

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНОЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Мельник Ю. В.
« ___ » _____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
«МАГІСТР»

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

Тема: «Інтелектуальна система обминання перешкод наземних мобільних роботів.»

Виконавець: студент групи СУ-214М Пасічний Петро Сергійович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: завідувач кафедри Мельник Юрій Віталійович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер: _____ Дивнич М.П.

Консультант з «Охорони праці» _____ Козлітін С. О.

Консультант з «Охорони
навколишнього середовища» _____ Явнюк А.А.

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аерокосмічних систем управління

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Мельник Ю. В.

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Пасічного Петра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Інтелектуальна система обминання перешкод наземних мобільних роботів

затверджена наказом ректора від «_____» _____ 20__ р.

№ _____

2. Термін виконання роботи: з _____ по _____

3. Вихідні дані до роботи: складові системи оминання перешкод наземних мобільних роботів та їх призначення.

4. Зміст пояснювальної записки:

Переваги реалізації систем управління з використанням математичного апарату нечіткої логіки. Опис проблем які виникають в системах управління мобільними роботами та варіанти їх вирішення. Розробка алгоритму управління наземним мобільним роботом для ефективного оминання перешкод.

5. Перелік ілюстративного матеріалу презентації:

Схема алгоритму управління мобільним роботом

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Знайти літературу зв'язану з темою роботи.		
2	Визначити проблеми які виникають в системах обминання перешкод.		
3	Знайти рішень проблем, що виникають в паливній системі.		
4	Запропонувати альтернативні рішення для вдосконалення системи .		
5	Визначити датчики, що можна використати в системі.		
6	Розробити алгоритм управління мобільним роботом та провести моделювання роботи нечіткого регулятора		
7	Зробити висновки по проробленій роботі.		
8	Закінчити оформлення пояснювальної записки.		

7. Консультанти з окремих розділів кваліфікаційної роботи

Назва розділу роботи		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Консультант Козлітін С. О.	Дата, підпис консультанта	Дата, підпис студента
Охорона навколишнього середовища	Консультант Явнюк А.А.	Дата, підпис консультанта	Дата, підпис студента

8. Дата видачі завдання: “ _____ ” _____ 20__ р.

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис керівника)

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис студента) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Інтелектуальна система обминання перешкод наземних мобільних роботів»:

Обсяг роботи – 100 сторінок, 32 рисунки, 3 таблиці, 32 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – система обминання перешкод наземного колісного робота

Предмет дослідження – навігаційні алгоритми пересування роботизованих систем

Мета роботи – розробити алгоритм обминання перешкод наземних мобільних роботів з використанням математичного апарату нечіткої логіки

Методи дослідження – методи математичного моделювання та оптимізації.

Проведено розробку алгоритма управління мобільним роботом та моделювання роботи нечіткого регулятора, що дозволяє ефективно оминати перешкоди на шляху мобільного робота.

Матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані для проведення імітаційного моделювання при проєктуванні систем управління рухом мобільного наземного робота.

Ключові слова:

ШВИДКІСТЬ РУХУ, КУТ ПОВОРОТУ, ВІДХИЛЕННЯ НАПРЯМКУ РУХУ, ЗАКОНИ РУХУ, НЕЧІТКИЙ РЕГУЛЯТОР, ОПТИМІЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОПИС ПРОБЛЕМ СИСТЕМ ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	10
1.1 Аналіз рішень виявлення та розпізнання об'єктів.....	10
1.2 Способи визначення дистанції до перешкоди.....	15
1.3 Способи визначення довжин перешкоди справа та зліва напрямку руху мобільного робота.....	17
1.4 Реалізація контролю кута повороту колес робота.....	18
1.5 Система прийняття рішень мобільного робота.....	27
1.6 Способи визначення швидкості руху наземного мобільного робота	35
1.7 Попередня постановка задачі	37
Висновки до розділу 1.....	39
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ.....	40
2.1 Інформаційно вимірювальна система мобільного робота.....	40
2.2 Визначення відстані до цільового об'єкта	44
2.3 Вибір варіанта компонування системи спостереження наземного мобільного робота.....	49
2.4 Створення алгоритму управління мобільним роботом.....	50
2.5 Створення системи управління рухом наземного мобільного робота.....	53
Висновок до розділу 2.....	62
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ОМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ	63
3.1 Створення моделі нечіткого регулятора.....	63
3.2 Створення моделі рухомої перешкоди і модуля спостереження	69
3.3 Моделювання роботи нечіткого регулятора	71
Висновок до розділу 3.....	76
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	78
4.1 Вступ	78

4.2. Аналіз умов праці на робочому місці {суб'єкта ДР/ДП}.	79
4.3. Розробка заходів з охорони праці.	86
4.4. Пожежна безпека виробничого приміщення.....	89
4.5. Типовий розрахунок або питання охорони праці до детального опрацювання (обґрунтування).	90
Висновок до розділу 4.....	91
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	92
5.1 Використання робототехніки при усуненні наслідків екологічних катастроф.....	92
Висновок до розділу 5.....	93
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95

ВСТУП

Останнім часом в результаті стрімкого розвитку науки та техніки виникає велика кількість нових задач. За останні кілька десятиріч було багато досягнень таких як дослідження космосу, автоматизація роботи заводів та перевезення вантажу. В свою чергу досягнення нових цілей в різних сферах призвело до потреби вирішення нових задач для вирішення яких необхідно використання інтелектуальних методів і новітніх технологій.

В першу чергу для дослідження поверхні планет використовуються роботи адже вони можуть функціонувати там де не може знаходитись людина. Для таких робіт особливо важливо ефективно використання своїх ресурсів для отримання якомога більшої кількості інформації чи збір зразків різних речовин. Щоб забезпечити ці потреби робота він повинен мати ефективну систему обминання перешкод для якомога швидшого досягнення своєї цілі.

В умовах нашої планети швидкість перевезення вантажів на економія заряду батареї роботів також має велике значення адже дозволяє ефективніше використовувати ресурси, отримувати більші прибутки, а в деяких випадках навіть врятувати людське життя.

В випадку коли перешкода є рухомим об'єктом рух якого описати алгебраїчними, диференційними чи різницевиими рівняннями описати не можливо чи дуже складно система має високу невизначеність. При цьому невизначеність також вноситься в опис моделі мобільного робота на який також має вплив навколишнє середовище. Для вирішення таких задач одним з найкращих рішень є використання нечітокої логіки.

Актуальність дослідження

Розвиток технологій штучного інтелекту передбачає широке використання роботів у різних галузях промисловості, інфраструктури та життєдіяльності людини. Ухвалення рішень у виборі або розробці тієї чи іншої робототехнічної

					НАУ. 22. 05 .83 000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.					ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Мельник Ю.В.						8	98
Реценз.						ФАЕТ- 214 гр.		
Н. Контр.	Дивнич М.П.							
Затверд.	Мельник Ю.В.							

системи базується на аналізі та використанні системного підходу. Першим етапом є систематизація існуючих рішень, виділення значущих ознак та визначення переваг та недоліків таких рішень. За різними оцінками 30-60% робочих місць до 2035 року будуть замінені робототехнічними системами. Особливо важливе значення відіграють роботи в виконні роботи яка становить небезпеку для людини. В зв'язку з цим вивчення та розвиток напрямків пов'язаних з робототехнічними системами є актуальним.

Мета кваліфікаційної роботи: розробити алгоритм обминання перешкод наземних мобільних роботів з використанням математичного апарату нечіткої логіки.

РОЗДІЛ 1

ОПИС ПРОБЛЕМ СИСТЕМ ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ

Для теоретичних досліджень був використаний метод аналізу існуючих рішень проблем систем обминання перешкод наземних мобільних роботів з метою виявлення головних недоліків, перспективних вирішень окремих задач, а також оцінки необхідних значень вимірюваних і контрольованих величин.

1.1. Аналіз рішень виявлення та розпізнання об'єктів.

Для побудови безпечного та ефективного маршруту і обминання перешкод що з'являються під час руху робот повинен орієнтуватися в просторі розпізнаючи об'єкти та визначати їх координати. В більшості випадків для вирішення цієї проблеми використовуються системи комп'ютерного зору.

Розглянемо принципи та елементи побудови системи комп'ютерного зору з прикладу системи розпізнавання об'єктів, представленої на рисунку 1.1.

Роботу системи комп'ютерного зору можна розділити такі основні етапи: введення зображення, обробка зображення, аналіз зображення, розпізнавання образів [22].

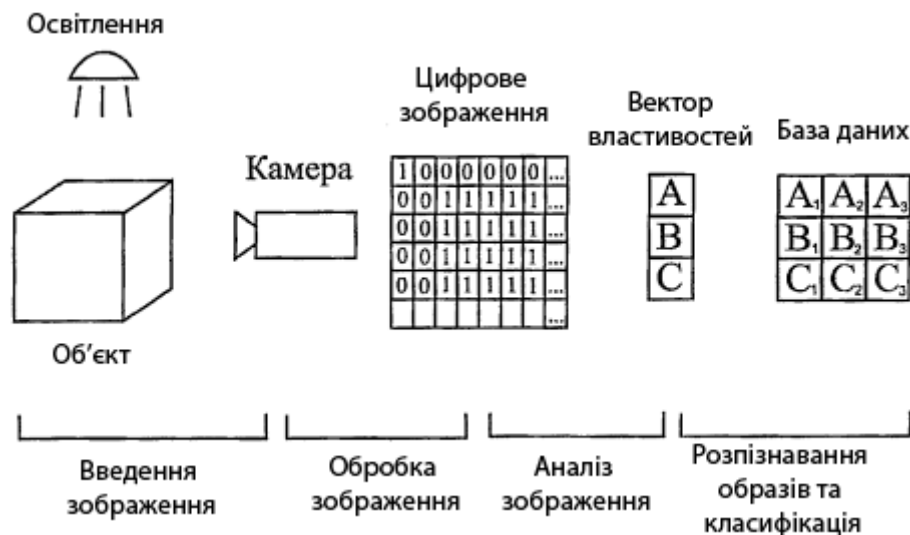


Рис.1.1 Структура системи розпізнавання об'єктів

					НАУ. 22.05.83 000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.					Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Мельник Ю.В.				10	98
Реценз.					ФАЕТ- 214 гр.		
Н. Контр.		Дивнич М.П.					
Затверд.		Мельник Ю.В.					
					ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ		

1) Введення зображення здійснюється за допомогою аналогової або цифрової відеокамери, при цьому, якщо камера аналогова, необхідно використовувати цифровий перетворювач. Слід зазначити, що якість одержуваного зображення визначається як апаратними можливостями відео камери, так і освітленням об'єкта розпізнавання. Отримання якісного вихідного зображення відіграє велике значення, оскільки надає сильний вплив на результати, одержувані в наступних етапах роботи системи.

2) На етапі обробки зображення робиться поліпшення якості зображення, за рахунок застосування фільтрів, здійснюють усунення чи зниження шумів, які можуть мати місце у вихідному зображенні, збільшення контрасту, нормалізацію яскравості, отримання бінарного чи зворотного зображення.

3) Під аналізом зображення розуміється послідовний опис параметрів та характеристик зображення у вигляді вектора властивостей. На початку може здійснюватися сегментація зображення для визначення окремих його елементів, потім пошук контурів або кутів на зображенні з подальшим кодуванням, аналіз форми, округлості і розмірів об'єкта, розрахунок центрального моменту і моментів 2-го порядку, визначення орієнтації .

4) У системі комп'ютерного зору є база даних, до якої записані вектори властивостей об'єктів, що розпізнаються. На етапі розпізнання відбувається зіставлення вектора властивостей, отриманого при аналізі зображення з векторами, що зберігаються в базі даних системи. За результатами порівняння система комп'ютерного зору приймає рішення про образ, чи збігається він з еталоном чи ні. Виконання розглянутих етапів при розпізнаванні об'єктів дозволяє отримати високу надійність [22].

На рисунку 1.1 представлена схема сучасних відеокамер.

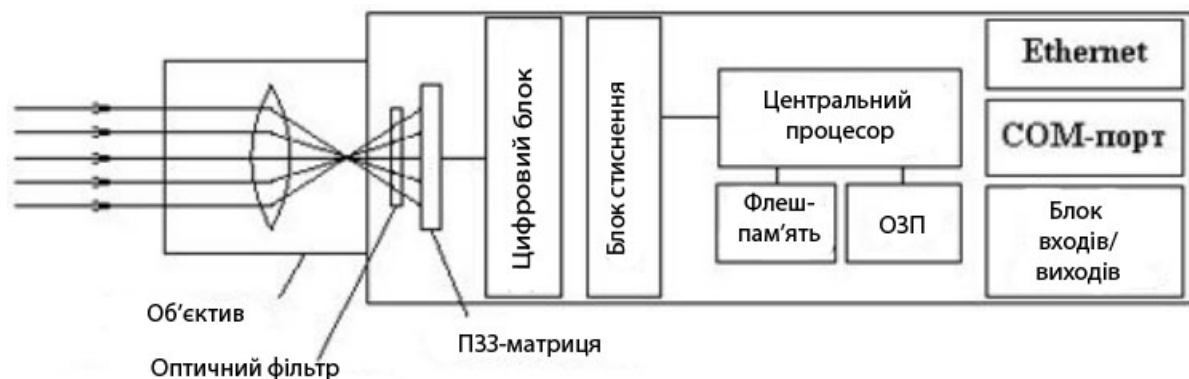


Рис.1.2 Схема сучасних відеокамер

Об'єктив відеокамери служить для фокусування світла зі сцени на невеликий напівпровідниковий датчик зображення.

Залежність кута огляду камери від фокусної відстані встановленого в ній об'єктива.

Табл.1.

Фокусна відстань, мм	Кут огляду							
	Формат матриці 1/4		Формат матриці 1/3		Формат матриці 1/2.8		Формат матриці 1/2.5	
	Гориз.	Верт.	Гориз.	Верт.	Гориз.	Верт.	Гориз.	Верт.
2	77	62	100	84	110	94	114	100
5	35	27	51	40	59	46	64	51
10	18	14	27	20	32	24	34	27
30	6,1	4,6	9,1	6,9	11	8	11,8	9,1
50	3,7	2,7	5,5	4,1	5,5	4,9	7,1	5,5
80	2,3	1,7	3,4	2,6	4,4	3,1	4,4	3,4
120	1,5	1,1	2,3	1,7	2,7	2	3	2,3

Напівпровідниковий датчик зображення реєструє світло з допомогою матриці з мільйонів крихітних фотодіодів. Кожен з них вимірює кількість фотонів, яке потрапляє у певну точку, і переводить цю інформацію електричні заряди: більш яскраве зображення представлено більш високим зарядом, а більш темне – низьким. Виділяючи темні області світлими, сенсор створює відео

шляхом реєстрації інтенсивності світла. Щоб отримати кольорове, необхідно визначити не тільки загальний рівень освітленості, а також рівні для кожного кольору. Повний спектр можна відтворити, комбінуючи лише 3 з них – червоний, зелений і синій. Тому принцип роботи відеокамер заснований на використанні тільки цих квітів. У деяких моделях сигнал розділяється на 3 варіанти одного і того ж зображення для рівнів червоного, зеленого і синього світла. Кожен з них захоплюється власним чіпом. Потім вони складаються, і основні кольори змішуються для отримання повнокольорового зображення. Цей простий метод дозволяє отримати насичене відео з високою роздільною здатністю. Фотодіодні ПЗЗ-матриці коштують дорого і споживають багато енергії, а використання 3 датчиків значно збільшує виробничі витрати.

Основні характеристики ПЗЗ-матриці

Табл.2.

Пристрій обробки зображень	System	Interlace CCD
Розмір діагоналі у мм (Відіконові дюйми)	Size	Diagonal 6mm (Type 1/1.3")
Розмір матриці	Chip size	5.59mm(H) x 4.68mm(V)
Сумарна кількість пікселів	Number of Total Pixel	Approximate 0.47M
Усього пікселів	Total Pixel	795(H) x 596(V)
Сумарна кількість ефективних пікселів	Number of Effective Pixel	Approximate 0.44M
Усього ефективних пікселів	Effective Pixel	752(H) x 582(V)

Більшість відеокамер обладнується лише одним сенсором з постійними кольоровими фільтрами для окремих фотодіодів. Певна їх частина вимірює тільки рівні червоного, інша – зеленого, а решта – синього. Кольори розподілені у вигляді сітки (наприклад, фільтра Байєра), так що процесор може отримати

уявлення про рівні кольору у всіх частинах екрану. Цей метод вимагає інтерполяції даних, що надходять на кожен фотодіод, шляхом аналізу інформації, отриманої його сусідами. [5] Ця інформація надходить до штучного інтелекту робота по коаксіальному кабелю або витій парі для подальшого опрацювання.

Оскільки роботу необхідно обходити статичні об'єкти та уникати зіткнень з об'єктами, що рухаються. Для цього слід збудувати карту приміщення. Але при побудові карти в більшості випадків заважають об'єкти, що рухаються. Це істотно ускладнює побудову карти місцевості. Рух робота до потрібної точки у просторі має займати мінімальну кількість часу. Робот повинен завжди розуміти, де він у просторі. Відеокамера для вирішення цих завдань вкрай важлива, а часто навіть не одна через те, що потрібно порівнювати зображення, щоб визначити його реальні геометричні значення. Спочатку робот аналізує зображення (рис. 1.3):

1. Проводить фільтрацію зображення, щоб вона стала більш простою.
2. Потім сегментує зображення, намагається визначити важливі об'єкти та видалити непотрібне тло.
3. Потім намагається визначити відстані до об'єктів, які зумів визначити.
4. Далі розраховує всі геометричні параметри оточуючого середовища в



полі зору.

Рис. 1.3 – Процес прийняття роботом рішення щодо побудови маршруту. Після цього він отримує геометрично правильне розташування об'єктів незалежно від наявності або відсутності об'єктів, що рухаються. І тоді виходячи із заданих алгоритмів робот прийматиме рішення.[1]

Головний недолік традиційного рішення проблеми

В умовах поганої видимості наприклад під час туману камери не зможуть виконувати свої функції що призведе до не правильної роботи робота і створить

ризик зіткнення з першкодою. Аналогічні наслідки матиме потрапляння бруду на об'єкти камери під час пересування по грязюці.

Перспективне рішення

Використання разом з відеокамерами інших датчиків для розпізнавання об'єктів в умовах поганої видимості, а також захист відеокамер від бруду.

1.2. Способи визначення дистанції до перешкоди.

Для уникнення зіткнення з перешкодами на шляху робота дуже важливо знати відстань до перешкоди. В залежності від відстані до перешкоди мобільний робот повинен обирати швидкість руху і кут повороту при яких не виникне ризику зіткнення з перешкодою та перевертання робота в наслідок дії відцентрової сили.

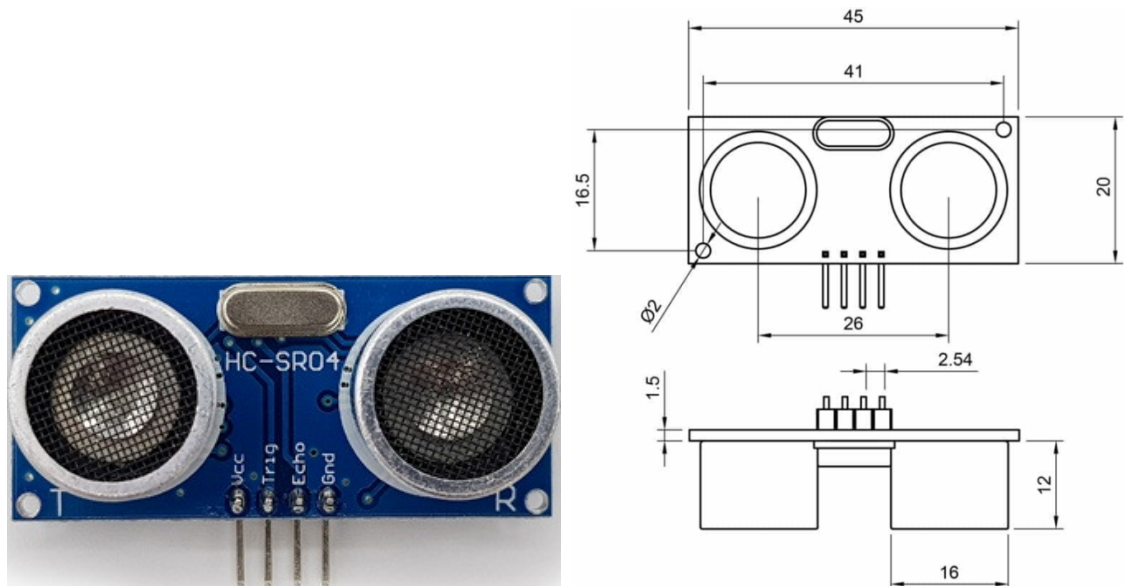


Рис.1.4. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04

Технічні характеристики HC-SR04

Табл.3

Робоча напруга	5 В
Робочий струм	15 мА
Частота	40 кГц
Діапазон вимірювання	2 – 400 см
резолюція	3 мм
Вимірювання кута	15 градусів

Тригерний вхідний сигнал	Високий пульс 10 мкс
Вартість	5\$

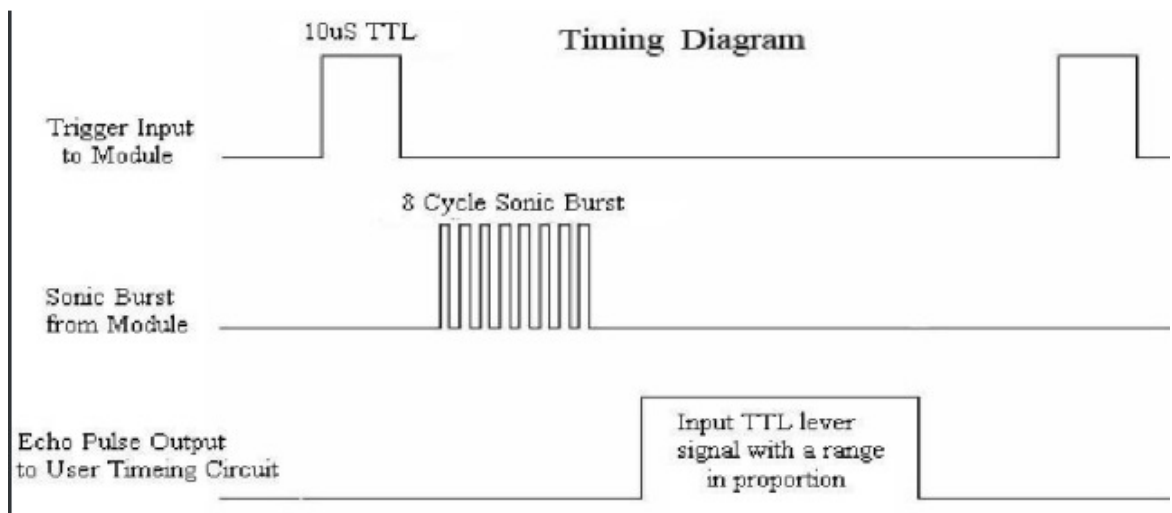


Рис.1.5 Часова діаграма HC-SR04

Найчастіше для визначення дистанції до перешкоди використовуються ультразвукові датчики відстані, наприклад HC-SR04 рис.1.4., рис.1.5, табл.3. Вони посилають механічні хвилі ультразвукової частоти і очікують відбиття рис.1.6 На передній панелі датчика HC-SR04 ви можете знайти два сріблястих циліндра (ультразвукові перетворювачі), один з яких є передавачем звукових хвиль, а інший - приймачем. Щоб дозволити датчику генерувати ультразвукові хвилі, вам потрібно встановити високий рівень тригонометра Trig принаймні на 10 мкс. Потім датчик створює 8 циклів ультразвуку на частоті 40 кГц.[7]

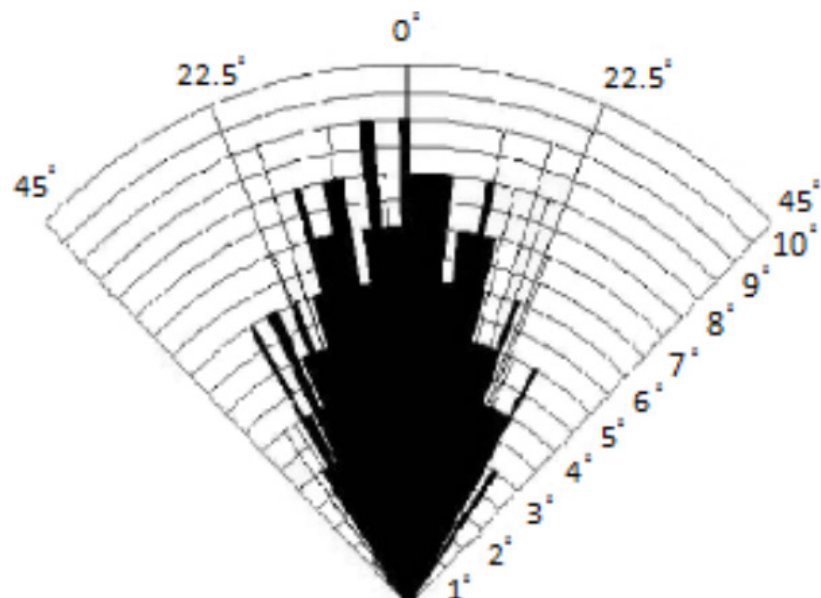


Рис.1.6 Діаграма спрямованості датчика HC-SR04

Якщо відбиття відбулося, то сенсори посилають сигнал у виді прямокутного імпульсу до плати Arduino певної тривалості, залежно від відстані до перешкоди. Тому можна визначити відстань до перешкоди, знаючи закономірність тривалості імпульсу від відстані до перешкоди:

$$D = \frac{S}{58} \quad (1)$$

де D – довжина до вимірюваного об'єкта, см; S – ширина сигналу, мкс.[2]

Головний недолік традиційного рішення

При певних кутах між вектором випромінювання сигналу та нормаллю площини відбиття датчик перестає сприймати випромінений сигнал. Це спричиняє появу сліпої зони і при об'їзді перешкоди на великій швидкості є ризик натрапити на іншу перешкоду на об'їзд якої може не залишитись часу. Також ультразвукові датчики HC-SR04 ефективно працюють лише при вимірюванні відстані до 4м чого може бути недостатньо при русі робота на високій швидкості.

Пропоноване рішення

Якщо збільшити кількість ультразвукових датчиків відстані та використовувати їх разом з відеокамерами які мають більший кут огляду можна позбутися сліпих зон.

1.3 Способи визначення довжин перешкоди справа та зліва від напрямку руху мобільного робота.

Для більш швидкого досягнення кінцевої точки маршрут робота повинен бути максимально скорочений при об'їзді перешкод. Щоб цього досягти робот повинен визначити з якої сторони від напрямку його руху перешкода займає менше місця за алгоритмом (рис.1.7), та об'їхати її якомога ближче враховуючи власні розміри

Для визначення контурів перешкоди зазвичай використовуються ультразвукові датчики. Вони створюють ультразвукову хвилю і приймають відбитий сигнал, відстань обчислюється за часом проходження сигналу до перешкоди і назад.

Головний недолік такого рішення є те, що на великих відстанях потрібно багато часу для надходження ультразвукової хвилі, весь цей час робот не зможе рухатись далі.[3]

Використовуючи камери з високою роздільною здатністю мобільний робот може раніше почати виконувати обчислення алгоритму для подальшого руху, що дозволить обминути перешкоду зменшуючи швидкість руху не так сильно як при використанні ультразвукових датчиків або зовсім не змінюючи швидкість.

1.4 Проблема контролю кута повороту колес робота

Для отримання інформації про кут повороту використовується датчик кута повороту відомий як енкодер (рис.1.8). В випадку вимірювання кута повороту колес найкращим рішенням буде використання абсолютного енкодера. Абсолютний енкодер видає цифровий код, різний для кожного положення об'єкта, дозволяє визначати кут повороту осі навіть в разі зникнення і відновлення живлення і не вимагає повернення об'єкта в початкове положення, що є безперечною перевагою цього типу енкодерів. Так як кут повороту завжди відомий, то лічильник імпульсів в цьому випадку не потрібен. Сигнал абсолютного енкодера не піддається перешкодам і вібраціям і тим самим для нього не потрібна точна установка валу[33]. Він перетворює кути повороту обертового валу в електричний сигнали які зможе відслідковувати система контролю кута повороту.

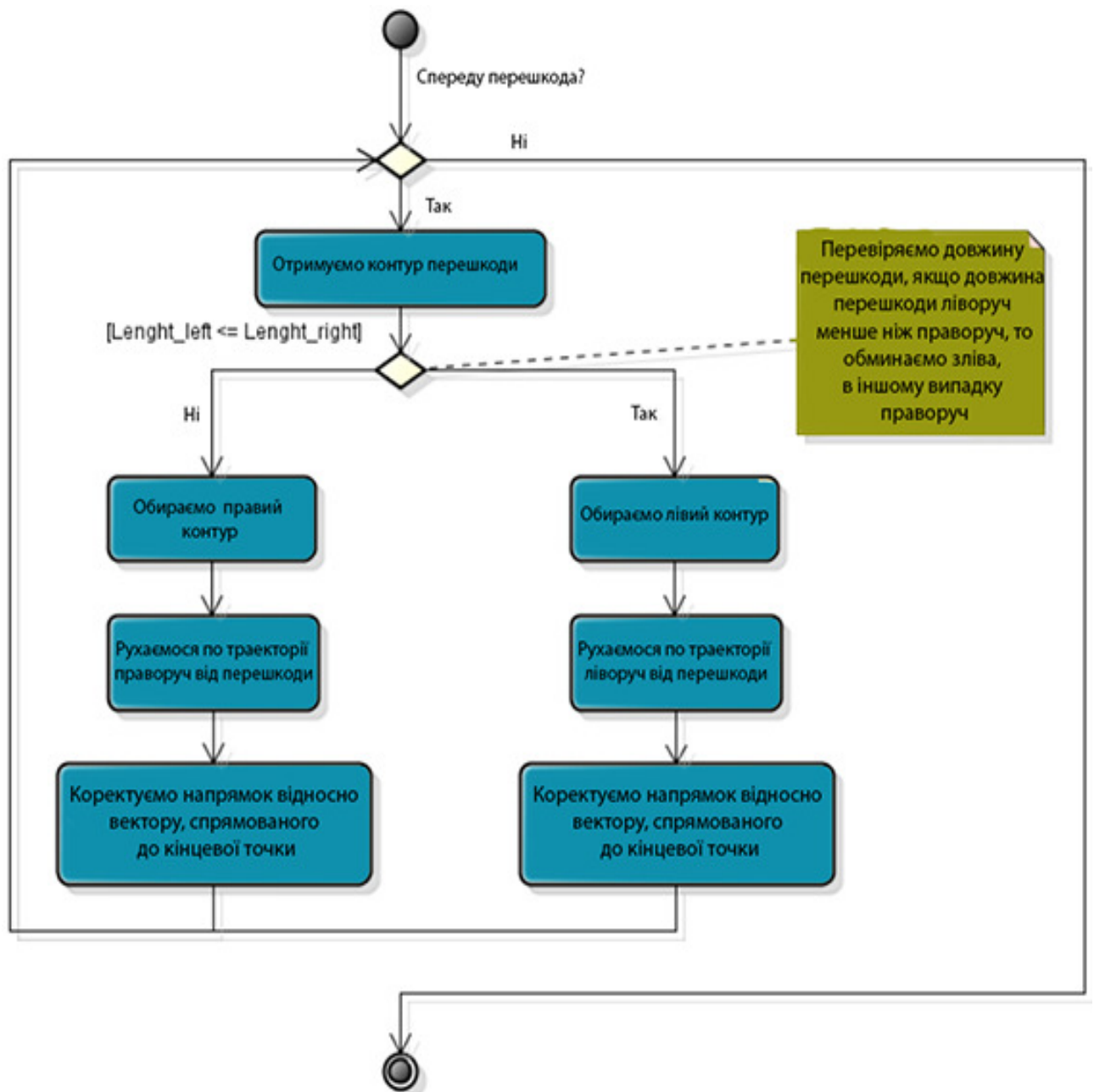


Рис. 1.7. Алгоритм руху робота

Енкодер являє собою модифікований змінний резистор але на відміну від резистора він не видає опір а рахує імпульси. Інкрементальний енкодер складається з наступних компонентів: джерела світла, диска з мітками, фототранзисторной збірки і схеми обробки сигналу. Диск покровоого енкодера поділений на точно позиційовані позначки. Кількість відміток визначає кількість імпульсів за один оборот. Наприклад, якщо диск поділений на 1000 міток, тоді за 250 імпульсів вал повинен повернутися на 90 градусів [4][33]. Диск абсолютного енкодера відрізняється від диска покровоого енкодера, оскільки має кілька

концентричних доріжок. Кожною доріжкою формується унікальний двійковий код конкретної позиції валу рис.1.8.

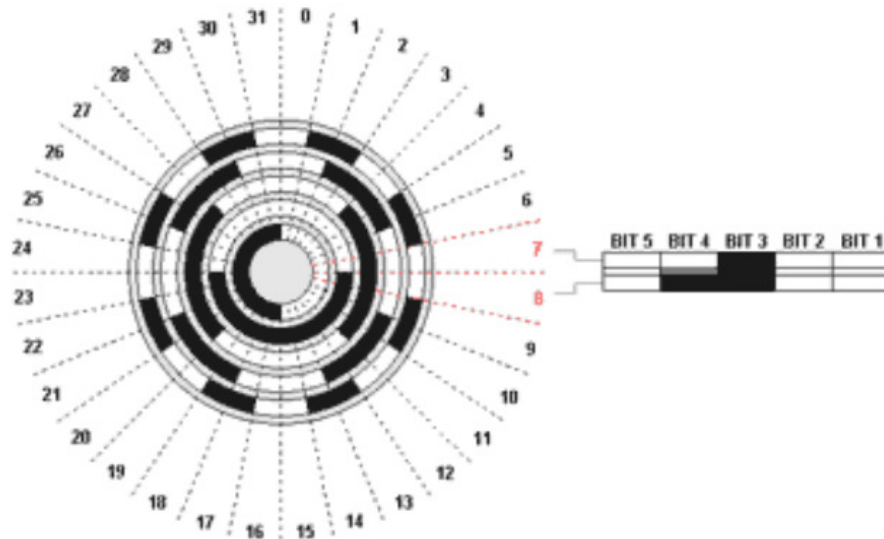


Рис. 1.8. Кодовий диск абсолютного енкодера

За принципом дії енкодери розрізняють:

- оптичні
- магнітні
- магніторезисторні

Конструкція оптичного енкодера складається зі спеціального оптичного диска, світло-випромінюючого діода і фотодетектора. Диск з нанесеною оптичною шкалою (поверхня диска складається з прозорих і непрозорих ділянок) жорстко закріплюється на валу. При обертанні об'єкта спеціальний датчик зчитує інформацію і перетворює її в імпульси.

Магнітний енкодер включає в себе вал з магнітом і датчиком Холла, який реєструє послідовність проходження магнітних полюсів (північні і південні) і вимірює швидкість і напрямок обертання.

Магніторезисторний енкодер складається з котушки вміщеній в магнітне поле, котушка закріплюється на валу. При обертанні котушки її витки будуть змінювати положення щодо поля, вони будуть то паралельні полю, то перпендикулярні, відповідно струм в котушці буде змінюватися. Таким чином, струм, що протікає через котушку буде змінюватися в залежності від кута повороту вала.

При виборі енкодера слід звернути увагу на наступні параметри:

- Число імпульсів на оборот (число біт у абсолютних енкодерів). Від даного показника залежить точність системи - чим більше імпульсів тим вище точність.
- Вал, отвір під вал (і їх діаметр). Від цього залежить яким чином на енкодер передаватиметься обертання, або об'єкт буде приєднуватися до отвору енкодера, або на вал енкодера буде передаватися обертання за допомогою, наприклад, зубчастої передачі або ременя.
- Тип вихідного сигналу енкодера (HTL, TTL, RS422, двійковий код, код Грея, і ін.). Даний параметр впливає на зняття сигналу енкодера і подальшу його передачу.
- Напруга живлення. Від цього показника залежить робота системи і точність зняття сигналу.
- Довжина кабелю або тип роз'єму впливають на можливості установки робочої системи.
- Інші вимоги за кріпленням (необхідність муфти, монтажного фланця, кріпильної штанги і ін.).
- Даний параметр впливає на стійкість установки і тим самим на точність системи.
- ступінь захисту енкодера від проникнення пилу і вологи.[8]

Розглянемо детальніше типи вихідного сигналу енкодера.

Двійковий код - це поширений код, який може оброблятися безпосередньо мікропроцесором і є основним кодом для обробки цифрових сигналів. Двійковий код складається лише з 0 та 1. Побудова ДК здійснюється за таким принципом:

$$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

Таким чином виглядає в даному випадку число 10 у двійковому коді. Найбільше, яке може бути виражене двійковим кодом, залежить кількості використовуваних розрядів, тобто. від кількості бітів у комбінації, що виражає число. Наприклад, для вираження числових значень від 0 до 7 достатньо мати 3-розрядний або 3-бітовий код (Таблиця 5):

Таблиця 5

числове значення	двійковий код
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Звідси видно, що для числа більше 7 при 3-розрядному коді вже немає кодових комбінацій з 0 і 1. Переходячи від чисел до фізичних величин сформулюємо наведене вище твердження в більш загальному вигляді: найбільша кількість значень m будь-якої величини (кута повороту, напруги, струму та ін), яке може бути виражене двійковим кодом, залежить від числа використовуваних розрядів n як $m = 2^n$. Якщо $n = 3$, як і розглянутому прикладі, отримуємо 8 значень, включаючи провідний 0. Двійковий код є багатокроковим кодом. Це означає, що з переході з одного положення (значення) в інше можуть змінюватися кілька біт одночасно. Наприклад, число 3 у двійковому коді = 011. Число ж 4 у двійковому коді = 100. Відповідно, при переході від 3 до 4 змінюють свій стан на протилежний усі 3 біти одночасно. Зчитування такого коду з кодового диска призвело б до того, що через неминучі відхилення (толеранці) при виробництві кодового диска зміна інформації від кожної з доріжок окремо ніколи не відбудеться одночасно. Це, у свою чергу, призвело б до того, що при переході від одного числа до іншого короткочасно буде видано неправильну інформацію. Так при вищезгаданому переході від числа 3 до 4 дуже можлива короткочасна видача числа 7, коли, наприклад, старший біт під час переходу змінив своє значення трохи раніше ніж інші. Таким чином, використання звичайного двійкового коду може призвести до великих похибок, оскільки дві сусідні кодові комбінації можуть відрізнятися один від одного не в одному, а в кількох розрядах. Щоб

уникнути цього, застосовується так званий однокроковий код, наприклад, так званий Грей-код.

Код Грея краще звичайного двійкового тим, що має властивість безперервності бінарної комбінації: зміна кодованого числа на одиницю відповідає зміні кодової комбінації тільки в одному розряді. Він будується на базі двійкового за таким правилом: старший розряд залишається без зміни; кожен наступний розряд інвертується, якщо попередній розряд вихідного двійкового коду дорівнює одиниці. Цей алгоритм побудови може бути формально представлений як результат додавання по модулю два вихідної комбінації двійкового коду з такою ж комбінацією, але зрушеною на один розряд праворуч. У цьому крайній правий розряд зсунутої комбінації відкидається. Отже, Грей-код є так званим однокроковим кодом, оскільки при переході від одного числа до іншого завжди змінюється лише один біт. Похибка при зчитуванні інформації з механічного кодового диска при переході від одного числа до іншого призведе лише до того, що перехід від одного положення до іншого буде лише трохи зміщений за часом, проте видача абсолютно невірного значення кутового положення при переході від одного положення до іншого повністю виключається. Перевагою Грей-коду є його здатність дзеркального відображення інформації. Так, інвертуючи старший біт можна простим чином змінювати напрямок рахунку і таким чином підбирати до фактичного (фізичного) напрямку обертання осі. Зміна напрямку рахунку може легко змінюватися, керуючи так званим входом Complement. Оскільки інформація, виражена в Грей-коді, має чисто кодований характер не несе реальної числової інформації, він перед подальшою обробкою спершу перетворений на стандартний бінарний код. Здійснюється це за допомогою перетворювача коду (декодера Грей-Бінар), який на щастя легко реалізується за допомогою ланцюга з логічних елементів "виключає або" (XOR) як програмним, так і апаратним способом (див. схему нижче).[34]

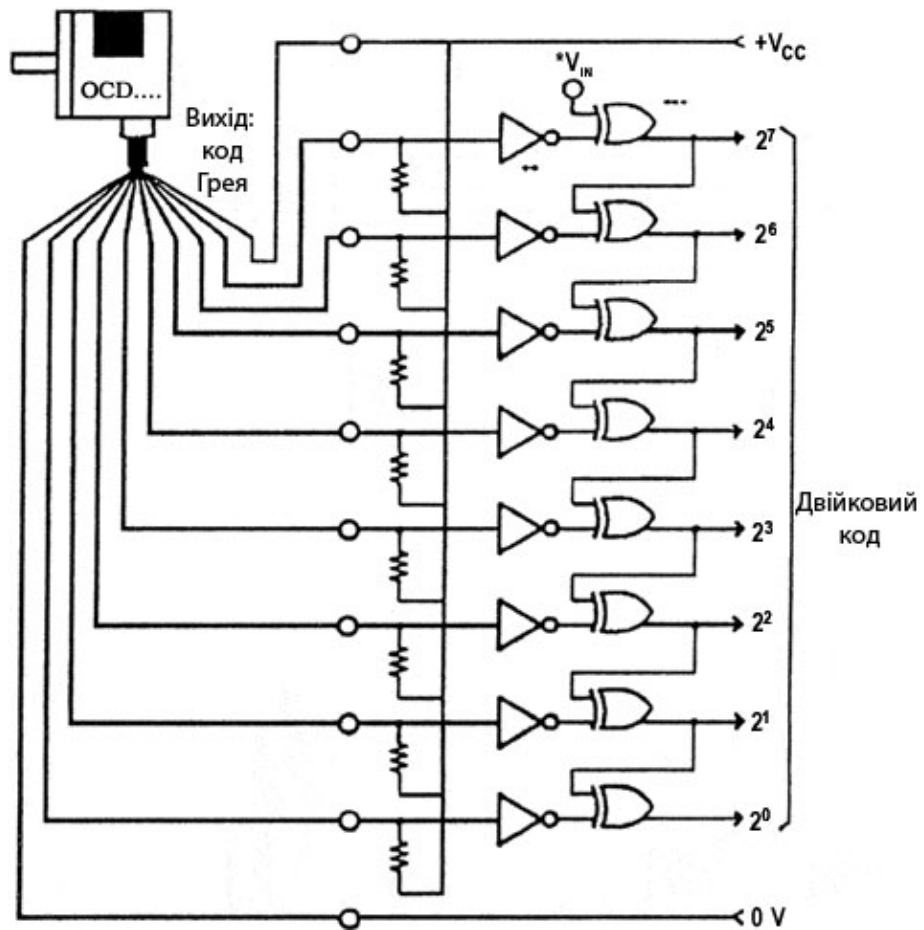


Рис. 1.9. Схема перетворення Кода Грея в двійковий код

Таблиця 6

Десятковий код	Двійковий код	Код Грея
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110

12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

З таблиці 6 видно, що при переході від одного числа до іншого (сусіднього) лише один біт інформації змінює свій стан, якщо число представлено кодом Грея, тоді, як у двійковому коді можуть поміняти свій стан кілька біт одночасно. Отже, код Грея ніколи не має помилки читання.[34]

Звичайний однокроковий Грей-код підходить для дозволів, які можуть бути представлені у вигляді числа, зведеного в ступінь 2. У випадках, де треба реалізувати інші дозволи зі звичайного Грей-коду, вирізується і використовується його середня ділянка. Таким чином, зберігається «однокроковість» коду. Однак числовий діапазон починається не з нуля, а зміщується на певне значення. При обробці інформації від сигналу, що генерується, віднімається половина різниці між початковим і редукованим дозволом. Такі дозволи, як, наприклад, 360° для вираження кута часто реалізуються цим методом. Так 9-ти бітний Грей-код на 512 кроків, урізаний з обох боків на 76 кроків дорівнюватиме 360° .

Вимірвальна система абсолютного енкодера складається з поворотної осі, монтованої на двох високопрецизійних підшипниках, кодового диска, встановленого на вісь, а також опто-електронної матриці, що зчитує, і схеми обробки сигналу. Як джерело світла служить світлодіод, інфрачервоні промені якого просвічують кодовий диск і потрапляють на фототранзисторну матрицю, розташовану на звороті кодового диска. При кожному кроці кутового положення кодового диска темні ділянки коду запобігають влученню світла на ті чи інші фототранзистори фототранзисторної матриці. Таким чином, темні – світлі ділянки кожної з доріжок будуть відображені на фототранзисторній матриці та перетворені на електричні сигнали. Електричні сигнали, у свою чергу, готуються операційними підсилювачами та вихідними трайберами для видачі у вигляді n-біт

бінарного сигналу. Зміни інтенсивності джерела світлового потоку реєструються за допомогою додаткового сенсора та компенсуються електронною схемою.

Також енкодери поділяються на багатоборотні та однооборотні рис.1.10.

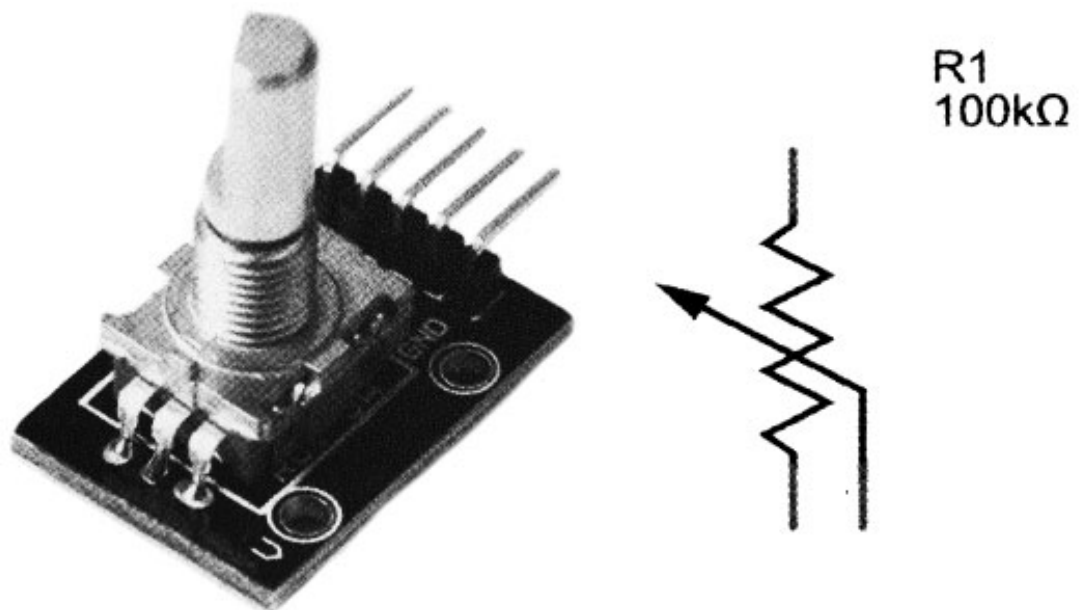


Рис.1.10. Енкодер

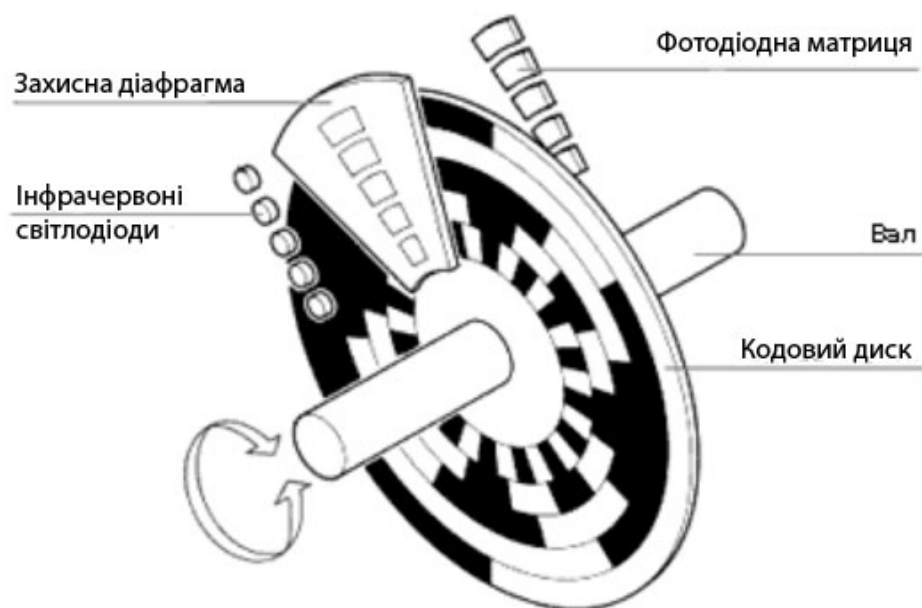


Рис. 1.11. Будова однооборотного енкодера

Оскільки мобільному роботу потрібна інформація про положення колес незалежно від кількості обертів (навіть в випадку коли колеса не мають обмежень кута повороту) то краще використовувати однооборотний енкодер. Він видає абсолютне значення не більше одного обороту, тобто. у радіусі 360°. Після одного

обороту код повністю пройдений і починається знову з його початкового значення.[9]

Отже підсумовуючи найкращим рішенням для контролю кута повороту колес робота є однооборотний, оптичний абсолютний енкодер який генерує код Грея на виході.

1.5 Система прийняття рішень мобільного робота

Наземний мобільний робот повинен обробляти та аналізувати інформацію яка надходить від його датчиків і для цього йому потрібна інтелектуальна система прийняття рішень(рис). Ця система має такі ознаки:

- 1.Наявність у системі власної внутрішньої моделі зовнішнього світу, що забезпечує індивідуальність, самостійність системи в оцінці вхідного запиту, можливість значенневої (семантичної) і прагматичної інтерпретації запиту відповідно до власних знань і вироблення відповіді (реакції), семантично і прагматично правильної з точністю до адекватного моделювання зовнішнього світу (предметної області).
- 2.Здатність системи поповнювати наявні знання, засвоювати нові знання, навчатися, здійснюючи вбудовування нової інформації в систему подання знань.
- 3.Здатність системи виділяти значні якісні характеристики ситуації.
- 4.Здатність до дедуктивного виведення, генерації рішення, що у явному і готовому вигляді не міститься в самій системі.
- 5.Здатність до прийняття рішень на основі нечіткої, неточної, недостатньої або погано визначеної інформації і застосування формалізмів подань, що допомагають програмісту справлятися з цими недоліками.
- 6.Еволюційність і адаптивність моделей штучного інтелекту: набуття знань системою здійснюється за допомогою навчання, заснованого на адаптації (пристосуванні) її структури і параметрів у процесі еволюційного розвитку до умов зовнішнього середовища, що змінюються.[35]

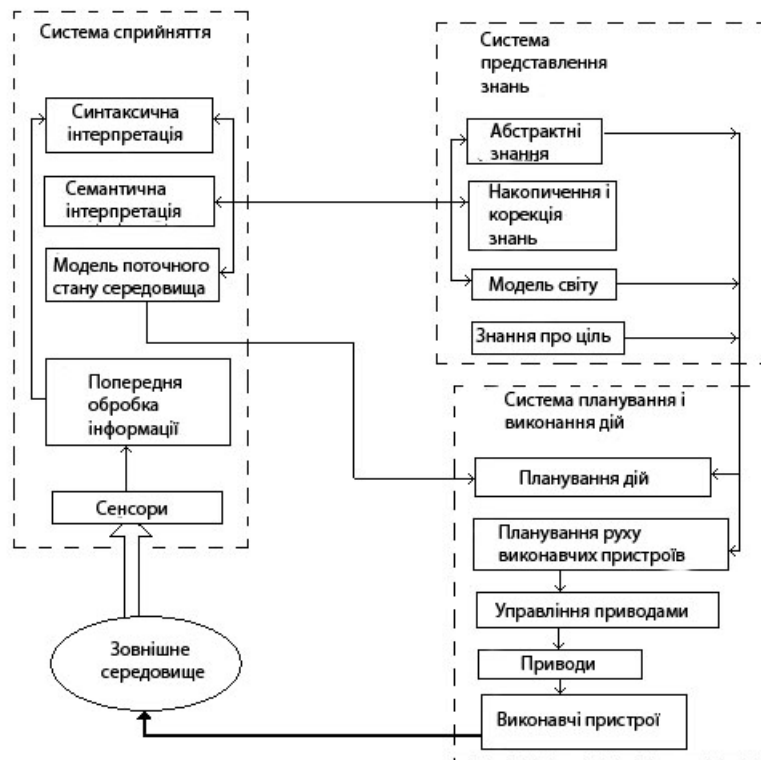


Рис.1.12Схема інтелектуальної системи управління

У залежності від сфери застосування інтелектуальні системи можна поділити на системи загального призначення і спеціалізовані системи.

Інтелектуальні системи загального призначення – системи, що не тільки виконують задані процедури, але на основі метапроцедур пошуку генерують і виконують процедури рішення нових конкретних задач. Технологія використання таких систем полягає в наступному. Користувач (експерт) формує знання (дані і правила), що описують обране застосування. Потім на підставі цих знань, заданої мети і вихідних даних метапроцедури системи генерують і виконують процедуру вирішення конкретної задачі. Дану технологію називають технологією систем, заснованих на знаннях, або технологією інженерії знань. Вона дозволяє фахівцю, що не знає програмування, розробляти гнучкі прикладні системи. Найбільше широко використовуваним типом інтелектуальних систем загального призначення є оболонки експертних систем.

Спеціалізовані інтелектуальні системи – вирішують фіксований набір задач, визначений при проектуванні системи. Для використання таких систем потрібно наповнити їх даними, що відповідають обраному застосуванню. [11]

В нашому випадку краще використовувати інтелектуальну систему загального призначення адже це зробить наземного мобільного робота більш ефективним.

Інтелектуальні системи – найбільш загальний клас систем, які демонструють інтелектуальне поведження вмілим застосуванням евристик; системи, засновані на знаннях – підклас інтелектуальних систем, що роблять знання предметної області явними і відокремлюють їх від іншої частини системи; експертні системи(рис.) – підклас систем, заснованих на знаннях, що застосовують експертні знання до складних задач реального життя. [11]

Класифікація експертних систем

За метою створення	За ступенем складності структури	За зв'язком з реальним часом	За ступенем інтеграції з іншими програмами
<ul style="list-style-type: none"> • для навчання фахівців • для вирішення задач • для автоматизації рутинних робіт • для тиражування знань експертів 	<ul style="list-style-type: none"> • поверхневі • глибинні 	<ul style="list-style-type: none"> • статичні • квазідинамічні • динамічні 	<ul style="list-style-type: none"> • автономні • гібридні
За завданням, що вирішується			
<ul style="list-style-type: none"> • інтерпретація даних • діагностика • моніторинг • проектування • прогнозування • звідне планування • навчання • керування • підтримка ухвалення рішень 			

Рис.1.13

Метою створення експертної системи мобільного робота є вирішення задач. Для коректної роботи мобільного робота достатньо поверхневої складності структури оскільки поверхневі системи – подають знання про область експертизи у вигляді правил (умова → дія). Умова кожного правила визначає зразок деякої ситуації, при дотриманні якої правило може бути виконано. Пошук рішення полягає у виконанні тих правил, зразки яких зіставляються з поточними даними. При цьому передбачається, що в процесі пошуку рішення послідовність формованих у такий спосіб ситуацій не обірветься до одержання рішення, тобто не виникне невідомої ситуації, що не зіставиться з жодним правилом. [11]

Дані що отримує мобільний робот змінюються в реальному часі отже за зв'язком з реальним часом система динамічна. Динамічні експертні системи –

більш високий клас програмних засобів у порівнянні зі статичними експертними системами, що враховують динаміку зміни навколишнього світу за час виконання програми. У порівнянні зі статичною експертною системою в динамічну вводяться ще два компоненти: підсистема моделювання зовнішнього світу і підсистема сполучення з зовнішнім світом (рис. 1.14).[11]

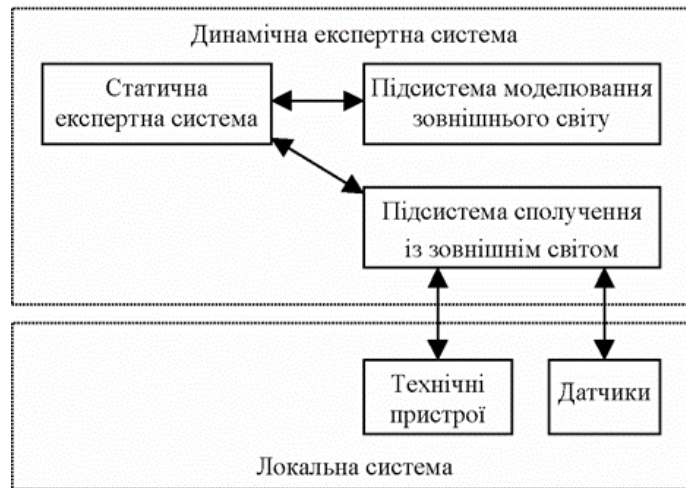


Рисунок 1.14 – Динамічна експертна система

Експертна система робота може бути як автономною так і гібридною але у випадках коли постійний зв'язок з роботом не можливий потрібно використовувати автономну експертну систему. Завдання які повинна вирішувати експертна система мобільного робота це інтерпретація даних, діагностика, моніторинг, планування та керування.

Розглянемо етапи створення експертної системи.

1. Етап ідентифікації: визначаються задачі, що підлягають вирішенню, складаються їхні неформальні описи (загальні характеристики задачі; підзадачі, що виділяються усередині даної задачі; ключові поняття, характеристики і відношення; вхідні і вихідні дані; можливий вид рішення; знання, релевантні розв'язуваній задачі; ситуації, що перешкоджають вирішенню задачі; приклади рішення задачі; критерії оцінки якості рішень), виявляються цілі розробки (формалізація неформальних знань експертів; поліпшення якості рішень, прийнятих екпертом; автоматизація рутинних аспектів роботи експерта або користувача; тиражування знань експерта), ресурси (джерела знань, трудомісткість, час розробки, обчислювальні засоби й обсяг фінансування),

експерти, інженери зі знань і категорії користувачів, визначаються форми взаємин учасників розробки.

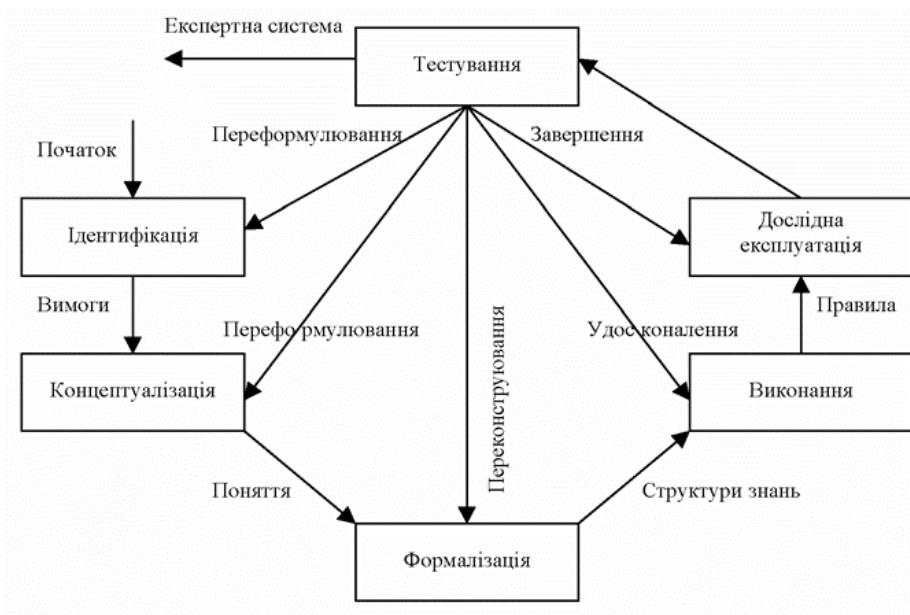


Рисунок 1.15.Етапи розробки експертної системи

2. Етап концептуалізації: експерт та інженер зі знань виконують змістовний аналіз проблемної області, виявляють використовувані поняття і їхні взаємозв'язки (типи використовуваних відношень: ієрархія, причина – наслідок, частина – ціле і т. п.), визначають гранулярність (рівень деталізації) знань, визначають особливості задачі (типи доступних даних; вихідні і вихідні дані, підзадачі загальної задачі), визначають методи вирішення задач (використовувані стратегії і гіпотези; процеси, використовувані в ході рішення задачі; типи обмежень, що накладаються на процеси, використовувані в ході рішення; склад знань, використовуваних для рішення задачі; склад знань, використовуваних для пояснення рішення).

3. Етап формалізації: визначаються способи подання й інтерпретації усіх видів знань, формалізуються (подаються формальною мовою) основні поняття і відношення, подається структура простору станів і характер методів пошуку в ньому, моделюється робота системи, вибираються програмні засоби розробки, оцінюється адекватність цілям і повнота системи зафіксованих понять, методів рішення, засобів подання і маніпулювання знаннями.

4. Етап виконання (реалізація): здійснюється набуття знань системою, яке розділяють на витяг знань з експерта, організацію знань, що забезпечує ефективну роботу системи, і подання знань у вигляді, зрозумілому експертній системі. Мета цього етапу – створення одного або декількох прототипів, що вирішують необхідні задачі.[36]

5. Етап тестування: експерт (та інженер зі знань) в інтерактивному режимі, використовуючи діалогові та пояснювальні засоби, перевіряє компетентність експертної системи на великій кількості репрезентативних задач. Процес тестування продовжується доти, поки експерт не вирішить, що система досягла необхідного рівня компетентності.

6. Етап дослідної експлуатації: перевіряється придатність експертної системи для кінцевих користувачів, яка визначається в основному зручністю роботи із системою та її корисністю. За результатами цього етапу може знадобитися істотна модифікація експертної системи. Після успішного завершення етапу дослідної експлуатації і використання різними користувачами експертна система може класифікуватися як комерційна.[11]

Також в системі прийняття рішень мобільного наземного робота має місце нечітка логіка. У нечіткій логіці ступінь істинності або ступінь хибності кожного нечіткого висловлювання приймає значення відрізка від 0 до 1, причому 0 і 1 збігаються з поняттями брехня і істина для чітких висловлювань. Ступінь істинності 0,7, наприклад, це не ймовірність у статистичному значенні, а деяке довільне суб'єктивне значення. [12]

Складові висловлювання (як і звичайній логіці висловлювань) утворюються з простих з допомогою логічних операцій заперечення (не), кон'юнкції (і), диз'юнкції (чи), імплікації / заміщення, еквівалентності. Так ступінь істинності комбінації висловлювань s_1 і s_2 , що мають відповідно ступеня істинності p_1 і p_2 , нечіткою логікою може бути визначена наступним чином.

Кон'юнкція: вислів s_1 «І» s_2 має істинність $p = \min(p_1, p_2)$. Диз'юнкція: вислів s_1 «АБО» s_2 має істинність $p = \max(p_1, p_2)$. Заперечення: вислів «НЕ» s_1 має істинність $p = 1 - p_1$. Імплікація: s_1 s_2 можна уявити логічною формулою («НЕ»

s1) "АБО" s2, то істинність імплікації нечітких висловлювань може бути визначена як $p = \max(1 - p_1, p_2)$. Еквівалентність: s1 s2 можна уявити логічною формулою (s1 s2) "I" (s2 s1) або при нечітких висловлюваннях $p = \min(\max(1 - p_1, p_2), \max(p_1, 1 - p_2))$. Тут істина еквівалентії $p = 1$ при $p_1 = p_2 = 0$ і $p_1 = p_2 = 1$, $p = 0,5$ при $p_1 = p_2 = 0,5$. [12]

Більшість нечітких систем використовують продукційні правила для опису залежностей між лінгвістичними змінними. Типове продукційне правило складається з антецеденту (частина ЯКЩО...) та консеквенту (частина ТО...). Антецедент може містити більше однієї посилки. У цьому випадку вони поєднуються за допомогою логічних зв'язок І або АБО. Процес обчислення нечіткого правила називається нечітким логічним висновком і поділяється на два етапи: узагальнення та висновок. Наприклад: ЯКЩО ДИСТАНЦІЯ = середня І КУТ=малий, ТО ПОТУЖНІСТЬ=середня. [12]

Для усунення нечіткості остаточного результату є кілька методів. Розглянемо деякі з них. Аббревіатура, що стоїть після назви методу, походить від скорочення його англійського еквівалента.

Метод центру максимуму (CoM)

Оскільки результатом нечіткого логічного висновку може бути кілька термів вихідної змінної, правило дефазифікації має визначити, який з термів вибрати. Робота правила SOM показано на рис.1.16

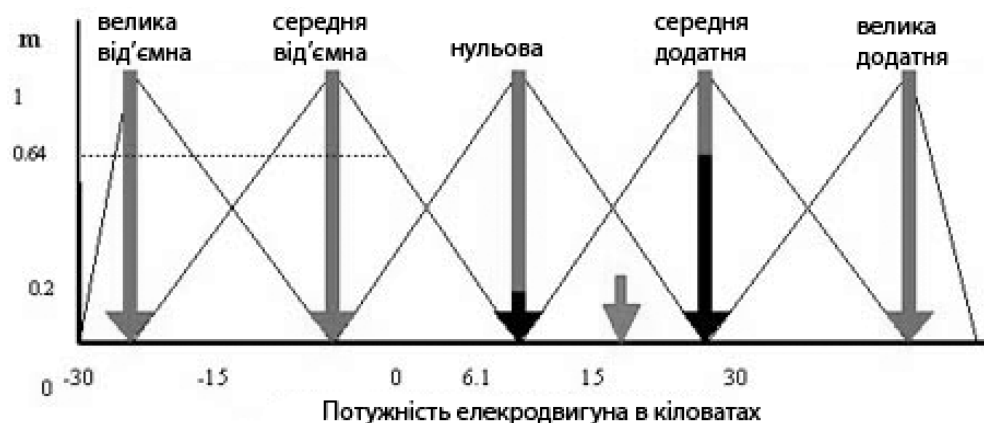


Рис.1.16 Дефазифіковане вихідне значення(CoM)

Метод найбільшого значення (MoM)

При використанні цього методу правило дефазифікації вибирає максимальне з отриманих значень вихідної змінної. Робота методу зрозуміла з рис. 1.17.

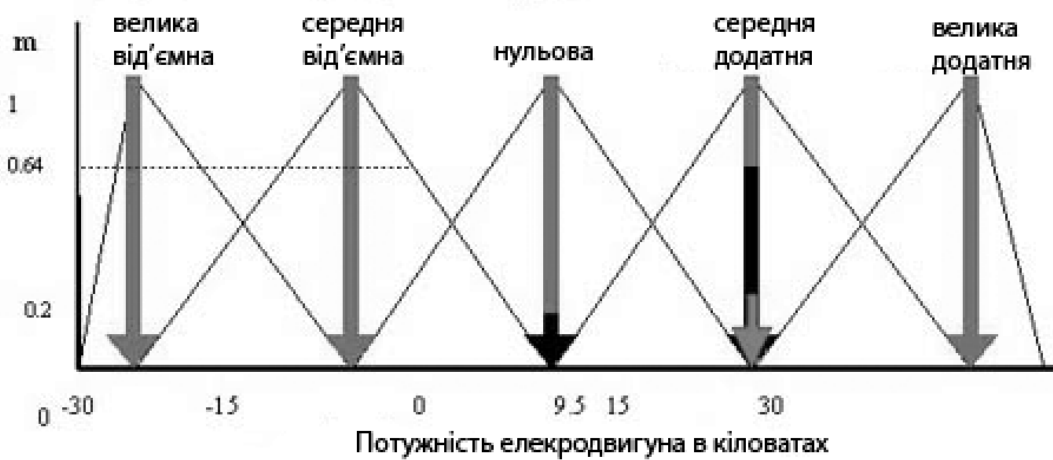


Рис.1.17 Дефазифіковане вихідне значення(МоМ)

Метод центру (CoA)

У цьому методі остаточне значення визначається як проекція центру ваги фігури, обмеженою функціями належності вихідної змінної з допустимими значеннями. Роботу правила можна побачити на рис. 6. [12]

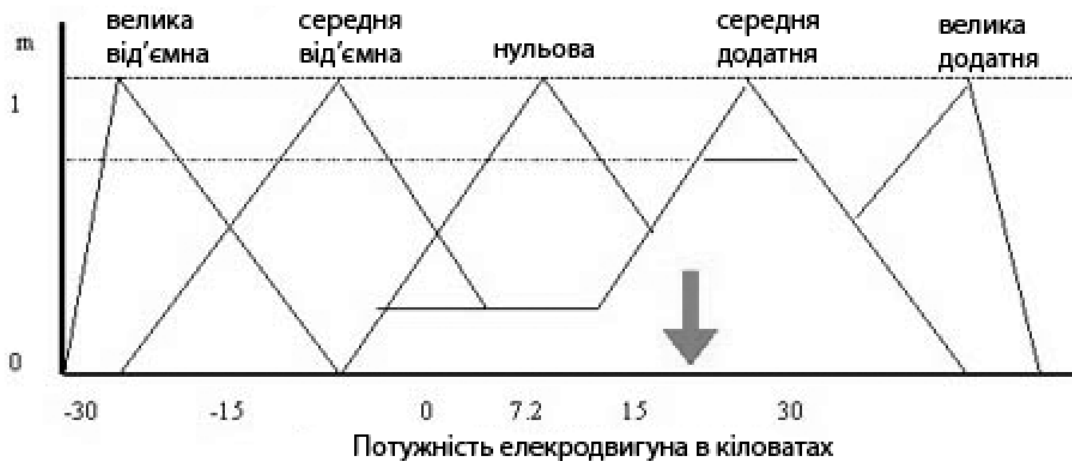


Рис.1.18 Дефазифіковане вихідне значення(CoA)

Система прийняття рішень мобільного робота містить правила поведінки робота в залежності від часу та інформації яка надходить від інших його систем. Правила поведінки робота зберігаються в пам'яті в вигляді машинних кодів. Функції системи прийняття рішень мобільного робота виконують мікроконтролери. Мікроконтроллер має процесор для виконання логічних і арифметичних операцій та управління виконуваними програмами, постійну

пам'ять для зберігання програмних даних, оперативну пам'ять для швидкого доступу до даних під час роботи системи, аналогово-цифрові перетворювачі для перетворення аналогових сигналів в цифрові, широтно-імпульсні генератори для генерації електричних імпульсів з певною частотою і шириною які керують зовнішніми пристроями.

1.6 Способи визначення швидкості руху наземного мобільного робота

Для успішного оминання перешкод наземному мобільному роботу потрібно враховувати власну швидкість руху. Для вимірювання швидкості використовується спідометр.

За способом вимірювання спідометри бувають:

- хронометричний. Функціонування ґрунтується на свідченнях одометра і годин - відстань ділиться на витрачений час. Спосіб спирається на закони фізики;
- відцентровий. Спосіб заснований на роботі відцентрової сили, де фіксується пружиною манжета плеча регулятора і ходить в сторони за рахунок відцентрової сили. Відстань зсуву дорівнює інтенсивності руху;
- вібраційний. За рахунок резонансу коливань підшипника або рами створюється вібраційна градуированная, що дорівнює числу обертання колеса;
- індукційний. За основу взята робота магнітного поля. Застосовують постійні магніти на шпинделі, де при обертанні колеса створюється вихровий струм. У русі бере участь диск з пружиною, що відповідає за правильні свідчення стрілки спідометра;
- електромагнітний. Датчик швидкості, при русі посиляє сигнали, кількість яких дорівнює кількості руху приводу датчика;
- електронний. Тут механічна частина забезпечується імпульсами струму, які передаються при обертанні шпинделя. Інформацію отримує лічильник, який визначає частоту за фіксований проміжок часу. Дані конвертуються в кілометри на годину і виводяться на панель приладів.[37]

Використання аналогових датчиків спричинить додаткові складності тому правильним рішенням буде використовувати один з цифрових датчиків швидкості. Найбільш вигідним рішенням є використання датчика Холла.

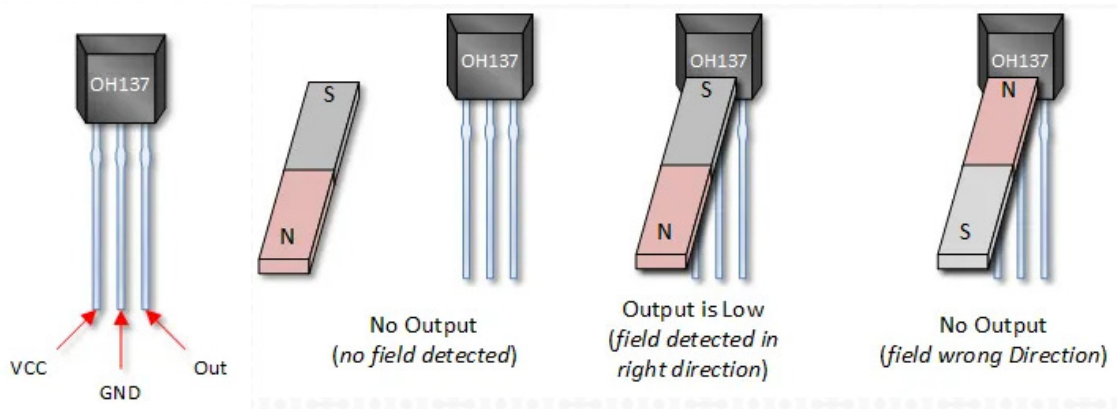


Рис.1.19 Датчик Холла

Основна інформація про датчик Холла

Таблиця 7

Тип	Уніполярний
Робочий струм джерела живлення	5 mA
Максимальний вихідний струм	25 mA
Робоча точка, макс.	18 mT
Точка скидання мін.	2 mT
Робоча температура	-40. 85 C
Робоча напруга живлення	24 V
Тип корпусу	TO-92
Тип виходу	open-collector
Напруга живлення	4.5 V - 24 V

Прилад заснований на ефекті Холла, який полягає в наступному: якщо на будь-який напівпровідник, уздовж якого протікає електричний струм, вплинути магнітним полем, що перетинає поперек, то виникне поле електричне, зване електрорушійною силою ЕРС Холла.[10]

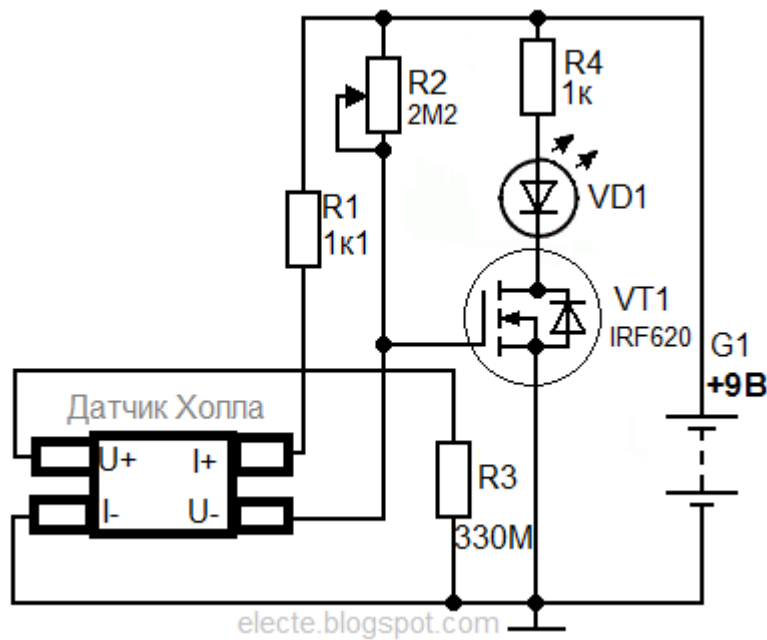


Рис.1.20. Принципова схем датчика Холла

1.7 Попередня постановка задачі

ШІ інтелек застосовується в багатьох сферах людської діяльності для вирішення різноманітних задач що не можливо або недоцільно вирішувати без нього. Однією з таких сфер є робототехніка. Незважаючи на те що в цій сфері проводиться багато досліджень з використанням ШІ, по теперішній день залишається багато чого, що можна вдосконалити.

Задачею цієї роботи є навчити робота обладнаного відеокамерою ефективно оминати перешкоди що трапляються на його шляху, в тому числі в випадках коли вони рухаються. Система спостереження на основі відеокамери може надати системі управління наземного мобільного робота багато різноманітної інформації. Враховуючи вплив на розміри, вагу та енергоспоживання робота при обмежених ресурсах було прийнято рішення використовувати одну відеокамеру чого в більшості випадків достаньо. Для виконання задачі використовуючи система спостереження будуть знаходитись координати перешкоди що рухається. Складність задачі полягає в тому, що поведінка перешкоди та її ознаки заздалегідь невідомі і лише можуть бути зафіксовані на картинці отриманій від відеокамери.

Вивчені дослідження нашоухують на думку, що використання експертних систем дає можливість значною мірою розширити можливості керування робота

за рахунок роботи з кількома алгоритмами управління і адаптації, вміння навчатися та редагувати знання. Використання технологій експертних систем дозволяє створювати інтелектуальні регулятори, які мають високі можливості до адаптації і великий набір функцій. Але при всіх своїх перевагах експертна система має обмежені можливості для роботи в реальному часі з швидкоплинними процесами. На швидкість роботи експертної системи значний вплив має база знань та розпізнавач об'єкта управління:

Використання технології експертних систем в багатьох випадках зазвичай не є виправданим так як є відносно повільною і складною технологією.

Великою перевагою технології нейронних мереж при вирішенні завдань управління є висока швидкодія та надійність за рахунок паралельної обробки сигналів та надмірності. До недоліків нейронної мережі можна віднести складність процесу налаштування та високу тривалість навчання, а також неможливість вербальної інтерпретації отриманих результатів, оскільки система функціонує як "чорна скринька". Правильно налаштована мережа хоч і може адекватно оцінювати подібні ситуації, зазвичай погано проводить аналіз нових ситуацій, не представлених раніше прикладами у процесі навчання. Подані недоліки свідчать, що застосування нейронної мережі надзвичайно ускладнює процес розвитку та вдосконалення системи управління, а збільшення набору простих типових завдань призведе до значного ускладнення нейронної мережі.

При вирішенні завдань управління, де об'єкт або навколишнє середовище погано піддаються формалізації або математичному опису, використовують нечіткий регулятор, тобто нечітка логіка використовується замість традиційних алгоритмів управління чи разом із нею. Огляд досліджень та практичних робіт показав, що нечітке управління у ряді випадків дає кращі результати, порівняно з класичними методами. Нечіткі змінні, одержувані результати "не цілком точних вимірювань", багато в чому аналогічні розподілам теорії ймовірностей, але в порівнянні з ймовірнісними методами, методи нечіткої логіки дозволяють різко скоротити обсяг вироблених обчислень, що, у свою чергу, призводить до збільшення швидкодії нечітких систем. Недоліком системи з нечіткою логікою є

те, що вихідний набір нечітких правил формулюється експертом-людиною і може виявитися неповним або суперечливим, а вид і параметри функцій приналежності, що описують вхідні та вихідні змінні. Також застосування нечіткого підходу порівняно з ймовірним не призводить до підвищення точності обчислень. Збільшення вхідних змінних збільшує складність обчислень експоненційно і, як наслідок, збільшується база правил, що призводить до важкого її сприйняття.

Таким чином, відповідно до поставленої в цій роботі задачі необхідно розробити систему оминання перешкод мобільного робота, яка функціонуватиме в режимі реального часу на основі не точної інформації, що отримується від системи спостереження.

На основі проведеного аналізу існуючих технологій інтелектуального управління здається доцільним застосувати для управління мобільним роботом технологію нечіткої логіки. Це дозволить реалізувати управління в реальному масштабі часу на основі нечіткої вхідної інформації, а також надасть системі управління великий потенціал до розвитку та вдосконалення своїх можливостей.

Висновок до розділу 1

Проведено аналіз методів, які застосовуються для інтелектуального управління різними процесами та системами, а зокрема роботами, визначено технологію для вирішення поставленого завдання.

Розглянутий клас систем має рухомої мобільної бази, яка здійснює певну дію щодо перешкоди. Даний клас систем має невизначеність, яка характеризується наявністю рухомого об'єкта, рух якого описати алгебраїчними, диференціальними або різницеvими рівняннями або дуже складно, або зовсім неможливо. При цьому інформація про стан перешкоди, на основі якої необхідно здійснювати управління рухом мобільного робота, має не точний характер. У подібних випадках найбільш доцільно скористатися методом який спеціально орієнтований на побудову моделей, що враховують неповноту та неточність вихідних даних. Саме в таких ситуаціях технологія нечіткої логіки є найбільш конструктивною. До того ж на її основі було вирішено сотні практичних завдань управління та прийняття рішення.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

Останнім часом в результаті стрімкого розвитку науки та техніки виникає велика кількість нових задач. За останні кілька десятиріч було багато досягнень таких як дослідження космосу, автоматизація роботи заводів та перевезення вантажу. В свою чергу досягнення нових цілей в різних сферах призвело до потреби вирішення нових задач для вирішення яких необхідно використання інтелектуальних методів і новітніх технологій.

В першу чергу для дослідження поверхні планет використовуються роботи адже вони можуть функціонувати там де не може знаходитись людина. Для таких робіт особливо важливо ефективно використання своїх ресурсів для отримання якомога більшої кількості інформації чи збір зразків різних речовин. Щоб забезпечити ці потреби робота він повинен мати ефективну систему обминання перешкод для якомога швидшого досягнення своєї цілі.

В умовах нашої планети швидкість перевезення вантажів на економія заряду батареї роботів також має велике значення адже дозволяє ефективніше використовувати ресурси, отримувати більші прибутки, а в деяких випадках навіть врятувати людське життя.

В випадку коли перешкода є рухомим об'єктом рух якого описати алгебраїчними, диференційними чи різницевиими рівняннями описати не можливо чи дуже складно система має високу невизначеність. При цьому невизначеність також вноситься в опис моделі мобільного робота на який також має вплив навколишнє середовище. Для вирішення таких задач одним з найкращих рішень є використання нечітокої логіки.

2.1 Інформаційно вимірювальна система мобільних роботів

Для забезпечення функцій автономності інтелектуальної робототехнічної

					НАУ. 22. 05 .83 000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>					ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Мельник Ю.В.						40	98
<i>Реценз.</i>						ФАЕТ- 214 гр.		
<i>Н. Контр.</i>	Дивнич М.П.							
<i>Затверд.</i>	Мельник Ю.В.							

системи необхідна інформація як про середовище функціонування, так і про його внутрішній стан. Залежно від призначення та розв'язуваних завдань ця інформація може бути різною сукупністю типів даних. Перелічимо основні.

Для системи управління поведінкою:

- дані про об'єкти середовища, що розпізнаються (тип об'єкта, його координати і властивості) (якщо таке завдання вирішується);
- дані про довкілля функціонування (наприклад, акустична обстановка, освітленість, рівень радіації та інших.) (якщо таке завдання вирішується).

Для системи керування рухом:

- дані про взаємне розташування робота і навколишніх об'єктів;
- дані про параметри руху мобільних систем (лінійні кутові швидкості) та положення мобільного робота (координати робота);
- дані про координати цільової точки;
- дані про стан робота, його навісного обладнання та габаритні розміри (якщо вони змінюються).

Для формування перелічених типів даних необхідне постійне опитування та аналіз інформації, що отримується від сенсорних пристроїв робота. Ці функції виконує інформаційно-вимірювальна система.

На думку багатьох вітчизняних та зарубіжних фахівців, розробка інтелектуальних автономних мобільних роботів є одним із пріоритетних завдань робототехніки. Через масогабаритні та енергетичні обмеження неможливе встановлення ні складних інформаційних датчиків, ні необхідної кількості простих сенсорних пристроїв.

У цьому випадку доцільно вибирати такі сенсорні пристрої, обробка інформації від яких дає досить багато різних типів даних. Одним із таких пристроїв є системи на базі відеокамер. Під час використання відеокамер можна вирішити такі завдання:

- виявлення та розпізнавання об'єктів середовища.
- визначення параметрів руху та положення мобільного робота;
- визначення параметрів руху та положення перешкоди;

- стеження за переміщенням перешкоди;
- формування мапи місцевості.

Для вирішення класу завдань, в яких є мобільний робот і рухома перешкода, важливим елементом у побудові системи є багатофункціональна інформаційно-вимірювальна система, здатна контролювати параметри руху і положення рухомої перешкоди. При цьому найбільшу ефективність має система, здатна не тільки здійснювати виявлення та розпізнавання рухомої перешкоди в полі зору відеокамери, а також здійснює відстеження переміщення рухомої перешкоди. Таким чином, як інформаційно-вимірювальну систему пропонується використовувати рухомий мехатронний модуль з системою технічного зору (рис.2.1),

реалізуючий функцію спостереження.

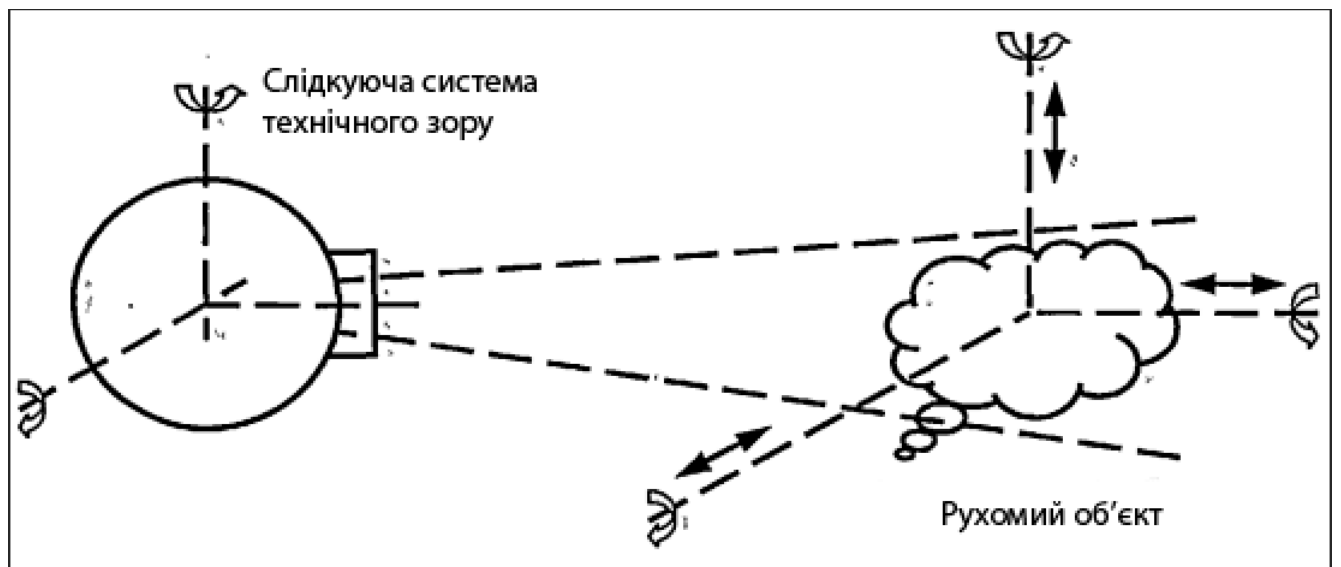


Рис.2.1 Принцип функціонування рухомої системи спостереження

Відмінною особливістю пропонованої слідкуючої системи технічного зору є її здатність здійснювати стеження не тільки за рахунок алгоритмів обробки послідовності відеокадрів, а також за рахунок переміщення поля зору відеокамери слідом за об'єктом стеження, що рухається.

Розглянемо приклад роботи двох систем технічного зору. Перша система спостереження здійснює стеження лише за рахунок цифрової, обробки послідовності відеокадрів і жорстко закріплена на корпусі мобільного робота,

тобто. не може здійснювати рухів щодо мобільної бази; Друга система спостереження також здійснює цифрову обробку відеосигналу і також встановлена на корпусі мобільного робота, але при цьому вона має два власні ступені свободи і може здійснювати рух щодо рухомої мобільної бази. Припустимо ситуацію, в якій мобільний робот з системою спостереження рухається за рухомим цільовим об'єктом; намагаючись зайняти певне відносне становище. Оскільки переміщення об'єкта стеження непередбачувані і невизначені, то можлива ситуація, коли об'єкт стеження різко змінить напрямок свого руху на протилежне або на кут більше 90° . Мобільному роботу з нерухомою системою спостереження доведеться різко змінювати напрямок свого руху, щоб уникнути зіткнення (рис. 2.2а).

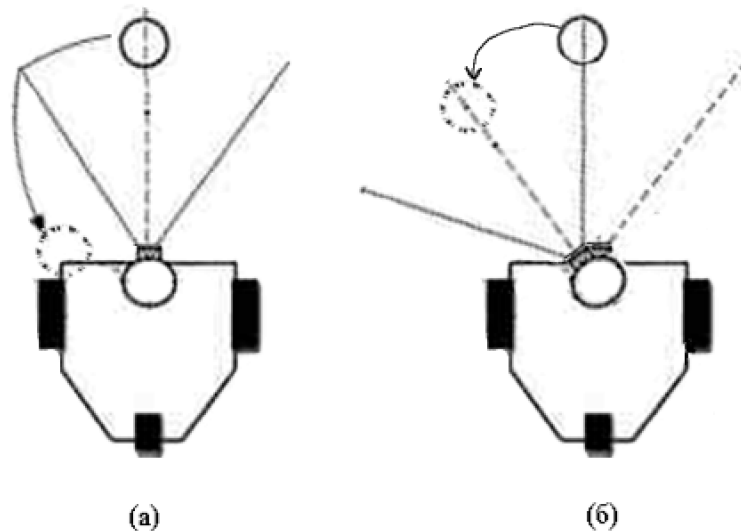


Рис.2.2.Приклад використання рухомих і нерухомих систем спостереження

В другому випадку мобільний робот не втратить потенційну перешкоду з поля зору і зможе уникнути зіткнення. Рухома система спостереження може незалежно від руху мобільного робота просканувати навколишнє середовище і створити локальну карту місцевості при виборі напрямку в якому продовжувати рух.

Таким чином, рухома система спостереження має наступні переваги:

- є ефективнішою під час вирішення завдань стеження, ніж інші види систем спостереження;
- надає мобільній системі високу гнучкість;

- є функціональною вимірювальною системою.

2.2. Визначення відстані до цільового об'єкта

Для вирішення завдань виявлення перешкод та розпізнавання образів потрібна наявність неспотвореного зображення. Однак більшість об'єктивів відеокамер мають спотворюючий ефект - аберацію.

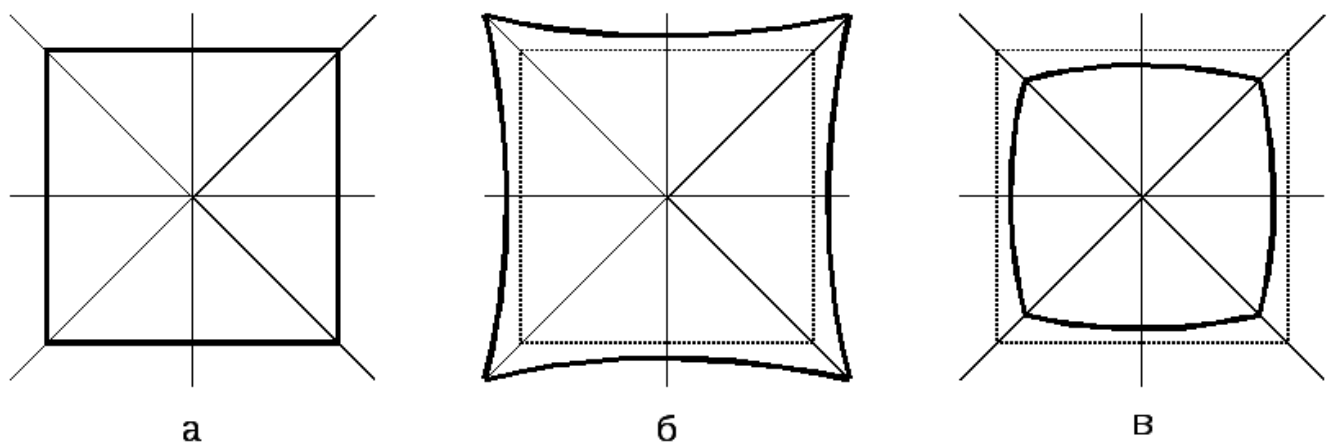


Рис. 2.3. Дисторсія оптичної системи

Аберація оптичних систем - спотворення зображення, яке викликається недосконалістю існуючих лінз. Розрізняють сферичну та хроматичну аберацию [13]. Аберация веде до того, що прямі лінії на зображенні стають кривими (спотвореними). Спотворення, що розтягує (+) форму по діагоналі, називається подушкоподібною (позитивною) дисторсією, а те, що стискає (-) форму по діагоналі, називається бочкоподібною (негативною) дисторсією (рис. 2.3.).

Об'єктиви, в яких повністю усунена аберация, мають високу вартість і великі масогабаритні характеристики.

Для усунення аберации об'єктива відеокамери можна використовувати алгоритм цифрової корекції [14]. Але при цьому необхідно виділити деякий ресурс процесорного часу.

Застосування, запропонованої вище, рухомої системи спостереження може дозволити виключити алгоритм цифрової корекції процесу обробки зображення

при стеженні за цільовим об'єктом і при визначенні відстані до нього. Це досягається завдяки особливостям рухомий систем спостереження, які полягають у тому, що захоплений об'єкт стеження завжди знаходиться в центрі відео зображення, отже, об'єкт знаходиться на головній оптичній осі. У цьому випадку аберації оптичної системи зводяться до мінімуму і їх можна знехтувати.

Тепер розглянемо деякі методи визначення відстані до цільового об'єкта під час використання системи спостереження. Можливо два важливі варіанти компонування для визначення відстані до об'єкта: 1) системи спостереження, що складаються з однієї відеокамери; 2) системи спостереження з двох відеокамер. Розглянемо докладніше кожен із варіантів.

Система з відеокамерою може визначити відстань до об'єкта з допомогою методу опорної поверхні, тобто об'єкт знаходиться на тій же плоскій поверхні, що і мобільний робот, наприклад, підлога приміщення. Оскільки система спостереження є рухомою системою та наведена на об'єкт стеження, ми постійно маємо інформацію про напрямок розташування цільового об'єкта (рис. 2.4.).

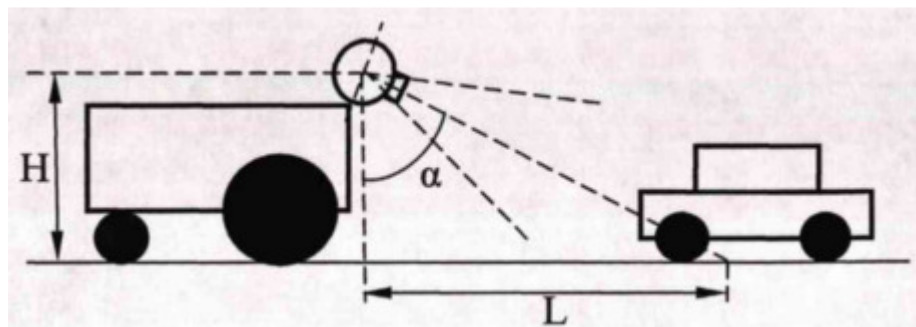


Рис.2.4.Визначення відстані однією відеокамерою.

Знаючи відстань H від опорної поверхні до центру світлочутливої матриці відеокамери (приладу із зарядовим зв'язком -ПЗС), ми можемо оцінити відстань до цільового об'єкта L . Отже, $L = H \operatorname{tg}(\alpha)$. У цьому випадку був потрібний додатковий алгоритм обробки відеозображення, здатний визначити точку торкання цільового об'єкта з опорною поверхнею в області кадру. А це потребує певного процесорного часу.[16]

Система з однією відеокамерою і оптичним далекомір є рухомою системою спостереження, при цьому оптичний далекомір жорстко закріплений на корпусі відеокамери і направлений згідно з головною оптичною віссю.

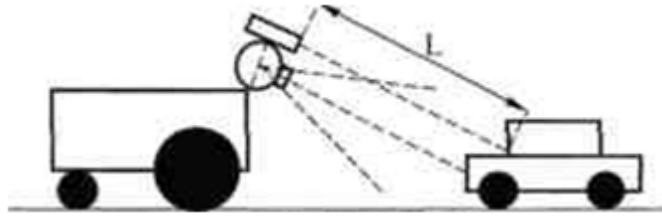


Рис.2.5. Визначення відстані за допомогою відеокамери та оптичного датчика

При цьому необхідно здійснити взаємне калібрування датчика та відеокамери. Рухома система спостереження, здійснюючи стеження, буде завжди спрямована на цільовий об'єкт. Отже, оптичний далекомір також буде спрямований на об'єкт стеження та вимірюватиме відстань до нього.

Як оптичні датчики можуть застосовуватися інфрачервоний датчик відстані SHARP-GP2Y0A02YK0F (рис) [15].

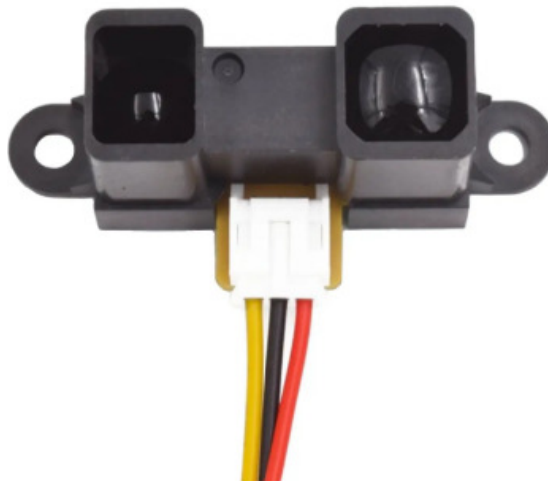


Рис.2.6. інфрачервоний датчик відстані SHARP-GP2Y0A02YK0F

ІR датчик відстані Sharp GP2Y0A21YK0F — компактний датчик відстані для пристроїв на базі Ардуіно з діапазоном дії в 20-150 см. Пристрій відрізняється високою точністю й маленьким часом відгуку, що дозволяє його використовувати для автоматизації пристроїв розумного будинку. Сенсор має нелінійний вихід, таким чином при лінійному збільшенні відстані, сигнал на аналоговому виході збільшується або зменшується нелінійно, що значно підвищує ефективність роботи. Ультразвуковий датчик HC-SR04 має невеликі розміри в 29,5x13 мм та малу вагу, що дозволяє використовувати модуль в компактних приладах. Також варто відзначити й низьке енергоспоживання пристрою[15].

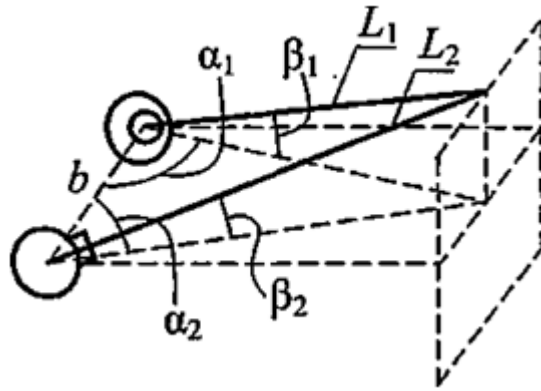


Рис.2.8. Визначення відстані по двох відеокамерах із довільно спрямованими оптичними осями

Кожна з систем спостереження має два обертальні ступені рухливості (навколо горизонтальної осі β_1, β_2 ; навколо вертикальної осі α_1, α_2) і спрямована на цільовий об'єкт інтересу: Відстань між центрами обертання має значення b ; Виконавши нескладні тригонометричні обчислення отримаємо відстані між кожною відеокамерою та цільовим об'єктом L_1, L_2 .

$$L_1 = \frac{b \cdot \tan(\alpha_1) \cdot \tan(\alpha_2)}{\cos(\beta_1) \cdot \sin(\alpha_1) \cdot (\tan(\alpha_1) + \tan(\alpha_2))}$$

$$L_2 = \frac{b \cdot \tan(\alpha_1) \cdot \tan(\alpha_2)}{\cos(\beta_2) \cdot \sin(\alpha_2) \cdot (\tan(\alpha_1) + \tan(\alpha_2))}$$

На відміну від розглянутих раніше двох методів визначення відстані з використанням однієї відеокамери даний метод вимагає більшої кількості апаратних засобів і більшої обчислювальної потужності від системи управління для паралельної обробки двох потоків відеозображень.

Система із двох відеокамер із паралельно спрямованими оптичними осями реалізує у своєму виконанні класичну систему стереогляду з функцією стеження. У цьому випадку дві відеокамери жорстко пов'язані одна з одною, оптичні осі паралельні. На рис. показано принцип визначення відстані до об'єкта в системах стереозору. Для розрахунку необхідні такі дані: f - фокусна відстань об'єктива відеокамери, b - відстань між відеокамерами, $X YZ$ - координати цільового об'єкта, $x y$ - координати об'єкта стеження на кадрах відеозображення (вісь Y перпендикулярна площині XZ і не показана на рис. 2.9).

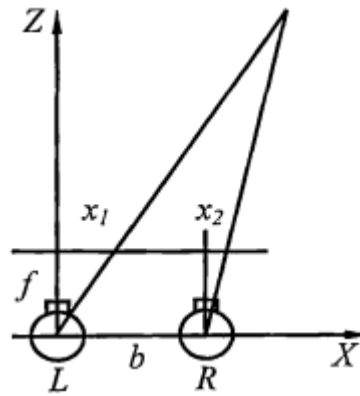


Рис.2.9 Визначення відстані за допомогою двох відеокамер з паралельно направленими оптичними вісями

$$Z = \frac{b \cdot f}{(x_1 - x_2)} \quad X = \frac{x_1 \cdot Z}{f} \quad Y = \frac{y_1 \cdot Z}{f}$$

Виконавши нескладні геометричні побудови та математичні обчислення, отримуємо вирази для розрахунку координат цільового об'єкта [17]. Для цього методу також потрібно більше апаратних засобів і більше обчислювальної потужності на відміну від систем з однією відеокамерою.

2.3 Вибір варіанта компоновання системи спостереження наземного мобільного робота

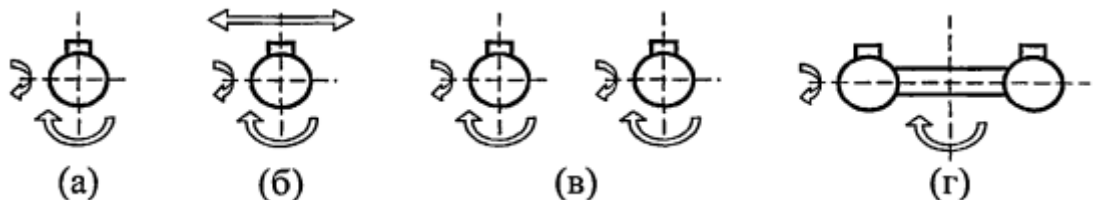


Рис.2.10. Варіанти компоновання системи спостереження

Перший варіант системи спостереження (рис.2.10 а) складається з однієї відеокамери з двома обертовими ступенями рухливості. Точка перетину осей обертання проходить через центр ПЗЗ матриці відеокамери. Дане компоновання має наступні переваги:

- мінімальний комплект апаратних засобів (відеокамера, два обертальні приводи);
- компактність та мала вага;
- не потребує великих обчислювальних потужностей;

- не вимагає додаткових алгоритмів обробки відео для усунення оптичної аберації.

Основним недоліком є те, що відстань до об'єкта стеження визначається з урахуванням принципу опорної поверхні. Цей недолік можна усунути шляхом застосування сучасних компактних оптичних далекомірів [15].

На рис. 6 зображено друге компонування системи спостереження, яке на відміну від першої має додатковий поступальний ступінь рухливості. У цьому випадку відеокамера може здійснювати зворотно-поступальні рухи, що дозволяє зімітувати ефект стереозору. Таким чином можна оцінити відстань до цільового об'єкта. До переваг даної компонування можна віднести:

- відносно невелика апаратна комплектація;
- не потребує додаткових датчиків та алгоритмів для визначення дальності до цільового об'єкта.

Недолік системи полягає в тому, що точність оцінки відстані до об'єкта стеження залежить від співвідношення швидкості поступального руху камери та швидкості руху самого об'єкта.

Третій варіант системи (рис.2.10 в) з двома системами спостереження першого варіанта, тобто дві відеокамери із незалежними обертальними рухами. Перевагою цього компонування є постійний контроль відстані до цільового об'єкта, а недоліком - вищі вимоги до апаратних та обчислювальних ресурсів системи.

Останній варіант (рис.2.10 г) складається з двох відеокамер жорстко пов'язаних одна з одною. Дана система має два обертальні ступені рухливості та реалізує звичайну схему стереосистем: На відміну від попереднього компонування (рис.2.10 в) дана система має меншу кількість приводів, але при цьому вимагає додаткові алгоритми обробки відеозображень для компенсації оптичної аберації.

2.4 Створення алгоритму управління мобільним роботом

Розробка систем управління для робототехнічних комплексів, які є складними динамічними системами, що діють в умовах невизначеності зовнішніх збурень та

середовища функціонування, вимагає застосування інтелектуальних методів вирішення. В результаті проведеного аналізу інтелектуальних методів управління, для вирішення класу задач, що розглядається, є доцільним використовувати механізм нечіткої логіки для формування управління робототехнічною системою. Як інформаційно-вимірювальну систему пропонується застосувати модуль стеження системи технічного зору. На малюнку представлено узагальнену архітектуру системи управління робототехнічними системами на основі методу нечіткої логіки та слідкуючої системи технічного зору. Розглянемо її основні елементи та їх призначення.

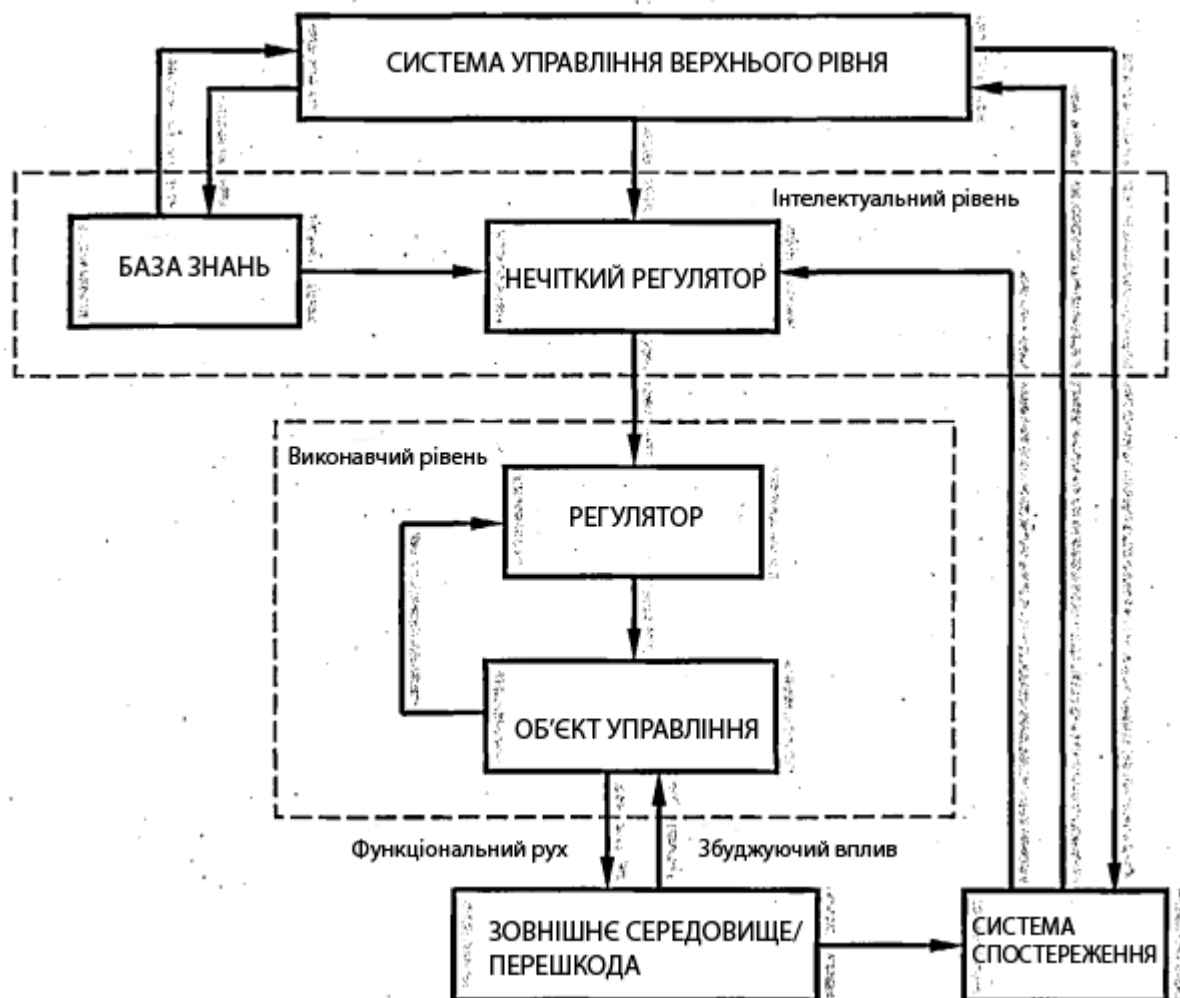


Рис.2.11 Загальна схема системи управління мобільним роботом

Під зовнішнім середовищем на схемі розуміється технологічне чи зовнішнє середовище, що містить різне основне і допоміжне устаткування, технологічне оснащення, перешкоди і рухливі цільові об'єкти робіт. Умовно докільця можна розділити на два основні класи: детерміновані і недетерміновані [18]. До детермінованих відносяться середовища, для яких параметри збуджуючих впливів і характеристики цільових об'єктів можуть бути заздалегідь визначені з необхідною точністю. У недетермінованих середовищах їх, характеристики та поведінка непередбачувано, тобто в більшості випадків вони є недетермінованими за своєю природою, наприклад, екстремальні підземні та космічні середовища.

Об'єктами управління є різні виконавчі механізми, які безпосередньо здійснюють функціональний рух.

Регулятор являє собою блок приводів, що включає силові перетворювачі і виконавчі двигуни, що здійснює ПІ або ПІД регулювання руху кожної рухомої ланки системи.

Об'єкти управління та регулятори утворюють виконавчий рівень робототехнічної системи.

Система зору є багатофункціональною вимірювальною системою, призначеною для отримання та передачі в нечіткий регулятор та систему управління верхнього рівня дані про переміщення перешкод, характеристик навколишнього середовища та об'єктів розміщених у ній у режимі реального часу.

Нечіткий регулятор, реалізуючи інтелектуальну систему управління виконавчими об'єктами, здійснює автономне виконання набору простих операцій чи дій у недетермінованих умовах щодо рухомого цільового об'єкта. Прикладами таких операцій можуть бути захоплення і переміщення рухомого об'єкта у разі керування маніпулятором. А також вихід у певну позицію щодо рухомого цільового об'єкта та її утримання чи здійснення будь-якого маневру щодо рухомого цільового об'єкта.

База знань містить комплекти продукційних правил виконання набору простих операцій або дій (наприклад, рух слідом за об'єктом, рух праворуч/ліворуч, обгін об'єкта праворуч/ліворуч, під'їзд до об'єкта з певної

сторони та з певною орієнтацією та ін.) у процесі нечіткого висновку при здійсненні інтелектуального управління виконавчими об'єктами.

Функціональність системи управління верхнього рівня може змінюватись залежно від рівня автономності конкретної системи. Вона може здійснювати контроль над усіма елементами робототехнічної системи, аналізувати стан зовнішнього середовища, вибирати цільовий об'єкт, визначати порядок та послідовність виконання простих операцій для кожного об'єкта управління та контролювати виконання цільового завдання. Якщо система керування не вирішує питання вибору цільового завдання або вибору цільового об'єкта, то вона має зовнішній інтерфейс для зв'язку із зовнішньою системою керування або людиною оператором, яка приймає це рішення.

Відповідно до описаної вище структурної схеми системи управління мобільним роботом розглянемо алгоритм роботи даної системи.

У початковий момент дії робототехнічної системи оператор, зовнішня система управління або система управління верхнього рівня визначають цільове завдання, після початку руху здійснюється розпізнання перешкоди що знаходиться на шляху яким рухається робот. Після цього система управління верхнього рівня вказує системі спостереження цільовий об'єкт стеження та переводить її в автономний режим стеження. Також система управління верхнього рівня визначає послідовність і порядок виконання простих операцій для кожного виконавчого об'єкта, після чого видає команду нечіткому регулятору виконати першу операцію. Нечіткий регулятор у відповідності з заданою операцією та відповідним набором продукційних правил з бази знань виконує необхідну дію. Далі, регулюючи порядок та послідовність виконуваних простих дій, система верхнього рівня виконує поставлену задачу.

2.5 Створення системи управління рухом наземного мобільного робота

Щоб реалізувати запропоноване в цій роботі бачення побудови інтелектуальних систем управління роботом з метою оминання перешкоди доцільно створити приклад системи управління мобільним роботом на основі нечіткої логіки.

Мобільний робот є триколісною базою, що має два неповоротні ведучі колеса з незалежними електродвигунами і одне флюгерне колесо. Поворот робота здійснюється за рахунок різниці кутових швидкостей обертання неповоротних коліс.

На даний робот встановлюється, запропонована в даній роботі, слідкуюча система, яка є інформаційно-вимірювальним мехатронним модулем, що складається з відеокамери з двома обертовими ступенями рухливості. Це дозволяє їй у процесі стеження утримувати цільовий об'єкт у центрі кадру незалежно від положення та переміщення мобільного робота. Операція пошуку об'єкта стеження в області кадру виконується за допомогою цифрової обробки отриманого зображення. Після цього здійснюється розрахунок відстані до цільового об'єкта та азимут, який відображає відносне положення мобільного робота та перешкоди.

Під діями, які виконуватиме мобільний робот, маються на увазі прості операції, такі як рух мобільного робота щодо перешкоди на заданій відстані та в заданому відносному положенні, наприклад, ліворуч, праворуч або позаду об'єкта стеження.



Рис.2.12 Схема моделювання системи управління

У блоці моделювання цільового об'єкта задається якийсь закон його руху. У процесі моделювання на виході цього блоку ми отримуємо координати

розташування об'єкта стеження x_0, y_0 у світовій системі координат. Блок емуляції системи спостереження відповідно до положення мобільного робота і координатам перешкоди обчислює азимут на цільовий об'єкт(перешкоду) стеження α і відстань до нього d . По азимуту та відстані до цільового об'єкта нечіткий контролер обчислює лінійну та кутову швидкості руху мобільного робота v_p, ω_p . Після цього формуються конкретні значення кутових швидкостей провідних коліс мобільного робота ω_1 і ω_2 . Далі відповідно до розробленої кінематичної та динамічної моделей обчислюються поточні координати положення та орієнтація мобільного робота у світовій системі координат x_p, y_p, φ_p .

Для опису поведінки мобільного робота необхідно розробити його математичну модель. Це дозволить без апаратної реалізації мобільного робота проаналізувати роботу створюваної системи управління та за необхідності внести необхідні корекції. Математична модель мобільного робота складається з кінематичної та динамічної моделей. Кінематична модель є найпростішим описом поведінки мобільного робота та допускає дослідження його властивостей. Динамічна модель є більш детальним описом мобільного робота і враховує силомоментні впливи, вироблені виконавчими механізмами. [19]

Для того, щоб математично описати мобільний робот, необхідно запровадити низку умов, сформульованих у вигляді таких припущень:

- Розглянемо мобільний робот за умови, що його механізм є жорстко пов'язаним;
- Колеса є недеформованими та знаходяться у точковому контакті з поверхнею;
- Рух робота здійснюється без ковзання;
- Платформа розглядається як тверде тіло на якому закріплено колісну систему.

Оскільки рух робота здійснюється в горизонтальній площині, досить розглянути плоский випадок. На малюнку зображено мобільний робот з відповідними системами координат. У точках L та R розташовані колеса, осі обертання яких збігаються з відрізком LR довжини l . Зв'яжемо з роботом систему координат $O_0X_0Y_0$, розташували точку O_0 посередині відрізка LR і направивши вісь X_0 перпендикулярно LR у напрямку руху. Тоді положення основи робота як

твердого тіла задається трійкою чисел φ , x , y де φ - кут між осями X і X_0 ; x , y - координати точки O_0 в абсолютній системі координат OXY .

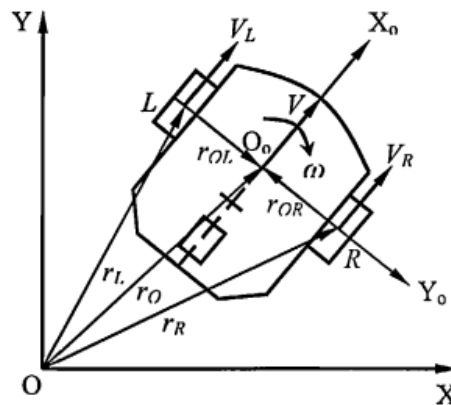


Рис.2.13 Кінематична модель мобільного робота

Положення точок робота O_0 , L та R в абсолютній системі відповідає радіус-векторам r_O , r_L і r_R . При цьому також положення точки O_0 може бути отримано з наступних виразів:

$$r_O = r_R + r_{OR}$$

$$r_O = r_L + r_{OL}$$

(1)

З кінематики плоского руху відомо, що швидкість руху будь-якої точки деякого твердого тіла може бути представлена у вигляді:

$$V_A = V_O + \omega \times r_{OA}$$

(2)

де V_A - швидкість поступального руху довільної точки A , V_O - швидкість поступального руху полюса твердого тіла, ω - швидкість обертального руху твердого тіла щодо полюса O , r_{OA} - радіус-вектор, що визначає положення точки A щодо полюса O .

Таким чином, відповідно до рисунка 2.16 швидкість руху мобільного робота може бути отримана з наступних виразів:

$$\begin{cases} V = V_R + \omega \times r_{OR} \\ V = V_L + \omega \times r_{OL} \end{cases}$$

(3)

Виконавши деякі елементарні перетворення, за умови, що $r_{OR} = -r_{OL}$, отримаємо наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} \omega = \frac{1}{l}(V_R - V_L) \\ V = \frac{1}{2}(V_R + V_L) \end{cases}$$

(4)

Якщо тепер ввести в розглянуті координати x, y, φ , то легко побачити, що:

$$\begin{cases} x' = V * \cos \varphi \\ y' = V * \sin \varphi \\ \varphi' = \omega \end{cases}$$

(5)

Підставивши (4) у співвідношення (5) отримаємо:

$$\begin{cases} x' = \frac{1}{2}(V_R + V_L) * \cos \varphi \\ y' = \frac{1}{2}(V_R + V_L) * \sin \varphi \\ \varphi' = \frac{1}{l}(V_R - V_L) \end{cases}$$

(6)

Співвідношення (6) є системою нелінійних диференціальних рівнянь 3-го порядку щодо фазового вектора з компонентами (x, y, φ) . Скаляри V_R і V_L , задані тим чи іншим чином (як функції часу або як функції фазових, координат), визначають рух платформи. Отже, співвідношення (6) можна розглядати як кінематичну модель мобільного триколісного робота. Лінійна та кутова швидкості робота визначаються із співвідношення (4).

Мобільний робот переміщається по плоскому рельєфу, маючи два провідні колеса радіусу r . Колеса обертаються без ковзання, і осі їх обертання, збігаються з лінією, LR (рис. 2.16). Ця умова встановлює обмеження на координати і швидкості і є одним із рівнянь зв'язку, геометрична інтерпретація якого полягає в тому, що вектор швидкості $V = (x', y')^T$ перпендикулярний орту u_0 .

Розглянемо тепер умови відсутності ковзання. Ми розглядаємо робота як систему трьох твердих тіл, що включає платформу і два провідні колеса.

Положення цієї системи визначається наступним набором параметрів: x, y, φ - положення платформи, q_L, q_R - кути повороту правого і лівого колеса відповідно.

Умови непрอสлизу отримаємо, скориставшись співвідношенням (6), а також тією обставиною, що:

$$V_R = \rho * q'_R$$

$$V_L = \rho * q'_L$$

Тоді рівняння зв'язку мають вигляд

$$\begin{cases} x' = \frac{\rho}{2}(q'_R + q'_L) * \cos \varphi \\ y' = \frac{\rho}{2}(q'_R + q'_L) * \sin \varphi \\ \varphi' = \frac{\rho}{2}(q'_R - q'_L) \end{cases}$$

з яких останнє інтегрується:

$$\varphi = \frac{\rho}{2}(q'_R - q'_L) + C, \text{ де } C - \text{деяка змінна}$$

В результаті система рівнянь зв'язку буде такою:

$$\begin{cases} x' = \frac{\rho}{2}(q'_R + q'_L) * \cos \varphi \\ y' = \frac{\rho}{2}(q'_R + q'_L) * \sin \varphi \\ \varphi = \frac{\rho}{2}(q'_R - q'_L) + C \end{cases}$$

(7)

Таким чином, система, що розглядається, має 3 узагальнені координати, наприклад (x, y, φ) , і 2 ступеня свободи.

При складанні динамічної моделі будемо нехтувати моментами інерції коліс та інших частин приводу, що обертаються, оскільки вони значно менше відповідних моментів платформи, приведених до валу двигуна.

Для виведення рівнянь руху скористаємось рівнянням Лагранжа II роду:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial q'_i} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q'_i} = Q_i \quad i=1,2,\dots,n$$

де n – число узагальнених координат

E_k – кінетична енергія

q_i – узагальнені координати

Q_i – узагальнені сили.[20]

Розглянутий мобільний робот має два незалежні ведучі колеса. Оскільки колеса знаходяться в точковому контакті і здійснюють рух без ковзання, то момент обертання τ_i може бути представлений у вигляді сили $F_i = \tau_i / \rho$, прикладеної до осі цього провідного колеса.

Таким чином, наша система може бути представлена у вигляді твердого тіла, що здійснює плоско-паралельний рух під впливом системи сил F_i (рис. 2.17).

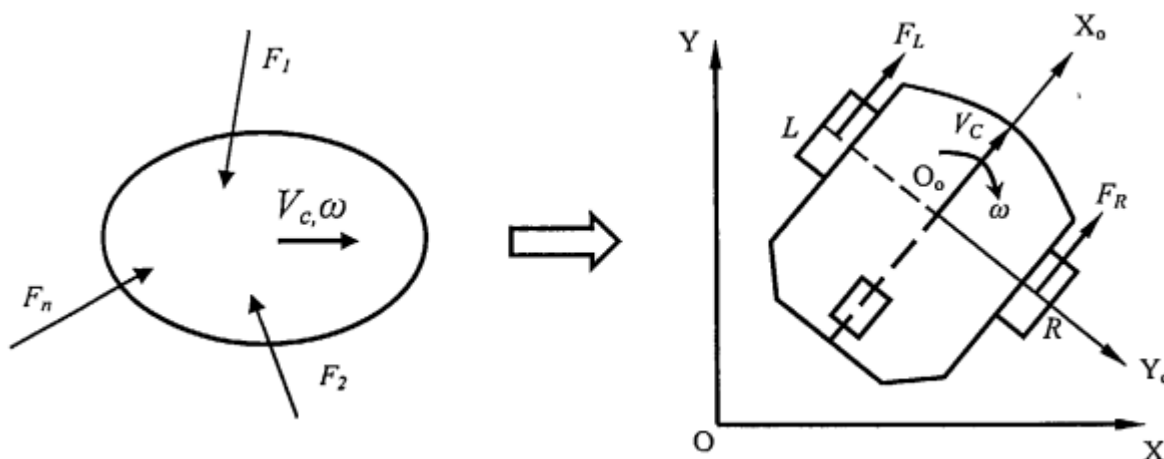


Рис.2.14. Рух мобільного робота під дією системи сил

Рівняння кінетичної енергії твердого тіла має вигляд:

$$E_k = \frac{mV_c^2}{2} + \frac{J_c\omega^2}{2}$$

де m – вага платформи, V_c – швидкість центру мас платформи, J_c – момент інерції платформи відносно центру мас, ω – кутова швидкість платформи.

Якщо записати рівняння кінетичної енергії нашої платформи з урахуванням координат (x, y, φ) отримаємо :

$$E_k = \frac{m}{2}(x'^2 + y'^2) + \frac{J_c\varphi^2}{2}$$

(8)

В відповідності до рівнянь Лагранжа II роду, виконаємо перетворення:

$$\begin{cases} mx'' = (F_R + F_L) * \cos \varphi \\ my'' = (F_R + F_L) * \sin \varphi \\ J\varphi'' = \frac{l}{2}(F_R - F_L) \end{cases}$$

(9)

Система диференціальних рівнянь (9), що описує рух нашої платформи в абсолютній системі координат XOY під впливом сил F_R і F_L відповідає системі диференціальних рівнянь плоско-паралельного руху, що описує переміщення центру мас твердого тіла під вплив системи зовнішніх сил:

$$\begin{cases} Mx_c'' = \sum F_x^e \\ My_c'' = \sum F_y^e \\ J_{cz}\varphi'' = \sum M_{cz} \end{cases}$$

Таким чином, остаточний вид системи диференціальних рівнянь, що описує рух нашої платформи, має вигляд:

$$\begin{cases} V' = \frac{1}{m}(F_R + F_L) \\ \omega' = \frac{l}{2J_c}(F_R - F_L) \end{cases}$$

(10)

З урахуванням управляючих моментів ведучих колес система (10) має вигляд:

$$\begin{cases} V' = \frac{1}{\rho m}(\tau_R + \tau_L) \\ \omega' = \frac{l}{2\rho J_c}(\tau_R - \tau_L) \end{cases}$$

(11)

Співвідношення (11) є системою нелінійних диференціальних рівнянь щодо фазового вектора з компонентами $(V, \omega)^T$, а τ_R, τ_L - компоненти вектора управління, що породжують рух системи.

З метою моделювання зручною формою представлення є така:

$$\begin{cases} x' = V\cos\varphi \\ y' = V\sin\varphi \\ \varphi' = \omega \\ V' = \frac{1}{\rho m}(\tau_R + \tau_L) \\ \omega' = \frac{l}{2\rho J_c}(\tau_R - \tau_L) \end{cases} \quad (12)$$

Тепер розглянемо рівняння руху мобільного робота з урахуванням приводів. Розглянемо випадок, коли колеса платформи управляються безпосередньо двигунами постійного струму. Облік наявності слідкуючих приводів приводів не тягне за собою ускладнень.

Відомо, що рівняння двигуна постійного струму має вигляд:

$$LI' + RI + K_w \omega_m = U \quad (13)$$

де L - індуктивність обмотки якоря; I - струм якоря; R - опір обмотки якоря;

ω_m - кутова швидкість обертання валу двигуна; U - напруга, що подається на обмотку якоря.

Кутові швидкості обертання валу ω_m і колеса ω_w пов'язані співвідношенням:

$$\omega_m = \omega_w i$$

де i - передатне відношення редуктора.

Вираз для моменту τ , що розвивається двигуном, має вигляд:

$$\tau = K_m I \quad (14)$$

Враховуючи відношення (14), перетворимо (13) в такий вигляд:

$$\tau' = -\frac{R}{L} \tau - \frac{K_M K_W i}{L} \omega_w + \frac{K_M}{L} U$$

В результаті для правого та лівого колес маємо:

$$\begin{cases} \tau'_L = -\frac{R}{L} \tau_L - \frac{K_M K_W i}{L} \omega_L + \frac{K_M}{L} U_L \\ \tau'_R = -\frac{R}{L} \tau_R - \frac{K_M K_W i}{L} \omega_R + \frac{K_M}{L} U_R \end{cases}$$

(15)

Зауважимо, що в (15) ми припускаємо, що параметри правого та лівого моторів однакові, що не обов'язково так. Виразимо тепер ω_L та ω_R через фазові координати. Скориставшись співвідношенням (4) та враховуючи, що $V_L = \omega_L \rho$ та $V_R = \omega_R \rho$ отримаємо:

$$\omega_R = \frac{1}{\rho} \left(V + \frac{\omega^l}{2} \right)$$

$$\omega_L = \frac{1}{\rho} \left(V - \frac{\omega^l}{2} \right)$$

(16)

Підставивши співвідношення (16) (15) і поповнюючи систему (12), отримаємо наступну систему диференціальних рівнянь, що описує рух мобільного робота:

$$\left\{ \begin{array}{l} x' = V \cos \varphi \\ y' = V \sin \varphi \\ \varphi' = \omega \\ V' = \frac{1}{\rho m} (\tau_R + \tau_L) \\ \omega' = \frac{l}{2\rho J_c} (\tau_R - \tau_L) \\ \tau_L' = -\frac{R}{L} \tau_L - \frac{K_M K_W i}{L} \left(V - \frac{\omega l}{2} \right) + \frac{K_M}{L} U_L \\ \tau_R' = -\frac{R}{L} \tau_R - \frac{K_M K_W i}{L} \left(V + \frac{\omega l}{2} \right) + \frac{K_M}{L} U_R \end{array} \right. \quad (17)$$

Ця система є системою нелінійних диференціальних рівнянь сьомого порядку з фазовим вектором $(x, y, V, \varphi, \omega, \tau_L, \tau_R)$ і вектором управління $(U_L, U_R)^T$.

Висновок до розділу 2

Розроблена система управління для мобільних роботів зі складними динамічними системами, що діють в умовах невизначеності зовнішніх збурень та середовища функціонування з застосування інтелектуальних методів вирішення.

Для опису поведінки мобільного розроблено його математичну модель. Це дає нам можливість без апаратної реалізації мобільного робота проаналізувати роботу створюваної системи управління та за необхідності внести необхідні корекції. Математична модель мобільного робота складається з кінематичної та динамічної моделей. Кінематична модель дозволяє провести дослідження властивостей мобільного робота.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ОМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

3.1 Створення моделі нечіткого регулятора

Для керування параметрами руху мобільного робота під час виконання певної дії необхідно розробити нечіткий регулятор.

Нечіткий регулятор виконує однозначне перетворення вектора вхідних сигналів в вектор вихідних сигналів. Для цього перетворення використовується механізм нечіткого висновку, що базується на знаннях, закладених експертом, тобто людиною.

Вхідним та вихідним сигналам у нечіткій логічній системі відповідають логіко-лінгвістичні змінні, значення яких визначається термами-множинами. База знань нечіткої логічної системи складається з продукційних правил, що визначають залежність між вхідними і вихідними термами-множинами, і функції приналежності, що показують ступінь відповідності реальних величин поняттям, визначених термами-множинами.

Вхідними сигналами нечіткого регулятора є дистанція d між роботом і рухомим об'єктом/перешкодою і кут α - кут між напрямком руху мобільного робота, і прямою, що визначає дистанцію між роботом та рухомим об'єктом.

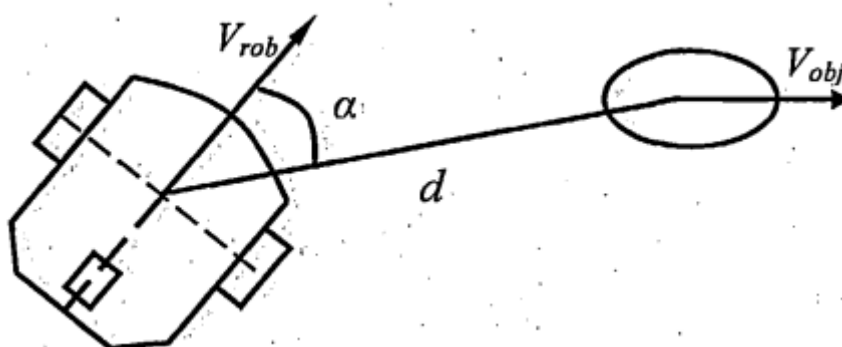


Рис.3.1. Рух наземного мобільного робота відносно рухомої перешкоди
Вихідними сигналами нечіткого регулятора є значення лінійної V і кутової

					НАУ. 22. 05 .83 000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.					ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Мельник Ю.В.					63	98
Реценз.						ФАЕТ- 214 гр.		
Н. Контр.		Дивнич М.П.						
Затверд.		Мельник Ю.В.						

ω швидкості руху мобільного робота.

Як механізм нечіткого логічного висновку обрано алгоритм Мамдані, що визначає вихідне числове значення на основі розрахунку центру тяжіння[21].

$$y = \frac{\int y_i * \mu_p(y_i) * dy}{\int \mu_p(y_i) * dy}$$

де $\mu_p(y_i)$ - нечіткий результат логічного висновку; y - вихідне значення нечіткого регулятора.

Під час роботи нечіткого регулятора виконується наступний алгоритм:

- Фазифікація вхідних величин (переведення точних значень вхідних сигналів до значення вхідних лінгвістичних змінних);
- Нечіткий логічний висновок;
- Дефазифікація (отримання реальних значень вихідних змінних).

Розроблений нечіткий регулятор за своєю структурою поділено на два нечіткі контролери: нечіткий контролер управління лінійною швидкістю та нечіткий контролер управління кутовою швидкістю мобільного робота. Цей поділ спрощує процес розробки нечіткого регулятора і дозволяє зменшити кількість продукційних правил системи нечіткого логічного висновку.

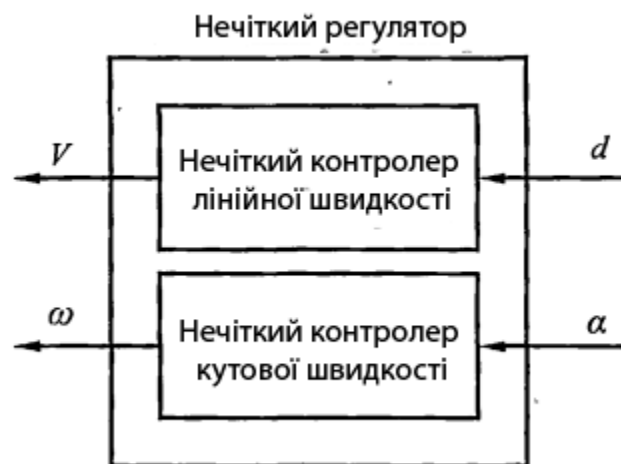


Рис.3.2. Структура нечіткого регулятора

Внаслідок того, що швидкість рухомого об'єкта, щодо якого виконується дія, у більшості випадків має апріорно невідоме або змінне значення, необхідно,

щоб нечіткий контролер лінійної швидкості змінював швидкість руху робота і утримував її в рамках деякого поточного значення швидкості руху об'єкта.

Для вирішення цього завдання застосуємо нечіткий контролер наступного виду (рис. 3.3).



Рис.3.3. Нечіткий контролер лінійної швидкості

Вхідний змінною нечіткого контролера лінійної швидкості є дистанція d між роботом і рухомим об'єктом. Вихідною змінною є бажана швидкість руху робота V_{rob} . Для того, щоб утримувати деяке фіксоване положення щодо рухомого об'єкта, необхідно, щоб швидкості руху робота об'єкта були однакові, тобто. швидкість руху робота щодо об'єкта повинна дорівнювати нулю. При цьому відзначимо, що контролер повинен сам встановлювати необхідну швидкість руху робота та змінювати її відповідно до зміни швидкості об'єкта. Оскільки кожен момент часу нам відома дистанція між роботом і об'єктом, ми можемо розрахувати швидкість руху робота у бік рухомого цільового об'єкта. Таким чином, завдання керування швидкістю руху робота зводиться до завдання регулювання прискорення.

Для регулювання прискорення в системі використано нечіткий контролер, який здійснює нечіткий логічний висновок значення прискорення. Вхідним значенням лінгвістичної змінної є швидкість руху робота у бік рухомого об'єкта V_d (швидкість відносного руху), вихідним - значення прискорення робота. Результатом виконання нечіткого логічного висновку ми маємо значення прискорення руху робота. Далі, виконавши інтегрування, отримаємо швидкість руху робота V_{rob} .

Вхідна лінгвістична змінна V_d (швидкість відносного руху) розділена на наступну терм-множину (рис. 3.4): ЗАГАЛЬНА ВЕЛИКА (NB), НЕГАТИВНА (N), НЕГАТИВНА МАЛЕНЬКА (NS), НУЛЬОВА (Z), ПОЗИТИВНА МАЛЕНЬКА (PS), ПОЗИТИВНА (P), ПОЗИТИВНА ВЕЛИКА (PB). При цьому використано трикутну функцію приналежності, аналітичний вираз якої в загальному випадку має вигляд:

$$f_{\Delta}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

де x – значення лінгвістичної змінної; a, b, c – координати вершин трикутника; в проекції на осі абсцис, приймаючих довільне дійсне значення і впорядковані відношенням $a \leq b \leq c$.

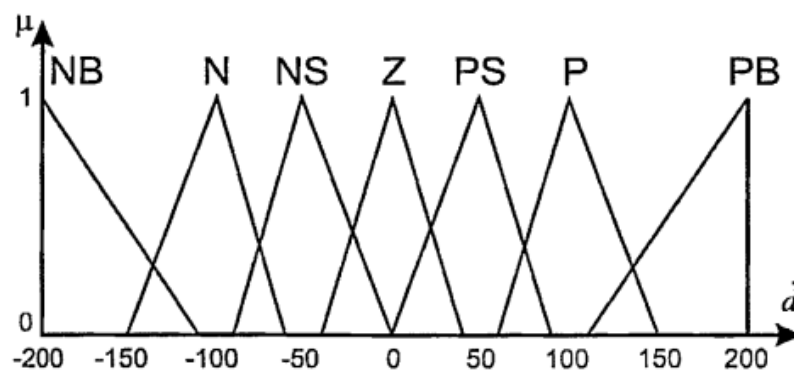


Рис. 3.4. Графік функцій приналежності нечіткої множини вхідній лінгвістичній змінній d

Позитивне значення швидкості відносного руху передбачає збільшення дистанції між роботом та рухомим об'єктом.

Вихідна лінгвістична змінна $accel$ (прискорення мобільного робота) має наступну терм-множину (рис. 3.5): НЕГАТИВНЕ ВЕЛИКЕ (NB), НЕГАТИВНЕ (N), НЕГАТИВНЕ МАЛЕНЬКЕ (NS), НУЛЬОВЕ (Z), ПОЗИТИВНЕ МАЛЕНЬКЕ (PS), ПОЗИТИВНЕ (P), ПОЗИТИВНЕ ВЕЛИКЕ (PB).

У нечіткому контролері прискорення визначено п'ять продукційних правил:

1) Якщо відносна швидкість "позитивна велика" або "позитивна", то прискорення "позитивне";

- 2) Якщо відносна швидкість "позитивна маленька", то прискорення "позитивне маленьке";
- 3) Якщо відносна швидкість "нуль", то прискорення "нуль";
- 4) Якщо відносна швидкість "негативна маленька", то прискорення "негативне маленьке";
- 5) Якщо відносна швидкість "негативна велика" або "негативна", то прискорення "негативне".

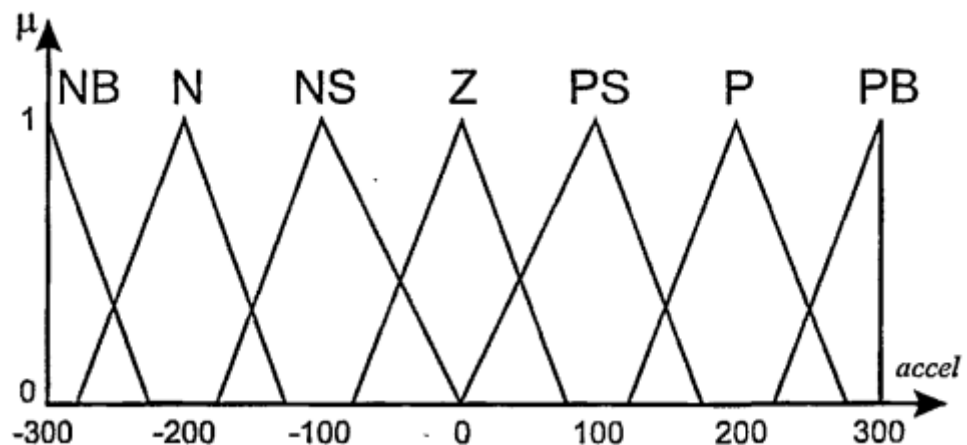


Рис.3.5. Графік функції приналежності нечіткої множини вихідній лінгвістичній змінній accel

Розглянутий контролер дозволяє керувати швидкістю руху мобільного робота в такий спосіб. Якщо робот і рухливий об'єкт мають деяку різницю своїх швидкостей, швидкість відносного руху має значення відмінне від нуля. Далі відповідно до нечіткого логічного висновку на виході контролера з'являється деяке значення прискорення. В результаті цього робот змінює свою швидкість відносно значення швидкості руху об'єкта. У той момент, коли швидкості робота та об'єкта стануть "схожими" і відстань між ними набуде постійного значення, вихідна лінгвістична змінна контролера дорівнюватиме нулю. Таким чином, швидкість руху робота перестане змінюватись і відповідатиме швидкості руху цільового об'єкта, що знадобиться в деяких випадках.

Для управління орієнтацією робота щодо цільового об'єкта, тобто його поворотом, використовується система нечіткого логічного висновку, побудована

за тими ж принципами, що і контролер управління прискоренням, описаний вище. Вхідною лінгвістичною змінною нечіткого контролера кутової швидкості є кут напрямку на цільовий об'єкт α , який визначається за допомогою системи технічного зору, що стежить. Зазначимо, що система технічного зору, що стежить, визначає кут напрямку з деякою похибкою, причини якої розглянемо пізніше. Вихідною лінгвістичною змінною змінною контролера є кутова швидкість робота ω .

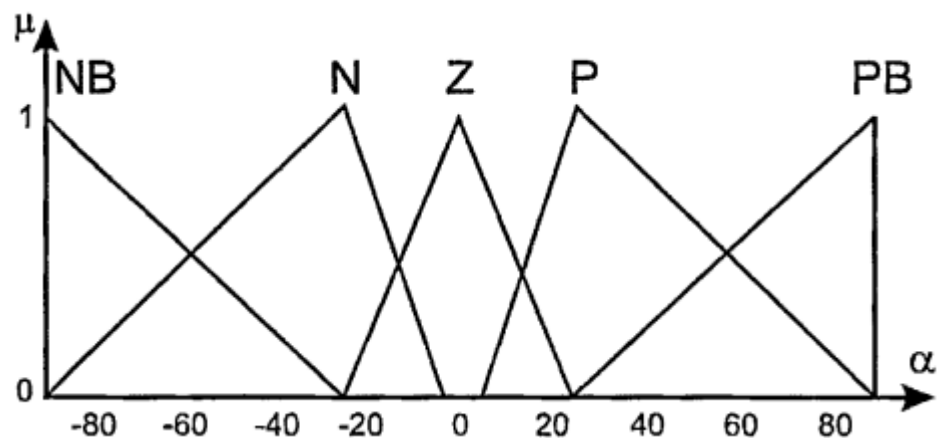


Рис.3.6. Графік залежності функції нечіткої множини від вхідної лінгвістичної змінної α .

Вхідна лінгвістична змінна α має наступну терм-множину (рис. 2.23): ДАЛЕКО ЗЛІВА (NB), БЛИЗЬКО ЗЛІВА (N), ПРЯМО (Z), БЛИЗЬКО ПРАВОРУЧ (P), ДАЛЕКО ПРАВОРУЧ (PB).

Вихідна лінгвістична змінна має наступне терм-множина (рис. 2.24): СИЛЬНО ЛІВОРУЧ (NB), ТРОХИ ЛІВОРУЧ (N), ВПЕРЕД (Z), ТРОХИ ПРАВОРУЧ (P), СИЛЬНО ПРАВОРУЧ (PB).

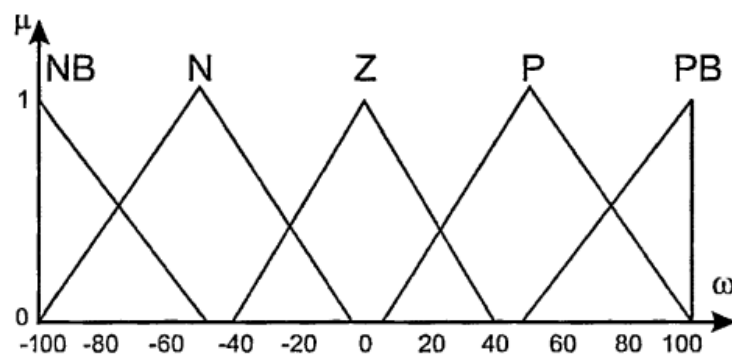


Рис.3.7. Графік залежності функції нечіткої множини від вихідної лінгвістичної змінної ω .

У нечіткому контролері кутової швидкості визначено п'ять продукційних правил:

- 1) Якщо об'єкт "далеко праворуч", то "вперед";
- 2) Якщо об'єкт "близько праворуч", то "трохи ліворуч";
- 3) Якщо об'єкт "прямо", то "сильно ліворуч" або "сильно ліворуч";
- 4) Якщо об'єкт "близько ліворуч", то "трохи праворуч";
- 5) Якщо об'єкт "далеко ліворуч", то "вперед".

Комплект продукційних правил прагне так керувати поворотом робота, щоб кут напряму на рухомий цільовий об'єкт дорівнював 90° .

При моделюванні нечіткого контролера кутової швидкості дано пріоритет щодо контролера лінійної швидкості. Це дозволить реалізувати роботу так, що зміна лінійної швидкості руху здійснюється лише тоді, коли помилка орієнтації мобільного робота не перевищує $\pm 15^\circ$.

3.2 Створення моделі рухомої перешкоди і модуля спостереження

Для того, щоб провести повноцінне моделювання системи управління, що розробляється необхідно створити модель рухомої перешкоди і модель системи спостереження.

На етапі розробки та налагодження системи управління, нам не важливо, як виглядає об'єкт і яку він має геометрію. Для аналізу роботи системи управління достатньо, щоб об'єкт мав деяку швидкість та напрямок свого руху. Тому модель рухомого об'єкта представимо у вигляді деякої точки, що володіє заданими параметрами швидкості та напрямки руху. Таким чином, для опису поведінки об'єкта скористаємося наступною елементарною кінематичною моделлю:

$$\begin{cases} x'_0 = V_0 * \cos\varphi_0 \\ y'_0 = V_0 * \sin\varphi_0 \end{cases} \quad (18)$$

де V_0 - швидкість рухомого об'єкта; φ_0 - кут напрямку руху рухомого цільового об'єкта; x_0, y_0 - координати положення рухомого об'єкта.

Система спостереження являє собою складний програмно-апаратний модуль, що включає в себе відео камеру, поворотні приводи, корпус і програмне забезпечення, що виконує цифрову обробку зображення і контроль орієнтації відео камери. Створення моделі такого програмно-апаратного комплексу є дуже складним і неоднозначним завданням. При цьому процес цифрової обробки відео зображення залежить від безлічі візуальних параметрів, таких як, освітлення, розміри, геометрія, текстура, колір об'єкта та ін. У нашому випадку для завдання аналізу роботи системи управління рухом мобільного робота від моделі системи спостереження достатньо отримувати параметри відносного становища робота та цільового об'єкта (відстань між роботом та об'єктом, кут напрямку на об'єкт). Тому для моделі системи спостереження приймемо такі припущення:

- модуль системи спостереження здійснює постійний контроль та стеження за цільовим об'єктом, визначаючи кут між напрямком руху робота та прямою, що з'єднує МР та перешкоду;

- модуль системи спостереження здійснює постійний розрахунок відстані до цільового об'єкта.

Таким чином, модель системи спостереження зводиться до блоку геометричного визначення відстані між роботом та об'єктом, а також розрахунку кута напрямку на об'єкт. Дане наближення в процесі моделювання дозволяє нам емулювати роботу системи спостереження та є достатнім для аналізу роботи системи управління мобільним роботом.

Оскільки модуль системи спостереження фізично розташований на платформі робота, його координати відповідають координатам мобільного робота. Так як у кожен момент часу при моделюванні нам відомі координати положення та орієнтація мобільного робота та цільового об'єкта, то розрахунок дистанції та кута напрямку має такий вигляд:

$$\begin{cases} d = \sqrt{(x_0 - x_r)^2 + (y_0 - y_r)^2} \\ \alpha = \arctan 2[(x_0 - x_r), (y_0 - y_r)] - \varphi_r \end{cases} \quad (19)$$

де α – кут спрямування на об'єкт; d - дистанція між мобільним роботом та об'єктом; x_0, y_0 - координати положення рухомого цільового б'єкта; x_r, y_r, φ_r -

координати положення та орієнтація мобільного робота; $\arctan2(x, y)$ - чотириквADRANTна функція розрахунку кута.

3.3 Моделювання роботи нечіткого регулятора

Після визначення математичних моделей всіх елементів системи проведемо моделювання роботи нечіткого регулятора. Мета моделювання полягає в оцінці працездатності МР, при цьому завданням робота є контроль та підтримання деякої простої дії мобільного робота щодо рухомого цільового об'єкта. При моделюванні простою дією вибрано рух за рухомим об'єктом зі швидкістю, що відповідає швидкості руху об'єкта, повторюючи його траєкторію, що є необхідним наприклад при обгоні об'єкта що рухається по дорозі. При внесенні невеликих змін такий регулятор зможе безпечно здійснити обгін.

Моделювання проводилося у середовищі MatLab з використанням додатків Simulink та FuzzyLogic ToolBox.

Для всіх експериментів задаються такі початкові умови: координати положення та орієнтація робота $x_r = 0$, $y_r = 0$, $\varphi_r = 0$; координати положення об'єкта $x = 0$, $y = 0,5$ м. Моделювання проводиться для різних значень параметрів швидкості та напрямку руху об'єкта, який являється перешкодою, поданих у таблиці 8.

Параметри моделювання

Таблиця.8.

№ Експерименту	Вихідні дані	
	φ_{obj} (рад)	V_{obj} (мм/с)
Моделювання 1	0	100
Моделювання 2	2,36	100
Моделювання 3	0	200

Моделювання 4	2,36	200
Моделювання 5	0	400
Моделювання 6	2,36	400

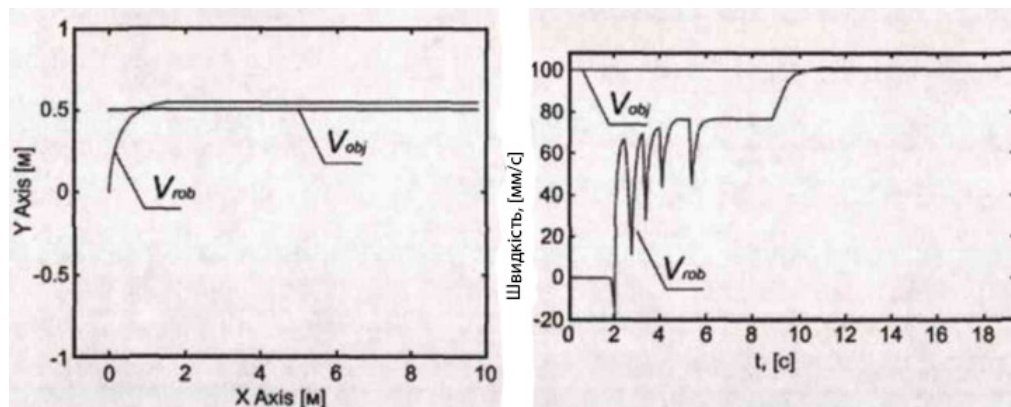


Рис.3.8. Результати моделювання 1. Траєкторія руху та швидкість руху

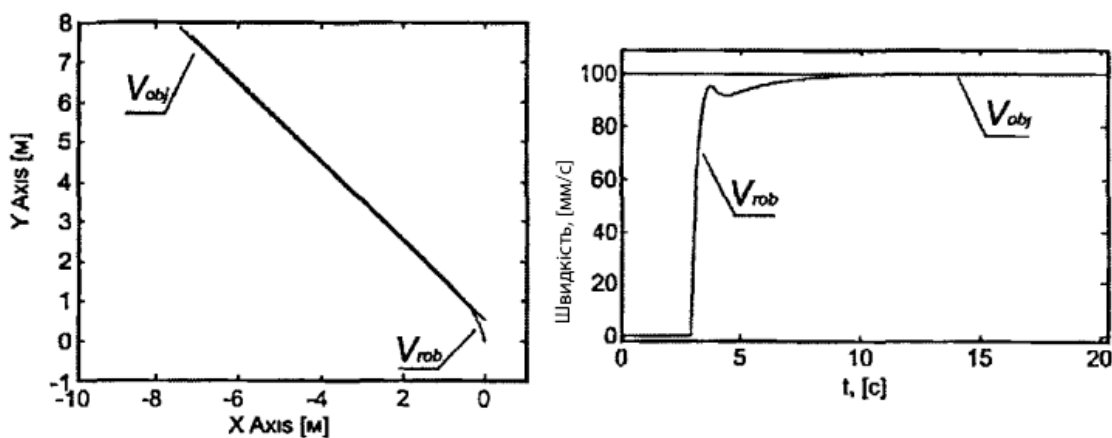


Рис.3.9. Результати моделювання 2. Траєкторія руху та швидкість руху

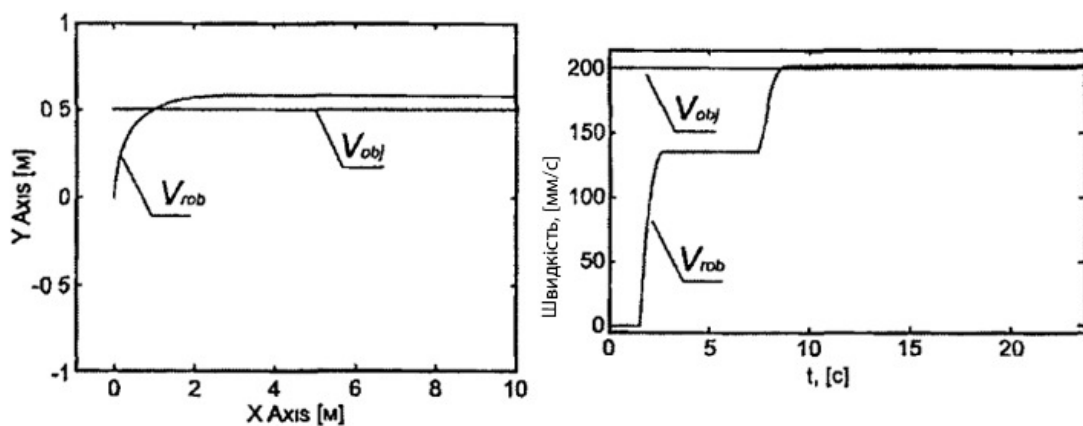


Рис.3.10. Результати моделювання 3. Траєкторія руху та швидкість руху

Примітка: Графіки траєкторії руху мобільного робота та цільового об'єкта по осях X та Y мають розмірність метр. Графіки швидкості руху по осі X мають розмірність секунда, а по осі Y - міліметр за секунду.

В результаті проведеного моделювання з графіків траєкторій руху (рис. .25-.30) видно, що мобільний робот, що виконує стеження за рухомим цільовим об'єктом під управлінням нечіткого регулятора, у початковий момент часу виконує необхідні розвороти і розганяється до швидкості руху об'єкта. Після цього робот слідує за об'єктом, контролюючи швидкість об'єкта стеження.

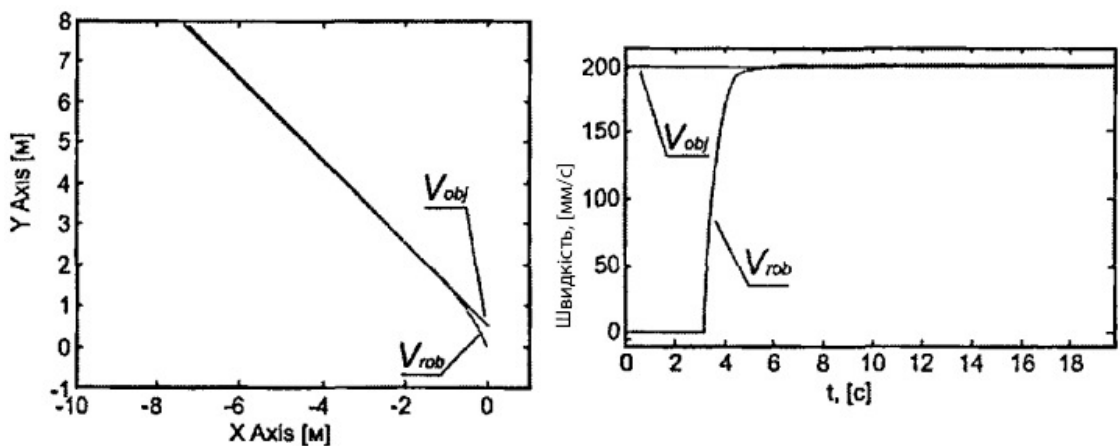


Рис.3.11. Результати моделювання 4. Траєкторія руху та швидкість руху

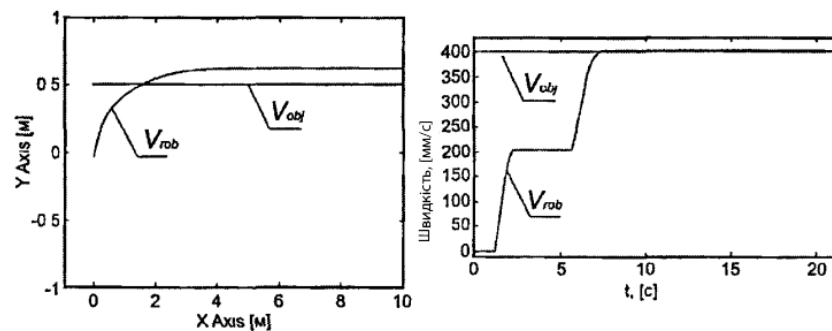


Рис.3.12. Результати моделювання 5. Траєкторія руху та швидкість руху

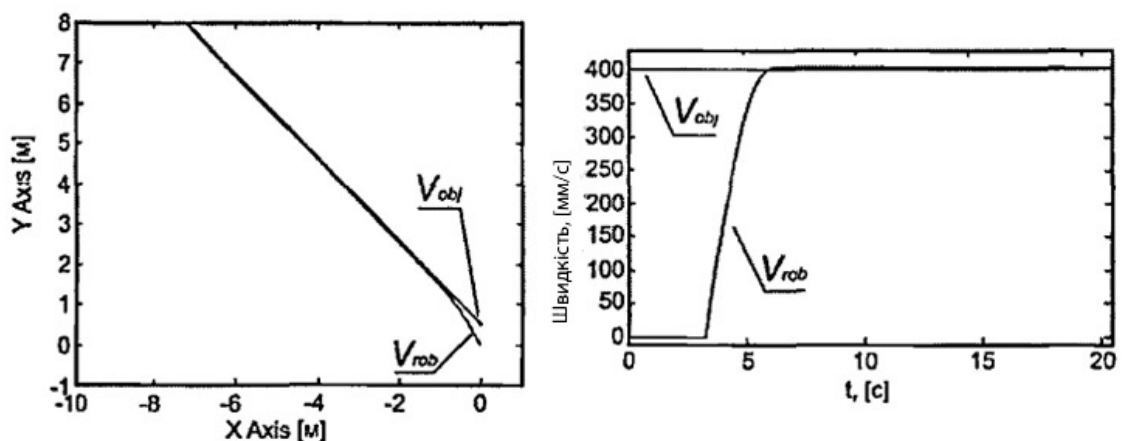


Рис.3.13. Результати моделювання б. Траєкторія руху та швидкість руху

При цьому можна зауважити, що зі збільшенням швидкості руху об'єкта траєкторія руху мобільного робота трохи відхиляється убік. Це пояснюється тим, що функції належності нечіткого контролера кутової швидкості (рис. 3.4, 3.5) мають таке відносне розташування, яке призводить до появи деякої зони нечутливості та призводить до помилки стеження.

Аналізуючи графіки швидкостей можна зробити висновок, що зміна швидкості руху мобільного робота відбувається плавно. Плавність зміни швидкості в першу чергу залежить від значення швидкості руху, а також від кута, на який необхідно повернути роботу, щоб рухатися в потрібному напрямку.

На графіках можна побачити, що перехідний процес зміни швидкості робота має горизонтальні ділянки. Це пояснюється тим, що в нечіткому регуляторі нечіткий контролер кутової швидкості має більший пріоритет, ніж нечіткий контролер лінійної швидкості. Внаслідок цього нечіткий регулятор змінює значення швидкості руху робота лише у разі, якщо відхилення напрямку руху робота щодо цільового об'єкта мало. По суті це означає те, що робот на поточній швидкості спочатку здійснює орієнтування на об'єкт, а потім змінює швидкість свого руху відповідно до швидкості руху об'єкта.

З графіків також видно, що час перехідного процесу швидкості руху робота не перевищує десяти секунд і зменшується зі збільшенням швидкості. При цьому треба зазначити, що цей час включає час переорієнтування напрямку руху робота.

Аналіз проведеного моделювання показав, що рух робота слідом за об'єктом, що рухається, здійснюється з помилкою. Цю проблему можна виправити шляхом коригування функцій належності нечіткого контролера кутової швидкості. Результат проведеної настройки наведено на рис. 2.31 та рис. 2.32.

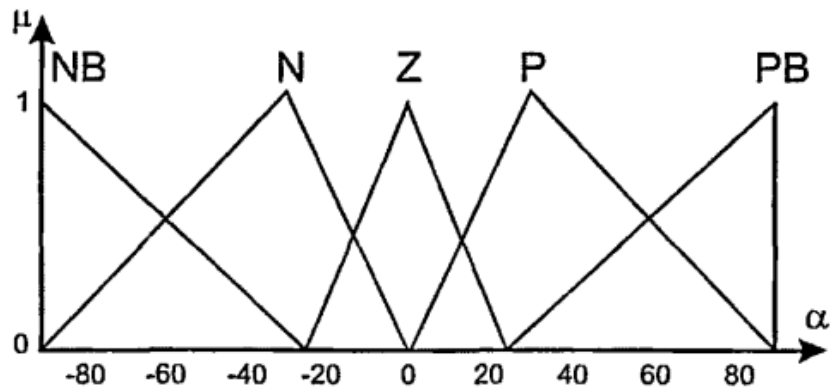


Рис.3.14.Графік залежності нечіткої множини від вхідної лінгвістичної змінної α після коригування

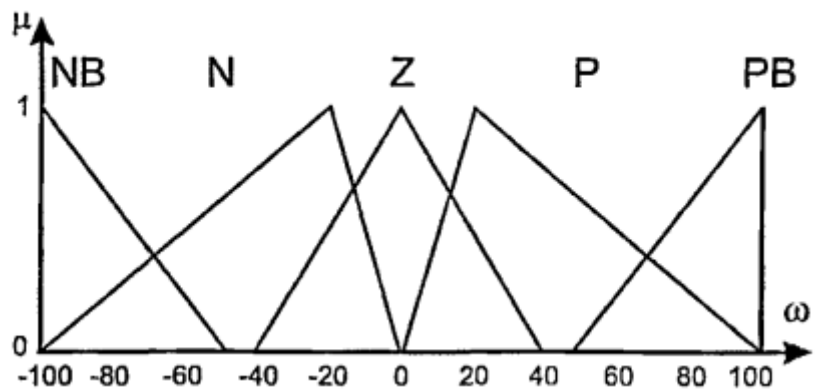


Рис.3.15.Графік залежності нечіткої множини від вихідної лінгвістичної змінної ω після коригування

Графіки швидкості руху, отримані після налаштування нечіткого регулятора, не зазнали істотних змін і в цілому мають такий самий вигляд як до коригування. А ось графіки траєкторії руху продемонстрували відсутність помилки стеження на діапазоні швидкостей, що використовується під час проведення експериментів. Результат налаштування нечіткого регулятора представлений як графік залежності помилки стеження E_p від швидкості руху цільового об'єкта V_{obj} , де графік 1 на рис.33 показує зміну помилки до коригування, а графік 2 показує зміна помилки після налаштування регулятора.

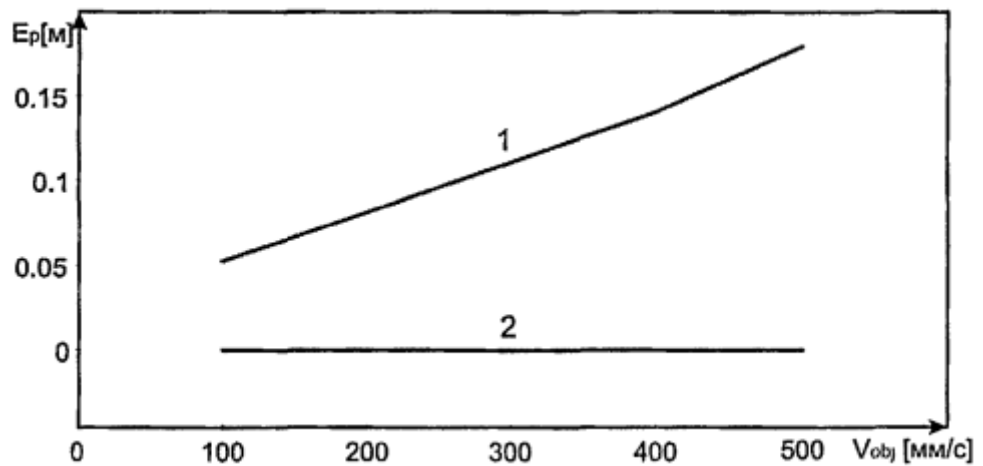


Рис.3.16.Графік залежності похибки слідування від швидкості руху об'єкта до та після налаштування регулятора

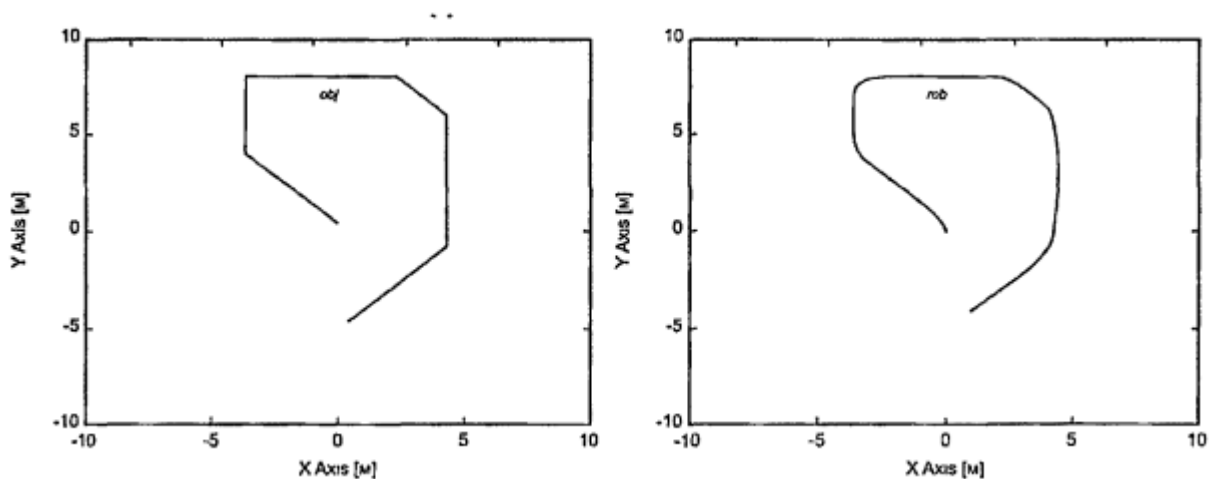


Рис.3.17 Довільна траєкторія руху об'єкта та траєкторія руху мобільного робота під управлінням нечіткого регулятора

На рисунку 34 представлені траєкторія довільного руху цільового об'єкта та траєкторія руху мобільного робота, що здійснює стеження за цільовим об'єктом. При цьому з графіків видно, що робот досить точно повторює траєкторію руху об'єкта та контролює відносну швидкість, що в подальшому дозволить вибрати необхідну швидкість для оминання об'єкта.

Висновок до розділу 3

При побудові інтелектуальної системи управління як інформаційно-вимірювальну систему використано слідкуючу систему технічного зору, яка складається з відеокамери та мехатронного модуля з двома обертальними ступенями рухливості.

Розроблено архітектуру та узагальнений алгоритм управління наземними мобільними роботами з метою оминання перешкоди на основі методу нечіткої логіки.

Складено математичну модель та проведено комп'ютерне моделювання рухів мобільного робота з нечіткою системою управління за типовими траєкторіями. Запропоновано спрощену модель рухомого об'єкта стеження та блок емуляції роботи системи спостереження.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вступ

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.[23]

Умови та безпека праці, їх стан та покращання – самостійна і важлива задача соціальної політики будь-якої сучасної промислово розвинутої держави. Для того, щоб краще усвідомити на якому рівні знаходиться стан охорони праці в сучасній Україні необхідно зважити на те, що 1991 року розпочалася не лише розбудова нової держави, а й те, що країна, опинившись у стані економічної кризи, водночас вирішувала (та ще й зараз продовжує вирішувати) задачі зміни соціального, економічного та державного устрою. Рівень безпеки будь-яких робіт у суспільному виробництві значною мірою залежить від рівня правового забезпечення цих питань, тобто від якості та повноти викладення відповідних вимог в законах та інших нормативно-правових актах. У 1992 році було прийнято Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності та принципи державної політики у цій сфері, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в країні[25][38].

В цьому розділі ми детально розглянемо всі ризики , що можуть виникнути при розробці та впровадженні заходів і засобів у відповідності до основної та спеціальної частин дипломної роботи і мінімізувати ці ризики та як забезпечити найкращі умови праці [24].

					НАУ. 22. 05 .83 000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>					ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Мельник Ю.В.						78	98
<i>Реценз.</i>						ФАЕТ- 214 гр.		
<i>Н. Контр.</i>	Дивнич М.П.							
<i>Затверд.</i>	Мельник Ю.В.							

4.2 Аналіз умов праці на робочому місці

4.2. Організація робочого місця

Висота виробничого приміщення 3,5 м, а об'єм і площа – 140 м³ та 40м² відповідно на кожного працівника, для користувачів комп'ютерів згідно ДСанПіН 3.3.21007198 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» на одного працюючого площі – 6 м² і об'єму – 20 м³ . Приміщення та ділянки виробництв з надлишками тепла, а також зі значними виділеннями шкідливих газів, пару та пилу відсутні. Підлога на робочих місцях рівна, тепла, щільна та стійка до ударів, має неслизьку та зручну для очистки поверхню; є стійкою до хімічних речовин і не вбирає їх. Стіни виробничого та побутових приміщень відповідають вимогам шуму і теплозахисту; легко піддаються прибиранню та миттю; мають покриття, що виключає можливість поглинення чи осадження отруйних речовин (олійна фарба)[25].[39]

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

Відповідно до Міждержавного стандарту ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [26] та ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [27] наявні такі шкідливі чинники:

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- небезпека ураження електричним струмом;
- електростатичне поле між екраном і оператором;
- можливість опіків при виконанні паяних з'єднань;
- можливість виникнення пожежі;
- невідповідність освітлення санітарним нормам

4.2.3 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Мікроклімат робочої зони

Таблиця фактичних значень параметрів мікроклімату в порівнянні зі встановленими санітарними нормами для категорії Легка Іа[28]

Таблиця 9

Період року	Значення параметрів мікроклімату	Температура °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
холодний	фактичне	23	50	0,1
	оптимальне значення	22-24	40-60	0,1
теплий	фактичне	24	50	0,2
	оптимальне значення	23-25	40-60	0,2

З таблиці 2 бачимо що фактичні значення параметрів мікроклімату знаходяться в межах встановлених санітарними нормами для категорії Легка Іа. Отже мікроклімат робочої зони не потребує внесення змін.

Неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання

Використані в даному приміщенні ПЕОМ обладнані рідкокристалічними моніторами, тому гранично допустима напруженість електростатичного поля на робочих місцях не повинна перевищувати допустимих рівнів.

Рівні інфрачервоного випромінювання не перевищують граничних відповідно до ГОСТ 12.1.005 та СН № 4088-86 з урахуванням площі тіла, яка опромінюється, та ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Рівні ультрафіолетового випромінювання не перевищують допустимих відповідно до СН № 4557-88 "Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях", та ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпуса відеотерміналу при будь-яких положеннях

регулювальних пристроїв відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), затверджених постановою державного санітарного лікаря Міністерства охорони здоров'я України від 18.08.97 №58, не повинна перевищувати 7,74..12 А/кГ, що відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год (100 мкР/год).

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 вміст озону в повітрі робочої зони не повинен перевищувати 0,1 мг/м³ ; вміст оксидів азоту – 5 мг/м³ ; вміст пилу – 4 мг/м³ . [29]

Природне та штучне освітлення.

Приміщення повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В 2.5–28–2006. Природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Розрахунки коефіцієнта освітленості проводяться відповідно до ДБН В.2.5– 28–2006.

Приміщення (робоча кімната), площею 8 х 5 м, має бічне природне та штучне освітлення. Природне світло проникає через бічні світлопрорізи - два вікна розміром 1.5х1.3м кожне. В якості джерела штучного світла використовується люмінесцентні лампи низького тиску ARS/R418, розміщені по 4 шт. в 8 світильниках, розташованих на поверхні підвісної стелі у 2 ряди.

Перевіримо освітленість, що забезпечується загальним рівномірним штучним освітленням.

Для визначення освітленості застосуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку:

$$E = N \cdot \Phi_{\text{Л}} \cdot \eta / (S \cdot K_3 \cdot Z)$$

де: N = 8 – кількість світильників у приміщенні;

$\Phi_{\text{Л}} = 1150 \cdot 4 = 4600$ (Лм) – світловий потік світильника. (Світильники чотирилампові, марка лампи вказана вище, світловий потік однієї лампи 1150 Лм.)

S = 40 м² – площа освітлюваного приміщення;

η – коефіцієнт використання світлового потоку. Визначається в залежності від індексу приміщення і коефіцієнтів відображення відповідно стелі, стін та підлоги, $\rho_1=0.7$; $\rho_2=0.5$; $\rho_3=0.2$.

$$\text{Індекс приміщення: } \phi = S/(h \cdot (a+b)) = 40/(2.3 \cdot (5+8)) = 1.34;$$

По таблиці вибираємо: $\eta = 0.75$;

$K_3 = 1.4$ – коефіцієнт запасу, при використуванні люмінесцентних ламп в приміщеннях з повітряним середовищем, використовуємих як приміщення управління(робочі кімнати).

$Z = 1.2$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення.

$$E = 8 \cdot 4600 \cdot 0.75 / (40 \cdot 1.4 \cdot 1.2) = 410.7 \text{ (Лм)}$$

Відповідно до ДБН В.2.5–28–2006, для розряду зорових робіт IVв необхідно, щоб комбінована освітленість була не менше 400 Лм. Ця умова виконується.

Виробничий шум, ультразвук, інфразвук.

Для умов і характеру робіт у приміщенні, останнє можна класифікувати як приміщення управління (робочі кімнати), рівні шуму визначені ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Допустимі рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот наведені у таблиці 10 нижче.

Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму.

Таблиця 10

Робочі місця	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах частот із середньгеометричними значеннями (Гц)									Допустимий рівень звуку (ДБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Адміністрація - керівна діяльність	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Максимальний рівень шуму, що коливається у часі та передається, не повинен перевищувати 110 дБА. Максимальний рівень для імпульсного шуму не повинен перевищувати 125 дБА.

Основними джерелами шуму в умовах розглядаємого приміщення є вентилятори охолодження внутрішніх систем персональних ЕОМ, система кондиціонування повітря.

Очікуванні рівні звукового тиску та рівні звуку відповідають шумовим характеристикам цих джерел шуму, а саме:

- рівень шуму, створюваний внутрішніми елементами ПК дорівнює 35 дБ;
- рівень шуму системи кондиціонування повітря на низьких та високих частотах дорівнює 25 дБ та 30 дБ -відповідно.

Оскільки визначені рівні звуку потенційних джерел шуму значно нижчі за допустимі норми, - умови приміщення повністю відповідають існуючим санітарним вимогам.

Електробезпека. Статична електрика.

Приміщення виконання робіт згідно з НПАОП 40.1-1.21-98 відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, матеріал підлоги – неструмопровідний (лінолеум вкритий ковраліном), температура повітря не перевищує 35о С, відсутні хімічно агресивні середовища, відсутня можливість одночасного торкання людини до металоконструкцій будови, апаратам, механізмам, металічним корпусам, які мають з'єднання з землею.

Живлення контрольно-вимірювальної апаратури здійснюється від однофазної мережі змінної напруги, зануленням і повторним заземленням нульового дроту. Використовується пристрій струмового захисту і таким чином, передбачено захисне відключення напруги живлення мережі при аварійному режимі роботи обладнання.

Напруга дотику й струм, що протікає через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі приладу не перевищують згідно ГОСТ 12.1.038 – 88 напруг і струмів, наведених у таблиці 11:

Безпечні для людини рівні напруги і струму дотику.

Таблиця 11.

Рід струму	U,В	I,мА
	Не більше	
Змінний, 50Гц	2,0	0,3
Змінний, 400Гц	3,0	0,4
Постійний	8,0	1,0

Примітки до таблиці:

1 Напруги дотику й струми наведені при тривалості впливів не більше 10хв у добу й установлені, виходячи з реакції відчуття.

2 Напруги дотику й струму для осіб, що виконують роботу в умовах високих температур(вище 25) і вологості (більше 75%), повинні бути зменшені в три рази

Ступінь впливу електричного струму на організм людини.

Таблиця 12.

Струм, мА	Вплив на людину	
	змінного струму	постійного струму
0,5	Відсутній	Відсутній
0,6 – 1,5	легке тремтіння пальців	Відсутній
2 – 3	сильне тремтіння пальців	відсутній
5 – 10	судоми у руках	Нагрівання
12 – 15	складно відірвати руки	посилення нагрівання

	від проводів	
20 – 25	руки паралізує одразу	посилення нагрівання
50 – 80	параліч дихання	утруднення дихання

Гранично допустимі значення напруги та часу доторкання при аварійному режимі електрообладнання (ПУЕ-2017).

Таблиця 13.

t,(сек)	<0.1	0.2	0.5	0.7	0.9	>1 сек., <5 сек
$U_{I_{доп.дот}}$ (В)	500	400	200	130	100	65

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії більше ніж 1 секунда, - нижчі за пороговий рівень невідпускання струмопровідних частин, людина здатна самостійно звільнитися від дії електричного струму. Виконаємо розрахунок ланцюга захисного відключення фазного проводу при короткому замиканні. Струм короткого замикання можна обчислити за формулою:

де: $U_f = 220$ В — напруга фазного проводу; $R_f = 3$ Ом — опір фазного проводу; $R_0 = 3$ Ом — опір нульового проводу; $R_3 = 3$ Ом — опір заземлення; $Z_{TR} = 0,12$ Ом — еквівалентний опір трансформатора.

$$I_{кз} = \frac{U_f}{R_0 + R_f + Z_{TR}} \quad U_f = 220В \quad R_f = 3 Ом$$

$$R_0 = 30м \quad R_3 = 30м \quad R_0 = 0.120м$$

$$I_{кз} = \frac{220}{3+3+0.12} = 35.95(A)$$

Для надійної роботи автомату струмового захисту з електромагнітним спрацьовуванням струм спрацьовування (I_C) повинен бути в 1,4 рази менше струму короткого замикання (при струмі короткого замикання до 100 А).

$$I_C < \frac{35.95}{1.4} = 25.68(A)$$

Струм спрацьовування автомату повинен бути менше 25.68 А. Цим умовам відповідають сучасні автомати струмового захисту зі струмом спрацювання 15 А та часом спрацьовування близько 0,1 с., які встановлені у робочому приміщенні. Розрахуємо напругу дотику до корпусів електрообладнання при короткому замиканні ($I_{кз}$):

$$U_T = I_{кз} * R_з = 25.68 * 3 = 77.04(V)$$

Відповідно до ПУЕ-2017 (таблиця 13) максимально допустима напруга дотику при часі спрацьовування автомату струмового захисту $< 0,1$ с дорівнює 500 В. Опір заземлення пристрою повинен бути: $R_з < 4$ Ом, що відповідає вимогам ПУЕ-2017. В робочому приміщенні виконуються всі вимоги по електробезпеці. Гранично допустимі значення струмів і напруг дотику при нормальному і аварійному режимах роботи електрообладнання відповідають ПУЕ-2017.

4.3. Розробка заходів з охорони праці

Нормалізація повітря робочої зони.

Робоче приміщення має гарну вентиляцію та розміри що задовольняють норми тому не потребує удосконалення.

Виробниче освітлення.

Відповідно до ДБН В.2.5–28–2006, для розряду зорових робіт IVв необхідно, щоб комбінована освітленість була не менше 400 Лм. Ця умова виконується.

Захист від виробничого шуму та вібрацій.

Оскільки визначені рівні звуку потенційних джерел шуму значно нижчі за допустимі норми, - умови приміщення повністю відповідають існуючим санітарним вимогам

Захист від електромагнітних полів і випромінювань. Захист від іонізуючого випромінювання.

Використані в даному приміщенні ПЕОМ обладнані рідкокристалічними моніторами, тому гранично допустима напруженість електростатичного поля на робочих місцях не повинна перевищувати допустимих рівнів.

Рівні інфрачервоного випромінювання не перевищують граничних відповідно до ГОСТ 12.1.005 та СН № 4088-86 з урахуванням площі тіла, яка опромінюється, та ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Рівні ультрафіолетового випромінювання не перевищують допустимих відповідно до СН № 4557-88 "Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях", та ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпусу відеотерміналу при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), затверджених постановою державного санітарного лікаря Міністерства охорони здоров'я України від 18.08.97 №58, не перевищує 7,74..12 А/кГ, що відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год (100 мкР/год).

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 вміст озону в повітрі робочої зони не перевищує 0,1 мг/м³ ; вміст оксидів азоту – 5 мг/м³ ; вміст пилу – 4 мг/м³ .
[29][40]

Електробезпека.

Відповідно до ПУЕ-2017 (таблиця-4.3) максимально допустима напруга дотику при часі спрацьовування автомату струмового захисту < 0,1 с дорівнює 500 В. Опір заземлення пристрою повинен бути: $R_z < 4 \text{ Ом}$, що відповідає вимогам ПУЕ-2017. В робочому приміщенні виконуються всі вимоги по електробезпеці. Гранично допустимі значення струмів і напруг дотику при нормальному і аварійному режимах роботи електрообладнання відповідають ПУЕ-2017.

Ергономіка, технічна естетика та організація робочого місця.

Науково встановлено, що колір навколишніх предметів та предметних ансамблів впливає на емоції (позитивні чи негативні), тобто на настрій людей: одні кольори

діють заспокоююче, інші – подразнюючі, збуджуючі. Так, наприклад, червоний колір – збуджуючий, гарячий, енергійний. Жовтий гарячий колір сприймається також як розжарюючий, гарячий; він зігріває, бадьорить, стимулює до активної діяльності. Жовтий – теплий, веселий, при повертає до хорошого настрою. Зелений – колір спокою і свіжості, заспокоює нервову систему, у поєднанні з жовтим набуває м'яких тонів і позитивно впливає на настрій. Блакитний та синій кольори нагадують про далечінь, воду, холод, вони свіжі та прозорі, здаються легкими і повітряними, при їх дії зменшується фізичне навантаження, вони можуть регулювати ритм дихання, заспокоювати пульс. Білий колір – холодний, одноманітний; здатний викликати апатію. Чорний – похмурий і важкий, різко погіршує настрій. Сірий – діловий, сумний, похмурий, у виробничих умовах застосовувати його не рекомендується. Виходячи з цього, загальна схема використання кольору чи групи кольорів з метою зменшення втоми працівників така: якщо виробничий процес чи фактори довкілля впливають на працівників збуджуюче, слід застосовувати заспокійливі кольори, а якщо на працівників діють будь-які гнітючі фактори, то їм має протиставлятися збуджуюче кольорове середовище. Проектування кольорового рішення інтер'єру виробничих приміщень

слід виконувати у відповідності з СН 181170 («Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий»). Так, при роботі, що вимагає зосередженості, рекомендується вибирати неяскраві, малоконтрастні відтінки, які не розсіювали б увагу, а при роботі, що вимагає інтенсивного фізичного чи розумового навантаження, рекомендуються відтінки теплих кольорів, що збуджують активність. Таке оформлення інтер'єрів виробничих приміщень сприяє нейтралізації втомлюючого

впливу виробничого процесу та послабленню відчуття стомленості і, з рештою, підвищенню працездатності та зменшенню травматизму.[25][39]

4.4. Пожежна безпека

Визначаємо категорію приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Методика визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою регламентується НАПББ.03.002–2007 "Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». За вибухопожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяють на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д . Оскільки при не виконанні правил пожежної безпеки під час використання паяльника може виникнути пожежа то приміщення відноситься до категорії В.[39]

Вибираємо засоби пожежогасіння для виробничого приміщення – первинні (вогнегасники) або автоматичні установки пожежогасіння.

Згідно із Зводом правил (№ 9.13130.2009) – для гасіння електрообладнання до 1 тис. Вольт застосовуються вогнегасники порошкові (ОП).[41]

Вибір засобів пожежної (пожежно-охоронної) сигналізації. Вказання типу датчиків пожежної сигналізації, їх розташування в приміщенні.

Головною умовою для успішної ліквідації пожежі є швидке повідомлення пожежно-рятувальної служби про виникнення загоряння. Для виклику пожежної команди на кожному об'єкті має бути телефонний або радіозв'язок. Для швидкого повідомлення про пожежу облаштовують електричну пожежну сигналізацію, яка виявляє займання на початковій стадії, що забезпечує успішну боротьбу з вогнем. До автоматичних систем пожежної сигналізації належать: теплові, димові, світлові й комбіновані сповіщувачі. Теплові автоматичні сповіщувачі реагують на підвищення температури навколишнього середовища. Димові сповіщувачі реагують на появу диму. Комбіновані сповіщувачі здатні одночасно реагувати на підвищення температури у навколишньому середовищі і появу диму. Світлові сповіщувачі мають фотоелемент, що реагує на ультрафіолетову або інфрачервону частину спектра полум'я. Ефективність і надійність пожежних сповіщувачів

залежить від оптимального добору їх типу, установки та умов експлуатації. Кожну точку приміщення, яка потребує захисту від пожежі, має контролювати не менш як два автоматичних пожежних сповіщувачів. Основними складовими систем автоматичної сигналізації є: датчики, що монтуються в будинках або на території об'єктів і призначені для подачі сигналу при пожежі; приймальні апарати (станції), що забезпечують прийом сигналів від датчиків; лінії комунікацій, що з'єднують датчики з приймальними апаратами; джерела електропостачання. За принципом дії датчики поділяються на: теплові, димові, світлові, комбіновані. Теплові датчик – реагують на підвищення температури довкілля та поділяються на: максимальні, що спрацьовують при підвищенні температури до встановленого критичного значення; диференційні, що спрацьовують при підвищенні температури довкілля з певною швидкістю; максимальнодиференційні. Димові датчики – поділяються на іонізаційні і фотоелектричні. Димові датчики не можна встановлювати в приміщеннях з температурою повітря нижче – 30°C і вище 60°C, відносною вологістю вище 80%, а також у дуже запилених приміщеннях і місцях, де можуть бути пари кислот. Світлові датчики – реагують на ультрафіолетове чи інфрачервоне випромінювання. Комбіновані датчики – побудовані на принципах спрацьовування теплових і димових датчиків. Сигнали від датчиків надходять до прийомних станцій пожежної сигналізації та автоматичних засобів пожежогасіння. [25][42]

Опис шляхів евакуації підчас пожежі.

В разі виникнення пожежі потрібно покинути приміщення через основні за аварійні виходи згідно плану евакуації розробленого для конкретного приміще.

4.5. Розрахункова частина (типовий розрахунок) або питання охорони праці до детального опрацювання.

Перевірочний розрахунок штучного освітлення виробничого або офісного приміщення.

Для визначення освітленості застосуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку:

$$E = N \cdot \Phi_{\text{Л}} \cdot \eta / (S \cdot K_3 \cdot Z)$$

де: $N = 8$ – кількість світильників у приміщенні;

$\Phi_{\text{Л}} = 1150 \cdot 4 = 4600$ (Лм) – світловий потік світильника. (Світильники чотирилампові, марка лампи вказана вище, світловий потік однієї лампи 1150 Лм.)

$S = 40$ м² – площа освітлюваного приміщення;

η – коефіцієнт використання світлового потоку. Визначається в залежності від індексу приміщення і коефіцієнтів відображення відповідно стелі, стін та підлоги, $\rho_1=0.7$; $\rho_2=0.5$; $\rho_3=0.2$.

Індекс приміщення: $\phi = S / (h \cdot (a+b)) = 40 / (2.3 \cdot (5+8)) = 1.34$;

По таблиці вибираємо: $\eta = 0.75$;

$K_3 = 1.4$ – коефіцієнт запасу, при використуванні люмінесцентних ламп в приміщеннях з повітряним середовищем, використовуємих як приміщення управління(робочі кімнати).

$Z = 1.2$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення.

$$E = 8 \cdot 4600 \cdot 0.75 / (40 \cdot 1.4 \cdot 1.2) = 410.7 \text{ (Лм)}$$

Відповідно до ДБН В.2.5–28–2006, для розряду зорових робіт IVв необхідно, щоб комбінована освітленість була не менше 400 Лм. Ця умова виконується.

Висновок до розділу 4

Розглянувши всі небезпеки всі ризики, що можуть виникнути при розробці та впровадженні заходів і засобів у відповідності до основної та спеціальної частин дипломної роботи було визначено, що робоче місце відповідає всім вимогам техніки безпеки, всі ризики мінімізовані і забезпечені найкращі умови праці.[24]

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Використання робототехніки при усуненні наслідків екологічних катастроф.

У атомній сфері першим роботом вважають появу у 1949 році копіюючого маніпулятора (Master-slave Manipulators, MSM) Model-1 для забезпечення роботи персоналу з радіоактивними препаратами. Маніпулятори в атомній сфері зазвичай використовуються для зняття з експлуатації та демонтажу ядерних установок. Так, німецька компанія «Wälischmiller Engineering» займається розробкою ядерних технологій з 1950 року. Їх водонепроникні маніпулятори, призначені для демонтажу ядерних реакторів, вперше були створені у 1990 році. З того часу вони допомогли у демонтуванні трьох німецьких АЕС – Грайфсвальд (1995-1998), Райнсберг (1995-1998), Обригхайм (2015-2016). Крім того, їх маніпулятори можна використовувати під час ремонту ядерних установок та у випадку настання аварійних чи надзвичайних ситуацій. [32]

При ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС першим роботом виявився не «Комацу» і не «ДЕТ», а дитячий танк-іграшка з прикрученим дозиметром і ліхтариком (рис. 5). Керували ним по довгому кабелю від пульта. Цей розвідник пропрацював майже рік. За цей час він настільки забруднився, що був похований у надрах блока [30]. 17 травня 1986 р., тобто через три тижні після аварії на ЧАЕС, Рада Міністрів СРСР доручила ЦНДІ РТК терміново розробити, поставити на станцію мобільні роботи трьох різних типів і забезпечити їхню експлуатацію. Уже через день для створення необхідних модулів до головної організації було підключено близько 40 підприємств Ленінграда.

У результаті менш ніж за місяць було виготовлено перші чотири роботи й поставлено на станцію, а до кінця липня - ще чотири, уже за новими замовленнями безпосередньо керівництва ЧАЕС. [31]

					НАУ. 22. 05 .83 000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>					ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБМИНАННЯ ПЕРЕШКОД НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Мельник Ю.В.						92	98
<i>Реценз.</i>						ФАЕТ- 214 гр.		
<i>Н. Контр.</i>	Дивнич М.П.							
<i>Затверд.</i>	Мельник Ю.В.							

Висновок до розділу 5

Робототехніка відіграє велику важливу роль в охороні навколишнього середовища. Мобільні наземні роботи є необхідними при усуненні наслідків екологічних катастроф, оскільки вони можуть виконувати роботу яку не здатна виконувати людина через небезпеку для її життя та здоров'я. Роботи також можуть використовуватися для виявлення ознак появи екологічної загрози в майбутньому за рахунок збору інформації на території що є потенційно небезпечною.

ВИСНОВКИ

Розроблена система управління для мобільних роботів зі складними динамічними системами, що діють в умовах невизначеності зовнішніх збурень та середовища функціонування з застосування інтелектуальних методів вирішення.

Для опису поведінки мобільного розроблено його математичну модель, що дало нам можливість без апаратної реалізації мобільного робота проаналізувати роботу створюваної системи управління та за необхідності внести необхідні корекції.

Розробка алгоритму обминання перешкод наземних мобільних роботів з використанням математичного апарату нечіткої логіки допоможе у використанні мобільних роботів різних типів. Правильно підібраний алгоритм оптимізації зробить роботів більш ефективними та знизить втрати енергії.

При побудові інтелектуальної системи управління як інформаційно-вимірювальну систему використано слідкуючу систему технічного зору, яка складається з відеокамери та мехатронного модуля з двома обертальними ступенями рухливості.

Розроблено архітектуру та узагальнений алгоритм управління наземними мобільними роботами з метою обминання перешкоди на основі методу нечіткої логіки.

Складено математичну модель та проведено комп'ютерне моделювання рухів мобільного робота з нечіткою системою управління за типовими траєкторіями. Запропоновано спрощену модель рухомого об'єкта стеження та блок емуляції роботи системи спостереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Pedrosa, E., L. Reis, C. M. D. Silva and H. S. Ferreira. Autonomous Navigation with Simultaneous Localization and Mapping in/outdoor. 2020
2. Gradetskiy V.G., Veshnikov V.B., Kalinicheko S.V. Upravlyayemoye dvizheniye mobil'nykh robotov po proizvol'no oriyentirovannym v rostranstve poverkhnostyam, Nauka, Moskva, 2001. (In Russian).
3. Момот М.В. Мобільні роботи на базі Arduino. – СПб.:БХВ-Петербург, 2017. -288с.
4. EnCoder ED1212S-24C24-20F : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://radiodetali.com.ua/ua/catalog/rezistory-ruchki/encoder>
5. Принцип роботи відеокамери: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://hi-news.pp.ua/tehnka-tehnologyi/print:page,1,13992-princip-roboti-vdeokameri-opis-budova-harakteristiki.html>
6. Об'єктиви: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://videotehnika.com.ua/ua/oborudovanie/obektivy/>
7. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://www.makerguides.com/hc-sr04-arduino-tutorial/>
8. STL Group: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://stl-grupp.com/info/what-is-encoder.html>
9. RadioRadar : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:https://www.radioradar.net/articles/scientific_technical/encoder.html
- 10.ЕРС Холла : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://svetlyi21.ru/datchiki/datchik-holla-shema-printsipialnaya.html>
- 11.Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.
- 12.Базы знаний интеллектуальных систем/ Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб. Питер, 2000. – 384 с.
13. Аберация об'єктива : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:<http://www.photoweb.ru/lenswork1.htm#38>

14. Цифровая коррекция аберрации объектива телекамеры: [Электронный ресурс] .
Режим доступа до ресурсу:
<http://robot-rad.narod.ru/correct.html>
15. Инфраредний датчик відстані SHARP: [Электронный ресурс] . Режим доступа до ресурсу: <https://www.robostore.com.ua/ua/moduli-i-datchiki/sensory-datchiki-i-moduli/infrakrasnyj-datchik-rasstoyaniya-sharp-gp2y0a02yk0f/>
16. Евстигнеев Д.В., Применение систем технического зрения для автономных робототехнических систем // Труды XI международной научно-технической семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации», Алушта, 2002.
17. Luca Iocchi, Stereo Vision: Triangulation, Dipartimento di Informatica e Sistemistica Universita di Roma "La Sapienza", Italy
18. Подураев Ю.В., Мехатроника: основы, методы, применение. -М.: Машиностроение, 2006
19. Баканов М.В. Алгоритмическое обеспечение адаптивной системы управления автономным мобильным роботом/ М.В. Баканов, А.В. Данеев, В.Н. Сизых// Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – №2(26).-С.147-160.
20. Застосування рівнянь Лагранжа II рода до рішення задач динаміки механічних систем. Методичні рекомендації до розділу курсу «Спецрозділи математики, теоретичної кінематики та аналітичної динаміки» для студентів всіх форм навчання. – Автори: В.А. Ропай, О.Г. Науменко, В.Я. Киба. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2013.-56 с.
21. Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого правления в системах реального времени: учеб. пособие. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. – 160 с.
22. Четвериков Д. Л. Основні алгоритми для аналізу цифрового зображення, курс лекцій, 2004
23. Верховна Рада України: [Электронный ресурс] . Режим доступа до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

24. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах. Для студентів всіх спеціальностей освітньо-кваліфікаційних рівнів «спеціаліст» та «магістр». / Укладачі: О.І. Запорожець, А. В. Русаловський. - К., 2011. – 30 с.
25. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.
26. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
27. Гігієнічні нормативи ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27.12.2001 № 528.
28. НПА ОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин». Наказ Держгірпромнагляду від 26.03.2010р. № 65
29. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів
30. Chernobyl robots : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <http://ermiak.livejournal.com/274777.html>
31. Urevich E. I. ChNPP accident and extreme robotics // Mekhatronika, avtomatizatsia, upravlenie. – 2004. - № 3.
32. Сайт з питань ядерної безпеки: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://www.uatom.org/2022/08/31/zastosuvannya-novitnih-tehnologij-na-aes.html>
33. Енкодер: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://stl-grupp.com/info/what-is-encoder.html>
34. Код Грея: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: http://ni.biz.ua/6/6_15/6_152749_kod-greya.html

35. Інтелектуальні прикладні системи : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: <https://posibniki.com.ua/post-intelektualni-prikladni-sistemi-naukovi-napryami-psshi>
36. Огляд видів експертних систем та їх класифікація : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:
https://wiki.tntu.edu.ua/Огляд_видів_експертних_систем_та_їх_класифікація
37. Спідометри: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:
<https://avtotachki.com/uk/spidometr-vidy-i-ustrojstvo-pogreshnost-i-osobennosti/>
38. Правові та організаційні основи охорони праці : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:<http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/08/Binder21.pdf>
39. Основні напрями поліпшення стану повітря виробничої зони. Вентиляція виробничих приміщень. : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:
http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/Лекція_5.pdf
40. Нормативи параметрів виробничого середовища : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:<https://studopedia.org/7-162545.html>
41. Вогнегасники: [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу:
<http://zprim.com.ua/yakim-vognegasnikom-mozhna-gasiti-elektrobladnannya-z-tehniki-bezpeki/>
42. Пожежний зв'язок та сигналізація : [Електронний ресурс] . Режим доступу до ресурсу: https://lubbook.org/book_205_glava_24_UZAGALNENNJA.html