

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій**  
**Кафедра аерокосмічних систем управління**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри АКСУ

\_\_\_\_\_ **Юрій МЕЛЬНИК**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ**

**"БАКАЛАВР"**

Тема: «Логічний блок системи автономного керування наземної роботизованої системи.»

Виконавець: Романовська Альона Андріївна

Керівник: д.т.н, професор, Мельник Юрій Віталійович

Нормоконтролер: к.т.н, доцент, Дивнич Микола Полікарпович

Київ 2024

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації електроніки та телекомунікацій

Кафедра аерокосмічних систем управління

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКСУ

\_\_\_\_\_Юрій МЕЛЬНИК

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024р.

## ЗАВДАННЯ

**на виконання дипломної роботи**

Романовська Альона Андріївна

1. Тема роботи: "Логічний блок системи автономного керування наземної роботизованої системи" затверджена наказом ректора від 13.04.2024 № 507/ст
2. Термін виконання: з 08.05.2024 по 11.06.2024
3. Вихідні дані: дані про колісну роботизовану систему дистанційними елементами керування, а особливо дані про логічний блок прийняття рішень системи.
4. Зміст пояснювальної записки: дослідження логічного блоку роботизованої системи; застосування датчиків дистанційного керування; формування моделей поведінки руху відповідно до сигналів датчиків керування.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, графіки.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Обґрунтування теми дипломної роботи	02.04.2024	
2.	Дата видачі завдання	13.04.2024	
3.	Збір джерел інформації та огляд літературних джерел	25.04.2024	
4.	Розробка детального змісту дипломної роботи	30.04.2024	
5.	Написання вступної частини	03.05.2024	
6.	Підготовка та написання розділу 1	11.05.2024	
7.	Підготовка та написання розділу 2	19.05.2024	
8.	Підготовка та написання розділу 3	26.05.2024	
9.	Написання висновків	01.06.2024	
10.	Оформлення дипломної роботи	09.06.2024	
11.	Підготовка презентації та доповіді	11.06.2024	

7. Дата видачі завдання: «13» 04 2024р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_ Мельник Ю.В.

Завдання прийняла до виконання \_\_\_\_\_ Романовська А.А.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Роботизована наземна система з дистанційними елементами керування» становить 65 сторінок та містить 38 рисунків, 11 рівнянь та 12 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження:** роботизована наземна система колісного типу з дистанційними елементами керування.

**Предмет дослідження:** логічний блок прийняття рішень роботизованої наземної системи колісного типу з дистанційними елементами керування.

**Мета дослідження:** робота спрямована на дослідження та аналіз логічного блоку прийняття рішень, визначення основних моделей поведінки руху та проведення досліджень відповідно до сигналів датчиків дистанційного керування.

**Методи дослідження:** методи дослідження цього проекту об'єднують теоретичний аналіз, моделювання та експериментування. Теоретичний аналіз передбачав собою ознайомлення з роботизованими наземними системами керування та датчиками дистанційного керування, які є частиною цих систем. Дослідження надало змогу ретельно вивчити логічний блок та всі його складові, що є центром прийняття рішень. Моделювання проводилося для того щоб опрацювати моделі поведінок руху згідно з зовнішніми факторами впливу. Експериментування відбувалося за допомогою математичного моделювання, щоб дослідити якість виконання завдань роботизованою системою згідно обраної моделі поведінки з уникненням зіткнення з перешкодами або ціллю.

КОЛІСНА РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА, ДАТЧИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ, УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДАЛЕКОМІР, ДАТЧИК ІНФРАЧЕРВОНОГО КЕРУВАННЯ, ЛОГІЧНИЙ БЛОК, МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ НАЗЕМНИХ СИСТЕМ ТА МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ.....	10
1.1. Загальні принципи функціонування роботизованих наземних систем.....	10
1.2. Основні принципи дистанційного керування.....	11
1.3. Технології застосування дистанційного керування.....	12
1.3.1. Технологія ультразвукового далекоміра.....	12
1.3.2. Технологія інфрачервоного керування.....	13
1.3.3. Технологія радіокерування.....	15
1.4. Переваги та недоліки роботизованих систем та їх датчиків керування.....	16
1.5. Постановка задачі.....	20
1.6. Висновки до розділу.....	21
РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ЛОГІЧНИЙ БЛОК РОБОТИЗОВАНОЇ НАЗЕМНОЇ СИСТЕМИ КОЛІСНОГО ТИПУ.....	23
2.1. Роботизовані системи колісного типу.....	23
2.2. Роботизована наземна система як об'єкт дослідження.....	24
2.3. Логічний блок.....	27
2.3.1. WiFi-модуль.....	29
2.3.2. Motor Shield.....	30
2.3.3. Arduino UNO.....	31
2.3.4. Bluetooth-модуль.....	35
2.4. Датчики дистанційного керування роботизованою системою.....	37
2.4.1. Інфрачервоний датчик E18-D80NK.....	37
2.4.2. Ультразвуковий далекомір HS-SR04.....	40
2.5. ПІД-регулятор роботизованої наземної системи.....	43
2.6. Висновки до розділу.....	44

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДІНКИ РОБОТИЗОВАНОЇ НАЗЕМНОЇ СИСТЕМИ.....	46
3.1. Модуль класифікатора моделей поведінки.....	46
3.2. Формування апаратних вимог.....	50
3.2.1. Модель поведінки «рух у проході».....	52
3.2.2. Модель поведінки «рух вздовж стіни».....	54
3.2.3. Модель поведінки «рух до цілі» .....	56
3.3. Визначення тестових умов для дослідження моделей поведінки системи .....	58
3.4. Висновки до розділу.....	61
ВИСНОВКИ .....	62
СПИСОК БІБЛОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

USB – Універсальна послідовна шина

SRAM – Статична оперативна пам'ять з довільним доступом

EEPROM – Пам'ять постійного зберігання

ICSP – Внутрішньосхемне послідовне програмування

LED – Світлодіод

VIN – напруга, що надходить від зовнішнього джерела живлення

GND – Точка нульового потенціалу мікросхеми

TX – Сторона відправки даних при безпроводному зв'язку

RX – Сторона отримання даних при безпроводному зв'язку

VCC – Позитивний контакт датчика

OUT – Пін для передачі вихідного сигналу з датчика

EN – Додатковий пін для вмикання або вимикання датчика

AGND – Пін заземлення для аналогових операцій

SIG – Вихід сигналів виявлення

ШИМ – Широко-імпульсна модуляція

## ВСТУП

Одним із прикладів успішного використання автоматизації в сучасний час є роботизовані системи з елементами дистанційного управління, які допомагають організаціям та підприємствам спростити виконання різних робочих завдань.

У сучасному світі використання цих систем є універсальним засобом для вирішення широкого спектру технологічних задач. Вони дозволяють автоматизувати технологічні операції та широко використовуються для дослідження нових земельних покривів, а також для перевірки певних територіальних ділянок.

Проте, спеціалізовані роботизовані системи можуть функціонувати в умовах війни або в небезпечних для життя людини обставинах, що є важливою темою сучасності.

Керування такими системами з використанням дистанційного управління може бути повністю або мінімальною мірою залежним від втручання людини.

Традиційний метод керування, де людина втручається безпосередньо, вже перевірений десятиліттями і є відносно надійним, оскільки оператори, які керують такими системами, можуть спостерігати за процесом виконання завдання та за потреби застосовувати оптимальні та безпечні методи вирішення можливих проблем.

Кафедра АКСУ					НАУ 23.17.56.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Виконав.		Романовська А.А.						
Керівник		Мельник Ю.В.					8	66
Консульт.		Мельник Ю.В.				151-313-СУ		
Контрол.		Дивнич М.П.						
Зав.каф.		Мельник Ю.В.						



Керування, яке відбувається з мінімальним втручанням людини, є досить автоматизованим. Цей метод використовує заздалегідь визначені методи та засоби цілеспрямованої обробки інформації і знань, і може пристосовуватися до екстремальних умов, передбачених заздалегідь. Втручання людини в такому методі керування обмежується мінімальним обслуговуванням технічних аспектів роботизованої системи.

Роботизовані системи з елементами дистанційного керування відзначаються значною актуальністю в сучасному світі, переважно через їх просте управління, яке може бути здійснене навіть за допомогою смартфона на відстані, а також завдяки простоті їхньої конструкції.

**Актуальність дослідження** – вирішення задачі оптимального методу управління роботизованою системою шляхом дистанційного керування дозволить забезпечити більш безпечну та ефективну роботу в важкодоступних або небезпечних середовищах з наявними ризиками для людей.

**Об'єкт дослідження** – дистанційний спосіб керування роботизованої наземної системи колісного типу.

**Предмет дослідження** – роботизована наземна система колісного типу з дистанційними елементами керування.

# РОЗДІЛ 1

## ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ НАЗЕМНИХ СИСТЕМ ТА МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ

### 1.1. Загальні принципи функціонування роботизованих наземних систем

Використання автоматизації у вигляді роботизованої системи сприяє підвищенню ефективності за рахунок поліпшення якості продукції.

У сучасних умовах використання цих систем з елементами дистанційного керування дуже поширене в побуті, а також реалізовано в програмному забезпеченні для бізнесу та техніки. Є три основних типи ботів:

- роботизовані системи з елементами дистанційного керування;
- роботизовані системи з використанням штучного інтелекту;
- гібридні роботизовані системи.

Дистанційно запрограмований робот має попередньо встановлений набір команд і повинен виконувати ці команди, щоб успішно функціонувати, але основним джерелом контролю для систем є людина. Системи, що використовують штучний інтелект, взаємодіють із середовищем без джерела контролю та можуть детерміновано реагувати на проблеми, з якими вони стикаються. Гібридні роботизовані системи поєднують в собі основні функції двох згаданих вище систем. Основними принципами їх роботи є:

					<b>НАУ 23.17.56.000ПЗ</b>					
<b>Кафедра АКСУ</b>					РОЗДІЛ 1			Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник	Мельник Ю.В.				ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ НАЗЕМНИХ СИСТЕМ ТА МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ			10	68	<b>151-313-СУ</b>
Консульт.	Мельник Ю.В.									
Контрол.	Дивнич М.П.									
Зав.каф.	Мельник Ю.В.									

1. Обробка інформації: Роботизовані системи забезпечують автоматизацію різних процесів за допомогою датчиків, які зчитують параметри відповідно до робочої зони. Це може бути: датчик відстані, манометр, датчик температури, оптичний датчик та інші. Отримана інформація обробляється в контролері робота, який приймає рішення щодо подальшої роботи.

2. Рух і сила. Для переміщення робота використовуються різні типи приводів, наприклад електродвигуни, гідравлічні циліндри, пневматичні циліндри тощо. Ці види енергії можна використовувати для роботи робота в електриці, гідравлічній енергії тощо. Зазвичай, Для приводу роботів використовуються спеціальні блоки живлення, які забезпечують необхідні енергетичні параметри.

3. Комунікація: роботизовані системи можуть спілкуватися одна з одною та з операторами за допомогою різних засобів зв'язку, таких як: кабельний зв'язок, радіозв'язок, інфрачервоний зв'язок тощо. Завдяки комунікації роботизовані системи можуть працювати у взаємодії одна з одною.

4. Принцип їх роботи заснований на отриманні відеозображень і оцифрованих зображень для подальшого використання. Якість отриманого зображення дещо поступається цифровим системам, але інші властивості підходять, що дозволяє створювати надійні та багатофункціональні змішані системи [1].

## **1.2. Основні принципи дистанційного керування**

Метод дистанційного керування набув широкого попиту в застосуванні для дослідження нових земельних ділянок, які ще не освоєні або мають шкідливий вплив на організм людини. Цей метод управління також

використовує військову структуру для визначення чіткого напрямку для запуску ракет, що призведе до ураження цілі, або для управління дроном, який допомагає визначити позиції противника на відстані.

Принципи дистанційного керування системами роботів базуються на використанні технологій зв'язку та передачі даних для управління діяльністю робота на відстані. До основних принципів дистанційного керування роботами можна віднести наступне:

1. Віддалений доступ до робота: Дистанційне керування роботами дозволяє контролювати виконання завдання на певній відстані за допомогою різних засобів зв'язку. Тобто оператор може керувати роботом з різних відстаней за допомогою Інтернету, мереж передачі даних та інших засобів зв'язку.

2. Датчики та датчики: роботизовані системи мають вбудовані датчики та датчики, які відповідають за збір даних про навколишнє середовище та надання зворотного зв'язку, що дозволяє роботу взаємодіяти з навколишнім середовищем і виконувати завдання. Ці дані можна передати віддаленому оператору для керування роботом.

3. Автоматизоване керування: дистанційне керування роботами можна автоматизувати, щоб робот міг виконувати завдання без прямого керування оператором. У цьому випадку робот виконує програму або алгоритм, який був заздалегідь переданий дистанційно.

4. Інтерактивність: керування роботом може бути інтерактивним, дозволяючи оператору спілкуватися з роботом і отримувати відповіді на запитання в реальному часі.

### **1.3.Технології застосування дистанційного керування**

#### **1.3.1.Технологія ультразвукового далекоміра**

Ультразвуковий далекомір - це пристрій, який використовує ультразвук для вимірювання відстані до об'єкта. Він здатний визначати відстань до об'єкта за допомогою відбитих від нього ультразвукових хвиль. Структурна схема далекоміра наведена на рис. 1.1.

Ультразвуковий далекомір працює за принципом ехолокації, він посилає короткий ультразвуковий імпульс у напрямку об'єкта, а потім фіксує час, за який відбитий сигнал повертається. Знаючи швидкість звуку в навколишньому середовищі, ультразвуковий далекомір визначає відстань до об'єкта, яка є добутком швидкості на час.[2]

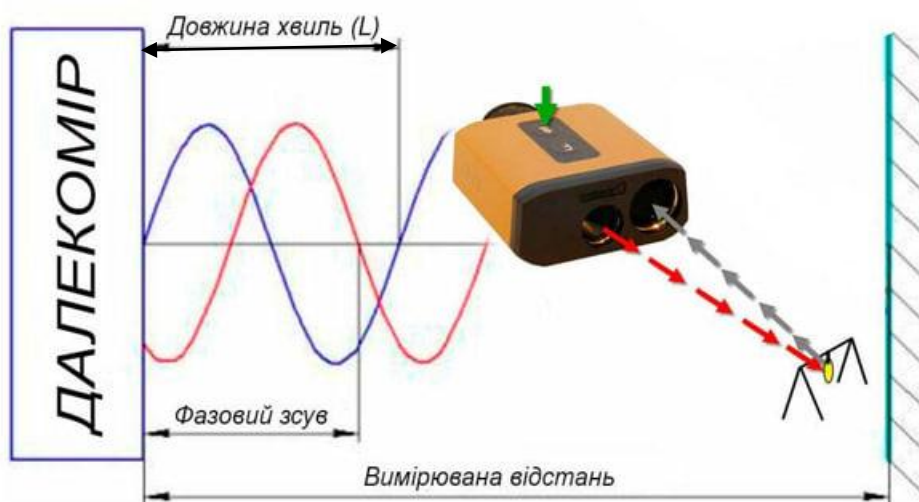


Рис.1.1 Структурна схема застосування ультразвукового висотоміра

Ультразвукові далекоміри знайшли широкий попит в різних сферах, наприклад: мобільні роботи, вимірювання відстаней, відстеження руху об'єктів і багато іншого. Вони можуть бути частиною електронного обладнання або використовуватися як автономні пристрої з власними інтерфейсами для зчитування вимірювань.

### 1.3.2. Технологія інфрачервоного керування

Інфрачервоне керування є частиною наземних роботизованих систем, які можна використовувати для розвідки, автономної доставки, розмінування,

прибирання вулиць тощо. Інфрачервоні промені можуть посилати сигнали на відстань різної довжини та керувати рухом робота.

Оператор дистанційно керує роботом роботизованої системи, який має вбудовану інфрачервону систему. Залежно від потужності пристрою та радіусу покриття зовнішній інфрачервоний пристрій може передавати сигнали на певну відстань. Структурна схема застосування інфрачервоного датчика наведена на рис. 1.2.

Інфрачервоне керування використовується для автоматичного керування роботом за допомогою інфрачервоних датчиків. Ці датчики визначають місце розташування робота щодо навколишнього середовища і допомагають долати перешкоди.

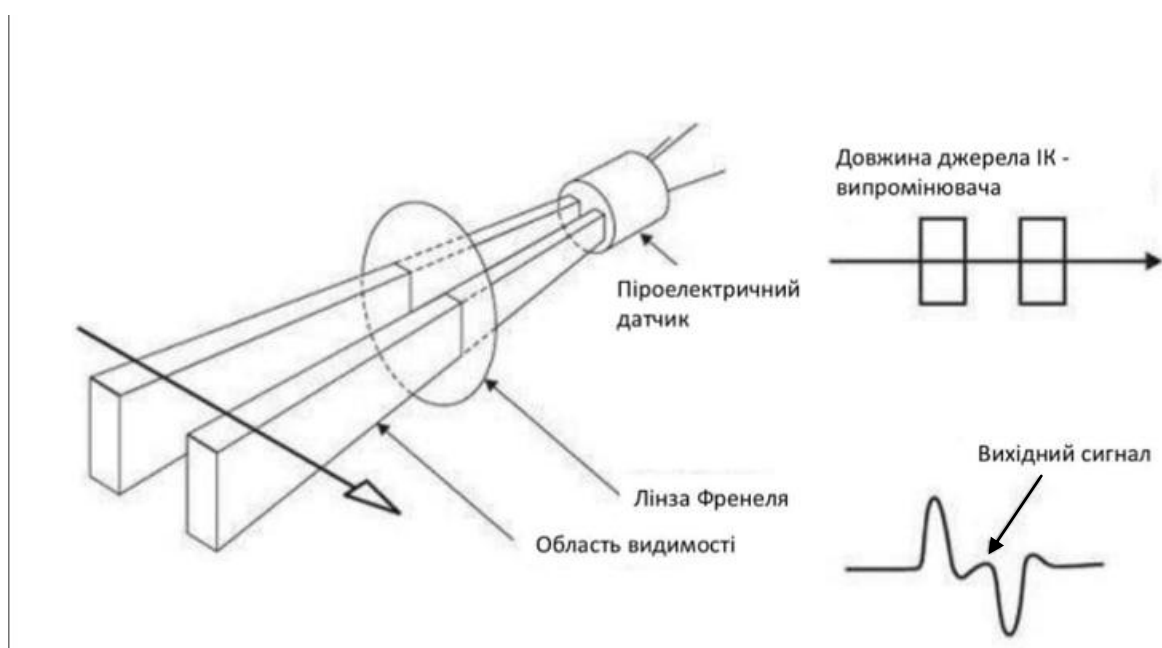


Рис.1.2 Структурна схема застосування інфрачервоного датчика

Якщо об'єкт рухається через робочий діапазон датчика з достатньою швидкістю, датчик реагує та сповіщає систему керування про виконання наступних попередньо визначених завдань. У конструкцію інфрачервоного датчика входять: пірорецептори, що розпізнають інфрачервоне випромінювання, і мультилінза, компонентами якої є велика кількість маленьких лінз. У деяких конструкціях використовуються кілька наборів

пірорецепторів для чіткішої роботи, уникаючи помилкових тривог, які виникають при зміні фонові температури.

Взагалі, інфрачервоний контроль є ефективним методом керування роботизованими системами на поверхні землі, який може забезпечити точність і надійність переміщень робота. Однак інфрачервоне керування має обмежений радіус дії, що неефективно у великих приміщеннях.

### 1.3.3.Технологія радіокерування

Радіоуправління є одним з найпоширеніших методів управління роботизованими системами. В основі методу – радіохвилі, які передають сигнали від зовнішнього пристрою до робота.

Радіокерування використовується для управління різними роботизованими системами, такими як: автомобілі, літаки, дрони, підводні апарати, роботи-маніпулятори та інші.

Для радіоуправління необхідні два пристрої: передавач і приймач. Трансмітер являє собою джойстик, за допомогою якого користувач може регулювати рух робота. Приймач встановлюється на робота і приймає сигнали від передавача, де потім виконуються відповідні дії. Структурна схема застосування датчика радіоконтролю наведена нижче на рис. 1.3.



Рис.1.3 Структурна схема застосування радіохвильового датчика

Принцип дії радіохвильового датчика заснований на явищі Доплера, яке полягає в зміні довжини хвилі випромінювання, що сприймається приймачем, за рахунок руху джерела випромінювання [3].

Прилад випромінює хвилі, які відбиваються від рухомого об'єкта і при цьому змінюють свою довжину і частоту.

Приймач отримує модифіковану хвилю та порівнює її з пороговим значенням відповідно до попередньо визначених алгоритмів обробки. Після порівняння відбувається реакція, якщо виявлено порушення цілісності сигналу або ігнорування, датчик випромінює світловий сигнал, якщо сигнал відповідає заданій структурі - датчик передає сигнал в систему управління.

Однією з головних переваг радіоуправління є дистанційне керування роботом, яке забезпечує більшу свободу пересування та дозволяє виконувати завдання, які можуть бути небезпечними для людини. Радіоуправління також є досить простим і ефективним методом управління роботами. Крім того, перевагами радіохвильових датчиків руху є: виявлення об'єктів за тонкими стінами, дверима та склом; продуктивність не залежить від навколишнього середовища; реакція на легкі рухи предмета.

Однак варто зазначити, що радіоконтроль має свої недоліки, такі як: можливість перешкод від інших радіосигналів або обмежений діапазон дії, залежно від типу передавача та приймача, висока вартість, можливість помилкової тривоги, радіо хвильове випромінювання небезпечно для життя [4].

#### **1.4. Переваги та недоліки роботизованих систем та їх датчиків**

Перелік переваг, якими володіють системи дистанційного керування роботами, дуже великий і різноманітний.

Безсумнівно, однією з найважливіших переваг є можливість виконання складних дій і прийняття рішень відповідно до заданих параметрів оператора



в програмі, що значно збільшує спектр можливостей використання таких систем.

Іншою не менш важливою особливістю є автономність щодо витрат часу, оскільки роботизовані системи можуть бути запрограмовані на певний час, встановлений оператором, або навіть постійно без необхідності ручного керування системою.

Роботизовані системи дистанційного керування дозволяють операторам працювати з великою кількістю об'єктів, розташованих на великій відстані від них, що є невід'ємною перевагою для досліджень у важкодоступних або небезпечних місцях або зонах, схильних до екологічної небезпеки.

Крім того, використання цих систем дозволяє працювати в середовищах, які вважаються небезпечними для людини, наприклад: вибухонебезпечні зони, зони з радіоактивним забрудненням, екстремальні температури або висока радіація.

Гнучкість роботизованих систем дозволяє їм за потреби змінювати завдання або параметри, які вони виконують і за допомогою яких приймають рішення, змінюючи програмування, яке практично не властиве більшості традиційних машин.

Незважаючи на значний прогрес у розробці роботизованих наземних систем дистанційного керування, вони все ще мають деякі недоліки.

Роботизовані системи дистанційного керування часто потребують стабільного та надійного зв'язку між оператором і роботом. Погана якість зв'язку або його відсутність може вплинути на швидкість відгуку робота, точність передачі даних і загальну ефективність системи. Навіть при стабільному з'єднанні можливі затримки в передачі команд між оператором і роботом. Це може створити проблеми, особливо в ситуаціях, коли потрібна негайна реакція на зміни в навколишньому середовищі.

Роботизовані системи дистанційного керування потребують інфраструктури та технічного обладнання для передачі сигналів і зв'язку з роботами, наприклад: супутниковий зв'язок, мережі передачі даних або інші

системи зв'язку. За відсутності або перерви в роботі цих засобів роботизовані системи можуть бути недоступними або неефективними.

Ці системи дистанційного керування, які працюють відповідно до заздалегідь визначених алгоритмів або програм, можуть бути обмежені в здатності адаптуватися до мінливих умов або непередбачуваних подій. Порівняння датчиків дистанційного керування наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Переваги та недоліки датчиків дистанційного керування

Датчик(система)	Переваги	Недоліки
Ультразвуковий далекомір	<p>Ультразвукові далекоміри здатні забезпечити високу точність вимірювання відстані. Вони можуть досягти міліметрової точності.</p> <p>Ультразвукові хвилі можуть проникати через різні поверхні, такі як: пластик, скло, тканина та інші матеріали. Це дозволяє вимірювати відстань незалежно від їх текстури чи</p>	<p>Ультразвукові вимірювачі відстані можуть бути чутливими до навколишнього шуму. Інші джерела звуку, наприклад людський голос або шум автомобіля, можуть створювати вихідний сигнал і призводити до неточних вимірювань. Деякі моделі ультразвукових далекомірів мають обмежений кут</p>

	кольору.	огляду.
Інфрачервоний датчик	<p>Інфрачервоне випромінювання невидиме для людського ока, що дозволяє використовувати інфрачервоні датчики для неруйнівного спостереження, контролю та випромінювання без перешкод.</p> <p>Інфрачервоні датчики можуть працювати на відстані, не вимагаючи прямої видимості об'єкта. Це робить їх ефективними для вимірювання температури та моніторингу великих площ. Інфрачервоні датчики не вимагають прямого контакту з об'єктом, що особливо корисно, коли об'єкт</p>	<p>Інфрачервоні датчики сприймають теплове випромінювання, яке може бути спотворене сильним джерелом навколишнього світла, особливо штучного освітлення або сонця. Це може призвести до неточних вимірювань і неточних даних.</p>

	дослідження небезпечний.	
Датчик радіокерування	<p>Датчики радіоуправління мають можливість дистанційного керування, що означає, що їх можна використовувати на великих відстанях.</p> <p>Дані датчики мають компактний розмір і простий інтерфейс користувача, що робить їх дуже зручними у використанні. Багато моделей мають джойстики для управління, а деякі з них підтримують голосове керування.</p>	<p>Радіосигнали мають деяку затримку під час передачі та прийому. Це може бути проблемою під час вимірювань, де важлива точність часу. Радіодатчики керування можуть споживати значну кількість енергії, особливо якщо вони постійно надсилають і отримують сигнали. Це може призвести до зменшення терміну служби акумулятора пристрою.</p>

### 1.5. Постановка задачі

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення управління роботизованою рельєфною системою з елементами дистанційного керування. Також проводиться дослідження роботи кожного з датчиків контролю, які

визначають положення перешкод, положення цілі, маршрут і розраховують відстань до цілі.

Отримана роботизована система повинна реалізовувати такі функції, як: дані про навколишнє середовище, визначення цілі та виконання точного руху по заданому маршруту.

В роботі по-детально буде розглянуто:

- Логічний блок роботизованої наземної системи;
- Детальне застосування датчиків в даній системі;
- Моделі поведінки системи та їх застосування в експериментальних умовах.

Представлені пункти є досить важливими, оскільки вони мають вагу роль у виборі системи для управління. Не менш важливими показниками якості системи є коректність програми.

Реалізація дистанційного керування також має бути найбільш оптимальною для швидкого подолання шляху та безпечного переміщення робота у просторі, уникаючи можливих зіткнень.

## **1.6.Висновки до розділу**

У цьому розділі розглянуто принципи роботи роботизованих систем з елементами дистанційного керування, а також проаналізовано методи дистанційного керування цими системами.

Технології дистанційного керування були ретельно досліджені, а саме: технологія ультразвукового далекоміра, технологія інфрачервоного датчика та технологія радіоуправління. Проаналізовано переваги та недоліки роботизованих систем та складено порівняльну таблицю датчиків дистанційного керування, розглянутих у попередньому розділі.

Відповідно до попередніх пунктів сформовано формулювання завдання кваліфікаційної роботи, об'єктом якої буде вважатися роботизована наземна система колісного типу з елементами.

## РОЗДІЛ 2

### ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ЛОГІЧНИЙ БЛОК РОБОТИЗОВАНОЇ НАЗЕМНОЇ СИСТЕМИ КОЛІСНОГО ТИПУ

#### 2.1.Роботизовані системи колісного типу

Існує два основних типи колісних роботів, а саме: голономні та неголономні роботи.

Голономні роботи рухаються до цілі в будь-якому напрямку, виконують повороти і маневри без будь-яких обмежень. Це можуть

бути рухи різного типу, наприклад:

- Рух по прямій;
- Рух по кривій траєкторії;
- Здійснення повороту на місці;
- Здійснення складних маневрів по траєкторії.
- Неголономні роботи рухаються по шляху, але мають такі обмеження:
  - Немає можливості робити повороти;
  - Рух тільки по вказаному шляху
  - Наявність фіксованого числа ступенів свободи.

Основні типи коліс, що встановлюються в мобільних роботів, показані на рис. 2.1. і в таблиці 2.1. їх характеристики представлені [5]:

				<b>НАУ 23.17.56.000ПЗ</b>		
<b>Кафедра АКСУ</b>						
				Розділ 2		
				Лім.    Арк.    Аркуші		
				22    66		
				<b>151-313-СУ</b>		
				ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ЛОГІЧНИЙ БЛОК РОБОТИЗОВАНОЇ НАЗЕМНОЇ СИСТЕМИ КОЛІСНОГО ТИПУ		
Керівник	Мельник Ю.В.					
Консульт.	Мельник Ю.В.					
Контрол.	Дивнич М.П.					
Зав.каф.	Мельник Ю.В.					

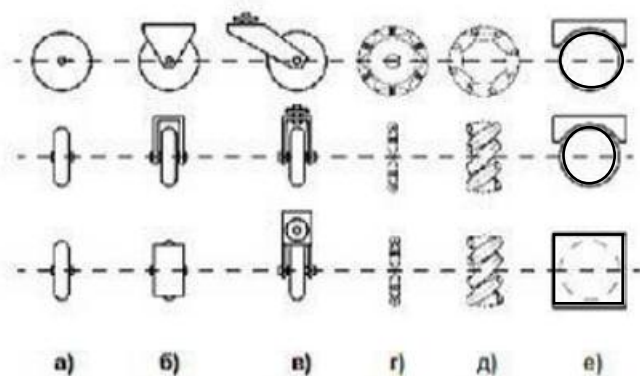


Рис.2.1 Основні типи колес мобільних роботів

Таблиця 2.1.

Характеристики типів колес мобільних роботів

Колесо типу «а»	Ведуче колесо, яке має один ступінь свободи і обертається навколо осі колеса;
Колесо типу «б»	Опорне колесо, яке має два ступені вільності і обертається навколо осі колеса;
Колесо типу «в»	Колесо, що обертається, має два ступені свободи і обертається навколо осі, зміщеної від точки контакту;
Колесо типу «г» та колесо типу «д»	Шведське колесо, яке має три ступені свободи і обертається навколо осі колеса і точки контакту;

Колесо типу «е»	Сферичне колесо, яке рухається вбік або по діагоналі без необхідності змінювати напрямок руху.
-----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2.2. Роботизована система як об'єкт дослідження

Метою даного дипломного дослідження є роботизована рельєфна система в плоскому відкритому середовищі з колісною структурою пересування, яка є найбільш зручною для ухилення від перешкод. Ця система має два ведучих і два опорних колеса, що є гарантією стійкості і потужності руху.

Процес керування системою відбувається завдяки замкнутій системі керування, основними частинами якої є корекційний пристрій і двигуни.

Функціями цієї роботизованої системи є здійснення навігації та виконання заздалегідь заданих завдань. Якщо виконання завдання відбувається в невідомому середовищі, то в цьому випадку датчики використовуються для управління автоматичним дослідженням. В основному використовуються такі методи навігації, як: ультразвуковий, інфрачервоний і візуальний.

За допомогою цієї роботизованої системи інформація отримується за допомогою інфрачервоних, ультразвукових і візуальних датчиків, а потім надсилається до блоку керування двигуном для виконання наступних завдань.

Також не менш важливою складовою системи є дослідження системи контролю та керування системою при виявленні перешкод у процесі руху.

Представлена роботизована система реалізує автоматичне керування, в залежності від відстані до об'єкта дослідження регулює швидкість.



Для успішної реалізації методу дистанційного керування необхідно визначити положення об'єкта по відношенню до системи. Ця інформація має два основні фактори: відстань і напрямок. Представлена роботизована система використовує відеокамеру, яка може виявляти об'єкти, розпізнавати їхні кольори, форми та рухи. Для створення відеосигналу потрібно багато кадрів, які потім комбінуються, створюючи враження руху. Для цього відеокамера знімає зображення та записує його рядок за рядком [5].

Іноді камера використовується для визначення відстані до цілі, якщо датчики не можуть надати ці дані через наявність великої кількості об'єктів у полі зору.

Використовується система монокулярного зору, яка визначає відстань за зміною розмірів об'єкта під час руху. На рис. 2.2 показано розрахунок кутового розміру об'єкта (а) і графічне зображення системи рівнянь (б).

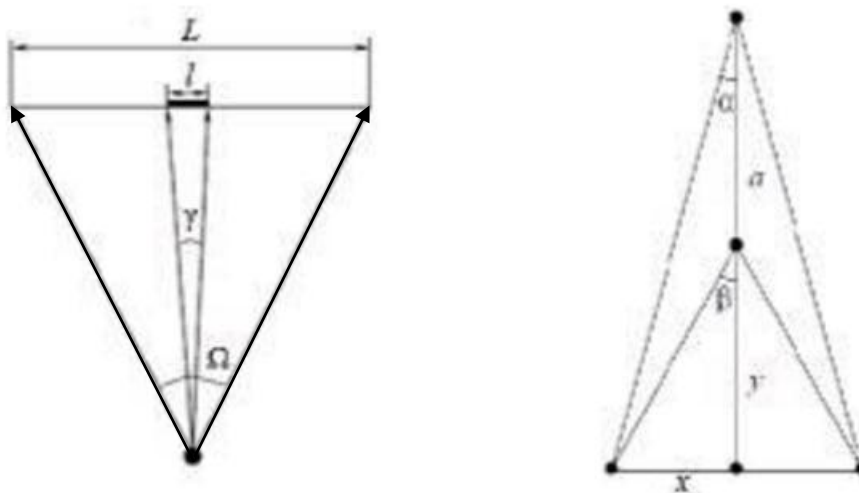


Рис.2.2 Обчислення кутового розміру об'єкта (а) і графічне зображення системи рівнянь(б)

У формулах (2.1) та (2.2) визначається ширина перешкоди та кутовий розмір перешкоди:

$$- - - (2.1)$$

$$\text{---} \tag{2.2}$$

- де - графічне відображення;
- ширина кадру;
  - кутовий розмір перешкоди;
  - ширина перешкоди.

Після виконання цього математичного розрахунку робот переміщається на певну відстань  $a$  і повторює обчислення. Порівнюючи отримані значення, можна з системи рівнянь визначити реальну відстань до перешкоди (2.3):

$$\text{---} \tag{2.3}$$

- де - половина кутового розміру перешкоди при першому вимірі;
- половина кутового розміру перешкоди при другому вимірі;
  - половина ширини перешкоди
  - відстань до перешкоди;
  - відстань пройдена роботом між обчисленнями.

Рішення системи рівнянь (2.3) дозволяє обчислити відстань до перешкоди за формулами (2.4) – (2.9):

$$\text{---} ; \tag{2.4}$$

$$; \tag{2.5}$$

$$\tag{2.6}$$

$$\tag{2.7}$$

$$\tag{2.8}$$

$$\text{---} \tag{2.9}$$

Отримане зображення з відеокамери аналізується за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору, щоб визначити об'єкти та їх детальне

положення, що дозволяє робототехнічній системі адаптуватися до навколишнього середовища.

Застосування відеокамер дозволяє вирішувати необхідні завдання з інтелектуальним керуванням, оскільки вони дозволяють візуально визначати різні параметри об'єктів навколишнього середовища.

Також використовуються інфрачервоні датчики, які розміщені по всьому периметру робота. Ці датчики дозволяють визначити положення об'єкта в просторі, після чого розраховується відстань між системою і об'єктом. Розташований перед об'єктом система визначає за допомогою ультразвукового далекоміра. Якщо об'єкт знаходиться поза зоною видимості, робот виконує поворот на 360° на місці та переходить у режим пошуку до наступного виявлення об'єкта.

### **2.3.Логічний блок**

Логічний блок отримує команди про напрямок і швидкість робота і перетворює ці дані у вихідні сигнали, які керують роботом. Метою цього підрозділу є:

- Забезпечення високого рівня безпеки людини завдяки реалізації дистанційного керування;
- Виявлення положення цілі за сигналами датчиків;
- Автоматичне переміщення робота і самостійне прийняття рішень відповідно до заданих налаштувань;
- Підключення до мережі для дистанційного керування.

Логічний блок має власний алгоритм дій за положенням цілі. Після визначення місця розташування цілі логічний блок переходить до побудови маршруту шляхом застосування одного з модулів просторової поведінки.

Блок-схема руху системи зображена на рис.2.3:

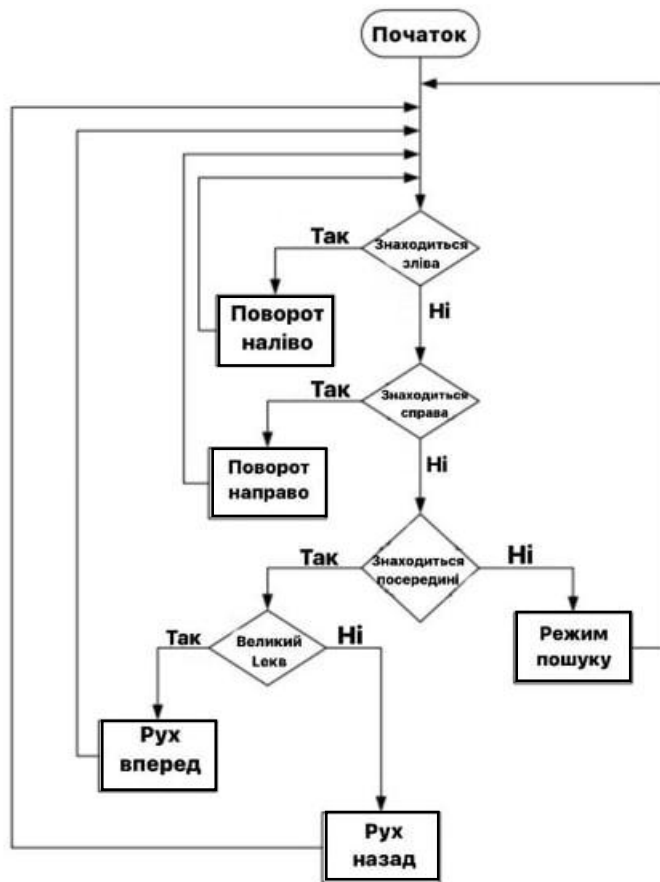


Рис.2.3 Блок-схема системи руху

Основними елементами логічної одиниці роботосистеми є:

- Arduino UNO;
- Motor Shield;
- Wifi-модуль;
- ПД-регулятор системи;
- Bluetooth-модуль.

На рис.2.4 зображено зовнішній вигляд плат.



Рис.2.4 Зовнішній вигляд плат

### **2.3.1. WiFi-модуль**

Принцип роботи модуля WiFi заснований на підключенні пристрою до бездротової мережі WiFi, що забезпечує безпечне з'єднання і передачу даних за допомогою радіохвиль.

Цей модуль має вбудовану антену, яка забезпечує підключення до мережі за допомогою стандартизованих протоколів передачі даних. Після успішного підключення до мережі WiFi модуль може виконувати процеси передачі та отримання інформації між підключеними пристроями.

Модуль забезпечує бездротовий зв'язок роботосистеми. Також вона оснащена живленням, що дозволяє системі безперебійно виконувати поставлені завдання, USB-обладнання для камери дозволяє використовувати датчик візуального контролю. На малюнку 2.5 зображено зовнішній вигляд модуля WiFi.

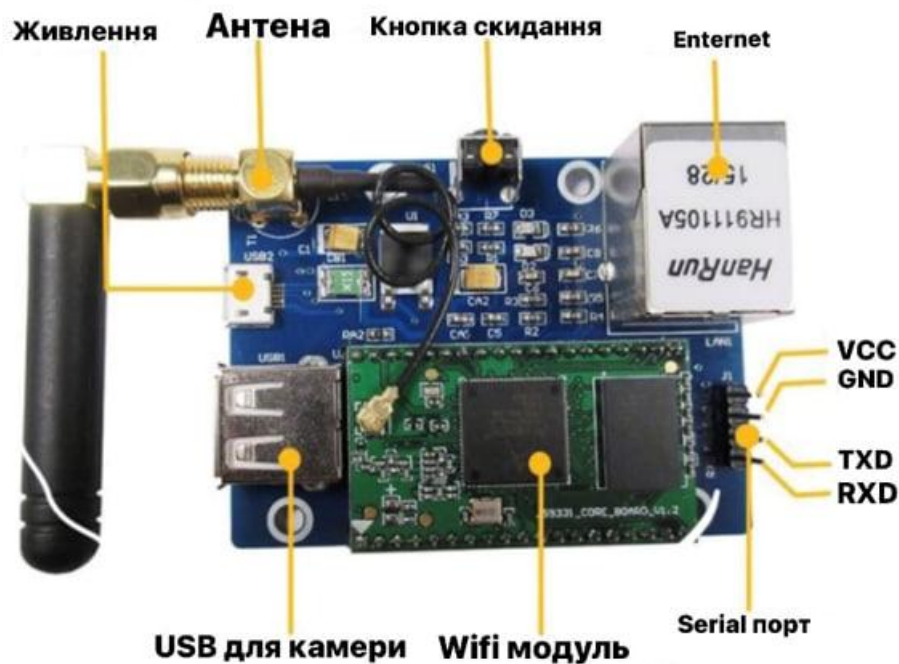


Рис. 2.5. Зовнішній вигляд WiFi-модуля

### 2.3.2. Motor Shield

Цей пристрій забезпечує керування рухомих об'єктом, зазвичай підключається до мікроконтролерів Arduino. Цей пристрій містить вбудовані драйвери, які є основою для керування напругою та струмом, що подається на рухомий об'єкт.

Motor Shield надає системі гнучкість для виконання різних функцій, таких як:

- Контроль позиції для сервоприводів;
- Зміна напрямку обертання;
- Швидкість обертання мотора;
- Керування декількома рухомими системами водночас.

Модель оснащена різними датчиками, які забезпечують регулювання дистанційного керування в залежності від навколишніх умов.

Зовнішній вигляд Motor Shield показаний на рис. 2.6:

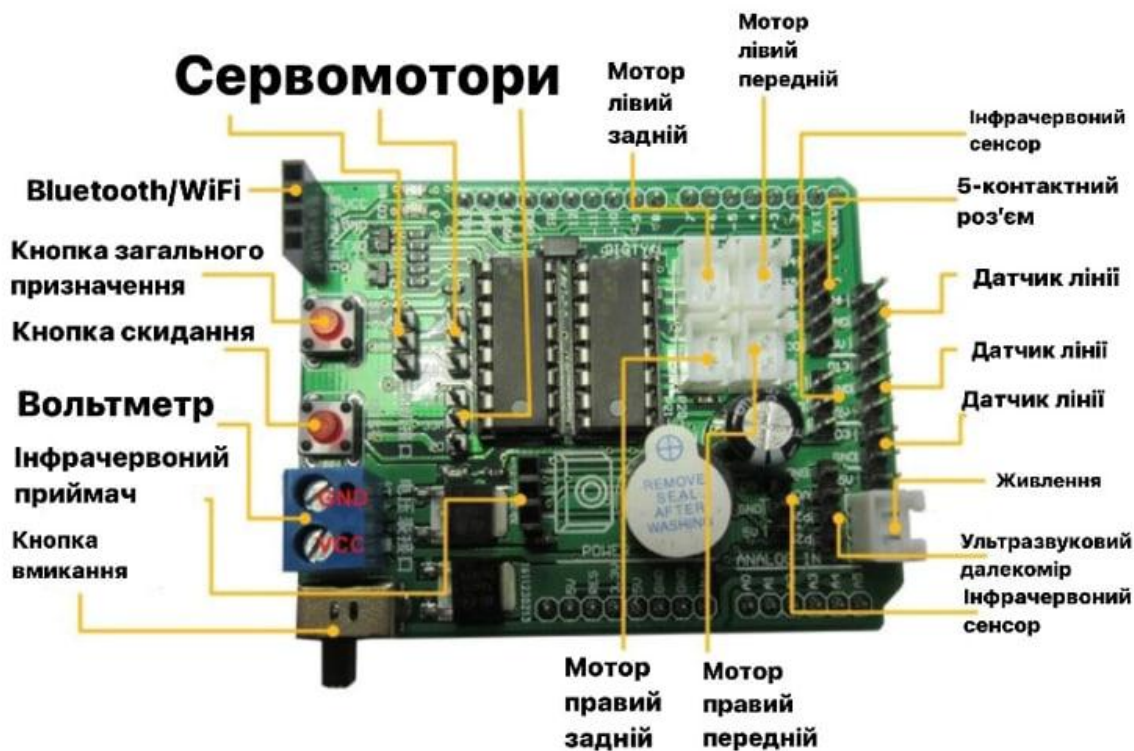


Рис.2.6 Зовнішній вигляд Motor Shield

### 2.3.3 Arduino UNO

Arduino UNO заснований на чіпі ATmega328, що має на борту 32 КБ флеш-пам'яті, 2 Кб SRAM та 1 КБ EEPROM пам'яті.

Arduino UNO це обчислювальна платформа з відкритим вихідним кодом, заснована на загальній платі введення/виведення та середовищі розробки, яке реалізує Processing/Wiring.

Містить 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, кнопку перезапуску, роз'єм ICSP, роз'єм USB, кварцовий генератор 16 МГц.

Платформа підключатиметься до комп'ютерної мережі за допомогою USB-кабелю або живиться від постійного джерела живлення, а зовнішнє живлення забезпечується постійним джерелом живлення. [7].

В таблиці 2.2.1 чітко описано технічні характеристики платформи Arduino UNO та на рис.2.7 зображено зовнішній вигляд Arduino UNO.

Технічні характеристики платформи Arduino UNO

Робоча напруга, В	5
Рекомендована вхідна напруга, В	7-12
Гранична вхідна напруга, В	6-20
Постійний струм через вхід/вихід, мА	40
Тактова частота, МГц	16



Рис.2.7 Зовнішній вигляд платформи Arduino UNO

Інтерфейси живлення платформи Arduino UNO:

- Зовнішнє переривання знаходиться на виходах №2 і №3. Ці виходи виконують переривання з обох сторін, коли значення змінюється на менше;



- Світлодіод є вбудованим світлодіодом, підключеним до виходу №13. При отриманні значення «High» на діоді з'являється світло, при отриманні значення «Low» - світло зникає;

- VIN - інтерфейс з рекомендованою напругою від 7 до 12 В, що застосовується для підключення живлення від зовнішніх джерел;

- GND - інтерфейс заземлення;

- Широтно-імпульсна модуляція має виходи №3, №5, №6, №9, №10, №11. Будь-який з цих виходів рахує модуляцію використовуючи функцію analogWrite();

- 3.3V- регульоване джерело напруги живлення мікроконтролера, яке подається від входу VIN до роз'єму USB від іншого керуючого джерела живлення з напругою 3.3 В;

- 5V- регульоване джерело напруги живлення мікроконтролера, яке подається від входу VIN до роз'єму USB від іншого керуючого джерела живлення з напругою 5 В;

- Інтерфейси №A0 - №A5 є аналоговими виходами з дозволом 10 біт та діапазоном напруги від 0В до 5В;

- Інтерфейси №0(RX) і №1(TX) відповідають за надсилання(TX) і отримання(RX) даних до інтерфейсу. Виходи №0 і №1 підключені до мікросхеми ATmega8U2, яка виконує перетворення USB-TO-TTL.

Підключення ArduinoUNO:

Першим кроком є завантаження Arduino IDE. Після встановлення драйвера для Arduino, це показано на рис. 2.8.

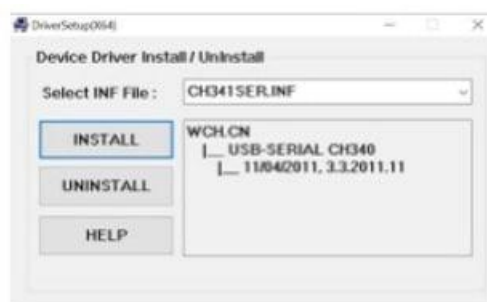


Рис.2.8 Встановлення драйверу для Arduino

Відкрийте папку «Інструменти» Arduino IDE і знайдіть в ній пункт «Порт». Arduino UNO потрібно розмістити в цій точці. Ім'я може бути як COMS(Arduino/GenuinoUno), так іCOMS. У пункті «Плата» оберіть Arduino/GenuinoUno, інструкція виконання наведена на рис. 2.9.

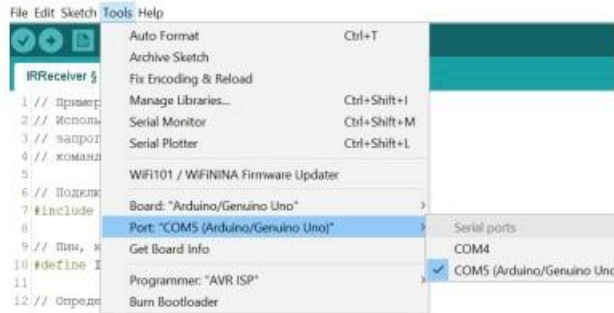


Рис.2.9 Виконання пошуку Arduino в системі

Якщо в пункті «Порт» немає платформи Arduino, то наступним кроком буде відкрити диспетчер пристроїв «Диспетчер пристроїв» і на вкладці «Порти» знайти «Послідовний диск», який є Arduino. Якщо і в цьому випадку не було виявлено, то перевірте стаціонарне підключення, показане на рис. 2.10 і, якщо можливо, використовуйте інший USB.



Рис.2.10 Пункти для перевірки стаціонарного підключення

Якщо вам вдалося підключити плату, скористайтеся кнопкою «Завантажити», яка спочатку компілює код, а потім завантажує його на Arduino.

### 2.3.4 Bluetooth-модуль

Модуль Bluetooth, показаний на рис. 2.11 дозволяє бездротовий зв'язок між блоками, таким чином можна передавати команди та дані між головним блоком і роботом.



Рис.2.11 Зовнішній вигляд Bluetooth-модуля

Дальність зв'язку може відрізнятись залежно від його потужності та характеристик навколишнього середовища.

Модуль Bluetooth забезпечує дистанційне керування роботом залежно від умов проекту щодо швидкості та передачі даних, дальності зв'язку, споживання енергії та взаємодії з іншими компонентами системи робота.

Модуль має кілька контактів, включаючи: VCC, GND, RX, TX.

Схема підключення показана на рис. 2.12 [8]. Щоб підключити модуль Bluetooth до Arduino UNO, ви повинні підключити відповідним чином:

- VCC до 5V піна Arduino UNO;
- GND GND до піна Arduino UNO;
- RX до TX Arduino UNO;
- TX до RX Arduino UNO.

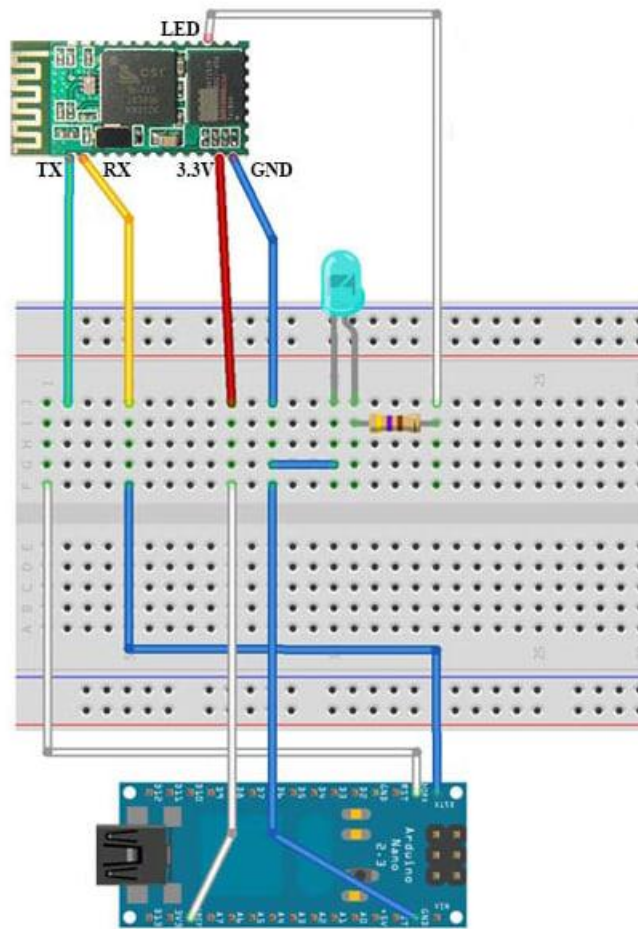


Рис.2.12 Схема підключення Bluetooth-модуля до Arduino UNO

В Arduino IDE потрібно встановити бібліотеку для підтримки зв'язку з модулем Bluetooth. Ви можете використовувати бібліотеку «SoftwareSerial» або «Serial» або використовувати вже встановлений порт Arduino.

Після цього в Arduino IDE прописується програма для обробки даних і управління модулем Bluetooth. Це дозволяє читати команди Bluetooth і керувати роботом за допомогою Arduino.

Наступним кроком є завантаження програми на Arduino UNO через порт USB або будь-який інший можливий інтерфейс.

Після завершення покрокового підключення Arduino UNO може взаємодіяти з модулем Bluetooth, щоб можна було обмінюватися даними з пристроєм керування, таким як смартфон або комп'ютер.

## **2.4. Датчики дистанційного керування роботизованою системою**

### **2.4.1. Інфрачервоний датчик E18-D80NK**

У досліджуваній автоматизованій системі використовується інфрачервоний датчик E18-D80NK розсіювально-дисплейного типу, що поєднує передавач і приймач в одному. Зовнішній вигляд датчика показаний на рис. 2.13. Принцип роботи заснований на безперервному посиленні інфрачервоного променя, який приймається приймачем у вигляді світлового променя і перетворюється в електричний сигнал, а потім передається на підсилювач сигналу і здійснює зворотний рух, після чого отриманий сигнал надсилається на платформу.



Рис.2.13 Зовнішній вигляд інфрачервоного датчика E18-D80NK

Технічні характеристики інфрачервоного датчика E18-D80NK наведені в таблиці

Перевагами використання цього датчика є: широкий діапазон вимірювання даних;

- Не висока цінова політика;
- зручний спосіб у використанні;

- невелика похибка від світла.

Таблиця 2.2.2

Технічні характеристики інфрачервоного датчика

Метод виходу	NPN: трьохпровідний стандартно розімкнутий
Напруга живлення, В	5
Вихідний струм, мА	100
Діаметр датчика, см	0,18
Відстань вимірювання, м	0,03-0,8
Час реагування, мс	1,5-2
Кут вимірювання, °	5-15
Температури робочої зони, °С	[-25;+55]

Для інтерфейсу інфрачервоного датчика E18-D80NK використовуються такі входи та виходи:

1. VCC є позитивним силовим контактом датчика. Як правило, використовується напруга 3,3 В або 5 В залежно від вимог до інтеграції з мікроконтролером або іншими пристроями;
2. GND є негативним зв'язком живлення датчика;
3. OUT це штифт, який використовується для надсилання вихідного сигналу від датчика. Може використовуватися для виявлення перешкод або для передачі аналогового або цифрового сигналу в залежності від конкретної модифікації датчика;

4. EN (Enable) це додатковий штифт, який застосовується для активації або вимкнення датчика;

5. AGND (AnalogGround) це окремий штифт, який застосовується для підключення землі аналогових операцій;

6. VIN це додатковий штифт, який застосовується для живлення LED-індикатора, якщо він є присутній.

7. SIG є виходом сигналів виявлення.

Якщо на виході SIG є об'єкт, повертається сигнал нижчого рівня, якщо об'єкта немає, повертається сигнал високого рівня.

Щоб підключити датчик до системи, спочатку підключіть контакт VCC до джерела живлення 5 В, а контакт GND підключіть або до заземлення, або до негативного джерела живлення. Оскільки вихідний сигнал датчика є цифровим, необхідно підключити висновок OUT до цифрового входу мікроконтролера. Потім підключається світлодіодний індикатор, для цього висновок VIN підключається до джерела живлення.

Після правильного підключення датчика до мікроконтролера, показано на рис. 2.14. Потім можна переходити до програмування для зчитування вихідного сигналу та виконання поставлених завдань перед автоматизованою системою.

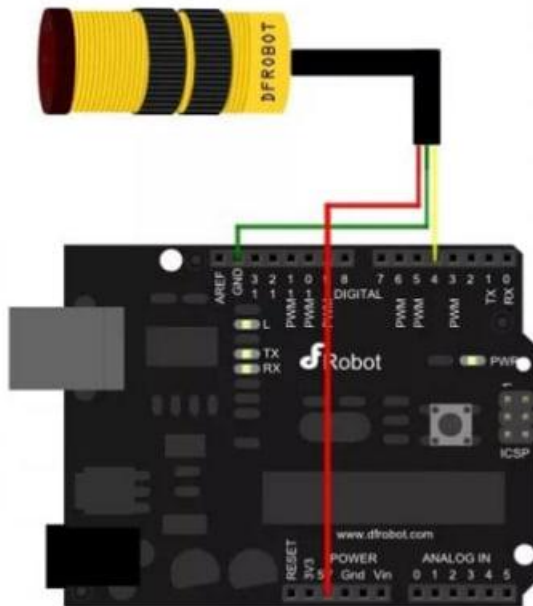


Рис.2.14 Підключення інфрачервоного датчика E18-D80NK до платформи Arduino UNO

#### 2.4.2.Ультразвуковий далекомір HS-SR04

Ультразвуковий далекомір HS-SR04 показаний на рис. 2.15 і визначає відстань до об'єкта, що не контактує з радіусом від 2 до 400 см. Він працює за принципом надсилання та отримання ультразвукових хвиль для вимірювання відстані до об'єкта. Спочатку далекомір посилає короткий ультразвуковий сигнал у напрямку об'єкта, до якого потрібно виміряти відстань. Потім сигнал відбивається від поверхні об'єкта та повертається до далекоміра, який приймає та аналізує відбитий сигнал, щоб визначити час проходження сигналу туди й назад.

Рух до світла здійснюється через фоторезистори, встановлені з передньої панелі пристрою. Прилад аналізує рівень освітленості і вибирає максимальне значення. Автономне переміщення приладу з об'їздом перешкод здійснюється завдяки ультразвуковому далекоміру моделі HS-SR04. При зустрічі з перешкодою він подає звуковий сигнал про зупинку [9].



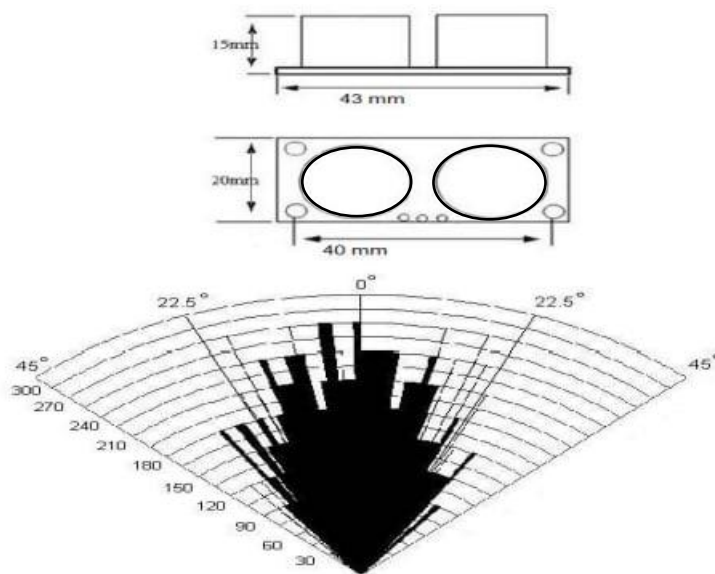


Рис.2.14 Розміри та кут огляду ультразвукового далекоміра

Найбільшу ефективність кутів огляду має значення  $15^\circ$ , яке показано на рис. 2.14. Технічні характеристики ультразвукового далекоміра HS-SR04 наведені в таблиці 2.2.3.



Рис.2.15 Зовнішній вигляд ультразвукового далекоміра HS-SR04

Таблиця 2.2.3

## Технічні характеристики ультразвукового далекоміра HS-SR04

Напруга живлення, В	5
Діюча частота, кГц	40
Затрати в режимі очікування, мА	2
Затрати в режимі роботи, мА	15
Ефективний кут спостереження, °	15

Підключення ультразвукового далекоміра HS-SR04 до платформи Arduino UNO вимагає кількох підключень:

- Підключення позитивного виводу VCC далекоміра до позитивного виводу 5 В Arduino UNO;
- Підключення негативного контакту GND далекоміра до негативного контакту GND Arduino UNO;
- Підключення тригера далекоміра до одного з цифрових контактів Arduino UNO;
- Підключення ехо-контакту на далекомірі до іншого цифрового контакту на Arduino UNO.

На малюнку 2.15 показано підключення ультразвукового далекоміра HS-SR04. Після успішного підключення до Arduino UNO можна приступати до програмування мікроконтролера для зчитування відстані та програмного коду для керування виводами TrigEcho, а також до обробки отриманих даних на відстані [10].

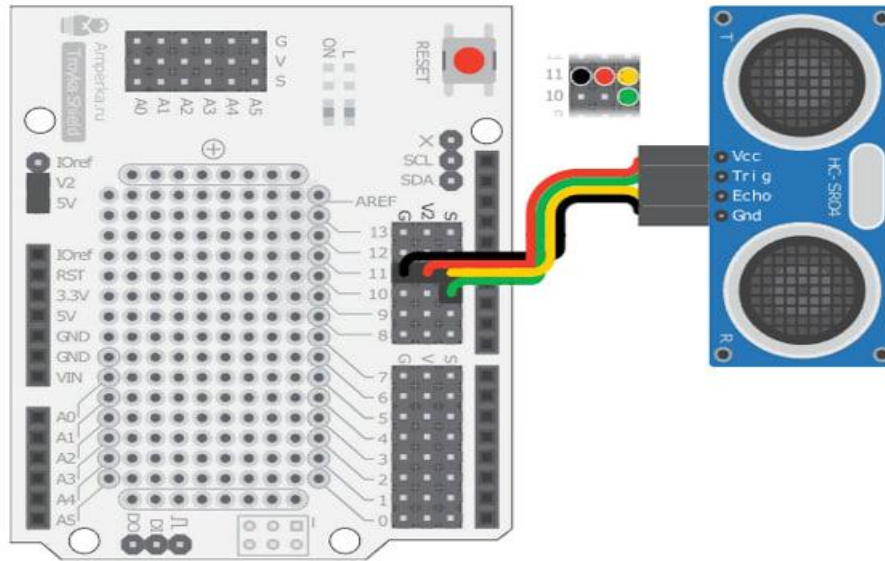


Рис.2.15 Підключення ультразвукового далекоміра HS-SR04 до Arduino UNO

## 2.5. ПД-регулятор роботизованої наземної системи

ПД-регулятор використовується для автоматичного керування установками. На рис. 2.16 показана структурна схема ПД-регулятора. Він поєднує в собі три основні компоненти:

- Підсилювач, який враховує фактичне значення похибки вирівнювання і формує керуючий сигнал, пропорційний цій похибці.
- Інтеграл, який накопичує інтеграл від помилки вирівнювання з часом і генерує сигнал, пропорційний накопиченому значенню. Цей компонент використовується для компенсації помилки статистичного вирівнювання та забезпечення чіткішої точності системи.
- Диференціатор, який обчислює швидкість зміни похибки вирівнювання та формує керуючий сигнал, пропорційний значенню швидкості зміни похибки. Диференціатор допомагає системі швидше реагувати на зміни вхідних змінних і допомагає зменшити коливання.

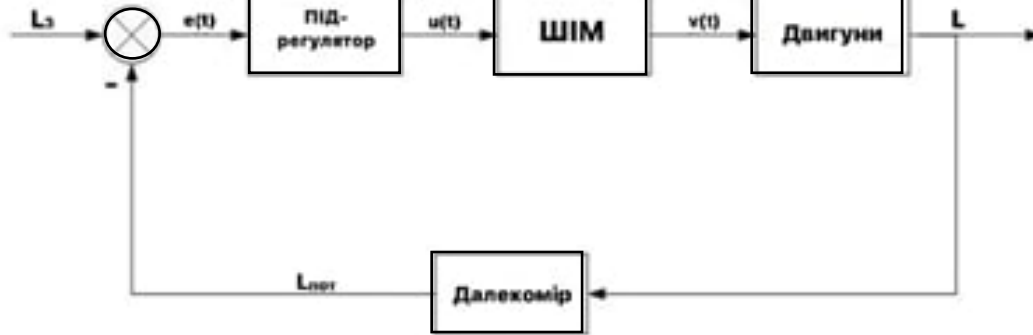


Рис.2.16 Структурна схема системи

- де  $L_s$  - установка умови відстані;
- $e(t)$  - помилка регулювання умовної відстані;
- $u(t)$  – сигнал формулювання;
- $v(t)$  - швидкість роботи двигунів;
- $L$  - поточна відстань.

Двигуни обертаються з початково заданою швидкістю, після чого ультразвуковий далекомір генерує звукові імпульси, які визначають відстань до об'єкта.

Значення початкової та вимірної відстаней подаються в суматор і наступним кроком є обчислення їх різниці. Отримане значення  $e(t)$  подається на вхід ПІД-регулятора, після чого формує формувальний сигнал  $u(t)$ . Це значення подається на ШІМ, а швидкість двигуна генерується на виході.

У зворотному зв'язку ультразвуковий далекомір визначає значення відстані до об'єкта і передає цей сигнал на суматор.

Зміна вихідної потужності ПІД-регулятора виражається математичною формулою (2.10):

$$— (2.10)$$

де  $t$  – час;

- пропорційний коефіцієнт умови;
- постійна інтегрована умова;
- постійна диференціальна умова.

## **2.6.Висновки до розділу**

У цьому розділі були розглянуті системи колісних роботів та представлена система колісних роботів як об'єкт дослідження.

Формується структура логічної одиниці системи, завдяки якій генеруються моделі поведінки роботосистеми відповідно до показників середовища.

Представлені основні елементи логічного блоку прийняття рішень: Arduino UNO, Motor Shield, WiFi модуль, Bluetooth модуль, ПІД контролер.

Наведено зображення кожного елемента логічного блоку та детально описано їх технічні характеристики.

Детально досліджено використання інфрачервоного датчика E18-D80NK і ультразвукового далекоміра HS-SR04 в розглянутій системі робота, а також описано підключення цих датчиків до системи.

## РОЗДІЛ 3

# ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДІНКИ РОБОТИЗОВАНОЇ НАЗЕМНОЇ СИСТЕМИ З ДИСТАНЦІЙНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ КЕРУВАННЯ

### 3.1. Модуль класифікатора моделей поведінки

Класифікатор моделі є основою для визначення правильного шляху руху робота. Оскільки під час виконання завдання в невизначеному середовищі можуть виникнути труднощі щодо маршруту досягнення мети, класифікатор розбиває поведінкову модель на кілька модулів, щоб визначити найкращий шлях досягнення мети, тобто

					<b>НАУ 23.17.56.000ПЗ</b>			
		Модель руху у проході;						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав.		Романчук Т.А.			Модель руху впродовж стіни; розділ 3 дослідження моделей поведінки роботизованої наземної системи з дистанційними елементами керування	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Мельник Ю.В.					46	66
Консульт.		Мельник Ю.В.				<b>151-313-СУ</b>		
Контрол.		Дивнич М.П.						
Зав.каф.		Мельник Ю.В.						

У зв'язку із завданням полегшення визначення оптимального шляху до мети розроблено пристрій для індикаторів контрольних датчиків, який вибирає відповідну модель поведінки щодо обставин.

Найважливішими параметрами для вибору моделі руху є: наявність перешкод, дальність цілі, кут нахилу поверхні.

Вхідним сигналом для класифікатора моделі є сигнали датчиків, а вихідним сигналом є сигнал від одного з обраних методів руху.

**Кафедра АКСУ**

Принципова схема роботи показана на рис. 3.1 базується на визначенні системи системним класифікатором відповідної моделі руху та реалізації відповідного сигналу з моделі. Отриманий сигнал надходить на вихід системи і на вхід керуючих двигунів. Результатом роботи даного алгоритму є визначення правильного шляху руху з об'їздом перешкод, а також вихід номера поведінки, який потрібно активувати.

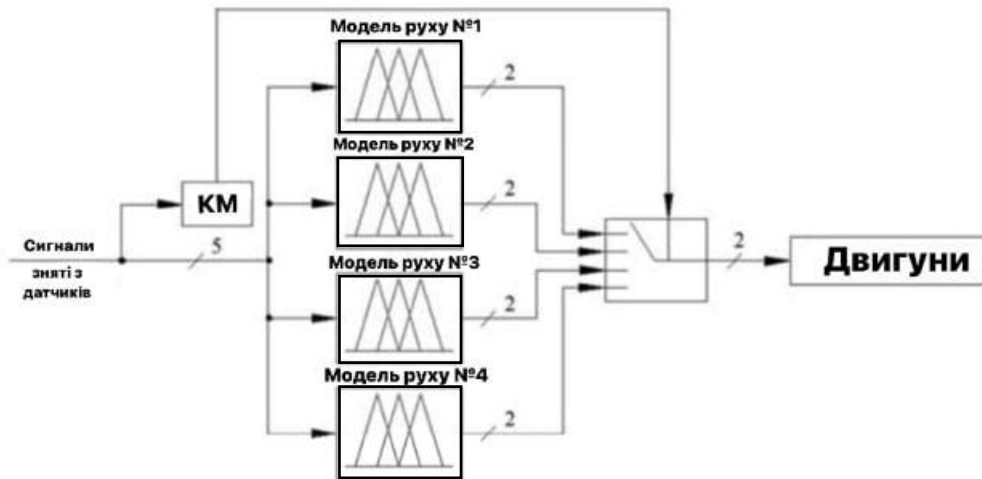


Рис.3.1. Принципова схема роботи модуля класифікатора моделей поведінок

Коли система працює, класифікатор визначає відповідний шаблон руху і видає сигнал, відповідний шаблону. Отриманий сигнал надходить на вихід системи і на вхід керуючих двигунів. Результатом роботи даного алгоритму є визначення правильної траєкторії руху робота при обході перешкод, а на виході формується номер поведінки, який потрібно активувати. Дистанційні режими зображені на рис. 3.2 [11].

		дістанція			
		дуже близько	близько	середнє	далеко
напрямок	правий	різко вліво	різко вліво	вліво	прямо
	прямий	різко вліво	вліво	вліво	прямо
	лівий	різко вправо	різко вправо	вправо	прямо

Рис.3.2 Режими дистанцій робота до об'єкта



Основним компонентом системи управління рухом є планування рухів робота до певної цільової точки з урахуванням різних факторів.

При розробці системи управління рухом колісного робота виникає проблема введення локальної карти місцевості в нечітку систему. На відміну від скалярних значень, карта місцевості – це великий масив даних, який є безпосередньо складним з точки зору обробки [6].

В основі методу лежить нейронна мережа:

Нейронна мережа — це модель машинного навчання, яка розпізнає складні комбінації та робить прогнози на основі вхідних даних.

Компонентами нейронної мережі є взаємодіючі нейрони, кожен з яких отримує вхідні дані, обчислює суму цих даних і застосовує функцію для генерації вихідного сигналу. Шари нейронів виконують пряму передачу інформації, дозволяючи нейронній мережі виконувати навчання на основі даних.

Перед створенням нейронної мережі та її навчанням необхідно сформувати початкові навчальні мережі.

Нейронна мережа може мати один або кілька виходів. На вхід мережі надходять сигнали з кожного сектора інформації про значення відстані до об'єкта.

Нейронна мережа в цій системі робота працює в числовому діапазоні  $[-1;1]$ . Протягом періоду моделювання нейронна мережа не може передбачити ціле число, тобто наполовину, в цьому випадку важко вибрати правильне число поведінки. У зв'язку з цим було сформовано 4 виходи нейронної мережі без можливості масштабування поведінкових станів.

Вихідним результатом моделювання нейронної мережі може бути будь-яке число від 4 у діапазоні  $[-1;1]$ , де  $[-1]$  означає, що цей стан поведінки не можна активувати, а  $[1]$  означає, що стан має бути активований.

Використання нейронної мережі вирішує складні завдання, а навчання мережі дозволяє визначити принципи її роботи.

Загальна логіка процесу уточнювалася в рамках розробленої мережі. Мережа задається як дискретні значення: 1, 2, 3, 4 на кожному вході. Коли мережа правильно навчена, вона повинна давати правильну відповідь у проміжних точках.

Метод програми:

Програмний метод - це набір умов перевірки за класифікатором поведінки. Для опису умов випробування визначають рівні або діапазони дискретних сигналів, значення яких розраховують за допомогою датчиків.

Використовується 5 вхідних змінних. Діапазон від 0 до 4 метрів буде розділено на інтервали довжиною 1 метр, тобто буде 4 інтервали. Розрахункова кількість умов перевірки становитиме 625.

Якщо збільшити дискретність, наприклад, розділити кожен сигнал на 8 смуг довжиною 0,5 метра, то кількість умов буде 390625.

Подальше збільшення дискретності може призвести до помилки керування системою, оскільки моменти реакції формуються умовами, які можуть робити різкі повороти робота та формувати розірвану траєкторію руху.

У цій системі використовується можливість плавного управління регулятором, який перемикає режими поведінки між собою в залежності від навколишніх умов.

### **3.2.Формування апаратних вимог**

Візуальний контакт цієї роботизованої системи встановлюється за допомогою вбудованої камери, яка стежить за ціллю, а ультразвуковий далекомір допомагає визначити перешкоди на шляху до цієї мети.

Завдання емуляції цього датчика в середовищі Matlab дозволяє системі керування роботом контролювати середовище та реагувати на нього у віртуальному полі Matlab.

Розглянемо логіку роботи даного далекоміра в середовищі Matlab. Оскільки робочий діапазон може становити 4 метри, то на виході датчика можливі два випадки формування сигналу відстані до перешкоди:

- якщо в радіусі робочого кута немає перешкод, на виході датчика формується сигнал з максимальною площею, тобто 4 метри.

- якщо в радіусі робочого кута знаходяться перешкоди ближче 4 метрів, на виході датчика формується сигнал із зазначенням довжини цієї перешкоди.

Ефективність алгоритмів залежить від точності даних про середовище.

Шукаючи можливе уникнення перешкод, необхідно знайти прохід, ширший за самого робота. Ширина роботи 40 сантиметрів.

На рис. 3.2. показано залежність визначення ширини обходу перешкоди від відстані від датчика до об'єкта.

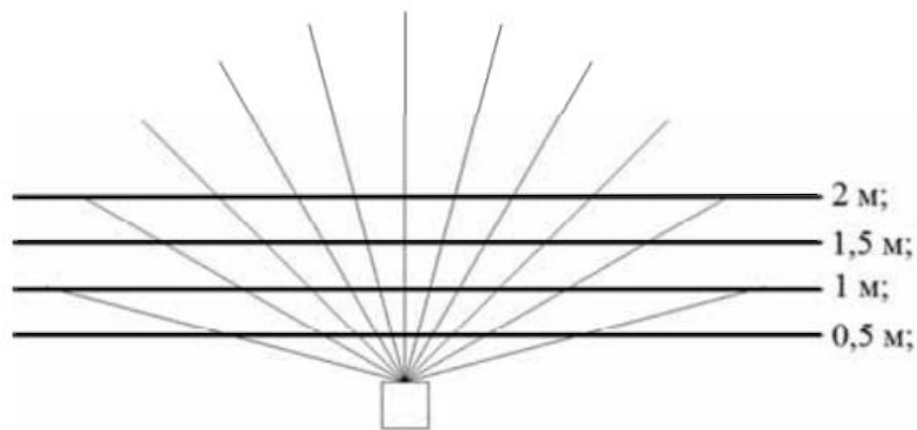


Рис.3.3 Залежність визначення ширини обходу перешкоди від відстані датчика до об'єкта

Показано 9 датчиків, відстань між кожним з яких  $15^\circ$ . Для чіткого визначення ширина обходу перешкоди повинна бути не менше 2 зон по  $15^\circ$ . Товсті лінії імітують перешкоду, а мітки справа у вигляді кількох метрів визначають відстань від них до робота.

На рисунку 3.4 наведено діаграму реакції датчиків на наявність перешкод в залежності від їх положення в системі. Датчики пронумеровані зліва направо вгору.

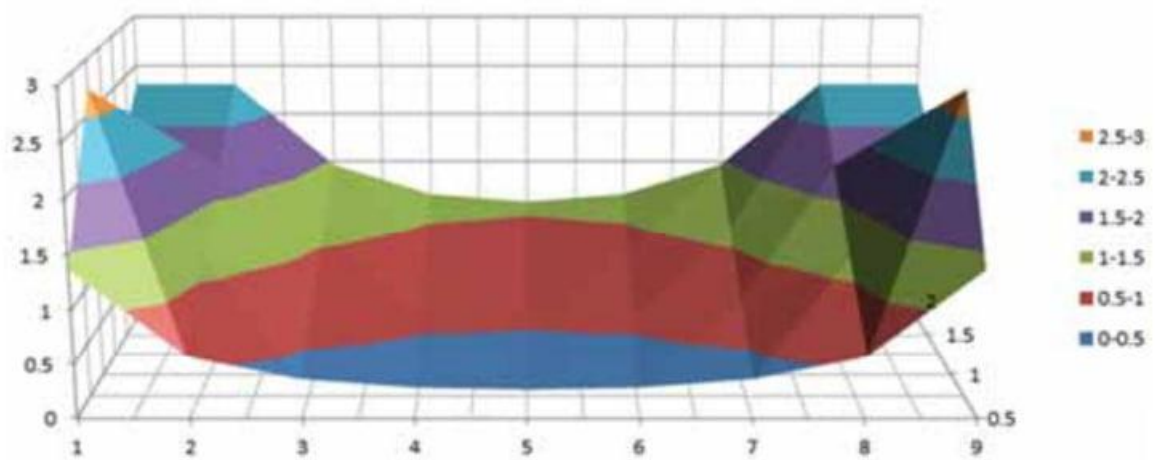


Рис.3.4 Діаграма реагування датчиків

Виходячи з отриманих даних, обхід перешкоди довжиною 40 см можливий на відстані 1 м від значень датчиків № 4, № 5 і № 6. В крайніх датчиках № 1, № 2, № 8 і № 9 спостерігається падіння точності через те, що перешкода знаходиться під кутом. У зоні дії датчиків №3, №4, №5, №6 і №7 поверхня найбільш гладка, що дозволяє визначити шлях найкращого обходу. Тобто оптимальним рішенням є використання 4 ультразвукових датчиків, які утворюють 5 зон із загальним кутом огляду 75°. На рис. 3.5 наведено схему дій для станів відстані між роботом і ціллю [11].



Рис.3.5 Режими дистанцій роботи до цілі

### 3.2.1. Модель поведінки «рух у проході»

Ця модель руху робота допомагає знайти прохід на шляху до мети. З досліджень у попередньому пункті визначено, що можливість об'їзду перешкоди розпізнається на відстані 1 метра, тобто якщо можливість об'їзду була визначена раніше, то її ширина більше ширини робота. .

Сигнали від усіх датчиків контролю приймаються на вході в модель руху, оскільки прохід можна розмістити в будь-якому місці зони видимості датчика. Сигнал про кутову швидкість обертання також надходить на вхід

моделі, після чого перетворюється в сигнали керування двигунами і подається на вихід поведінкової моделі.

Ключові випадки моделі відображені на рис.3.6.

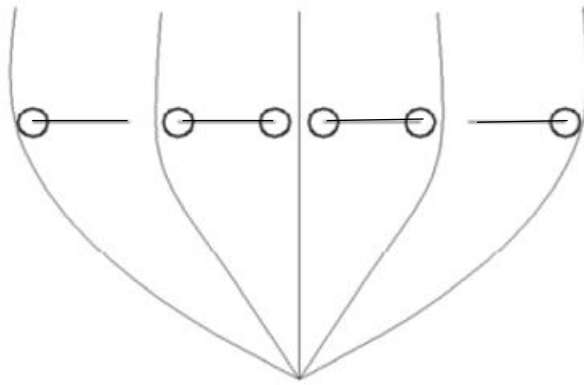


Рис.3.6 Випадки застосування моделі поведінки «рух у проході»

Кола по краях проходів вказують на можливість зіткнення, а криві вказують на можливі траєкторії обходу перешкоди.

У цій моделі руху розглядаються 5 можливих варіантів:

- Два крайніх варіанти вказують на можливість об'їзду перешкоди об'їздом;
- Два середніх варіанти вказують на прохід через бічні бійниці;
- Смуга посередині вказує на проїзд попереду, що обов'язково створює можливість зіткнення з обох сторін.

Приклади симуляції уникнення перешкод із використанням цієї поведінкової моделі показано на рисунку 3.7 нижче.

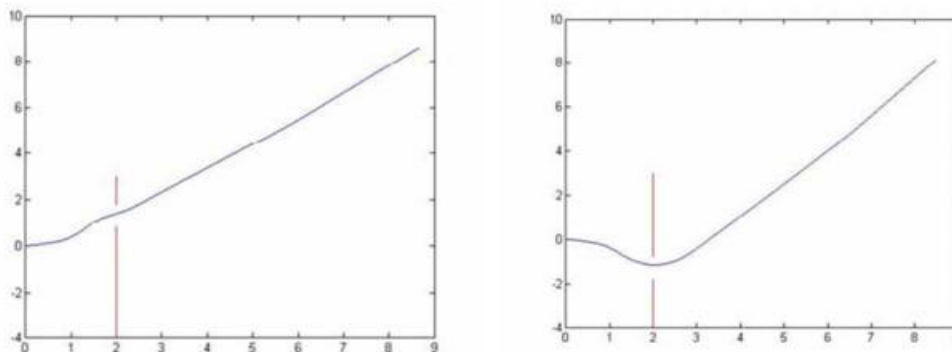


Рис.3.7 Варіанти симуляції уникнення перешкод з використанням цієї моделі поведінки.

### 3.2.2. Модель поведінки «рух вздовж стіни»

Дана модель руху призначена для обходу перешкоди, у разі виконання системи руху вздовж лівої або правої стіни. Ця модель включає дві моделі поведінки: «вздовж лівої стіни» і «вздовж правої стіни», які ідентичні одна одній. Робочий діапазон секторів датчика показаний на рис. 3.8.

У попередньому пункті сказано, що робот має 4 датчики, які утворюють 5 секторів, кожен з яких має кут огляду  $15^\circ$ .

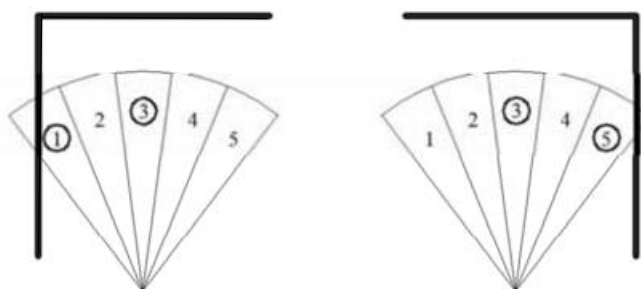


Рис.3.8 Діапазон роботи секторів датчиків

Для виконання руху «вздовж лівої стіни» сигнали видаляються з сектора №3, який є центральним для уникнення зіткнення попереду, і з сектора №1, який використовується для керування з боку лівої стіни.

Для виконання руху «вздовж правої стіни» використовується сигнал від центрального сектора №3 і сектора №5, який контролює рух вздовж правої стіни.

Для реалізації даної моделі поведінки спочатку зніміть сигнал із сектора №3 для визначення перешкоди, якщо перешкоди не виявлено, рух виконується вздовж спочатку обраної стіни. Якщо виявлено перешкоду, робот повинен зробити поворот, щоб продовжити рух уздовж стіни. На рис. 3.9 та на рис. 3.10 наведено результати математичного моделювання поведінки «рух уздовж правої стіни» та «рух уздовж лівої стіни» відповідно.

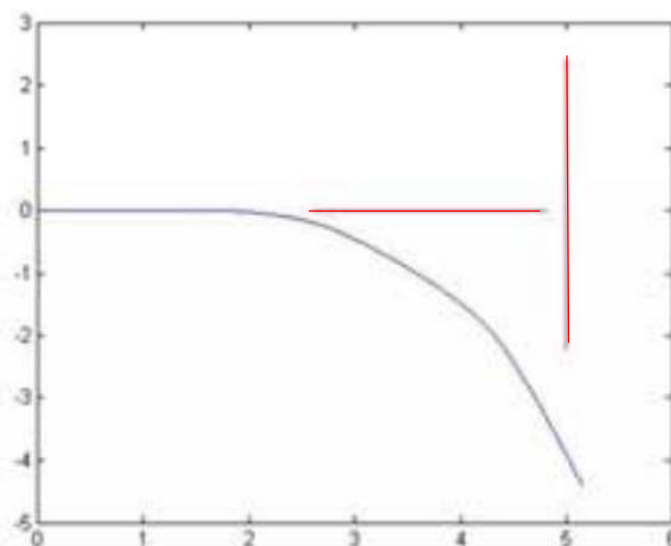


Рис.3.9 Математичне моделювання поведінки «рух вздовж правої стіни»



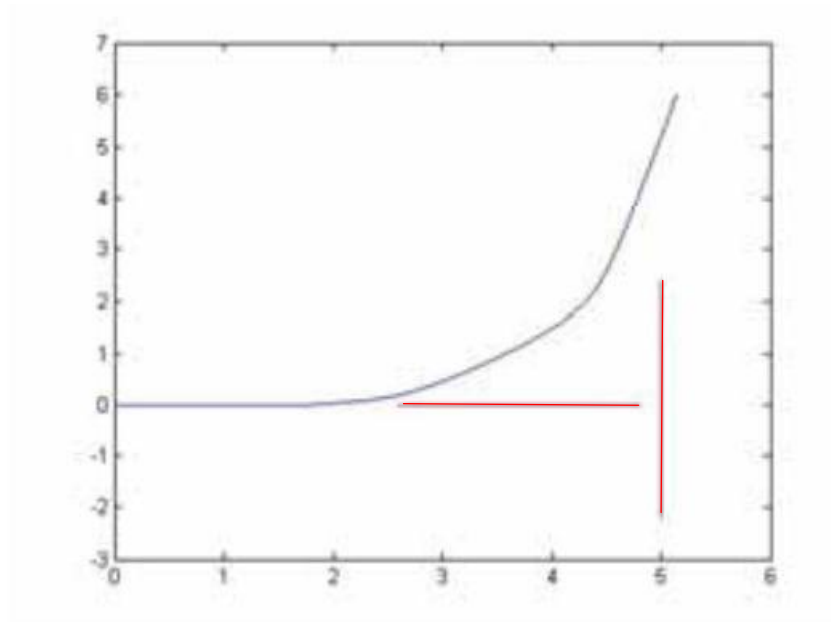


Рис.3.8.Математичне моделювання поведінки «рух вздовж лівої стіни»

### 3.2.3.Модель поведінки «рух до цілі»

Представлена модель поведінки розроблена з урахуванням відсутності перешкод на шляху до мети. Для виконання цього руху необхідно визначити основні параметри, такі як:

- швидкість вимірювання курсу та кутова швидкість, які впливають на керування інерційним тілом;
- Різниця між необхідним керуючим курсом і поточним курсом, що допомагає системі робота побудувати правильний шлях руху до цілі;
- Відстань до цілі, яка контролює зміну швидкості в залежності від дистанції.

Ця роботизована система може здійснювати повороти (див. рис. 3.11) за годинниковою стрілкою та проти неї в області  $[-359;359]$ .

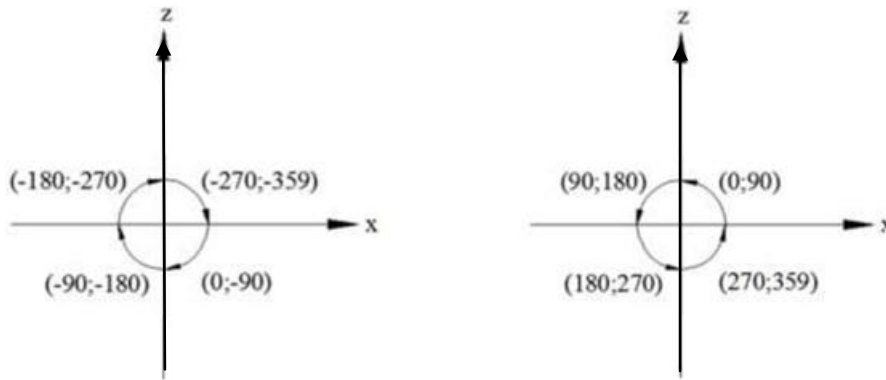


Рис.3.11 Повороти системи проти часової стрілки та за часовою стрілкою

Після визначення положення робота та цілі дистанцію можна визначити за формулою (3.1):

$$\text{-----} \tag{3.1}$$

де -відстань до цілі;

- координати цілі;

- координати робота.

У зв'язку з тим, що цей кут огляду досить великий, що може призвести до формування помилки при виконанні заданої моделі поведінки, тому кут повороту (див. рис. 3.12) роботосистеми рекомендується зменшити до  $[-180; 180]$ , що покращить виконання поставленого завдання.

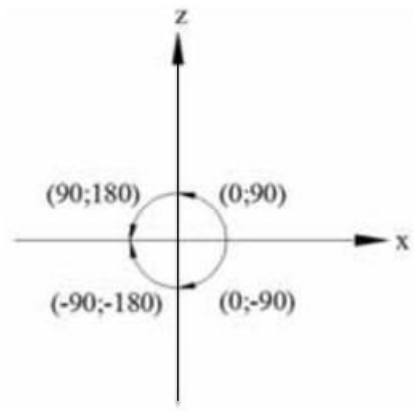


Рис.3.12 Зменшені повороти системи за та проти часової стрілки

Для формування сигналу про різницю між заданим і поточним курсом необхідно мати значення кутового положення цілі відносно положення роботосистеми. Принцип формування кутового положення цілі по відношенню до положення роботосистеми показано на рис. 3.13, а математичне моделювання формування кутового положення цілі показано на рис. 3.14.

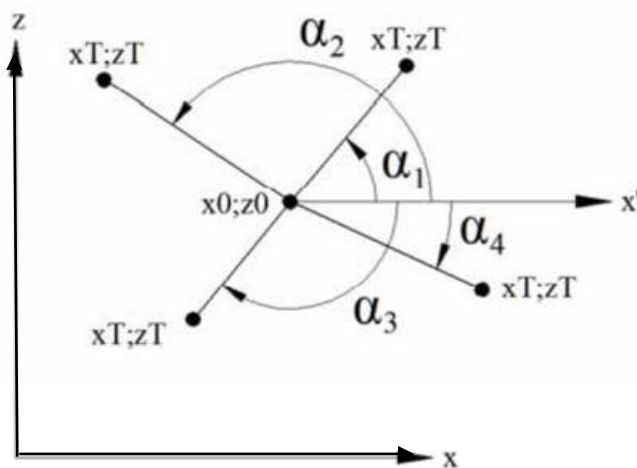


Рис.3.13 Формування кутового положення цілі

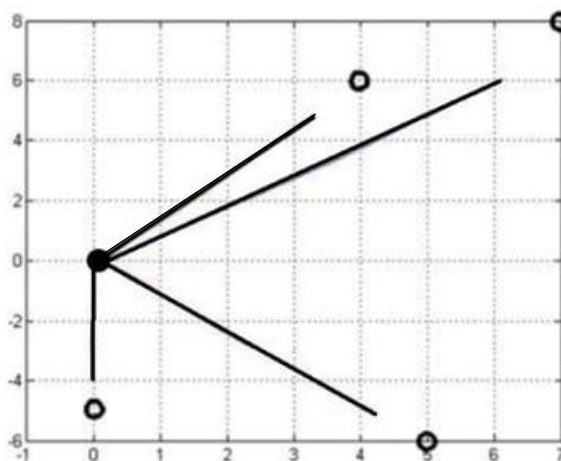


Рис.3.14 Математичне моделювання формування кутового положення цілі

Коли робот наближається до цілі на певну відстань, він починає передчасно зупинятися, щоб уникнути зіткнення з ціллю. Результати моделювання підтверджують придатність цієї моделі руху.

### 3.3.Визначення тестових умов для дослідження роботи моделей руху

Перед використанням роботизованої системи невід'ємною частиною є перевірка роботи системи в умовах тестування відповідно до кожної моделі руху.

Модель «рух до цілі» є найпростішою у використанні, оскільки робот визначає місце розташування об'єкта, який знаходиться в полі зору. Система будує найшвидший маршрут і розраховує оптимальну швидкість для максимально безпечного досягнення мети.

Для дослідження моделей «рух у проході» та «рух уздовж стіни» були створені експериментальні умови з перешкодами для перевірки цих моделей поведінки системи. Умови експерименту показані на рис. 3.15 та рис. 3.16.



Рис.3.15 Експериментальні умови дослідження моделі «рух у проході»

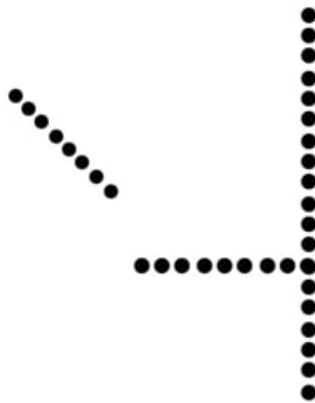


Рис.3.16 Експериментальні умови дослідження моделі «рух вздовж стіни»

За допомогою математичного моделювання систему було перевірено в експериментальних умовах (див. рис. 3.17.).

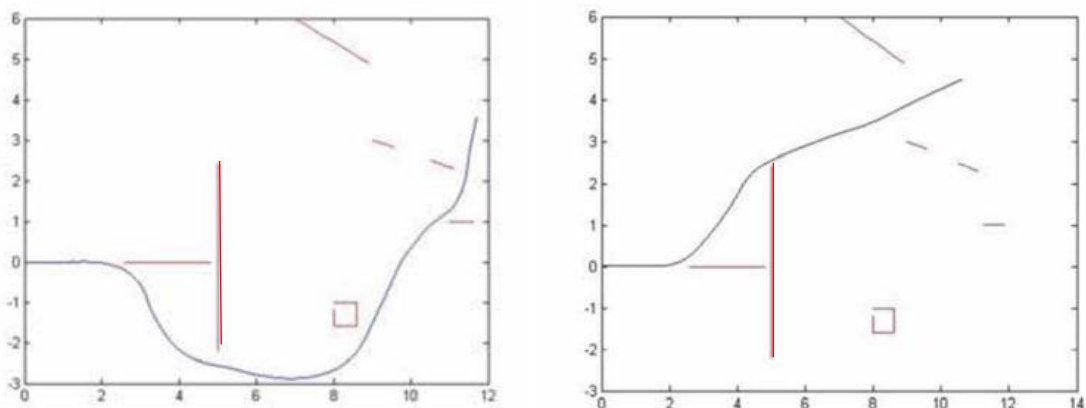


Рис.3.17 Тестування системи в експериментальних умовах

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що система роботи успішно використала модулі руху та успішно подолала встановлені перешкоди.

Також для більш детального дослідження було проведено моделювання поведінки руху системи (див. рис. 3.18) саме за моделлю «рух за один прийом» зі значною кількістю існуючих перешкод.

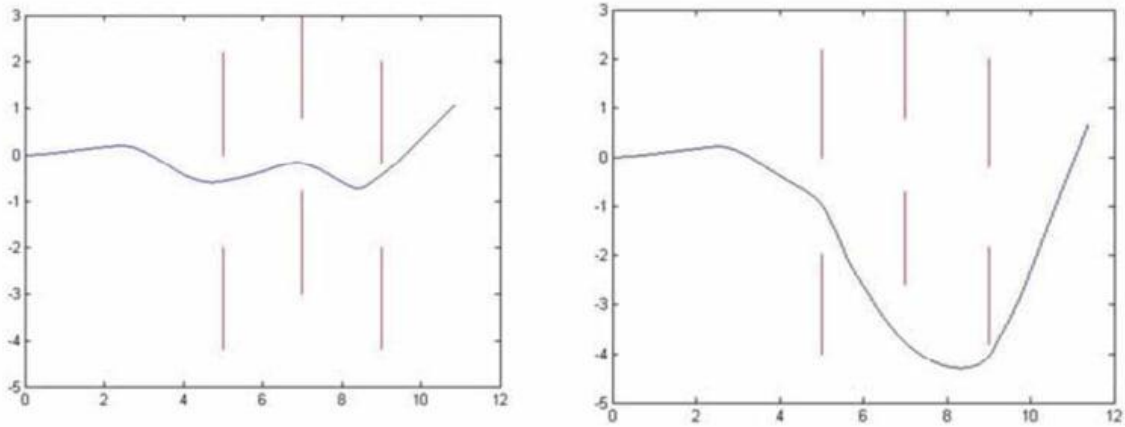


Рис.3.18 Математичне моделювання поведінки «рух у проході» зі значною кількістю перешкод

Роботосистема відмінно впоралася з поставленим завданням, враховуючи розташування всіх перешкод і можливих зіткнень.

За результатами випробувань і математичного моделювання можна прийти до висновку, що ця роботизована система реагує на перешкоди відповідно до всіх заданих параметрів і будує шлях до мети з урахуванням цих перешкоду

### **3.4.Висновки до розділу**

У цьому розділі представлено створення класифікатора моделі поведінки та досліджено принципи роботи двох методів класифікації: методу нейронної мережі та методу програмного забезпечення.

Детально описано формування апаратних вимог до поведінки роботизованої системи з елементами дистанційного керування, тому досліджено роботу з датчиками для розпізнавання цілей та вибір моделі поведінки системи. Представлено три моделі поведінки:

- Модель поведінки «рух у проході»;
- Модель поведінки «рух вздовж стіни»;
- Модель поведінки «рух до цілі».

Було детально описано принцип роботи кожної моделі, а також представлено математичне моделювання кожної.

У результаті розділу сформовано експериментальні умови для тестування колісної робототехнічної системи з елементами дистанційного керування відповідно до представлених раніше моделей рухової поведінки. Згідно з проведеними випробуваннями та результатами математичного моделювання, ця роботизована система здатна визначати положення цілі за допомогою датчиків дистанційного керування, відповідно досліджувати наявність перешкод на шляху до цілі та відповідно до всіх отриманих даних. даних для вибору найбільш правильного способу поведінки руху та успішного досягнення мети, уникаючи зіткнення з існуючими перешкодами.

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті проведено аналіз роботизованих наземних систем з елементами дистанційного керування з можливістю обходу перешкод. Розглянуто структурну схему керування наземною роботизованою системою колісного типу з елементами дистанційного керування та детально досліджено логічний вузол системи, завдяки якому здійснюється прийняття рішень.

Для визначення правильного напрямку руху роботизованої наземної системи використовувалися інфрачервоні датчики та ультразвуковий далекомір, а також відеокамера. Дані датчики забезпечували визначення положення цілі, розрахунок відстані між роботом і ціллю, визначення відносного напрямку цілі по відношенню до робота.

Для регулювання швидкості робота використовується ПІД-регулятор, коефіцієнти якого розраховані експериментально.

Проведено випробування автоматичного керування системою дистанційного робота з можливістю об'їзду перешкод та дистанційного керування.

Досліджувана роботизована система з виносними елементами може використовуватися в різних ситуаціях залежно від діапазону датчиків, а також застосовувати функцію модифікації залежно від завдань, які ставляться перед системою.

Можливе проектування нових моделей рухової поведінки, які в майбутньому підвищать можливість використання цієї системи в більш складних умовах середовища.

Кафедра АКСУ					НАУ 23.17.56.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Виконав.		Мельник Ю.В.						
Керівник		Романовська А.А.					62	66
Консульт.		Мельник Ю.В.				151-313-СУ		
Контрол.		Дивнич М.П.						
Зав.каф.		Мельник Ю.В.						



Інтеграція декількох датчиків, які сигналізують про перешкоди і мають великий діапазон дії, може доповнити реакцію на перешкоди, що дозволить більш безпечно використовувати систему в складних ситуаціях.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions: collective monograph / Hladyshev D., Brodskyi M., Lisnykh L. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2023. 461 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2023.MONO.TECH.2
2. Як працює лазерний далекомір? [Електричний ресурс]. – Режим доступу: <https://grad.ua/articles/91992-kak-rabotaet-lazernyj-dalnomer.html>
3. Ефект Доплера та його використання для контролю швидкості руху транспортних засобів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://probapera.org/publication/13/52458/efekt-doplera-ta-joho-vykorystannya.html>
4. Афзель, С.С. Огляд сучасного стану та перспективи розвитку датчиків руху/ С.С. Афзель, М.О. Березанська // Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні : матеріали доповідей XIV Всеукраїнської науково-практичної конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 2018 – С. 18.
5. Михайлов Є.П. Мобільні роботи: навчальний посібник. Одеса: ОНПУ, 2016. – 238 С. URL: <http://dspace.opu.ua/xmlui/handle/123456789/11393>
6. Принцип роботи відеокамери: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://grad.ua/articles/91992-kak-rabotaet-lazernyj-dalnomer.html>
7. Офіційний сайт проекту Arduino / [Електричний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/>

8. Arduino та Bluetooth [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/art195-arduino-i-bluetooth>

9. Богданова Н.В., Сінчук І.О. // РОЗРОБКА МАКЕТУ АКУСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕШКОД ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА HC-SR04 ДЛЯ ARDUINO // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal) №1(41), 2019 – С.4. URL: [https://eesa-journal.com/wp-content/uploads/EESA\\_journal\\_1\\_part\\_9.pdf#page=4](https://eesa-journal.com/wp-content/uploads/EESA_journal_1_part_9.pdf#page=4)

10. Ультразвуковий датчик відстані Arduino HC-SR04 [Електричний ресурс]– Режим доступу: <https://wiki.tntu.edu.ua>  
Ультразвуковий\_датчик\_відстані\_Arduino\_HC\_SR04

11. Нечіткі множини в системах керування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://studopedia.su/8\\_59033\\_zagalna-struktura-nechitkogo-mikrokontrolera.html](https://studopedia.su/8_59033_zagalna-struktura-nechitkogo-mikrokontrolera.html)

12. Д.А. Корнєєв, О.В. Шматко Розробка програмного забезпечення для управління колісним роботом з використанням нечіткої логіки: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків: УДК 681.51 – 5 С. URL: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/soi\\_2016\\_4\\_11.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/soi_2016_4_11.pdf)