Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп’ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Модель і метод управління переміщеннями колісного робота вздовж стіни на базі ПІД контролеру на платформі Arduino
(тема)

Виконав:
студент II курсу, групи СПм-18-3
Ласуков В.С.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність
123 – Комп’ютерна інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма
Системне програмування
(повна назва освітньої програми)

Керівник: проф. Каргін А.О.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ _____ Коваленко А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп’ютерної інженерії та управління

Кафедра електронних обчислювальних машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 123 – Комп’ютерна інженерія
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системне програмування
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)
“____” _____ 20___ р.

ЗАВДАННЯ

НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Ласукову Владиславу Сергійовичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи Модель і метод управління переміщенням колісного робота на базі ПІД контролеру на платформі Arduino

затверджена наказом по університету від “ 30 ” березня 2020 р. № 478 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18 травня 2020 р.

3. Вхідні дані до роботи
Arduino
MATLAB
Мобільний робот
ПІД контролер

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Класифікація роботів
Модель та методи управління роботами
Концептуальна модель
Логічна модель

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) 15 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється 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	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Узгодження та затвердження теми роботи	31.03.20 – 17.04.20	
2	Аналіз матеріалів джерел	18.04.20 – 30.04.20	
3	Побудова концептуальної моделі	1.05.20 – 3.05.20	
4	Підготовка та редагування змісту роботи	4.05.20 – 7.05.20	
5	Редагування роботи	8.05.20 – 11.05.20	
6	Перевірка виконаної роботи керівником	12.05.20 – 13.05.20	
7	Подання атестаційної роботи на рецензування	14.05.20 – 15.05.20	

Дата видачі завдання 30 березня 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Каргін А.О.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи: 78 с., 33 рис., 1 табл., 2 дод., 24 джерела.

МОБІЛЬНИЙ РОБОТ, ПІД АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ, ARDUINO, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, MATLAB.

Метою атестаційної роботи є розробка і метод управління переміщеннями колісного робота вздовж стіни. В атестаційній роботі розглянуті галузі застосування колісних роботів, класифікація роботів, структура апаратного забезпечення систем управління колісними роботами, огляд методів управління колісними роботами, нечіткі методи управління, огляд систем програмування управління роботами. Наведено структуру імітаційного моделюівння переміщення роботу вздовж стіни на підставі датчиків відстані. Дані математичні моделі що реалізують моделювання окремих блоків імітаційної моделі. Приведені результати дослдження якості управління переміщеннями роботу для різних параметрів ПІД алгоритму управління. Приведено прототип моделі роботу що реалізує імітаційну модель переміщення роботу.

ABSTRACT

Master’s thesis: 78 pages, 33 figures, 1 tables, 2 appendices, 24 sources.

MOBILE ROBOT, PID ALGIRITHM CONTROL, ARDUINO, SIMULATION MODEL, MATLAB.

The purpose of certification work is the development and method of controlling the movement of the wheel robot along the wall. The attestation work considers the areas of application of wheel robots, classification of robots, the structure of the hardware of wheel control systems, review of wheel control methods, fuzzy control methods, review of robot control programming systems. The structure of simulation modeling of moving work along the wall on the basis of distance sensors is given. These mathematical models that implement the modeling of individual blocks of the simulation model. The results of the study of the quality of motion control work for different parameters of the control algorithm are given. A prototype of a work model that imitates a simulation model of moving work is given.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 7
ВСТУП 8
1 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ 9
1.1 Постановка задачі 9
1.2 Галузі застосування роботів 9
1.3 Класифікація роботів. Структура роботів 17
1.4 Огляд типових видів мобільних роботів. 23
1.5 Моделі та методи управління роботами 28
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА. ПРОЕКТУВАННЯ ПІД КОНТРОЛЕРУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМИ КОЛІСНОГО РОБОТУ ВЗДОВЖ СТІНИ 36
2.1 Концептуальна модель 36
2.2 Логічна модель 39
2.2.1 Структурна схема моделі системи управління роботом 39
2.2.2. Модель традиційного й нечіткого ПІД контролеру 47
2.3. Варіанти застосування імітаційної моделі до фізичної моделі роботу 54
3. ОПИС РЕАЛІЗАЦІЇ РІШЕННЯ 59
3.1 Опис архітектури прототипу системи, даних та методів реалізації 59
3.2 Опис компонентів ПЗ 63
ВИСНОВКИ 66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 67
ДОДАТОК А КОД МІКРОКОНТРОЛЕРА 69
ДОДАТОК Б ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ 71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ІВС – інформаційо-вимірювальна система

КС – керуюча система

МР – мобільний робот

МС – маніпуляційна система

ВСТУП

У даний час бурхливо розвивається розділ робототехніки, що займається створенням роботів.

Робототехніка – прикладна наука, що займається розробкою автоматизованих технічних систем і є найважливішою технічною основою інтенсифікації виробництва. У даний час вирішується досить велика кількість завдань, пов’язаних з організацією автоматичного переміщення робота, виконанням ним деяких елементарних дій [1]. Серед різних класів роботів, важливим сучасним класом є мобільні роботи, що застосовуються в промисловості, екології (динамічний моніторинг навколишнього середовища, робота в екологічно шкідливих умовах), військовій справі (робот-розвідник, робот, що несе легке озброєння і т.д.), побутових роботах (автономні пилососи, газонокосарки тощо.) [2].

Однак створення роботів, що впевнено переміщаються навіть по рівній поверхні, на якій є непереборні для них перешкоди, є складним із низки причин, в тому числі і через недосконалість алгоритмів управління.

При вивченні програмування ми стикаємося з віртуальними роботами-виконавцями. Їх рух описується досить просто, оскільки робоче середовище цих роботів прив’язана до координатної площини. Траєкторія руху точно описується математичними формулами.

Зовсім інша справа рух реального колісного робота в умовах невизначеності. У цьому випадку робот повинен відслідковувати обстановку, орієнтуватися на місцевості і приймати рішення, що призводять до потрібного результату.

Предметом дослідження даної роботи є орієнтація і рух колісного робота в умовах невизначеності.

1 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ

1.1 Постановка задачі

Використання мобільних роботів є виправданим у багатьох застосуваннях в неструктурованих середовищах, де вимагається висока ступінь автономії. Така необхідна автономна чи інтелектуальна поведінка обумовлена інтенсивними дослідженнями сьогодення. Управління рухом колісних мобільних роботів є основним предметом досліджень науковців за останні декілька років. При цьому, за умов відсутності необхідної ступені свободи мобільного робота, достатньо важливою і складною задачею є забезпечення керованості роботом.

Метою роботи є розроблення методу управління, алгоритму переміщення колісних роботів вздовж стіни на базі ПІД контролеру на платформі Arduino .

Досягнення вказаних цілей припускає рішення наступних основних завдань: здійснити класифікацію мобільних роботів; провести аналіз та класифікацію способів управління мобільних роботів; провести аналіз моделей управління колісних роботів; розробити імітаційну модель руху мобільного робота вздовж заданого маршруту; дослідити та налаштувати ПІД алгоритм управління мобільним роботом , розробити прототип системи управління мобільного роботу.

1.2 Галузі застосування роботів

З кожним роком робототехніка розвивається все більше і більше. Створюються нові підходи до вирішення проблем руху, локалізації, автоматизації роботів. Багато моделей досягають чималих успіхів у

вирішенні різних завдань. Чимало технічних комплексів створюється для військових цілей: виявлення мети, її ліквідації. Створюються роботи пожежники; роботи рятувальники, здатні діставати людей з води, з уламків повалених будівель.

Процес роботизації торкнувся і таку специфічну область як забезпечення громадської безпеки: ось вже більше 20 років в арсеналі спецслужб і поліцейських підрозділів знаходяться мобільні роботи робототехнічні комплекси. До сих пір немає чіткого уявлення про те, яку машину можна вважати роботом. В енциклопедичному словнику роботом називається автоматична система (машина), оснащена датчиками, що сприймають інформацію про навколишньому середовищу, і виконавчими механізмами, здатна за допомогою блоку управління цілеспрямовано вести себе в мінливих обстановці. Характерною особливістю робота вважається здатність частково або повністю виконувати рухові і інтелектуальні функції людини. від звичайної автоматичної системи (наприклад, верстата-автомата) робот відрізняється багатоцільовим призначенням, більшою універсальністю, можливістю перебудови на виконання різноманітних функцій. На практиці ж поняття "робот" поширюють і на будь-які дистанційно керовані транспортні кошти, забезпечені системою очувствленія (як мінімум, системою технічного зору). Робот покликаний замінити людини в випадках, коли виконання завдання знаходиться за межами людських можливостей або пов’язане з надмірної загрозою здоров’ю та життю людини, а також при нестачі професійно підготовленого персоналу для виконання трудомістких і циклічно повторюваних завдань [7].

Однією з багатьох тенденцій в робототехніці є перехід від телекерованих систем, які вимагають постійної участі людини для виконання всіх дій робота до автономних систем, в яких оператор лише вказує кінцеві і проміжні цілі. Це зручно для проведення інопланетних досліджень, де велика затримка сигналу не дозволяє здійснювати телеуправління [1].

У багатьох країнах, робототехніка є вже окремою дисципліною, що

вивчається в навчальних закладах, і не тільки в профільних вузах, але і в школах, і, відповідно, в педагогічних вузах.

Попит на фахівців, що володіють знаннями в цій області, щорічно зростає. Це обумовлено багатьма об’єктивними факторами, вирішальним з яких, звичайно ж, є бурхливий розвиток робототехніки.

Особливе значення, так само займає розвиток так званої, автономної і мобільного робототехніки. В силу того, що робототехніка часто застосовується для виконання робіт в недоступних людині місцях, то саме мобільна робототехніка часто є пріоритетом. Однак, не тільки в перерахованих вище випадках потрібно мобільна робототехніка, певною гілкою її розвитку є автономна робототехніка, що передбачає практично повне виключення втручання людської діяльності для виконання будь-яких завдань. Іншими словами, така робототехніка є найбільш перспективною і цікавою в плані розробки. Для здійснення автономності, в мобільній робототехніці, все частіше застосовується штучний інтелект, а точніше його елементи. З розвитком хмарних технологій, варто звернути увагу, на інтеграцію і об’єднання різних по потужності обчислювальних потужностей і сервісів штучного інтелекту, для повномасштабної реалізації повної мобілізації та автономності робототехніки [7].

Можна виділити два основні напрями розвитку мобільних роботів.

Перший напрям - це послідовне створення більш складних повністю автономних систем для умов з різною мірою визначеності і важчих прикладних завдань. Ускладнення умов в основному визначається мірою неорганізованості зовнішнього середовища і наявністю апріорної інформації про неї. Стосовно середовища це може бути робота в приміщеннях, рух по дорогах, рух по непідготовленій місцевості. Міра невизначеності наростає в такій послідовності: наявність детального плану (карти) з позначенням усіх прохідних і заборонених зон (перешкод), наявність карти з вказівкою мережі доріг і великих заборонених для руху зон (район щільної міської забудови, гора, ліс, річка, болото) без вказівки локальних стаціонарних або рухливих

перешкод і, нарешті, відсутність якої-небудь достовірної карти або плану. Остання ситуація можлива не лише при висадці на незнайомій планеті, але і на Землі в районах великомасштабних техногенних або природних катастроф. Ще ширше може варіюватися складність вирішуваних завдань від простого руху в заданому районі до активного перетворення середовища по трасі руху (прорobляє проходів в завалах, прокладення ліній зв'язку і трубопроводів, риття траншей, наведення переправ, створення земляних захисних споруд і т. д. Перший напрям в основному використовується при розробці промислових роботів, що функціонують в середовищах з високою мірою визначеності [9].

Другий напрям - це створення інтегрованих людино-машинних систем з послідовним збільшенням числа функцій, що виконуються машиною. Звільнення оператора від рутинних операцій і виключення його з безпосереднього управління різко скорочує об'єм передаючої через ефір інформації, а можливість втручання оператора в складних ситуаціях розширює коло вирішуваних завдань. Інтелектуальні можливості комбінованої системи визначаються інтелектом і професійною підготовкою оператора, а її невтомність, надійність і безпомилковість при виконанні простих операцій автоматом. Як вважають зарубіжні фахівці, другий напрям особливо привабливий для військових у зв'язку з тим, що на сьогодні вже створене достатнє число прийнятно працюючих зразків дистанційно керованих комплексів на базі штатного озброєння. У перспективі людино-машинні системи можуть досягти такого рівня розвитку, коли роль людини зведеться лише до постановки завдань, а це означає, що обидва напрями приведуть до однакового результату, оскільки будь-який "автономний" робот повинен отримати завдання, а потім доповісти про його виконання або повідомити про неможливість виконання. Трирівнева структура системи управління автономного робота у разі потреби дозволяє органічно використовувати і різні режими дистанційного керування. Операторові надається можливість на стратегічному рівні управляти "макродіями",

реалізовуючи супервізорне управління, або узяти на себе додатково функції тактичного рівня, задаючи напрям і швидкість руху. У випадках коли використовується режим дистанційного керування, на автоматичну систему доцільно покласти рішення допоміжних завдань. Наприклад, таких, як прокладення маршруту по електронно-цифровій карті, відображення на цій карті місцезнаходження робота (автоштурман), відображення на екрані тривимірної моделі спостережуваної сцени і поєднання її з монотелевізійним зображенням, попередження про можливе виникнення нештатних ситуацій при помилкових діях оператора, фіксація усіх його дій в електронному протоколі і т.д. [9] .

Дуже зручною і перспективної експериментальної платформою для, відпрацювання навичок створення мобільного робототехніки, є мікроконтролерна платформа ARDUINO. Застосування можливостей мобільних робототехнічних комплексів на основі ARDUINO допомогає удосконалити навики з дисциплін математики, інформатики , відпрацювати професійні навики відразу по декількох суміжних дисциплін: механіка, теорія управління, програмування, теорія інформації. А використання датчиків допоможе вибудувати міжпредметні зв’язки з фізикою, біологією і хімією. Попит з комплексних знань сприяє розвитку комунікативних навичок між творчими командами .

Зручність ARDUINO в якості стартової моделі для створення простої мобільного робототехніки, обумовлюється великою кількістю інформації і просто величезного числа доступних комплектів розширень (датчиків, двигунів, модулів бездротового зв’язку і т.д.). Не складає ніяких труднощів реалізувати на цій платформі найпростішого мобільного робота, керованого за допомогою смартфона або ж пульта управління. Однак в залежності від типу проекту, буде підніматися питання про час автономної роботи.

Саме тут можна побачити всі переваги платформи ARDUINO, яка має величезне число комплектів розширень, комбінуючи які можливо створити нове, нестандартне рішення щодо забезпечення всієї мобільної системи

енергією в потрібній кількості на потрібний час.

Роботів створюють для того, щоб вони могли замінити людини в складних для нього робочих умовах.

В кінці лютого 2020 року китайська рітейлери стали масово запускати роботів для доставки замовлень, щоб запобігти поширенню смертоносного коронавируса [2].

Компанія Meituan Dianping, яка спочатку виступила з ініціативою «безконтактної доставки» по Китаю, вже почала використовувати автономні транспортні засоби для поставок продуктів в районі Шуньи в Пекіні і планує запустити аналогічні служби доставки роботів в інших районах столиці [2]. Компанія почала тестувати роботів і безпілотників для доставки в 2019 році, але це перший випадок розгортання автономних засобів доставки на дорогах загального користування. Автономний робот здатний перевозити до 100 кг товарів і доставляти від трьох до п’яти замовлень за кожну поїздку.

У серпні 2019 року Huawei оприлюднила дослідження Global Industry Vision (GIV), в якому прогнозує шляху розвитку технологій і галузей [3]. У доповіді перераховані чотири типи роботів, які, на думку компанії, можуть стати членами сім’ї.

Роботи-дворецькі можуть виконувати такі побутові завдання, як складання одягу, прибирання пилососом і приготування кави. Такі роботи в різних формах використовуються в 200 млн будинках по всьому світу до серпня 2019 року, повідомили в Huawei [3].

Роботи-компаньйони можуть ділитися на три категорії в залежності від завдань: навчання, лікування і дружба. Наприклад, такі роботи почали використовуватися для взаємодії з дітьми, хворими на аутизм.

Роботи-доглядальниці можуть постійно перебувати з маломобільними пацієнтами та оперативно сповіщати родичів і лікарню про те, якщо у хворого стався серцевий напад. Для цього роботи збирають дані з датчиків, встановлених на людину і в різних частинах будинку.

Бионические роботи будуть представлені в трьох формах: екзоскелети,

протези і додаткові пристосування. Згідно з прогнозами Huawei, обсяг світового ринку екзоскелетів до 2025 року досягнуть $ 2 млрд [3].

До цього часу роботи все частіше будуть використовуватися і в промисловому секторі: на 10 тис. Співробітників припадатиме 103 робота. Інтелектуальні засоби автоматизації, які вже трансформували багато галузей промисловості, вирішуватимуть більш небезпечні, повторювані і високоточні завдання на благо людини, підвищуючи безпеку і продуктивність.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується прискореними темпами освоєння техніки і технологій, і розвиток автоматизованих систем є в ньому закономірним процесом. Це викликає необхідність вміння вирішувати завдання за допомогою роботів і автоматів, які можна спроектувати в реальній моделі, тобто безпосередньо сконструювати і запрограмувати.

Виробничі роботи – це роботи, призначені для виконання важкої, монотонної, шкідливою і небезпечною для здоров’я людей фізичної роботи. Види виробничих роботів представлені в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 – Класифікація виробничих роботів

Назва	Властивості	Приклади
Промислові	автоматизація всіх видів ручних і транспортних операцій в різних галузях промисловості.	роботи для фарбування, складання деталей, зварювання.
Сільськогосподарські	автоматизація трудомістких і монотонних процесів в сільському господарстві.	польові роботи, роботи для підстригання овець.
Транспортні	автоматизація управління	самохідні

	різними транспортними засобами.	візки, крокуючі апарати, автопілот.
Будівельні	автоматизація ручних операцій як допоміжних, так і основних, органічно властивих будівельної справи.	роботи-демонтажники, роботи-штукатури
Побутові	автоматизація операцій, пов’язаних з побутом людини і з багатою різноманітністю сферою його обслуговування.	роботи-пилососи, роботи-носії, роботи-іграшки, соціальні роботи

Дослідницькі роботи. служать для пошуку, збору, переробки та передачі інформації про досліджуваних об’єктах [4]. До числа таких об’єктів відносяться космічний простір, поверхні планет, підводний простір, підземні порожнини (шахти, печери), Арктика і Антарктика, пустелі, заражена місцевість і інші, важкодоступні для людини області. Прикладами таких роботів є безпілотні літальні апарати, роботи-сапери, роботи-санітари, різні багатоцільові бойові машини і т.д.

Кожне наступне покоління роботів володіє великими можливостями і досконалістю, але не виключає попереднього; вони взаємно доповнюють один одного і знаходять застосування відповідно до своїх функціональних можливостях і умов економічної доцільності. До теперішнього часу сформувалося три покоління роботів [4]:

- роботи першого покоління (з програмним управлінням), застосовують для: обслуговування верстатів, пресів, печей, зварювальних установок і машин; виконання основних технологічних процесів (різання,

збірки, зварювання); вантажно-розвантажувальних і складських робіт;

- роботи другого покоління відрізняються від роботів першого наявністю чутливих пристроїв (дотик, телевізійне зір), мають більш складне управляючий пристрій;

- роботи третього покоління (інтегральні роботи) на відміну від роботів другого покоління обробляють інформацію, що отримується від органів почуттів. Ці роботи застосовують для робіт, що вимагають розпізнавання образів (робота за кресленням), а також протікають в складних і мінливих умовах.

До мобільному роботу пред’являються наступні загальні вимоги:

- роботу необхідно мати високі рухливість і прохідність в міських умовах, всередині будівель і споруд, в зонах руйнувань, на пересіченій місцевості, як на твердих гладких покриттях, так і на деформованих грунтових підставах;

- робот повинен надійно діяти як в непідготовлених природних умовах так і в середовищі, спеціально пристосованої для проживання людини (всередині будинків, в транспортних комунікаціях), вписуватися в міські транспортні потоки або рухатися в складі транспортних колон;

- конструкція робота повинна забезпечувати швидке розгортання при виконанні спецоперацій і його високу мобільність.

1.3 Класифікація роботів. Структура роботів

Робота можна класифікувати по:

- областям застосування - виробничі (промислові), військові, дослідні, медичні;

- середовища проживання (експлуатації) - наземні, підземні, надводні, підводні, повітряні, космічні;

- ступеня рухливості - стаціонарні, мобільні;

- типу системи управління - програмні, адаптивні, інтелектуальні;

- функціональним призначенням - маніпуляційні, транспортні інформаційні, комбіновані;

- рівню універсальності - спеціальні, спеціалізовані, універсальні;

Окремо варто відзначити класифікацію за конструктивними ознаками :

- типу виконавчих приводів - електричні, гідравлічні, пневматичні;

- типу рушія - гусеничні, колісні, колісно-гусеничні, напівгусеничні, крокуючі, колісно-крокуючі, роторні, з петльовим, гвинтовим, водометним і реактивним рушіями;

- конструктивними особливостями технологічного обладнання – по числу маніпуляторів, за вантажопідйомністю маніпуляторів, за системою координат робочої зони (лінійна, кутова);

- типу джерел первинних сигналів - електричні, біоелектричні, акустичні;

- способу управління - автоматичні, дистанційно керовані, ручні. [4]

Умови функціонування роботів, які визначаються типом середовища експлуатації та характером робочого процесу, можна розділити на дві категорії: детерміновані (визначені) і недетерміновані (невизначені). До детермінованим середовищ відносяться середовища, спроектовані і створені людиною. Відповідно, детермінованим процесом є кожен процес, перебіг якого повністю залежить від цілеспрямованої діяльності людини (діяльності щодо безпосереднього здійснення процесу, управління процесом і т.д.).

У детермінованих середовищах вже є висока ступінь організації, або необхідний ступінь організації може бути досягнута при порівняно невеликих витратах. Визначеність середовища обумовлена апріорним знанням точного положення всіх об’єктів, з якими може взаємодіяти робот.

Для маніпуляційного робота це означає точне знання місця розташування і орієнтації об’єктів, розташованих в його робочій зоні. для транспортного робота детермінованою середовищем є, наприклад, рейкова траса в цеху. До першої категорії відносяться також середовища, які можна організувати необхідним чином, хоча і ціною значних витрат (в повному

обсязі організовані середовища). У цьому випадку окремі об’єкти можуть мати заздалегідь невідомі відхилення від еталону. До цих середовищ можна віднести польові склади боєприпасів, паливно-мастильних матеріалів, технологічні позиції і т.д.

У середовищах другої категорії практично неможливо здійснити їх організацію. Такі середовища називаються повністю неорганізованими (недетермінованими). До них відносяться, зокрема, природні середовища і

середовища, створювані аварійними ситуаціями як в природних умовах, так і при руйнуванні середовищ, спроектованих і створених людиною, тобто при руйнування будівель і споруд. До дій робота в природних середовищах відносяться дії в польових умовах: розвідка на місцевості, військові дії.

До дій робота при руйнуванні створених людиною середовищ відносяться ведення бойових дій в міських умовах, а також дії з розчищення завалів, рятувальних роботах в зруйнованих спорудах і т.д. До недетермінованим процесів відноситься кожен процес, перебіг і результат якої повністю не залежить від цілеспрямованої діяльності людини. Недетермінованими процесами є ведення бойових дій, всі природні процеси (землетруси, виверження вулканів і т.п.),пожежі, вибухи (як результати техногенних аварій) і т.п. Для робіт в недетермінірованних умовах в даний час розвивається особливий клас робототехнічних систем, званих в технічній літературі "Мобільними роботами", відмінною рисою яких є наявність здатності до локалізації.

Структура робота , який взаємодіє з неманіполюційною системой (НС),проілюстрована рис. 1.1. У загальному випадку робот складається з чотирьох систем [5]:

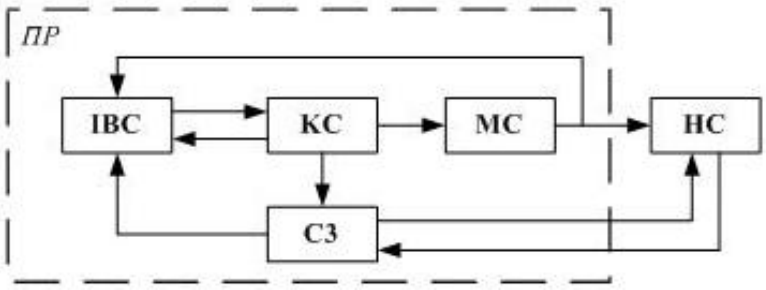

Рисунок 1.1 – Узагальнена структура робота, що взаємодіє с НС

Задача інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) - збирання, первинна обробка і передача в керуючої системи (КС) даних про функціонування вузлів і механізмів робота (у тому числі і блоків КС) та про стан неманіпуляційної системи . За функціональним призначенням ІВС умовно поділяються на три підсистеми:

- сприйняття й переробки інформації про НС, в якому функціонує робот;

- внутрішньої інформації про стан вузлів, механізмів і систем прийняття рішень (ПР);

- забезпечення техніки безпеки. Дані цих під-систем створюють інформаційне забезпечення роботи робота.

Задачами керуючої системи (КС) є програмування дій маніполяційної системи (МС), зберігання пам’яті, її відтворення і відпрацювання.

Керування роботом здійснюється на основі програми його роботи. Програма – повний і точний опис на деякій формальній мові процесу оброблення інформації, який приводить до розв’язання поставлених задач.

Керуюча програма – послідовність простих інструкцій на деякій формальній мові, виконуваних при додержанні певної черговості. Ці інструкції містять інформацію про послідовність виконання кроків програми, просторове положення окремих ступенів рухо-мості і час виконання окремих кроків програми та окремих КП. Матеріальний носій, в якому фіксується

керуюча програма , називається програмоносієм.

Програмування – підготовка задачі керування для її розв’я-зання і введення інформації керуючої програми в запам’ятовуючий пристрій КС. Програмування здійснюється методами: навчання, розрахунку керуючої пррограми, самонавчання. У першому випадку керуюча програма формується в режимі діалога КС з оператором, який за допомогою ручного пульта керування роботом здійснює послідовне відпрацювання необхідних операцій з наступним занесенням інформації у запам’ятовуючий пристрій КС. При реалізації другого методу програму розраховують чи на обчислювальному центрі на одній із спеціалізованих мов або на мовах високого рівня, чи в самій КС за допомогою обчислювача за директивами оператора. Зрештою, при самонавчанні програма робота утворюється на основі інформації, яка аналізується системою сприйняття НС з наступним запам’ятовуванням одержаної інформації й організацією відповідних команд.

Запам’ятовування керуючої програми – збереження протягом погрібного часу інформації керуючої програми у запам’ятовуючому пристрої. Для систем ЧПК ємність пам’яті такого пристрою визначається кількістю машинних слів або двійкових знаків.

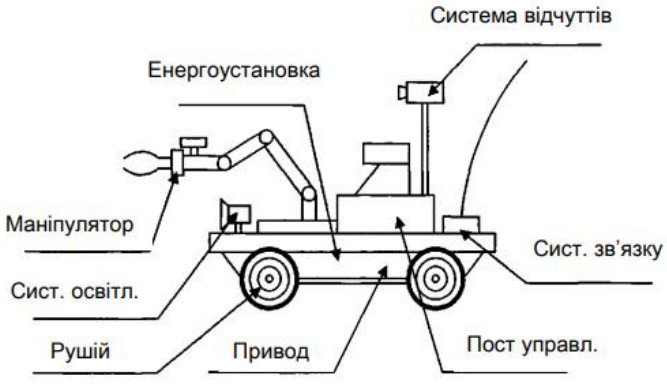

Рисунок 1.2 – Маніпуляційна схема ПР

Будь-який мобільний робот може бути представлений у вигляді

сукупності трьох основних систем - транспортної, спеціальної і системи управління (рисунок 1.3) [7]. Транспортна система. Транспортна система є транспортним засобом, призначеним для доставки спеціального і технологічного устаткування до місця виконання поставленого завдання. Спеціальні системи. Спеціальні системи служать для безпосереднього виконання поставлених завдань. Спеціальна система складається з необхідного набору технологічного устаткування, склад якого визначається видом вирішуваної задачі і призначенням мобільного робота. Наприклад, при рішенні розвідувальних завдань технологічним устаткуванням є комплект сенсорів і засобу первинної обробки інформації. Виконання технологічних завдань може забезпечуватися маніпулятором і набором змінного інструменту до нього. При проведенні взривотехнічних робіт необхідним устаткуванням є засоби діагностики вибухових пристроїв і гідроруйнівники. Система управління забезпечує управління рухом і роботою технологічного устаткування робота, а також адаптивне управління ходовою частиною і енергетичною установкою з урахуванням взаємодії транспортоної системи з довкіллям. Система управління включає частину (апаратура управління роботом, датчики, система технічного зору і мікропроцесори попередньої обробки інформації), що інформаційно-управляє, розташовану на мобільному роботі; пост оператора мобільного робота (пульт управління, відеопереглядові пристрої; ЕОМ для обробки інформації) і комплект прийомо-передаючої апаратури, що забезпечує передачу інформації від робота на пост оператора і команд, що управляють, від поста оператора на мобільний робот. Система управління рухом повинна також забезпечувати планування руху в недетермінованих умовах на основі картографічної бази з урахуванням інформації, що безперервно поступає, в систему управління від технічних органів чуття і навігаційної системи.

Переміщення роботів відбувається різними способами. Найбільш поширеними роботами є чотириколісні і гусеничні роботи. Також існують літаючі роботи , повзаючі роботи , роботи, що переміщаються по

вертикальних поверхнях, плаваючі роботи.

1.4 Огляд типових видів мобільних роботів.

Провідним розробником і виробником інспекційних роботів для трубопроводів є НВО "Тарис". При однаковому рівні якості, ціна мобільних роботів фірми "Тарис" на 15-20 % нижча за імпортні аналоги, при цьому очевидні 18 вигоди в гарантійному і сервісному обслуговуванні техніки на території Росії і СНД. За наявними оцінками річний економічний ефект від застосування інспекційних роботів приблизно в 2 рази перевершує їх вартість [19]. Загальний вигляд інспекційних і технологічних роботів фірми "Тарис", які нині застосовуються муніципальними службами, показаний на рисунок 1.3.

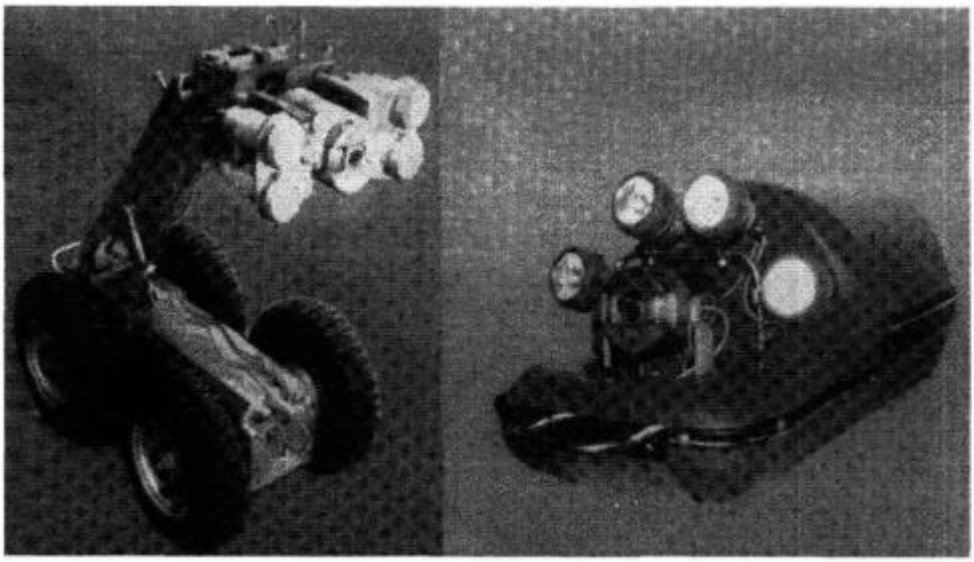

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд інспекційних і технологічних роботів фірми "Тарис"

Оглядовий робот Р-200 призначений для телеінспекції трубопроводів діаметром 150...1200 мм. Цей мобільний робот має набір змінних коліс і кольорову поворотну телекамеру. Управляється робот дистанційно оператором з поста управління, розміщеного в автомобілі (довжина кабелю

до 200 м). Пост управління має кольоровий монітор і цифрову систему документування на базі комп'ютера в промисловому виконанні. Телекамера оснащена пристроєм наведення (механізми гойдання, ротації і підйому) для огляду стінок труби, блоками основного і додаткового освітлення, електромеханічним склоочисником, а також дистанційним приводом фокусування. Робот має герметичне виконання, здатний працювати із зануренням у воду, корпус накачується азотом для запобігання конденсації вологи усередині нього іі запітніння скла телекамери. Приводи переміщення є мехатронними модулями типу "мотор-колесо" на базі двигунів постійного струму. Окрім системи технічного зору робот оснащений сенсорами шляху, кутів крену і диферента корпусу, а також датчиками кутів орієнтації телекамери. Ці сенсори потрібні не лише для управління рухом робота, але і для трасування залягання трубопроводу, дають інформацію про профіль труби і координати дефекту (тріщини) або виявленого стороннього предмета. Мобільні роботи НВО "Тарис" дозволяють не лише виявити, але і усунути цілий ряд дефектів. Одним з ефективних методів ремонту труб є бандажування (рисунок 1.4) [19].

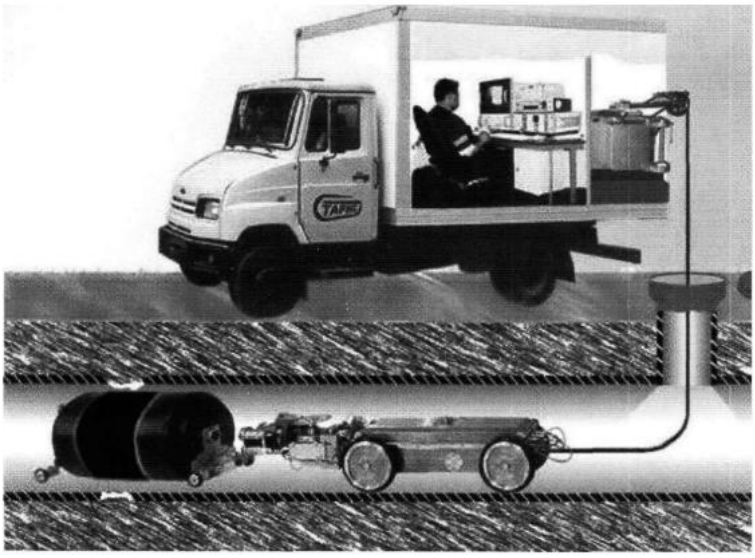

Рисунок 1.4 – Мобільний робот з бандажним пристроєм фірми "Тарис"

Встановлюваний бандаж складається з металевої бочки і шару тканини, просоченої полімером. Під дією тиску, що подається по шлангах, пакер роздувається і притискує бочку з полімером до стінок труби. Застосовуються бочки, виготовлені з корозійностійкої або вуглецевої сталі. Замість тканини з полімером, в якості матеріалу для герметизації дефекту може застосовуватися шар гуми. До складу мобільного робототехнічного комплексу С-200 (рисунок 1.5) входять: технологічний робот, кабельний барабан, робоча станція з системою технічного зору, пост управління оператора. Робот комплектується змінними робочими органами - фрезерними і інструментальними голівками для виконання ремонтних операцій усередині труби. Робочі органи призначені для локальної зачистки поверхонь, свердління, підрізування виступаючих елементів (напливів, решіток на зварних швах, штирів), прорізки бічних відведень після санації труби пластиком.

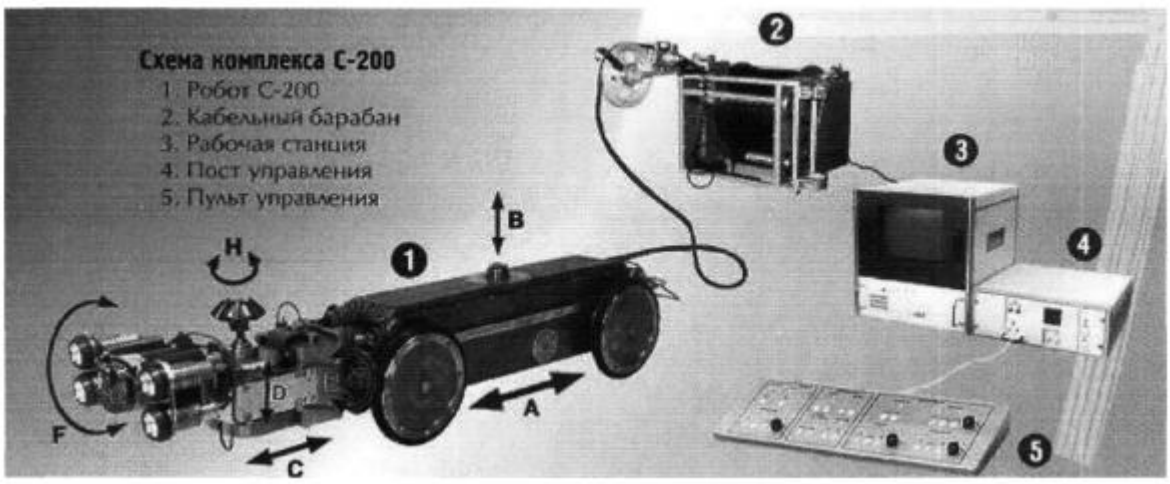

Рисунок 1.5 – Мобільний робототехнічний комплекс С-200 фірм "Тарис"

Перспективи розвитку мобільної робототехніки пов’язані з інтелектуалізацією пристроїв управління і сенсорів, що дозволяє підвищити якість операцій, що проводяться, і автономність їх виконання. Автоматичне прийняття рішень роботом (без безпосередньої участі людини-оператора)

доцільно на наступних операціях:

- автоматичне виявлення і розпізнавання сторонніх об’єктів в трубопроводі з використанням системи технічного зору і локаційних датчиків;

- планування траекторії і швидкості руху при проходженні поворотів на базі сигналів від датчика крену-диферента і фотоімпульсних датчиків швидкості;

- управління режимами роботи інструментальної голівки на підставі інформації про діючі сили і моменти при виконанні операцій механічної обробки (зачистка внутрішньої поверхні труби або зварних швів, обрізання виступаючих всередину труби штирів і тому подібне);

- діагностика стану внутрішньої поверхні труби і дефектоскопія зварних швів; розкриття бічних відведень в новій пластиковій трубі.

Китайський уряд приділяють значну увагу на розвиток високих технологій, особливо на робототехнику. Зараз Китай вже досяг великих результатів і в деяких областях робототехники китайські учені вже визнані світовими лідерами. Фахівці з Фуданского університету у Шанхаї винайшли першого кмітливого і товариського робота Fudan–l (рисунок l.6). Вперше робота у дії показали в Шанхаї у вересні 2005 року. На святкуванні сотої річниці з дня основи Фуданского університету, який є одним з найбільших і відомих вищих навчальних закладів у Китаї [17].

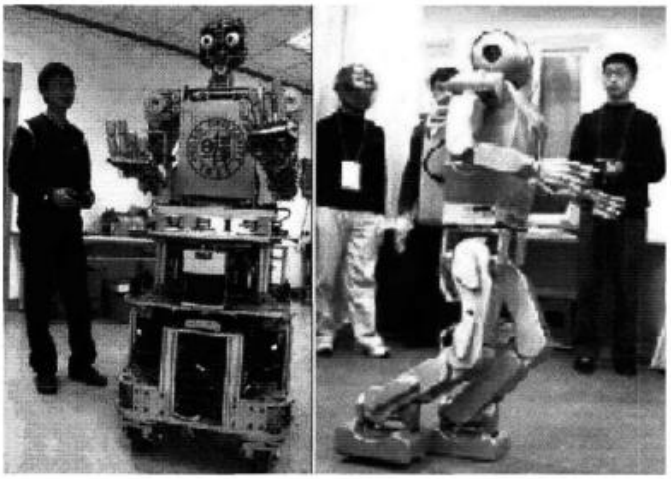

Рисунок 1.6 – Робот Fudan-1 і китайський робот, який володіє мистецтвом Тай-Цзи

Робот Fudan-1 самостійно ходить, бачить, чує і розмовляє, ним можна управляти не лише дистанційно, але і спілкуватися за допомогою голосу, жестів і дотиків. Вчені Пекінського університету науки і техніки провели випробування людиноподібного робота BHR - 1. Створення роботів "за образом і подібністю" людини вже не новина, наприклад SDR-4 від компанії Sony і Asimo виробництва фірми Honda. Проте Китай тут пішов своїм шляхом. Робот, побудований у рамках китайської Програми досліджень і розвитку у сфері високих технологій, володіє мистецтвом оздоровчої гімнастики Тай-Цзи. Майстрові Тай-Цзи потрібна гнучкість, і BHR - 1 має її: його конструкція налічує 32 зчленування. Ріст китайського первістка 158 см, вага 76 кг - цілком традиційні параметри для середнього жителя Китаю. Вчені Китаю активізують наукову співпрацю по створенню інтелектуальних мобільних роботів. Як повідомляє китайське інформаційне агентство "Синьхуа", Чжэцзянский університет Китаю і російський Таганрозький радіотехнічний університет (ТРТУ) ведуть спільні дослідження по темі "Розробка теоретичних і практичних основ побудови розподілених систем колективного прийняття рішень". 25 Роботи, яких розробляють російські і китайські учені, покликані замінити людину при виконанні складних завдань

в небезпечних умовах підвищені радіації, насиченості атмосфери отруйними газами, пилом та ін. Передбачається, що вони можуть задіюватись в наукових експедиціях, при геологорозвідці і рятувальних роботах. Більшість сучасних роботів працюють лише в певних умовах і діють строго за заданою програмою. Технології, здатній повною мірою забезпечити універсальну свободу рухів і дій робота в польових умовах, поки не розвинені. За наявною інформацією, в план співпраці науковців входить, зокрема, "рішення ефективності методів і алгоритмів колективного вирішення складних проблем в телекомунікаційних і комп'ютерних мережах, а також принципів інформаційного обміну при колективному прийнятті рішень", спільна участь в конференції "Інтелектуальні і багатопроцесорні системи", і навіть "проведення Інтернет - змагань між командами інститутів по віртуальному футболу" [19].

1.5 Моделі та методи управління роботами

У загальному випадку, мета управління полягає в тому, що б на основі аналізу поточного стану об'єкту управління визначити бажану поведінку, реалізація якої дозволяє визначити значення керівних змінних. Нині для вирішення відповідних завдань використовується загальна теорія управління, у рамках якої розроблені різні алгоритми знаходження оптимальних законів управління об'єктами різної фізичної природи. Зокрема, для вирішення завдання управління мобільною платформою розроблена безліч різних способів реалізації системи управління.

Метод гіпотези і тесту був запропонований одним з перших дл роботів класу «Робот-рука» [7]. Він складається з трьох основних кроків:

- пропонується гіпотеза відносно шляхукандидат між початковою і кінцевою конфігураціями мобільного робота при русі;
- набір конфігурацій уздовж цього шляху тестується на можливість зіткнень;

- якщо зіткнення виявляється можливим, з метою визначення шляху проходу досліджується перешкода, яка може викликати це зіткнення. Увесь процес повторюється для модифікованого руху.

Головна перевага методу «гіпотеза – тест» полягає в його простоті.

Для мобільних роботів пропонується другий клас алгоритмів управління. Він ґрунтується на визначенні штрафної функції для конфігурації мобільного робота, за допомогою якої кодується наявність об’єктів [11]. Метод штрафних функцій відноситься до чисельних методів рішення завдань умовної оптимізації. В даному випадку початкове завдання умовної оптимізації перетвориться в послідовність завдань безумовної оптимізації шляхом введення штрафних функцій. Зазвичай для конфігурації, яка призводить до зіткнень, значення штрафу дорівнює нескінченності і різко падає у міру збільшення відстані від перешкод. Повна штрафна функція є сумою штрафів окремих перешкод, до якої додається штрафний член відхилення від найкоротшого шляху. Для кожної конфігурації можна вичислити значення штрафної функції і оцінити її приватні похідні по відношенню до параметрів конфігурації. На основі цієї інформації за допомогою функції пошуку шляху необхідно вибрати послідовність конфігурацій. Рішення повинне відповідати локальному мінімуму штрафної функції, тобто компромісу між збільшенням довжини шляху і максимальним наближенням до перешкод. Основним недоліком використання штрафних функцій для планування безпечних шляхів є точна локальна інформація, яку вони дають для пошуку шляху.

Алгоритми скелетування зводять вільний простір робота до одномірного представлення, для якого завдання планування шляху стає простіше [11]. Таке представлення з меншою кількістю вимірів називається скелетом простору конфігурацій. Один з прикладів методу скелетування: лінія Вороного – це геометричне місце точок, рівновіддалених від двох або декількох перешкод в просторі конфігурацій. Таким чином, первинне завдання планування шляху зводиться до пошуку шляху на лінії Вороного,

яка зазвичай є одновимірною (за винятком деяких окремих випадків) і має кінцеву кількість таких точок, в яких перетинаються три або більша кількість одновимірних кривих. Рух по лінії Вороного може не забезпечити отримання найкоротшого шляху, але виявлені шляхи відрізнятимуться наявністю максимальних відстаней від перешкод. Недоліки методу, ґрунтованого на використанні лінії Вороного, полягають в тому, що їх складно застосовувати в просторах конфігурацій з великою розмірністю, крім того, при їх використанні доводиться здійснювати занадто великі обхідні маневри, якщо простір конфігурацій характеризується широким розмахом. До того ж може виявитися складним обчислення лінії Вороного, особливо в просторі конфігурацій, що характеризується складною формою перешкод [4]. В цьому випадку будується нечітка модель, ґрунтована на формальному представленні характеристик досліджуваної системи в термінах лінгвістичних змінних [11]. Ця модель є особливо корисною у зв’язку з тим, що дані, що отримуються від сенсорів мобільного робота, часто мають великі погрішності. До того ж вона дозволяє істотно спростити обчислення, що корисно, оскільки мобільні роботи мають обмежені обчислювальні ресурси. Достоїнствами технологій нечіткої логіки є можливість плавного переходу від однієї категорії до іншої за рахунок формування середньозваженого результату, що дозволяє істотно скоротити число продукційних правил в порівнянні з експертною системою і можливість пояснення результату в процесі відладки системи.

Пристрій управління робота здійснює автоматичне управління його виконавськими системами - маніпуляційними і пересування, утворюючи в сукупності з ними як об’єктами управління систему автоматичного управління робота. Крім того, пристрої управління роботів часто використовують і для управління різними іншими об’єктами (технологічним устаткуванням, транспортними пристроями і т. п.), які працюють спільно з роботом, утворюючи з ним єдиний технологічний комплекс [51]. Як вже було відмічено, за способом управління розрізняють наступні системи управління

роботів і відповідні пристрої управління : програмні пристрої, в яких управління здійснюється за попередньо складеною незмінною в процесі реалізації програмою; адаптивні пристрої, в яких управління здійснюється залежно від інформації про поточний стан зовнішнього середовища і самого робота, отримуваною в процесі управління від сенсорних пристроїв; інтелектуальні пристрої, в яких для адаптації і виконання інших функцій робота використовуються методи штучного інтелекту. Пристрої управління можуть бути індивідуальними, такими, що входять до складу кожного робота, і груповими, керівниками декількома роботами. Конструктивно індивідуальні пристрої управління виконують зазвичай окремо від механічної частини робота. Переважна більшість роботів мають електронні пристрої управління, виконані на мікропроцесорній базі. Проте існують і неелектричні пристрої управління роботів, що найчастіше реалізовуються на пневматиці і призначені для застосування в особливих вибухо та жаро-небезпечних умовах. У робототехніці існують 3 завдання управління: управління маніпуляторами, системою пересування і спільне управління групою роботів.

Система управління забезпечує управління рухом і роботою технологічного обладнання, а також адаптивне управління ходовою частиною і енергетичною установкою з урахуванням взаємодії транспортної системи з навколишнім середовищем. Складність системи управління визначається складністю розв’язуваної завдання, ступенем невизначеності зовнішнього середовища і необхідним ступенем автономності робота. Саме розвиток систем управління визначає розвиток робототехнічних комплексів в цілому, і, зокрема, лягло в основу класифікації мобільних роботів по поколінням.У загальному випадку система управління містять три рівні управління: верхній (стратегічний), середній (тактичний) і нижній (виконавчий), які мають вбудовані механізми адаптації, що працюють на основі оцінки якості реалізації планів різного рівня в реальному фізичному світі. Організація взаємодії рівнів управління повинна дозволяти приймати

рішення на тому рівні, який в даний момент володіє найбільш достовірною інформацією, без передачі управління на більш високий рівень. Застосування мобільних роботів більш ефективно при використанні останнього в складі робототехнічного комплексу, утвореного групою мобільних роботів, засобами доставки, енергозабезпечення та технічного обслуговування, центральним постом управління і обробки даних.

Мобільні роботи універсальні і тому можуть бути використані в різних областях. Стосовно до використання робототехніки в військових цілях і в надзвичайних ситуаціях пріоритетне значення мають технічні "здібності" роботів, придатність до експлуатації в жорстких і екстремальних умовах і здатність забезпечити захист обслуговуючого персоналу. при використанні роботів в цивільній промисловості найбільше значення надається їх економічної ефективності. Найчастіше система управління МР розробляється індивідуально для кожної моделі, що вимагає додаткових тимчасових і фінансових витрат на розробку, налагодження і введення в експлуатацію. Розробка універсальної системи управління мобілного робота може стати зручним і вигідним рішенням, але вона також вимагає значних робіт по універсалізації фізичної і програмної частин.

В якості основних вимог до системи управління МР можна виділити наступні:

- здатність керувати великою кількістю різних виконавчих пристроїв (приводи маніпуляторів, тягові приводи, приводи спеціальних систем);
- здатність отримувати дані з широкого спектру датчиків, як цифрових, так і аналогових;
- здатність виконувати функції нижнього рівня управління (уникнути падінь, сутичок, відпрацювання аварійних ситуацій і т.д.);
- можливість роботи в широкому діапазоні температур і середовищ;
- розширюваність, як в сторону збільшення кількості підключається обладнання, так і в бік підвищення рівня управління;

Система управління мобільним роботом в загальному випадку виконує

наступні функції :

- сприйняття і розпізнавання інформації, що поступає із зовнішнього світу від сенсорів;
- спілкування з людиною; створення і коригування моделі середовища шляхом навчання в процесі спілкування з людиною, сприйняття сигналів з датчиків і виконання дій;
- планування і перепланування поведінки; управління виконанням дій; управління приводами; спілкування з іншими роботами.

Розглянемо ці особливості стосовно мобільних роботів, що пересуваються по довільній місцевості. В цьому випадку модель зовнішнього середовища є картою місцевості, яка окрім апріорних відомостей складається і уточнюється в ході руху на основі сенсорної інформації. Ця модель повинна мати як мінімум два рівні по масштабу: перший в межах відстані, що досягається сенсорними системами, другий - для місцевості безпосередньо перед роботом. Блок управління рухом здійснює управління тяговими приводами і приводами повороту шасі. Блок побудови маршруту синтезує траєкторію руху, оптимізуючи її, по мінімуму витрати енергії, що особливо важливо для роботів з автономним енергоживленням, або по мінімуму часу 28 виконання завдання, коли в постановку завдання входить умова забезпечення максимальної швидкодії. Блок побудови карти (плану) місцевості представляє її у формі, зручній для вирішення завдання вибору маршруту, зокрема, з виділенням непереборних перешкод і небезпечних або неясних ділянок. Якщо виконання завдання вимагає знання більшої ділянки місцевості, чим дають сенсорні системи в початковому положенні робота, тобто до початку руху, карта місцевості формується і передається у блок побудови маршруту фрагментами у міру пересування робота. Такими ж ділянками послідовно здійснюється і синтез траекторії руху. В цьому випадку перше наближення для усієї траекторії робиться за наявною апріорною інформацією про місцевість або, як мінімум, визначається загальний напрям руху.

На нижньому загальносистемному рівні системи управління знаходиться канал управління рухом у ближній зоні, що включає найбільш детальну модель цієї зони і що реалізовує алгоритми забезпечення безпеки руху. Необхідний рівень адаптації і штучного інтелекту системи визначається мірою невизначеності і складності місцевості і характером що підлягають виконанню завдань, тобто призначенням робота. В останньому відношенні основне значення має мінімально необхідна міра автономності управління роботом, що визначається переліком його дій, які повинні виконуватися без участі людини-оператора. При цьому враховується і можливість тимчасової втрати зв’язку з оператором, обмежена пропускна спроможність каналів зв’язку, неповнота і обмежена достовірність отримуваної оператором від робота інформації і її затримка в часі.

З розглянутих способів управління оператором для управління пересуванням робота не застосовується тільки система копіюючого управління, оскільки вона базується на використанні кінематики маніпуляторів.

Командне управління, в даному випадку, приводами коліс шасі робота застосовується для виконання дискретних команд "вперед-назад", "вліво - управо" з дискретним завданням швидкості руху і команди "стоп". Крім того, таке управління використовується для рухливих, зазвичай двоступеневих, передавальних телевізійних камер і локаторів огляд місцевості, а також різного навісного устаткування, яким може бути оснащене шасі робота.

Управління за допомогою джойстика - сьогодні основний спосіб дистанційного керування (по кабелю або радіоканалу) мобільними роботами. Інтерактивний режим управління має особливо велике значення при русі мобільних роботів в невідомому середовищі. В цьому випадку діалоговий режим часто потрібний при плануванні маршруту, а також при виникненні складних і непередбачених перешкод. Як правило, можливість оперативного підключення при цьому людини-оператора особливо важлива. Системи управління мобільних роботів підводного, повітряного і космічного

базування мають в цілому ту ж функціональну структуру і використовують ті ж способи управління, що і наземні роботи. Проте, звичайно, вони відрізняються системами пересування і динамікою.

Головним завданням системи управління рухом є планування переміщень робота до деякої цільової точки з урахуванням різних чинників.

В якості реглятора будемо використовувати ПІД регулятор , що опрацьовує сигнал помилки (погоджує сигнал, що задаэться і виміряне значення об’єкта управління). Головна задача при розробці ПІД регулятора – визначити коефіцієнти Kp, Ki, Kd .

У загальній теорії автоматичного управління структура регулятора вибирається виходячи з моделі об’єкта управління. При цьому більш складних об’єктах управління відповідають складніші регулятори. У нашому ж випадку структура регулятора вже задана - ми розглядаємо ПІД-регулятор.

Для отримання параметрів скористаємося ручною настройкою з дотриманням наступник правил:

- збільшення пропорційного коефіцієнта збільшує швидкодію і знижує запас стійкості;
- зі зменшенням інтегральною складовою помилка регулювання з плином часу зменшується швидше;
- зменшення постійної інтегрування зменшує запас стійкості;
- збільшення диференціальної складової збільшує запас стійкості і швидкодію.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА. ПРОЕКТУВАННЯ ПІД КОНТРОЛЕРУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМИ КОЛІСНОГО РОБОТУ ВЗДОВЖ СТІНИ

2.1 Концептуальна модель

Навігація мобільних роботів є актуальним завданням сучасної робототехніки. При цьому процес навігації включає в себе наступні етапи:

- складання карти середовища;
- корекція траєкторії руху робота;
- планування маршруту (вибір оптимального шляху, що веде до мети);
- управління локальними переміщеннями;
- обхід роботом небезпечних ділянок траси.

Алгоритмічне рішення цих задач, очевидно, має спиратися на інформацію про рельєф поверхні, яка може бути відома апріорі, доповнюватися в процесі переміщення робота. Для прокладки маршруту використовується глобальна інформація про район переміщення, наприклад, у вигляді матриці рельєфу, кожен елемент якої відповідає певній ділянці поверхні. Індекси окремого елемента матриці визначають лінійні координати ділянки місцевості, а значення елемента - відносну висоту цієї ділянки [12].

Управління локальними переміщеннями відомим маршрутом здійснюється на підставі інформації про характер поверхні в ближній околиці робота.

Якщо визначити маршрут руху як послідовність опорних пунктів (підцілей) руху, що включає початкове і кінцеве (цільове) положення робота, то завдання прокладки маршруту включає формування деякої безлічі підцілей і подальший вибір такої її підмножини, яка оптимізує рух робота [12].

Процесу прокладки маршруту руху робота передує складання карти

середовища. З локальними переміщеннями робота пов’язані завдання корекції траєкторії руху і обходу небезпечних ділянок поверхні.

Спочатку формується карта робочої зони робота, при цьому зовнішнє середовище дискретизируется, і кожній ділянці, який містить перешкоду, ставиться у відповідність інформація про тип цієї перешкоди. Також передбачається, що для визначення прохідності ділянок середовища використовується дистантная сенсорна підсистема сканування на основі лазерного далекоміра, а визначення пройденого шляху здійснюється за допомогою одометріческой підсистеми із застосуванням методу пасивного колеса. Побудова карти відбувається одночасно з дослідженням зовнішнього середовища.

Якщо нашому роботу необхідно слідувати вздовж стіни з зовнішніми поворотами (рис. 2.1а), датчик ’ультразвуку може бути встановлений перпендикулярно руху робота. В цьому випадку рух буде більш плавним, з меншими коливаннями.

Однак якщо в шляху доведеться долати внутрішні кути , датчик ультразвуку повинен встановлюватися під кутом, так як при перпендикулярному розташуванні датчик не побачить поворот, робот застрягне в кутку, а мотори продовжать обертання (рис. 2.1г). Рух уздовж прямої буде відбуватися з більшими коливаннями через те, що навіть при невеликому відхиленні від потрібного курсу діагональ збільшується більше в порівнянні з перпендикуляром. Відповідно, пропорційне управління буде задавати великі керуючі впливу на мотори, що викликає різкі рухи.

Якщо під час руху зустрічаються зовнішні і внутрішні кути, наприклад, при проході лабіринту, датчик ультразвуку слід встановлювати під кутом (рис. 2.1в).

При будь-якому розташуванні датчик ультразвуку повинен встановлюватися попереду робота на деякому відстані від коліс. Це викликано тим, що робот при управлінні інерційний і будь-який вплив на мотори відпрацьовує з деяким запізненням.

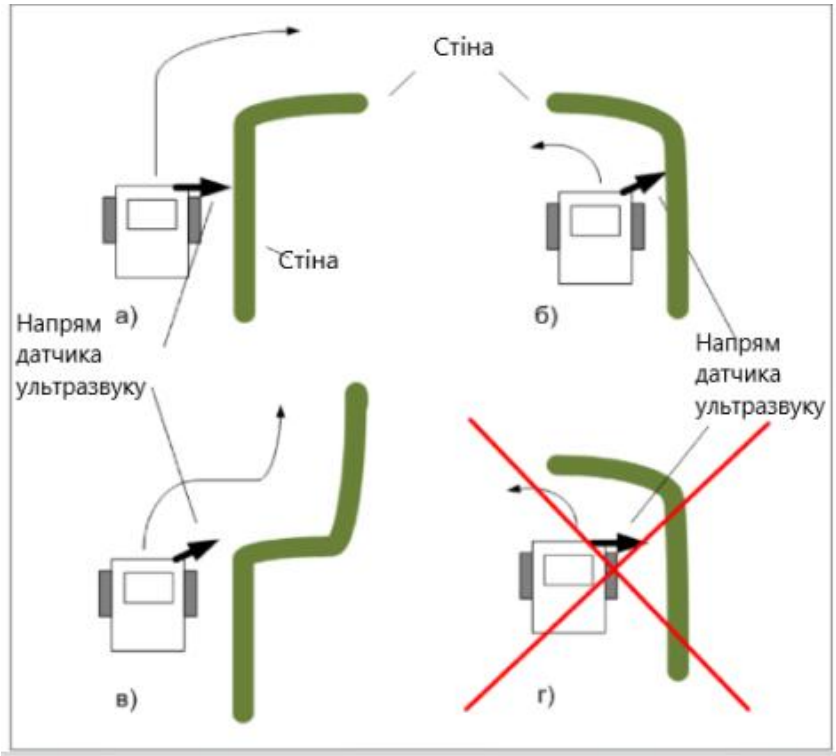

Рисунок 2.1 – Схема розміщення робота і датчика ультразвуку в залежності від типу повороту

На рисунку 2.2 показані описані вище варіанти розташування датчика ультразвуку на роботі.

Рисунок 2.2 – Варіанти розміщення датчиків

Нехай відстань до стіни становить К см. На блок рульового управління подається позитивна значення, мотор «1» починає обертатися швидше, пропорційно величині помилки неузгодженості. Тобто, чим далі робот

від'їхав від стіни, тим з більшою швидкістю він буде до неї під'їжджати. Мотор «2» обертається із заданою швидкістю N одиниць. В результаті робот повертає направо в сторону стіни, продовжуючи при цьому рух вперед.

Якщо відстань до стіни стає менше , то на блок рульового управління подається негативне значення, мотор «1» продовжує обертатися із заданою

швидкістю N одиниць, мотор «2» обертається швидше пропорційно величині помилки неузгодженості. Чим ближче робот під'їхав до стіни, тим з більшою швидкістю, він буде від неї від'їжджати. В результаті робот повертає ліворуч від стіни, продовжуючи при цьому рух вперед.

Якщо необхідно слідувати з правого боку від стіни, то керуючий вплив має бути зворотним.

2.2 Логічна модель

2.2.1 Структурна схема моделі системи управління роботом

Система управління мобільним роботом повинна вирішувати такі завдання:

- обробка сенсорних даних (в т.ч. даних від інтерфейсу з оператором) з метою збору інформації про роботу і зовнішньому середовищі навколо нього;
- планування заходів по з'ясуванню цільового завдання і планування послідовності підзадач, необхідних для виконання цього завдання;
- формування таких програмних траєкторій руху МР, які б приводили до виконання роботом локальної підзадачі (наприклад, прибуття до цільової точці в середовищі з перешкодами);
- формування таких з впливів на виконавчі механізми робота, які б приводили до максимально точному і швидкому виконанню ними програмної траєкторії руху.

Однією з особливостей побудови системи управління інтелектуального мобільного робота є те, що вона будується за ієрархічним принципом

багаторівневого, згідно з яким з підвищенням ієрархічного рангу підсистеми підвищується її ступінь інтелектуальності . Самою верхньо. ланкою цієї ієрархії є система управління поведінкою, далі йде система управління рухом, а система управління виконавчими механізмами є нижчою ланкою цієї ієрархії. Крім перерахованих підсистем в структурі є інформаційно-вимірювальна система, яка також повинна володіти деякими інтелектуальними можливостями, і інтерфейс з оператором [16].

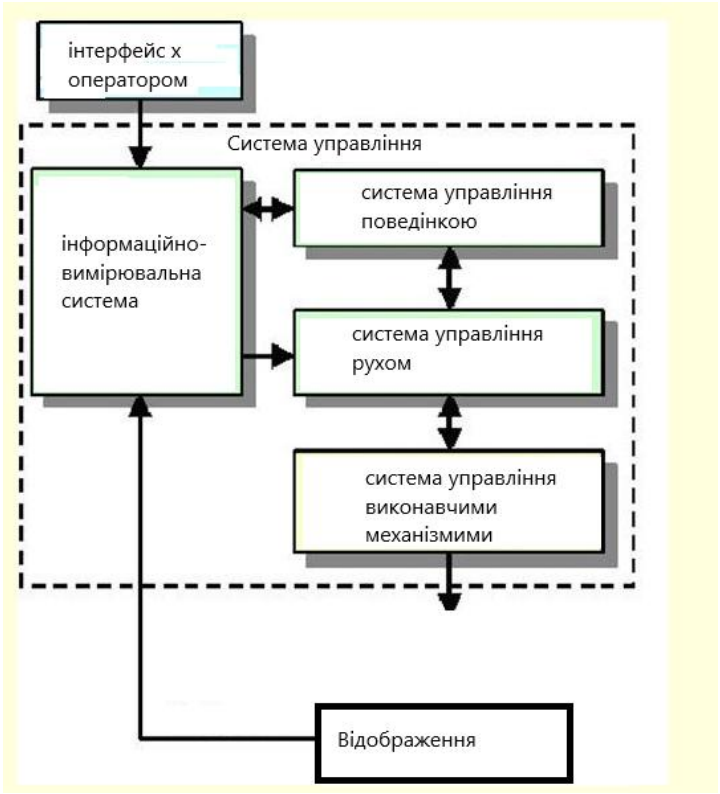

Рисунок 2.3 – Структура системи управління мобільним роботом

В середовищі Matlab розроблено схему моделювання одного із блоків на рисунку 2.3, а саме систему управління рухом робота , що управляє швидкістю руху робота й кутом повороту (коди обертів моторів лівої сторони та правої сторони) та обчислює відхилення робота від стіни й знаходження робота по координатам осі X та Y (виведення результатів відхилення E і координату осі X на монітор).

На рис. 2.4 наведено структуру схему системи імітаційного моделювання.

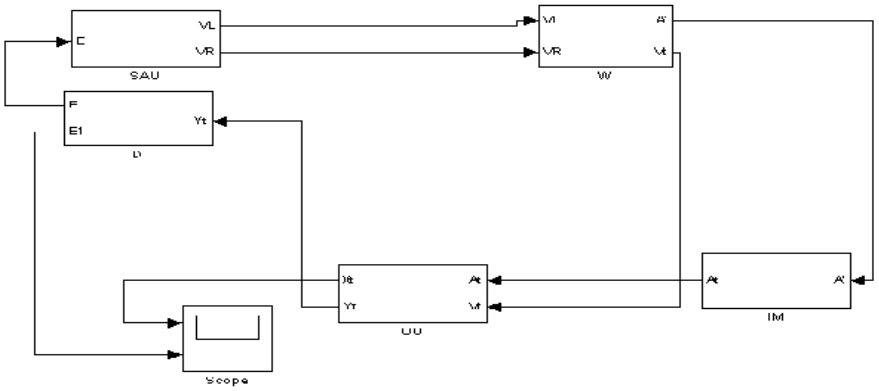

Рисунок 2.4 – Схема логічної моделі

Імітаційна модель нараховує в собі 5 блоків:

SAU – система автоматичного управління

W – перерахунок оборотів

IM – виконуючий механізм

OU – об’єкт управління

D – датчик

Система управління поведінкою (стратегічний рівень) призначена для формування доцільної поведінки робота для виконання завдання, поставленого перед ним. На виході ця система формує цілевказування для системи управління рухом: цільова точка шляху, необхідний стан приводів робота, команди управління режимами роботи інформаційно-вимірювальної системи.

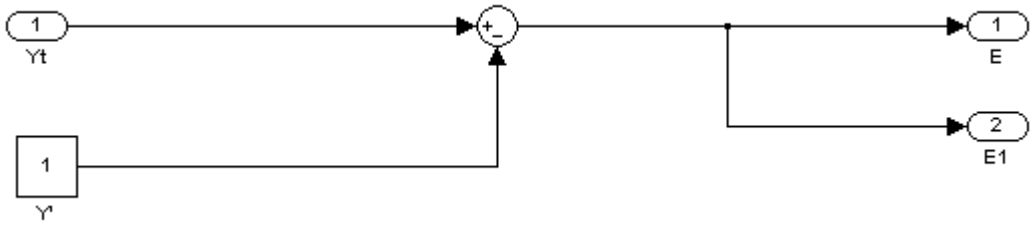

Рисунок 2.6 - Блок D

Блок D – датчик приймає значення координат Yt , ця координата відповідає за відхилення робота від смуги вздовж якої він рухається , та перетворює координату на помилку E яку зробив робот відхилившись від маршруту.

Для роботи у блоці датчика нам потрібна бути використати формулу:

$$e_t = \hat{y} - y_t; \quad (2.1)$$

y_t – це значення відхилення робота від центру смуги в момент часу t.

$\hat{y}$ – це ширина смуги, вздовж якої рухається робот.

Приведення блоку D на рисунку 2.7

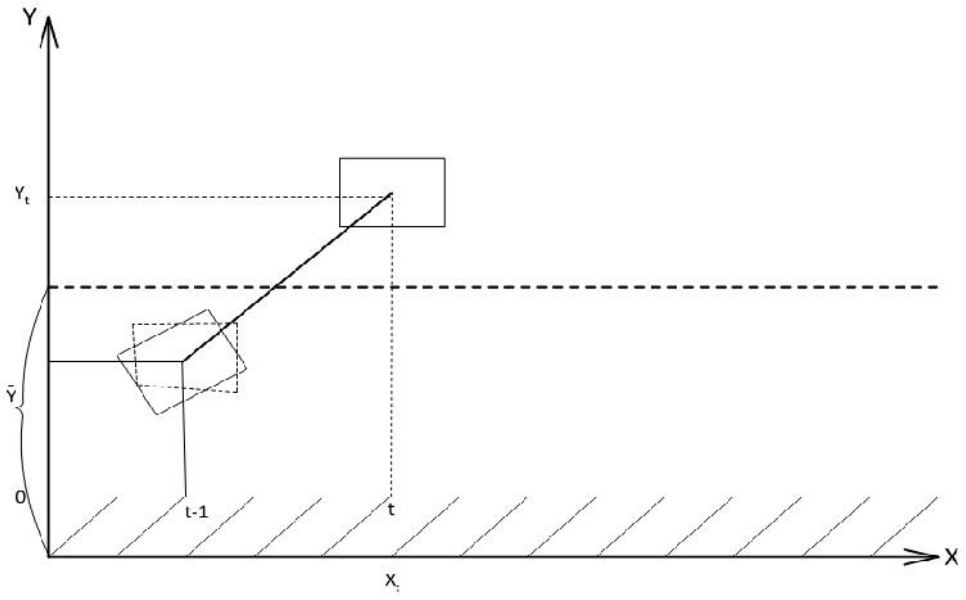

Рисунок 2.7 - графік блоку D

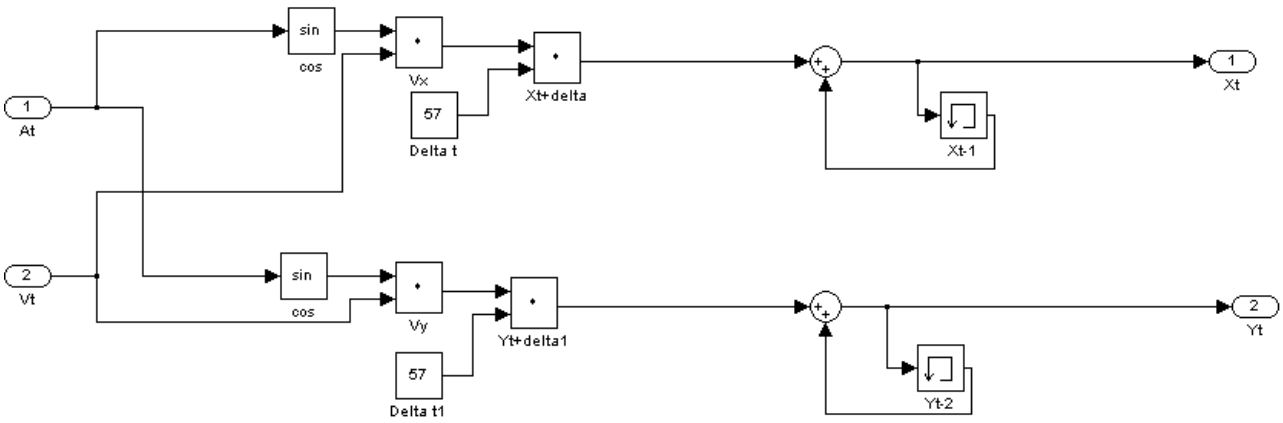

Рисунок 2.8 Блок OU

Блок OU – це модель робота що рухається у здовж смуги на основі ультразвукового датчика відстані ПІД контролера . Цей блок приймає на вхід значення лінійної швидкості V та кут повороту α.

У цьому блоці ми знаходимо находження координати осей «X», «Y»,за допомогою формул:

$$Vx = V * \cos\alpha; \quad (2.2)$$

Знаходження швидкості на координаті X;

$$\Delta X = V_x * \Delta T; \quad (2.3)$$

Знаходження попередньої координати X;

$$X_t = X_{t-1} + \Delta X; \quad (2.4)$$

Знаходження координати X;

$$Vy = V * \sin\alpha; \quad (2.5)$$

Знаходження швидкості на координаті Y;

$$\Delta Y = V_y * \Delta T; \quad (2.6)$$

Знаходження попередньої координати Y;

$$Y_t = Y_{t-1} + \Delta Y; \quad (2.7)$$

Знаходження координати Y;

Система управління рухом (тактичний рівень) призначена для

планування таких програмних траєкторій руху робота, які б приводили робота в вказане цільове стан в середовищі з перешкодами, з огляду на динамічні характеристики робота. Цільове стан для цієї системи формує система управління поведінкою. На виході дана система формує необхідну командне значення швидкостей лінійного руху і повороту робота [13].

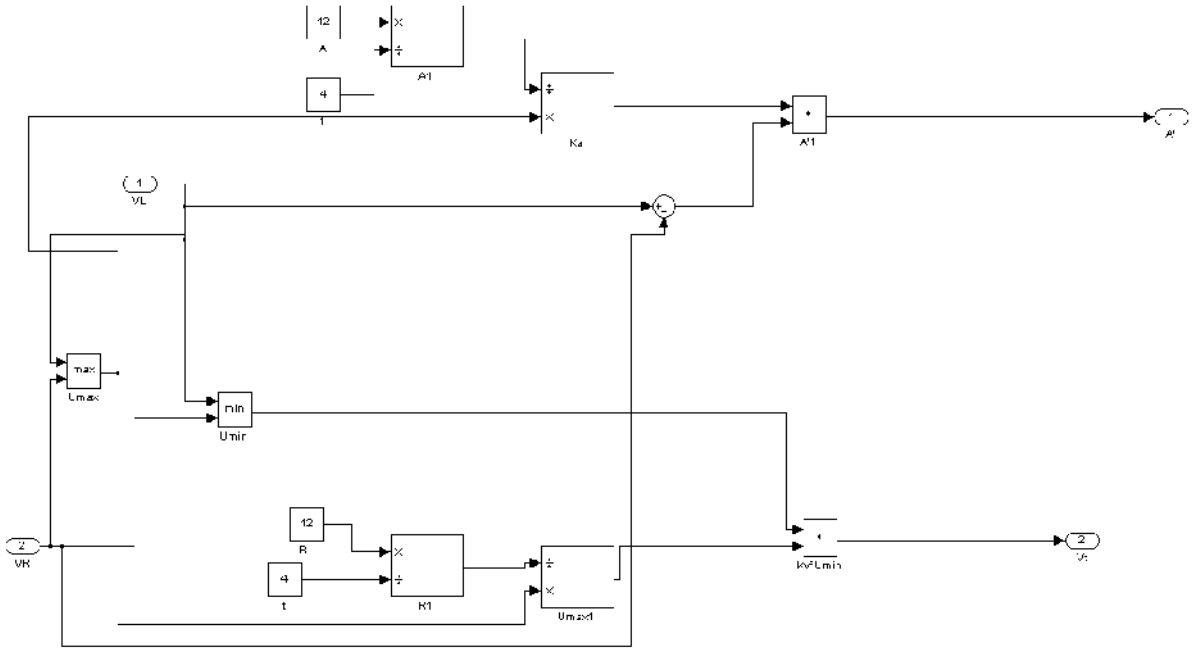

Рисунок 2.9- Блок W

Проводився експеримент: для знаходження лінійної швидкості та кута повороту. По заданим значенням, програмного коду встановили умовну швидкість на праві та на ліві колеса. Перший експеримент для визначення лінійної швидкості V, а другий для визначення повороту кута α.

В першому експерименті задали швидкість двісті п’ятдесят п’ять для лівої та правої сторони моторів. Перед стартом робота засікли п’ять секунд. Робот проїхав за п’ять секунд двісті п’ятдесят шість сантиметрів зі швидкістю двісті п’ятдесят п’ять. Якщо знаємо скільки сантиметрів пройшов

робот за п’ять секунд, тоді зможемо знайти відстань пройдену за одну секунду, для цього пройдену відстань поділимо на час проходження робота дистанції. $x = \frac{256}{5}$. дорівнює п’ятдесят один. За одну секунду робот долає п’ятдесят один сантиметр. Знайдемо відстань за одну секунду зі швидкістю один. Для цього пройдену відстань за одну секунду, поділимо на швидкість робота, $x1 = \frac{51}{255}$ дорівнює нуль цілих дві десятих. Для того щоб знайти лінійну швидкість V треба x1 помножити на сто V = x1 * 100. Лінійна швидкість дорівнює двадцять.

В другому експерименті задали швидкість двісті п’ятдесят п’ять для правої сторони , а для лівої нуль. Перед стартом робота засікли п’ять секунд. За п’ять секунд робот повернувся на триста градусів. Якщо знаємо на скільки градусів повернув робот за п’ять секунд, тоді зможемо знайти кут повороту за одну секунду, для цього поділимо кут повороту за час його повернення. $x = \frac{300}{5}$ дорівнює шістдесят градусів за секунду. Знайдемо швидкість роботу. Кут повороту поділимо на різницю швидкості лівого та правого моторів $x = \frac{60}{255}$

Формула перерахунку оборотів :

$$\begin{cases} V^t = K_V \cdot \min(U_L^t; U_R^t) \\ \Delta\sim = K_\sim \cdot (U_R^t - U_L^t) \end{cases}; \qquad (2.8)$$

$$R_1 = R/T; \qquad (2.9)$$

Знаходження відстані за одну секунду.

$$K_v = R_1 / V_{max}; \qquad (2.10)$$

Знаходження коєфіцієнту швидкості.

$$V = Kv * \min(UL; UR); \qquad (2.11)$$

Знаходження лінійної швидкості.

$$\alpha_1 = \alpha / T; \qquad (2.12)$$

Знаходження кута повороту за одну секунду.

$$K\alpha = \alpha_1 / U_{max}; \quad (2.13)$$

Знаходження коєфіцієнту кута.

$$\Delta\alpha = K\alpha * (U_L - U_R) ; \quad (2.14)$$

Знаходження попереднього кута повороту.

Система управління виконавчими механізмами (приводний рівень системи управління) вирішує завдання управління виконавчими механізмами робота. Ця система реалізує інтерфейс з апаратною частиною робота (електричні і механічні пристрої, необхідні для роботи робота).

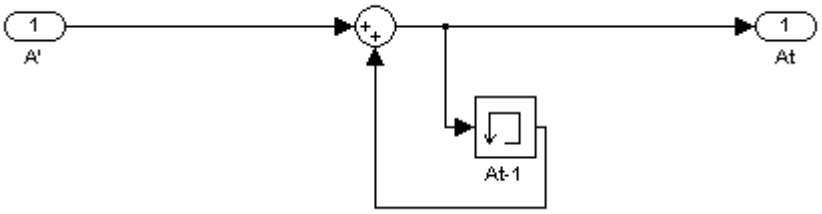

Рисунок 2.10 Блок ІМ

Блок ІМ – виконавчий механізм корегує кут повороту At , враховуючи той кут , що був на попередньому кроці.

Виконуючий механізм у системах автоматичного регулювання пристрій, що безпосередньо здійснює механічне переміщення (чи поворот) органу регулювання об’єкта управління і змінює його стан. Складають одну з останніх ланок системи автоматичного регулювання. Використовуються для управління органами регулювання . Виконавчий механізм, як правило, складається з трьох основних пристроїв: сервомотора (серводвигуна), джерела живлення та навантаження.

Формула виконуючого механізму :

$$\alpha t = \alpha t\,-1 + \Delta\alpha; \quad (2.15)$$

Інформаційно-вимірювальна система призначена для збору, обробки і перетворення сенсорної інформації в сигнали, зручні для використання в системі управління робота. Відеозображення, отримане з телекамери, перетворюється в набір параметрів, на основі яких інші підсистеми приймають ті чи інші рішення.

Даний робот може бути оснащений чотирма кольоровими камерами, об’єднаними в одне ціле в корпусах з подвійними галогенними рефлекторами, що робить можливим роботу при недостатньому освітленні або в повній темряві.

Дві камери рухливі: одна поміщена спереду пересувної платформи на сервомоторами, що регулює кут нахилу рухається передній гусениці. Завдяки цьому полі зору змінюється разом з підняттям або опусканням передньої гусениці. Друга спрямована назад, поміщена на поворотній основі маніпулятора. Поле зору оператора змінюється разом з обертанням основи маніпулятора. Маніпуляційна камера поміщена на захопленні. Кут зору камер 90 °.

Основна камера поміщена на верхньому плечі маніпулятора. Вона встановлена на поворотній голівці, що дозволяє обертання камери в горизонтальній і вертикальній площинах. Камера оснащена об’єктивом зі змінною фокусом з можливістю автоматичного регулювання діафрагми, а також з можливістю ручного, дистанційного регулювання різкості і фокусу .

2.2.2. Модель традиційного й нечіткого ПІД контролеру

Під регулятором будемо розуміти пристрій, який за допомогою чутливого елемента (датчика) вимірює регульовану величину і вВідповідно до закону регулювання виробляє вплив на регулюючий орган об’єкта. Система, що складається з об’єкта і регулятора,називається системою управління . Однією з головних задач теорії автоматичного управління є управління за допомогою зворотного зв’язку. У таких завданнях можна

виділити чотири основні компоненти:

- керовану систему (об’єкт управління) – те , чим ми хочемо керувати;
- мета управління –то,чого ми хочемо досягти за допомогою управління, тобто бажану поведінку об’єкта управління ;
- список вимірюваних змінних(або виходів) то , що ми можемо вимірювати ;
- список керуючих змінних (або входів) – то , що ми можемо змінювати для того , щоб впливати на об’єкт управління .

Ще один важливий компонент - регулятор - пристрій, виробляє вхідні величини, необхідні для досягнення заданої мети. Цей п’ятий елемент зазвичай з’являється після того, як теоретичне рішення задачі знайдено. Під вирішенням проблеми управління будемо розуміти знаходження закону керування (алгоритму управління), що забезпечує досягнення мети. Як тільки шуканий закон знайдений, він може бути використаний для обчислення керуючих входів по виміряним значенням виходів об’єкта управління. отримані значення входів у вигляді деяких сигналів подаються на виконавчі пристрої. У формуванні цих сигналів може брати участь мікропроцесор, виробляє досить складні обчислення відповідно до заданого алгоритму.З розвитком технологій в інженерних науках широко використовується безліч різних регуляторів в побудові автоматизованих пристроїв. В робототехніці застосовуються такі регулятори [13]:

- пропорційний регулятор (П-регулятор);
- інтегральний регулятор (І-регулятор);
- пропорційно-інтегральний регулятор (ПІ-регулятор);
- диференційний регулятор (Д-регулятор);
- пропорційно-диференційний регулятор (ПД-регулятор);
- пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор
- (ПІД-регулятор);
- релейний регулятор.

Регулятор, що включає всі три компоненти (пропорційний,

інтегральний і диференційний), називають ПІД-регулятором. Варіювання його параметрів дозволяє реалізовувати всі інші закони. Він об’єднує, всі достоїнства і недоліки законів, його складових. Кожен з елементів регулятора (пропорційна, інтегральна і диференціальна ланки) виконує своє завдання і робить свій специфічний вплив на функціонування системи: пропорційний закон відповідає за дане функціонування (реагує на поточну помилку), диференційний - за майбутнє (реагує на тенденцію зміни помилки), а інтегральний - за минуле (накопичуючи попередні помилки і згладжуючи високочастотні шуми).

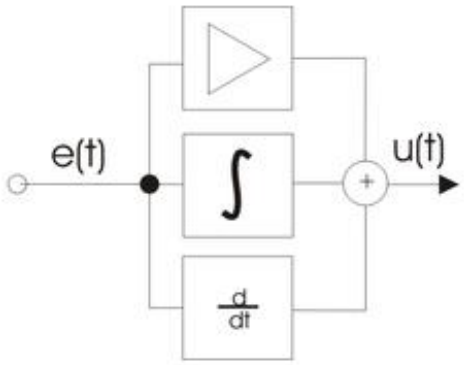

Рисунок 2.11 – ПІД контролер

ПІД-регулятор був створений ще в 1910 році, проте значно пізніше, лише в 1942 р була розроблена методика його налаштування . Незважаючи на свою поширеність, довгий час ПІД-регулятор був досить складним і дорогим пристроєм. Але після появи мікропроцесорів в 80 - х рр. розвиток і поширення ПІД-регуляторів стало відбуватися наростаючими темпами. Зараз ПІД-регулятор відноситься до найбільш поширеного типу регуляторів. Вважається, що майже 90% регуляторів, що знаходяться в даний час в експлуатації, використовують ПІД алгоритм. Причиною такої високої популярності є перш за все їх низька вартість. Правда, в останні роки

спостерігається тенденція витіснення "класичних" ПІД-регуляторів їх аналогами - регуляторами, які використовують . "Нечітку логіку". Нечіткі регулятори, не поступаючись в швидкодії, все-таки простіше в налаштуванні і більш універсальні.

В даній роботі функцію ПІД регулювання буде виконувати блок SAU на рис.2.12.

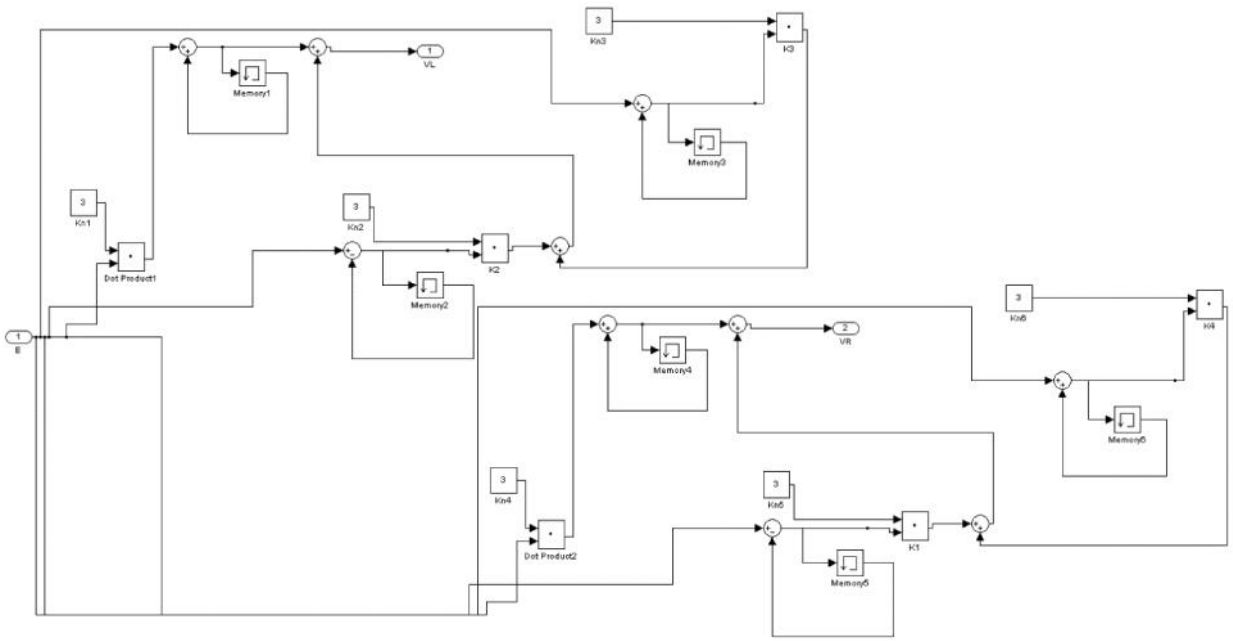

Рисунок 2.12 - Блок SAU

Блок SAU – на вході приймає значення помилки E, E помножуємо на коеффіцент K і складаємо з попередніми кодом обертів та отримуємо коди обертів моторів лівої сторони, для правої сторони також помножуємо E на коєффіціент K і вираховуємо з попередніх кодів обертів.

Структурна схема SAU – це умовне графічне зображення системи автоматичного керування, яке служить для її математичного опису. На структурній схемі SAU зображають у вигляді з’єднаних між собою динамічних ланок. Динамічна ланка – це умовно виділена частина системи автоматичного керування, яка виконує найпростіші перетворення сигналів.

Динамічна ланки відповідають певним перетворенням сигналів у системі. Ці перетворення описують як правило засобами математики, а саме передатною функцією динамічної ланки. Зображають динамічні ланки прямокутником, всередині якого записують передатну функцію. В якості динамічних ланок виступають умовно виділені частини системи, в яких здійснюються найбільш прості перетворення сигналів. Динамічні ланки з’єднують між собою стрілками, які відповідають напрямку передачі сигналу від однієї ланки до іншої. Динамічні ланки є ланками направленої дії. Ланкою направленої дії - це ланка, яка передає сигнал тільки в одному напрямку з входу на вихід і її властивості не залежать від інших ланок, з якими вона з’єднана. Формула системи автоматичного управління: $U_t=U_{t-1}+(K*E_1)+(K*E_2)+(K*E_3)$.

Як було уже указано в пункті 1.3 , потрібно визначити параметри системи з допомогою ручних налаштувань , заснованх направилах . Але такий спосіб потребує великого об’єму роботи або не завжди може бути застосована (для нестійких розімкнутих систем). Тож скористаємося вбудованми в MATLAB налаштуваннями PID Tuning и GUi .

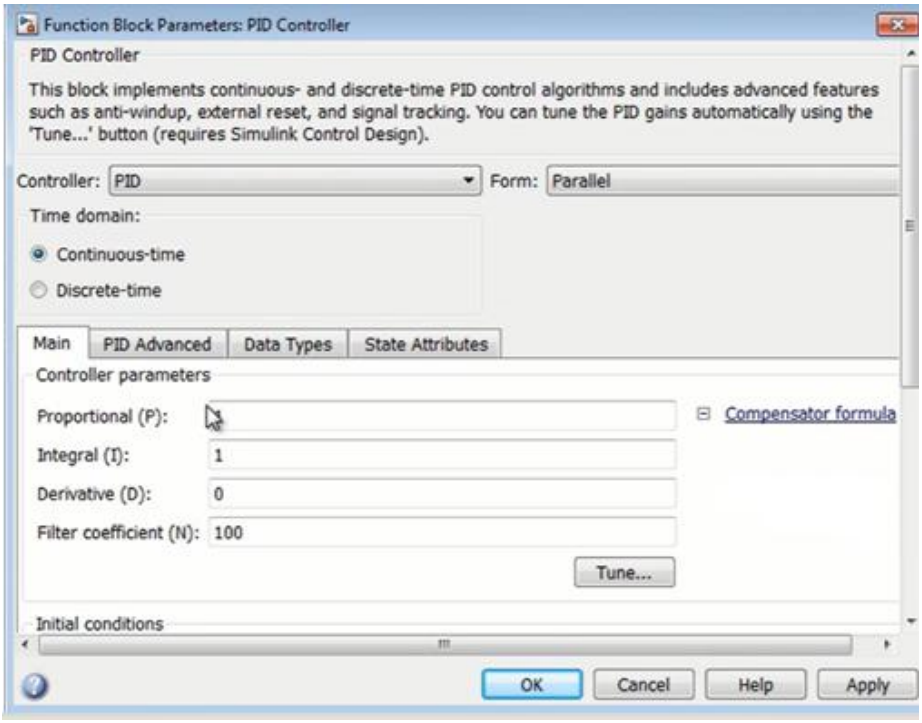

Рисунок 2.13 – Налаштування моделі

Нехай розглянута система управління мобільного робота складається з блоків, які враховують 5 типів нечіткого поведінки по моделі Такагі-Сугено

Підберемо значення E1=1 , E2=1 , E3= 0 .

На рис.2.14 бачимо , що наша система вкрай нестійка . Взагалі хотілось би , щоб швидкість обертання двигунів змінювалась с 2000 до 2200 через 2с.

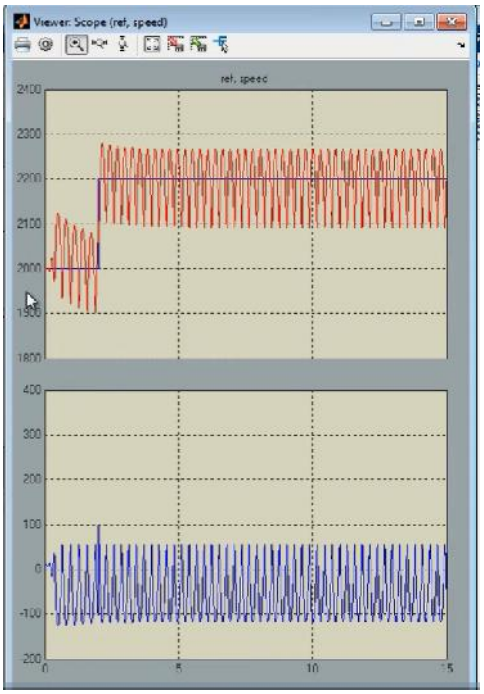

Рисунок 2.14 – Результат моделювання 1

Зробимо автоініціалізацію наших параметрів і отримаємо такі параметри : E1=0.00554, E2= 0.01309 , E3 =0.000338 .

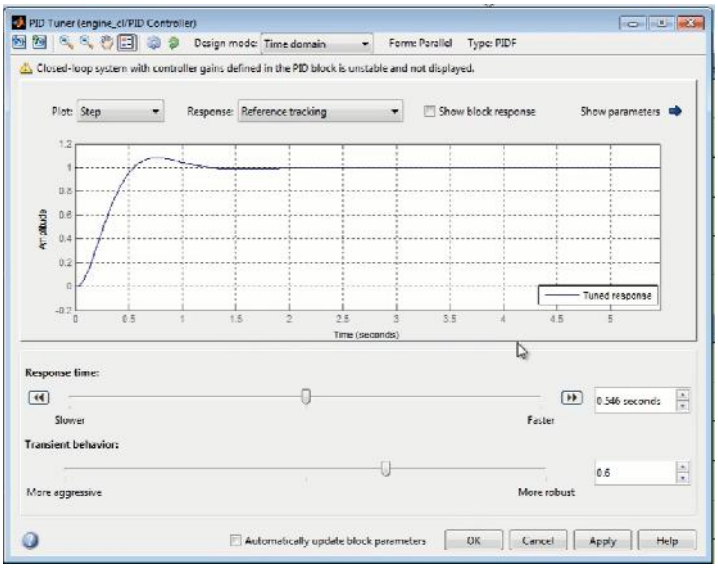

Рисунок 2.15 – Перехідний процес

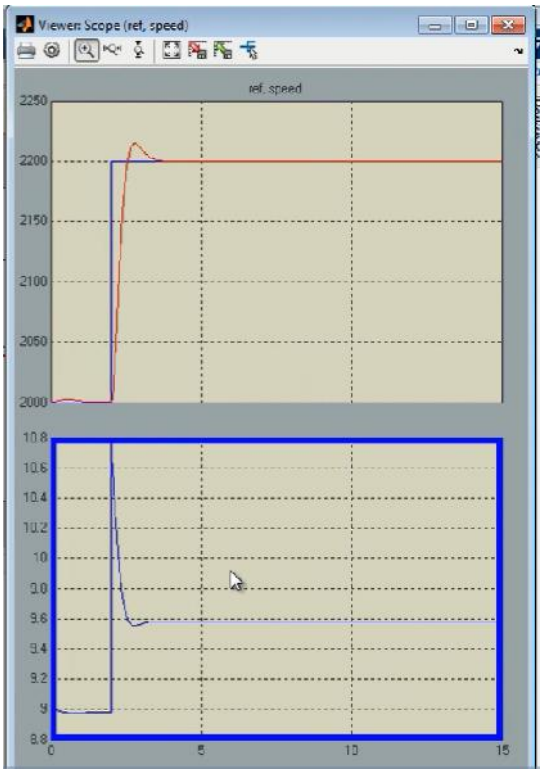

Рисунок 2.16 – Результат моделювання 2

Із результатів моделювання 2 стало видно , що система стала більш стійка і гладка .

2.3. Варіанти застосування імітаційної моделі до фізичної моделі роботу

Нехай розглянута система управління мобільного робота складається з блоків, які враховують 5 типів нечіткого поведінки по моделі Такагі-Сугено нульового порядку: «рух до мети» (Goal Seeking Behavior -GSB), «обхід перешкод, розташованих прямо»(Front Obstacle Avoider - FOA), «обхід перешкод,розташованих справа »(Right Obstacle Avoider - ROA), «обхід перешкод, розташованих зліва» (Left Obstacle Avoider - LOA) і «зменшення швидкості руху» (Velocity Reducing Behavior VRB).

Припустимо, що МР має 7 ультразвукових датчиків для виявлення перешкод в трьох напрямках (прямо, праворуч і ліворуч).

Датчики згруповані в три модуля (за напрямками) і для кожного з модулів використовуються три датчика для вироблення найкращого управління рухом. На рис. 2.5 показано розташування датчиків на мобільному роботі і розміщення їх в модулях:

- модуль МД1 для обходу перешкод, розташованих прямо (FOA), використовує відстані d1,d2, d3;

- модуль МД-2 для обходу перешкод, розташованих праворуч (ROA), використовує відстані d2,d4, d6;

- модуль МД3 для обходу перешкод, розташованих зліва (LOA), використовує відстані d3, d5, d7.

Датчики Сі вимірюють відстані, найбільш близькі до di, i = 1, .., 7. Схема розміщення датчиків приведена на рис. 2.17.

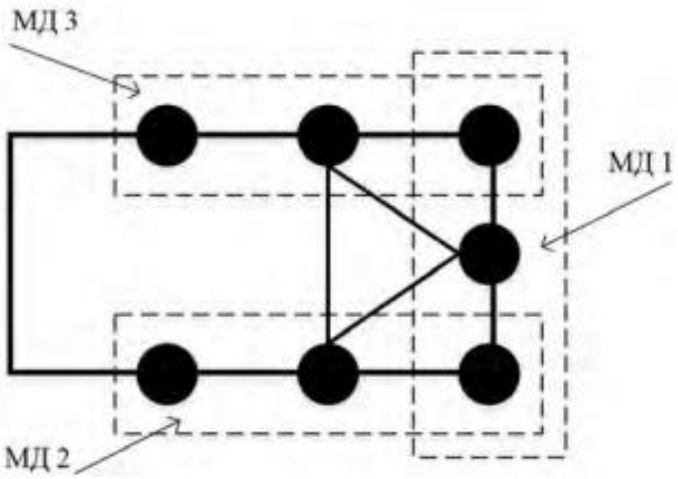

Рисунок 2.17-Розміщення датчиків на роботі

Нечітке управління розглядаються об’єктом може бути реалізовано за допомогою нечітких регуляторів (НР). У той же час синтез нечітких регуляторів (НР), що дозволяють отримати бажане поведінку МР, не завжди є тривіальним.

Основним недоліком застосування таких регуляторів є відсутність узагальненої методології при наявності значного числа визначаються параметри (параметри функцій приналежності, правила нечіткого виводу і т.д.).

Поліпшити якість нечіткого управління можна із застосуванням RL-навчання, яке дозволяє використовувати апріорні знання для адаптації нечітких правил управління на основі максимізації середнього значення одержуваних підкріплень.

Розглянемо різні стратегії управління .

Стратегія 1. Коли датчики робота не фіксують жодних перешкод перед МР, то задача зводиться до безпосередньої орієнтації до мети для її подальшого досягнення (вільної навігації до мети). Для різних точок старту (S) і фінішу (F) МР були отримані траєкторії МР при різних початкових положеннях шасі, одна з яких (після етапу RL-навчання) приведена на рис. 2.18.

Відзначимо, що поведінка МР поліпшується в процесі навчання (середні значення сигналів підкріплення отримані для кожного кроку навчання,наближаються до константи 2, починаючи з кроку 180, що свідчить про збіжність до оптимального рішення для початкової позиції). щоб оптимізувати нечітку систему навігації з RLобученіем, початкові положення МР повинні бути обрані випадковим чином під час фази навчання. У серії проведених кожен епізод починався з випадкового положення і закінчувався, коли МР досягав мети. При цьому поведінка робота поліпшувалося з часом, що підтверджує відповідність використовуваних алгоритмів.

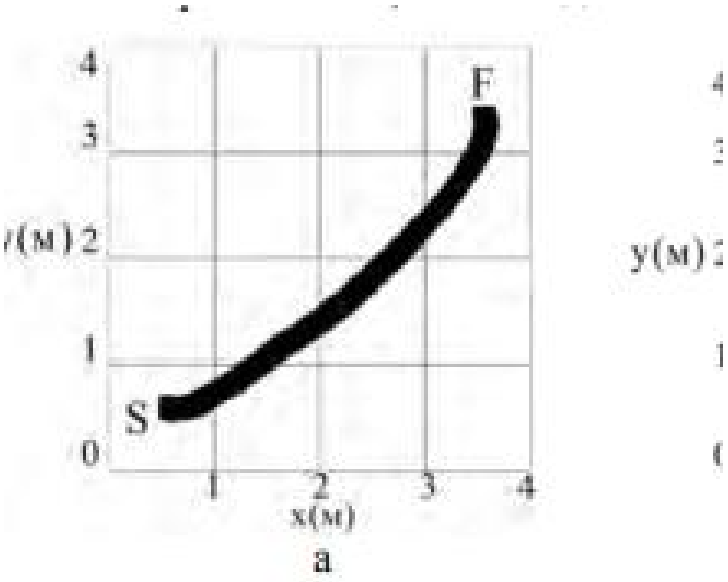

Рисунок 2.18- Траєкторія мобільного робота для стратегії 1

Стратегія 2. Якщо середовище МР містить одне або кілька перешкод, то він повинен мати можливість обійти їх без зіткнень. Як було зазначено вище, система автономної навігації підтримує два елементарних типу поведінки: рух до мети і обхід перешкод. МР здійснює адекватну дію для досягнення фінального результату, уникаючи зіткнення з перешкодами, вибираючи один з цих двох типів поведінки в відповідно до поточної ситуації. При цьому значення підкріплення повинно служити для визначення кращого виведення з трьох висновків, запропонованих для двох управлінь.

Припустимо, що робот при старті перебуває в зоні, вільній від перешкод і орієнтується у напрямку до мети для її досягнення, уникаючи колізій. В процесі навчання МР повинен виробляти можливі дії для кожної реєстрованої ситуації. МР переміщається до мети, коли одне з перешкод детектувати, з однією з трьох сторін (анфас, направо або наліво). При цьому активізується поведінку «обхід перешкоди» для вироблення відповідних управлінь і реалізації дій, що дозволяють уникнути зіткнення.

У серії проведених експериментів (для різних типів перешкод) кожен епізод починався з випадкового положення і закінчувався, коли МР досягав мети. Приклади отриманих траєкторій (після етапу RL-навчання) наведені на рис. 2.19.

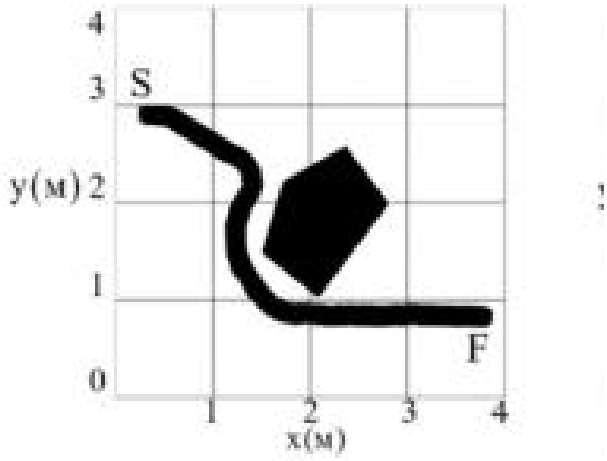

Рисунок 2.19- Траєкторія мобільного робота для стратегії 2

Стратегія 3. Ця стратегія застосовується, якщо МР повинен здійснити обхід стін по контуру або досягти мети, огинаючи стіни. Експерименти з МР без етапу RL-навчання показали, що колісний робот може ефективно рухатися уздовж стін, але в разі, якщо перешкода містить кути, МР не здатний уникати колізій. У серії проведених експериментів для МР, кожен епізод починався з випадкового положення і закінчувався, коли МР повністю обходив контур або (відповідно до завданням) досягав мети. Приклади

отриманих траєкторій обходу роботом стін (після етапу RLобучення) наведені на рис.2.20. Приклад траєкторії МР при русі вздовж стін для досягнення мети в закритому просторі наведено на рис. 2.21.

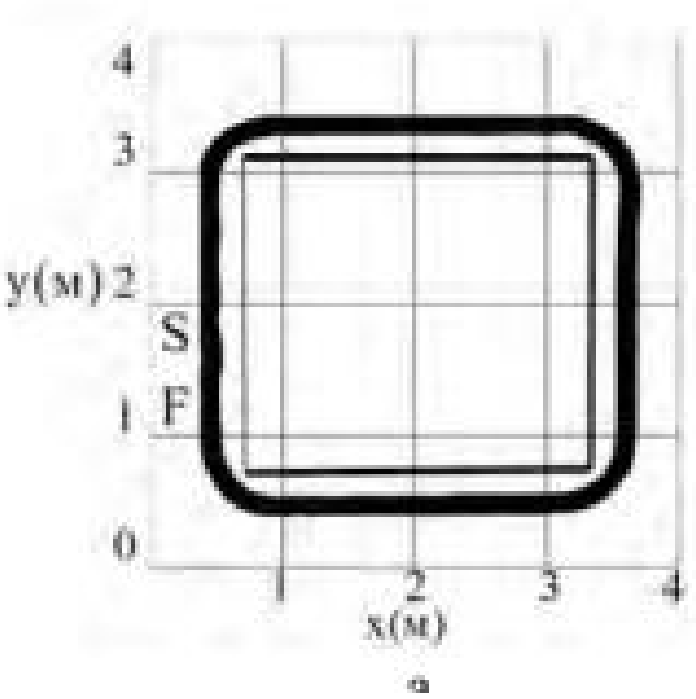

Рисунок 2.20- Траєкторія мобільного робота для стратегії 3

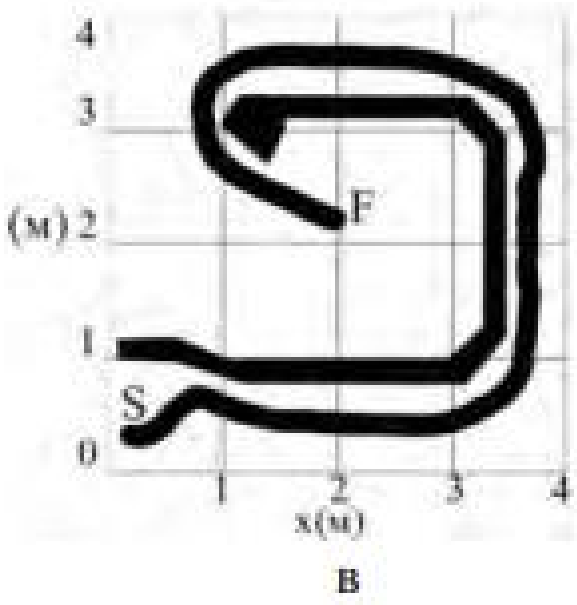

Рисунок 2.21- Траєкторія мобільного робота для стратегії 3

3. ОПИС РЕАЛІЗАЦІЇ РІШЕННЯ

3.1 Опис архітектури прототипу системи, даних та методів реалізації

Практична частина алгоритму локалізації мобільного робота реалізована на мобільній роботизованій платформі з використанням системи комп’ютерного моделювання MATLAB і середовища Arduino IDE .

Розглядається задача створення прототипу розумної машини (РМ) на базі колісного роботу зовнішній вигляд якого наведено на рис. 3.1.

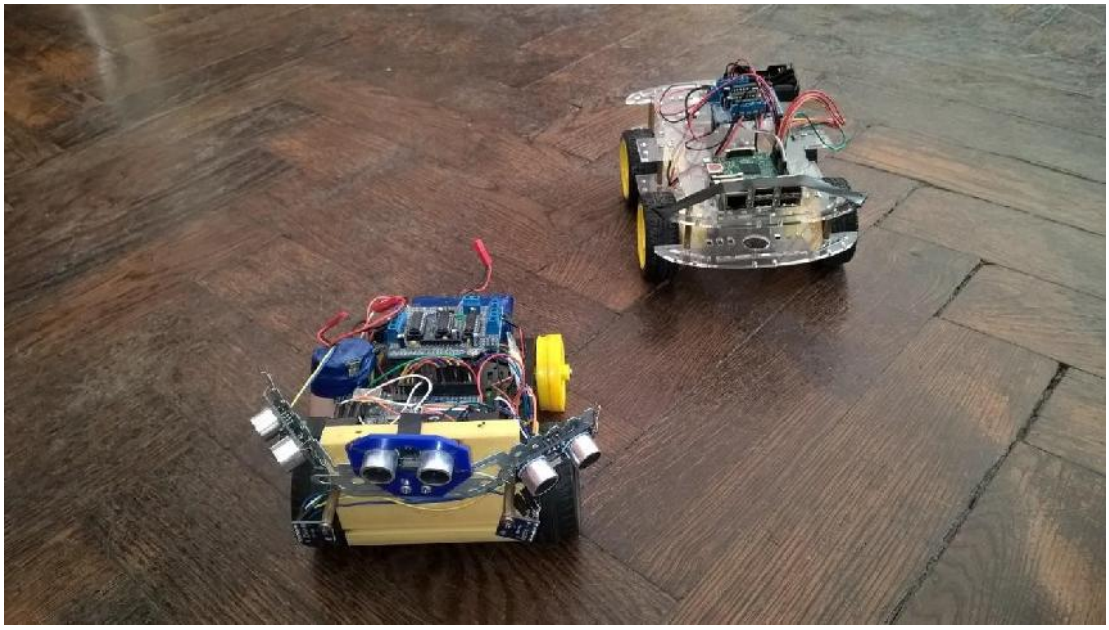

Рисунок 3.1 - Прототип розумної машини на базі колісного робота

До складу РМ входять чотирьохколісне шасі DG-012ATV (рис. 3.2), мікроконтролер (Arduino Mega 2560 (рис. 3.3) чи Arduino UNO (рис. 3.4)), спецалізований контролер керування електродвигунами Arduino Motor Shield, датчики відображення KY-033 (рис. 3.5) та ультразвукові датчики відстані HC - SR04 (рис. 3.6).

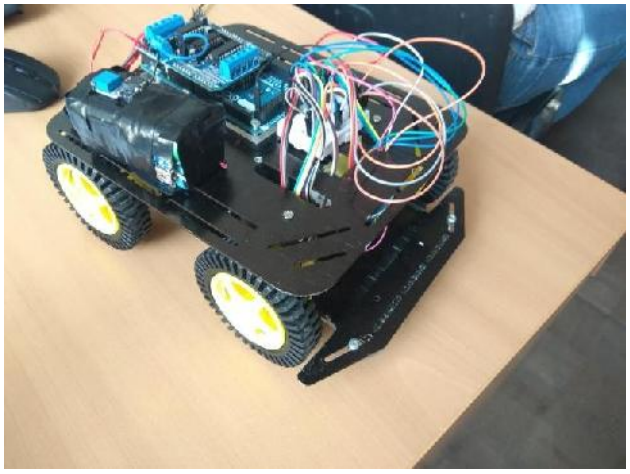

Рисунок 3.2 –Чотирьох колісне шосі DG-012ATV

Рисунок 3.3 – Мікроконтролер Arduino UNO

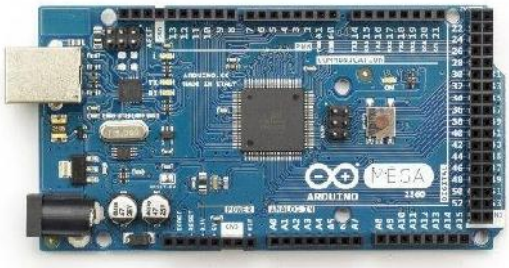

Рисунок 3.4- Мікроконтролер Arduino Mega 2560

Рисунок 3.5 - Датчик відображення KY-033

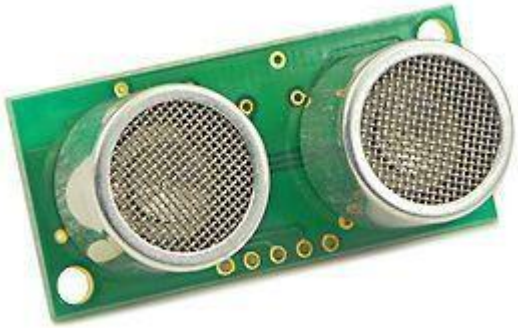

Рисунок 3.6- Ультразвуковий датчик HC - SR04

На рисунку 3.7 наведено схему підключення компонентів для розумної машини.

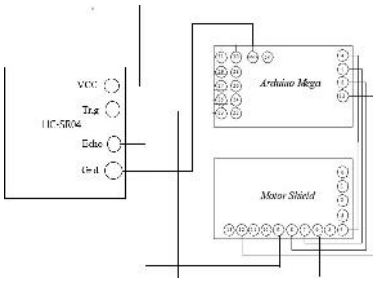

Рисунок 3.7- Схема з’єднання компонентів РМ на базі 10 датчиків відображення

На рис. 3.7 зображено МР що має спроможніть переміщуватися вздовж стіни на підставі даних від ультразвукового датчику відстані що вбудован з одного боку шасі. Назвемо цю РМ такою що переміщюється вздовж стіни й обозначимо РМвСт.

Ультразвуковий датчик відстані визначає відстань до об’єкту, вимірюючи час відображення звукової хвилі від об’єкту. Частота звукової хвилі знаходиться в межах частоти ультразвуку, що забезпечує концентрування напрямку звукової хвилі, так як звук з високою частотою розсіюється в навколишньому середовищі менше. Типовий ультразвуковий датчик відстані складається з двох мембран, одна з яких генерує звук, а інша реєструє відображене відлуння. Звуковий генератор створює маленький, з деяким періодом ультразвуковий імпульс і запускає таймер. Друга мембрана реєструє прибуття відображеного імпульсу і зупиняє таймер. На підставі часу від таймеру та швидкісті звуку можливо обчислити пройдену відстань звукової хвилі.

Відстань об’єкта приблизно половина пройденого шляху звукової хвилі. Для підключення ультразвукового датчику до мікроконтролеру, потрібно вихід тригера і луни з’єднати з належними пінами Arduino MEGA.

Дана машина має рухатися вздовж стіни на заданій відстані від стіни. Мета системи керування у тому, щоб при будь яких обставинах при переміщеннях край платформи РМвСм, де вбудован датчик відстані, перебував на заданій відстані від стіни, як показано на рис. 13. Система керування рухом повинна зберігати стан руху вздовж стіни на заданій відстані, а при відхиленнях має корегувати усі відхилення. Похибка керування є відхилення поточного положення платформи від зданного значення відстані до стіни.

3.2 Опис компонентів ПЗ

Програмна реалізація представляє собою алгоритм локалізації мобільного робота для одновимірної карти. Програма складається з двох частин. Основна частина коду розташована на комп’ютері, являє собою алгоритм , який реалізований в системі MATLAB . Друга частина коду, написана в середовищі Arduino IDE, завантажена на мобільну платформу. Вона являє собою алгоритм, за допомогою якого мобільний робот рухається по лінії і передає сигнали, які надійшли з датчиків локалізації на комп’ютер, використовуючи інструкції управління switch. Взаємодія двох частин проходить за допомогою Bluetooth- модуля . Комп’ютер відсилає мобільному роботу сигнали, що кодують символи («R», «L», «a»), а назад отримує дані з двох датчиків локалізації: датчика переходу в наступну клітину (відповідає символу «R») і датчика визначення кольору клітини (відповідає символу «L»). Для припинення передачі даних з мобільної платформи на комп’ютер використовується символ «a» . Як датчики локалізації використовуються аналогові датчики лінії .

Далі дані з датчиків обробляються на комп’ютері і завантажуються безпосередньо в алгоритм гістограмного фільтра, за рахунок якого відбувається подальша локалізація мобільного робота.

Для перевірки працездатності алгоритму створено декілька різних карт, що описують одномірний простір, по якому переміщається мобільна платформа.

Опис програми методу програмного управління переміщеннями роботу розділяється на три компоненти:

1 Підготовка програмного коду на персональному комп’ютері.

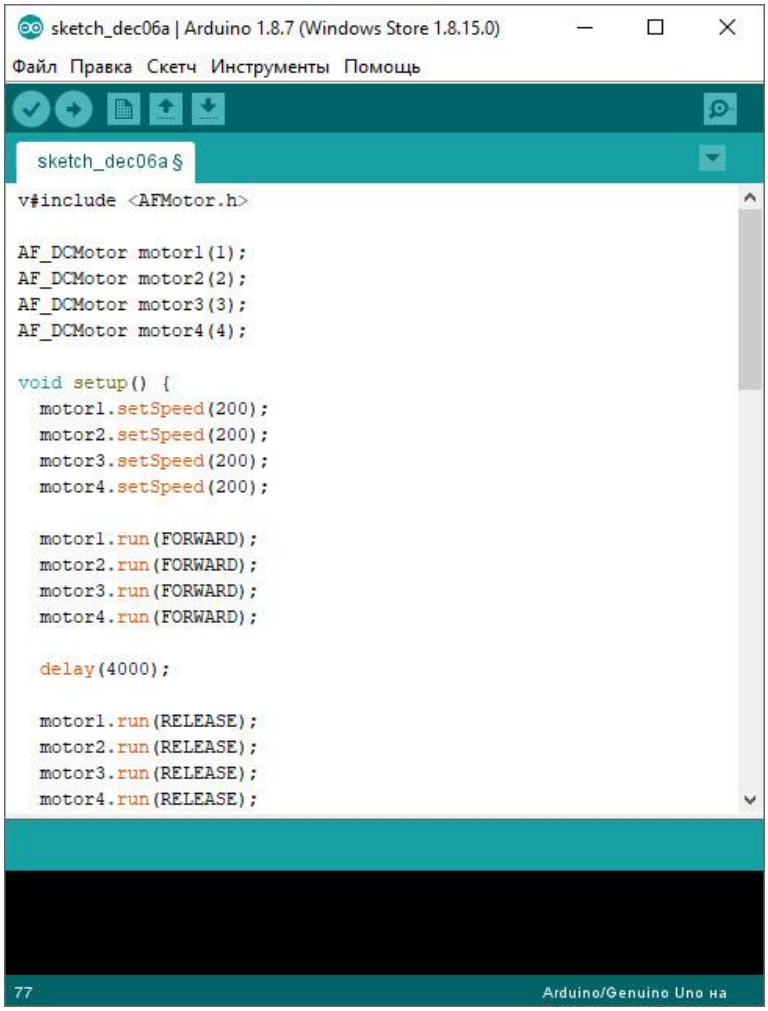

Рисунок 3.8- Програмний код

2. Завантаження кодів програми управління роботом в пам’ять мікроконтролера Arduino.

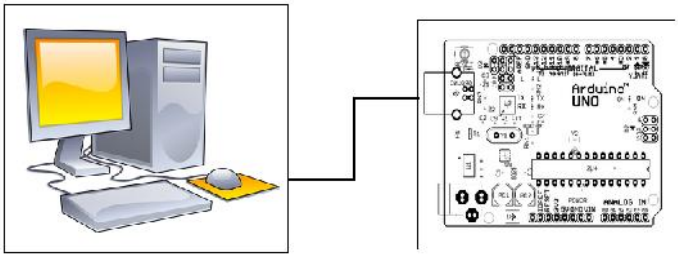

Рисунок 3.9- Завантаження кодів

3.Взаємодія розробленої програми з іншими пристроями апаратного комплексу.

Система підготовки кодів керуючої програми .

Код керуючої програми формується в середовищі Arduino за допомогою бібліотек .

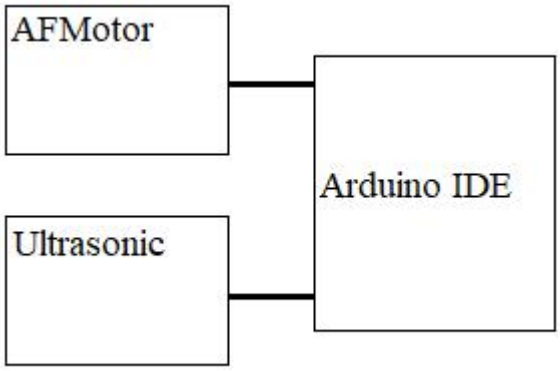

Рисунок 3.10- Бібліотеки

Основні функції бібліотеки Ultrasonic.h.

- Оголошуємо об’єкт ultrasonic с параметрами, де 12 — це контакт Trig, 13 — Echo Ultrasonic ultrasonic(12, 13).
- Оголошуємо об’єкт ultrasonic з одним параметром, де 13 — це сигнальний контакт
- Ultrasonic ultrasonic(13);
- Читаємо значення відстані у сантиметрах
- Int dist = ultrasonic.distanceRead();
- Читаємо значення відстані у дюймах
- int dist = ultrasonic.distanceRead(INC);

ВИСНОВКИ

Розробка інтелектуальних мобільних роботів для різних виробничих і дослідницьких цілей є дуже важливим і актуальним завданням.

В даний час виконано величезну кількість досліджень, пов’язаних з розробкою алгоритмів управління, які забезпечують вирішення за допомогою мобільних роботів таких нетривіальних операцій, як: складання карти місцевості, її уточнення, планування траєкторій, обхід перешкод, що виявляються при русі, проникнення в важкодоступні зони і т. д.

Подальші дослідження нових типів мобільних роботів стимулюється численними додатками в самих різних областях людської діяльності (автоматизація управління рухом транспортних засобів, боротьба з тероризмом і розмінування підозрілих предметів, робота в умовах сильної задимленості під час пожежогасіння, інспекція територій, забруднених хімічними речовинами, самостійне патрулювання призначених територій та ін.).

Для ефективного функціонування інтелектуальні роботи забезпечені системою сприйняття зовнішнього середовища, засобами аналізу ситуацій і прийняття рішень і здійснюють планування руху (в тому числі і побудова траси).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Минин, А. А. Навигация и управление мобильным роботом, оснащенным лазерным дальномером: диссертация кандидата технических наук 05.02.05 / А.А. Минин; Москва, 2008. – 182 с.

2. Економічна правда . 2020. [Офиц. сайт] URL: https://epravda.com.ua/tags/ritejl/.

3. HUAWEI . 2019. [Офиц. сайт] URL: https://4huawei.ru/about-huawei/

4. Sebastian Thrun: Google’s driverless car. 2011. [Офиц. сайт] URL: http://www.ted.com/talks/sebastian_thrun_google_s_driverless_car.

5. Страница команды Stanford Racing. 2005. [Офиц. сайт] URL:http://cs.stanford.edu/group/roadrunner/stanley.html.

6. Большаков, А.А. Управление движением мобильного робота / А.А. Большаков, Д.Л. Лисицкий // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2011. – Вып. 1. – с 12-18.

7. Mobile robotics (Robot). Module 1. [Электр. ресурс] / M. Dunn // URL: https://learn.open2study.com/mod/youtube/view.php?id=79916 .

8. Borenstein, J Where am I. Sensors and methods for mobile robot positioning / J/ Borenstein, H.R. Everett, L. Feng - Prepared by the University of Michigan. 1996 - 282 p.

9. Siegward, R Introduction to Autonomous Mobile Robots / R. Siegward,

10. R. Nourbakhsh - Cambridge MA: MIT Press 2004. – 321 p.

11. Бройнль, Т. Встраиваемые роботехнические системы: проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления / Т. Бройнль, под редакцией В.Е. Павловского. – М. – Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2012. – 520 с.

12. Choset, H. Principles of Robot Motion: Theoty, Algorithms, and Implementations / H. Choset, K. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor,

13. W. Burgard, L. Kavraki, S. Thrun. – Cambridge MA – MIT Press: 2005.

– 603 p.

14. Arbib, M. Depth and Detours: An Essay on Visually Guided Behavior

15. M. Arbib, A. Hanson (Eds.), Vision, Brain and Cooperative Computation /

16. M. Arbib, A. Hanson. – Cambridge MA. – MIT Press. 1987.

17. Koren, Y. Potential Field Methods and Their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation / Y. Koren, J. Borenstein // Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation. – Sacramento CA, – 1991. – pp. 1398-1404.

18. Borenstein, J. Navigating Mobile Robots: Senfors and Techniques /

19. J. Borenstein, H. Everett, L. Feng. – Wellesley MA – AK Peters: 1998. – 225 p.

20. Puttkamer, E. Autonome Mobile Roboter / E. Puttkamer, E. Von. – Lecture notes. Univ. Kaiserslautern, Fachbereich Informatik: 2000.

21. Lumelsky, V. Dynamic Path Planning for a Mobile Automation with Limited Information on the Environment / V. Lumelsky, A. Stepanov: IEEE Transactions on Automatic Control. – Vol. 31. – 1986 – pp. 1058- 1063.

22. Kamon, I. Sensory-Based Motion Planning with Global Proofs / I. Kamon,

23. E. Rivlin: IEEE Transactions on Robotics and Automation. – Vol. 13. – 6 Dec. – 1997. – pp. 814-822.

24. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов – М.: Радио и связь 1983. – 320 с.