

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Розроблення автоматизованої системи для аналізу об'єктів робочого простору
MP Festo Robotino

(тема)

Виконав: студент 2 курсу, гр. КТРСм-20-1
Запорожець В. А.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньої програми Комп'ютеризовані
та робототехнічні системи

(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Цимбал О. М.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І. Ш.

(прізвище, ініціали)

2021 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет	<u>Автоматики і комп'ютеризованих технологій</u>
Кафедра	<u>Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u>
Спеціальність	<u>151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</u>
Тип програми	<u>освітньо-професійна</u>
Освітня програма	<u>Комп'ютеризовані та робототехнічні системи</u> (код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Запорожцю Володимиру Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи для аналізу об'єктів робочого простору мобільного робота FESTO ROBOTINO

Затверджена наказом по університету від _____ 8 листопада 2021 р. № 1698 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 17.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи MP Festo Robotino, середовище Robotino View, аналіз об'єктів, схеми виробничих ділянок інтегрованого виробництва, середовище Robotino Sim.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Вступ

1. Аналіз використання інтелектуальних засобів в системах керування роботів

2. Розробка інформаційної моделі робочого простору мобільного робота та її використання для прийняття рішень

3. Розробка програмного забезпечення автоматизованої системи аналізу об'єктів робочого простору мобільного робота

Висновки

4. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів,

комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 14 с. формату А4.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		Підпис	Дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	04.10.2021 р.	Вик.
2	Аналіз існуючих алгоритмів керування роботом	07.10.2021 р.	Вик.
3	Моделювання робочого простору робота та його реалізація	02.11.2021 р.	Вик.
4	Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення мобільного робота FESTO ROBOTINO	15.11.2021 р.	Вик.
5	Охорона праці	27.11.2021р.	Вик.
6	Оформлення пояснювальної записки	03.12.2021 р.	Вик.
7	Подання роботи до ЕК	17.12.2021р.	Вик.

Дата видачі завдання 04.09.2021 р.

Студент _____

(підпис)

Запорожець В. А.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Проф. Цимбал О. М.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 87 с., 34 рис., 8 табл., 26 джерел за переліком посилань.

МОБІЛЬНІ РОБОТИ, FESTO ROBOTINO ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ, НЕЧІТКІ МНОЖИНИ.

Об'єкт дослідження – система керування мобільними роботом Festo Robotino.

Предмет дослідження – методи розробки програмного забезпечення системи керування мобільного робота.

Мета магістерської роботи – розробка програмного забезпечення для аналізу об'єктів робочого простору мобільного робота Festo Robotino.

Методи дослідження – метод динамічного програмування, нечіткі моделі керування.

В роботі проведено аналіз використання інтелектуальних засобів в системах керування роботів, систем керування роботами, нечітких моделей керування та програмні засоби реалізації інтелектуальних систем.

Пропонується інформаційна модель мобільного робота. Наведена постановка завдання прийняття рішень для мобільного робота та розроблено математичне забезпечення інформаційної моделі.

Розроблено програмне забезпечення автоматизованої системи аналізу об'єктів робочого простору мобільного робота. Була проведена підготовка вихідних даних, розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення.

ABSTRACT

Explanatory note: 87 pp., 35 fig., 8 tables, 26 sources according to the list of references.

MOBILE ROBOTS, FESTO ROBOTINO INTELLECTUAL CONTROL, FUZZY SETS.

The object of study – the control system of mobile robots Festo Robotino.

Subject of research – methods of software development of mobile robot control system.

The purpose of the master's thesis – software development to analyze workspace objects for mobile robot Festo Robotino.

Research methods – the method of dynamic programming, fuzzy control models.

The paper analyzes the use of intelligent tools in robot control systems, robot control systems, fuzzy control models and software tools for implementing intelligent control systems.

The information model of the mobile robot is offered. The statement of the decision-making task for mobile work is given and the mathematical support of the information model is developed.

The software of the automated system of the analysis of objects of working space of the mobile robot is developed. For this purpose, the preparation of initial data, calculation of program algorithms and software development were carried out.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Аналіз використання інтелектуальних засобів в системах керування роботів	10
1.1 Аналіз інтелектуальних систем керування роботами	10
1.2 Аналіз нечітких моделей керування	18
1.3 Програмні засоби реалізації інтелектуальних систем керування.....	27
1.4 Висновки до розділу.....	34
2 Розробка інформаційної моделі робочого простору мобільного робота та її використання для прийняття рішень.....	34
2.1 Постановка завдання прийняття рішень.....	35
2.2 Розробка нечіткої моделі керування мобільним роботом.....	42
2.3 Розробка математичного забезпечення моделі нечіткого керування.....	48
2.4 Висновки до розділу.....	53
3 Розробка програмного забезпечення автоматизованої системи аналізу об'єктів робочого простору мобільного робота	54
3.1 Підготовка вихідних даних	54
3.2 Розробка алгоритмів програми.....	60
3.3 Розробка програмного забезпечення	63
3.4 Безпека життєдіяльності та охорона праці.....	68
3.5 Висновки до розділу.....	76
Висновки	77
Перелік джерел посилання	79

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БПЛА – безпілотні літальні апарати

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

ІС – інтелектуальні системи

КГК – комерційні готові компоненти

КСПЗ – компоненти системи програмного забезпечення

НН – навчання нейронних мереж

ОП – операційний профіль

СРВ – системи реального часу

ВСТУП

Активне інтегрування інтелектуальних систем у сучасному світі допоможе об'єднати мобільні роботи, програмне забезпечення, розумні речі та навіть людину у єдину систему, що може реалізувати увесь потенціал своїх складових у майбутньому. Інтелектуальна система, у якій усі її атрибути, методи та їх змінні працюють як один механізм, може суттєво вплинути на звичайне життя людини, виводячи точність усіх досліджень на новий рівень.

Перші технічні пристрої були створені для отримання точних результатів досліджень людини, починаючи від механічних засобів до цифрових програмних продуктів сьогоdnішнього дня, збільшуючи динаміку постійного розвитку у науці. Але для розвитку необхідно постійно відслідковувати усі змінні, нечіткості та атрибути, що призвело до появи інтелектуальних та роботизованих систем керування. Інтелектуальні роботи різного призначення використовуються для виконання технологічних, транспортних, сервісних, медичних та аграрних завдань. Тому важливим аспектом розробки цих систем є аналіз робочого середовища. Саме тому розроблення автоматизованої системи аналізу об'єктів робочого простору для мобільного роботу є актуальною та сучасною задачею.

Метою атестаційної роботи є розробка програмного забезпечення для аналізу об'єктів робочого простору мобільного робота Festo.

Об'єктом дослідження виступає система керування мобільним роботом Festo Robotino.

Предмет дослідження – методи розробки програмного забезпечення для аналізу об'єктів в рбочому просторі мобільного робота.

Методи дослідження – метод динамічного програмування, методи нечітких множин.

Для досягнення мети роботи планується розв'язати такі завдання:

- проаналізувати використання інтелектуальних засобів в системах керування роботів;
- провести аналіз інтелектуальних систем керування роботами;

- аналіз нечітких моделей керування;
- дослідити нечітку модель керування мобільним роботом та математичне забезпечення моделі нечіткого керування;
- розробити програмне забезпечення автоматизованої системи аналізу об'єктів робочого простору мобільного робота;
- провести експериментальне дослідження;

Елементи наукової новизни одержаних результатів полягають в удосконаленні методів розробки алгоритмічного та програмного забезпечення мобільних роботів для аналізу робочого простору.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні засобів аналізу робочого простору інтелектуальних роботизованих систем.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідалися на III форумі Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології AERT-2021, ХНУРЕ та на 25-й міжнародному молодіжному форумі Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті, ХНУРЕ.

Під час оформлення використовувались рекомендації [1] та ДСТУ 3008-2015 [2].

1 АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ РОБОТІВ

1.1 Аналіз інтелектуальних систем керування роботами

Сучасні інструменти здатні вирішувати традиційні або творчі завдання, що активно з'являються у динамічному сучасному середовищі, інструментами можливо вважати комплексні додатки, програмні засоби чи мобільні гаджети, що містять нечітку логіку поведінки. Цей симбіоз технічних, програмних та логічних елементів утворює інтелектуальну систему (ІС). Поставленні задачі перед ІС потребують вирішувати нестандартні завдання з творчої точки зору, тим самим в процесі роботи імітуючи прийняття рішень та людську поведінку. Інтелектуальні системи з нечіткою логікою активно інтегруються для подальшої експлуатації у робототехніці, що змінює підхід у різних сферах праці. Починаючи від прибирання оселі роботом-пилососом до виконання робіт у небезпечних для людини середовищах. Для вирішення більш комплексних проблем перед інтелектуальною системою необхідна модель з нечіткою логікою щоб мати алгоритм поведінки у тих чи інших випадках. Тому описання нечіткої логіки у ІС може допомогти у прийнятті нетипових рішень для систем, у нестандартних для систем умовах.

По суті нечітка логіка намагається імітувати підхід людини до визначення груп і класів явищ. Визначення «нечіткості» можна пояснити деякими прикладами. Наприклад, на основі якого критерію холодний зимовий може бути визначений, не як «холодний», але як промерзлий.

Представлені перші дослідження по нечіткій логіці були представлені в 1965 році Берклі Лотфі Заде [3], професором Каліфорнійського університету. Але принципи нечіткої логіки не були популярними. Представимо, що підставою не вважати холодний день як прийнятний, може служити персональне відчуття тепла, яке в свою чергу змінюється пластично або різко, що представлено рис. 1.1.

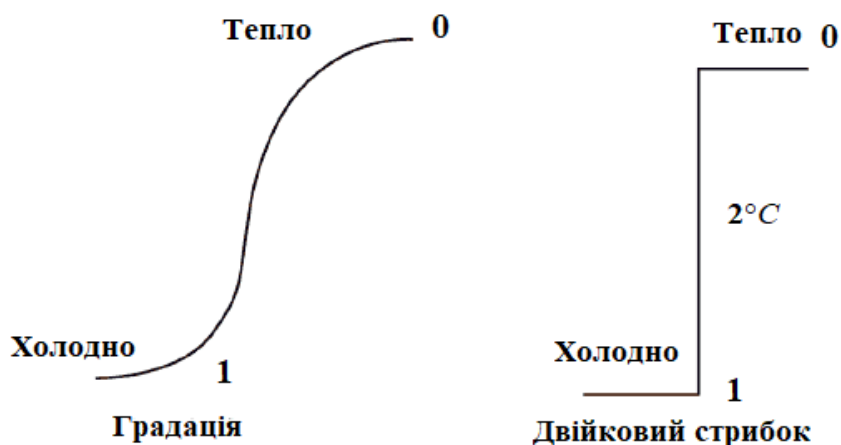


Рисунок 1.1 – Залежність холодного та теплого значень

Не існує універсального термометра, який стверджує, що $1,9^{\circ}\text{C}$ це холодно, а 2°C вже спекотно. Якщо розглянути цей приклад ширше, то люди, які населяють північні країни, матимуть інший інтервал температур для холодних днів в порівнянні з жителями міста Чернігова, і обидва ці значення будуть відрізнятися від відповідних значень для жителів Харкова. При цьому ще не потрібно забувати про пори року. Теплий зимовий день відрізняється по температурі від річного. Все зводиться до того, що основою класифікації (наприклад, поняття «теплий день») може служити інтервал температур, визначених думкою групи людей. Подальша класифікація може бути проведена порівнянням думок різних груп людей чи систем для визначення температур. Тому усі концепти системи та їх проектування засновується від думки та найголовніше від подій, що спідкали її створенню.

Під час всесвітньої пандемії коронавірусу тепер неможливо уявити активну працю у галузі землеробства без високоточних систем обприскування рослин мінеральними добривами, активну експлуатацію автопілоту таксі у сучасних електромобілях, роботів-маніпуляторів на автозаводах для автоматичного складання елементів у єдину динамічну систему до безпілотних систем паркування на надсучасних електромобілів. Через притаманну робототехніці складності у плануванні архітектури та подальшої експлуатації, хисткої логіки для навчання є ключем до самонавчання і швидкої адаптації до майбутніх перешкод.

Активні дослідження інтелектуальних систем та способів їх керування, активна область досліджень, яка приносить у штучний розум і автоматизацію спільне управління для вирішення непростих завдань у керуванні, у такій області робототехніка. Цей клас методів управління може містити управління нейронною мережею, моделей з нечіткою логікою, нейронечіткого управління, еволюційних обчислень, алгоритмів рою, що самоорганізуються, м'яких обчислень, машинного навчання та управління на основі інтелектуальних засобів, і це лише деякі з сучасних питань, що активно знаходяться в розробці. Ці методи мають позитивні аспекти, коли для керованої системи немає апріорної математичної моделі. Завдяки даним дослідженням можливо зосередитись на таких напрямках як:

- нові тенденції в інтелектуальному управлінні в робото-технічних системах;
- методи гібридизації в інтелектуальному керуванні робототехнікою;
- розумне адміністрування роботами на основі глибокого навчання;
- інтелектуальні автономні системи (безпілотні надводні/підводні/літальні апарати);
- посилення управління роботами на основі навчання;
- інтелектуальне моделювання та ідентифікація в робототехніці.

Робот з нечіткою логікою поведінки звільнює людину від ряду ручних операцій тим самим рятує людину під час таких світових загроз як пандемія. Інтелектуальний робот замінює людини в розумовій діяльності. Можна сказати, що чим ширше діапазон такої заміни, тим вище показник ступеня інтелекту у інтелектуального робота. Їх систему управління і інтелект (штучний інтелект), зосередивши увагу на перевагах у системах інтелектуальних роботів.

Якщо проводити розгляд питання, то залишиться лише два конструктивних визначення, що мають безпосереднє значення. Перше полягає в тому, що інтелектуальний робот – це робот, до складу якого входить інтелектуальна система керування. Наприклад, визначити, що ІС як система управління є інструментом вирішення завдань, які або не можуть бути вирішені людиною в реальному часі, або ж їх рішення вимагає автоматизованої підтримки, або ж їх розв'язання дає

результати у гібридному або комбінованому значенні по інформативності з рішеннями людини. Серед роботів з навчанням, які можна застосовувати у швидко розвиваючому місті, є такі роботи, яким надано прості функції розпізнавання, наприклад визначення наявності або відсутності об'єкта тощо. Програма управління такими роботами забезпечує їм деякі властивості адаптації до навколишнього оточення. При класифікації ці роботи можна включити в розряд роботів з навчанням, але, з іншого боку, їх можна розглядати і як один з видів інтелектуальних роботів, хоча і з дуже низьким ступенем інтелекту.

Необхідно загадати важливий крок у розвитку робототехніки є винахід, спроектований англійським нейрофізіологом, інженером і Г. Уолтером [4] в 1950 - 1951 рр., що представлений на рис. 1.2.

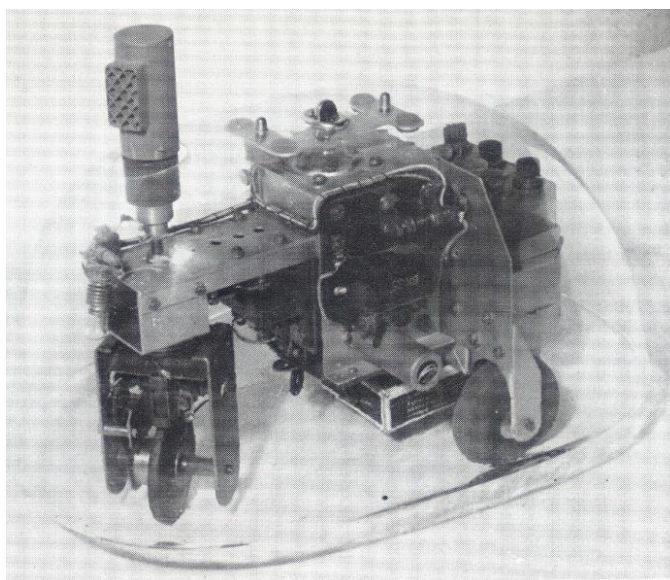


Рисунок 1.2 – Кібернетична черепаха

Пристрої такого типу є рухомими електромеханічними винаходом, здатними повзти на світло або від нього, обходити перешкоди, заходити на станцію для підзарядки розряду акумуляторів тощо. Незважаючи на дуже простий пристрій і аналогову систему управління, черепашки демонструють властивості навчання. Народження інтелекту у роботів пов'язано з розвитком електронна обчислювальна машина (ЕОМ).

Можливо предствити робота Шейки [5], що був реалізований в 1969 році в Стенфордському дослідницькому інституті (США) і називався тоді інтегральним роботом або мобільним автоматом з використанням принципів штучного інтелекту.

По-перше, до недавнього часу в роботобудуванні в Японії центральне місце займали роботи промислового і медичного призначення. Однак в ході всесвітньої пандемії, за оцінками експертів, у тренди вийшла індустрія зі створення роботів-помічників людини. У зв'язку з цим, зазначають фахівці, до порядку денного входить завдання широкомасштабного дослідження проблеми співіснування людини і робота-помічника, включаючи її психологічні та соціальні аспекти, допомагаючи людині у боротьбі із коронавірусом. До більш активного створення роботів, здатних ефективно допомагати людині, підштовхує приватні компанії та інститути уряд Японії. У бюджеті Японії протягом найближчих п'яти років на це планується асигнувати з державної скарбниці приблизно \$ 10 млн.

По-друге, активні дослідження у роботехніці, зокрема призвели до розробки розумних систем навігацій у поєднанні з електромотором для переміщення на водоймах та річках, зокрема представленого у вигляді інтелектуальної системи Lowrance Ghost [6] на рис 1.3.



Рисунок 1.3 – Lawrance Ghost

Lawrance Ghost забезпечує плавне та стабільне керування Fly-By-Wire без необхідності возитися з проводами. Управління здійснює за допомогою системи ручного управління, яка підкаже оптимальний шлях або автоматичне для уникне перешкод у вигляді дрібного дна або сміття у воді. Навігація для переміщення здійснюється через супутникове підключення, а прийняття рішень за моделлю нечіткої логіки, що допомагає здійснювати оптимальне переміщення по водному простору. Керування виконується за допомогою дисплею у вигляді планшету на рис 1.4.

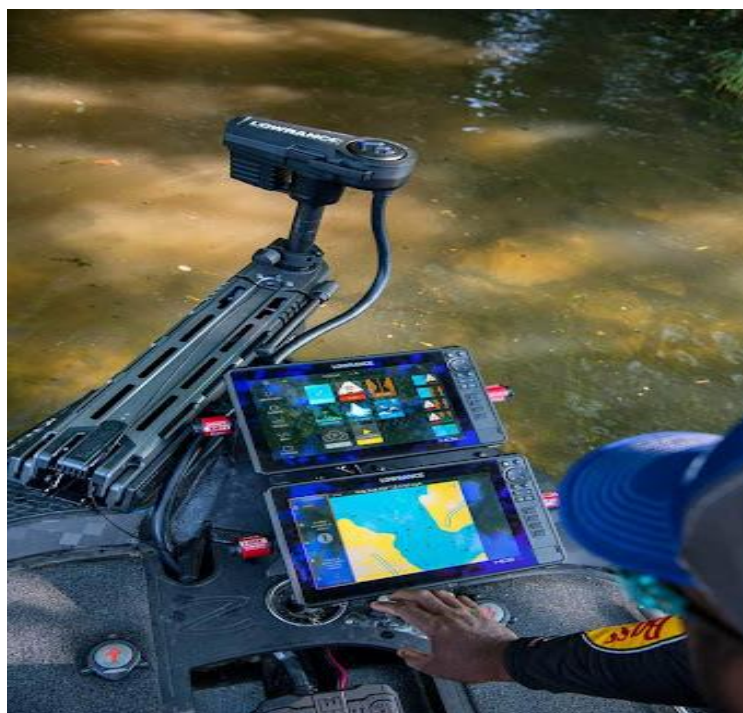


Рисунок 1.4 – Консоль керування Lawrance Ghost

В Японії починають широко використовувати домашніх роботів для догляду за хворими, а в клініках США вже застосовують машини для доставки реєстраційних карт, роздачі ліків і навіть проведення операцій після оголошення діагнозу. Для стимулювання розвитку розробок в області інтелектуальних систем керування роботами були запропоновані декілька модельних задач. Для мобільних колісних, крокуючих, плаваючих і літаючих роботів – це завдання орієнтації і навігації в просторі. Для відпрацювання завдань групового керування, методів управління крокуючих роботів міжнародною асоціацією RoboCup запропоновано завдання гри в футбол.

По-третє, безпілотні літальні апарати (БПЛА) за останні роки стали активними учасниками бойових дій у США, Туреччині та Російській Федерації для забезпечення внутрішньої безпеки країни – від патрулювання кордонів, портів, трубопроводів і інших стратегічних об'єктів до спостереження за населенням. Але у найближчим часом без операторні роботи з'являються на полі битв, а через деякий час будуть патрулювати військові об'єкти чи кордони країн. Новітній робот-пес Vision 60 [7] який представлений на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Розвідувально-штурмовий робот-пес Vision 60

Основою нової бойової системи виступає робот-пес Vision 60 компанії Ghost Robotics, який схожий на робота Spot від Boston Dynamics. В американській армії його вже використовують для регулярних операцій: охорони баз та патрулювання небезпечних територій на зразок боліт.

Чотириногий робот Vision 60 був оснащений нестандартною зброєю, виготовленою фахівцями зі стрілецької зброї Sword International. SPUR або "безпілотна гвинтівка спеціального призначення" призначена для встановлення на різні роботизовані платформи. Вона має 30-кратний оптичний зум, тепловізійну камеру для наведення на ціль у темряві та ефективну дальність дії 1,2 км.

Робот здатний пройти на одному заряді 12,5 км зі швидкістю 7,2 км/год, може стріляти з дистанції 1,2 км у будь-який час доби. Робопес витримує температури від -30 до +55 градусів, може працювати в умовах дощу та туману. Андроїд здатний діяти автономно використовуючу адаптивну нечіку логіку. Йдеться про пошук цілей та наведення зброї, проте передбачається, що команду на постріл віддаватиме оператор.

Китай не має наміру відставати від першопрохідців в області робототехніки. Програма науково-конструкторських робіт зі створення роботів-слуг включена в план 11-ї п'ятирічки. Як Компанія Shanghai Jingwu Intelligent Technology, заснована в 2019 році, виробляє саме роботів для готелів. Роботи пов'язані з місцями для зберігання речей у номерах, телефонами, розумними стовпчиками та іншим обладнанням. Модульна конструкція дозволяє реалізовувати додаткові функції, включаючи, вимірювання температури тіла чи охорону приміщень рис 1.6.



Рисунок 1.6 – Робот-помічник Номе Inn 2021

Дані пробної експлуатації, проведеної великою мережею готелів у Китаї Номе Inn Selected [8], показали, що за робочим навантаженням один робот еквівалентний одному співробітнику готелю і одному охоронцю, що знижує витрати на робочу силу приблизно на 1400 доларів на місяць.

В інтелектуальних роботів, призначених для вивчення та освоєння невідомих людині світів, необхідні максимальна пристосовність і високий рівень інтелекту.

1.2 Аналіз нечітких моделей керування

Для проведення детального аналізу для початку необхідно перш за все дослідити термін нечіткі множини, що є постійним атрибутом при проектуванні моделей з нечітким керуванням. Це допоможе знайти нечіткості та можливі помилки у подальшій розробці роботизовано системи керування .

По-перше, нечіткі множини виступають як узагальнення поняття звичайної множини в тих випадках, коли елемент може належати множині тільки певною мірою. Теорія нечітких множин дозволяє більш адекватно описувати ситуації невизначеності, зумовлені неможливістю чітко описати переваги або множину допустимих альтернатив. Операції над нечіткими множинами можна визначити різними способами залежно від конкретних задач, за умови, що вони будуть правильно виконуватись стосовно чітких множин. Нечіткі числа являють собою особливі нечіткі множини, що задані на множині дійсних чисел рис. 1.7.

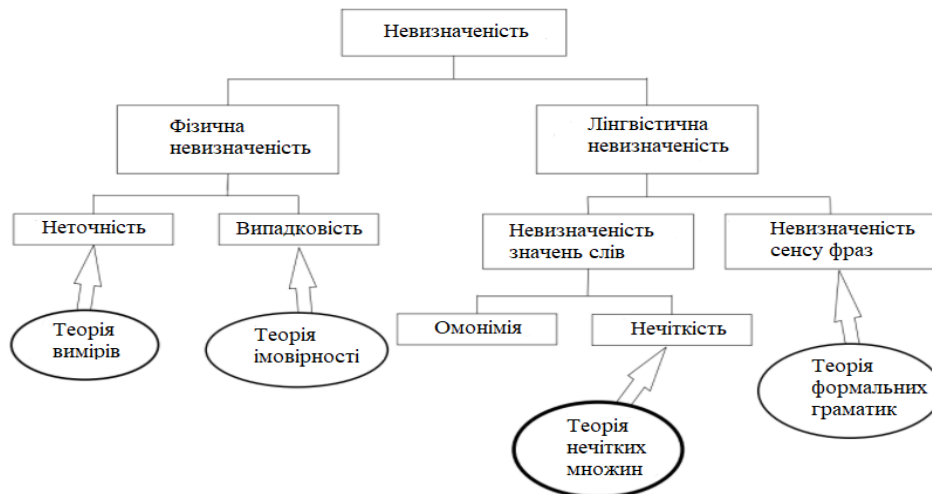


Рисунок 1.7 – Подання структури понять теорії нечітких множин

Концептуально і алгоритмічно нечіткі множини становлять одне з найбільш фундаментальних і базових понять у науці та техніці. Поняття нечіткої множини дуже інтуїтивно зрозуміле і прозоре, оскільки воно відображає те, що дійсно стає суттю способу сприйняття та опису реального світу. Зустріч з категоріями об'єктів, приналежність яких до цієї категорії (концепції) завжди залежить від рівня.

Зрештою, можливо стверджувати, що безперервність переходу від повної приналежності до повного виключення є головною та остаточною рисою фізичного світу та природних систем. Наприклад, ми можемо кваліфікувати внутрішнє середовище як комфортне, якщо його температура підтримується на рівні 20°C .

Якщо спостерігаємо значення $19,5^{\circ}\text{C}$, дуже ймовірно, що ми все ще відчуваємо себе досить зручно. Те ж саме, якщо ми стикаємося з $20,5^{\circ}\text{C}$, люди зазвичай не розрізняють зміни температури в межах 1°C . Значення 20°C повністю відповідає концепції комфортної температури, а значення 0°C або 30°C – ні. У цих двох випадках, а також для температур, близьких до цих двох значень, ми описали б їх як холодні і теплі відповідно. Можливо б поставити запитання, чи вважається температура 25°C теплою або комфортною або, аналогічно, 15°C – комфортною або холодною. Інтуїтивно знаємо, що 25°C – це якимось між комфортним та теплим, а 15°C – між комфортним та холодним. Значення 25°C частково сумісне з терміном «комфортна та тепла» та до певної міри сумісне або, залежно від сприйняття спостерігача, несумісне з терміном холодна температура. Так само ми можемо сказати, що 15°C частково сумісні з комфортною і холодною температурою і злегка сумісні або несумісні з теплою температурою. Незважаючи на цю інтуїтивно зрозумілу категоризацію температури навколишнього середовища на три класи, а саме холодну, комфортну та теплу, ми відзначаємо, що перехід між класами не є миттєвим та різким. Просто під час переходу через діапазон температур ці значення поступово сприймаються як холодні, комфортні чи теплі.

Подібне явище відбувається, коли маємо справу з поняттям зростання людей. Людина зростом 1 м вважається низьким, тоді як людина зростом $1,90\text{ м}$ сприймається як висока. І знову питання, який діапазон значень зростання може визначати людину як високий? Чи можна розрізнити високі та низькі особини зростанням $1,85\text{ м}$? Чи, можливо, $1,86\text{ м}$ було б правильним вибором? Запитуючи ці питання, ми відчуваємо, що вони не мають особливого сенсу. Ми розуміємо, що природа цих понять така, що ми можемо використовувати одне число; перехід між поняттями високого та низького зростання в жодному разі не є різким. Отже, ми не можемо призначити один номер, який виконує цю роботу. Це дає ясний сигнал:

концепція дихотомії не застосовується щодо навіть простих понять. Ілюстрація дихотомії наведена на рис. 1.8 (а). Та навпаки, визначення концепції, не обмежуючись дихотомією, проілюстровано рис. 1.8 (b).

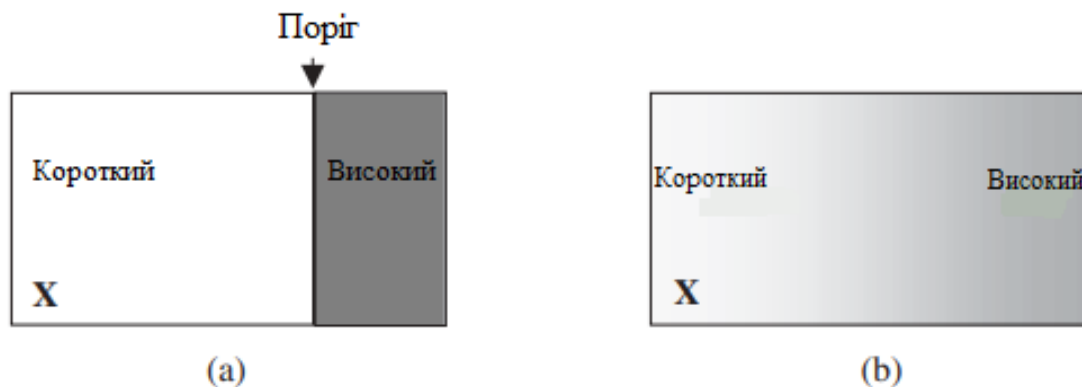


Рисунок 1.8 – Протиставлення концепції множини та принципу дихотомії проти ослаблення концепції повного включення та виключення

Нечіткі множини та відповідні функції приналежності утворюють життєздатну та математично обґрунтовану установку. Говорячи про зріст європейців, ми можемо посилатися на дійсні числа в інтервалі $[0, 3]$, щоб уявити сукупність висот у діапазоні від 0 до 3 метрів. Цей дискурсивний всесвіт підходить для опису концепції високих людей. Позначимо через X універсум дискурсу (простір) всіх елементів. Всесвіт може бути як безперервним, і дискретним. Наприклад, відрізок $[0, 3]$ становить безперервний і обмежений всесвіт, тоді як безліч N натурального числа дискретні та парні, але не мають меж на рис 1.9.

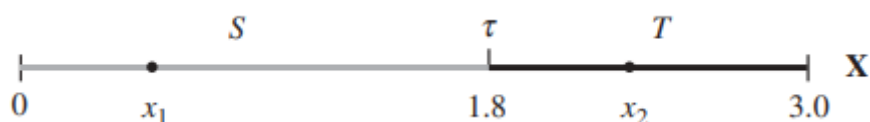


Рисунок 1.9 – Встановлення значення як набір у інтервалах

У нечіткій теорії поняття нечіткості має точне значення. Нечіткість у явний прояв неточності та певного типу невизначеності.

В ході роботи необхідно згадати деякі основи теорії з нечітких систем Заде [7]. Нечітка величина A з основою A характеризується функцією приналежності $f_A(x)$, яка пов'язує з кожною точкою в X дійсне число в інтервалі $[0,1]$, зі значенням $f_A(x)$ в x , які представляють ступінь приналежності x в A . Концепція нечіткої множини призначена для пояснення нечіткості для опису концепцій, об'єктів, подій, явищ або тверджень, що показано на рис 1.10.

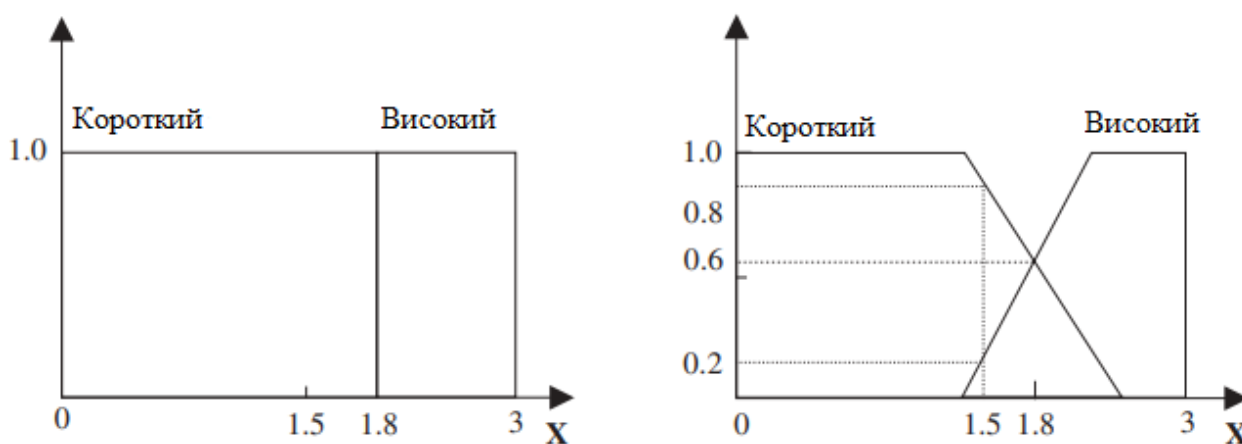


Рисунок 1.10 – Опис функції приналежності

По-перше, варто зазначити, що нечіткість концептуально та формально відрізняється від фундаментального поняття ймовірності. Загалом важко передбачити результат підкидання чесної монети, оскільки неможливо точно визначити, чи відбудеться випадання орла або хвоста. У кращому разі ми можемо сказати, що ймовірність появи орла чи хвоста становить 50%, але щойно монета падає, невизначеність зникає. Але, скажімо, у разі зростання людини висока неточність залишається. Формально нечіткі множини є функціями приналежності, які є відображення певного заданого значення дискурсу в одиничний інтервал, як у (1.9). Навпаки, ймовірність – це функція набору, відображення, всесвіт якого є набір підмножин області.

По-друге, є різницю між нечіткістю, спільністю і двозначністю. Поняття є загальним, коли воно застосовується до багатьох об'єктів і зберігає тільки загальну

істотну властивість. Неоднозначне поняття позначає кілька не пов'язаних між собою об'єктів. Отже, з цієї точки зору нечіткість не означає спільності або двозначності, і додатки нечітких множин виключають ці категорії.

Прикладом може бути випадок, коли ми запитуємо, як вважати середовище комфортним, коли ми знаємо, що поточна температура становить 25°C . Як обговорювалося на початку цього розділу, така кількісна оцінка залежить від ступеня. Наприклад, допускаючи універсум дискурсу обираючи 20°C як представник комфортної температури, ми відзначаємо на рис. 1.11, що ступінь, при якому 25°C є комфортним, дорівнює 0,2. У прикладі ми прийняли шматково-лінійно спадну функції відстані між значеннями температури і репрезентативним значенням 20°C для визначення відповідного ступеня належності.

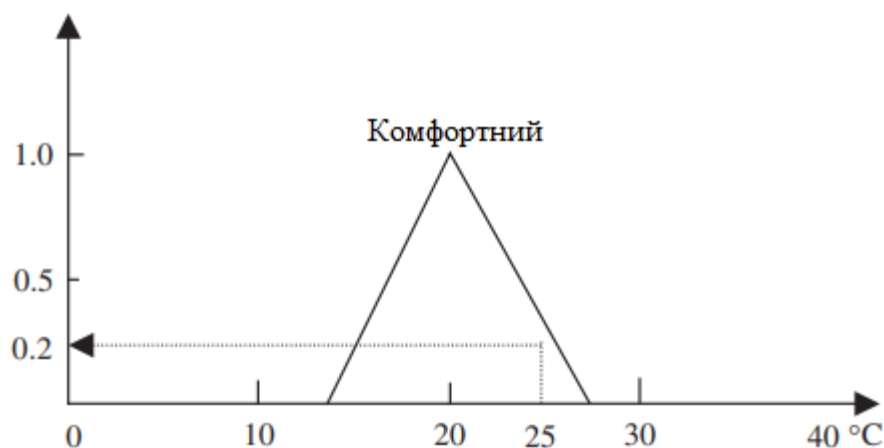


Рисунок 1.11 – Функція для нечіткого набору комфортної температури

Нечітка логіка має справу з невизначеністю в інженерії, надаючи ступінь впевненості відповіді на логічне запитання, який є комерційним і практичним. У комерційному плані нечітка логіка з великим успіхом використовувалася для керування машинами і споживчими товарами. У правильних додатках системи нечіткої логіки прості в розробці і можуть бути зрозумілі і реалізовані нефахівцями в теорії управління.

При дорученні роботу будь-яких завдань на стадії проектування та подальшого навчання системи не можна обійтися без якогось втручання людини. Чим менше команд потрібно роботу, тим простіше його навчання і управління, тим

більш досконалим є робот. Що дозволить уникнути неточних атрибутів під час проектування інтелектуальної системи з нечітким керуванням.

Для початку розглянемо термін нечіткого керування. Нечітке керування – один з актуальних напрямів використання нечітких множин, а також механізму нечіткого логічного виведення на практиці. За допомогою нечітких множин можна моделювати поведінку особи, що приймає рішення в антропотехнічних системах, та поліпшувати показники систем автоматичного й автоматизованого керування за рахунок підвищення точності моделей процесів. Нечітка множина може застосовуватися для опису об'єкта керування або середовища, але більш сучасним є підхід, в основі якого використання нечіткого регулятора, котрий формує вплив на об'єкт керування з урахуванням нечітких правил. Застосувавши для розбиття області припустимих значень вхідних і вихідних параметрів регулятора на нечіткі множини та встановивши між ними відповідність, можна створити базу правил, за допомогою якої формуватиметься автоматичне логічне виведення контролера. Нечіткі контролери складаються з блока фазифікації, формування логічного виведення і блока дефазифікації для отримання керувального впливу. У ролі кожного з блоків можуть розглядатися різні функції, що впливає на якість керування процесами в системі. Для більшого розуміння представимо Схему архітектури системи з нечіткою логікою представлено на рис. 1.12.

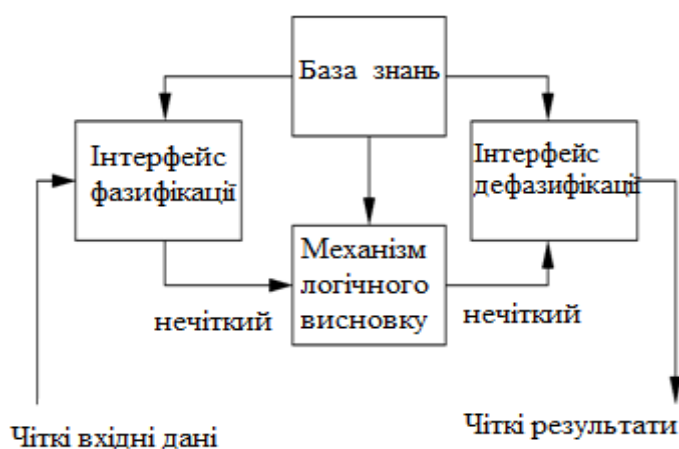


Рисунок 1.12 – Основні архітектурні елементи нечіткої логічної системи

База знань складається з бази правил, визначеної в термінах нечітких правил, і бази даних, що містить визначення лінгвістичних термінів для кожної вхідної і вихідної лінгвістичної змінної. Інтерфейс фазифікації перетворює (чіткі) вхідні значення в нечіткі значення, обчислюючи їх приналежність до всіх лінгвістичним термінам, визначеним у відповідній вхідній області. Конструкція виведення виконує процес нечіткого виведення, обчислюючи ступінь активації і результат кожного правила. Інтерфейс дефазифікації обчислює (чіткі) вихідні значення, комбінуючи вихідні дані правил і виконуючи певне перетворення.

Розглянемо систему контролю для нечіткої системи, представленій на рис. 1.13.



Рисунок 1.13 – Система контролю зі зворотнім зв'язком

Створення інтелектуальної системи тільки із однією метою, відоме як стан. Позначимо як x , стан залежить від його попередніх етапів, стимулів (сигналів), що подаються на виконавчі механізми, та фізики навколишнього середовища. Станом може бути будь-яка поза, швидкість, швидкість, кутова швидкість, сила тощо.

Розпізнавання об'єктів – тривимірні предмети. Процес розпізнавання йде в наступній (послідовності):

- попередня обробка (контурне зображення);
- розпізнавання.

У питанні розпізнавання існує багато моментів, які представляють великий інтерес, наприклад розпізнавання складних фігур, розпізнавання предметів у разі, коли деякі з них поставлені один на інший.

Для функціонування інтелектуального робота він повинен розуміти навколишнє оточення. Робот запам'ятовує реальний світ свого оточення у вигляді деякої моделі, але для оцінки навколишнього оточення одного зору виявляється недостатньо.

Пристрої слуху. Пристрої слуху представлені для досягнення цілей вимірювання і виявлення, ніж для розпізнавання образів. Крім ультразвукових вимірювань, що стосуються місця розташування об'єктів та їх габаритів, пристрої слуху використовують для розпізнавання закінчення операцій і для виявлення незвичайних шумів шляхом уловлювання звуків і шумів на робочому місці за допомогою мікрофонів.

Пристрої дотику. Застосовуються для виявлення місця розташування та безпосередніх вимірювань. Однак, крім цього, тактильну інформацію можна використовувати для розпізнавання стану поверхні предметів і їх властивостей (вага, еластичність тощо.).

У плані конкретизації перерахованих вище методів зв'язку важливе значення мають розробка апаратури для попередньої обробки інформації та дослідження в області структури інформації та машинних мов.

В даний час з причини відсутності нейрокомп'ютерів необхідне розпаралелювання з метою підвищення продуктивності обчислень можна забезпечити інтегрування систем реального часу (СРВ). У СРВ справну роботу пристроїв залежить не тільки від логічної коректності, але і від часу, протягом якого це вираховування виробляються. Реальний час є програмне забезпечення (продукт), затверджене міжнародним стандартом IEEE 610.12 - 1990.

Традиційні підходи для аналізу надійності програмного забезпечення слід розглядати програмне забезпечення в цілому та використовувати тестові дані на етапі тестування програмного забезпечення для моделювання лише взаємодій програмного забезпечення із зовнішнім світом. Вони відомі як моделі чорного ящика. Однак моделі чорного ящика ігнорують структуру програмного забезпечення, побудованого з компонентів, а також надійність окремих компонентів, і тому не підходять для моделювання додатків КСПЗ. Останнім часом

з'явилися методи м'яких обчислень. Оскільки надійність – це реальне питання, багато параметрів під час роботи пов'язані з надійністю. Це робить методи м'яких обчислень ідеальними для оцінки надійності КСПЗ, оскільки ці методи мають справу переважно з невизначеністю. Двома основними методами м'яких обчислень є нейронні мережі та нечітка логіка. У цій роботі ми поєднуємо ці дві методики для оцінки надійності КСПЗ. Як альтернатива системи адаптивного нейронечіткого виведення (АСАНВ) зображена на рис. 1.14.

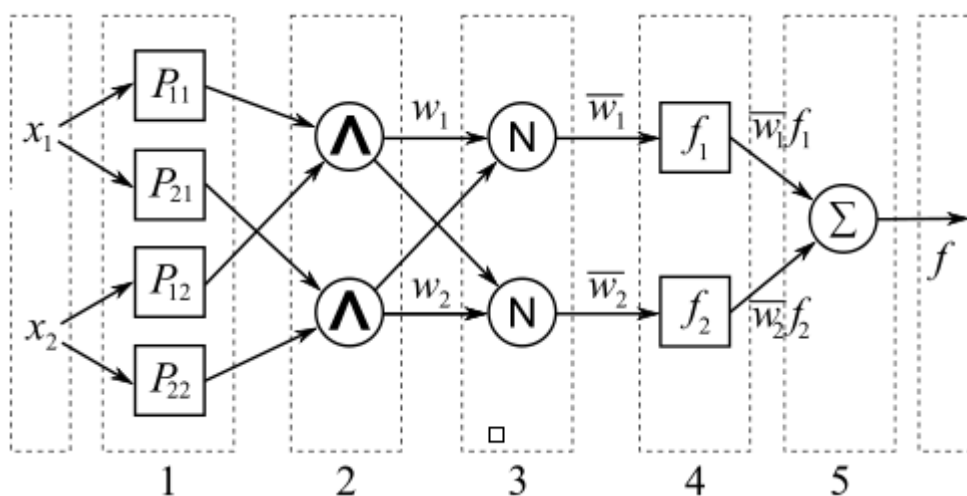


Рисунок 1.14 – Адаптивна нейро-нечітка система виведення

Модель системи адаптивного нейронечіткого виведення для оцінки надійності CBSS. У системі нечіткого висновку правила «якщо-то» сформулюються на основі порад експертів. Однак це досить трудомісткий процес. Перевага АСАНВ полягає в тому, що він поєднує нечітку логіку з можливостями навчання нейронних мереж (НН) для вирішення цієї проблеми. Метою запропонованої нами моделі є інтеграція кращих характеристик нечіткої логіки та нейронних мереж у модель оцінки надійності КСПЗ. Наші результати демонструють, наскільки це покращення порівняно з іншими аналогами.

При розробці нечітких систем необхідно пройти наступні етапи проектування (після вивчення основних понять нечітких множин і систем):

- визначити входи і виходи створюваної системи;

- задати для кожної з вхідних і вихідних лінгвістичних змінних термножини функції приналежності;
- розробити бази правил висновків для реалізованої нечіткої системи;
- провести дефазифікація;
- провести налагодження і аналіз адекватності розробленої моделі в системі реального часу.

1.3 Програмні засоби реалізації інтелектуальних систем керування

Програмне забезпечення, як правило, має дві вимоги до користувачів: надійність та доступність. Надійність потрібна, коли неефективність продукту мав найбільший вплив, тоді як наявність проблем у функціонуванні, коли простої матимуть найбільший вплив. Нажаль важко формально визначити надійність, ми не можемо просто визначити її як двійкове поняття, сказавши, що якщо програма правильна, її надійність дорівнює 1, а якщо вона неправильна, то її надійність становить 0. Замість цього, надійність зазвичай можна вирахувати імовірністю.

Даний напрям інженерії зветься компонентної інженерією програмного забезпечення (КІПЗ) – це спеціалізована форма повторного використання програмного забезпечення, що стосується створення програмного забезпечення з існуючих компонентів, у т.ч. комерційні готові компоненти (КГК), зібравши їх у сумісний спосіб.

Створення програми з використанням безформенної логіки потребує аналізу усіх можливих програмних середовищ, бібліотек та джерел. Під час засоби реалізації нечітких моделей аналізу було знайдено понад 100 пакетів програм, що використовують в тій чи іншій мірі розпливчасту логіку. Лідерами в цій галузі є кілька розробників програмного забезпечення. Їх інструменти орієнтовані на застосування нелінійної логіки в максимальній кількості площин і додатків. Це пакет CubiCalc компаній Hyper Logic, FuzzyTECH (Inform Software), FIDE (Artronix), пакети розширення для MatLab: Fuzzy Logic Toolbox (поставляється з MatLab) і FlexTool для MATLAB компанії Sunar Sys (JanS Sys та тощо.).

Інструменти FuzzyTECH і FIDE Designer відносяться до першої групи представлено на рис 1.15. При моделюванні складних систем основний інтерес представляють програмні пакети з двох наступних один за одним груп. Вартість деяких програм може досягати декількох тисяч доларів при стандартній доставці. І лише деякі з них розглянули можливість адаптивної настройки структур і параметрів не випадковою моделі.

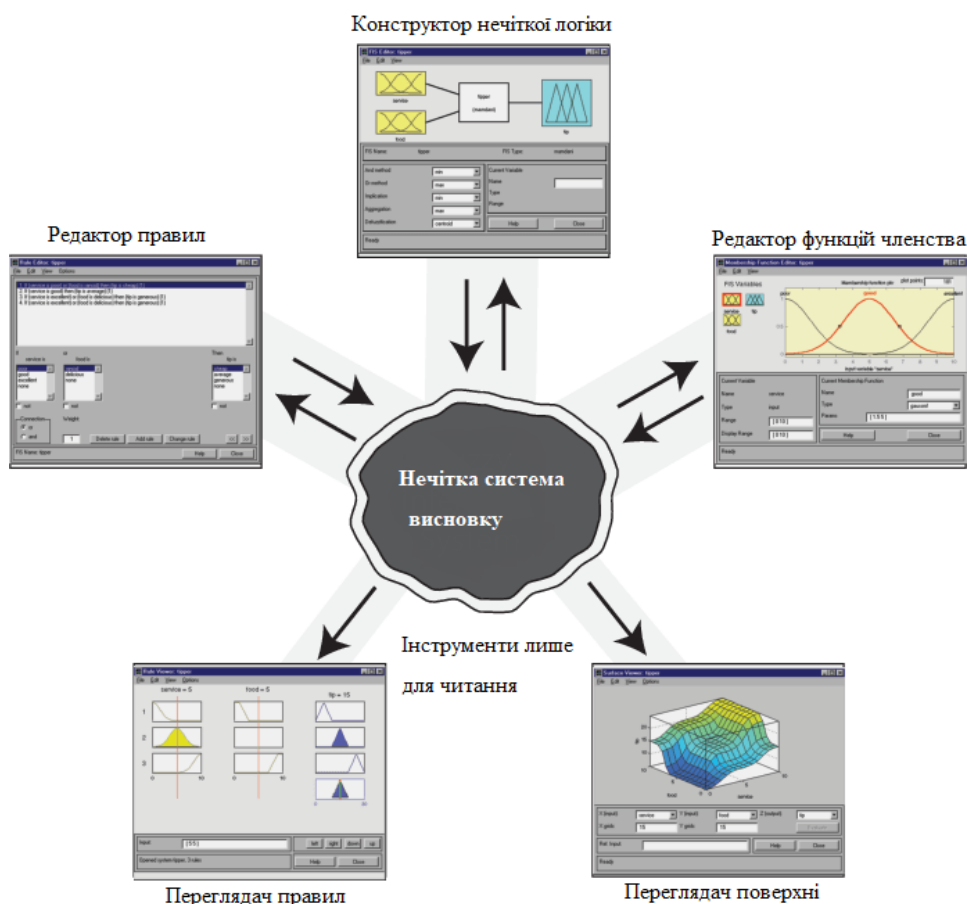


Рисунок 1.15 – Пакет інструментів Fuzzy Logic Designer

FuzzyTECH і Fuzzy Logic Toolbox для MatLab – одні з найбільш універсальних доступних пакетів. Остановімся лише на характеристиках можливостей адаптивної настройки бази знань в цих пакетах. Одне з них полягає в тому, що спочатку формується повна база нечітких правил і кожному з них присвоюється коефіцієнт важливості, спочатку випадковий. Далі вибирається один

з чотирьох методів навчання (RealMethod, RandomMethod, Batch_Learn, Batch_Random).

Досягнення високонадійного програмного забезпечення є складним завданням, навіть якщо поєднуються високоякісні, попередньо перевірені та перевірені компоненти програмного забезпечення. Тому з'явилося кілька методів аналізу надійності компонентних програм. Вони поділяються на дві групи:

- оцінка надійності на рівні системи: надійність оцінюється для програми в цілому;

- оцінка надійності на основі компонентів: надійність програми оцінюється на основі надійності окремих компонентів та їх механізмів взаємозв'язку.

Повторне використання-одна з основних концепцій компонентної розробки. Як випливає з назви, повторне використання означає, як часто компонент використовується в різних додатках.

Операційний профіль для компонента: операційний профіль (ОП), кількісна характеристика того, як буде використовуватися програмне забезпечення, має істотне значення у будь-якому інженерному додатку надійності програмного забезпечення. ОП — це повний набір операцій з їх ймовірністю настання. Надійність може бути різною для різних операційних операцій. Оперативна програма для будь-якого компонента описує вхідні дані, що надходять до компонента.

На ринку представлена велика різноманітність програмних засобів (ПЗ) призначених для реалізації нечітких експертних систем і вирішення завдань нечіткого моделювання. Однак незважаючи на актуальність вирішення завдання вибору програмного продукту, яких задовольняє певним вимогам, до сих пір не існує єдиної методики комплексної оцінки програмних засобів.

Застосувавши вказаний метод в задачі вибору ПС реалізації нечітких експертних систем, також можуть бути вирішені наступні підзадачі:

- виділити основні функції ПС;
- визначити групи схожих ПС;
- ранжувати ПС по функціональній повноті;

- визначити ПС, що перевершують інші;
- зіставити порівнювані ПС до вимог вимогам еталонної моделі.

Синтез та використання сервісу. Локальні інструменти мають модулі для синтезу та використання вбудованої моделі для таких мов, як C/C ++, Python, Java або VHDL (для FPGA), які дозволяють її інтегрувати в інші програми та системи на рис. 1.16. Тим не менш, коли ми маємо справу з нечіткими системами в хмарних обчисленнях, цей спосіб експлуатації не має сенсу через хмарність. Це означає, що модель, побудована як служба, може бути повністю інтегрована з іншими службами хмарних обчислень.



Рисунок 1.16 – Локальні інструменти проектування у системі Fuzzy Logic

Ця перевага повністю використовується при моделюванні нечітких систем у хмарних обчисленнях. Наприклад, при побудові нечіткої моделі певні функції або системи, такі як управління базою нечітких правил, можуть бути реалізовані в інших сервісах, так що саме моделювання може ними скористатися, виконавши композицію послуг в кінці. Це означає велику гнучкість у використанні ресурсів як послуг, що пропонуються постачальниками хмарних обчислень.

Традиційна концепція системи на основі правил, природно, поширюється на нечітку систему на основі правил, коли деякі або всі його компоненти мають нечітку природу. Найчастіший випадок, коли правила є умовними. Щодо структури

правила існують дві широко використовувані моделі Мамдані та Такагі-Сугено-Кан (ТСК). Архітектура моделі Мамдані, що складається з чотирьох ключових компонентів:

- нечіткість: перетворює чіткі вхідні дані у нечіткі значення,
- база знань: зберігає базу даних та базу правил,
- механізм висновків: виконує операції обґрунтування на нечіткі правила та вхідні дані,
- дефазифікація: створює чіткі значення з лінгвістичних значень для отримання вихідного результату.

У моделі Мамдані правила, як попередні, так і наступні, складаються з лінгвістичних змінних відповідно до цієї моделі. Представлення деревом рішень, при цьому оцінка можливих результатів здійснюється з допомогою функцій приналежності. Обчислення нечітких оцінок альтернативних рішень проводиться на основі спостережуваних або суб'єктивно; призначених ймовірностей подій. Пакет дозволяє вирішувати завдання прогнозування якості угод з урахуванням ряду обчислюються показників, в тому числі ймовірного доходу від угоди; ступеня ризику (ймовірність беззбиткового результату операції); ступеня невизначеності результату; частки середневоятному прибутку в загальній сумі угоди і т.п.

К відомим алгоритмічно-орієнтованим програмним продуктам відносяться пакети CubiCalc і NeuFuz. Пакет CubiCalc надає набір засобів для побудови нечітких моделей, в тому числі нечіткий редактор для введення і редагування значень ЛП, відповідних їм нечітких множин і правил; оператори, що дозволяють змінювати значення ЛП з допомогою спеціальних модифікаторів (наприклад, кілька, дуже); вагові коефіцієнти містить нечіткий словник і редагує базу знань. Результати нечіткого виведення представляються у вигляді двовимірної решітки. Поєднання програмних та апаратних допомагає створювати інтелектуальну систему, як рукавичка здатна передавати ефект від взаємодії з об'єктами, наприклад, захоплення предмета або дотику до поверхні. Крім цього, їй можна користуватися як VR-контролер завдяки маркерам, які дозволяють відстежити рухи пальців. Рукавичка аналізує довкілля та змінює тиск в окремих приводах для

імітації дотику. Наприклад, при дотику можна відчувати, як об'єкт вдавлюється в шкіру, а якщо взяти його в руку рукавичка створить відчуття опору на сонові нечіткої системи логіки на рис 1.17.

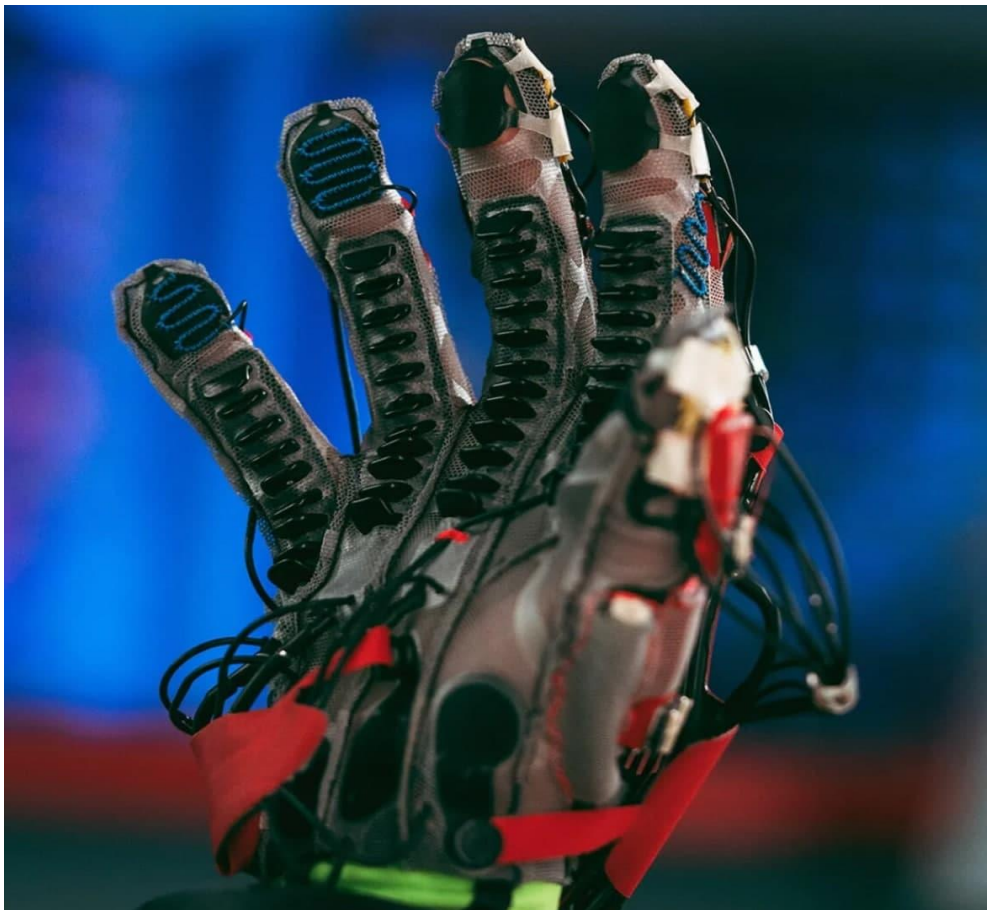


Рисунок 1.17 – Рукавичка Meta Glove

Система NeuFuz поєднує в собі нечітке виведення і нейронну мережу, яка використовується для автоматичного формування правил і функцій приналежності за прикладами, що формує базу знань для цієї рукавиці..

Відмінною рисою системи Fide є креативний модуль, що включає підсистему аналізу і підсистему моделювання. Оточення для розробки нечітких ЕС Fuzzy ТЕСН містить безліч редакторів, призначених для створення вхідних і вихідних змінних, функцій приналежності і правил. Дане середовище породжує програмні коди інтелектуальних систем на мові С / С ++ та іншими мовами, орієнтованих на спеціальні мікроконтролери.

Пакет Fuzzy Logic Toolbox for MatLab має ширші можливості в порівнянні з FuzzyTECH для апроксимації нелінійних залежностей адаптивними нечіткими моделями [8]. Важливим плюсом є той факт, що математична середу MatLab популярна в СНД і є достатня кількість документації та інформаційних джерел по її застосуванню. Основні функції і алгоритми в розширенні Fuzzy Logic Toolbox реалізовані для механізму виведення Сугено (ТСК). В Fuzzy Logic Toolbox також відсутня. Ця можливість доступна в іншому пакеті розширення для MatLab пакету FlexTool компанії SynapSys на рис. 1.18.

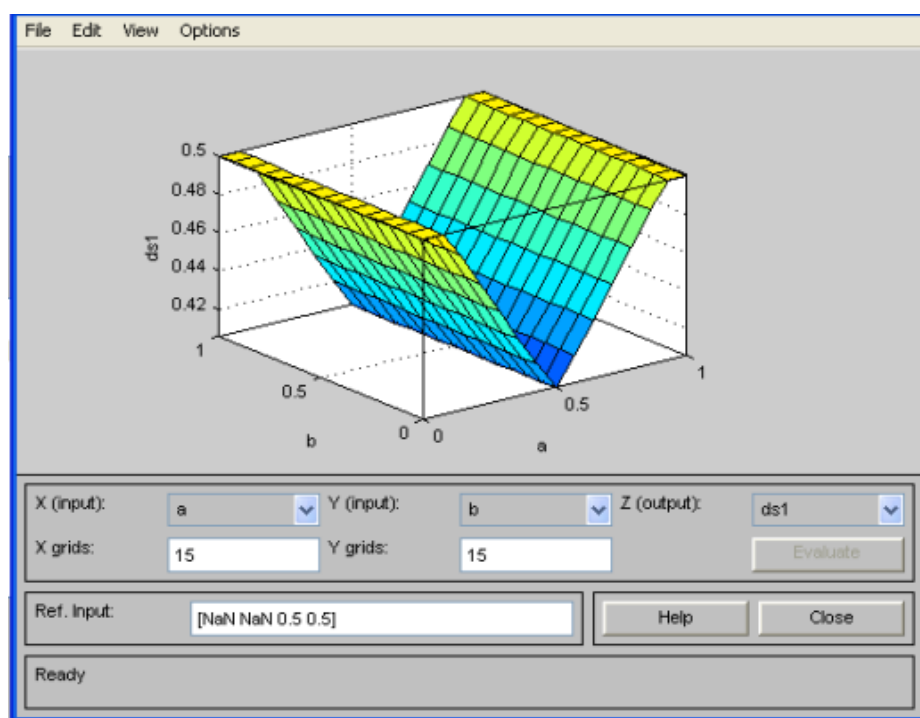


Рисунок 1.18 – Поверхня нечіткого виведення для розробки нечіткої моделі через пакет FlexTool Fuzzy logic

Це немаловажний з широко відомих комерційних пакетів, в якому є можливість повної генетичної настройки всіх частин нечіткої моделі. На вибір досліднику пропонується три типи функцій приналежності (трикутна, трапецеїдальних і гауссова), 10 способів нечіткої імплікації (по Заде, Мамдані тощо.), 19 способів суперпозиції нечітких множин (включаючи такі рідкісні, як Дюбуа, Домбі, Ягер і тощо.), 8 методів дефазифікації і два механізми виведення – Мамдані і Сугено. Адаптивна нечітка модель здатна налаштуватися під конкретний

спосіб дефазифікації, тому критерієм вибору того чи іншого способу повинна бути представлена його найменша обчислювальна складність. Для навчання моделі на експериментальних даних є можливість вибору з трьох типів генетичного алгоритму – стандартний ГА, мікро-ГА (Micro-GA) і стійкий ГА (Steady State GA).

Для будь-якої системи програмного забезпечення існує дві вимоги користувача: надійність та доступність. Надійність потрібна, коли продуктивність виробу матиме найбільший вплив. Обмеженням моделі є те, що чотири фактори, для яких модель була реалізована, є найбільш критичними факторами можуть бути й інші відповідні фактори, які слід використати. Одним з таких факторів є щільність помилок, але наразі ми маємо доступні дані лише для чотирьох факторів, тому додавання цього коефіцієнта залишається для подальшої роботи.

1.4 Висновки до розділу

Дослідивши ІС керування у цьому розділі за допомогою таких рішень, як системи навігації, обробки даних, апаратних рішень, дає змогу використати їх, як атрибути для майбутньої розробки робототехнічної системи.

Також були дослідженні нечіткі моделі керування, а саме основні методи, атрибути та аспекти, що будуть впливати на майбутню розробку нечіткої моделі керування роботом та його аналізу робочого простору. Такі, як визначити входи і виходи створеної системи, провести фазифікацію та дефазифікацію отриманих даних тощо.

Також в ході опрацювання цього розділу були представлені приклади програмних засобів реалізації систем керування. Створення програмного забезпечення з використанням безформенної логіки потребувало аналізу усіх можливих програмних середовищ, бібліотек та джерел. Під час засоби реалізації нечітких моделей аналізу було знайдено понад 10 пакетів програм використовують розпливчасту логіку, які можливо використати у майбутньому дослідженні.

2 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ МОБІЛЬНОГО РОБОТА ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

2.1 Постановка завдання прийняття рішень

Постановка завдання прийняття рішень для нечіткої моделі безпосередньо спрямована на визначення найкращого (оптимального) способу дій для досягнення поставленої мети. Під метою завдання мається на увазі ідеальне реалізація чи моделювання бажаного стану або результату діяльності. Проведення аналізу для подальшої розробки та проектування можливих засобів усунення складностей становить сутність задачі прийняття рішень. Тому необхідно виявити, який вигляд має завдання.

Мобільний робот з нечіткою моделлю керування має бути здатний розумно орієнтуватися в неконтрольованому середовищі без необхідності використання фізичних або електромеханічних приладів наведення з використанням різних методів управління на основі датчиків. Ця здатність автономної роботи сьогодні активно використовується в різних сферах, таких як безпека, медицина, промисловість, дослідження космосу, рятувальні роботи, ліквідація наслідків стихійних лих тощо. Мобільний робот досить гнучкий, щоб успішно завершувати ці завдання як у статичному, так і в динамічних середовищах.

Як уникнути перешкод під час навігації робота, як глобальної, так і локальної – головне завдання дослідників робототехніки. Глобальна навігація означає, що мобільному роботу навколишнє середовище повністю відоме. Дійсно були застосовані різні методи для пошуку вирішення глобальних проблем навігації, зокрема, штучного потенційного поля, розподілення на сітки, графік видимості тощо. Натомість у місцевій площині навколишнє середовище повністю або частково непередбачувана для мобільного робота, який контролює його рух за допомогою різних обладнаних датчиків.

Завдання прийняття рішення моделі з нечіткою логікою полягає у формуванні безлічі можливих варіантів, що забезпечують вирішення проблемної ситуації при існуючих обмеженнях, і виділення серед цих варіантів одного кращого або декількох кращих варіантів, що задовольняють пропонованим до них вимогам. Формально задачу прийняття рішення D можна записати в наступному узагальненому вигляді:

$$D = \langle F, A, X, G, P \rangle, \quad (2.1)$$

де F – формулювання задачі прийняття рішення, яка включає в себе змістовний опис стоїть проблеми і при необхідності її модельне уявлення, визначення мети або цілей, які повинні бути досягнуті, а також вимоги до виду остаточного результату;

A – множина можливих варіантів (альтернатив), з яких проводиться вибір. Це можуть бути реально існуючі варіанти, в якості яких в залежності від контексту завдання виступають об'єкти, кандидати, способи досягнення мети, дії, рішення і т. П., або гіпотетичне безліч всіх теоретично можливих варіантів, яке може бути навіть нескінченним. Вибір виникає тільки тоді, коли є не менше двох можливих варіантів вирішення проблеми;

X – сукупність ознак (атрибутів, параметрів), що описують варіанти і їх відмінні риси. В якості ознак виступають, по-перше, об'єктивні показники, які характеризують ті чи інші властивості, властиві варіантам, і які, як правило, можна виміряти; по-друге, суб'єктивні оцінки, які зазвичай даються по спеціально відібраним або сконструйованими атрибутами, що відображає важливі для учасників вибору риси варіантів.

G – сукупність умов, що обмежують множину можливих варіантів вирішення проблем. Обмеження можуть бути описані як змістовним чином, так і задані у вигляді деяких формальних вимог до варіантів і / або їх ознаками. Наприклад, це можуть бути обмеження на значення якого-небудь ознаки або різна ступінь характерності (виразності) ознаки для тих чи інших варіантів, або неможливість одночасного поєднання певних значень ознак для реально існуючих варіантів.

P – переваги одного або декількох ОПП, які служать основою для оцінки і порівняння можливих варіантів вирішення проблеми, відбору допустимих варіантів і пошуку найкращого або прийняттого варіанту. Досить часто для спрощення постановки задачі прийняття рішення частина інформації, яка описує переваги ОПП, перетворюється в обмеження.

Точна та надійна навігація в динамічному або невідомому середовищі спирається на здатність роботів рухатися серед хистких об'єктів без зіткнень та швидкої реакції на невизначеність. Надзвичайно бажано розробляти ці плани, використовуючи технічні засоби, що використовує людське міркування та згідно ним приймає рішення. Нечітка логіка є засобом захоплення досвіду людського розуму. Він використовує ці евристичні знання для представлення та досягнення методології для розробки стратегій сприйняття та дії для навігації мобільних роботів. Крім того, методологія управління нечіткою логікою (УНЛ) дуже корисна для вирішення невизначеностей у реальному світі, і точна модель середовища не є абсолютно необхідною для навігації. Тому, спираючись на просту конструкцію, легку реалізацію та властивості міцності УНЛ, було розроблено багато засобів для вирішення питань навігації мобільних роботів у площині відстеження цілей, відстеження пеереміщення, уникнення об'єктів, координації поведінки, моделювання середовища та інтеграції шарів Саффіотті [9]. У цьому розділі розглядаються запропоновані нечіткі методи управління, які використовували нечіткі набори для контролю швидкості, контролю обертання та злиття команд з акцентом на трьох найпопулярніших категоріях: відстеження шляху, уникнення перешкод та координація поведінки.

Відстеження контуру є важливою особливістю для автономних інтелектуальних роботів задля переміщення по оптимальному шляху. Це завдання включає відстеження раніше обчислених траєкторій руху за допомогою планувальника координат, визначений шлях оператором, відстеження стін, країв доріг та інших природних особливостей робочого простору робота. Він передбачає сприйняття навколишнього середовища в реальному часі для визначення положення та орієнтації робота щодо бажаного шляху. Наприклад, якщо робот

неправильно розміщений, завдання контролера полягає в тому, щоб повернути його назад на курс і мінімізувати помилку орієнтації ($\Delta\phi$) та помилку положення (Δx) [10]. Труднощі відстеження шляху у справі з неточним або неповним сприйняттям навколишнього середовища, уявлення про неточність у вимірах,

Оллеро [11] розробили новий метод відстеження нечіткого шляху шляхом поєднання нечіткої логіки з геометричним чистим переслідуванням та узагальненими методами прогнозування управління. Нечітка логіка застосовується для контролю відстежувачів шляхів. Вхідне значення нечіткого – це поточний стан робота на шляху до генерування відповідного кута повороту. Новий підхід, запропонований Браунстінгль [12] для вирішення настінного слідування мобільних роботів на основі концепції загального сприйняття. Для побудови загального сприйняття навколишнього середовища на основі вимірювальних даних, наданих усіма датчиками та представляють їх, призначається вектор сприйняття до кожного ультразвукового датчика. Всі ці вектори, що додаються, потім об'єднуються в єдиний вектор загального сприйняття. Потім нечіткий контролер використовує інформацію сприйняття, щоб направляти робота вздовж довільних стін та перешкод. Санчес тощо. [13] запропонував нечітку систему управління для відстеження шляху автономного транспортного засобу у зовнішньому середовищі. Нечіткий контролер використовується для генерування керма та швидкості, необхідної для відстеження шляху, використовуючи дані, зібрані з експериментів керування транспортним засобом людиною. Бенто тощо. [14] реалізували метод відстеження шляху за допомогою нечіткої логіки для колісного мобільного робота. Вхідними змінними нечіткого контролера є положення та орієнтація робота щодо шляху. Вихідними змінними є лінійна швидкість та кутова швидкість. Хаджаджі та Бентальба [15] розробили нечіткий контролер для відстеження траєкторії руху транспортних засобів, використовуючи його модель нелінійної динаміки. Нечітка модель Такагі – Сугено (T – S) представляє нелінійну модель транспортного засобу. Потім на основі нечіткої моделі T – S розробляється модельний нечіткий контролер. Робот, що слідує за стіною, робот контролюється за допомогою нечіткого контролера, щоб вести його по заздалегідь визначеному шляху.

Антонеллі тощо. [16] розглядають підхід до відстеження шляху, заснований на наборі правил з нечіткою логікою, що імітує поведінку людини за кермом. Вхідний сигнал нечіткої системи представлений приблизною інформацією, що стосується знання кривизни бажаного шляху попереду транспортного засобу та відстані між наступним поворотом та транспортним засобом. Вихідне значення – це максимальне значення лінійної швидкості, необхідне для досягнення автомобілем, щоб безпечно їхати по трасі Ю. Бай. тощо [17] використовували метод Тагучі для розробки оптимального контролера нечіткої логіки для відстеження траєкторії руху колісного мобільного робота на рис. 2.1.

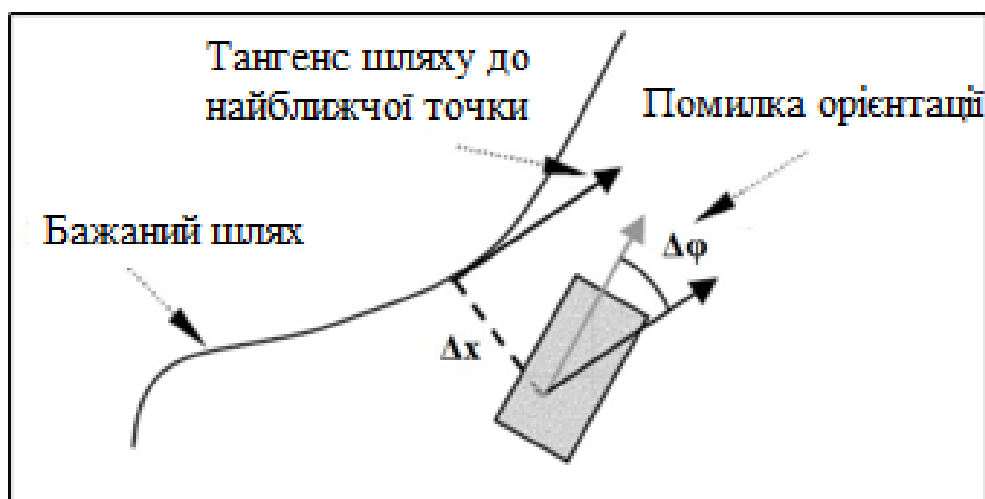


Рисунок 2.1 – Типові вхідні змінні керування для відстеження шляху

Здатність робота уникнути зіткнення з непередбаченими або динамічними перешкодами під час його руху до цілі або відстеження шляху – життєво важливе завдання в автономній навігації. Ю. Бай [18] навігаційні стратегії можна віднести до глобального планування маршруту та планування місцевого шляху. У глобальному плануванні шляхів доступна інформація про перешкоди та глобальна модель навколишнього середовища, яка переважно містить простір конфігурації, дорожню карту, діаграму Вороного та методи потенційного поля використовуються для планування безперешкодного шляху до цілі. Однак у реальному світі надійна карта перешкод, точна модель середовища та точні сенсорні дані недоступні через невизначеність навколишнього середовища. Хоча

розрахований маршрут може залишатися дійсним, але для того, щоб відповісти на непередбачені або динамічні перешкоди, роботу необхідно змінити свій шлях в режимі онлайн. У таких ситуаціях нечітка логіка може забезпечити надійні та надійні методології, що стосуються неточних даних з низькою обчислювальною складністю. Протягом останніх років були представлені різні підходи щодо уникнення перешкод, які пропонували ефективно вирішення проблем навігації в невідомих та динамічних середовищах.

Розглянемо двошарову нечітку систему висновків, в якій перший шар сплавляє показання датчика. Лівий і правий зазори робота були знайдені як результати першошарової нечіткої системи. Виходи першого шару разом із цільовим напрямком використовуються як входи другого шару. Врешті-решт кінцевими виходами контролера є лінійна швидкість і швидкість повороту робота.

Система нечіткого представлення висновку другої стадії використовує методи запобігання зіткненням, переслідування перешкод та відстеження цілей для досягнення надійної навігації в невідомих середовищах. Дадіос та Маравіллас [19] запропонували та впровадили нечіткий підхід управління для кооперативних футбольних мікророботів. Планувальник генерує шлях до пункту призначення та нечітку логіку контролює напрямку руху робота, щоб уникнути перешкод та інших роботів, при цьому враховується динамічне положення перешкод, м'яча та роботів.

Реактивний метод навігації для всеспрямованих мобільних роботів з використанням нечіткої логіки. Нечітка база правил генерує виконуючу команду для отримання вільних рухів від зіткнень у динамічному середовищі. Нечітка логіка також забезпечує регульовану прозору систему за набором правил навчання або вручну. Сераджі та Говард [20] розробили на основі поведінки метод навігації на складних місцевостях за допомогою нечіткої логіки.

Стратегія навігації складається з трьох варіантів поведінки. Поведінка локального уникнення перешкод складається з набору нечітких логічних правил, які генерують швидкість робота на основі відстані перешкоди. Система управління, що містить контролер нечіткої логіки та мережу Петрі [21] для навігації з декількома роботами. Нечіткі правила спрямовують робота відповідно до

розподілу перешкод або положення цілей. Оскільки положення перешкоди точно не відоме, для того, щоб уникнути перешкод у загроможеному середовищі, нечітка логіка є належною технікою для цього завдання.

Поєднання контролера нечіткої логіки та набору правил запобігання зіткненням, реалізованих як модель мережі Петрі, вбудованої в контролер мобільного робота, дозволяє уникнути перешкод, що включають інших мобільних роботів. Нечіткий контролер, для уникнення перешкод автономному транспортному засобу з використанням негативних нечітких правил.

Негативні нечіткі правила визначають набір дій, яких слід уникати, щоб направити транспортний засіб до цілі за наявності перешкод. цілей та уникнення перешкод мобільного робота.

Прийняття рішень здійснюється за допомогою нечіткої стратегії управління, що базується на чутливому середовищі з використанням інформації стереобачення. Захист від нечітких перешкод на основі зору, запропонований для гуманоїдного робота Найближча перешкода для робота, захопленого системою зору, і різницевий кут між напрямком цілі та курсом робота, виміряний електронним компасом, є входами нечіткої системи для прийняття рішення щодо відповідного руху робота в невідомому середовищі. Захист від нечітких перешкод на основі зору, запропонований для гуманоїдного робота у.

Найближча перешкода для робота, захопленого системою зору, і різницевий кут між напрямком цілі та курсом робота, виміряний електронним компасом, є входами нечіткої системи для прийняття рішення щодо відповідного руху робота в невідомому середовищі. Захист від нечітких перешкод на основі зору, запропонований для гуманоїдного робота. Найближча перешкода для робота, захопленого системою зору, і різницевий кут між напрямком цілі та курсом робота, виміряний електронним компасом, є входами нечіткої системи для прийняття рішення щодо відповідного руху робота в невідомому середовищі.

2.2 Розробка нечіткої моделі керування мобільним роботом

В ході розробки нечіткої моделі керування, необхідно звернути увагу контролер з нечіткою логікою на основі безмодельного підходу (без використання математичної моделі керованої системи) і на основі модельного підходу. Зазвичай ці нечіткі контролери можуть використовуватися для прямої заміни традиційної схеми управління в контурі управління, щоб виконувати керуючі дії незалежно. Цей загальний підхід нечіткої логіки управління працює для відстеження траєкторії для звичайної, навіть складної динамічної системи, яка не має точної математичної моделі.

Базова установка моделі керування показана на рис. 2.2, де об'єкт являє собою звичайну систему без математичного опису і всіх сигналів (уставка s_c , вихід $q(t)$, управління $s(t)$ і помилка $e(t) = s_c - q(t)$) чіткі. Мета тут полягає в тому, щоб розробити контролер для досягнення мети $w(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$, без будь-яких математичних формул об'єкта, за винятком припущення, що його входи і виходи вимірюються датчиками на лінії.

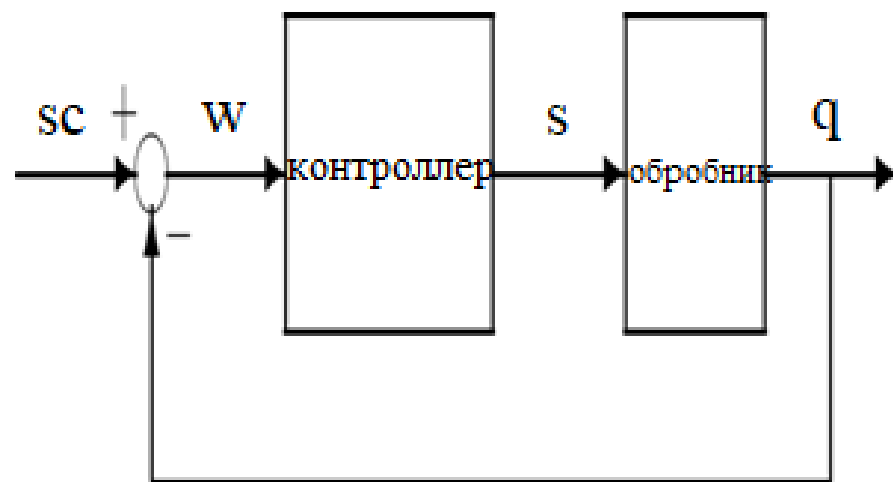


Рисунок 2.2 – Схематична модель мобільного робота

Вперше розроблений контролер, що застосував нечіткої логіки від Заде, широко використовується в різних інженерних сферах включаючи мобільну робототехніку. Зазвичай ці нечіткі контролери можуть використовуватися для

прямої заміни традиційної системи управління з нечіткою логікою, щоб виконувати керуючі дії незалежно. контролери з нечіткою логікою можуть бути спроектовані навіть без будь-якої інформації про структуру системи для задач відстеження уставок, за умови, що системні входи-виходи (але не стану) можуть бути виміряні і використані в режимі онлайн. Інформація введення-виведення також важлива для багатьох традиційних методів ідентифікації систем, які можуть бути отримані наприклад за допомогою датчиків, сенсорів.

Якщо доступна математична модель системи з нечіткою логікою або її досить добре наближення до реального значення чи інформації, можна розробити контролер з нечіткою логікою з кращими результатами, такими як технічні характеристики і гарантована стабільність. Це становить заснований на моделі підхід нечіткого управління.

Іноді вищезгадана нечітка модель недоступна в додатках, а саме, немає повного знання про локальні матриці лінійної системи, за винятком деяких даних часових рядів, отриманих з базової системи. У цьому випадку стає необхідною ідентифікація нечіткої системи або моделювання нечіткої системи.

Всебічна обґрунтованість рішення системи означає, перш за все, необхідність прийняття його на базі максимально повної і достовірної інформації. Однак тільки цього недостатньо. Рішення повинно охоплювати весь спектр питань, всю повноту системи керування мобільним роботом. Для цього необхідне знання особливостей, усіх можливих варіантів переміщення керуючої систем і навколишнього середовища. Всебічна обґрунтованість рішень вимагає пошуку нових форм і шляхів обробки мислення та алгоритму прийняття рішень системи. Модуль фазифікації перетворює фізичні значення поточного сигналу процесу (а саме, сигнал помилки рис. 2.2) в нечітку множину, що складається з інтервалу дійсних чисел (для діапазону значень вхідних сигналів) і функції приналежності який описує ступеня належності вхідних сигналів цього інтервалу в кожен момент процесу управління. Мета цього блоку фазифікації – зробити вхідний фізичний сигнал сумісним з правилами управління нечіткою логікою, розташованими в ядрі

контролера. Тут і інтервал, і функція приналежності вибираються розробником відповідно до його знаннями про природу і властивості даної проблеми.

Рішення поставленої задачі можливо у модельно орієнтованому підході керування. Контролери з нечіткою логікою можуть бути спроектовані навіть без будь-якої інформації про структуру системи для задач відстеження уставок, за умови, що системні входи-виходи (але не стану) можуть бути виміряні і використані в режимі онлайн. Але інформація введення-виведення також важлива для багатьох традиційних методів ідентифікації систем [14], які можуть бути отримані за допомогою датчиків.

Якщо доступна математична модель системи або її досить хороше наближення, можна розробити контролер з нечіткою логікою з кращими результатами для цього є адаптивне нечітке управління.

У прямому адаптивному нечіткому керуванні параметри безпосередньо регулюються відповідно до деякого адаптивного законом, щоб зменшити (в ідеалі усунути) різницю між виходом об'єкта і еталонної моделі. Параметри в такому нечіткому контролері – це параметри функцій приналежності і / або правил, заданих в нечіткій системі. При адаптивному управлінні ці параметри автоматично налаштовуються в процесі управління по закону адаптації.

Прямий адаптивний нечіткий контролер можна спроектувати в три етапи:

- визначити деякі нечіткі множини, функції приналежності яких покривають все операційне простір для необхідного управління; (
- використовувати деякі нечіткі правила IF-THEN для створення вихідної бази правил для контролера, в якій деякі параметри можуть змінюватися;
- розробити адаптивний закон, заснований на теорії стійкості Ляпунова для управління і стабілізації, для настройки вільних параметрів [5, 6].

Рен тощо. [21] використовував методи нечіткої логіки для вирішення проблем навігації в дивному та мінливому середовищі. У С. К. Прадхан [22] застосував контролер нечіткої логіки, щоб забезпечити навігацію тисячі роботів у абсолютно невідомому середовищі. Він був побудований з використанням трикутних, трапецієподібних і гауссівських функцій належності. Потім

порівнювали вистави, а функції членства Гауса виявилися більш потужними та ефективними. У своїй роботі Юсфі та ін [23] створив новий контролер нечіткої логіки для вирішення навігаційних проблем мобільного робота. Вони розробили метод Градієнта для оптимізації змінних функцій належності нечіткого контролера Сугено. Розробники [24], автори виявили керування на основі поведінки за допомогою контролера нечіткої логіки для навігації мобільного робота в незрозумілому середовищі. Вони розробили чотири основні завдання: перейти до цільової поведінки, поведінки уникнення перешкод, відстеження поведінки та розблокування тупика поведінки.

Навігація мобільного робота заснована на оснащеному датчики з використанням контролера нечіткої логіки запропоновано Ву та співавт. [25], розробив нечітку логіку з контролером генетичного алгоритму для мобільного робота-конвеєра в середовищі каналу. Нечіткий контролер надав початкову функцію членства та нечіткі правила. Генетичний алгоритм прийняв найкраще значення для оптимізації нечіткого контролера планування шляху проблеми. Провела порівняльне дослідження між моделлю нечіткої логіки Такагі-Сугено та Мамдані [26], для автономної навігації мобільних роботів у непередбачуваних середовищах. Вони з'ясували, що нечітка модель Мамдані дала кращі результати і що нечітка модель Такагі Сугено [27], займає менше місця в пам'яті в мікрологічний контролер, який гарантує автономну навігацію в дивному середовищі визначити своє справжнє положення в навколишньому середовищі. Для роботи над нечіткої моделі розглянемо кінематично модель мобільного робота.

Розглянемо диференціальний мобільний робот Khepera III. Схематична модель робота зображена на рис. 2.3.

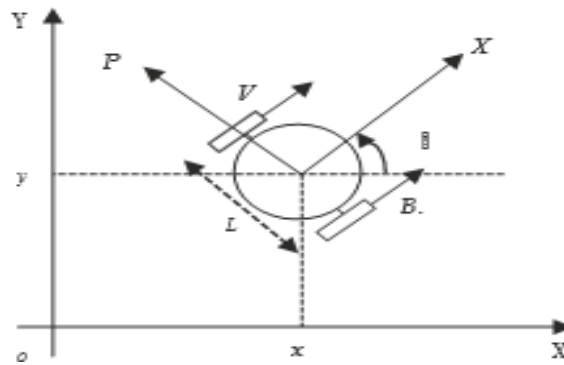


Рисунок 2.7 – Схематична модель мобільного робота

Кхерера III оснащена дев'ятьма інфрачервоними датчиками, що використовуються для вимірювання відстані, двома двигунами постійного струму та двома кодерами.

Математична кінематична модель двокілісного мобільного робота задається такими рівняннями:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{V_R + V_L}{2} \cos\theta, \quad (2.2)$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{V_R + V_L}{2} \sin\theta, \quad (2.3)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{V_R - V_L}{L}, \quad (2.4)$$

де V_R та V_L – представляють, відповідно, праву та ліву швидкість двокілісного мобільного робота;

θ – це орієнтація двох-кілісний мобільний робот;

L – це відстань між двома колесами робота.

Кінематичний рух двокілісного мобільного робота за дискретний час описується як наступне:

$$x_{k+1} = x_k + T \frac{V_{R,k} + V_{L,k}}{2} \cos\theta_k \quad (2.5)$$

$$y_{k+1} = y_k + T \frac{V_{R,k} + V_{L,k}}{2} \sin\theta_k \quad (2.6)$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + T \frac{V_{R,k} + V_{L,k}}{L} \quad (2.7)$$

де T – час вибірки.

Розглянемо методику, що заснована на поведінці. Цей метод поєднує дві форми поведінки, а саме: перейти до перешкоди уникнення мети та слідувати за стіною. Відповідно до інформації, що надходить через датчики на кожному кроці навколишнього середовища, арбітражний механізм вибирає зручний контролер, який пропонує двоколісного мобільного робота плавний рух.

По-перше, мобільний робот рухається по непередбачуваному для нього середовищі до досягнення фіксованої мети. У цьому випадку проблема планування шляху не виникає. Коли мобільний робот виявив перешкоди, він повинен уникнути ударів з ними.

Як тільки робот зайшов у глухий простір, він опиниться у положенні без можливих дій, тобто у пастці. У цьому випадку контролер слідування за стіною має дозволити двоколісному мобільному роботу слідувати кутами та вивести його з глухого кута. На цьому етапі робот існує і в кінцевому підсумку починає рухатися до пункту призначення; Слідування за стіною від робота не вимагається більше.

Для реалізації переміщення мобільного робота Festo Robotino в системі програмування Robotino View можливо використати наступні елементи системи. Як двигун, омнідрайв, амера як на рис 2.3, рис. 2.4, рис. 2.5, рис. 2.6.



Рисунок 2.3 – Елемент двигун мобільного робота



Рисунок 2.4 – Елемент одометрія мобільного робота

Обертання коліс вимірюється з найвищим можливим роздільною здатністю. Одометрія вимірює на кожному кроці часу відстань, яку проїжджає транспортний засіб, розраховується на основі швидкості обертання коліс. Ці дуже маленькі відстані від окремих кроків часу інтегруються в часі. Це призводить до фактичного положення відносно вихідного положення. Метод дає хороші локальні результати. На великі відстані або при несприятливих умовах (колеса пробуксовують через пил на підлозі, занос через пільговий напрямок килима) цей метод призводить до дуже великих похибок. На цьому рахунку одометрія завжди комбінувати з іншими методами для компенсації описаних помилок.



Рисунок 2.5 – Елемент камера мобільного робота



Рисунок 2.6 – Елемент Omnidrive мобільного робота

Функціональний блок Omnidrive (інверсний) обчислює обертання двигунів швидкість та обертання проти годинникової стрілки, якщо дивитися зверху.

2.3 Розробка математичного забезпечення моделі нечіткого керування

В ході розробки математичного забезпечення моделі необхідно розглянути приклад визначення лінгвістичних змінних. Розглянемо поняття нечіткої і лінгвістичної змінної, які використовуються для проектуванні систем з нечіткою

логікою, при описі складних об'єктів і явищ, а також при формалізації процесів систем керувань при трудноформалізованих етапах проектування.

Нечіткою змінною називається:

$$\langle a, X, C_a \rangle, \quad (2.8)$$

де a – найменування нечіткої змінної;

$X = \{x\}$ – область її визначення;

$C_a = \{\langle \mu_a(x)/x \rangle\}I$ – нечітка множина на X , що описує обмеження на можливі значення нечіткої змінної a (її семантику).

Лінгвістичною змінною називається:

$$\langle \beta, T, X, G, M \rangle, \quad (2.9)$$

де β – найменування лінгвістичної змінної;

T – множество її значень (терм-множина), що представляють собою найменування нечітких змінних, областю визначення кожної з яких є множина X . Множина T називається базовим терм-множиною лінгвістичної змінної;

G – синтаксична процедура (граматика), що дозволяє оперувати елементами терм-множини T , зокрема генерують нові осмислені терміни. Множина $T^* = T \cup G(T)$ має назву розширеної множини лінгвістичної змінної;

M – семантична процедура, що дозволяє перетворити кожне нове значення лінгвістичної змінної, утворене процедурою G , в нечітку змінну, тобто прописати йому нечітку семантику шляхом формування відповідного нечіткої множини.

Розглянуті вище операції над нечіткими множинами можуть бути використані при визначенні семантики довільних значень (термів) лінгвістичної змінної.

При традиційному підході процедура G визначає нові значення лінгвістичної змінної, виходячи з її базового множинне значення T , тобто $G = G(T)$. У цьому випадку синтаксис G задається у вигляді бесконтекстової граматики

$\langle V_N, V_T, U, \Pi \rangle$, безліч термінальних символів які включають безліч базових значень T , логічні операції та модифікатори типів I , АБО, ДУЖЕ, НЕ, ЗЛЕГКА тощо. Тоді семантичну процедуру можна задати як правило:

$$M(a_1 \text{АБО } a_2) = C_1 \cup C_2; \quad (2.10)$$

$$M(a_1 I a_2) = C_1 \cup C_2; \quad (2.11)$$

$$M(\text{НЕ } a_1) = \neg C_1; \quad (2.12)$$

$$M(\text{ДУЖЕ } a_1) = \text{CON}(C_1); \quad (2.13)$$

$$M(\text{ЗЛЕГКА } a_2) = \text{DIL}(C_2); \quad (2.14)$$

де C_1 та C_2 – нечіткі множини, що відповідають значенням (нечітким змінним) a_1 і a_2 даної лінгвістичної змінної.

Для прийняття рішень у керуванні системі необхідно прийняття лінгвістичних змінних, таких як мінімальний маневр, достатній маневр і максимальний маневр ; при цьому мінімальна шлях роботу дорівнює 10, а максимальна 80 м. Формалізація такого опису може бути проведена за допомогою наступної лінгвістичної змінної $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, де β – розмір шляху. $T = \{ a_1, a_2, a_3 \} = \{\text{мінімальний маневр, достатній маневр, максимальний маневр}\};$

Як привів основні поняття Н. Г. Малишев [28], нехай нечіткі множини C_1, C_2 і C_3 описують семантику базових значень змінної β . Функції приналежності, відповідне даними нечіткими множинами, тоді довільні значення a' – мінімальне або достатне маневр та a'' – мінімальний маневр будуть визначенні нечіткими множинами C' і C'' з функціями належності, показаними на рис. 2.8. та рис. 2.9.

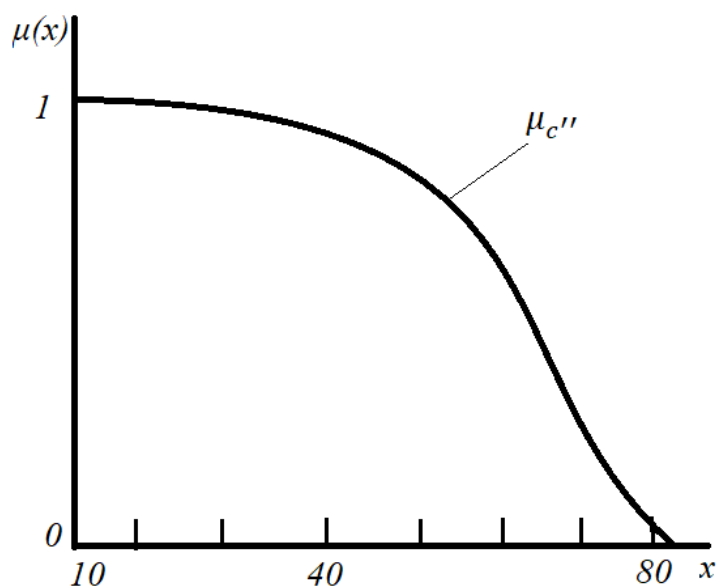


Рисунок 2.8 – Функції приналежності нечітких множин як C_1 , C_2 і C_3

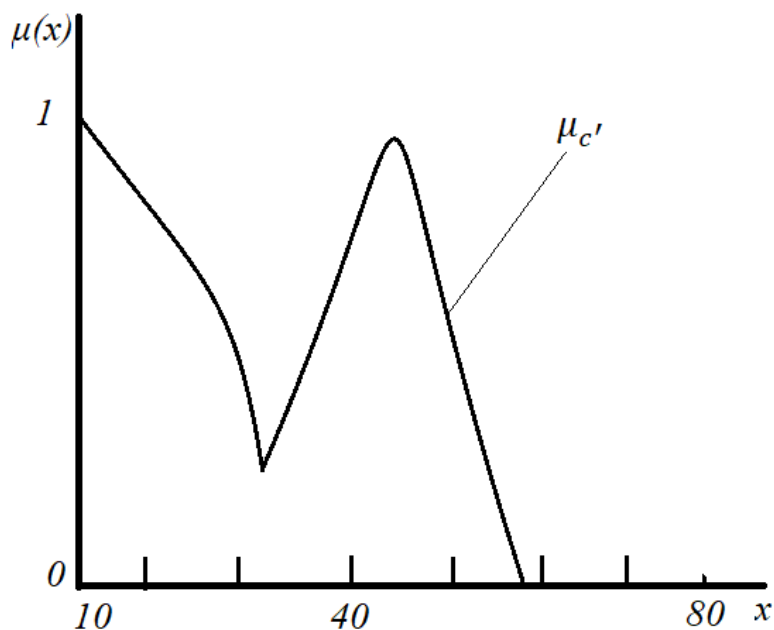


Рисунок 2.9 – Функції приналежності нечітких множин як C'

Лінгвістичні змінні, у яких процедура утворення нових значень G залежить від безлічі базових значень T , назвемо синтаксично залежні лінгвістичні змінні.

Поряд з розглянутими вище синтаксичними залежними лінгвістичними змінними існують змінні, у яких процедура утворення нових значень залежить не від безлічі базових значень T , а від області визначення X , тобто $G = G(x)$. Наприклад, значення лінгвістичної змінної "значення маневру" визначено

як'близьке до 20 м або приблизно до 75 м. Такі лінгвістичні змінні назвемо синтаксично незалежними.

Зауважимо, що довільні значення синтаксично незалежної лінгвістичної змінної взаємно однозначно визначаються деякими значеннями x області визначення X . Тому довільне значення (нечітку змінну a) синтаксично незалежної лінгвістичної змінної будемо задавати у вигляді $a = \langle x, X, C_a \rangle, x \in X$.

Нечіткої метою називається деяка нечітка множина \hat{G} з функцією належності $\mu_{\hat{G}}(x)$. Скажімо, оперативна ефективність характеризується ймовірністю виконання завдання. Тоді нечіткою метою може бути нечітке безліч «ймовірність виконання завдання повинна бути рівною приблизно 0,9 або «ймовірність виконання завдання повинна бути істотно більше 0,7.

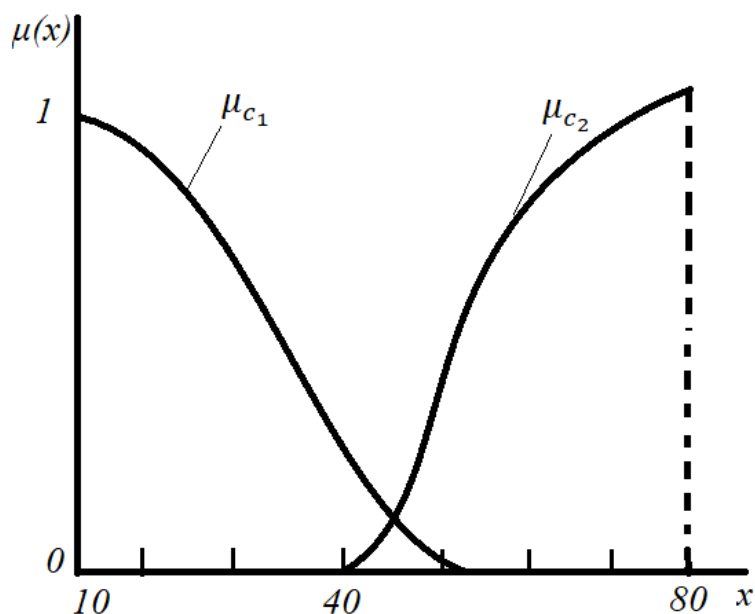


Рисунок 2.10 – Функції належності нечітких множин як C''

Чим більше ступінь приналежності $\mu_{\hat{G}}(x)$ варіанти x нечіткої мети, тим більше ступінь досягнення цієї мети при виборі альтернативи x . У літературі часто пропонується в якості опції приналежності розглядати нормований до одиниці критерій ефективності даної задачі. Нечіткі обмеження також задаються за допомогою нечітких множин на універсальній множині X , наприклад потреба в заряд акумулятору близько 4325 мА/ч, тривалість виконання завдання становить не менше 2 діб тощо. Вирішити задачу – значить досягти мета і задовольнити

обмеженням завдання. У задачі нечіткого математичного програмування слід говорити не просто про досягнення мети, а про її досягненні з тим або іншим ступенем, при цьому необхідно враховувати і ступінь виконання обмежень.

В ході розробки та дослідження нечіткої математичної моделі показано, що управління нечіткою логіки є одним з найуспішніших методів у розробці та координації поведінки для навігації мобільних роботів. У цьому розділі в ході досліджень була розроблена модель, для опису, як нечітку логіку можна застосувати для простого проектування індивідуальної поведінки та вирішення складних завдань шляхом поєднання елементарної поведінки. Нечітке керування може розглядатися корисний механізм для конструювання різних форм поведінки за допомогою лінгвістичних правил.

2.4 Висновки до розділу

В результаті було розроблено інформаційну модель мобільного роботу. В ході її розробки було сформульовано постановка завдання, яка полягала у формуванні безлічі можливих варіантів, що забезпечують вирішення проблемної ситуації при існуючих обмеженнях, які представлені у вигляді систематизованих лінгвістичних змінних.

Розроблено нечітку модель керування, що містить нечіткі правила, функції приналежності які можуть покривати увесь операційний простір для управління мобільним роботом. Для цього було розглянуто та приведено розробки дослідників, що приведені у цьому розділі.

Представлено математичне забезпечення моделі керування, у вигляді моделі нечіткого керування, а саме у вигляді операцій та лінгвістичних змінних. Також аозглянуті у розділі операції, лінгвістичні змінні та процедури над нечіткими множинами будуть використанні у розробці програмного забезпечення автоматизованої системи мобільного роботу, для аналізу об'єктів та переміщення у робочому просторі.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ОБ'ЄКТІВ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

3.1 Підготовка вихідних даних

В ході побудови програмного забезпечення необхідно описати траєкторію та координати, за якими мобільний робот виконує переміщення. В ході роботи було обрано для реалізації три моделі переміщення мобільного робота Festo ROBOTINO, що відповідають різним робочим завданням в гнучкій інтегрованій системі:

– замкнена чотирикутна траєкторія з прямокутними точками обслуговування на рис 3.1;

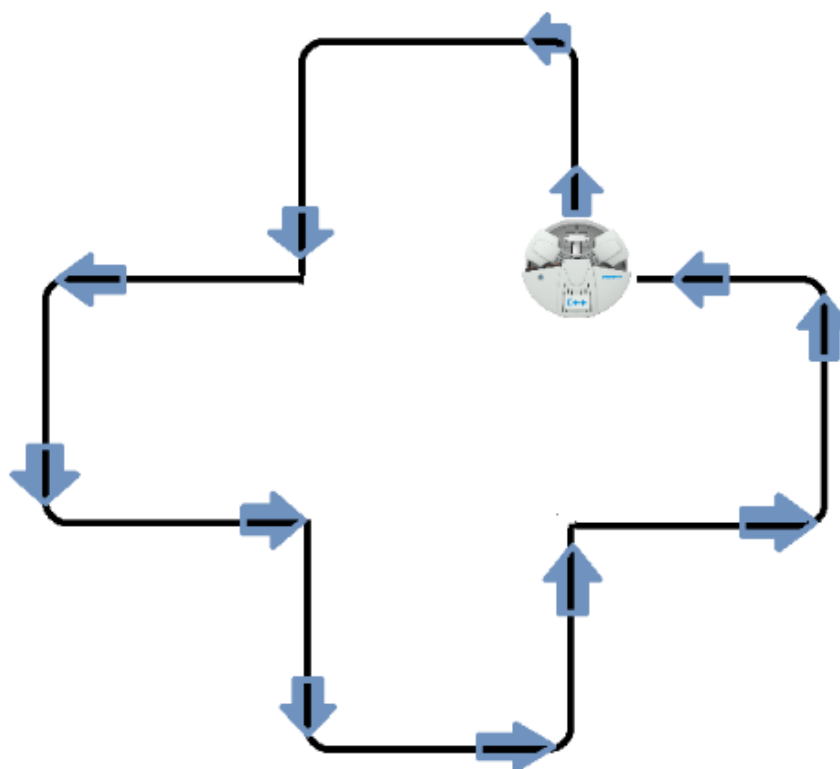


Рисунок 3.1 – Переміщення робота Robotino Festo через замкнену чотирикутну траєкторію з прямокутними кутами обслуговування

– деревоподібна траєкторія обслуговування автоматизованого складу на рис. 3.2;

Виконання поставленої задачі потребує використати, як засіб для програмування елемент, що допоможе реалізувати переміщення по координатам та заданою траєкторією руху. Для того щоб виконати усі маневри з точністю нам необхідно використати елемент Position driver (позиційне водіння) на рис 3.4.



Рисунок 3.4 – Елемент керування Position driver

Позиційне водіння використовується для того, щоб довести Robotino до заданої позиції. Позиційний драйвер генерує встановлені значення швидкості та кутової швидкості, щоб рухати Robotino з фактично до заданого положення та уникаючи перешкоди та нетипічні зовнішні елементи оточення.

В ході розрахунків та проектування вхідних значень рух мобільного роботу виконувався за координатами x , y та куту ϕ . За цими основними значеннями виконує переміщення робот. О представленні у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні данні переміщення робота

Name	Type	Value	Description
x set	float	mm	x координата заданого положення в глобальній системі координат.
y set	float	mm	y координата заданого положення в глобальній системі координат.
phi set	float	deg	ϕ кут заданого положення в глобальній системі координат.
x actual	float	mm	x координата фактичного положення в

Продовження табл. 3.1

			глобальній системі координат.
y actual	float	mm	y координата фактичного положення в глобальній системі координат.
phi actual	float	deg	phi кут фактичного положення в глобальній системі координат.
restart	bool		перезапустити рух
Outputs			
vx	float	mm/s	встановити швидкість у напрямку x у локальній системі координат Robotino's
vy	float	mm/s	встановити швидкість у напрямку y в локальній системі координат Robotino's
omega	float	deg/s	встановити кутову швидкість.
Position reached	bool		Істинно, якщо $vx=vy=0$, тобто досягнуто задане положення.
Orientation reached	bool		Істинно, якщо $\omega=0$, тобто досягнуто заданої орієнтації.
Pose reached	bool		Істинно, якщо досягнуто як положення, так і орієнтації

Маючи координати руху Robotino необхідно підготувати вхідні значення та внести їх для виконання руху. Для цього внесемо значення у табл. 3.2, 3.3 та 3.4 керування Position driver для спеціальних фігур на рис. 3.1, рис. 3.2, рис. 3.3.

Таблиця 3.2 – Вихідні данні переміщення робота через замкнену чотирикутну траєкторію з прямокутними точками

Назва координати	Тип координати	Значення координати
pos1_phi	float	0.000000

Продовження табл. 3.2

pos1_x	float	1000.000000
pos1_y	float	0.000000
pos2_phi	float	0.000000
pos2_x	float	1000.000000
pos2_y	float	1000.000000
pos3_phi	float	0.000000
pos3_x	float	0.000000
pos3_y	float	0.000000
pos4_phi	float	0.000000
pos4_x	float	0.000000
pos4_y	float	2000.000000
pos5_phi	float	0.000000
pos5_x	float	-1000.000000
pos5_y	float	2000.000000
pos6_phi	float	0.000000
pos6_x	float	-1000.000000
pos6_y	float	1000.000000

Таблиця 3.3 – Вихідні данні переміщення робота через дерево подібну траєкторію

Назва координати	Тип координати	Значення координати
pos1_phi	float	0.000000
pos1_x	float	3500.000000
pos1_y	float	0.000000
pos2_phi	float	0.000000
pos2_y	float	-1000.000000

Продовження табл. 3.3

pos3_phi	float	0.000000
pos3_x	float	3700.000000
pos3_y	float	-1000.000000
pos4_phi	float	0.000000
pos4_x	float	3700.000000
pos4_y	float	1000.000000
pos5_phi	float	0.000000
pos5_x	float	-200.000000
pos5_y	float	1000.000000
pos6_phi	float	0.000000
pos6_x	float	-200.000000
pos6_y	float	-1000.000000
pos7_phi	float	0.000000
pos7_x	float	0.000000
pos7_y	float	-1000.000000

Таблиця 3.4 – Вихідні данні переміщення робота із обходом прямокутної перешкоди

Назва координати	Тип координати	Значення координати
pos1_phi	float	0.000000
pos1_x	float	-300.000000
pos1_y	float	0.000000
pos2_phi	float	0.000000
pos2_x	float	-600.000000
pos2_y	float	0.000000
pos3_phi	float	0.000000
pos3_x	float	-300.000000

Продовження табл. 3.4

pos3_y	float	0.000000
pos4_phi	float	0.000000
pos4_x	float	-300.000000
pos4_y	float	-400.000000
pos5_phi	float	0.000000
pos5_x	float	0.000000
pos5_y	float	-400.000000
pos6_phi	float	0.000000
pos6_x	float	-600.000000
pos6_y	float	-400.000000
pos7_phi	float	0.000000
pos7_x	float	-300.000000
pos7_y	float	-400.000000

Вневши ці координати у Position driver робот має вхідні та вихідні значення для подальшого переміщення за цими точками та координатами у своєму робочому просторі.

3.2 Розробка алгоритмів програми

Розробка алгоритмів для мобільного роботу систематизує робота та допоможе спроектувати систему з нечіткого керування роботом. Тому основним етапом в ході розробки програмного забезпечення є проектування алгоритмів, за якими буде працювати мобільний робот Robotino. Цей крок має суттєве значення на усе подальше функціонування, розробка має приділити суттєву кількість часу на створення програмного забезпечення (ПЗ).

Виходячи з того, що метою роботи є розробка алгоритмів переміщення мобільного робота за різних форм переміщення, використаємо елементи, що будуть інтегровані у систему для вирішення поставленої задачі.

Алгоритми створюються у програмному засобі Robotino® View 2, тому, підключимо компоненти з бібліотеки Robotino Demo, що входять до його складу. Атрибути, що входять до складу мобільного робота та які можливо використати для вирішення поставленої задачі можна віднести:

- відеокамеру робота;
- сенсор торкання;
- група інфрачервоних сенсорів вимірювання відстані;
- різнобарвні сенсори, поєднуються додатково у систему переміщення мобільного Robotino.

Відеокамера має велику кількість переваг, але нажаль вона не може бути застосована у темних приміщеннях або приміщеннях з над низькими чи високими температурами. Через це можуть виникнути проблеми з її експлуатацією та подальшого приривання праці робота.

Провевши аналіз комплектуючих, що входять Robotino щоб спростити проектувану систему керування роботом та зменшення часу на розробку алгоритму, варіант з підключенням додаткових сенсорів, виключаємо на початку. Бо, у цьому випадку, необхідно проаналізувати чималий перелік існуючих типів сенсорів. Також, враховуючи факт, що кожна задача вирішується для кожного окремо взятого випадку, розглядати сенсори які не входять до складу є недоцільним.

Розгляд інтегрування сенсорів дотику при зустрічі, також можна виключити зі списку можливих рішень. Цей тип сенсорів виключається через невідповідність цього типу сенсорів до задачі. Метою нашої роботи, є розгляд можливих рішень та методів переміщення роботів з нечіткою моделлю керування визнаних можливими перешкодами чи новим середовищем. Сенсор торкання не надає можливості до реалізації цієї задачі.

Інфрачервоні сенсори для вимірювання відстані до перешкоди та відеокамера. Обидва компоненти дають можливість переміщувати робота у заданих рамках до своєчасного детектування перешкоди, що знаходиться на його траєкторії. Водночас з цим, по одинці, ці сенсори не мають змоги до встановлення

та корегування курсу у випадку відсутності складного програмного забезпечення. Особливого якщо один з цих атрибутів вийде з ладу. Це ставить під питання майбутнє функціонування робота.

Тому проектуючи алгоритм руху Robotino Festo у Robotino View представимо їх у вигляді незамкненого алгоритму, бо мета не передбачає мету при якій необхідно закінчити свою роботу, як представлено на рис. 3.5.

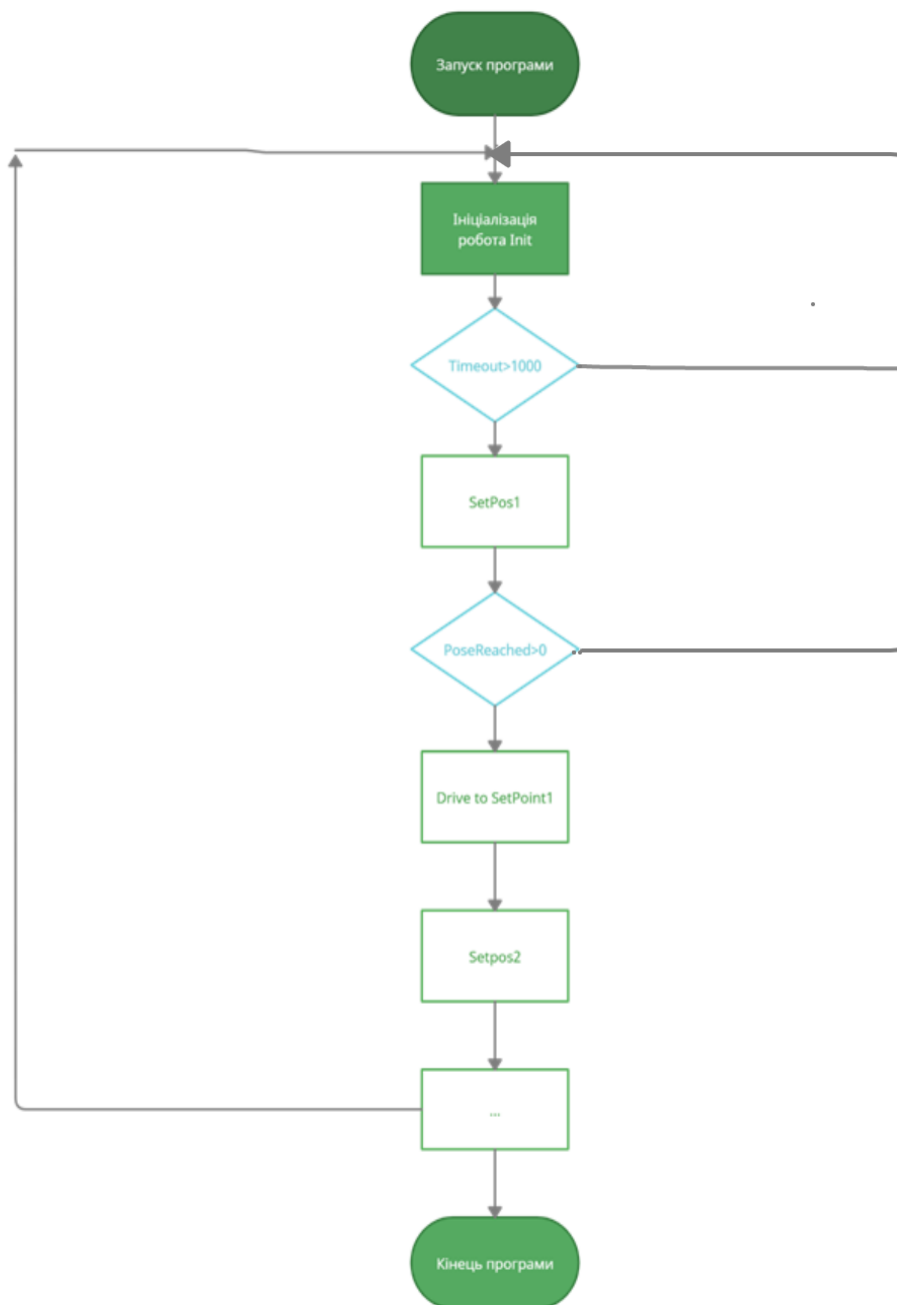


Рисунок 3.5 – Фрагмент Алгоритму переміщення робота Festo Robotino

3.3 Розробка програмного забезпечення

Далі маючи вихідні дані та алгоритмічну базу необхідно створити програмне забезпечення, для майбутнього функціонування робота мобільного роботу. Таким чином, метою цього підрозділу є програмне описання загального алгоритму керування та переміщення мобільного роботу у нечіткому середовищі за допомогою допоміжних алгоритмів, а саме: алгоритмів переміщення замкнена чотирикутна траєкторія з прямокутними точками, по деревоподібній траєкторії на логістичному об'єкті та між двома робочими позиціями із обходом прямокутної перешкоди.

По-перше, необхідно підключити необхідні для роботи бібліотеки це робиться наступним чином:

```
#include <opencv2/opencv.hpp>
#include <iostream>
#include <rec/Robotino/api2/all.h>
#include <math.h>
```

Ініціалізовані бібліотеки активують математичні функції, та функції взаємодії з мобільним роботом Festo Robotino відповідно. Наступним кроком треба створити та проініціалізувати об'єкти що будуть задіяні під час розробки програмного забезпечення, а саме:

– motor, що є об'єктом який є складовою частиною бібліотеки від Festo Robotino та призначений для керування двигуном;

Необхідно ініціалізувати робота для наступного виконання задач на рис. 3.6.

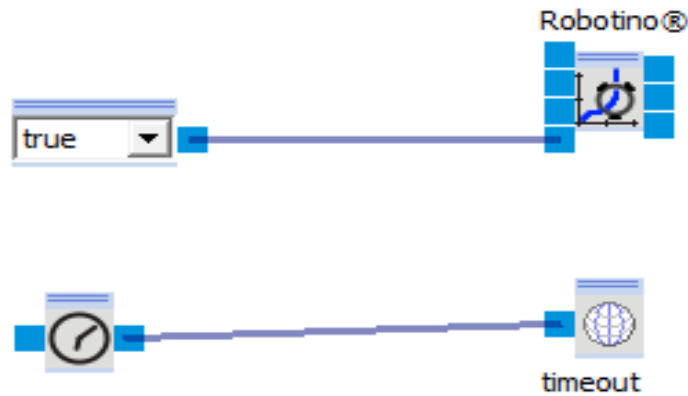


Рисунок 3.6 – Процедура ініціалізації Robotino Festo

```

void init ( const std::string& hostname )
{
std::cout << "Connecting...";
com.setAddress( hostname.c_str() );
com.connectToServer( true );
if( !com.isConnected() )
{
std::cout << std::endl << "Could not connect to " << com.address() << std::endl;
#ifdef WIN32
std::cout << "Press any key to exit..." << std::endl;
rec::robotino::api2::waitForKey();
#endif
rec::robotino::api2::shutdown();
exit( 1 );
}
else
{
std::cout << "success" << std::endl;
}
}

```

Наступним необхідно описати переміщення drive, що є головним елементом. Використання drive представлено нижче. Ініціалізації drive представлено на рис 3.7.:

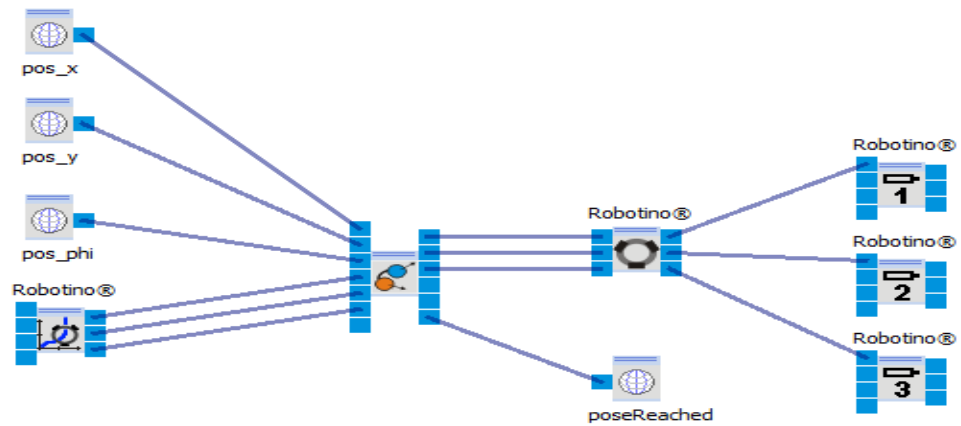


Рисунок 3.7 – Процедура переміщення у задану точку Drive Robotino

```
void drive()
{
while( com.isConnected() )
{
com.processEvents();
ros::init(argc, argv, "localisation");
ImageConverter ic;
Controller controller;
RobotMoveExecutor(com._omniDrive);
ros::spin();
rec::robotino::api2::msleep( 1000 );
}
}
```

Переміщення робота Robotino після ініціалізації drive представлено на рис 3.8.:

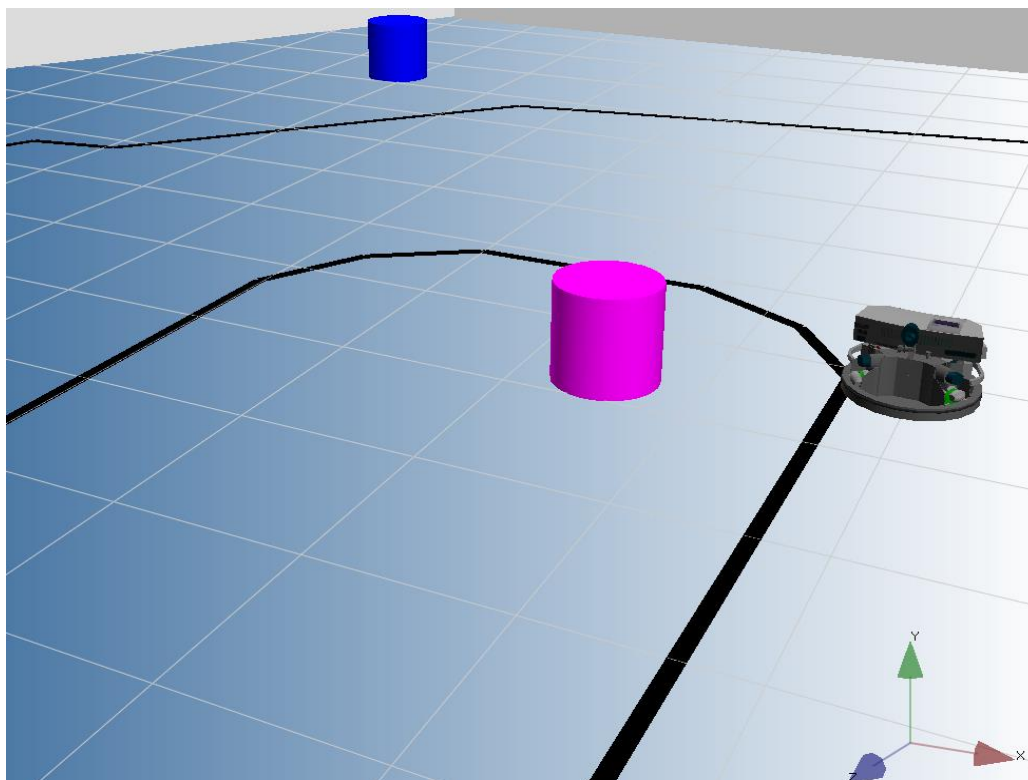


Рисунок 3.8 – Вигляд вікна Robotino Sim під час тестування програмного забезпечення Robotino

Ініціалізація робота Robotino у через Setpoint представлено на рис 3.9.:

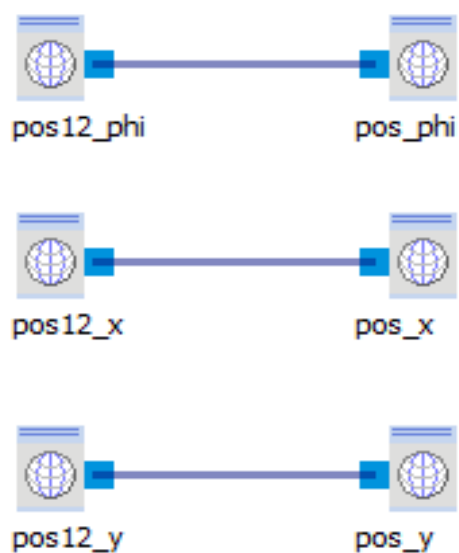


Рисунок 3.9 – Передача даних під час формування траєкторії руху у процедурі Setpoint

Наступним етапом буде створення класу Setpoint, що дозволить вносити різні координати та траєкторії руху у програмне забезпечення:

```
class SetPoint
{
public: Controller()
{
//initialise pose subscriber and velocity publisher (for robotino_node)
chatter_pub=n.advertise<geometry_msgs::Twist>("/cmd_vel", 100); sub =
n.subscribe("/cmd_pos", 1000, &Controller::chatterCallback,this);
}
void chatterCallback(const geometry_msgs::Pose::ConstPtr& msg)
{
//update current destination xw=destinationsX[k]; yw=destinationsY[k];
//rotate to the right if desired if(msg->position.y==1){
geometry_msgs::Twist cmd_vel_msg; cmd_vel_msg.angular.z=-0.2;
chatter_pub.publish(cmd_vel_msg);
}
//rotate to the left if desired else if (msg->position.y==2){
geometry_msgs::Twist cmd_vel_msg; cmd_vel_msg.angular.z=0.2;
chatter_pub.publish(cmd_vel_msg);
}
//otherwise move to the destination else {
//load current pose of the robot xr=msg->position.x;
yr=msg->position.
```

Описавши у програмному забезпеченню базові атрибути програми, робот може повноціно переміщуватися у нечіткому середовищі. Час за який було виконанні переміщення представлено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Тестування програмного забезпечення

Номер експерименту	Тип траєкторії переміщення	Середній час переміщення, с
1	Замкнена чотирикутна з прямокутними точками обслуговування	34,4
2	Деревоподібна для логістичної системи	23,4
3	С подібна з обходом прямокутної перешкоди	21,1

3.4 Безпека життєдіяльності та охорона праці

Аналіз умов праці проводиться приміщення лабораторії №162-2 кафедри КІТАМ. Приміщення лабораторії розташоване на 1 поверсі 4-поверхової цегляної будівлі.

Приміщення лабораторії, в якому розміщені робочі місця операторів ЕОМ, має такі параметри: висота 3 м, ширина 10 м, довжина 12 м, площа 120 м², об'єм 360 м³, площа вікон 12 м², споживана потужність 3 кВт, персонал – 3 особи.

У приміщенні знаходиться 3 робочі місця, одночасно в приміщенні працює 3 особи.

На кожне робоче місце по одному ПК, загальна споживана потужність устаткування становить 3 кВт.

Електроживлення лабораторії здійснюється від трифазної чотирипровідної мережі змінного струму з напругою 380/220, частотою 50 ± 1 Гц, з глухозаземленою нейтраллю.

Розглянемо систему Л-М-С, обмежену розмірами приміщення (елемент середовище), у складі всього робочого колективу (елемент людина) та всього комплексу технічних засобів, що прямо чи опосередковано беруть участь у технологічному процесі (елемент машина).

Розділимо елемент людина на три функціональні частини: Л1 – людина - управління машиною; Л2 – людина, що розглядається з погляду безпосереднього впливу на навколишнє середовище; Л3 – людина аналізований з погляду його фізіологічного стану під впливом факторів, що впливають на нього у виробничому процесі.

В даному випадку атрибутом людина є колектив із 2-х осіб, які перебувають у приміщенні лабораторії №162–2.

Елемент машина (3 персональних ЕОМ) виконує основну технологічну функцію – впливом геть предмет праці, додаткову – формування параметрів довкілля. Отже, елемент «машина» можна розділити втричі елемента: М1 – виконує основну технологічну функцію; М2 – функція захисту; М3 – як джерело ОВПФ;

Елементом середовище є навколишнє середовище (повітря, температура, вологість, шум, освітленість, електромагнітне поле та тощо.). Модель розробленої системи Л-М-С для лабораторії представлена рис. 3.10.

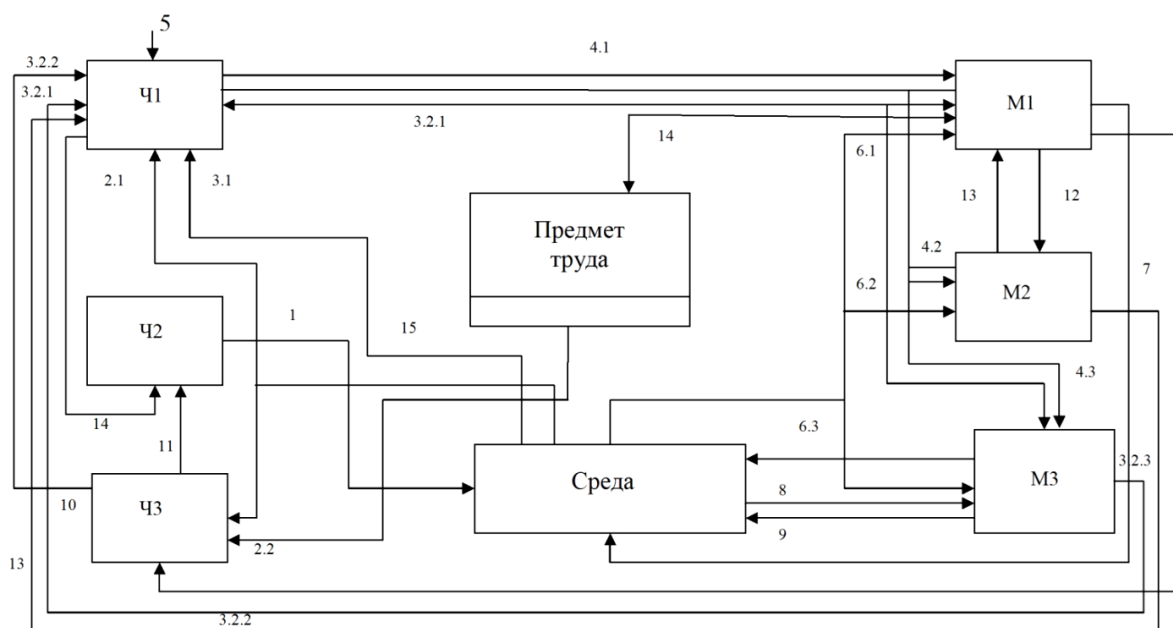


Рисунок 3.10 – Модель системи людина-машина-середовище (ЛМС)

Використовуючи ГОСТ 12.0.003-74, виділимо небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що діють у системі Л-М-С. У табл. 3.6 наведено результати аналізу зв'язків системи Л-М-С.

Таблиця 3.6 – Результати аналізу зв'язків системи Л-М-С

Номер зв'язку на схемі	Найменування зв'язку	Дії, впливи	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ГОСТ 12.0.003-074
1	Л2 – 3	Вплив людини як біологічного об'єкта на середу	– виділення вуглекислого газу; – тепловиділення;
2.1	С- Л1	Вплив довкілля на якість роботи оператора (змiна працездатності за зміни температури, вологості,	– підвищена або знижена температура повітря на робочому місці; – підвищена чи знижена вологість повітря робочої зони;
		атмосферного складу, освітленості, рівня електромагнітного поля)	– підвищена чи знижена рухливість повітря у робочій зоні;
2.2	С-Ч3	Вплив середовища на стан організму людини (змiна функціональних можливостей організму за зміни температури, вологості,	- підвищена або знижена температура повітря на робочому місці; – підвищена чи знижена вологість повітря робочої зони;

Продовження табл. 3.6

		атмосферного складу, освітленості, рівня електромагнітного поля)	рухливість повітря у робочій зоні; – недостатня освітленість робочої зони; – перенапруга аналізаторів;
3.1	С- Л1	Інформація про стан середовища, що обробляється людиною	– розумове перенапруження; – підвищена чи знижена іонізація повітря;
3.2.1	М1- Л1	Інформація про стан	– підвищений рівень шуму на робочому місці; – знижена контрастність;
3.2.2	М2- Л1	машини, що	
3.2.3	М3- Л1	обробляється людиною, інформація про предмет праці та середовище	
3.2.1	М1- Л1	Інформація про стан	– підвищений рівень шуму на робочому місці; – знижена контрастність;
3.2.2	М2- Л1	машини, що	
3.2.3	М3- Л1	обробляється людиною, інформація про предмет праці та середовище, що отримується від машини	
4.1	Л1-М1	Вплив людини на	– підвищена напруженість електричного поля; – підвищена напруженість магнітного поля;
4.2	Л1-М2	керування технікою	
4.3	Л1-М3	налаштуванням (ввімкнення/вимкнення,	
4.3	Л1-М3	налаштуванням (ввімкнення/вимкнення, налаштування та обслуговування ПЕОМ)	– підвищена напруженість магнітного поля;

Продовження табл. 3.6

5	Зовнішня система керування	Керівна інформація про технологічний процес із зовнішньої системи управління	– монотонність праці – розумове перенапруження;
6.1 6.2 6.3	C1-M1 C1-M2 C1-M3	Вплив середовища на роботу машини (зміна температури, вологості, напруги мережі)	– підвищене значення статичної електрики;
7	M1-C1	Вплив машини на середовище (підвищення температури)	– підвищена або знижена температура повітря; – підвищена чи знижена вологість повітря;
8	C-M3	Інформація про навколишнє середовище, що обробляється машиною	– підвищена запиленість та загазованість повітря в робочій зоні;
9	M3-C	Цілеспрямований вплив машини на середу	– підвищена яскравість світла;
10	ЛЗ- Л1	Вплив стану організму людини на якість його роботи (вдома, засліплення, неуважність)	– емоційні навантаження; – перенапруга аналізаторів;
11	ЛЗ- Л2	Вплив психо-фізіологічного стану на ступінь інтенсивності обміну речовин між організмом	– фізичні навантаження; – нервово-психічні навантаження;

Продовження табл. 3.6

12	M2-M1	Аварійні керуючі впливи	– підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
13	M1-M2	Інформація, необхідна для вироблення аварійних керуючих впливів	– підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні; – підвищене значення статичної електрики;
14	M1-ПТ	Вплив машини на предмет праці	– підвищена напруженість електричного поля; – підвищена напруженість

В результаті аналізу системи Л -М-С у лабораторії було виявлено такі ОВПФ: підвищена температура повітря робочої зони; перевищення тривалості зосередження; підвищена напруга аналізаторів.

Під час роботи інтелектуальних роботів головна небезпека – ураження електричним струмом. Небезпека ураження може виникнути за випадкового дотику до нетоковедучих частин. Електроживлення здійснюється від трифазної чотирипровідної мережі змінного струму з напругою 380/220, частотою 50 ± 1 Гц, з глухозаземленою нейтраллю.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом згідно з ПУЕ, приміщення лабораторії належить до класу приміщень без підвищеної небезпеки.

Відповідно до ПТЕ та ПТБ користувачам та обслуговуючому персоналу електроустановок пред'являються такі вимоги: особи, які не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках; особи не повинні мати каліцтв та хвороб, що заважають виробничій роботі; особи повинні після відповідної теоретичної та практичної підготовки пройти перевірку знань та мати посвідчення на доступ до робіт в електроустановках.

При експлуатації ПК повинні виконуватись такі вимоги:

– не підключати та не відключати роз'єми та кабелі електричного живлення при поданій напрузі мережі;

– не залишати ПК включеним без спостереження, а також під час грози;

– після закінчення роботи відключити ПК від мережі;

– пристрої не повинні піддаватися впливу прямого сонячного проміння;

Навчання працівників проводять відповідно до ДНАОП 0.004.1294.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81 для електроустановок змінного струму напругою живлення до 1000 В застосовується занулення, навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним проводом металевих нетковедущих частин, які можуть опинитися під напругою. По контуру приміщення лабораторії прокладено шину повторного заземлення, яка з'єднана із заземлювачем опором 10 Ом.

Відповідно до ГОСТ 12.2.032 – 78 Місці для роботи під час виконання робіт сидячи. Загальні ергономічні відомості конструкцією робочого місця має бути забезпечене виконання трудових операцій у межах зони досяжності моторного поля.

У лабораторії №162-2 кафедри КІТАМ встановлено столи прямокутної форми. Таким чином, робочі місця у лабораторії відповідають ГОСТ 12.2.032 – 78.

У лабораторії розташовуються 3 робочі місця. Площа лабораторії – 120 м², об'єм – 360 м³. Відповідно, площа, виділена на 1 робоче місце становить не менше 6 м² та обсяг становить не менше 20 м³.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6-042-99 робота у залі з ПК за категорією робіт належить до легких (категорія Іа – легкі фізичні роботи з енерговитратами до 139 Вт або 120 ккал/год). Робота виконуються сидячи, не потребує систематичної фізичної напруги та переміщення ваг.

Аналізуючи виявлені в лабораторії ОВПФ, можна сказати, що робоче місце відноситься до ІІІ класу 1 ступеня шкідливості. Домінуючим шкідливим фактором є підвищена температура повітря робочої зони (на 3С більше, ніж норма, встановлена ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони, рівна 22-28С) .

Таблиця 3.7 – Параметри мікроклімату для приміщень, де встановлені комп'ютери

Період року	Параметри мікроклімату	Величина
Теплий	Температура повітря у приміщенні	22-24 °С
	Відносна вологість	40-60%
	Швидкість руху повітря	До 0.1 м\с
Холодний	Температура повітря у приміщенні	23-25 °С
	Відносна вологість	40-60%
	Швидкість руху повітря	0.1-0.2 м\с

Параметри встановлюються в залежності від пори року, характеру трудового процесу та характеру виробничого приміщення. Норми подачі свіжого повітря до приміщень, де розташовані комп'ютери, наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Норми подачі свіжого повітря до приміщень, де розташовані комп'ютери

Характеристика приміщення	Об'ємна витрата свіжого повітря, що подається в приміщення, м ³ на людину за годину
Об'єм до 20 м ³ на особу	Не менше 30
20-40 м ³ на особу	Не менше 20

Відповідно до СНиП 2.04.05-91 (таблиця 4.4), якщо обсяг приміщення, що припадає на одну особу, менший за 20 м³, то кількість припливного повітря, необхідного для провітрювання, має бути не менше ніж $G_1 = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ на кожного працюючого; при обсязі приміщення понад 20 м³ на одного працюючого кількість припливного повітря для провітрювання має бути не менше ніж $G_1 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ на кожного працюючого.

3.5 Висновки до розділу

У результаті створено програмне забезпечення, у ході якого була описана траєкторії та координати, за якими мобільний робот виконує переміщення.

По-перше було обрано для реалізації аналізу об'єктів робочого простору три моделі переміщення мобільного робота Festo ROBOTINO, що відповідають різним робочим завданням в гнучкій інтегрованій системі з нечіткою логікою, для чого виконані розрахунки, представлені вихідні дані переміщення робота у вигляді кутів фактичного положення, координат фактичного положення тощо.

По-друге розроблено алгоритмічне забезпечення для мобільного роботу, що систематизувало його переміщення у площині та аналіз оточуючих об'єктів за системи з нечіткого керування роботом.

В результаті маючи вихідні дані та алгоритмічну базу створено програмне забезпечення, для майбутнього функціонування робота мобільного роботу. За допомогою бібліотек Festo Robotino, бібліотек та програмної мови C++ та програмних додатків Robotino Sim, Robotino View та Demo.

А також розроблені заходи, щодо покращення умов праці та поліпшення безпеки життєдіяльності середовище, що проводились у приміщенні лабораторії №162-2 кафедри КІТАМ.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи, було розроблено програмне забезпечення для автоматизованої системи керування мобільним роботом Festo Robotino.

Під час виконання кваліфікаційної роботи в результаті отримані такі результати:

- проведено аналіз використання інтелектуальних засобів в системах керування роботів;
- розглянуті нечіткі моделі керування та програмні засоби реалізації інтелектуальних систем керування;
- проаналізовані системи керування роботами;

Була запропонована модель нечіткого керування мобільним роботом. Наведено постановку завдання прийняття рішень для мобільного робота та розроблено математичне забезпечення нечіткої інформаційної моделі.

Ключовими методами, що можуть бути задіяними є:

- метод нечітких множин;
- метод дехотомії;
- аналіз оточення мобільного робота.

На основі отриманих результатів аналізу, було розроблено алгоритм переміщення мобільного робота, що можна включити до складу програмного забезпечення мобільного робота, який має обмежені обчислювальні ресурси.

Тестування з мобільним роботом показало, що функціонування не дає можливості нести коректну працю на відкритому просторі в оточенні людини та виявило неспроможність алгоритму відійти від кордонів руху мобільного робота. При досягненні якого, мобільний робот неспроможний відновити свій хід відповідно до задач.

В результаті проведеної роботи, розроблено програмне забезпечення для керування мобільним роботом Festo Robotino. Використовуючи програмне забезпечення були проведені дослідження по часу в ході переміщення у робочій

площині. Усі розробки та отримані дані можливо використати у майбутніх дослідження для створення повноціної інтелектуальної системи у постійній взаємодії з людиною.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Невлюдов І.Ш., Косенко В.В., Євсєєв В.В. Методичні вказівки з «Розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» Харків: ХНУРЕ, 2019. 55 с.
2. ДСТУ 3008 - 2015. Державний стандарт України. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення – Чинний від 22.06.2015.
3. Заде Л. А. Нечеткі множини: інформація и управління. [Текст] Каліфорнія, 1965. – 338–353 с.
4. Макаров І.М. Робототехніка: історія і перспективи / Ю.І.Топчєєв; Ріс. акад. наук. – Москва: Наука; МАІ, 2003. – 349 с.
5. IXBT [Електронний ресурс]/ixbt.com – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?05/92/40>.
6. Lawrance Ghost [Електронний ресурс]/lawrance.com. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.lawrance.com/en>.
7. Vision 60 [Електронний ресурс]/ sword.com – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sword.com/en/>.
8. Home Inn. [Електронний ресурс] / homeinn.com. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.homeinn.com/eu/>.
9. Заде Л. А. Концепція лінгвістичної змінної та її застосування до наближеного міркування Каліфорнія: Інформаційні науки, 1975. –249 с.
10. Саффіотті, А. Використання нечіткої логіки в автономній навігації роботів. Флоренція: М'які обчислення, 1995. – 180 с.

11. Moustris, G. Надійний трекер нечітких логічних шляхів для неголономічних мобільних роботів / Tzafestas, SG. Рим: Міжнародний журнал інструментів штучного інтелекту, 2005. – 966 с.

12. Оллеро, А. Нечітке спостереження за стеженням за мобільними звітами [Текст] / Гарсія-Черезо, А. та Мартінес, Дж. Л.– Мілан: Контрольна інженерна практика, 1994. – 313–319 с.

13. Браунстінгль, Р. Нечітка логічна стіна слідування мобільного робота на основі концепції загального сприйняття [Текст] / Санц, П. та Езкерра, Дж. М. Іспанія Sant Feliu Guixols: У 7-го Міжнародна конференція з удосконаленої робототехніки, 1996. 367–376 с.

14. Санчес, О. Ієрархічне відстеження нечіткого шляху та контроль швидкості автономних транспортних засобів [Текст] / Оллеро, А. та Ередія, Г. Інтегрована автоматизована інженерія, 1998. – 289–301 с.

15. Бенто, Л. Ц. Архітектура нечіткого управління на основі поведінки для відстеження шляху та уникнення перешкод [Текст] Авейру, Португалія. Матеріали 5-ї Португальської конференції з автоматичного управління, 2002. – 341–346 с.

16. Ель Хаджаджі, А. Управління відстеженням нечіткого шляху для автоматичного керування транспортними засобами / Бентальба, С., Мумбані: Робототехніка та автономні системи, Вип. 43, 2003. –213 с.

17. Антонеллі, Г. Підхід на основі нечіткої логіки для відстеження шляху мобільного робота [Текст] / Chiaverini, S. & Fusco, G. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol.15, 2007. –211-221 с.

18. Бай, Ю. Застосування методу Тагучі до нечіткого управління для відстеження шляху колісного мобільного робота [Текст] / Чен К., МС. Матеріали 17-ї Національної конференції з нечіткої теорії, 2009. – 857–862 с.

19. Дадіос, Е. Кооперативні мобільні роботи з уникненням перешкод та зіткнень за допомогою нечіткої логіки / Маравіллазм О. Proc. IEEE: Симпозіум з інтелектуального управління, Ванкувер: Канада 2002. – 80 с.

20. Сераджи, Х. Робот-навігація на основі поведінки на складній місцевості: підхід нечіткої логіки. IEEE Trans. Робототехніка та автоматизація, вип / Говард, А. 2002 – 321 с.

21. Рен, Л. Нова нечітка інтелектуальна стратегія управління уникненням перешкод для колісного мобільного робота / В. Ван і З. Ду у Матеріали від 9-а Міжнародна конференція з мехатроніки та автоматизації, Китай 2012. –1737 с.

22. Прадхан С. К., Методи нечіткої логіки ля навігації кількома мобільними роботами / Д. Р. Пархі та А. К. Панда, 2009 – 304 с.

23. Юсфі Н., Оптимізований нечіткий контролер для навігації мобільних роботів у загрозовому середовищі / К. Рекік, М. Яллулі та Н. Дербель, у Збірнику матеріалів 7-ї Міжнародної багатоконференції з питань систем, сигналів та пристроїв, Йорданія 2010. – 10 с.

24. Бао В., Архітектура на основі нечіткої поведінки для навігації мобільних роботів у невідомих середовищах [Текст] / С. Лі, В. Шан і М. Ан у Збірнику матеріалів Міжнародної конференції з питань штучного інтелекту та обчислювального інтелекту Китай: Шанхай 2009. 257 – 261 с.

25. Nossair Z.B, Керування нечіткою логікою автономного мобільного робота [Текст] / НМ Abdel-Kader Mansour та А. TagElDein, у Збірнику матеріалів 16-ї Міжнародної конференції з методів та моделей автоматизації та робототехніки: MMAR 2011, Польща 2011. 188–193с.

26. Рагураман С. М., Навігація мобільного робота за допомогою нечіткого логічний контролер / Д. Тамілсельві та Н. Шивакумар, Збірник праць Міжнародної конференції з автоматизації управління, зв'язку та енергозбереження, INCASCS , Індія 2009. – 43 с.

27. Такагі-Сугено, Мамдані С., Навігація роботів з нечітким контролером, оптимізована генетичним алгоритмом, Матеріали китайської Конференції з контролю та прийняття рішень, Китай 2008. – 908 с.

28. Малишев Н. Нечіткі моделі для експертних систем у Сапр / Н.Г. Малишев, Л.С. Берштейн, О. В. Боженюк. - М.: Видавництво: Енергоатоміздат; 1991. – 136 с.