

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Розробка моделі інтелектуального керування робототехнічними пристроями

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи АУТПм-20-1

Ремесник А.С.

(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Автоматизоване управління технологічними процесами

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Сезонова І.К.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАМ

Невлудов І. Ш.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

2021р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет _____ АКТ _____
 Кафедра _____ КІТАМ _____
 Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
 Спеціальність _____ 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____
 Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
 Освітня програма _____ Автоматизоване управління технологічними процесами _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАМ _____

(підпис)

«_____» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Ремеснику Андрію Сергійовичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Розробка моделі інтелектуального керування робототехнічними пристроями _____.

Затверджена наказом по університету від _____ 08.11.2021 №1699 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 12.12.2021 р. _____

3. Вихідні дані до роботи _____ математична модель інтелектуального керування переміщенням робото технічного пристрою, мобільний додаток для передачі завдань робото технічному пристрою _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Аналіз технічного завдання; Вступ; Визначення актуальності питання розробки та практичної реалізації моделей інтелектуального керування; Огляд існуючих моделей інтелектуального керування переміщенням роботизованих пристроїв; Розробка методу інтелектуального керування роботизованою платформою для переміщення вантажів; Розробка математичної моделі опису площин (приміщень) та чисельного моделювання шляху роботизованої платформи. Розробка підходу та моделі мобільного додатку для керування роботизованою платформою; Розробка та побудова лабораторного макету робота для дослідження запропонованої моделі інтелектуального керування. Дослідження характеристик запропонованої моделі за допомогою лабораторного макету; Питання охорони праці на підприємстві, де експлуатується роботизована платформа з інтелектуальним керуванням; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 15 сторінок формату А4

6. Консультанти розділів роботи

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	Аналіз технічного завдання, вступ	21.05.21	виконав
2	Визначення актуальності питання інтелектуального керування робототехнічними пристроями	10.09.21	виконав
3	Огляд існуючих моделей інтелектуального керування переміщенням роботизованих пристроїв	24.09.21	виконав
4	Розробка методу інтелектуального керування роботизованою платформою для переміщення вантажів. Розробка математичної моделі опису площин (приміщень) та чисельного моделювання шляху роботизованої платформи	15.10.21	виконав
5	Розробка та побудова лабораторного макету робота для дослідження запропонованої моделі інтелектуального керування. Дослідження характеристик запропонованої моделі за допомогою лабораторного макету	12.11.21	виконав
6	Оформлення пояснювальної записки	19.11.21	виконав
7	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unicheck	05.11.21	виконав
8	Подання роботи на рецензію	08.12.21	виконав
9	Подання роботи на підпис зав. кафедри	10.12.21	виконав
10	Подання роботи до ЕК	12.12.21	виконав

Дата видачі завдання 08.11.2021 р.

Студент _____
(підпис)

Ремесник А.С.

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Сезонова І.К.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 93 с., 1 табл., 22 рис., 3 дод., 35 джерел.

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ, СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ, МОБІЛЬНІ РОБОТИ, СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ

Об'єкт дослідження – моделі та методи інтелектуального керування роботою технічними пристроями.

Предмет дослідження – математичні моделі визначення шляху переміщення роботою технічної платформи та моделі площин (приміщень) для застосування методів інтелектуального керування.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка методу інтелектуального керування роботизованою платформою за допомогою мобільного додатку.

Під час досліджень використовувалися методи загальної теорії автоматичного управління, теорії нечітких множин, системного аналізу, теорії експертних оцінок.

Для досягнення поставленої мети вирішено ряд завдань:

- проведено аналіз моделей інтелектуальних систем керування робототехнічними системами;
- розроблено узагальнений підхід до ситуаційного моделювання систем керування роботизованими платформами на виробництві;
- розроблено модель роботизованої платформи, яка підтримує інтелектуальне керування за допомогою мобільного додатку
- розроблено лабораторний макет для відпрацювання запропонованого методу інтелектуального керування.

Результати роботи були оприлюднені в міжнародному журналі.

ABSTRACT

Explanatory note: 93 pages, 1 table, 22 figures, 3 appendices, 35 sources.

MANAGEMENT SYSTEMS FOR ROBOTIC COMPLEXES, TECHNICAL VISION SYSTEMS, MOBILE WORKS, INTELLECTUAL DRIVING SYSTEMS

The object of research - models and methods of intelligent control of robotic technical devices.

The subject of research is mathematical models for determining the path of movement of the robot technical platform and models of planes (premises) for the application of methods of intelligent control.

The purpose of the qualification work is to develop a method of intelligent control of a robotic platform using a mobile application.

During the research the methods of general theory of automatic control, theory of fuzzy sets, systems analysis, theory of expert evaluations were used.

To achieve this goal, a number of tasks have been solved:

- the analysis of models of intelligent control systems of robotic systems is carried out;
- the generalized approach to situational modeling of control systems of robotic platforms on manufacture is developed;
- developed a model of a robotic platform that supports intelligent control using a mobile application
- a laboratory model was developed to test the proposed method of intelligent control.

The results of the work were published in an international journal.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Сучасний стан робототехнічних систем та їх інтелектуалізація.....	12
1.1 Основні напрями розвитку технологій робототехніки	12
1.2 Інтелектуальні методи забезпечення ефективності робототехнічних систем.....	19
1.3 Маніпуляційні роботи та їх задачі.....	22
1.4 Постановка задач досліджень	26
1.5 Висновки до 1 розділу	27
2 Методи моделювання систем інтелектуального керування робототехнічними комплексами.....	29
2.1 Розробка стратегії інтелектуального управління робототехнічними комплексами	29
2.2 Методи інтелектуального управління робототехнічними системами..	31
2.3 Методи динамічного програмування для визначення оптимального шляху транспортного робота.....	37
2.4 Висновки до 2 розділу	40
3 Мехатронне та алгоритмічне забезпечення робототехнічної системи з інтелектуальним керуванням	42
3.1 Принципова схема робота з інтелектуальним керуванням.....	42
3.2 Розробка лабораторного макету транспортного робота з інтелектуальним керуванням	47
3.3 Створення мобільного додатку для керування транспортною роботизованою системою.....	52
3.4 Висновки до 3 розділу	56
4 Охорона праці	58
4.1. Ергономіка використання інформаційних технологій на виробництві ..	58
4.2 Пожежна безпека на підприємстві, де експлуатується РТК.....	63

4.3 Висновки до 4 розділу	64
Висновки.....	66
Перелік джерел посилання	69
Додаток А Код програми	73
Додаток Б Демонстраційний матеріал	78
Додаток В Відомість кваліфікаційної роботи	93

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БЗ – база знань

БЛА – безпілотні літальні апарати

ІС – інформаційна система

ПЗ – програмне забезпечення

ПЛК – програмований логічний контролер

ПСА – підвищена ступінь автономності

ПЗ ІСУ – програмного забезпечення інтелектуальних систем управління

РТК – робототехнічний комплекс

РРТК – рухомий робототехнічний комплекс

РРТК - рухомий робототехнічний комплекс

СУ – система управління

СУ РТК - системи управління робототехнічними комплексами

СТЗ – системи технічного зору

САУР – система автономного управління рухом

ЧПУ – числове програмне управління

ІТ – information technology

CASE – computer-aided software engineering

JAUS – joint architecture for unmanned systems

JTA – joint technical architecture

ВСТУП

В останні роки в різних технічних сферах активно використовується прикметник "інтелектуальний" та інтелектуальні системи управління зокрема. У цих термінів є велика історія і сьогодні ще не закінчились широкі дискусії щодо уточнення відповідних визначень.

Основною областю застосування, на яку орієнтовані подібні системи, є робототехніка та однією з сучасних тенденцій робототехніки є перехід від експериментальних зразків до широкого практичного використання не тільки індустріальних роботів, а й сервісних, призначених для роботи в заздалегідь невизначених чи недовизначених умов. На передній план виступають завдання практичної реалізації різних підходів, методів уніфікації різноманітних алгоритмів управління, що дозволяють економічно доцільно створювати бажані пристрої.

Разом з тим, не знімається з порядку денного і розробка перспективних удосконалень у всіх складових мехатронних системах: механічної, сенсорної, обчислювальної (програмної).

Підвищення ступеня автономності робототехнічних комплексів вимагає постачання систем управління інформацією про середовище функціонування та умови в ній. Ці завдання покликані вирішувати системи інформаційного забезпечення та системи технічного зору, як один з центральних елементів робототехнічних комплексів.

Всі складові систем управління, починаючи від двигунів і приводів і закінчуючи цілепокладанням в діях у зовнішньому світі вимагають побудови моделей об'єктів і процесів управління. Збір та обробка сенсорних даних про середовище функціонування та стан самої технічної системи - одна з основних сфер застосування методів штучного інтелекту в робототехніці та автоматизації виробництва.

Основним засобом реалізації алгоритмічного забезпечення є програмне забезпечення. Опис результатів досліджень перерахованих аспектів створення інтелектуальних систем управління і присвячена дана робота.

Розробку програмного забезпечення інтелектуальних систем управління (ПЗ ІСУ) пропонується проводити на базі компонентного програмного каркасу. Це великомасштабний архітектурний шаблон, що передбачає розширення розробки додатків у конкретній прикладній області, а саме, у сфері розробки ПЗ для управління РТК. У цьому каркасі передбачені підсистеми навчання робота, інтерфейс з оператором, обробка зорових даних.

Ці підсистеми функціонують паралельно і оформляються у вигляді окремих потоків. Реалізується компонентний каркас у вигляді класів мови Сі++. Використання компонентного каркаса дозволяє виконати інтеграцію із зовнішніми програмними системами.

Об'єкт дослідження – моделі та методи інтелектуального керування робототехнічними пристроями.

Предмет дослідження – математичні моделі визначення шляху переміщення робототехнічної платформи та моделі площин (приміщень) для застосування методів інтелектуального керування.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка методу інтелектуального керування роботизованою платформою за допомогою мобільного додатку.

Під час досліджень використовувалися методи загальної теорії автоматичного управління, теорії нечітких множин, системного аналізу, теорії експертних оцінок.

Для досягнення поставленої мети вирішено ряд завдань:

- проведено аналіз моделей інтелектуальних систем керування робототехнічними системами;
- розроблено узагальнений підхід до ситуаційного моделювання систем керування роботизованими платформами на виробництві;
- розроблено модель роботизованої платформи, яка підтримує інтелектуальне керування за допомогою мобільного додатку

– розроблено лабораторний макет для відпрацювання запропонованого метода інтелектуального керування.

Дослідження проводилось в рамках виконання наукової роботи за темою «Інтелектуальна багатоцільова мобільна платформа з удосконаленими маніпуляційними можливостями».

Роботу було виконано відповідно до [1–3]. Результати досліджень опубліковано у міжнародному журналі [4].

1 СУЧАСНИЙ СТАН РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ

1.1 Основні напрями розвитку технологій робототехніки

В даний час все в більш широкому колі областей використовуються прийоми підвищення ефективності технічних систем, які часто називаються інтелектуалізацією. Відправною точкою та основною сферою використання такого підходу є робототехніка - науково-технічний напрямок, що поєднує найпередовіші досягнення та розробки в області механіки, сенсорики, обчислювальної техніки, штучного інтелекту та алгоритмічних рішень. Відома так звана схема "ромашка" - схема основних напрямів розвитку та використання робототехнічних систем (РТС) (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Основні напрямки розвитку робототехніки та РТС

Однією з характеристик сучасного стану світової робототехніки є перехід до практичного використання робототехнічних комплексів (РТК) з підвищеним ступенем автономності.

Під підвищеним ступенем автономності (ПСА) робототехнічної системи розуміють такі властивості її системи управління, яка дозволяє:

- узгоджувати та керувати операціями нижнього рівня мехатронної системи (інформаційно-руховими діями, приводами, збором даних);
- здійснювати постановку та реалізацію підцілей у процесі вирішення основного завдання (безпека, вибір шляху, повернення, вибір місця взяття відомого об'єкта, зліт, посадка літальних апаратів);
- «природність» мови спілкування – відповідність інтерфейсу рухомого засобу меті основного завдання.

Найбільше розвиток серед роботів з ПСА в даний час одержали безпілотні пристрої з підвищеним ступенем автономності та повністю автономних.

Після проведення змагань з цілеспрямованих переміщень автономних наземних транспортних засобів під егідою американського агентства передових оборонних дослідних проєктів Пентагону DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) активізувалися роботи зі створення комерційних версій подібних систем [6,7].

Як приклади одних з найцікавіших, некомерційних проєктів автономних мобільних засобів можна вказати на два американських проєкти, що мають більш ніж десятирічну історію: програма американського космічного агентства NASA щодо створення та використання марсоходів; програма американського агентства DARPA створення безпілотних літальних апаратів, зокрема, проєкт X47B.

У наукових публікаціях багато робіт з описом лабораторних макетів мобільних роботів з підвищеним ступенем автономності.

В інших областях робототехніки успіхи впровадження РТК з ПСА не настільки значні. Зокрема, неіндустріальне використання маніпуляційних

роботів дуже обмежено, що значною мірою пояснюється високою вартістю механічної частини, що виводить практичне використання за межі економічної доцільності.

Подібні та інші причини, такі як необхідність застосування автономної системи живлення, недостатня ступінь мініатюризації, стримують використання різноманітних РТК. Тим не менш, очевидно, що з розвитком механічної та елементної бази проблема апаратної реалізованості буде втрачати свою гостроту. І тоді на перший план вийдуть питання ефективності алгоритмічного та програмного забезпечення. Саме тому, дослідження в області інтелектуальних систем управління в теоретичному плані доцільно проводити за всіма можливими напрямками.

Необхідні додаткові, комплексні дослідження та розробки для ефективного інтегрування цих результатів у робототехнічні комплекси.

Представлені в цій роботі дослідження виконані з урахуванням сучасних тенденцій розвитку робототехніки та мехатроніки. Серед цих тенденцій основною є перехід від унікальних, експериментальних зразків до широкого впровадження в практику. Ця тенденція визначає вимогу технологічності реалізації конкретних рішень, тобто поєднання реалізованості, надійності, комплексності та ефективності на всіх рівнях системи управління (СУ) (від управління приводами та первинної обробки сенсорних даних до прийняття рішень про вибір цілей і траєкторій руху) з економічно доцільними обмеженнями вартості пристрою.

Найбільш показові в цій галузі приклади з автомобілебудування. За матеріалами Self-driving car та The New York Times представлені діаграми, що ілюструють основні етапи розвитку систем автономного управління рухом (рис.1.2) та історію експлуатації таких автомобілів (рис.1.3) [8,9].

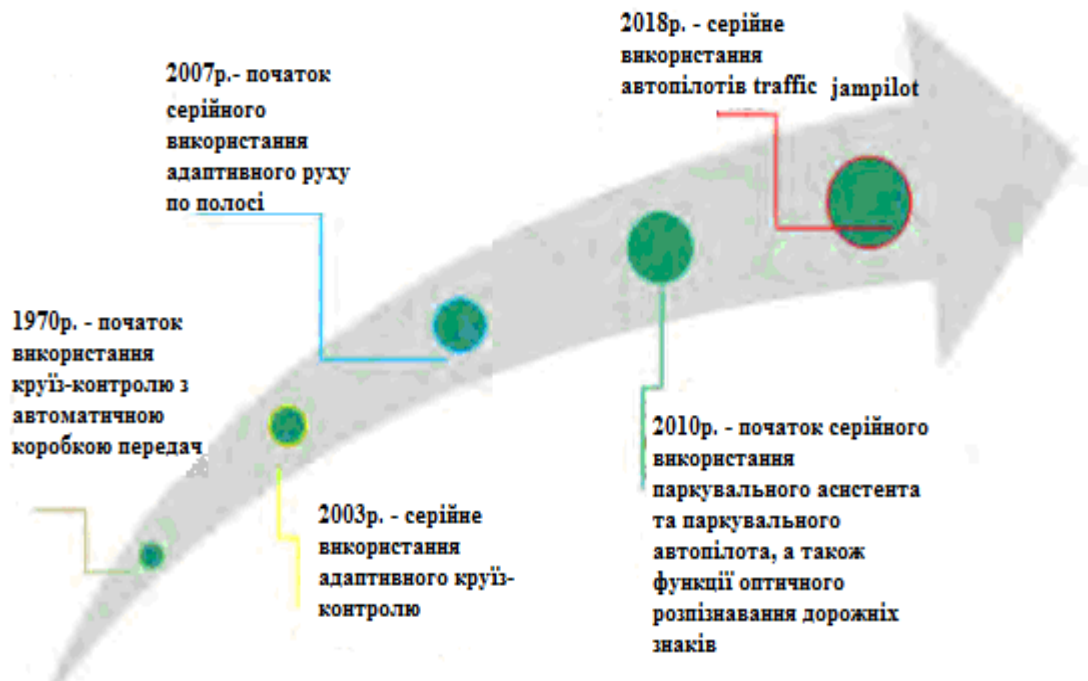


Рисунок 1.2 – Історія технологічного розвитку автономних систем керування рухом

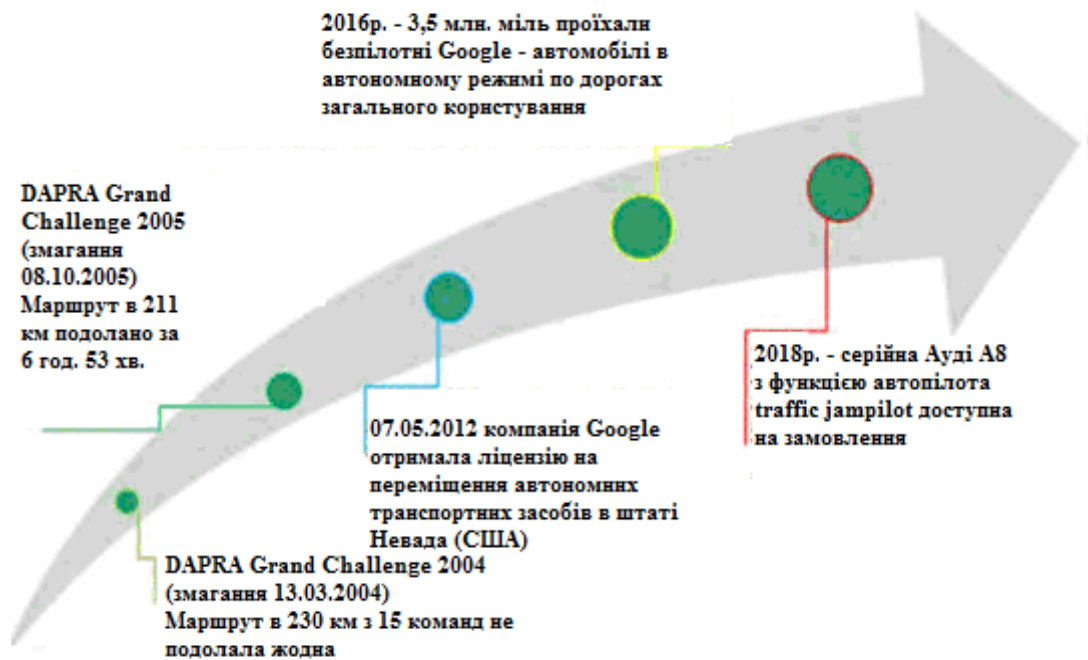


Рисунок 1.3 – Історія експлуатації транспортних засобів, оснащених системами автономного керування рухом

Показовим моментом є пришвидшення технологічного прогресу та впровадження інтелектуальних систем управління для вирішення звичайних побутових та виробничих завдань.

Зростання ролі програмного забезпечення у складі робототехнічних комплексів.

Одним з найбільш показових прикладів цієї тенденції в області мобільної техніки є дедалі зростаюча частка мікропроцесорних систем та їх програмного забезпечення в автомобільній промисловості. У найбільш високотехнологічній області космічних досліджень прикладом зростання ролі програмного забезпечення у складі робототехнічних комплексів є структура ціни американських марсоходів (розробка: NASA і Jet Propulsion Lab). Вартість розробки: 600000 \$ - апаратура та 1000000 \$ - розробка ПЗ [8].

Зростання ролі систем технічного зору у складі інформаційного забезпечення мобільних РТК.

Серед засобів інформаційного забезпечення рухливих роботів з підвищеним ступенем автономності одну з головних позицій займають системи технічного зору (СТЗ).

Привабливими властивостями систем технічного зору є:

- дистанційний аналіз навколишнього середовища та об'єктів управління;
- одночасний аналіз великих площин;
- багатство ознак, якими можуть описуватися і за якими ідентифікуються об'єкти управління;
- швидкодія: швидкість виконання вимірювань (за умови «on-line» обробки зорових даних), і, як наслідок, практична безперервність вимірювань в ході руху;
- доступність різноманітних комерційних апаратних засобів для збору та обробки зорових даних (економічна доцільність);
- скритність / пасивність (без енергетичного впливу на навколишній світ);

– великі перспективи уніфікації засобів апаратної підтримки (основна складність СТЗ полягає в програмно – алгоритмічному забезпеченні).

Разом з тим, ці позитивні властивості висувають підвищені, в порівнянні з іншими сенсорними системами, вимоги до обчислювальних ресурсів та математичного забезпечення. Сучасний рівень сенсорів і обчислювальних засобів дозволяє знаходити компроміс між зазначеними перевагами та вимогами та створювати ефективні СТЗ для вирішення практичних завдань. Наведемо кілька відомих, показових прикладів озброєності СТЗ марсоходів, бойових роботів, безпілотних автомобілів (рис. 1.4).

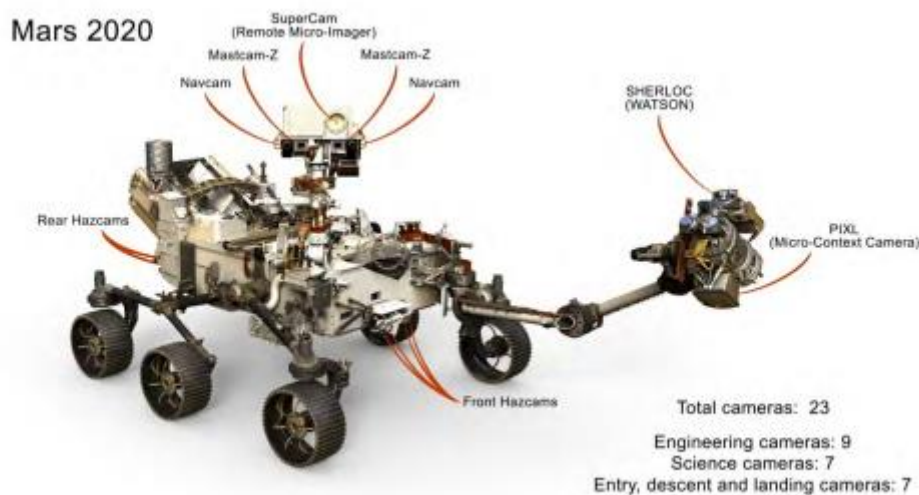


Рисунок 1.4 – Приклад інформаційного оснащення мобільного робота комплексом СТЗ (Джерело: Univ. of Regina, Champion's Brag, Vol. 9, 2003)

Звертає на себе увагу кількість та різноманітність камер СТЗ у складі інформаційного забезпечення марсохода Mars 2020.

Останні технологічні здобутки впроваджені також у військову техніку, а саме у бойові безпілотні роботи. Прикладом може слугувати проект робота Crasher, у складі якого працюють 18 відеокамер, включаючи 8 стереопар (рис.1.5) [16].

Системи технічного зору вивчаються та удосконалюються достатньо швидко. Їх використання в конструкціях безпілотних транспортних засобів продемонстровано на рисунках 1.6 та 1.7.



Рисунок 1.5 – Прототип бойового безпілотного наземного робота Crasher



Рисунок 1.6 – Камери у складі системи інформаційного забезпечення на безпілотному автомобілі Ford



Рисунок 1.7 – Камери у складі системи інформаційного забезпечення Apple на безпілотному автомобілі Лексус

1.2 Інтелектуальні методи забезпечення ефективності робототехнічних систем

Серед методів обробки даних про середовище функціонування РТК все найбільше практичне застосування знаходять інтелектуальні підходи.

Наведемо визначення РТК в сучасному розумінні.

Робототехнічний комплекс (РТК) – це сукупність програмно-алгоритмічних та апаратних рішень, що забезпечують комплексну автоматизацію виконання групи поставлених завдань. Тобто сукупність мобільних роботів та систем управління відповідних мобільних роботів.

За однією з класифікацій областей штучного інтелекту інтелектуальні системи управління (ІСУ) можна віднести до області так званого «слабкого інтелекту» [16]. Також використовується ще один синонім цього терміна - машинний інтелект. Машинний інтелект не претендує на заміну людини у формулюваннях нових завдань та створенні нових об'єктів. Метою машинного інтелекту є підвищення ефективності вирішення відомих і сформульованих людиною завдань для технічних систем та звільнення людини від виконання

рутинних дій та робіт в екстремальних умовах. Що стосується базових технологій обробки знань, включаючи технології експертних систем, нейромережевих структур, нечіткої логіки та асоціативної пам'яті, то, як показує аналіз, їх загальною властивістю є здатність до вирішення завдань класифікації, які виникають на кожному рівні ієрархії інтелектуальних систем і покладені в основу ситуаційного управління.

Зазначені тенденції вимагають вирішення проблеми уніфікації змісту та архітектури алгоритмів управління діями РТК.

Більшістю дослідників визнається необхідність використання багаторівневої ієрархічної структури побудови систем управління робототехнічними комплексами. Успішне вирішення завдань управління РТК та іншими складними технічними комплексами можливе при побудові ефективного управління на кожному з рівнів і не менш ефективного їх комплексування.

Сам поділ на рівні і межі поміж тим не має чітких критеріїв й значною мірою залежить від конкретної реалізації РТК.

Наведемо виділення рівнів в інтелектуальних системах управління. Основною класифікуючою ознакою при виділенні рівнів управління будемо вважати властивість об'єкта реалізовувати на цьому рівні управління за допомогою мови команд (керівних впливів).

Нижній рівень – рівень управління приводами виконавчих механізмів та виконання базових операцій – елементарних рухів, збору інформації про зовнішнє середовище.

Середній рівень – рівень аналізу інформації про середовище та умови функціонування РТК, формування послідовності і контроль виконання базових операцій на вирішення поставленої верхнім рівнем задачі (вибір шляху руху, траєкторії руху виконавчих органів тощо).

Верхній рівень – рівень прийняття рішення чи допомоги людині в постановці завдання. У найближчій перспективі найбільш важливі функції цього рівня залишаються за людиною (цілепокладання, постановка нових

завдань). Потенційно, ряд дослідників вважає, що рішення завдань цього рівня може бути виконане без участі людини за допомогою «сильного» штучного інтелекту.

Незалежно від меж рівнів системи управління при побудові РТК необхідна інтеграція всіх рівнів управління. Без єдиного механізму обміну даними та програмування всіх рівнів (кросплатформенності) складно очікувати створення ефективної робототехнічної системи.

Зарубіжний досвід показує, що навіть ринкова економіка приходиться до необхідності вести розробки РТК за єдиним централізованим планом та уніфікованим стандартам. Наприкінці 80-х років ХХ століття помітно збільшилися витрати міністерства оборони США на проектування нових систем контролю і управління. Вони розроблялись різними відомствами, містили багато загальних функціональних елементів, але реалізовувалися далеко не однаково і, головне, не підтримували єдиного стандарту взаємодії. Для ліквідації цієї проблеми з 1992 р. в наукових армійських підрозділах Пентагону почалося створення єдиної технічної архітектури Joint Technical Architecture (ЖТА) - стандарту на побудову всіх ІТ – рішень. ЖТА складається з декількох архітектурних блоків. Функціональна архітектура включає засоби та методи опису робочих елементів майбутньої системи та інформаційних потоків, спрямованих на підтримку дії бойових одиниць. Вона також задає тип інформації, що зберігається або передається, частоту обміну даними, опис реалізованих завдань та ін.

Будь-яка архітектура складається з мінімально необхідного набору правил, що визначають компонування, взаємодію та залежності між усіма елементами системи. Вона описує доступні служби, інтерфейси і схеми взаємозв'язків. У ЖТА також визначаються різні фізичні параметри функціонування: види та способи комунікації; координатні системи; ключові елементи (мережі, вузли зв'язку, платформи, параметри налаштування). Спочатку ЖТА була успішно апробована в системах електронної розвідки, а потім також втілювалася в комплексах управління зброєю, програмах

моделювання та ін. На основі JTA будується більшість прикладних інженерних стандартів і специфікацій Пентагону.

Одним із прикладів застосування JTA став проект єдиної архітектури робототехнічних пристроїв Joint Architecture for Unmanned Systems (JAUS). JAUS була розроблена в 1994 р. в ході експериментів з різними способами дистанційного управління самохідними апаратами. Вже тоді стала очевидною потреба в єдиних програмних інтерфейсах для подібних пристроїв - адже головним визначальним фактором ефективності РТК є в першу чергу програмне забезпечення, однак на розробку програмних стандартів коштів на той час не знайшлося. Крім того, скромні ресурси бортових систем накладали додаткові обмеження на підтримку складної універсальної архітектури.

У 1997 р. стартувала програма Пентагону зі створення універсальної автономної наземної машини Joint Robotics Program, а на початку 1998 р. в її рамках була сформована робоча група JAUS. Ефективність її роботи була підрахована досить швидко. Виявилось, що економія на супроводі життєвого циклу трьох моделей роботів при впровадженні JAUS становить 200 млн. дол., перш за все за рахунок повторного використання програмного забезпечення [17].

Практично у всіх автономних апаратах застосовуються спільні для них підсистеми, але до появи JAUS вони були несумісні один з одним. А JAUS дозволяє відмовитися від прив'язки до конкретного постачальника програмних рішень, задіяти в кожній моделі всі раніше створені засоби як дистанційного керування, так і автономної поведінки, прискорити та здешевити розробку роботів і швидко оснащувати їх новими функціональними можливостями на базі нових технічних рішень.

1.3 Маніпуляційні роботи та їх задачі

Маніпуляційні роботи – великий клас роботизованих механізмів, особливостями якого є наявність такого пристрою як маніпулятор. Він

використовується для переміщення деталей і обладнання. Маніпулятор – механізм, що складається з послідовних або паралельних сегментів (ланок), які забезпечують переміщення об'єкта відносно платформи маніпулятора. При роботі ланки переміщуються відносно один одного. На кожному з них є привід для переміщення сусідньої ланки, утримуванні його у вимкненому стані. Ланки нумеруються послідовно. Кількість ступенів рухливості маніпулятора збігається з числом ланок. Перша ланка маніпулятора має опору, яка нерухомо закріплена на платформі. Платформа може бути стаціонарною або мобільною.

Маніпуляційним роботом називається маніпулятор, переміщення приводів якого здійснюється відповідно до керуючої програми. Для цього маніпуляційний робот оснащується датчиками вимірювання положення ступенів рухливості, системою управління та блоками для управління приводами.

Сучасні маніпуляційні роботи досить дорогі пристрої. Необхідність отримання прибутку від роботизованих виробничих процесів змушує виробників шукати шляхи зниження витрат виробництва маніпуляційних роботів. Одним з них є універсалізація конструкції роботів, яка дозволяє істотно розширити область застосування конкретного виробу.

Універсальний маніпулятор - це підклас маніпуляторів, конструкція і характеристики якого задовольняють технічним вимогам широкого кола можливих областей застосування.

На рис. 1.8 наведено приклад маніпулятора з числом ступенів свободи, яке дорівнює шести.

Концепція універсального маніпулятора склалася на ранньому етапі розвитку робототехніки. Сучасні універсальні маніпулятори досягли найвищих показників точності (десятої частки міліметра), швидкостей переміщення (метри в секунду).

Завдяки цьому область їх застосування досить широка. Вони використовуються в навчальних цілях, для виконання складних технологічних процесів у різних галузях науки і техніки.



Рисунок 1.8 – Оснащений захватом маніпулятор з шістьма ступенями свободи на мобільній платформі KUKAyouBot

Слід зазначити, що досягнення зазначених характеристик неможливе без застосування високоточних датчиків і редукторів, потужних двигунів, високопродуктивних мікроконтролерів і електронних пристроїв для управління потужними приводами. Оснащення маніпулятора сучасним обладнанням суттєво збільшує вартість універсальних маніпуляторів.

Важливим підкласом маніпуляційних роботів є промислові маніпулятори. Їхні конструктивні елементи відповідають стандартам, що пред'являються до промислового обладнання. Це забезпечує надійність та високий ресурс роботи. У сучасних промислових маніпуляторах напрацювання на відмову досягає сотень тисяч годин, що відповідає кільком рокам двозмінної роботи.

Сучасний промисловий маніпуляційний робот – це автоматично керований маніпулятор, керуюча програма якого може бути налаштована на виконання різних технологічних процесів.

Конструкція промислового робота включає:

– маніпулятор і різні виконавчі механізми (захват, шуруповерт, краскопульт та ін.);

- керуючий контролер у складі системи управління та засоби його програмування, включаючи високорівневу мову управління роботом;

- засоби для навчання: пульт ручного навчання та програмні засоби розробки та налагодження робочої програми;

- апаратно-програмні засоби зчитування датчиків та управління зовнішнім технологічним обладнанням.

Інтелектуальні системи управління маніпуляційними роботами з елементами штучного інтелекту.

Управління рухами маніпуляційного робота здійснюється системою управління - пристроєм, який забезпечує рух маніпулятора по заданій траєкторії, створення та виконання програми функціонування робота, взаємодія з оператором. Відмінності в особливостях вирішення кожної з перерахованих завдань виявляється у тому, що апаратно система управління реалізується у вигляді двох фізичних рівнів верхнього та нижнього.

Традиційно нижній рівень управління відповідає за обчислення координат ступенів рухливості, управління двигунами та взаємодії з верхнім рівнем по шині даних. Ці функції виконуються в масштабі реального часу. Для того, щоб забезпечити досить високу точність руху по програмній траєкторії обчислення необхідно проводити з частотою близько 1 КГц. Тому основним обмеженням на складність керуючої програми виступає продуктивність контролера.

Верхній рівень управління здійснює взаємодію з нижнім рівнем по шині даних (або дистанційно), забезпечує управління процесами, пов'язаними з навчанням і виконанням програми функціонування робота, зазвичай називається робочою програмою. Вона включає команди руху в цільові точки, умови переміщення, які враховують показання датчиків і стану органів управління технологічним процесом.

Перед кожним переміщенням в цільову точку система управління обчислює проміжні точки траєкторії та передає їх нижньому рівню.

Створення керуючої програми для роботи називається навчанням. Алгоритми управління визначаються способом представлення робочої програми.

У найпростішому випадку, наприклад, в станках з числовим програмним управлінням (ЧПУ), робоча програма є послідовністю кадрів. Кожний кадр задає команду і параметри руху або перехід за деякою умовою на кадр із заданим номером.

При цьому така форма представлення програми не обмежує функціональні можливості маніпулятора та допускає використання складних спеціалізованих адаптивних рухів, які задаються кадром.

Складні системи управління надають користувачеві більш комфортні умови роботи мовою управління роботом. Вона представляє собою універсальну мову програмування, яка розширена командами завдання руху та зчитування показань датчиків. Основною перевагою використання текстуального опису дій маніпулятора є можливість створювати нові алгоритми рухів і накопичувати їх у вигляді підпрограм. Це значно спрощує розробку програм для технологічних рухів.

Послідовність розробки таких програм наступна. Спочатку на мові управління роботом описується алгоритм виконання технологічної операції у вигляді послідовності команд руху і умов їх закінчення. Цільові точки переміщень маніпулятора позначаються ідентифікаторами. Координати проміжних точок обчислюються з виразів, до яких входять координати цільових точок.

Такий спосіб розробки програми рухів називається аналітичним програмуванням.

1.4 Постановка задач досліджень

Метою даної роботи є розробка методу інтелектуального керування роботизованою платформою за допомогою мобільного додатку. Система

управління має три рівня управління. Як теоретичне підґрунтя створюваного РТК використовуються методи керування маніпуляційними роботами, методи управління рухом робота з використанням системи технічного зору та методи машинного інтелекту для верхнього рівня управління. Стратегічне управління (на рівні цілей) здійснюється за допомогою мобільного додатку.

Здійснити аналіз математичних методів визначення шляху переміщення робототехнічної платформи та моделей площин (приміщень) для застосування методів інтелектуального керування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд завдань:

- здійснити аналіз моделей інтелектуальних систем керування робототехнічними системами;
- розробити узагальнений підхід до ситуаційного моделювання систем керування роботизованими платформами на виробництві;
- розробити модель роботизованої платформи, яка підтримує інтелектуальне керування за допомогою мобільного додатку;
- розроблено лабораторний макет для відпрацювання запропонованого метода інтелектуального керування.

1.5 Висновки до 1 розділу

Структура інтелектуальної системи управління є складною і має в своєму складі декілька рівнів. Для промислових роботів (наприклад, маніпуляційних) вона повинна мати три рівня.

Нижній рівень – рівень управління приводами виконавчих механізмів та виконання базових операцій – елементарних рухів, збору інформації про зовнішнє середовище.

Середній рівень – рівень аналізу інформації про середовище та умови функціонування, формування послідовності і контроль виконання базових операцій на вирішення поставленої верхнім рівнем задачі (вибір шляху руху, траєкторії руху виконавчих органів тощо).

Верхній рівень – рівень прийняття рішення чи допомоги людині в постановці завдання.

При побудові РТК необхідна інтеграція всіх рівнів управління.

2 МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РТК

2.1 Розробка стратегії моделювання систем інтелектуального управління робототехнічними комплексами

Для конструктивного обговорення методів і технологій розробки ефективних систем управління робототехнічними комплексами (СУ РТК) пропонуємо зменшити розмірність вихідного простору технологій і розглядати точку збірки роботів з підвищеним ступенем автономності в просторі конфігурацій РТК (рис. 2.1).

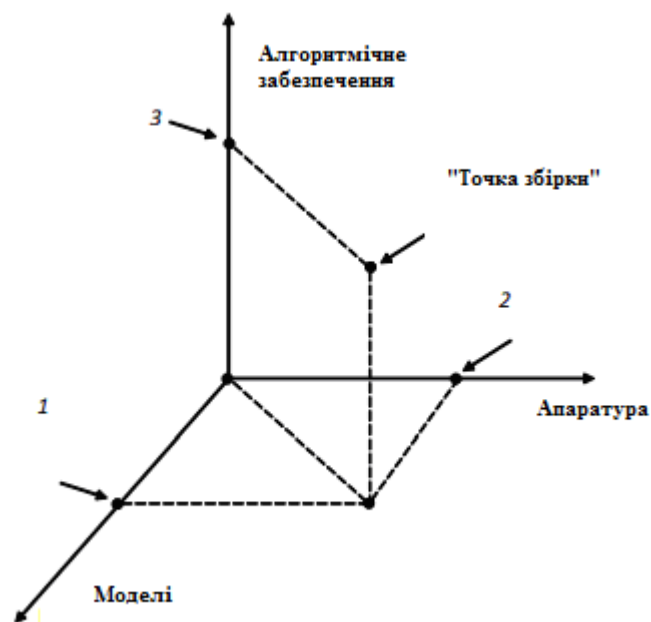


Рисунок 2.1 – Простір конфігурацій (архітектур) рухомих РТК з ПСА

Для стислості будемо використовувати термін рухомий робототехнічний комплекс (РРТК). В існуючій практиці слово "мобільний" частіше пов'язують із наземними засобами, маніпуляційні роботи також мають своє ім'я, повітряні пристрої поділяються на безпілотні літальні апарати (БЛА) літакового, вертолітного типу та мультикоптери.

Осі запропонованої моделі представляють собою наступне. Ось 1 відображає можливі моделі об'єкта управління, середовища (простори) їх функціонування та постановка задачі управління в заданих модельних уявленнях. Ось 2 відображає набір апаратних засобів з фіксованими технічними характеристиками (мехатронні, сенсорні та обчислювальні засоби). Ось 3 відображає множину алгоритмів рішення поставленої задачі. Крапку на осях запропонованої системи координат конфігураційного простору можна розглядати як «крапку зі структурою». Ця структура масштабується і подібна до загальної структури системи управління робототехнічними комплексами з підвищеним ступенем автономності.

Крапка по осі моделей – це елемент одного з рівнів загальної структури моделі РТК і середовища функціонування: модель приводу; тип сенсорів; модель робочої області об'єкта управління; модель умов функціонування; модель вирішуваної задачі; можливі сценарії дій.

Крапка по осі апаратури – це набір приводів; сенсори; сукупності приводів - технічні пристрої (рухомі платформи, маніпулятори, СТЗ та ін.), рухомі платформи з корисним бортовим обладнанням.

Крапка по осі алгоритмічного забезпечення: нижній рівень - алгоритм управління окремим приводом, алгоритм збору даних, алгоритм виділення первинних ознак об'єктів; алгоритм реалізації інформаційно-рухової дії; алгоритм реалізації сукупності дій (реалізація сценаріїв виконання прецедентів використання РТК з ПСА).

Процес компонування ІСУ рухомого РТК для вирішення заданого класу завдань з використанням запропонованого конфігураційного простору – ітераційний.

Послідовність кроків компонування ІСУ рухомого РТК з ПСА наступна:

– формулювання формалізованого опису завдання (моделі) мовою опису об'єктів управління, зовнішнього середовища та необхідних дій (перетворень) з об'єктами управління в просторі його станів. (Плідним підходом цього етапу

компонування зарекомендував себе метод побудови онтологій предметної області.) Результат - модель задачі;

- формування моделі зовнішнього середовища і роботи з нею;
- вибір апаратних засобів (механіка, живлення, сенсорика, бортове обчислювальне середовище), які забезпечують отримання необхідних вихідних даних (для формування моделі зовнішнього середовища);
- розробка алгоритмів для інформаційного забезпечення вирішення цільової задачі;
- здійснення перевірки можливості досягнення всіх вищевказаних завдань та підрахунок вартості проекту;
- визначення прийнятності моделі. Якщо модель прийнятна, то процес закінчено, якщо - ні, то переходимо до наступної ітерації.

2.2 Методи інтелектуального управління робототехнічними системами

Інтелектуальне управління – застосування методів штучного інтелекту для керування об'єктами різної фізичної природи. У сфері управління робототехнічними системами методи штучного інтелекту знаходять широке застосування. Це зумовлено, передусім, автономністю роботів та необхідністю вирішення ними неформалізованих творчих завдань за умов неповноти інформації та різних видів невизначеності.

Зазначений клас завдань нещодавна залишався прерогативою природного інтелекту: оператора об'єкта управління, інженера, вченого, тобто людини. Сучасні досягнення в галузі теорії автоматичного управління, інтелектуальних методів формалізації слабоструктурованих завдань та управління складними технічними системами дозволяють реалізувати дуже складні робототехнічні системи, до яких відносяться мобільні роботизовані платформи, гнучкі автоматизовані лінії та андроїдні роботи.

Робототехнічні системи функціонують в умовах неповноти вхідної інформації, коли принципова неможливість вимірювання ряду параметрів

накладає суттєві обмеження на програму управління. Це призводить до необхідності розробки бази алгоритмів, що дозволяють на основі непрямих ознак і показників, що вимірюються, розрахувати невимірювані параметри.

Невизначеність зовнішнього середовища, в якому функціонує робототехнічна система, змушує включати до складу системи управління різного роду компенсатори, модулі адаптації, накопичення та ранжування інформації.

Метою досліджень було формування підходів до побудови інтелектуальних систем управління робототехнічними системами, інваріантних по відношенню до специфіки функціонування, що враховують неповноту вхідної інформації та різні види невизначеності.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити ряд завдань:

- провести аналіз архітектур інтелектуальних систем управління робототехнічними системами;
- розробити узагальнений алгоритм ситуаційної ідентифікації робототехнічної системи;
- розробити узагальнену схему системи управління робототехнічною системою;
- розробити інтелектуальні системи управління маніпуляційним роботом, мобільною роботизованою платформою і гнучкою автоматизованою лінією.

Під час досліджень використовувалися методи загальної теорії автоматичного управління, теорії нечітких множин, нейронних мереж, системного аналізу, теорії експертних оцінок.

Розташування робототехнічної системи у зовнішньому середовищі.

Для реалізації інтелектуальних алгоритмів управління першочерговою є завдання поточної ідентифікації ситуації, у якій перебуває робототехнічна система. Для вирішення цієї задачі розроблено структурну схему системи ситуаційної ідентифікації (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Структурна схема системи ситуаційної ідентифікації

Блок технічного зору та сенсорного забезпечення призначений для визначення змін стану зовнішнього середовища та визначення сенсорної карти середовища для подальшої обробки. Сенсорна карта середовища - це образ ситуації, в якій знаходиться робот в поточний момент часу. Інтервал часу побудови сенсорної карти вибирається з специфіки предметної області.

Робоча пам'ять, за аналогією з експертними системами, призначена для обробки інформації, що надходить від сенсорів і обробляється за допомогою наявної бази алгоритмів і бази знань робототехнічної системи.

База алгоритмів включає алгоритми передобробки сенсорної карти (цифрова обробка сигналу, розпізнавання звукових образів і зображень), обчислення невимірюваних параметрів (функціональні залежності від параметрів, що вимірюються), відновлення повноти інформації (перевірка знань на повноту і суперечливість, адаптація знань з урахуванням нестационарності та варіативних зовнішніх умов), математичні операції та ін.

База знань (БЗ) являє собою складну ієрархічну структуру, що містить апріорну інформацію про зовнішнє середовище, що закладається на етапі навчання, повні та несуперечливі знання, які набувають робот у процесі

функціонування та сприйняття зовнішнього середовища. Знання у БЗ ранжуються за ознаками релевантності та оновлюються з урахуванням зміни специфіки функціонування робота на підставі алгоритмів адаптації знань.

Найважливіший блок – ідентифікатор ситуації. Саме цей блок відповідає за правильне розпізнавання способу ситуації на основі сенсорної карти. Результатна інформація цього блоку є визначальною для вибору програми управління робототехнічної системою.

І нарешті, інтелектуальний інтерфейс, який необхідний для зв'язку з оператором.

Оператор здійснює контроль функціонування робототехнічної системи, а також моніторинг процесу досягнення поставлених цілей. Як правило, спілкування робота з оператором має відбуватися з використанням природно-мовного інтерфейсу на обмеженому підмножині природної мови.

Структура системи управління робототехнічною системою в умовах невизначеності.

Реалізація алгоритмів та програм інтелектуального управління робото технічними системами в умовах невизначеності пов'язана з низкою значних труднощів.

Складність алгоритмів попередньої обробки вхідної інформації та структурна невизначеність моделі поведінки самої робототехнічної системи зумовлюють надмірність структури системи інтелектуального управління.

Системи управління промисловими маніпуляторами.

Традиційні системи управління промисловими маніпуляторами поділяються на кілька класів. Перший клас систем - системи програмного управління.

Система безперервного управління робочим органом маніпулятора має на меті підлаштування маніпулятора під еталонну модель [22]. У такому алгоритмі управління не враховуються втрати в механічній системі маніпулятора і приймається, що всі зусилля приводів передаються на робочий орган.

Система програмного керування силою в робочому органі застосовується для управління не тільки вектором сили, а й вектором положення робочого органу. Система незалежного управління переміщенням і зусиллям у робочому органі маніпулятора за різними ступенями рухливості має два контури управління із зворотним зв'язком: за положенням і за силою [23].

У системі управління переміщенням та зусиллям у робочому органі маніпулятора завдання по вектору положення робочого органу коригується за поточним значенням вектора сили. Це означає, що при русі робочого органу величина його ходу коригується за силою на зовнішнє середовище.

Адаптивні системи управління застосовуються, коли виконуються: операції взяття довільно розташованого об'єкта або об'єкта, що переміщається, дугове зварювання швів із змінним положенням, обхід рухомих і непередбачених перешкод. Для цієї мети застосовуються адаптивні системи з асоціативною пам'яттю.

Для управління промисловими маніпуляторами застосовуються також робастні системи управління, які в даний час знаходять широке практичне застосування [24].

Методи інтелектуального управління.

Проблема функціонування робототехнічної системи в умовах невизначеності є багатоаспектною.

Розглянемо завдання планування поведінки робототехнічної системи в умовах невизначеності. Для її вирішення найдоцільніше застосування технології динамічних експертних систем. База знань такої експертної системи коригується з часом. Якщо застосовується продукційна база правил, то склад продукційних правил безперервно досліджується щодо повноти і несуперечності [25]. Крім того, за рахунок адаптаційних алгоритмів здійснюється оновлення та витіснення застарілих і неактуальних правил. При цьому питанням навчання експертної системи без вчителя (самонавчання) приділяється особлива увага з огляду на те, що спостереження за системою висококваліфікованого фахівця економічно недоцільне.

Блок самонавчання або самоналаштування БЗ експертної системи вимагає ретельного опрацювання на етапі проектування інтелектуальної системи управління робототехнічною системою. Саме від якості виконання цього етапу проектних робіт залежить найчастіше ефективність вирішення поставленого завдання. Він повинен включати підсистеми оцінки повноти і суперечливості знань, оцінки якості управління та корекції знань.

Хронологічно наступним етапом після планування поведінки може виступати проблема видачі команд управління робототехнічної системі на природній мові. Для створення природно-мовного інтерфейсу, на нашу думку, найбільш підходящим інструментом реалізації є теорія нечітких множин.

За допомогою лінгвістичних змінних, що містять певну, заздалегідь описану множину термінів, проводиться опис предметної області, обмеженої системи команд і об'єктів, що впливають на робототехнічну систему і змінюються під її дією. Використовувані при цьому методи фазифікації та дефазифікації, а також алгоритми нечіткого логічного висновку істотно впливають на точність відпрацювання керуючих впливів і швидкість роботи робототехнічної системи.

Застосування нейромережевих систем управління робототехнічними системами.

Основною перевагою нейронної мережі є відсутність необхідності знати або створювати математичну модель об'єкта, оскільки нейронна мережа є універсальним нечітким апроксиматором.

Об'єкт (робототехнічна система) виступає у ролі «чорної скриньки». Нейронна мережа може виступати як еталонна модель керованої робототехнічної системи. Слід зазначити, що це має бути багат шарова нейронна мережа, що навчається (ідентифікатор об'єкта). Нейромережна модель налаштовується на об'єкт керування за умов неужгодженості вихідних сигналів об'єкта і моделі. Вона ж формує навчальну вибірку для підстроювання та коригування пристрою керування відповідно до обраного критерію якості.

2.3 Методи динамічного програмування для визначення оптимального шляху транспортного робота

Під динамічним програмуванням розуміють деякий спеціальний метод оптимізації, суть якого полягає у відшуканні оптимального рішення шляхом виконання обчислень у кілька кроків (етапів). Все завдання оптимізації поділяється на кілька кроків, причому вага кроку може бути унікальною або однаковою і чергуватись одна з одною. Деякі завдання оптимізації легко поділяються на кроки природним способом, а для інших – вводиться штучний поділ на кроки.

Прикладами завдань, які вирішуються динамічним програмуванням, можуть бути: розподіл ресурсів (фінансових, сировинних, матеріальних тощо) між підприємствами, заміна (або ремонт) промислового обладнання, прокладання комунікацій (трубопроводів, доріг тощо) та ін. У цих завданнях, як правило, як кроки (етапи) виступають відрізки часу (роки, квартали та ін.), які явно задаються постановкою завдання.

Завдання динамічного програмування за своєю сутністю є керованим процесом, причому управління виконується на кожному кроці. Особливо треба наголосити, що вибір оптимального рішення на конкретному кроці не дає гарантії отримання оптимального рішення для всього завдання. Тобто для отримання оптимального рішення для всієї задачі іноді доводиться вибирати не найкраще рішення на конкретному кроці. Таким чином, планування багатокрокового завдання зводиться до вибору такого рішення, на кожному кроці якого враховуються наслідки попередніх кроків. На поточному кроці вибирається не найкраще рішення, а те, що передбачає максимальну суму виграшу від усіх кроків, що залишилися.

Враховуючи вищесказане, виконувати обчислення в задачах динамічного програмування зручніше від кінця до початку. Справді, легко можна планувати останній, $n - 1$ крок. Виконуючи обчислення за останнім кроком, треба зробити ряд припущень: як закінчився попередній $n - 1$ крок і для кожного припущення

знайти умовно-оптимальне рішення на w -му кроці. Аналогічно виконуються $w - 1$, $w - 2$ і інші кроки, аж до першого кроку.

Таким чином, буде знайдено умовно-оптимальне рішення на кожному кроці.

Далі виконується перехід від умовно-оптимального рішення до безумовно-оптимального рішення на кожному кроці, тобто виконуються обчислення від першого кроку до останнього кроку, орієнтуючись на отримані умовно-оптимальні рішення. Тепер на першому кроці відома «вартість» розв'язання завдання від другого кроку до останнього кроку i , отже, можна вказати оптимальне рішення на першому кроці (зменшити «вартість» першого кроку). Далі аналогічно виконуються другий, третій та ін. кроки.

При використанні динамічного програмування багатокрокове завдання вирішується двічі: від кінця до початку (визначення умовно-оптимального рішення) та від початку до кінця (визначення безумовно-оптимального рішення). Перший етап тривалий і трудомісткий, другий - короткий і уточнює рішення першого етапу (за готовими рекомендаціями визначається безумовно-оптимальне рішення на кожному кроці).

Задача визначення оптимального шляху для транспортного робота.

Прокласти шлях робота по найкоротшому, з економічного погляду, шляху між точками А і Б. На карті підприємства будується деяка прямокутна область, де в нижньому лівому куті поміщена точка А, а в правому верхньому куті – точка Б. Прямокутна область по горизонталі та по вертикалі поділяється на довільну кількість відрізків, і за межами відрізків будується сітка (рис. 2.3).

Для спрощення розв'язання задачі припустимо, що шлях може прокладатися лише за межами елементарних прямокутних областей (тобто під кутом 90°), заздалегідь відома припустимість (або неприпустимість) по кожному елементарному відрітку, і шлях від точки Б до точки А прокладається у напрямку праворуч наліво та зверху донизу без петель. Таким чином, кожен можливий шлях від точки А до точки Б буде ламаною лінією. Треба прокласти такий шлях від А до Б, щоб сумарні часові витрати були мінімальні. Можливі

два варіанти: повний перебір всіх можливих шляхів, що дуже довго і важко, та використання динамічного програмування з поділом завдання по кроках.

Розділимо відстань між точками А та Б на 17 відрізків (кроків) по горизонталі та на 8 відрізків (кроків) по вертикалі. Тоді довжина будь-якого шляху складе $T = 17 + 8 = 25$ відрізків (кроків).

Переміщення від Б до А виконується послідовно елементарним шляхом (кроком) до наступної вузлової точки. Кожна вузлова точка характеризується двома координатами: горизонтальною та вертикальною. Обидві координати цілі та більше нуля: $0 \leq x \leq 17$ та $0 \leq y \leq 8$. У кожній вузловій точці визначатимемо умовне оптимальне управління (рух по горизонталі або рух по вертикалі). Напрямок руху вибирається з умови: можливість переміщення та час, який має бути мінімальним. Цей критерій є умовно-оптимальним.

Отже, запустимо процедуру пошуку умовно-оптимального рішення від кінця на початок (від точки Б до точки А). На останньому 25-му кроці перебуватимемо у верхньому правому кутку (точка Б). Потрапити в точку Б можна з 24 кроку і можливі два варіанти: рухатися по горизонталі або рухатися по вертикалі (рис. 2.3).

Оптимальне рішення задачі визначення шляху переміщення транспортного робота в цілому складається з оптимальних рішень на кожному кроці.

$$L = \sum_{i=1}^w l_i, \quad (2.1)$$

де l_i — оптимальне рішення на i -му кроці.

У такому випадку говорять, що цільова функція L має «адитивний критерій якості».

Під час руху від пункту Б до пункту А кілька разів виникала ситуація вибору: куди йти, ліворуч або вниз (по горизонталі або по вертикалі). У цій ситуації вибір напрямку руху був довільним, оскільки при повторному прорахунку невдалий вибір буде виправлено.

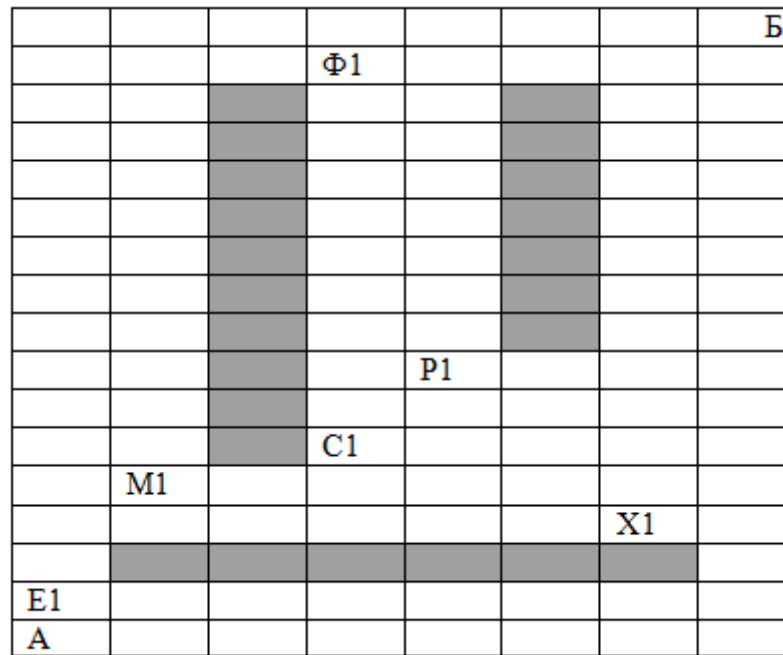


Рисунок 2.3 – Модель простору (площини) для переміщення транспортного робота

Тепер за прямого прорахунку алгоритму можливе поліпшення отриманих рішень на окремих кроках.

Переходимо до оптимального управління — визначення шляху від пункту А до пункту Б найшвидшим способом.

Починаємо рух від пункту А нагору (по вертикалі), хоча умовно-оптимальне рішення дало результат по горизонталі. Рухаючись з пункту А по вертикалі, шукаємо найкоротший шлях до однієї з вузлових точок, в яких був неоднозначний вибір (E1, M1, P1, C1 Φ1 X1) (рис.2.3). Якщо пройдений шлях дає кращі результати, ніж раніше пройдений умовно-оптимальний шлях, то умовно-оптимальну ділянку шляху замінюємо на безумовно-оптимальний шлях.

2.4 Висновки до розділу 2

Метою досліджень було формування підходів до побудови інтелектуальних систем управління робототехнічними системами, інваріантних

по відношенню до специфіки функціонування, що враховують неповноту вхідної інформації та різні види невизначеності.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити ряд задач:

- провести аналіз архітектур інтелектуальних систем управління робототехнічними системами;
- розробити узагальнений алгоритм ситуаційної ідентифікації робототехнічної системи;
- розробити узагальнену схему системи управління робототехнічною системою;
- розробити інтелектуальні системи управління маніпуляційним роботом, мобільною роботизованою платформою і гнучкою автоматизованою лінією.

Під час досліджень використовувалися методи загальної теорії автоматичного управління, теорії нечітких множин, нейронних мереж, системного аналізу, теорії експертних оцінок.

Проведений аналіз дозволив синтезувати архітектуру інтелектуальної системи управління робототехнічними системами, інваріантну по відношенню до специфіки функціонування. Розроблений алгоритм ситуаційної ідентифікації дозволяє будувати високоінформативні сенсорні карти довкілля. Описано основні підходи щодо формування інтелектуальних систем управління робототехнічними системами. Показано напрями перспективного розвитку найбільш ефективних методів штучного інтелекту, що застосовуються для реалізації керуючих пристроїв.

3 МЕХАТРОННЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМ КЕРУВАННЯМ

3.1 Принципова схема робота з інтелектуальним керуванням

Конкретизуємо завдання щодо моделювання робототехнічної системи з інтелектуальним керуванням.

Принципова схема створюваного РТК зазначена на рис. 3.1.

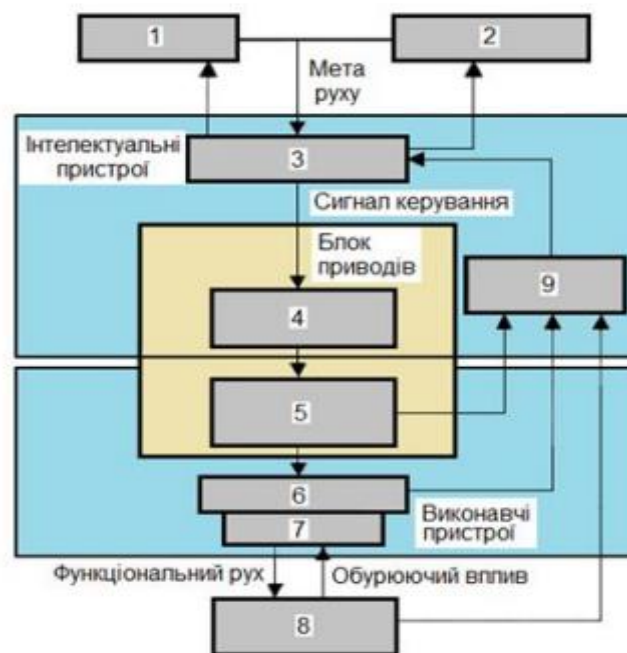


Рисунок 3.1 – Принципова схема РТК з інтелектуальним керуванням: 1– людина-оператор, 2 – мобільний додаток, 3 – пристрій інтелектуального керування, 4 – сенсорна система, 5 – виконавчі двигуни, 6 – механічні пристрої, 7 – робочий орган, 8 – площина (середовище функціонування), 9 – система технічного зору

Створюваний РТК складається з мобільного робота (роботів), які виконують завдання переміщення в просторі (на площині промислового

об'єкта), наприклад, з метою перевезення вантажів між цехами, складами, пунктами прийому/видачі продукції. До складу РТК також входить система інтелектуального керування за допомогою мобільного додатку.

На етапі навчання робота (або роботів) заповнюється інформаційний додаток у вигляді БЗ, яка зберігає дані щодо моделі простору або середовища, в якому функціонує зазначений робот.

Розглянемо окремі підсистеми створюваного РТК та опишемо лабораторний макет, на якому буде апробована запропонована концепція інтелектуального управління.

Підсистема виконавчих двигунів зображена на рис. 3.2.

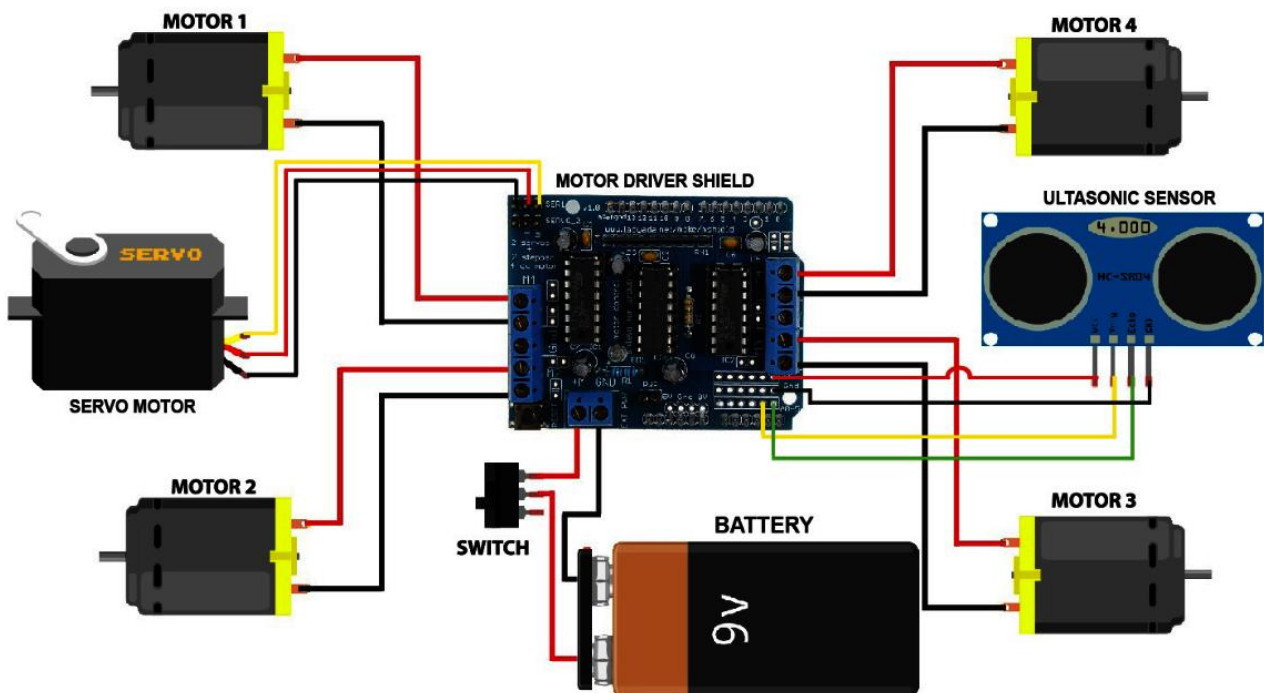


Рисунок 3.2 – Підсистема виконавчих двигунів лабораторного макету Ремес

Motor Shield для Arduino.

Motor Shield може стати відмінним доповненням у багатьох простих проектах та проектах середнього рівня складності на Arduino. Motor Shield має наступні переваги:

- 2 готових контакти для підключення серводвигунів на 5 В;
- можливість підключення до 4 двигунів постійного струму (з можливістю вибору напрямку обертання ротора). Можна вибирати швидкість обертання із точністю до 0,5%;
- підключення до 2-х крокових двигунів (уніполярних та біполярних) з однією котушкою, двома котушками та мікрокроком;
- 4 H-Bridges: чіп L293D забезпечує живлення до 0,6 А на один міст (1,2 А максимум). Передбачено захист від перегріву. Живлення - від 4,5 В до 25 В;
- зручні конектори для підключення дротів від двигунів та дротів живлення;
- кнопка скидання Arduino винесена зверху на шилд;
- блок на два контакти для підключення зовнішнього живлення, щоб можна було розділити живлення логіки/моторів;
- Motor Shield 100% сумісний з платами Arduino Mega, Uno, Diecimila та Duemilanove.

Motor Shield – це відмінний контролер для двигунів, але використовувати його треба обережно та коректно.

Підсистема програмного управління потребує встановлення бібліотеки Arduino. Перед використанням Motor Shield потрібно встановити бібліотеку AF_Motor Arduino library. Завдяки цій бібліотеці Arduino зможе "спілкуватися" з Motor Shield .

Підсистема живлення.

Для двигунів потрібні потужні джерела живлення. Особливо для дешевих моторів, тому що вони мають дуже низький коефіцієнт корисної дії. Перше, з чим треба визначитися – напруга живлення для вашого двигуна. Якщо є специфікація двигуна, цей параметр повинен бути вказаний. Деякі маленькі мотори живляться від 1,5 В, але в основному малопотужні приводи вимагають напругу живлення від 6 В до 12 В. На Motor Shield контролери моторів розраховані на забезпечення живлення в діапазоні від 4,5 В до 25 В.

Вимоги за силою струму. Друге, з чим треба визначитися – сила струму, яка потрібна для роботи мотора. Драйвера двигунів, що входять до складу Motor Shield забезпечують 600 мА на один мотор з максимальним значенням до 1,2 А. Якщо працювати зі струмами, що перевищують 1 А, треба подумати про охолодження драйверів, які починають дуже грітися.

Для використання драйвера двигуна SN754410 його можна легко встановити в сокет для оригінальних драйверів і він забезпечує силу струму 1 А на двигун з максимально допустимим значенням сили струму 2 А, але це небезпечно. Якщо потрібно більше потужності, можна придбати ще один набір драйверів L293D та встановити їх зверху на рідні. Можна встановити ще два чіпи зверху, подальше нагромадження не дасть значного приросту сили струму.

Рекомендується використовувати два джерела живлення. Один для Arduino та другий для моторів.

Motor Shield та крокові двигуни.

Крокові мотори – відмінний вибір для управління роботизованою платформою. Вони добре вписуються в проекти маніпуляторів та промислових роботів. Motor Shield підтримує роботу двох крокових двигунів одночасно. Бібліотека працює однаково для біполярних та уніполярних моторів.

Для уніполярних двигунів: перед підключенням двигунів необхідно з'ясувати як співвідносяться контакти і котушки. Якщо у двигуна п'ять дротів, буде один, який буде розташований по центру обох котушок. Центральний контакт повинен бути підключений до контакту GND на Motor Shield. Потім треба підключити котушку 1 до одного з контактів для двигунів (скажімо, M1 або M3), а котушка 2 повинна підключатися до другого порту двигуна (M2 або M4).

Для біполярних двигунів: те саме, що й для уніполярних, тільки немає п'ятого провідника, який підключений до землі. Скетч такий самий.

Запустити кроковий двигун трохи складніше, ніж двигун постійного струму, але все одно це не так вже й складно.

Потрібно виконати наступну послідовність дій:

- перевірити, чи підключена бібліотека `#include <AFMotor.h>`;

- створити в програмі об'єкт крокового двигуна (типу клас): `AF_Stepper(steps, stepper#)`. `Steps` містить інформацію про те, скільки кроків на один оберт робить мотор. `Stepper#` відповідає за порт, до якого підключений кроковий двигун. Якщо ви використовуєте M1 та M2, це порт 1. Якщо ви використовуєте M3 та M4 – це порт 2;

- встановити швидкість мотора, використовуючи функцію `setSpeed(rpm)`, де параметр `rpm` – це кількість обертів, що задається в хвилину на кроковому двигуні;

- після цього щоразу, коли ви захочете забезпечити обертання ротора мотора, треба викликати процедуру `step(#steps, direction, steptype)`. Параметр `#steps` - це параметр, який вказує на кількість кроків, які можна зробити. Параметр `direction` може мати значення константні значення `FORWARD` або `BACKWARD`, а тип кроку (параметр `steptype`) – це константні значення `SINGLE`, `DOUBLE`, `INTERLEAVE` або `MICROSTEP`. `SINGLE` означає активацію однієї котушки, `DOUBLE` означає одночасну активацію 2-х котушок (для більшого моменту, що крутить), а `INTERLEAVE` - це середнє між режимами `SINGLE` і `DOUBLE` (в результаті швидкість буде в два рази менше). `MICROSTEP` – це метод, за допомогою якого забезпечується плавне переміщення між кроками. Ви можете використовувати будь-який тип кроку, змінювати методи "на ходу" в залежності від того, що вам необхідно - мінімальна потужність, більший момент, що крутить, або велика точність;

- за замовчуванням мотор триматиме позицію після того, як відпрацює заданий цикл кроків. Якщо ви бажаєте відключити котушки, щоб забезпечити вільне обертання валу двигуна, можете використати функцію `release()`. Команди кроків блокуються та стають доступними лише після відпрацювання заданих кроків.

Оскільки команди кроків блокуються – треба подавати нові команди щоразу, коли потрібно забезпечити обертання ротора.

Якщо потрібно розширити можливості крокових приводів, доречно завантажити бібліотеку `AccelStepper library` (встановлюється так само як бібліотека `AFMotor`), в якій є цікаві приклади керування двома кроковими двигунами одночасно з різними прискореннями.

3.2 Розробка лабораторного макету транспортного роботу з інтелектуальним керуванням

Мета розробки лабораторного макету – максимально спростити процес налагодження роботизованої системи для доставки вантажів з інтелектуальним керуванням за рахунок використання в даній роботі плати для швидкого прототипування `Arduino2560` із можливістю подальшої модернізації.

Роботизований транспортний засіб здатний суттєво спростити процес з виробництва. Для електрокарів з автопілотом немає потреби у водії, що дозволяє значно заощадити кошти. Автоматизований візок здатний доставляти вантаж із пункту А до пункту В без водія. Достатньо одного диспетчера для того, щоб контролювати роботу кількох візків. Також повністю виключено отримання різних травм під час транспортування вантажів. А на шкідливому виробництві автоматизований візок просто незамінна. Як правило, такі системи необхідно налаштовувати індивідуально під кожне завдання, але це тривалий і трудомісткий процес.

Як правило, всі роботизовані транспортні системи мають єдиний командний центр, який стежить за бездротовим каналом зв'язку за автономною роботою всіх візків на ділянці. Сам же візок має блок управління, побудовану модель карти простору, сенсори руху, систему технічного зору (рис 3.3).

Візок отримує завдання від оператора, який оснащений мобільним додатком, приймає та обробляє інформацію, після визначення оптимального шляху стартує для завантаження на автоматичну систему завантаження вантажу. Після того як вантаж поміщається на візок, на мобільний додаток надходить сигнал, після чого він відправляє даний візок на місце

розвантаження, шлях до якого визначеться автоматично. Єдиний командний центр одночасно може контролювати роботу кількох візків.



Рисунок 3.3 – Роботизований транспортний засіб (лабораторний макет)

Мехатронна підсистема РТК:

– несуча платформа, забезпечена колесами, та призначена для встановлення на неї бортового обладнання. На транспортній платформі встановлено тягові електроприводи постійного струму, призначені для забезпечення руху транспортного засобу, а також сенсори, необхідні для контролю руху;

– модуль живлення, призначений для забезпечення автономної роботи несучої платформи та всіх бортових систем;

– мікропроцесорний модуль системи управління та навігації, що приймає сигнали управління від оператора (мобільного додатку) та визначає сигнали управління електромеханічною системою наведення та тяговими електроприводами транспортного засобу;

– електромеханічна система наведення, що забезпечує роботу встановленої на неї системи технічного зору в разі появи перешкод. Може керувати рухом роботизованої платформи за світловим сигналом та долати перешкоди в автоматичному режимі;

– система збирання та передачі телеметричних даних транспортного засобу, призначена для прийому та обробки сигналів з блоку датчиків транспортного засобу. Система передає дані системі управління та навігації;

– бортовий ПМК, оснащений спеціалізованою програмою, призначеною для керування усіма функціями транспортного засобу;

– пристрій для заряджання акумуляторних батарей від електричної мережі перемінного струму 220В/50Гц.

Мобільний додаток оператора роботизованої платформи має наступні характеристики: планшет (мобільний телефон), з вбудованим передавачем блютуз-сигналу.

Система управління роботизованим візком (рис. 3.3) у цій роботі базується на обчислювальній платформі Arduino. Для управління досить потужними двигунами використовуються драйвери на чіпах BTS7960. У конструкцію електродвигунів включені електромагнітні гальма, які управляються сигналом. Для прийому та передачі даних без проводів використовуємо Bluetooth модуль HC-05 (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Bluetooth модуль HC-05

Схема підключення модуля до плати Arduino2560 представлена на рисунку 3.5. Інформацію з навколишнього світу система отримує за допомогою системи технічного зору.

Для того, щоб забезпечити автономну роботу комплексу, використовуються дві акумуляторні батареї.

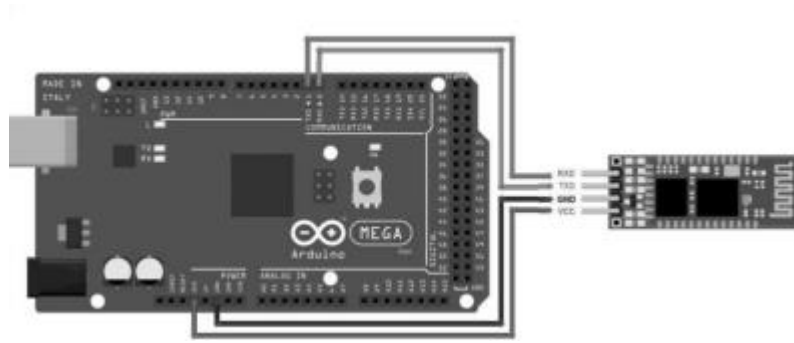


Рисунок 3.5 – Схема підключення Bluetooth модуля

Для розширити можливостей крокових приводів було завантажено бібліотеку `AccelStepper library` (встановлюється так само як бібліотека `AFMotor`), в якій є приклади програм керування двома кроковими двигунами одночасно з різними прискореннями та програми запуску двигуна в режимах «вперед», «назад» та «останов» (рис. 3.6, 3.7).

```
#include <AFMotor.h>
AF_DCMotor motor(2, MOTOR12_64KHZ); // создаем объект motor #2, 64 кГц ШИМ
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Устанавливаем скорость передачи данных 9600 bps
  Serial.println("Motor test!");
  motor.setSpeed(200); }// устанавливаем скорость на 200 из 255 допустимых
void loop() {
  Serial.print("tick");
  motor.run(FORWARD); // ротор двигателя начинает вращаться "вперед"
  delay(1000);
  Serial.print("tock");
  motor.run(BACKWARD); // вращается в противоположном направлении
  delay(1000);
  Serial.print("tack");
  motor.run(RELEASE); // остановка
  delay(1000);}
```

Рисунок 3.6 – Програма для запуску двигуна

Програма головного мікроконтролера написана мовою Arduino [31], яка в свою чергу представляє собою C++, розширений різними бібліотеками [32]. Програмування здійснюється за допомогою персонального комп'ютера, через однойменне середовище програмування. Інтерфейс програми управління написаний мовою Processing [33], яка в свою чергу базується на Java.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); // устанавлюємо швидкість обміну даними на 9600 bps  
  Serial.println("Stepper test!");  
  motor.setSpeed(10); // 10 rpm  
  motor.step(100, FORWARD, SINGLE);  
  motor.release();  
  delay(1000);  
}  
void loop() {  
  motor.step(100, FORWARD, SINGLE);  
  motor.step(100, BACKWARD, SINGLE);  
  motor.step(100, FORWARD, DOUBLE);  
  motor.step(100, BACKWARD, DOUBLE);  
  motor.step(100, FORWARD, INTERLEAVE);  
  motor.step(100, BACKWARD, INTERLEAVE);  
  motor.step(100, FORWARD, MICROSTEP);  
  motor.step(100, BACKWARD, MICROSTEP);};
```

Рисунок 3.7 – Керуюча програма для управління двома двигунами з різними прискореннями

3.3 Створення мобільного додатку для керування транспортною роботизованою системою

Було поставлено завдання розробити програму, яка дозволить оператору керувати системою роботів дистанційно та підтримує розроблені методи інтелектуального керування. Цей додаток буде невід'ємною частиною робочого процесу на підприємстві для сканування великої кількості роботів в режимі реального часу.

Користувач додатку проходить навчання, яке не потребує певної кількості спеціальних знань. Перед використанням додатку роботизовані пристрої також проходять «навчання», яке полягає в занесенні в пам'ять пристрою схеми простору (або приміщення), де будуть працювати роботизовані платформи.

Щоб визначити всі недоліки процесу роботи поточного рішення, було проведено тестування за допомогою лабораторного макету Ремес.

Прототипом лабораторного макету Ремес став мобільний додаток, який здійснює малювання маршруту для автомобіля на карті офісу (рис. 3.8).

Розроблюваний мобільний додаток дозволяє керувати роботом на базі крокового двигуна шляхом завдання двох точок (стартової та фінішної) на карті (або схемі) виробничого простору, змушуючи робота доставляти вантажі до місця призначення.

У цьому проекті використано простий робот без датчика зворотного зв'язку. Отже, удосконалення проекту планується з часом.

Цей проект може надихнути когось створення ідеального робота-носія, використовуючи датчики зворотного зв'язку для виправлення недосконалості. Це буде зручніше у поєднанні з такими алгоритмами маршрутизації, як алгоритм Дейкстри та алгоритмами динамічного програмування.

Мета роботи – це зробити високоякісний прототип і створити інтерфейс для додатку Ремес. Дизайн мобільного додатку не має зайвих відволікаючих елементів. Завданням було зробити додаток в темній темі, з ясною структурою (просто і лаконічно).

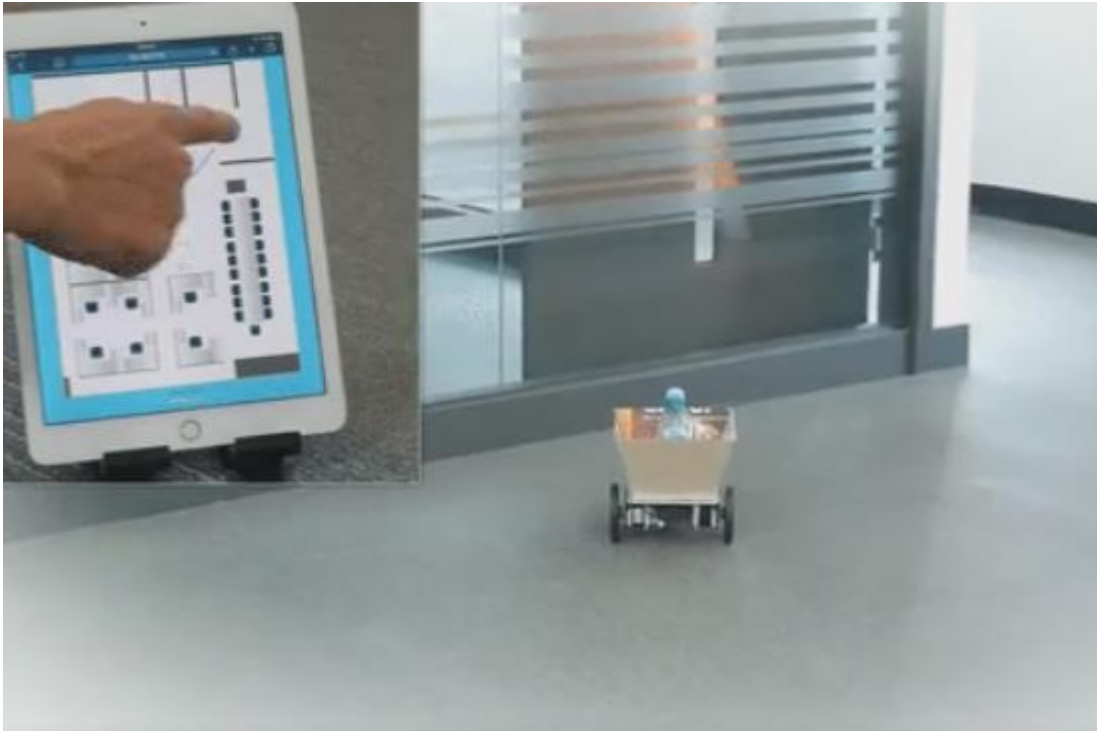


Рисунок 3.8 – Проект керування транспортним пристроєм за допомогою малювання маршруту на карті офісу

Авторизація мобільного додатку Ремес.

Процес авторизації складається з інформації, необхідної користувачеві для початку роботи з програмою.

Процес авторизації побудований на системах внутрішніх паролей виробничого підприємства, показує просте покрокове налаштування роботи з додатком і приклад введення даних для старту.

Для забезпечення безпеки даних користувача в проекті додано підтвердження по SMS, яке відправляє код безпеки на мобільний пристрій працівника служби безпеки. Інформаційна безпека виробництва є актуальною задачею, тому елементи її рішення запропоновані в структурі даного додатку (рис. 3.9).

Також є можливість авторизації за допомогою імені користувача та пароля.

Огляд та задачі мобільного додатку Ремес.

Мобільний додаток Ремес – це керування роботами в реальному часі та додаток для зберігання актуальних даних про переміщення вантажів на виробництві.

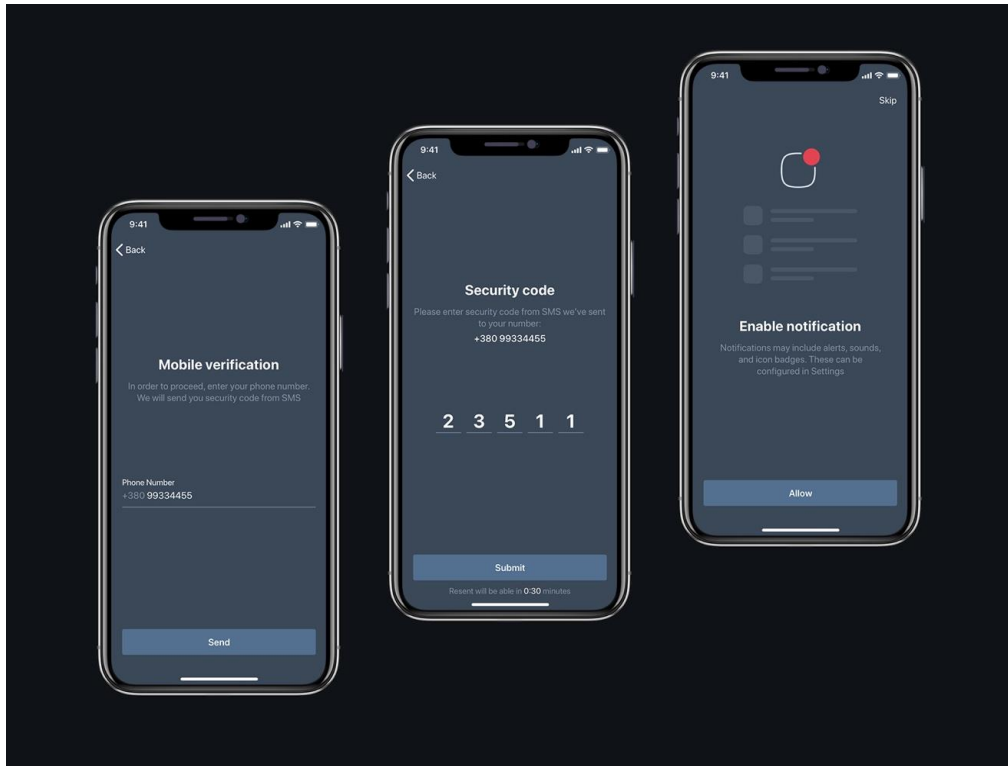


Рисунок 3.9 – Верифікація по SMS

А рис. 3.10 показано вид екрану із сторінкою мобільного додатку Ремес, яка забезпечує налаштування підсистеми Bluetooth для зв'язку з транспортним роботом.

Визначення маршруту переміщення транспортного робота здійснюється автоматично з використанням запропонованого в розділі 2.3 методу динамічного програмування. Сторінка мобільного додатку для завдання стартової точки та точки фінішу має зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс (рис. 3.11).

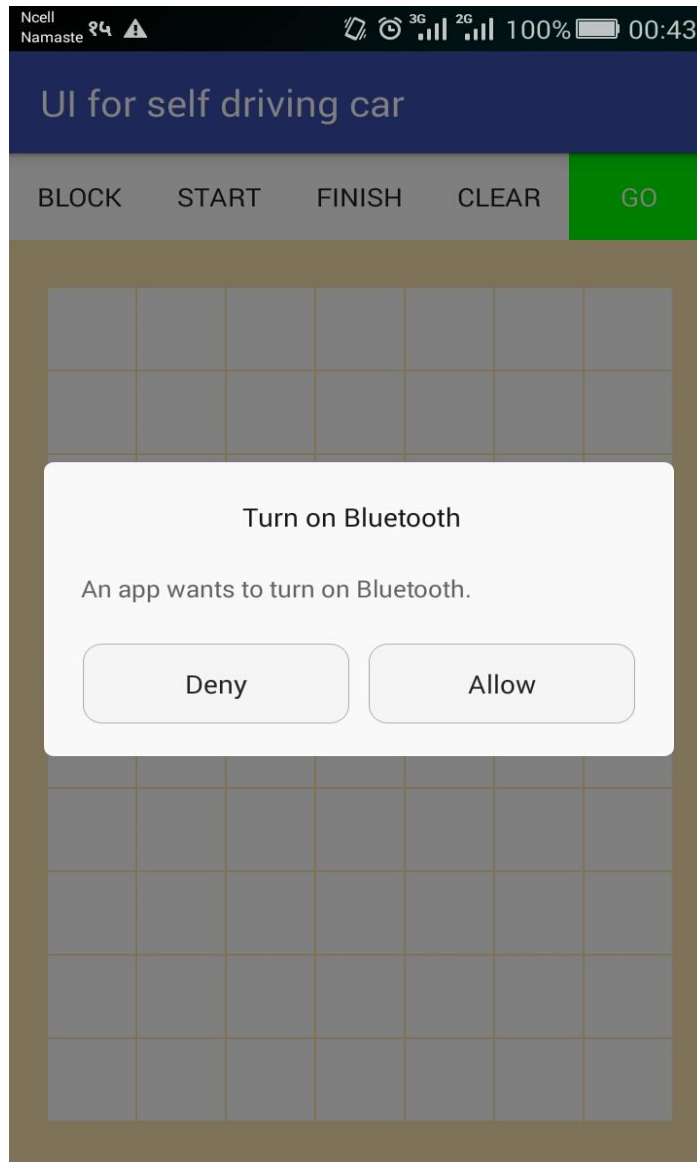


Рисунок 3.10 – Сторінка для налаштування зв'язку через Bluetooth з транспортним роботом

В даний час проект знаходиться на ранній стадії бета-тестування – деякі помилки все ще можуть виникати.

Використовуючи в даній роботі обчислювальну платформу для швидкого прототипування Arduino2560, можна програмувати різні алгоритми роботи транспортних роботів та записувати ці програми, без демонтажу основної плати через USB безпосередньо з ПК. Надалі планується включити до комплексу Ремес мікрокомп'ютер Raspberry Pi для обробки алгоритмів комп'ютерного зору, а також скануючий лазерний далекомір для побудови карти місцевості.

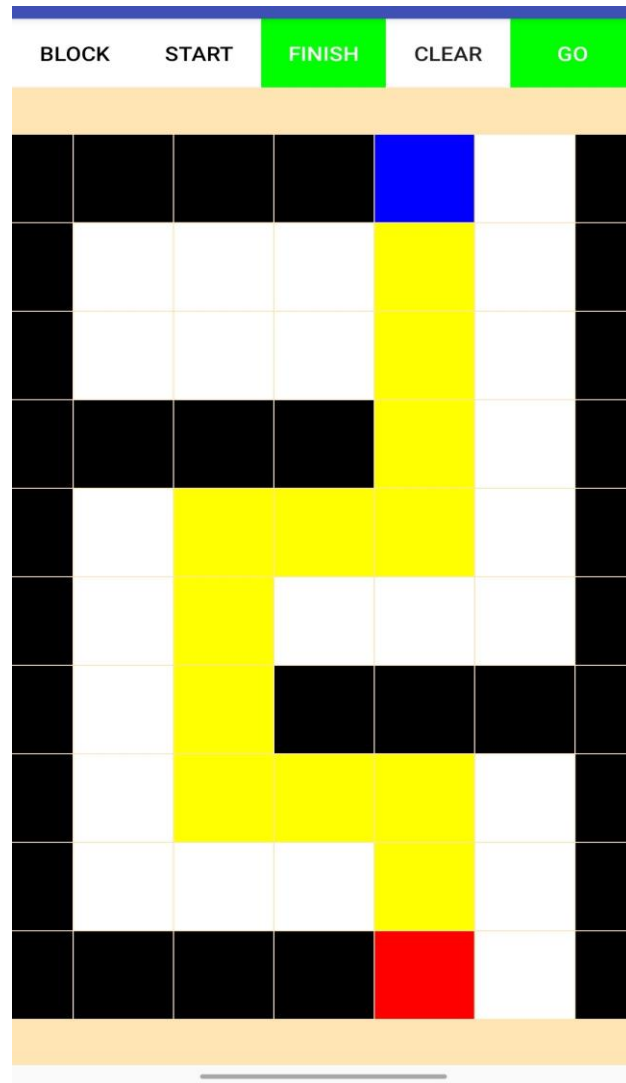


Рисунок 3.11 – Сторінка для завдання точок старту та фінішу транспортному роботу

3.4 Висновки до 3 розділу

В розділі 3 показані реалізовані програмно-апаратні рішення системи керування автоматизованої системи для перевезення вантажів на виробництві. Розглянуто принцип роботи таких систем. Дано характеристики основних компонентів, які використовуються для побудови РТК, а також обумовлено їх вибір. Наведено список обладнання, що входить до складу роботизованої транспортної системи. Надані основні характеристики акумуляторних батарей, що використовуються у даній моделі. Описані мови програмування, які використовувалися для створення програмного забезпечення цього

транспортного засобу. Наведено деякі схеми, за якими збирався лабораторний макет пристрою для відпрацювання властивостей і моделей інтелектуального управління. Представлені характеристики моторів, які використовуваних у даній розробці. Сформовано основні цілі щодо подальшої модернізації даного транспортного роботу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Ергономіка використання інформаційних технологій на виробництві

Ергономіку використання інформаційних технологій можна розглядати в трьох основних аспектах:

- ергономіка робочого місця оператора або програміста;
- ергономіка розробки програмного забезпечення (ергономіка для програміста);
- ергономіка використання програмних розробок (ергономіка користувача) [34].

Ергономіка робочого місця.

Основний принцип організації робочого місця – мінімізація навантажень, зручність і комфортність. Характеристика ергономіки робочого місця визначається психологічними, фізіологічними і антропометричними вимогами. Відповідно до цього враховується робоча поза; можливість охоплення рухами і поглядом всього простору та розташованих на ній предметів; простір, на якому розміщується сам працівник; можливість роботи з технікою, ведення записів, розміщення необхідних матеріалів. Відповідно до вимог ергономіки, комп'ютер повинен розташовуватися в приміщенні так, щоб світло з вікна падало зліва, штучне освітлення має бути рівномірним, конструкція робочого столу 727 мм, стілець підйомно-поворотний, верхня частина екрану повинна розташовуватися на рівні очей, відстань від монітора до очей від 60 см до 80 см, поверхня клавіш увігнута, довжина простору для ніг 450 мм, висота простору для ніг 600 мм, ширина простору для ніг 500 мм. Характеристика робочого місця з ПК будь-якого фахівця повинна відповідати певним правилам і враховувати: антропометричну сумісність – відповідність розмірів тіла і його положення при роботі; сенсомоторну сумісність – швидкість моторних операцій; енергетичну сумісність – зусилля, прикладені для виконання дій; психофізіологічну сумісність – реакцію на зовнішні

естетичні параметри. Крім форми і габаритів меблів, розташування людини щодо техніки і розміщення клавіатури, монітора і інших частин робочого процесу, ергономіка робочого місця за комп'ютером повинна враховувати розміри і форму периферії. Основні ергономічні вимоги організації робочого місця з ПК наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Оцінка відповідності організації робочого місця вимогам ергономіки

Характеристика	Вимоги ергономіки	Фізичне значення
Штучне світло	Розподіляється рівномірно	Розподіляється рівномірно
Світло з вікна	Розташовується ліворуч	Розташовується праворуч
Ширина простору для ніг	500 мм	561 мм
Довжина простору для ніг	450 мм	512 мм
Стілець	Підйомно - поворотний	Звичайний
Відстань від очей до монітора	Від 60 см до 80 см	Від 60 см до 62 см
Верхня частина екрану	Розташовується на рівні очей	Розташовується вище очей
Поверхня клавіш	Увігнута	Увігнута
Висота простору для ніг	600 мм	596 мм
Конструкція робочого столу	727 мм	723 мм

Слід зазначити, що при невиконанні ергономічних вимог розвиваються безліч хвороб, симптомами яких є біль і дискомфорт в попереку, які виникають через неправильне положення спини, сутулості, неправильного положення ніг; через неправильне положення рук на клавіатурі або миші можуть серйозно постраждати кисті, зап'ястя і передпліччя (найпоширенішим захворюванням є

кистьовий тунельний синдром); доводиться нахилити спину, шию при роботі з монітором і документами, що призводить до підвищених навантажень і напруг м'язів, і викликає біль і дискомфорт м'язів спини, шиї і плечової частини корпусу.

Таким чином, якщо буде врахована ергономіка при роботі за комп'ютером, правильно б лаштоване робоче місце і простір робочого місця, зникнуть деталі, що доставляли дискомфорт і заважали роботі будь-якого фахівця. Такі зміни дозволять як збільшити ефективність, так і заощадять час, який витрачався на самостійне подолання нехай навіть непомітних відразу, але важливих «дрібниць».

Ергономіка розробки програмного забезпечення.

При розробці програмного забезпечення необхідно брати до уваги, що воно створюється як правило колективом. Для забезпечення ефективної взаємодії членів колективу та розробки програмного продукту необхідно: дотримуватись встановлених стандартів; дотримуватись вимог до програмного забезпечення; доцільно застосовувати CASE-технології.

Міжнародні стандарти проектування інформаційних систем ISO / IEC 12207 – базовий стандарт на процеси життєвого циклу ІС, він орієнтований на різні типи проектів. У стандарті не передбачено конкретних етапів життєвого циклу ІС. Замість того визначені тільки ряд процесів. Тому стандарт дозволяє реалізувати довільну модель життєвого циклу, і це є його головною перевагою. Тому для побудови повноцінної системи якості, заснованої на моделі ISO, необхідно використовувати велику кількість допоміжних галузевих і ISO стандартів.

Стандарт TickIT. Досить широку популярність здобув британський стандарт TickIT. Цей галузевий стандарт регламентує вимоги до системи якості для організацій розробників програмного забезпечення і базується на моделі ISO 9001: 94. На відміну від моделі ISO 9001, яка регламентує "що необхідно зробити", розробники даного стандарту спробували відповісти на питання "як"

можна виконати вимоги, визначені в ISO 9001. TickIT об'єднує в собі модель ISO 9001 з набором рекомендаційних стандартів ISO-12207 та ISO 9000-3.

Стандарти SEI SWCMM. Дуже цікавий підхід до поліпшення внутрішніх процесів розробки програмного забезпечення визначено у моделі SEI SWCMM. В основу даної моделі (також як і в основу стандартів ISO серії 9000) покладена теорія TQM. Теорія TQM ґрунтується на поступовому поліпшенні внутрішніх виробничих процесів за рахунок безлічі невеликих впроваджуваних в компанії поліпшень. Однак, моделі ISO і CMM не однакові в своїх підходах до побудови 14 самовдосконалюються систем управління якістю і поліпшення виробничих процесів. На відміну від моделі ISO, де для того, щоб відповідати вимогам, необхідно продемонструвати 100% відповідність моделі (і тільки воно дозволяє компанії самовдосконалюватися), в моделі SEI SW-CMM передбачено поетапний підхід до побудови системи вдосконалення процесів. Для досягнення цієї мети розробники стандарту CMM визначили п'ять рівнів, які повинна пройти організація для того, щоб досягти основної мети - підвищення ефективності функціонування процесів компанії і, як наслідок, поліпшення якості результатів виробничих процесів і розроблюваного програмного забезпечення.

Стандарти по Project Management. Одним з важливих моментів, який необхідно мати на увазі при впровадженні будь-яких стандартів (ISO 9000, SEI SW-CMM, TickIT, Spice ISO 15504 тощо), пов'язаний з тим, що структура виробництва компаній, що розробляють програмне забезпечення, пов'язана зі специфікою продукту. Кожен продукт, що розробляється ІТкомпанією, унікальний. І для його розробки, як правило, використовується проектний тип організації виробництва, який тісно пов'язаний з матричною структурою управління проектами. Вимоги до програмного забезпечення – сукупність тверджень щодо атрибутів, властивостей або якостей програмної системи, яка підлягає реалізації. Створюються в процесі розробки вимог до програмного забезпечення, в результаті аналізу вимог. Вимоги можуть виражатися у вигляді текстових тверджень і графічних моделей. У класичному технічному підході

сукупність вимог використовується на стадії проектування ПО. Вимоги також використовуються в процесі перевірки ПО, так як тести ґрунтуються на певних вимогах. Етапу розробки вимог, можливо, передує техніко-економічне обґрунтування, або концептуальна фаза аналізу проекту. Фаза розробки вимог може бути розбита на виявлення вимог (збір, розуміння, розгляд та з'ясування потреб зацікавлених осіб), аналіз 15 (перевірка цілісності і закінченості), специфікація (документування вимог) і перевірка правильності.

Застосування CASE-засобів. На перших етапах розробки програмного продукту виконується його проектування і тільки після завершення проектування переходять до написання програм – кодування. Для полегшення процесу проектування та переходу до кодування сьогодні широко застосовуються CASE-засоби. CASE (англ. Computer-aided software engineering) – набір інструментів і методів програмної інженерії для проектування програмного забезпечення, який допомагає забезпечити високу якість програм, відсутність помилок і простоту в обслуговуванні програмних продуктів. Також під CASE розуміють сукупність методів і засобів проектування інформаційних систем з використанням CASE-інструментів. Засоби автоматизації розробки програм (CASE-засобу) – інструменти автоматизації процесів проектування і розробки програмного забезпечення для системного аналітика, розробника ПЗ і програміста. Спочатку під CASE-засобами розумілися тільки інструменти для спрощення найбільш трудомістких процесів аналізу і проектування, але з приходом до стандарту ISO / IEC 14102 CASE-засоби стали визначати, як програмні засоби для підтримки процесів життєвого циклу програмного забезпечення (ПЗ). Основною метою CASE-технології є розмежування процесу проектування програмних продуктів від процесу кодування і наступних етапів розробки, максимально автоматизувати процес розробки. Для виконання поставленої мети CASE-технології використовують два принципово різних підходи до проектування: структурний і об'єктно-орієнтований. Структурний підхід передбачає декомпозицію (поділ) поставленого завдання на функції, які необхідно автоматизувати. У свою чергу, функції також розбиваються на

підфункції, завдання, процедури. В результаті виходить впорядкована ієрархія функцій і переданої інформацією між функціями. Структурний підхід має на увазі використання певних загальноприйнятих методологій при моделюванні різних інформаційних систем: SADT (structured analysis and design technique); DFD (data flow diagrams); ERD (entity-relationship diagrams).

4.2 Пожежна безпека на підприємстві, де експлуатується РТК

Пожежна безпека – стан об'єкту, при якому з встановленою вірогідністю виключається можливість виникнення і розвиток пожежі; дія на людей небезпечних факторів пожежі; забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека забезпечується:

- системою попередження та відвернення пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

Сучасне виробництво у своїй більшості є пожежонебезпечним. На багатьох застосовуються технології з наявністю високих температур, тиску, парів легкозаймистих рідин, горючих газів, пилу тощо.

У разі несправності електромеханічного агрегату, загрозової безпеки експлуатуючого персоналу, пожежобезпеки, негайно відключити аварійну ділянку. Повідомити керівникові. Отримавши розпорядження керівника робіт, приступити до усунення несправностей устаткування.

При виявленні пожежі або загоряння працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це в міську пожежну службу по телефону 101, вказавши адресу об'єкту і що горить, і керівникові об'єкту;
- прийняти заходи по забезпеченню безпеки і евакуації людей;
- приступити до гасіння пожежі за допомогою первинних засобів пожежогасіння, що є на об'єкті;
- після прибуття підрозділів пожежної служби повідомити їм необхідні відомості про вогнище пожежі і заходи, прийняті по його ліквідації;

– на період гасіння пожежі працівник повинен забезпечити охорону з метою виключення розкрадання матеріальних цінностей.

Надати необхідну першу долікарську допомогу постраждалому на виробництві, звільнивши його від дії травмуючого чинника (електроструму, механізмів, температури тощо).

У місці безпосереднього розташування агрегату встановити:

- пожежний щит;
- ящик з піском місткістю 0,5 м³;
- бочки для зберігання води місткістю не менше 0,2 м³;
- вогнегасники ВВ-5, не менше 2 шт.

Протипожежна профілактика будівель та споруд складається з протипожежних розривів та протипожежних перешкод.

Евакуація людей при виникненні пожежі. Показником ефективності процесу евакуації є період часу, протягом якого люди можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю загалом.

Безпека евакуації досягається за умови, коли тривалість евакуації людей з окремих приміщень і будівель в цілому менша критичної тривалості пожежі, яка становить небезпеку для людини.

Критична тривалість пожежі – час досягнення небезпечних для людини температур і зменшення вмісту кисню у повітрі.

4.3 Висновки до 4 розділу

Впровадження інформаційних технологій, засобів автоматизації підвищує роль людини у застосуванні людино-машинних систем. Оптимізація інформаційного навантаження людини-оператора є, на сьогоднішній день, однією з основних проблем ергономіки. У зв'язку з цим, її найважливішим завданням є проектування інформаційної моделі системи взаємодії користувача з програмним продуктом. Фахівці-системотехніки повинні володіти навичками проектування призначених для користувача інтерфейсів, вміти проводити

дослідження зручності використання і ергономічну експертизу інформаційних систем різної складності і призначення. Розробник програмного додатку повинен враховувати той факт, що інтерфейс користувача інформаційної системи повинен задовольняти ряду критеріїв: мінімальний час виконання завдання користувачем; мінімальне число мимовільних помилок користувача; мінімальна неоднозначність в розумінні інтерфейсу (що сприяє самонавчанню користувачів і робить їх поведінку передбачуваною); висока стандартизація інтерфейсу (полегшує навчання користувачів); обсяг введеної користувачем інформації повинен прагнути до мінімуму; простота і візуальна привабливість.

Розглянуто питання з пожежної безпеки на підприємстві, де експлуатується робота технічний комплекс із інтелектуальним керуванням.

ВИСНОВКИ

Інтелектуальні системи управління роботизованими платформами на виробництві потребують практичної реалізації та різних підходів, методів уніфікації різноманітних алгоритмів управління, що дозволить економічно та доцільно створювати бажані пристрої.

За результатами виконання кваліфікаційної роботи вирішено наступні завдання:

- проведено аналіз моделей інтелектуальних систем керування робототехнічними системами;
- розроблено узагальнений підхід до ситуаційного моделювання систем керування роботизованими платформами на виробництві;
- розроблено модель роботизованої платформи, яка підтримує інтелектуальне керування за допомогою мобільного додатку
- розроблено лабораторний макет для відпрацювання запропонованого метода інтелектуального керування.

Більшістю дослідників визнається необхідність використання багаторівневої ієрархічної структури побудови систем управління робототехнічними пристроями. Успішне вирішення завдань управління можливе при побудові ефективного управління на кожному з рівнів і не менш ефективного їх комплексування. Сам поділ на рівні і межі сьогодні не має чітких критеріїв й у значній мірі залежить від конкретної реалізації пристрою (або системи пристроїв).

Вочевидь, основним засобом реалізації універсальності та економічності роботизованих пристроїв та систем є розробка програмного забезпечення на основі методів інтелектуального управління, які придатні для реалізації таких пристроїв.

Для забезпечення суттєвого рівня автономності необхідними є наступні властивості програмно-керованого роботизованого пристрою:

- забезпечення узгодженого управління нижнім рівнем мехатронних систем (інформаційно-руховими діями, приводами, збором даних);
- постановка і реалізація підцілей у процесі вирішення основного завдання (безпека; вибір шляху; завдання повернення; вибір місця взяття відомого об'єкта; зліт, посадка літальних апаратів);
- природність мови спілкування – інтерфейсу взаємодії пристрою з верхнім рівнем управління.

Незалежно від меж рівнів системи управління при побудові роботизованого пристрою необхідна інтеграція всіх рівнів управління. Без єдиного механізму обміну даними та програмування всіх рівнів (кросплатформенності) складно очікувати створення ефективної робототехнічної системи.

Зарубіжний досвід показує, що навіть ринкова економіка приходять до необхідності вести розробки роботів за єдиним централізованим планом та уніфікованим стандартам. Наприкінці 80-х років ХХ століття помітно збільшилися витрати міністерства оборони США на проектування нових систем контролю і управління. Вони розроблялись різними відомствами, містили багато загальних функціональних елементів, але реалізовувалися далеко не однаково і, головне, не підтримували єдиного стандарту взаємодії. Для ліквідації цієї проблеми з 1992 р. в наукових армійських підрозділах Пентагону почалося створення єдиної технічної архітектури Joint Technical Architecture (ЖТА) - стандарту на побудову всіх ІТ-рішень. ЖТА складається з декількох архітектурних блоків. Функціональна архітектура включає засоби та методи опису робочих елементів майбутньої системи та інформаційних потоків, спрямованих на підтримку дії бойових одиниць. Вона також задає тип інформації, що зберігається або передається, частоту обміну даними, опис реалізованих завдань і т.і.

Сучасний промисловий маніпуляційний робот – це автоматично керований маніпулятор, керуюча програма якого може бути налаштована на виконання різних технологічних процесів.

Управління рухами маніпуляційного робота здійснюється системою управління - пристроєм, який забезпечує рух маніпулятора по заданій траєкторії, створення та виконання програми функціонування робота, взаємодія з оператором. Відмінності в особливостях вирішення кожної з перерахованих завдань виявляється у тому, що апаратно система управління реалізується у вигляді двох фізичних рівнів верхнього та нижнього.

Традиційно нижній рівень управління відповідає за обчислення координат ступенів рухливості, управління двигунами та взаємодії з верхнім рівнем по шині даних. Ці функції виконуються в масштабі реального часу.

Верхній рівень управління здійснює взаємодію з нижнім рівнем по шині даних (або дистанційно), забезпечує управління процесами, пов'язаними з навчанням і виконанням програми функціонування робота. Вона включає команди руху в цільові точки, умови переміщення, які враховують показання датчиків і стан органів управління технологічним процесом.

Перед кожним переміщенням в цільову точку система управління обчислює проміжні точки траєкторії та передає їх нижньому рівню.

Створення керуючої програми для робота називається навчанням. Алгоритми управління визначаються способом представлення робочої програми.

Процес інтелектуалізації управління роботизованим пристроєм для вирішення заданого класу завдань є ітераційний.

В рамках інтелектуалізації систем управління роботизованими платформами на виробництві запропоновано методи структурування, інтеграції та відображення істотних елементів зовнішніх та внутрішніх конфліктів. При цьому всередині кожної з базових ситуацій діють однакові типи стратегій аналізу ситуації та генерації ефективних способів дії.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2015–06–22]. Вид. офіц. Київ, 2016. 29 с. (Інформація та документація).
2. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: / упоряд. І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. Київ, 2018. 320 с.
3. Методичні вказівки з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. Харків : ХНУРЕ, 2021. 50 с.
4. Сезонова І.К., Ремесник А.С. Интеллектуальные методы управления роботизированными платформами//Наука онлайн: Международный научный электронный журнал. 2021. №11. URL: <https://nauka-online.com/publications/tehnicheskije-nauki/2021/11/16-7/> (дата звернення: 15.12.2021).
5. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / Макаров И. М., Лохин В. М., Манько С. В., Романов М. П. Москва : Наука, 2006. 333 с.
6. Buehler M. et al. The 2005 DARPA Grand Challenge. Springer, 2007. P.21-30.
7. Buehler M. et al. The DARPA Urban Challenge. Springer, 2009. P.30-40.
8. Сайт проекта «самоуправляемый» автомобиль (self-driving car) URL: <https://www.google.com/selfdrivingcar> (дата звернення: 15.12.2021).

9. Markoff J. (October 9, 2010). “Google Cars Drive Themselves in Traffic”. The New York Times. Retrieved October 11, 2010. pp. 120-135.
10. Сообщение агентства Defence Talk. URL: <https://lenta.ru/news/2006/01/26/oshkosh> (дата звернения: 14.12.2021).
11. Ford первым тестирует автономные автомобили в условиях снега. Раздел «новости» официального сайта компании Ford Motor Company, URL: http://www.ford.ru/AboutFord/News/Vehicle/2016/Vhcl_160113 (дата звернения: 14.12.2021).
- 12.Кадаков М. Пересчитываем камеры самоуправляемого Nissan Leaf. За рулём.рф. URL: <http://www.zr.ru/content/articles/839794-derzhimruki-u-rulya-samoupravlyaemogo-nissan-leaf/> (дата звернения: 14.12.2021).
13. Беспилотный КАМАЗ готов к испытаниям. Раздел «новости» официального сайта компании КАМАЗ. URL: http://www.kamaz.ru/press/releases/bspilotnyu_kamaz_uzhe_na_doroge (дата звернения: 14.12.2021).
14. Ализар А. Беспилотные «Камазы» выезжают на дороги общего назначения. Geektimes. URL: <https://geektimes.ru/post/264602/> (дата звернения: 10.12.2021).
15. Ellery A. Rover vision – fundamentals / Planetary Rovers, Springer, 2016, pp.199-262.
16. Богуславский А.А., Боровин Г.К., Карташев В.А., Павловский В.Е., Соколов С.М. Модели и алгоритмы для интеллектуальных систем управления. М.: ИПМ им.М.В.Келдыша, 2019. 228 с. URL: <https://keldysh.ru/e-biblio/boguslav/index.pdf> (дата звернения: 10.12.2021).
17. JOINT ROBOTICS PROGRAM URL: <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net> (дата звернения: 10.12.2021).
18. США завершили палубные испытания беспилотника X-47B. Новостное агентство lenta.ru. URL: <http://lenta.ru/news/2012/12/20/x47b/> (дата звернения: 10.12.2021).

19. Юревич Е.И. Интеллектуальные роботы. / И.А. Каляев, В.М. Лохин и др. Москва : Машиностроение, 2007. 360 с.
20. Sokolov S.M., Boguslavsky A.A., Vasilyev A.I., Trifonov O. V. Methodical and practical aspects of system engineering of computer vision for navigation and measurements//News SFU. Engineering science, № 3, March 2012, pp.76-85.
21. Sokolov S.M., Kirilchenko A.A. Information support of autonomous land vehicles on the basis of interpreting navigation, News SFU. Engineering science, №1, 2015, pp. 120-133.
22. Юревич Е.И. Основы робототехники. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 416 с.
23. Манипуляционные системы роботов / под ред. А. И. Корендясева. Москва : Машиностроение, 1989. 472 с.
24. Бурдаков С. Ф. Синтез робастных регуляторов с упругими элементами: сб. науч. тр. – № 443. Механика и процессы управления. СПб. : СПбГТУ, 1992. С. 36-41.
25. Проталинский О. М. Применение методов искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов: моногр. Астрахань : Изд-во АГТУ, 2004. 184 с.
26. Возмилов А. Г., Гумерова Э. А., Андреев А. А., Калмаков В. А. Использование математического моделирования для изучения влияния различных факторов на характеристики аккумулятора. АПК России: Челябинск: ФГБОУ ВО ЮжноУральский ГАУ, 2015. Том 74. С. 36-41.
27. Документация по Arduino. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno/> (дата звернения: 10.12.2021).
28. Фрайден Д. Современные датчики. Справочник. Москва : Техносфера, 2005. 587 с.
29. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Москва : Мир, 2001. 301 с.
30. Сайт по программирование в arduino. URL: <http://www.arduino.cc/> (дата звернения: 14.12.2021).

31. Павловская Т. А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня. СПб. : Питер, 2009. 461 с.
32. Сайт по программированию в processing. URL: <https://processing.org/> (дата звернення: 14.12.2021).
33. Горда О.В. Ергономіка інформаційних технологій: конспект лекцій. Київ : КНУБА, 2020. 83с.
34. Эргономика информационных систем: пособие / Т. В. Калилец та ін. Минск : БГУИР, 2017. 74 с.
35. Сезонова І.К., Хорошайло Ю.Є. Планування якості і менеджмент проектів роботизованого приладобудівного виробництва. Технологія приборостроения 1'2020. URL: http://journal.nitip.com.ua/media/uploads/documents/16_1_20.pdf (дата звернення: 01.12.2021).