навколо транспортного засобу [12]. Правила охорони праці на автомобільному транспорті чинні та поширюються на суб'єкти, які організують або здійснюють роботи на автомобільному транспорті.

Автоматизована система паркування у цьому контексті розглядається як допоміжний засіб підвищення безпеки. Вона не замінює відповідальність водія або оператора, але може зменшити ризик помилки завдяки контролю відстані

до перешкод, візуальній та звуковій індикації, а також фіксації дій системи в журналі.

## 4.2 Потенційні небезпеки під час автоматизованого паркування

Під час автоматизованого або напівавтоматизованого паркування можуть виникати різні небезпечні ситуації. До них належать недостатня оглядовість, наявність перешкод у зоні руху, перебування людей поруч із технікою, некоректні показники датчиків, несправність електронних компонентів та надмірна довіра оператора до автоматизованої системи.

Основні небезпечні фактори під час паркування техніки можна згрупувати за джерелом їх виникнення. До них належать фактори, пов'язані з оглядовістю, станом робочої зони, перебуванням людей у зоні руху, технічним станом системи та діями оператора. Узагальнену схему таких факторів наведено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Основні небезпечні фактори під час паркування техніки

Як видно з рисунка 4.1, небезпеки під час паркування мають комплексний характер. Вони можуть бути пов'язані як із зовнішніми умовами, так і з технічним станом системи або діями оператора. Тому безпечне використання автоматизованої системи паркування потребує поєднання технічних і організаційних заходів.

Потенційні ризики під час використання автоматизованої системи паркування наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Потенційні ризики під час використання автоматизованої системи паркування

Небезпечний фактор	Можливий наслідок	Заходи запобігання
Наявність перешкод у сліпих зонах	Зіткнення або пошкодження техніки	Використання датчиків, камер і візуального контролю
Перебування людей у зоні руху	Травмування працівників	Обмеження доступу до зони маневрування
Некоректні показники датчиків	Помилкова дія системи	Перевірка справності датчиків і дублювання контролю
Недостатнє освітлення	Погіршення оглядовості	Забезпечення нормативного освітлення робочої зони
Надмірна довіра до автоматики	Втрата контролю оператором	Інструктаж і збереження контролю з боку водія
Несправність електронних компонентів	Відмова системи	Регулярна перевірка та технічне обслуговування

Як видно з таблиці 4.1, автоматизована система паркування повинна розглядатися як засіб підтримки, а не як повна заміна оператора. Навіть за наявності датчиків і попереджувальної індикації остаточне рішення щодо безпечного маневрування має залишатися за водієм або відповідальною особою.



Як видно з рисунка 4.2, безпечна зона повинна охоплювати простір перед транспортним засобом, позаду нього та з боків. Перед початком маневру оператор має переконатися, що в межах цієї зони відсутні люди, сторонні предмети та інші транспортні засоби. Автоматизована система паркування може допомагати контролювати ці зони, однак остаточною відповідальністю за безпечне виконання маневру залишається за оператором.

Важливою умовою безпеки є належне освітлення. Недостатній рівень освітленості ускладнює виявлення перешкод, погіршує оглядовість і підвищує ризик помилок під час паркування. Під час організації робочої зони потрібно враховувати вимоги до природного та штучного освітлення, зокрема положення ДБН В.2.5-28:2018 [13].

Якщо паркування або обслуговування техніки виконується в закритому приміщенні, додатково слід враховувати параметри мікроклімату. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень визначають вплив температури, вологості, швидкості руху повітря, температури поверхонь і теплового випромінювання на умови праці [14].

#### **4.4 Заходи безпеки при використанні датчиків та електронних компонентів**

Автоматизована система паркування може включати датчики відстані, мікроконтролер, керуючий модуль, проводку, індикатори, дисплей та звукову сигналізацію. Безпечне використання таких компонентів потребує правильної установки, захисту від вологи, пилу, механічних пошкоджень, перегрівання та короткого замикання.

Датчики відстані повинні бути встановлені так, щоб забезпечувати контроль потрібної зони. Забруднення, зміщення або пошкодження датчика

може призвести до неправильного визначення відстані до перешкоди. Тому перед використанням системи потрібно перевіряти чистоту датчиків, надійність кріплення та правильність їх роботи.

Електронні компоненти системи повинні бути захищені від вологи й механічних навантажень. Під час монтажу необхідно уникати пошкодження проводки, випадкового контакту з рухомими частинами транспортного засобу та нестабільного живлення. У разі виявлення несправності систему не можна використовувати до усунення дефекту.

Заходи зниження ризиків під час експлуатації системи наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Заходи зниження ризиків під час експлуатації системи

Ризик	Причина виникнення	Заходи зниження
Зіткнення з перешкодою	Недостатня оглядовість або помилка датчика	Перевірка зони руху, використання датчиків і візуального контролю
Травмування людей	Перебування працівників у зоні маневрування	Обмеження доступу, попереджувальні знаки, контроль оператора
Некоректні показники датчиків	Забруднення або несправність датчика	Очищення, перевірка працездатності, технічне обслуговування
Збій електронних компонентів	Пошкодження проводки або нестабільне живлення	Перевірка підключення, ізоляція, захист від вологи
Помилкова дія оператора	Надмірна довіра до автоматизованої системи	Інструктаж, збереження ручного контролю, обмеження швидкості
Погана видимість	Недостатнє освітлення робочої зони	Забезпечення нормативного освітлення та додаткового контролю

Як видно з таблиці 4.2, зниження ризиків потребує не лише технічної справності системи, а й правильної організації роботи. Навіть ефективна

система датчиків не може повністю усунути небезпеку, якщо оператор не контролює зону маневрування або якщо техніка використовується в неналежних умовах.

#### **4.5 Рекомендації щодо безпечного впровадження системи**

Для безпечного впровадження автоматизованої системи паркування необхідно враховувати технічні, організаційні та програмні аспекти. Перед використанням системи потрібно перевірити справність датчиків, правильність роботи індикаторів, звукового сигналу, журналу подій та алгоритму прийняття рішень.

На етапі впровадження доцільно використовувати систему як допоміжний засіб інформування, а не як повністю автономну систему керування. Оператор повинен зберігати контроль над транспортним засобом і мати можливість у будь-який момент припинити маневр. Це особливо важливо під час роботи з великогабаритною, сільськогосподарською або спеціальною технікою.

Користувачі системи повинні пройти інструктаж щодо принципів її роботи, значення сигналів, можливих обмежень і порядку дій у разі збою. Автоматизована система не повинна створювати ілюзію повної безпеки, оскільки її ефективність залежить від стану датчиків, правильності налаштувань і умов експлуатації.

У межах цієї магістерської роботи реалізована система має імітаційний характер. Вона не керує реальним транспортним засобом, а моделює логіку прийняття рішень на основі сенсорних даних. Тому її безпечне використання полягає насамперед у коректній роботі програмної моделі, правильному відображенні результатів і недопущенні помилкового трактування її як повноцінної фізичної системи керування.

Отже, безпечне впровадження автоматизованої системи паркування потребує комплексного підходу: перевірки технічних компонентів, організації безпечної робочої зони, інструктажу користувачів, контролю стану датчиків і збереження відповідальності оператора за процес маневрування.

#### **Висновки до розділу 4**

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки використання автоматизованої системи паркування транспортних засобів. Визначено, що така система повинна розглядатися як допоміжний засіб підвищення безпеки маневрування, а не як повна заміна контролю з боку водія або оператора.

Проаналізовано основні небезпечні фактори, які можуть виникати під час паркування: обмежена оглядовість, наявність перешкод, перебування людей у зоні руху, некоректні показники датчиків, недостатнє освітлення та несправність електронних компонентів.

Розглянуто вимоги до робочої зони, освітлення та мікроклімату. Встановлено, що безпечне використання системи потребує достатньої оглядовості, належного освітлення, справного технічного стану обладнання та обмеження доступу сторонніх осіб до зони маневрування.

Запропоновано заходи зниження ризиків під час експлуатації системи. До них належать перевірка працездатності датчиків, захист проводки, контроль живлення, перевірка індикаторів, інструктаж користувачів і збереження ручного контролю під час маневрування.

Отже, безпечне впровадження автоматизованої системи паркування можливе лише за умови поєднання технічних, організаційних і програмних заходів. У межах цієї роботи система має імітаційний характер, однак наведені

вимоги можуть бути використані для подальшого переходу до практичного апаратного впровадження.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розглянуто автоматизовану систему паркування транспортних засобів, орієнтовану на моделювання процесу отримання сенсорних даних, аналізу відстані до перешкод, формування керуючих дій, візуального інформування користувача та збереження результатів роботи в базі даних. Практична частина роботи представлена програмною імітаційною моделлю, яка дозволяє перевірити базову логіку функціонування системи без використання реального транспортного засобу, фізичних датчиків і виконавчих механізмів.

У першому розділі проаналізовано теоретичні основи автоматизованих систем паркування. Розглянуто призначення таких систем, особливості паркування легкових автомобілів, сільськогосподарської та спеціальної техніки, а також основні типи сенсорів, які використовуються для виявлення перешкод. Встановлено, що ефективність автоматизованої системи паркування залежить від точності сенсорних даних, швидкості їх обробки, правильності алгоритму прийняття рішень і зрозумілості інформування користувача.

У другому розділі виконано проєктування автоматизованої системи паркування транспортних засобів. Сформовано функціональні та нефункціональні вимоги до системи, розроблено її загальну архітектуру, описано інформаційну взаємодію між модулями, алгоритм прийняття рішень, сценарії руху та виявлення перешкод. Також виконано UML-моделювання роботи програмної системи та спроектовано структуру збереження даних і журналу роботи системи.

У третьому розділі описано програмну реалізацію імітаційної моделі автоматизованої системи паркування. Програма реалізована як настільний застосунок із графічним інтерфейсом. У системі передбачено введення та

збереження даних про транспортний засіб, симуляцію сигналів переднього, заднього, лівого та правого датчиків, реалізацію алгоритму керування паркувальним маневром, журналювання подій і графічне відображення зміни відстані до перешкоди.

Реалізований алгоритм прийняття рішень базується на аналізі значень переднього та заднього датчиків. Якщо передній датчик фіксує критичне наближення до перешкоди, система формує дію «Стоп + Назад». Якщо передня зона є безпечною, але критичне значення має задній датчик, формується дія «Поворот». За відсутності небезпечних значень система формує дію «Вперед». Така логіка дозволяє змоделювати базові сценарії поведінки системи під час паркування.

Проведене тестування показало, що програмна модель коректно реагує на основні сценарії: безпечну дистанцію, перешкоду попереду, перешкоду позаду, критичні значення датчиків, запис дій у журнал і відкриття графічного модуля. Результати роботи системи відображаються в інтерфейсі користувача та зберігаються в базі даних, що дає змогу аналізувати послідовність прийнятих рішень.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки використання автоматизованої системи паркування. Визначено основні небезпечні фактори під час паркування техніки, вимоги до робочої зони, освітлення, оглядовості, а також заходи зниження ризиків під час експлуатації системи. Обґрунтовано, що автоматизована система паркування повинна використовуватися як допоміжний засіб підвищення безпеки, а не як повна заміна контролю з боку водія або оператора.

У результаті виконання магістерської роботи було досягнуто поставленої мети: розроблено та досліджено програмну імітаційну модель автоматизованої системи паркування транспортного засобу. Система забезпечує моделювання сенсорних даних, формування керуючих дій,

візуальне та звукове інформування користувача, запис результатів у журнал і графічне подання зміни відстані.

Розроблена модель має певні обмеження: вона не використовує реальні датчики, не здійснює фізичного керування транспортним засобом, а бокові датчики у поточній версії виконують лише індикативну функцію. Проте така реалізація є достатньою для перевірки базової алгоритмічної логіки автоматизованого паркування та може бути використана як основа для подальшого вдосконалення системи.

Подальший розвиток роботи може передбачати підключення реальних ультразвукових або інфрачервоних датчиків, використання мікроконтролера, урахування бокових датчиків у логіці прийняття рішень, налаштування порогових значень, розширення журналу подій і перехід від програмної імітації до апаратно-програмного прототипу системи паркування.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. SAE International. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016. URL: <https://www.sae.org/standards/j3016-taxonomy-definitions-terms-related-driving-automation-systems-road-motor-vehicles> (дата звернення: 10.04.2026)
2. Bosch Mobility. Park Assist. URL: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/parking/parking-assist/> (дата звернення: 20.04.2026)
3. Bosch Mobility. Ultrasonic Sensor. URL: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/sensors/ultrasonic-sensor/> (дата звернення: 26.04.2026)
4. Bosch Engineering. Visualization and parking functions. URL: <https://www.bosch-engineering.com/services/mobility-solutions/adas/visualisierung-und-parkfunktionen/> (дата звернення: 29.04.2026)
5. Bosch Automotive Aftermarket. Bosch Ultrasonic Sensors Generation 6: Factsheet. URL: [https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/services/news\\_3/23\\_1\\_ultrasonic\\_sensors\\_generation\\_6/factsheet\\_bosch\\_uss6\\_en.pdf](https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/services/news_3/23_1_ultrasonic_sensors_generation_6/factsheet_bosch_uss6_en.pdf)
6. ElecFreaks. Ultrasonic Ranging Module HC-SR04: Datasheet. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
7. Sharp Corporation. GP2Y0A21YK0F Distance Measuring Sensor Unit: Datasheet. URL: [https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk\\_e.pdf](https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf)
8. AnyLogic. The Big Book of Simulation Modeling. URL: <https://www.anylogic.com/resources/books/big-book-of-simulation-modeling/>

9. ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013. Software and systems engineering – Software testing – Part 1: Concepts and definitions. IEEE Standards Association. URL: <https://standards.ieee.org/ieee/29119-1/5308/> (дата звернення: 02.05.2026)
10. Microsoft Learn. Connect to data in an Access database in Windows Forms applications. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/data-tools/connect-to-data-in-an-access-database-windows-forms>
11. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12> (дата звернення: 05.05.2026)
12. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті: наказ МНС України від 09.07.2012 № 964. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1299-12> (дата звернення: 07.05.2026)
13. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Єдина державна електронна система у сфері будівництва. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3074958732556240833?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074958732556240833?doc_type=2) (дата звернення: 10.05.2026)
14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99> (дата звернення: 15.05.2026)
15. Object Management Group. Unified Modeling Language, Version 2.5.1. URL: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/About-UML> (дата звернення: 17.05.2026)
16. Microsoft Learn. Windows Forms documentation. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/winforms/> (дата звернення: 22.05.2026)
17. Microsoft Learn. System.Data.OleDb Namespace. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/system.data.oledb> (дата звернення: 25.05.2026)

18. Microsoft Support. Database design basics. URL:  
<https://support.microsoft.com/en-us/access/database-design-basics>(дата  
звернення: 26.05.2026)