

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматичного управління в технічних системах**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.І. Ролік

«__» _____ 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050201 «Системна інженерія»

**на тему: «Багатоагентна система дослідження простору на основі технології
інтернету речей»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ІА-52

Лаушкін Володимир Олександрович _____

Керівник:

доцент, к.т.н., доц. Писаренко А. В. _____

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання Прізвище, ініціали _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 6. 050201 «Системна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.І. Ролік

« ___ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Лаушкіна Володимира Олександровича

1. Тема проекту «Багатоагентна система дослідження простору на основі технології інтернету речей», керівник проекту доцент, к.т.н., доц. Писаренко Андрій Володимирович, затверджені наказом по університету від
« ___ » _____ 2019 р. № _____

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту

4. Зміст пояснювальної записки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка

Студент

Лаушкін В. О.

Керівник проекту

Писаренко А. В.

АНОТАЦІЯ

Лаушкін В. О. Багатоагентна система дослідження простору на основі технології інтернету речей. КПІ ім. Сікорського, Київ, 2019.

Проект містить 76 с. тексту, 26 рисунків, посилання на 15 літературних джерел, та додатки.

Ключові слова: багатоагентна система, дослідження місцевості, розподілена система, інтелектуальні агенти, розпізнавання, інтернет речей.

Об'єктом розробки є багатоагентна система дослідження простору.

Мета проекту – створення системи, яка досліджує місцевість по принципу збору інформації від сукупності роботів.

Результатом виконання проекту є розроблена багатоагентна система. Було досліджено та спроектовано комплексне рішення для дослідження простору та змодельовано роботу авторобота.

SUMMARY

Laushkin V. O. Multi-agent area recognition system based on IoT technology. Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2019.

The project contains 76 page text, 26 figures, links to 15 literary sources and annexes.

Keywords: multiagent system, area recognition, distributed system, intelligent agents, recognition, internet of things.

The object of development is a multi-agent space research system.

The purpose of the project is to create a system that explores area by collecting information from a set of robots.

The result of the project is a developed multi-agent system. A comprehensive solution for area recognition was designed and work of the autorobot was modeled.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Багатоагентна система дослідження
простору на основі технології інтернету речей»**

Київ – 2019 рік

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, АБРЕВІАТУР ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	11
1.1 Підходи до створення багатоагентних систем.....	11
1.2 Методологія проектування Roadmap	12
1.3 Методологія проектування OMNI.....	14
1.4 Багатоагентні платформи	17
1.4.1 Платформа Kobot	17
1.4.2 Платформа Swarm-bot	23
1.5 Висновки до розділу	26
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	27
3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ	33
4 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ПРИСТРОЇВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ	38
4.1 Обчислювальний пристрій.....	38
4.2 Давач обертів рушійних двигунів	39
4.3 Давач кута повороту коліс	41
4.4 Акселерометр.....	42
4.5 Давач обертів коліс	43
4.6 Електронний компас	43
4.7 Давач відстані до перешкод	45

					IA52.150BAK.005 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Лаушкін В. О.			Багатоагентна система дослідження простору на основі технології інтернету речей			Літ.	Арк.	Аркуші		
Перевір.		Писаренко А. В.						6	76			
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського ФІОТ				
Н. Контр.												
Затверд.												

4.8	Давач температури середовища.....	46
4.9	Давач висоти.....	47
4.10	Давач освітлення.....	48
4.11	Давач температури рушійного двигуна.....	49
4.12	Рушійний двигун.....	50
4.13	Двигун приводу коліс.....	53
4.14	Модуль супутникового інтернету.....	55
4.15	GPS модуль.....	56
4.16	Модуль бездротового зв'язку.....	57
4.17	Камера 360°.....	58
4.18	Запам'ятовуючий пристрій.....	59
4.19	Висновки до розділу.....	60
5	РОЗРАХУНКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИСТРОЮ.....	61
5.1	Розрахунок потужності рушійних двигунів.....	61
5.2	Розроблення моделі рушійних двигунів у пакеті MATLAB / Simulink.....	62
5.3	Розроблення моделі системи керування рухом авторобота у пакеті MATLAB / Simulink.....	64
5.4	Висновки до розділу.....	69
6	РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПІВ ВЗАЄМОДІЇ АВТОРОБОТІВ.....	70
	ВИСНОВКИ.....	76
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
	ДОДАТОК А.....	81

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, АБРЕВІАТУР ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

MAS – Multi-Agent System.

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач.

ЦАП – Цифро-аналоговий перетворювач.

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers.

ІС – Inter-Integrated Circuit.

GPS – Global Positioning System

SSD – Solid-State Drive

					<i>IA52.150БАК.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

У наш час засоби обробки інформації досягли такої потужності, що її більше не можливо збільшувати через обмеження, які накладає природа. Тому сучасні технології йдуть у бік розпаралелювання та оптимізації. Саме у цих умовах сформувались такі системи, як багатоагентні. Суть цього підходу полягає у тому, що система складається з деякої кількості інтелектуальних елементів, які поводять себе як частина однієї великої системи. Частіше за все цими елементами є роботи, вони виконують ті чи інші функції, які можуть змінюватись із часом або за деяких обставин. Перевагами такого підходу є:

- розапаралелення роботи;
- легка розширюваність системи;
- пристосування агентів до різноманітних умов;
- низька зв'язність компонентів.

Розпаралелення роботи є ключовою особливістю даного підходу, оскільки саме для цього й розроблюються такі системи. За допомогою паралельного виконання завдань швидкість їх завершення залежить від кількості роботів. Таким чином, додаючи нових агентів, до певного оптимального значення ми прискорюємо роботу системи.

Легка розширюваність дозволяє додавати нових агентів до системи, лише сповістивши її про нового робота. Немає ніяких складних методів інтеграції та узгодження роботи. Це дозволяє без зайвих зусиль масштабувати систему в ширину.

Оскільки роботи не мають чіткого алгоритму роботи, а користуються лише базовими нормами та правилами системи, їх поведінка може бути доволі нестандартною за різних умов. Агенти можуть аналізувати ситуацію та приймати рішення на основі своїх інтересів та цілей у системі. Такий підхід робить кожного робота не просто запрограмованою машиною, а надає йому інтелектуальні можливості.

Через те, що роботи зв'язані між собою тільки програмно, вони можуть

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

легко змінювати ролі під час виконання роботи, тим самим виконувати різні функції у системі. Також це корисно при виході одного з агентів з ладу. Для його заміни необхідно просто сповістити систему про вилучення старого та приєднання нового робота.

Іншою стороною даного проекту є розпізнавання місцевості. У сучасному світі дана задача вирішується за допомогою супутників та фотокамер з дуже високою роздільною здатністю. Такий метод є доволі простим та ефективним, бо виконується майже автоматично. Знімки, отримані з космосу обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення. На їх основі роблять мапи, тривимірні моделі і т. д. Але для дослідження закритих місць (будівель, печер) такий підхід не може бути застосований. Отже, необхідно проводити дослідження знизу. Цим може займатися людина. Для цього йому необхідно мати камеру, величезну кількість датчиків та інших приладів для виміру відстані, висоти, тощо. Така робота буде доволі важкою, бо необхідно проходити великі відстані та ще й переносити багато приладів. Одним з вирішень цієї проблеми буде її автоматизація. Класичний підхід – обладнати механізований пристрій певною кількістю датчиків обходити усі приміщення за якимось алгоритмом. Але у тому разі, коли територія, яку необхідно дослідити доволі велика, зв'язку з зовнішнім світом може й немає, то робота такого пристрою може бути малоефективною.

Отже розглянувши більшість проблем, які виникають при вирішенні поставленої задачі та враховуючи усі вищеперелічені особливості багатоагентних систем можна дійти до висновку, що для вирішення задачі розпізнавання місцевості такий підхід є дуже зручним, а тому має бути застосований.

Основною задачею розроблюваної системи є дослідження місцевості. Головною вимогою є стабільна робота у складних умовах. Дана система має підлаштовуватись під будь-які погодні умови, бути мобільною та автономною.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

Багатоагентні системи застосовуються у багатьох сферах та вирішують різноманітні задачі, які пов'язані зі збором та обробкою інформації. Такі системи не прив'язані до вирішення певних проблем та можуть бути доволі гнучкими. Їх перевагою є те, що група таких агентів може вирішити доволі складну задачу, яку звичайна система або не зможе вирішити взагалі, або витратить на це набагато більше часу.

Багатоагентні системи можуть бути закритими та відкритими. Відкриті системи дозволяють долучати нових роботів навіть безпосередньо під час роботи системи. Закриті у свою чергу розраховані на сталу кількість роботів і є менш цікавими для вирішення поставленої задачі.

1.1 Підходи до створення багатоагентних систем

У розробці багатоагентних систем виділяють агентно-орієнтовану та організаційно-орієнтовану методології проектування. Агентно-орієнтований підхід приділяє більше уваги поведінці кожного агента. А система проектується, орієнтуючись на такі його властивості як: наміри, цілі, зобов'язання тощо. Також передбачається, що усі агенти мають спільні цілі та мають співпрацювати задля їх досягнення.

У організаційно-орієнтованому підході розробник фокусується на організації системи, урахуваючи її структуру, основні цілі, соціальні норми між окремими елементами.

Даний підхід також поділяється на два напрями. Такі методи як Roadmap, Agent-Group-Role, Tropos, Message, Ingenias добре описують групи, ролі елементів у системі та їх взаємодію але не розглядають соціальні норми поведінки. А методи Civil Agent Societies, SODA, GaiaExOA, Electronic Institutions, OperaA, OMNI навпаки визначають соціальні норми, їх встановлення та зміцнення.

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такі методології багатоагентних систем дозволяють контролювати окремі елементи системи за допомогою організаційної структури і норм поведінки у системі. Розглянемо більш детально деякі з них.

1.2 Методологія проектування Roadmap

Методологія Roadmap спирається на підхід Gaia (підхід проектування заснований на об'єктно-орієнтованому аналізі).

На рисунку 1.1 зображено схему моделей у методології Roadmap.

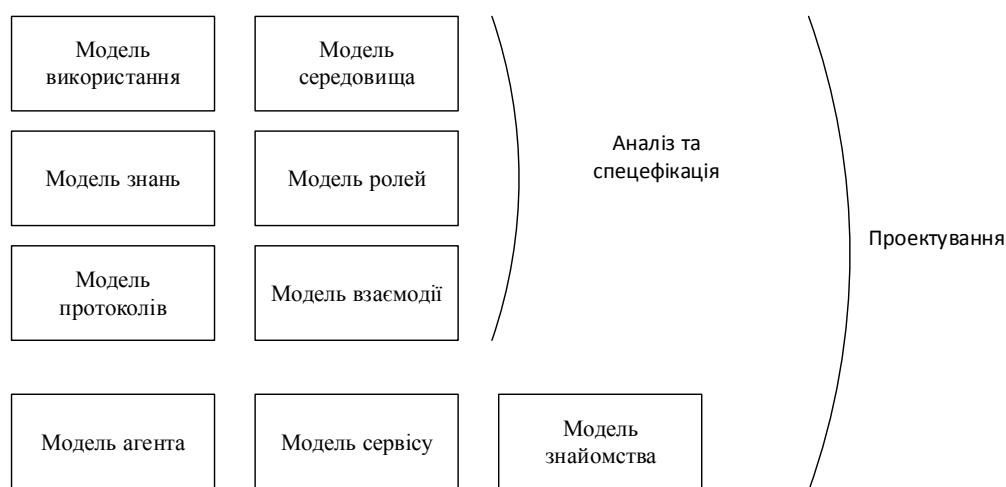


Рисунок 1.1 – Схема моделей у методології Roadmap

Проектування виконується поступово. У фазі специфікації та аналізу створюються наступні моделі послідовно: модель використання, модель середовища, модель знань, модель ролей, модель протоколів та модель взаємодії. Кожна модель використовує всі попередні моделі. Моделі уточнюються ітеративно, поки надходить інформація про систему.

Модель використання – дуже ефективний спосіб виявити усі вимоги до системи. Вона використовує узагальнені графічні позначення та спеціальні текстові сценарії, які оговорюють дії системи за тих чи інших обставин. Для кращого розуміння багатоагентної системи семантика даної діаграми відрізняється від традиційної діаграми використання в об'єктно-орієнтованому

проектуванні. Замість взаємодії системи з користувачем тут зображується взаємодія команди абстрактних ідеальних агентів з середовищем. Агенти вважаються ідеальними і володіють будь-якими знаннями, здібностями та станами, необхідні для забезпечення найкращого обслуговування.

Поняття ідеальних агентів з досконалим знанням і здібностями є нереальним. Проте, з підтримкою Roadmap очікується, що такий ідеальний агент буде апроксимуватися динамічною комплексною багатоагентною системою.

Модель середовища забезпечує цілісний опис системного середовища, які зазвичай бувають високодинамічними та гетерогенними. Для опису середовища створюється модель знань, у якій зміни обробляються послідовно. Модель середовища будується з моделі використання. Вона містить деревоподібну ієрархію зон в середовищі, та набір схем зон для у кожної зони в ієрархії. Схема зони містить текстовий опис зони і такі атрибути: статичні об'єкти, об'єкти, джерела невизначеності і припущення щодо зони. Статичні об'єкти – це об'єкти в середовищі, які відомі для агентів та з якими агенти не взаємодіють явно. З об'єктами агенти взаємодіють. Джерела невизначеності в середовищі невідомі агентам і мають аналізуватися ними. Ієрархія зон використовує успадкування та агрегацію для зв'язання зон і різних об'єктів у зонах.

Модель знань забезпечує подання інформації у вигляді ієрархічної структури з цілісним описом. З попередніх моделей необхідно визначити яка інформація необхідна агенту у конкретному випадку у конкретному місці. Знання розбиті на невеликі блоки. Життєвий цикл цих блоків залежить від того як він отримується, обробляється та зберігається. Залежності між блоками аналізуються, і потім вони утворюють ієрархію.

Модель ролей складається з двох частин: ієрархії та набору схем ролей, що описують кожну роль в ієрархії. Ієрархія ролей представлена як дерево. Листові вузли дерева – атомарні ролі. Вони зберігають своє значення та представляють характеристики окремих агентів. Інші ланки дерева представляють складні ролі, визначені у термінах своїх предків, чи то вони атомарні чи складні. Складна роль представляє собою сукупність атомарних ролей.

									IA52.150BAK.005 ПЗ	Арк.
										8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Агрегація ролей відрізняється від традиційного підходу ООП. У ієрархії ролей агрегація приймає динамічний сенс. Підроль має виконувати функції суперролі, але кожна має свій потік виконання, свою базу знань та функціональність. Суперроль може залучити підроль до якої-небудь задачі, якщо це необхідно. Роль ієрархії моделює суспільство на різних рівнях абстракції.

Складна роль являє собою локалізовану організацію ролей. Її атрибути моделюють соціальні аспекти: організаційна структура, соціальні цілі, соціальні завдання або соціальні закони.

Модель протоколів та взаємодії описуються на основі протоколу ролі. Вони містять інформацію про те як можуть взаємодіяти елементи у системі в залежності від ролі. Дані моделі описують високорівневі цілі та не приділяють уваги деталям реалізації. Визначення протоколу окреслює дії ініціатора обміну інформації, дії відповідаючого елементу, форму вхідної та вихідної інформації, а також короткий опис обробки яку ініціатор здійснює під час виконання запиту.

Всі моделі аналізу переносяться на етап проектування. Вони оптимізовані до обраних цілей та готові для реалізації. На етапі проектування абстрактні конструкції з етапу аналізу, такі як ролі, відображаються в конкретні конструкції, такі як типи агентів, які будуть приймати ролі під час роботи.

Модель агента описує типи агентів у системі. Модель сервісу визначає які сервіси необхідні конкретному елементу системи. Модель знайомства зображує комунікаційні зв'язки між агентами різних типів.

1.3 Методологія проектування OMNI

OMNI – методологія для моделювання цілого ряду багатоагентних систем, від закритих системи з фіксованою кількістю елементів і протоколів взаємодії, до відкритих, гнучких систем, які адаптуються до приєднання нових гетерогенних агентів з різними цілями. OMNI складається з трьох вимірів: нормативний, організаційний та онтологічний. Вони описують характеристики

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

навколишнього середовища. Також він містить три рівні абстракції: абстрактний, дизайну та реалізації.

На рисунку 1.2 зображено схему методології OMNI.

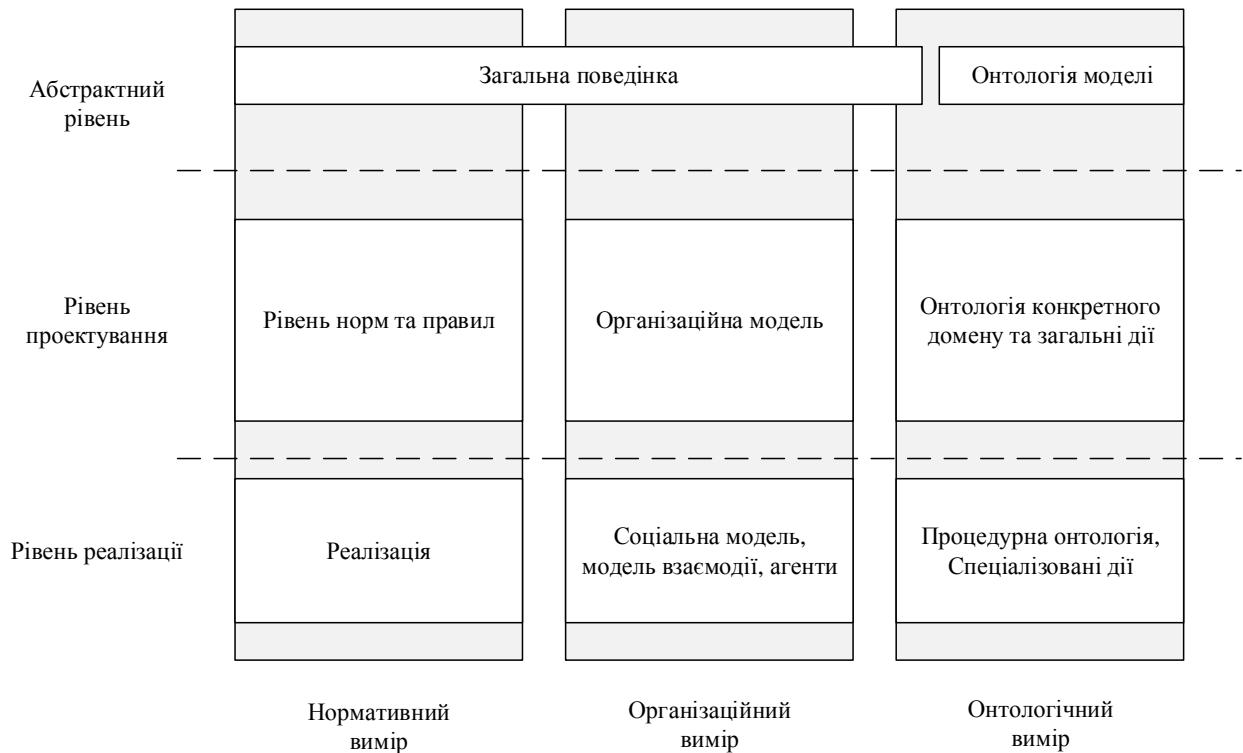


Рисунок 1.2 – Схема методології OMNI

На абстрактному рівні описується загальна поведінка: мета, цінності та контекст в якому система повинна проводити свою діяльність. Цілі організації виражають загальні цілі системи. Поки організація має контроль над діями агентів, що діють в межах цієї організації, вона може бути впевненою, що агенти виконують дії, які призведуть до досягнення загальної цілі системи.

Цінності організації – це переконання, що мають елементи системи про те що важливо, як для них, так і для системи. Отже цінність – це віра (правильна чи хибна) у те, як щось має бути. У даному підході цінності це базова складова системи.

Контекст організації можна розглядати як сукупність інших організацій, які є взаємозалежними та впливають один на одного.

Абстрактний рівень організаційного виміру характеризує цілі організації

щодо соціальної системи. Система має список абстрактних цінностей, які мають бути бажаними агентами системи. Для кожного елемента абстрактні цінності транслюють у конкретні. Визначення загальних цінності системи слідує за процесом виявлення функціональних вимог і вимог взаємодії. Для того щоб визначити цінності організації, важливо охарактеризувати різні зацікавлені сторони організації, їх вимоги, очікування, обмеження та відносини.

Рівень проектування організаційного виміру описує як досягти цінностей, які були описані на абстрактному рівні. Також цей рівень визначає ролі та задачі, які будуть виконувати агенти з цими ролями.

Методологія OMNI припускає, що окремі агенти розроблені незалежно від сукупності цих агентів (суспільства). Агенти приєднуються до суспільства для реалізації власних цілей. На рівні реалізації організаційного виміру агенти описуються у соціальній моделі з точки зору зобов'язань, що регулюють прийняття ролі окремих агентів. Коли агент приймає якусь роль, він зобов'язується реалізувати відповідні цілі і діяти в системі у рамках своєї ролі. Модель взаємодії описує умови та правила, що застосовуються для взаємодії між агентами у системі. Зв'язок між рівнями корисний не тільки у напрямку зверху вниз, але також знизу вгору так як агенти можуть простежити походження причини цілей з точки зору правил і норм.

Так само як і організаційний нормативний рівень складається з трьох рівнів абстракції.

На абстрактному рівні визначається тимчасова логіку абстрактних норм. Обов'язок виконувати дії або досягти мети може бути обумовлений деякими станами та призначений для певної ролі.

На наступному рівні ми переходимо від абстрактних до конкретних норм. Для кожної абстрактної норми необхідно вказати, як вона може бути виконана одночасно з виконанням конкретних норм в контексті цієї організації. Далі необхідно створити правила поведінки на основі норм. Завдяки ним елементи системи зможуть приймати рішення у тій чи іншій ситуації.

На рівні реалізації ми маємо два підходи для описання обробки норм:

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

створення інтерпретатора правил та трансляція правил у протоколи, які будуть включені у протокл взаємодії. На рівні реалізації модель організації забезпечує як низькорівневі протоколи так відповідні правила. Агенти, які здатні виконувати тільки протоколи, будуть слідувати їм, а ті, які можуть також тлумачити правила можуть вибирати між протоколом або правилом. При такому підході автономність агентів, які приєдналися до системи буде залежати від можливостей конкретного агента.

Основним завданням у сенсі координації та співпраці у відкритих системах є досягнення взаєморозуміння між роботами-агентами. Механізми зв'язку включають представлення знань і протоколів для обміну цими знаннями. І зміст, і протокол мають різні значення на різних рівнях абстракції. Специфікація зв'язку реалізується за допомогою онтологій, які є спільними концептуалізаціями. У OMNI онтологічний вимір описує як зміст спілкування так і мову спілкування.

1.4 Багатоагентні платформи

Зараз на ринку представлені як open-source так і закриті багатоагентні платформи. Такі платформи дають змогу розробникам отримати набір готових роботів-агентів, які можуть виконувати базові функції. Також розробник може доповнювати платформу іншими функціями, які необхідні для вирішення конкретної задачі. Але навіть у базовому функціоналі таких систем закладено найважливіше для багатоагентних систем апаратне та програмне забезпечення. Приклади таких платформ розглянуто нижче.

1.4.1 Платформа Kobot

Kobot – одна з багатоагентних платформ. Однією з її головних особливостей, яка закладена у базовий функціонал системи є те, що елементи системи рухаються зграєю. Така особливість дає змогу вирішувати поставлену

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

задачу зусиллями одразу декількох агентів. Далі буде розглянуто деталі реалізації роботів даної платформи.

На рисунку 1.3 представлено зображення робота системи Kobot.



Рисунок 1.3 – Робот системи Kobot [16]

Один агент Kobot складається з декількох підсистем: сенсорної, управління, пересування, структурної та підсистеми живлення. Сенсорна підсистема може бути також додатково розділена на підсистеми зв'язку, давачів курсу і давачів наявності перешкоди. Підсистема давачів перешкоди вимірює відстань до інших агентів та перешкод у замкненому просторі, також дана підсистема відрізняє інших роботів від перешкод.

Підсистема курсу отримує інформацію про напрямок руху сусідніх роботів у групі за допомогою цифрового компаса та модуля ХВее. Інформація з давачів подається на підсистему управління, яка керує поведінкою робота за допомогою алгоритму управління. Підсистема зв'язку використовується для бездротового програмування системи і для організації каналу зв'язку між агентами. Підсистема живлення забезпечує систему необхідною напругою.

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Kobot – це розширювана та енергоефективна робот-платформа. Він приводиться у рух за допомогою двох мотор-редукторів. Робот має вісім інфрачервоних датчиків для виявлення перешкод та інших роботів та цифровий компас для отримання інформації про місцезнаходження. Бездротовий зв'язок, сумісний із стандартом IEEE 802.15.4 ZigBee. Модуль зв'язку з діапазоном приблизно 20 м в приміщенні використовується для зв'язку між роботами, а також між роботами і консоллю. Робот працює на мікроконтролері PIC184620A потужністю 20 МГц, який можна запрограмувати через бездротовий канал зв'язку.

Однією з головних частин Kobot є підсистема управління. Вся інформація з каналу комунікації, та різноманітних датчиків подається в підсистему управління, яка керує роботом. Рух робота здійснюється за допомогою електродвигунів, які разом із модулем широтно-імпульсної модуляції утворюють підсистему пересування.

Підсистема датчиків наявності перешкоди призначена для вимірювання відстані до роботів у системі та інших об'єктів в безпосередній близькості. Вимоги, які були висунуті до даної підсистеми при її проектуванні можуть бути виражені у наступних тезах: сканування місцевості, максимальна чутливість при вимірюванні відстані як до рухомих так і нерухомих об'єктів, вимірювач повинен бути аналоговим та енергоефективним. Як уже було зазначено вище дана підсистема складається з восьми інфрачервоних датчиків. Вони розміщені рівномірно з інтервалом 45°.

Система малопотужна та високошвидкісна. Кожен такий датчик складається з інфрачервоного випромінювача приймача та контролера, який в свою чергу передає інформацію до головного контролера робота. Інфрачервоний світлодіод приймає один з семи попередньо визначених рівнів напруги за допомогою фільтрації нижніх частот на виході з широтно-імпульсної модулятора контролера. Значення напруги, яке подається на світлодіод, вимірюється за допомогою аналого-цифрового перетворювача. Коли бажане значення досягається, світлодіод вмикається і випромінює сигнал з частотою 38 кГц.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Сигнал відбивається, якщо на його шляху знаходиться перешкода та надходить на приймач давача. Приймач фільтрує, демодулює та підсилює сигнал, а потім посилає його на контролер. Дані давачі працюють у трьох станах: виявлення іншого робота, визначення відстані та передачі даних. Початковим станом є стан виявлення іншого робота. У цьому стані інфрачервоний приймач активний, а світлодіод вимкнено. Датчик "прослуховує" середовище для виявлення будь-якого інфрачервоного випромінювання, наявність якого свідчить про присутність поблизу іншого робота. Наступним станом є стан визначення відстані. У цьому стані давач перш за все шукає будь-яке інфрачервоне випромінювання, якщо його виявлено, він чекає приблизно 6,7 мс – максимальний час, витрачений давачем для виявлення робота. Після цього він здійснює зондування відстані до навколишніх об'єктів шляхом зміни потужності інфрачервоного світлодіода та визначає мінімальний рівень сигналу, при якому він відбивається назад від об'єкта. У результаті вимірювання отримуємо один з восьми дискретних рівнів напруги, який передається на контролер.

Давачі курсу необхідні для багатоагентної системи та має задовольняти наступним вимогам: робота в приміщенні, мала потужність, роботи та об'єкти навколишнього середовища не мають заважати роботі давача. Шум і перешкоди, зумовлені сусідніми роботами та навколишнім середовищем усунені, або зведеним до мінімуму за допомогою обробки програмним забезпеченням. У якості давача курсу тут використовується електронний компас НМС-6352. Цей компас має два високочутливих магніторезистивні елементи, розташовані на 90 ° один від одного. Вони допомагають виявити курс робота по відношенню до Північного полюса Землі з високою точністю і повторюваністю при експлуатації у відкритому середовищі. Даний давач працює у двох станах. У активному та пасивному. У активному стані він вимірює курс робота по відношенню до Півночі у градусах з точністю $\pm 0.5^\circ$, потім переводить у радіани і транслює до сусідніх роботів, що знаходяться у межах зв'язку. Активний стан триває приблизно 3 мс і повторюється на кожному кроці управління (110 мс). У пасивному стані давач прослуховує середовище для отримання повідомлень про

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						15
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

курс інших роботів протягом приблизно 110 мс, а потім знову повертається у активний стан. Цей цикл продовжується протягом всієї роботи робота.

Для перепрограмування, обміну інформацією між роботами, та виводу інформації на консоль використовується підсистема зв'язку. Важливими питаннями при її проектуванні були: споживання енергії, швидкість зв'язку, масштабованість. При проектуванні підсистеми зв'язку мінімізація споживання енергії є найважливішим фактором. Існує залежність якості сигналу від споживання енергії модулем зв'язку. Отже необхідно було знайти таке рішення, яке б з одного боку було б достатньо потужним для поставлених задач, а з іншого боку енергоефективним. Одним з недоліків використання бездротового зв'язку є його негативний вплив на масштабованість, а це важливе питання у багатоагентних системах. Для того щоб зберегти масштабованість, діапазон зв'язку повинен бути або обмеженим або мати змогу регулювання в залежності від режиму роботи. Він має бути максимізований коли роботи програмуються і зводиться до мінімуму, коли вони обмінюються повідомленнями між собою. У такий спосіб спрощується масштабованість і досягається енергоефективність.

У Kobot використовується бездротовий модуль XBee, який підтримує протокол IEEE802.15.4 / ZigBee. ZigBee забезпечує вимогу у низькій потужності системи, та підтримує режими: point-to-point, point-to-multipoint та peer-to-peer. Це дає змогу використовувати даний протокол для усіх комунікаційних потреб системи.

Програмне забезпечення бездротового модуля складається з двох частин. Перша – програма хост, вона працює на консолі, а друга – клієнт працює на Kobots. Хост забезпечує спілкування між роботами та їх перепрограмування. Клієнт – програма, яка перевіряє та завантажує код, який надіслав хост до контролера робота.

Підсистема управління запускає та виконує основний алгоритм управління і керує поведінкою роботів. Його структура розрахована на розподілену архітектуру та низьку потужність живлення. Кожна підсистема має свій власний спеціальний контролер. Таким чином забезпечується модульність.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		216

Швидкість обробки інформації та енергоспоживання знову є двома конкуруючими факторами в конструкції. Робочі частоти мікроконтролерів зберігаються на мінімальних рівнях для зменшення енергоспоживання, а отже економлять заряд батареї. Підсистема управління складається з плати головного контролера, заснованою на мікроконтролері PIC18F4620. Він взаємодіє з головними контролерами датчиків через протокол зв'язку I²C для отримання інформації з них. Після отримання інформації з датчиків головний контролер може керувати рухом робота, посылаючи сигнали на рушійні двигуни. Модуль бездротового зв'язку XBee також пов'язаний з послідовним портом головного контролера, його можна використовувати для завантаження та налагодження програмного забезпечення. Конструкція масштабована та модульна в тому сенсі, що будь-яка додаткова підсистема, може бути легко з'єднана з підсистемою управління через протокол I²C. Нова підсистема матиме власний контролер для виконання завдань низького рівня. Але працювати у відповідності до програми, яка керує роботом з головного контролера.

Як видно з назви підсистема пересування відповідає за переміщення робота на площині. У даній підсистемі є наступні обмеження: розмір виконавчих механізмів, модульність, мала потужність. Система керування визначає, як має переміщуватись робот. У Kobot використовується диференціальна система приводу, вона забезпечує зручне застосування та високу маневреність. У якості рушійних двигунів використовуються двигуни постійного струму.

Вони є достатньо енергоефективними, мають великий обертаючий момент та невеликий розмір. Підсистема пересування також повинна бути модульною, для забезпечення легкої заміни двигунів на більш потужні, без значної зміни в інших підсистемах. Для цих цілей використовуються електродвигуни від Faulhaber. Колеса безпосередньо приєднані до двигунів. Для високої ефективності двигунів використовується високочастотний широто-імпульсний модулятор Si9988 від Vishay.

Автономна робота роботів вимагає використання акумуляторів як джерела енергії. До акумулятора висунуті такі вимоги: велика тривалість роботи, швидка

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

підзарядка, компактні розміри. Дана система складається з акумуляторних батарей та модуля перетворення напруги. Модуль перетворення напруги призначений для роботи з різними типами акумуляторів. Літій-полімерні акумулятори одні з найновіших акумуляторних батарей. Вони мають дуже велику енергетичну щільність. Слід враховувати, що при використанні такого типу батарей не допускається тримати значення напруги батареї нижче критичного рівня. Модуль перетворення напруги складається з мікроконтролера 10F202, він автоматично зупиняє роботу, коли напруга батареї падає нижче критичного значення. Модуль перетворення напруги тримає її на рівні 5 В. Саме така напруга необхідна майже у всіх підсистемах, окрім підсистеми зв'язку, вона має власний перетворювач з 5 В до 3,3 В.

1.4.2 Платформа Swarm-bot

Інша багатотоагентна платформа – Swarm-bot. Особливістю даної системи є те, що роботи обладнані механічною рукою, яка дає змогу роботам не тільки взаємодіяти з один з одним за допомогою відправлення повідомлень але з'єднуватись фізично. Один робот цієї системи називається s-bot. Кожен s-bot є повністю автономним мобільним роботом, здатним виконувати такі прості завдання, як навігація та сприйняття навколишнього середовища. Крім цього вони можуть взаємодіяти між собою.

Swarm-bot здатний здійснювати розвідку, навігацію та транспортування важких предметів на нерівній місцевості. Об'єднуючись, вони виконують завдання, які не здатні виконати поодиночі. Мобільність системи забезпечується комбінацією гусениць і коліс. Робот обладнаний одним колесом та однією гусеницею з кожного боку. Вони приводяться у рух двигуном так, що s-bot може вільно рухатись і легко повертатися на місці. Ця структура забезпечує дуже гарну прохідність завдяки положенню колеса і того що його діаметр більший за висоту гусениці. Така конфігурація рушійних елементів допомагає роботу переміщатися по відносно складній поверхні.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

На рисунку 1.4 представлено зображення s-bot.



Рисунок 1.4 – Робот системи swarm-bot [17]

За дійсно складних умов роботи можуть використовувати свої руки для допомоги один одному. Ця функція swarm-bot схожа на рішення інших систем, які називаються самоперебудовні (системи у яких роботи можуть змінювати частини самих себе, або поєднуватись фізично й створювати єдину систему). Основна відмінність полягає в тому, що swarm-bot має менше можливостей оскільки один робот здатен допомогти тільки одному іншому роботу s-bot. Це обмеження компенсується використанням мобільності кожного робота.

S-bot мають два типи можливих фізичних взаємозв'язків: жорсткий і напівжорсткий. Жорсткі реалізовані з'єднання між s-ботами за допомогою захоплення закритою рукою одного робота іншим. Боти можуть захоплювати якийсь один об'єкт разом, утворюючи при цьому кільце навколо основного тіла s-бота.

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Якщо рука висунута повністю то таке з'єднання залишає деякі ступені свободи, які дуже важливі для позиціонування та фізичної взаємодії між роботами. Якщо вона повністю закрита, то захоплення забезпечує жорстке з'єднання. Форма руки має велику площу та дозволяє безпечно взаємодіяти для надійного під будь-яким кутом. Напівжорсткі з'єднання реалізовані за допомогою рухливих частин руки, що приводиться в дію трьома розташованими двигунами на місці прикріплення на основному корпусі. Три ступені свободи дозволяють витягнути руку, рухати її в бік і вертикально. Жорстке з'єднання в основному використовується для формування ланцюгів роботів (роботи поєднуються між собою у колону), які повинні пройти великі відстані або перешкоди.

Кожен s-bot є повністю автономним мобільним роботом та обладнаний всіма датчиками, необхідними для навігації: камера 360°, 16 бічних і 4 нижні інфрачервоні датчики, 24 датчика світла, 3-осьовий акселерометр, два датчики вологості, а також інкрементні датчики та датчики крутного моменту. Окрім цих основних датчиків кожен робот обладнаний датчиками та пристроями для спілкування між собою.

Незважаючи на наявність у системі бездротової локальної мережі, зображення і звук будуть єдиним каналом зв'язку між ними. Бездротовий модуль використовується виключно для налагодження та моніторингу. Крім декількох реалізованих режимів сприйняття декількома датчиками також реалізовано диференціацію в залежності від діапазону сприйняття. Дослідження поведінки комах у колективах показує, що колективна поведінка часто базуються на багатодіапазонному та мультимодальному зондування для сприйняття сигналів на декількох рівнях і за різних обставин. З цієї причини, спектр інфрачервоних датчиків обмежений дуже коротким діапазоном. Звук охоплює набагато більший діапазон, а камера використовує як довгий так короткий діапазони, залежно від особливостей потреб, які пред'явлені зображенням за конкретних обставин.

Стратегія управління swarm-bot складається з розподіленого алгоритму на основі локальної інформації та простих правила самоорганізації. Також цей тип

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						20
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

алгоритму управління не потребує великої обчислювальної потужності, великої кількості датчиків і ступенів свободи та швидкої попередньої обробки. З усіх цих причин s-bot обладнаний мережею одинадцяти процесорів, кожен з яких відповідає за підзадачу в системі. Найбільш потужний процесор, процесор на базі ARM, що працює під системою Linux, відповідає за управління системою, обробки самих складних датчиків і зв'язок зі станцією для моніторингу.

1.5 Висновки до розділу

У цьому розділі були розглянуті різні підходи до проектування та побудови багатоагентних систем. Кожна з них має як сильні так і слабкі сторони. Головне, на що було звернено увагу при розгляді готових рішень – загальна логіка побудови системи. При розробленні проекту буде використовуватись організаційно-орієнтований підхід. Оскільки система на його основі має насправді інтелектуальні риси поведінки. Кожен робот діє не на основі закладеного алгоритму, а здатен сам приймати рішення, покладаючись на норми та правила системи. Даний підхід дозволить агентам діяти нестандартно.

Проектуючи норми організаційно-орієнтованої системи, необхідно спиратися на цілі, які поставлені перед нею. Необхідно виявити те, задля чого система існує та сформулювати норми на цій основі. При долученні нового робота до системи в нього не повинні завантажуватись правила поведінки, замість цього, агент повинен ідентифікувати норми, використовуючи деякі алгоритми. У такому випадку при долученні нового агента до системи, він отримає усю інформацію про норми цієї організації. В залежності від ролі агенти можуть по різному сприймати об'єкти або явища, обробляти норми та правила, закладені в систему.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Оскільки багатоагентна система являє собою сукупність гомогенних елементів – агентів, доцільно розглянути побудову кожного такого робота. Для загального опису його архітектури було розроблено структурну схему. Дана схема представлена на кресленику IA52.150БАК.005 Д1 і представляє те, як пов'язані між собою окремі елементи, як виконується керування, як передається інформація. Система складається з таких основних блоків:

- блок давачів підтримки руху;
- блок давачів дослідження простору;
- блок перетворення;
- обчислювальний пристрій;
- блок узгодження;
- блок виконавчих пристроїв;
- блок пристроїв вводу / виводу;
- блок давачів температури рушійних двигунів.

Також є деякі елементи, які не входять до блоків, а виступають у якості окремих елементів. У проектованій системі таким елементом є давач заряду акумуляторної батареї. Деякі блоки у свою чергу також можуть складатися з інших блоків або з окремих елементів.

Блок давачів підтримки руху складається з давачів які надають обчислювальному пристрою інформацію про положення робота у просторі, його швидкість і т. д. Даний блок складається з наступних блоків та елементів:

- блок давачів обертів рушійних двигунів;
- блок давачів повороту коліс;
- давач кута крену;
- давач кута ристання;
- давач кута тангажу;
- блок давачів обертів коліс.

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Блок давачів обертів рушійних двигунів містить у собі чотири давача обертів. Вони необхідні для отримання інформації про частоту обертів кожного рушійного двигуна для порівняння з необхідною частотою для забезпечення підтримки необхідної траєкторії руху. Давачі даного блоку підключені до обчислювального пристрою через блок перетворення.

Блок давачів кута повороту коліс складається з двох давачів. Ці давачі необхідні для контролю положення коліс. Поворот виконується спеціальним приводом, а давачі надають інформацію обчислювальному пристрою через блок перетворення.

Давачі кута крену, рискання та тангажу необхідні для забезпечення обчислювального пристрою інформацією про положення робота у просторі. Вона необхідна для прийняття рішень щодо подолання перешкод.

Блок давачів обертів коліс містить чотири давачі оборотів на кожне з коліс. Вони під'єднані до обчислювального пристрою через блок перетворення та надсилають інформацію про фактичну частоту обертів кожного колеса для порівняння з заданою частотою. Це дає можливість виявити несправність у рушійному двигуні, та прийняти рішення щодо її усунення.

Блок давачів дослідження простору містить у собі прилади для навігації та отримання інформації про навколишнє середовище. Складається з наступних елементів:

- електронний компас;
- блок давачів відстані до перешкод;
- давач температури середовища;
- давач висоти;
- давач освітлення.

За допомогою електронного компасу робот може орієнтуватись у просторі, не маючи сигналу GPS. Також компас необхідний для побудови мапи приміщення. Знаючи пройдений шлях на напрямок руху можна розрахувати проекції та віднайти відстані до різних об'єктів.

Блок давачів відстані до перешкод складається з восьми давачів, по два на кожену

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

з чотирьох сторін робота. За допомогою цих датчиків можна дистанційно дізнатись про наявність перешкод або інших роботів. Це дозволяє обирати правильний маршрут та запобігає зіткненню робота з іншими об'єктами. Підключається до обчислювального пристрою через блок перетворення.

Датчик температури середовища підключається до обчислювального пристрою. За допомогою цього датчика можна створити мапу температури обстеженої території, або уникнути пошкодження робота при критичній температурі.

Датчик висоти необхідний при дослідженні простору. Якщо у приміщенні декілька поверхів, за допомогою цього датчика робот зможе правильно орієнтуватися.

Отримуючи інформацію з датчика освітлення робот може приймати рішення про те чи слід увімкнути фари чи ні.

За допомогою датчика заряду батареї система може краще організувати роботу. Знаючи, що залишилося мало заряду робот не мусить продовжувати подальший рух, а може, наприклад, ретранслювати інформацію від інших роботів.

Блок датчиків температури рушійних двигунів забезпечує безпечну роботу цих двигунів. При перенавантаженні двигуни нагріваються, система отримує інформацію про це та припиняє рух.

Блок перетворення забезпечує передачу інформації від датчиків до обчислювального пристрою. Задачею даного блока є переведення сигналу з датчиків у цифровий вигляд та послідовна передача до головного процесору системи.

Обчислювальний пристрій є центром системи. Сюди потрапляє інформація з усієї системи, оброблюється та передається далі: до виконавчих приладів, до модулів передачі інформації або до засобів збереження інформації.

Блок узгодження під'єднується до обчислювального пристрою та взаємодіє з виконавчими пристроями. Він необхідний для переведення сигналу у сприятливий для виконавчих пристроїв вигляд. Оскільки двигун є аналоговим

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

елементом, а обчислювальний пристрій цифровим, то необхідно забезпечити взаємодію за допомогою цифро-аналогового перетворювача, це і є одною з головних задач цього блока.

Блок виконавчих пристроїв складається з таких елементів:

- блок рушійних електродвигунів;
- блок електроприводу повороту коліс;
- фари освітлення.

Блок рушійних електродвигунів складається з чотирьох двигунів постійного струму. Вони забезпечують переміщення робота у просторі. Регулюються за допомогою обчислювального пристрою, до якого підключені через блок узгодження. За допомогою зміни швидкості двигунів можна регулювати траєкторію руху.

Блок електроприводу повороту коліс містить у собі два крокових двигуни. Вони будуть розміщуватися на передній осі ходової частини робота, забезпечуючи поворот коліс для зміни траєкторії. Також дані приводи будуть необхідні у тому випадку, коли робот перевернувся. Рухом коліс у різні сторони та включаючи необхідні рушійні двигуни робота може стати на колеса і продовжити рух. Сигнал до цього блоку подається через блок узгодження з обчислювального пристрою, але сам кроковий двигун також має драйвер, який бере на себе частину роботи по керуванню швидкістю та напрямком рухомої частини двигуна.

Фари освітлення забезпечують необхідний рівень штучного освітлення при відсутності природного. На обчислювальний пристрій поступає інформація про рівень освітленості з відповідного датчика, і система має прийняти рішення про те яка кількість світла необхідна за даних умов. Тут треба враховувати, що освітлення споживає велику кількість енергії, що погано впливає на автономність робота. Таким чином, знаючи рівень освітлення навколишнього середовища, та рівень заряду батареї система має вирішувати де і коли додаткове освітлення необхідне.

Блок пристроїв вводу / виводу містить наступні елементи:

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- GPS модуль;
- модуль супутникового зв'язку;
- модуль бездротового зв'язку;
- запам'ятовуючий пристрій;
- відеокамера 360 °.

GPS модуль забезпечує навігацію робота на відкритому просторі. Коли група роботів починає обстеження невідомої ділянки закритого простору їй необхідна початкова точка відліку. За допомогою цієї точки система знатиме як поєднувати інформацію про вже розвідані участки території та ті, що тільки надходять до системи. Сама GPS допомагає дізнатися початкові координати групи.

Модуль супутникового зв'язку забезпечує з'єднання з мережею Internet. Дані про місцевість, які були накопичені за певний проміжок часу відсилаються до віддаленої станції, яка може проводити постобробку інформації.

Модуль бездротового зв'язку необхідний для спілкування роботів між собою. Вони можуть передавати службову інформацію: про своє положення, змінювати ролі, визначатися з напрямком руху і т. д. Та можуть передавати інформацію про дослідження.

Запам'ятовуючий пристрій забезпечує збереження інформації про дослідження, яка надходить з усіх відповідних джерел робота. Якщо ділянка, яку необхідно дослідити невелика, то інформація може зберігатися у повному обсязі до самого кінця дослідження. Якщо ділянка велика – частина інформації може бути передана у центр постобробки та видалена. Зчитування інформації з даного пристрою може виконуватись за допомогою швидкісного інтерфейсу передачі даних. Він буде під'єднуватися до робота, коли той, закінчивши дослідження, повернеться назад. Даний інтерфейс забезпечить доступ до інформації напряму від конкретного робота, без передачі до центру постобробки. Це може бути корисним у деяких надзвичайних для системи ситуаціях. Для забезпечення безпеки інформації необхідним елементом цього пристрою має бути підсистема захисту від несанкціонованого доступу.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						26
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вона може бути налаштована таким чином, щоб у разі доступу до пристрою збереження даних робота небажаних об'єктів усі данні видалялись автоматично.

Відеокамера 360 ° проводить зйомку усього, що оточує робота. На основі цих фотографій можна віднайти не тільки топологію приміщення, але ще й дізнатися те як воно виглядає з різних сторін. Також, використовуючи технології розпізнавання образів у центрі постобробки можна доповнювати мапу дослідженої території накладаючи фотографії певних місць. Таким чином може утворюватись достатньо повна модель приміщення.

Висновки до розділу

У даному розділі було розглянуто загальну структуру системи, її основні складові частини та їх зв'язок один з одним. На даному етапі проектування є уявлення про те, якими характеристиками мають обладати усі елементи системи, такі як: давачі, мікроконтролери, двигуни і т. д. Розроблена загальна схема керування роботом. Вона виконана у класичному вигляді, коли використовується один обчислювальний пристрій, який бере на себе обробку усіх основних потоків інформації у системі. Цей пристрій має забезпечувати обробку інформації різних підсистем робота: підсистеми підтримки руху, підсистеми дослідження, підсистеми виконавчих приладів та підсистеми вводу / виводу інформації.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		27

3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ

У даному розділі буде більш детально описано елементи системи, буде приділена увага кожному пристрою, описаному у попередньому розділі. Головна задача при проектуванні даної функціональної схеми – описання фізичної побудови усіх складових робота, описання інтерфейсів зв'язку між ними. Схема електрична функціональна представлена на кресленику IA52.150БАК.005 Д2.

Розроблена функціональна схема складається з таких блоків:

- блок давачів підтримки руху;
- блок давачів дослідження простору;
- обчислювальний пристрій;
- блок пристроїв вводу / виводу;
- блок виконавчих пристроїв.

У блоках давачів підтримки руху та дослідження простору знаходяться усі давачі системи. Деякі з цих давачів виконані у вигляді електронної плати та на виході мають цифровий сигнал. Інші мають на виході аналоговий сигнал, який необхідно перетворити на цифровий для обробки у обчислювальному пристрої. Отже аналоговий сигнал необхідно, за необхідності, підсилити та оцифрувати. Для цього використовуються такі блоки як підсилювач та аналого-цифровий перетворювач. Вони є частиною більшості давачів. Задача підсилювача – видати на виході напругу, пропорційну напрузі на вході, але більшу. Аналого-цифрові перетворювачі переводять аналогові електричні сигнали у цифрові для обробки даних у обчислювальних пристроях. Також для комунікації з обчислювальним пристроєм необхідно перевести потік інформації з паралельного у послідовний вигляд. Для цього у блоках давачів підтримки руху та дослідження простору містяться елементи, які мають назву паралельно - послідовний перетворювач. Саме ці блоки допомагають мікроконтролеру своєчасно та коректно сприймати інформацію з давачів. У загальному випадку вищеописані елементи є складовою частиною готових давачів, які мають налагоджені стандартні інтерфейси для обміну даними. Але якщо у давачі не передбачено таких інтерфейсів, а він має

					<i>IA52.150БАК.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

лише аналоговий сигнал на виході то, то ці блоки будуть необхідні для роботи давача з обчислювальним пристроєм.

Блок давачів підтримки руху містить у собі такі елементи:

- чотири давачі обертів рушійних двигунів;
- два давачі кута повороту коліс;
- електронний акселерометр;
- чотири давачі обертів коліс.

Кожен з давачів обертів рушійних двигунів має у своєму складі чотири елементи: енкодер, підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, та паралельно - послідовний перетворювач. Енкодер – виступає у ролі чутливого елемента, він переводить кількість обертів валу у аналоговий сигнал.

Давачі кута повороту коліс містять у своєму складі такі елементи: давач кута повороту, підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, та паралельно - послідовний перетворювач. Принцип дії давача кута повороту засновано також на енкодері, але у цьому випадку він має бути більш чутливим.

Електронний акселерометр складається з електронної плати та паралельно - послідовного перетворювача. Сигнал, який виходить з плати, уже цифровий, тому блоки підсилювача та аналого-цифрового перетворювача не потрібні. Давач обертів колеса також як і давач обертів рушійних двигунів складається з: енкодера, підсилювача, аналого-цифровий перетворювач, та паралельно - послідовного перетворювача.

Блок давачів для дослідження простору містить:

- електронний компас;
- вісім давачів відстані до перешкод;
- давач температури середовища;
- електронний висотомір;
- давач освітлення.

Електронний компас та електронний висотомір складаються з електронних плат та паралельно - послідовних перетворювачів. Сигнал на виході – цифровий.

Давач відстані до перешкод містить у собі: ультразвуковий давач відстані,

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, паралельно-послідовний перетворювач. Ультразвуковий давач відстані представляє собою чутливий елемент, який складається з ультразвукового генератора та приймача. Вимірюючи різницю між відправленою та отриманою енергією, ми можемо дізнатися про наявність перешкод.

Дач температур середовища складається з чутливого до температури елемента, підсилювача, аналого-цифрового перетворювача, паралельно - послідовного перетворювача.

Дач освітлення містить у собі: елемент чутливий до кількості освітлення, підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, паралельно - послідовний перетворювач. Чутливий до освітлення елемент працює за принципом фотоефекту, чим більше світла потрапляє на цей елемент тим більшу напругу отримуємо на виході.

Також є два типи дачів, які не входять до блоків: дач заряду акумуляторної батареї та дач температури рушійних двигунів. Останній має таку ж структуру як і дач температури середовища, який описано вище. А дач заряду акумуляторної батареї складається з гальванометру, підсилювача, аналого-цифрового перетворювача, паралельно - послідовного перетворювача.

Обчислювальний пристрій являє собою мікроконтролер, який здійснює оброблення інформації, що поступає з дачів і пристроїв вводу / виводу та керує виконавчими пристроями. З функціональної схеми видно, що для комунікації мікроконтролера з дачами використовується послідовний інтерфейс RS-232, а для роботи з пристроями вводу / виводу використовуються інтерфейси Ethernet та SATA.

Блок пристроїв вводу / виводу містить:

- чотири рушійні двигуни;
- два приводи повороту коліс;
- фари освітлення.

Рушійні двигуни складаються з таких елементів: двигун постійного струму перетворювач, схема реверсу двигуна, підсилювач.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Цифро-аналоговий перетворювач переводить сигнал, отриманий з обчислювального пристрою у аналоговий вигляд для їх обробки та керування швидкістю обертів двигуна. Схема реверсного руху призначена для включення двигунів у режимі руху у зворотному напрямку. Підсилювач подає на двигун напругу, перетворену з інформаційного сигналу. Двигун постійного струму перетворює електричну енергію у механічну та спричиняє рух робота.

Привод повороту колеса складається з цифро-аналогового перетворювача, драйвера крокового двигуна та крокового двигуна. Цифро-аналоговий перетворювач переводить цифровий сигнал у аналоговий потім цей сигнал приходить на драйвер крокового двигуна. Цей драйвер керує роботою двигуна. Коли драйвер приймає на вхід інформацію, що необхідно повернути вал двигуна на певний кут, він подає на двигун напругу.

Блок пристроїв вводу / виводу містить у собі такі елементи:

- GPS модуль;
- модуль супутникового зв'язку;
- модуль бездротового зв'язку.
- запам'ятовуючий пристрій;
- відеокамера 360°;
- інтерфейс вводу / виводу.

Модулі бездротового зв'язку, супутникового зв'язку та GPS складаються з модема та антени. Антена призначена для прийняття та відправлення інформації у вигляді радіохвилі. Модем у свою чергу обробляє сприйняту інформацію для подання обчислювальному пристрою у певному вигляді та переводить дані у необхідний формат для передачі на антену.

Запам'ятовуючий пристрій в основному використовується для збереження інформації про досліджену територію та службової інформації для підтримки роботи системи. Цей пристрій містить у собі з твердотільний накопичувач даних.

Через те що робот постійно переміщується його корпус перебуває у стані вібрації. Такий вплив є недопустимим для жорстких дисків, а SSD справляються

з такими видами навантажень. Також у твердотільному накопичувачі набагато більша швидкість зчитування та запису інформації, що дуже важливо при постійному записі та обробці великої кількості інформації.

Відеокамера 360° містить у собі тільки безпосередньо самі камери. Вони розміщуються у захищеному прозорому корпусі таким чином, щоб кути огляду кожної перетинались з кутами огляду сусідніх камер. Це дає змогу за допомогою спеціального програмного забезпечення склеювати кадри таким чином щоб зображення містило усі навколишні об'єкти, які оточують робота.

Інтерфейс вводу / виводу представляє собою SATA роз'єм, до якого можна під'єднатися та зчитати дані з високою швидкістю. Цей інтерфейс можна використовувати у випадках, коли необхідно зчитати інформацію з SSD диску напряду без передачі її через мережу Internet. Також він може бути використаний при відладці робота або завантаження нового програмного забезпечення.

Як уже було зазначено вище в проєктованій системі інформація передається по трьом інтерфейсам. Для комунікації за давачами та виконавчими пристроями використовується RS-232. Він забезпечує надійний канал зв'язку та гарно підходить для передачі інформації такого типу. Для передачі великої кількості даних використовується інтерфейс SATA. А для обміну мультмедіа використовується Ethernet.

Висновки до розділу

У цьому розділі було описано побудову кожного приладу системи та інтерфейси комунікації між ними. На даному етапі проєктування вже відомо які обмеження та потреби мають усі вузли системи, а отже можна обирати конкретні прилади.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ПРИСТРОЇВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ

У даному розділі будуть розглянуті пристрої з яких складатиметься система. Будуть порівнюватись різні методи побудови, технології, переваги та недоліки кожного вузла системи. Головна мета – обрати прилади, які мають необхідній характеристики.

4.1 Обчислювальний пристрій

Обчислювальний пристрій у даній системі обробляє потоки інформації з усіх блоків та має робити це достатньо швидко. Отже він повинен мати високу потужність для одночасної обробки інформації і з давачів і з блоків вводу / виводу. Також даний пристрій повинен мати паралельні високошвидкісні інтерфейси для роботи з пристроєм зберігання даних та камерою а також послідовний інтерфейс для отримання сигналу з давачів та керування виконавчими приладами. Усі вищезазначені властивості присутні у мікроконтролері MPC8379E компанії NXP. MPC8379E забезпечує високоефективне ядро e300 з частотою до 800 МГц з кеш-пам'яттю L1 32 Кб, а також має інтегровані контролери SATA. Система на мікросхемі (SoC) також включає в себе два контролери Gigabit Ethernet (GbE) для підключення до мережі та підсистему безпеки для розвантаження алгоритму шифрування. MPC8379E, заснований на 90 нм технології. Даний пристрій побудований на базі 32-розрядного ядра e300. Воно має по два блоки для роботи з обчисленнями цілих чисел та чисел з плаваючою точкою, це робить його ефективним для обчислювальних додатків.

Даний контролер має достатньо велику потужність, ефективно працює з обчислювальними операціями та має порти SATA та Gigabit Ethernet. Також цей пристрій досить енергоефективний, що позитивно вплине на автономність робота.

На рисунку 4.1 представлено мікроконтролер MPC8379E.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

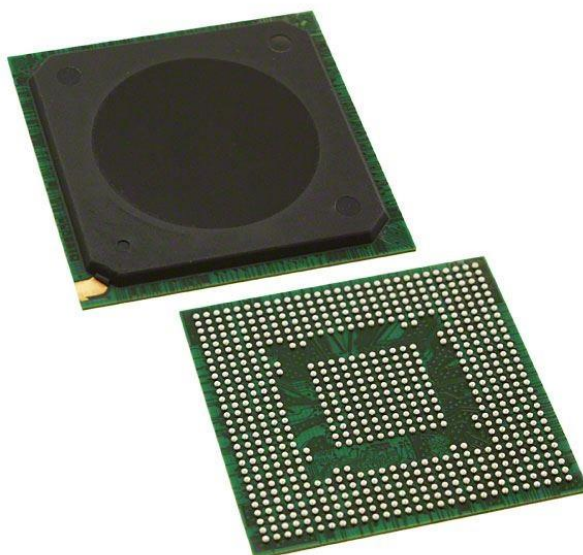


Рисунок 4.1 – Мікроконтролер MPC8379E [18]

4.2 Давач обертів рушійних двигунів

Як уже було зазначено в попередньому розділі давачі цього типу будуть розташовані у рушійних двигунах для отримання зворотного зв'язку про роботу цих двигунів. Основним елементом такого давача є енкодер. Енкодер – це електромеханічний пристрій, який генерує електричний сигнал, пропорційний частоті обертів двигуна. Виділяють два типи енкодерів: абсолютні та інкрементні. Абсолютні визначають кут повороту валу відносно деякої точки. Він може коректно працювати у випадку коли джерело живлення нестабільне. Такий тип давача дуже надійний, точний та компактний. Інкрементний давач негайно повідомляє про зміни положення, що є важливою можливістю в деяких випадках. Проте, він не відстежує абсолютну позицію. В результаті, механічна система, контрольована інкрементним кодером, може бути переміщена до фіксованої контрольної точки для ініціалізації вимірювання положення.

Існує декілька технологій, на яких засновані енкодери: кондуктивні, оптичні, on-axis magnetic, off-axis magnetic.

У кондуктивних кодування інформації використовується ряд мідних доріжок, витравлених на друкованій платі. Контактні щітки відчувають провідні

					IA52.150BAK.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

ділянки. Такий тип енкодера зараз використовується доволі рідко

Оптичні енкодери використовують світло, що спрямоване на фотодіод через щілини в металевому або скляному диску. Також існують світловідбивні версії. Це одна з найпоширеніших технологій. Серед недоліків можна виділити те, що такі енкодери дуже чутливі до пилу.

Технологія on-axis magnetic використовує спеціально намагнічений 2-полюсний неодимовий магніт, прикріплений до валу двигуна. Оскільки він закріплений на кінці вала, він може працювати з двигунами, які мають тільки 1 вал, що виходить з корпусу двигуна. Точність може змінюватися від декількох градусів до 1 градуса. Роздільна здатність може бути на 1 ступінь або до 0,09 градуса.

Технологія off-axis magnetic, як правило, використовує феритові магніти, прикріплені до металевого вузла. Це забезпечує гнучкість у дизайні та низьку вартість для користувацьких додатків. Магнітні кодери працюють у жорстких умовах, де оптичні енкодери не працюватимуть.

Розглядаючи різноманітні види давачів, було виявлено, що найбільш надійними точними та компактними є абсолютні давачі, засновані на технології off-axis magnetic. Одним з таких є давач фірми AksIM. AksIM – це безконтактний абсолютний давач повороту, призначений для застосування у місцях з обмеженим простором установки. Точність системи магнітного енкодера AksIM вища, ніж 5°, а максимальна допустима швидкість більше 10 000 обертів на хвилину. Компактність приладу робить цей абсолютний давач придатним для широкого спектру застосувань, включаючи робототехніку. Оскільки даний давач невеликого розміру то відповідно має меншу вагу, порівняно з іншими типами таких давачів, це дуже важливо у розроблюваній системі, оскільки чим менше важить робот тим менше необхідно електроенергії для переміщення, а отже на одному заряді батареї можна проїхати більше. Також давачі такого типу більш надійні, що також необхідно, оскільки розроблюваний робот працюватиме у складних умовах.

На рисунку 4.2 представлено давач кількості обертів AksIM.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рисунок 4.2 – Давач кількості обертів AksIM [19]

4.3 Давач кута повороту коліс

Принцип роботи давача кута повороту коліс засновано також на роботі з енкодером, який зчитує зміщення відносно початкової точки. Компанія AksIM також виробляє такі давачі.

На рисунку 4.3 представлено давач кута повороту AksIM.



Рисунок 4.3 – Давач кута повороту AksIM [20]

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Основною відмінністю цього давача від попереднього є те, що він розрахований на меншу кількість обертів – тільки по 720° в одну та іншу сторону. Але його точність набагато вище, приблизно $0,1^\circ$.

4.4 Акселерометр

Акселерометр – електромеханічний пристрій, що вимірює сили прискорення. Ці сили можуть бути статичними, подібно до постійної сили тяжіння, або динамічними – викликані переміщенням або вібрацією акселерометра. Вимірюючи величину статичного прискорення через гравітацію, можна дізнатися кут нахилу об'єкту по відношенню до землі. Визначивши величину динамічного прискорення, можна проаналізувати спосіб переміщення пристрою.

Є декілька технологій при розробці цих приладів. Деякі акселерометри використовують п'єзоелектричний ефект, вони містять мікроскопічні кристалічні структури, які змінюють свою поведінку під час прискорення, що викликає генерацію напруги. Інший засновано на зміні ємності. Якщо є дві мікроструктури поруч, вони мають певну ємність між собою. Якщо прискорююча сила переміщує одну із структур, то ємність змінюється. При переході від зміни ємності у зміну напруги отримуємо акселерометр. У розроблюваній системі буде використано акселерометр LSM303D. Даний прилад має безліч параметрів, які налаштовуються, включаючи динамічно задання чутливості, вибір швидкостей вихідних даних і два незалежних програмованих зовнішніх переривання. Для збереження енергії акселерометр можна постійно включати і вимикати. Даний пристрій є доволі точним, його похибка складає приблизно одного градуса. Це дає змогу роботі доволі точно орієнтуватися у просторі, та вмикати різні режими роботи ходової частини у залежності від положення відносно землі. Практика показує, що цей акселерометр є дуже надійним та енергоефективним, що робить робота більш мобільним та автономним.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

На рисунку 4.4 зображено акселерометру LSM303D.

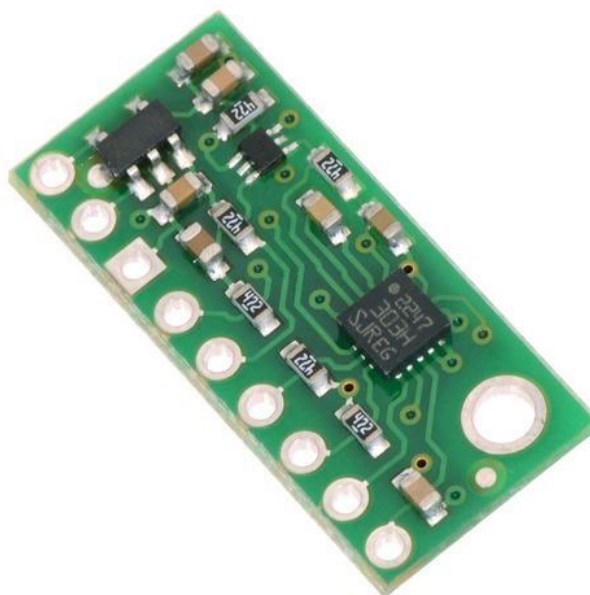


Рисунок 4.4 – Акселерометр LSM303D [21]

4.5 Давач обертів коліс

Даний давач використовується для виміру частоти обертів кожного з чотирьох коліс. Це необхідно для того щоб знати чи усі рушійні двигуни та передаючі агрегати працюють правильно. Також за допомогою даних давачів система отримує зворотній зв'язок від блоку рушійних двигунів. За допомогою цього виконується керування траєкторією руху робота. У якості давача обертів коліс буде використано давач обертів фірми AksIM, про який було сказано вище.

4.6 Електронний компас

Електронний компас засновано на магніто-індуктивній технології. Ця технологія здатна відчувати різницю в магнітному полі Землі від порушення, викликаного зовнішніми елементами, такими як феромагнітні матеріали і магнітним полем, яке створює електричні системами приладу на якому вимірюється дана величина, наприклад робот.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Більшість цифрових компасів мають вбудований мікроконтролер, який віднімає магнітне поле робота від сильніших магнітних полів, що призводить до високоточної роботи компаса. Точність компаса сильно залежить від місця його встановлення. Компас покладається на магнітне поле Землі, отже будь-які спотворення її магнітного поля іншими джерелами, такими як масивні компоненти заліза, повинні бути компенсовані для того, щоб визначити точну позицію. Джерелами магнітних полів у роботі є: постійні магніти, електродвигуни і феромагнітні метали. Ці джерела значною мірою впливають на точність електронного компаса, тому краще розташовувати його далі від таких об'єктів. У якості електронного компаса було обрано прилад фірми NXP MMA8451Q.

На рисунку 4.5 зображено електронний компас MMA8451Q.

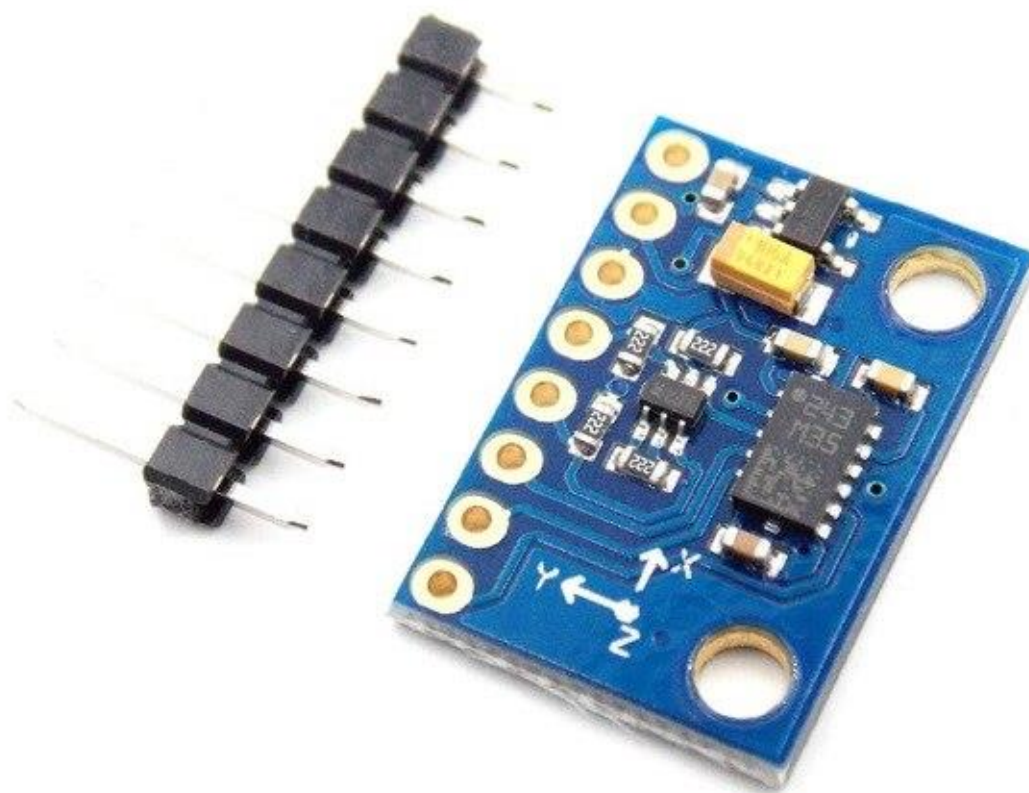


Рисунок 4.5 – Електронний компас MMA8451Q [22]

4.7 Давач відстані до перешкод

Давачі відстані перешкод в основному засновані на двох технологіях: ультразвукові та інфрачервоні. Виявлення відстані до перешкоди є однією із найважливіших проблем у навігаційних системах. Перешкоди вироблені з різних матеріалів тому мають різний колір та радіопрозорість, що дуже ускладнює задачу виміру.

Робота ультразвукового давача заснована на методі заміру часу проходження ультразвукової хвилі до перешкоди і назад, знаючи цей час можна обрахувати відстань. Він випускає високочастотну звукову хвилю 40 кГц через один зі своїх п'єзоелектричних перетворювачів і виявляє імпульси, які надходять на приймач та перетворює його в пропорційну зміну напруги.

Інфрачервоний давач працює по принципу виявлення довжини хвилі світла в діапазон 760 нм, яке випромінюється інфрачервоним світлодіодом. Відстань вимірюється на основі зміни інтенсивності отриманого світла. Інфрачервоний давач забезпечує високу роздільну здатність з більш швидким часом відгуку, порівняно з ультразвуковим. Інфрачервоний давач для вимірювання відстані працює за принципом оптичної триангуляції. Він має інфрачервоний випромінювач та чутливий пристрій. Чутливий пристрій – це оптичний детектор, який може виявляти світло, що падає на площину. Метод триангуляції засновано на обчисленні відстані до об'єкта через розрахунок сторін трикутника на базі відомих геометричних співвідношень. Даний метод дозволяє виміряти як відносну так і абсолютну відстань до об'єкту. При використанні такого підходу точність залишається доволі високою і при дуже малих і при дуже великих відстанях давача до перешкоди.

Отже, інфрачервоні давачі є більш точними, якщо порівнювати з інфрачервоними. Причому точність залишається високою на різних відстанях до перешкоди. Але такий давач не зможе коректно працювати в умовах великого запылення, яке можливе при роботі розроблюваної системи. Таким чином необхідно використовувати давач заснований на ультразвуковій технології.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

TCD24. Даний давач має діапазон вимірюваної температури від мінус 100 С° до плюс 100 С°. Також він виконан у невеликому корпусі, що є значним плюсом.

На рисунку 4.7 зображено давач температури GlowShift GS-TCD24.



Рисунок 4.7 – Давач температури GlowShift GS-TCD24 [24]

4.9 Давач висоти

Застосовують два види давачів висоти: барометричні та радарні. Барометричні давачі мають свої обмеження. Вони мають невисоку точність та залежать від атмосферного тиску. Тому цей варіант не підходить для розроблюваної системи. Радарні давачі засновані на принципі заміру часу пройденого радіохвилею від давача до землі. Висота над землею обчислюється на основі часу проходження радіохвиль і швидкості світла. Така конструкція приладу не залежить від зовнішніх факторів таких як тиск повітря, тому вони є більш точними та надійними.

Одним з таких висотомірів є прилад компанії Garmin G55.

Особливістю цього давача є те, що він використовує сучасну технологію цифрової обробки сигналів, яка може інтелектуально обробляти сотні показів кожну секунду і відфільтровувати аномалії.

					IA52.150BAK.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

На рисунку 4.8 зображено давач G55.



Рисунок 4.8 – Давач висоти Garmin G55 [25]

4.10 Давач освітлення

Сучасні давачі освітлення виконуються на базі фоточутливих елементів та фоторезисторів. У темряві фоторезистор може мати опір до декількох мегаомів, тоді як на світлі кілька сотень Ом. Якщо падаюче світло на фоторезисторі перевищує певну частоту, то фотони, поглинені напівпровідником, надають пов'язаним електронам достатньо енергії, щоб перейти в зону провідності. Діапазон опору і чутливість фоторезистора можуть істотно відрізнятись між різними пристроями. Крім того, унікальні фоторезистори можуть реагувати істотно по-різному на фотони в межах певних смуг довжин хвиль.

Фотоелемент також чутливий до світла, але на відміну від фоторезистора він змінює не опір, а напругу. Фотоелемент виробляють з напівпровідникових матеріалів. Атоми зв'язані ковалентним зв'язком. Якщо енергії кванту світла, який попадає на цей елемент вистачає для того, щоб розірвати зв'язок електрона з атомом, то електрон стає вільним, а на його місці з'являється дірка. Якщо існує

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

різність потенціалів, виникне струм.

Резистивні елементи більш надійні за фотоелементи, тому давач, який буде інтегровано у робота буде працювати на цій технології. Одним з таких давачів є прилад фірми Modern Robotic.

На рисунку 4.9 зображено давач освітлення.



Рисунок 4.9 – Давач освітлення Modern Robotic [26]

4.11 Давач температури рушійного двигуна

Давач температури рушійного двигуна як і описаний вище давач температури навколишнього середовища працюватиме на базі змінного резистора. Такий давач буде дуже простий та надійний. Єдине що буде відрізняти цей давач від давача температури навколишнього середовища це те, що він матиме інший тип корпусу. Він має бути вкрученим у зовнішню частину двигуна для забезпечення більшої кращої теплопровідності.

Давачі такого типу випускає компанія ISM.

Давач температури рушійного двигуна зображено на рисунку 4.10.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



Рисунок 4.10 – Давач температури ISM [27]

4.12 Рушійний двигун

У якості рушійного двигуна було обрано безщітковий двигун постійного струму. Безщітковий двигун постійного струму приводиться в дію електронним приводом, який перемикає напругу живлення між обмотками статора, коли ротор обертається. Положення ротора контролюється перетворювачем (оптичним або магнітним), який подає інформацію на електронний контролер і на основі його положення визначається обмотка статора, на яку буде подана напруга у даний момент. Цей електронний привід складається з транзисторів (2 для кожної фази), які управляються через мікропроцесор. Магнітне поле, створюване постійними магнітами, взаємодіє з полем, індукованим струмом в обмотках статора, створюючи механічний момент. Електронна схема перемикання або привід перемикає струм живлення на статор таким чином, щоб підтримувати постійний кут від 0 до 90 градусів між взаємодіючими полями. Давачі Хола в основному встановлюються на статорі або на роторі. Коли ротор проходить через давач, він генерує високий або низький сигнал. На основі комбінації цих сигналів визначається обмотка, що підлягає живленню. Для того, щоб тримати двигун в

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

робочому стані, магнітне поле, що створюється обмотками, повинно зміщуватися в положення, коли ротор рухається, щоб наздогнати поле статора.

Коли ротор обертається, давач зчитує положення і подає високий або низький сигнал, залежно від полюса магніту. Давач підключений через резистор до транзисторів. Коли на виході датчика виникає сигнал високої напруги, транзистор, підключений до котушки, починає проводити струм, таким чином забезпечує живлення котушки. Конденсатор починає заряджатися до повної напруги живлення. Коли давач виявляє зміну полярності ротора, він розвиває сигнал на низькій напрузі на своєму виході і, оскільки транзистор не отримує ніякого живлення, він перебуває в стані відсічки. Двигуни такого типу мають закріплені постійні магніти, які обертаються і фіксований вал, це усуває проблеми передачі струму до рухомого валу. Електронний контролер замінює комутаторний вузол щіткового двигуна постійного струму, який постійно перемикає фазу на обмотки, щоб змінювалось магнітне поле. Контролер виконує порівняльну синхронізацію розподілу потужності за допомогою твердотільної схеми замість системи комутатора.

Блок управління має кілька варіантів виконання. Він може бути реалізований з використанням мікроконтролера, ПЛК або подібного іншого блоку. Також використовують аналогові контролери, але вони не можуть обробляти інформацію зворотного зв'язку, а тому не можуть належним чином керувати двигуном. Якщо використовувати мікроконтролери як керуючий елемент можна реалізувати дуже ефективні алгоритми курування.

Швидкість безщіткового двигуна постійного струму можна контролювати, змінюючи вхідну напругу постійного струму. Чим вище напруга, тим більше швидкість. Коли напруга зменшується двигун працює зі швидкістю меншою за номінальну, а при збільшенні напруги швидкість досягає номінального значення.

Контроль швидкості у відкритому контурі передбачає просто керування напругою постійного струму, що подається на двигун.

Контроль швидкості у замкнутому контурі представляє собою керування вхідною напругою через зворотний зв'язок швидкості від двигуна. Напруга при

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

цьому контролюється в залежності від сигналу помилки.

Безщіткові двигуни мають наступні переваги перед щітковими:

- кращі характеристики швидкості і крутного моменту;
- висока динамічна відповідь;
- висока ефективність;
- тривалий термін служби через відсутність електричних втрат і втрат на тертя;
- безшумна робота.

Одним з кращих виробників двигунів такого типу є компанія maxon. Їх двигун, який має необхідні для розроблюваної системи характеристики має назву EC 45.

На рисунку 4.11 представлено двигун maxon EC 45.



Рисунок 4.11 – Двигун maxon EC 45 [28]

Потужність цього двигуна складає 50 Вт, напруга живлення 24 В. Він має високий крутний момент та відносно невисоку частоту обертів. Чотири двигуни

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

такого типу будуть забезпечувати рух робота. Також перевагою цього двигуна є те, що він входить у лінійку компактних, отже має невеликі розміри та вагу, що позитивно впливатиме на автономність робота.

4.13 Двигун приводу коліс

Для задач повороту валу двигуна на певний кут використовуються два типи двигунів: крокові та сервоприводи. Вони відрізняються двома ключовими моментами: їх конструкцією та як вони керуються. Крокові двигуни мають велику кількість полюсів, створених або постійним магнітом, або електричним струмом, зазвичай від 50 до 100 полюсів. Для порівняння, серводвигуни мають набагато менше полюсів, часто від 4 до 12. Кожен полюс представляє точку зупинки для вала двигуна. Більша кількість полюсів дозволяє кроковому двигуну рухатися більш точно і дозволяє керувати кроком без будь-якого зворотного зв'язку для багатьох застосувань. Серводвигуни часто вимагають кодування положення, щоб відстежувати положення вала двигуна, особливо якщо потрібна точність.

Управління кроковим двигуном набагато простіше, ніж керування сервоприводом. З кроковим двигуном, один імпульс приводу перемістить вал двигуна на один крок, від одного полюса до наступного. Оскільки розмір кроку заданого двигуна є фіксованим то для переміщення в точне положення просто необхідно передати необхідну кількість імпульсів. На відміну від цього, серводвигуни зчитують різницю між поточним положенням валу і положенням, якого треба досягти, та регулюють струм, необхідний для переміщення в правильне положення.

Для випадків, де потрібна висока швидкість і високий крутний момент, серводвигуни мають перевагу. Максимум, що може видати кроковий двигун це приблизно 2000 обертів на хвилину, а сервомотори мають швидкості у рази більші. Сервоприводи також підтримують свій крутний момент при високій швидкості, до 90% від номінального.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Сервомотори також більш ефективні, ніж крокові двигуни, їх коефіцієнт корисної дії складає приблизно 80-90%. Тому вони будуть більш енергоефективними.

Таким чином виявляється, що сервоприводи більш ефективні та мають більші оберти та крутний момент. Але з іншого боку крокові двигуни простіші, а отже надійніші. Для поставленої задачі перед цим вузлом нема необхідності розвивати великі оберти, а великий коефіцієнт корисної дії буде непомітним при тієї кількості роботи, яка буде виконуватись цим двигуном. Отже у якості приводу коліс має використовуватись кроковий двигун. Двигун з показниками, які підходять для даної задачі є STF2818X0504-а компанії Nanotec.

На рисунку 4.12 зображено кроковий двигун Nanotec STF2818X0504-а.

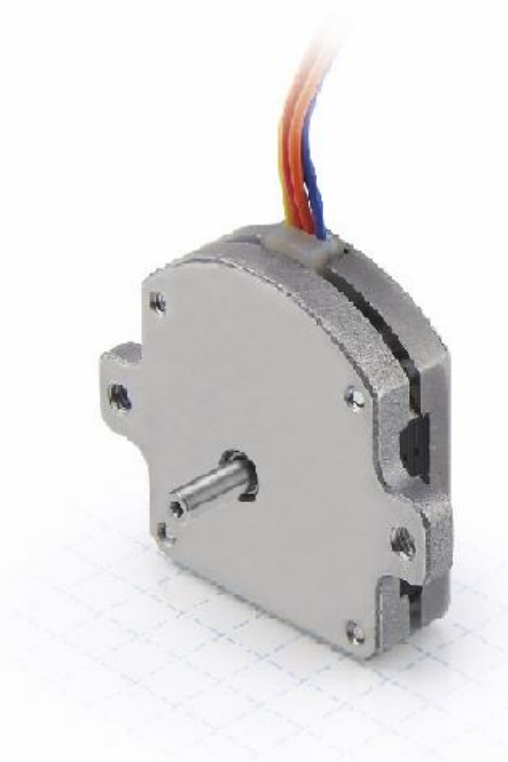


Рисунок 4.12 – Кроковий двигун Nanotec STF2818X0504-а [29]

Цей двигун виконано у плоскому форматі, що дуже важливо для даного вузла, оскільки він буде розміщуватись у місці, де буде бракувати простору. Також цей двигун має достатньо високий крутний момент.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

4.14 Модуль супутникового інтернету

Модуль супутникового інтернету необхідний у розроблюваній системі для передачі роботами інформації, яку вони накопичують під час дослідження. Застосування саме супутникового зв'язку обумовлено тим, що роботи можуть знаходитись у місцях, де немає інших видів підключення до мережі Internet. А супутникове підключення буде працювати навіть у найвіддаленіших точках планети. Для вирішення цієї проблеми було застосовано систему Iridium. Дана система має таку кількість геостаціонарних супутників, що вони надають можливість отримати підключення до інтернету з будь-якої точки на Землі. Для зв'язку із супутниками необхідно застосувати їх модуль Iridium 9602.

На рисунку 4.13 зображено модуль Iridium 9602.



Рисунок 4.13 – Супутниковий модуль Iridium 9602 [30]

Даний ресивер забезпечує швидкісне підключення до мережі інтернет. Перед використанням до нього необхідно під'єднати антену та підключити до інтерфейсу передачі даних.

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

4.15 GPS модуль

Модуль глобальної системи позиціонування використовується у системі для відстеження робота та задання початкової точки координат перед початком дослідження. GPS – навігаційна технологія, яка за допомогою супутників повідомляє точну інформацію про місцезнаходження. В основному система GPS складається з групи супутників і приймачів на Землі. Кожен супутник має стабільний атомний годинник. Супутникові годинники синхронізуються один з одним і з наземними годинниками. GPS-приймач також має годинник, але він не синхронізований і менш точний. Будь-яке відхилення фактичного часу супутників повинно виправлятися щодня. Під час прийому сигналу з модуля GPS необхідно обчислити чотири величини: три координати та час, обчисливши їх можна дізнатися положення об'єкта. Робота приймача GPS полягає в отриманні сигналів від мережі супутників для обчислення трьох основних невідомих рівнянь часу і положення. Для підключення до системи GPS необхідно мати оброблюючий модуль. Такий модуль виготовляє компанія Nex Robotics.

На рисунку 4.14 зображено GPS модуль Nex Robotics MT3333.



Рисунок 4.14 – GPS модуль Nex Robotics MT3333 [31]

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Цей модуль засновано на чіпсеті MT3333 від MediaTek. Він має досить хорошу чутливість з дуже гарними показниками роботи навіть в умовах міста. Це один з найбільш часто використовуваних GPS у наземних роботів. Він має 66 каналів для GPS-стеження. GPS приймач оброблює дані зі швидкістю оновлення 1 секунда при 9600 біт за секунду.

4.16 Модуль бездротового зв'язку

Даний модуль призначений для комунікації роботів між собою. Для забезпечення зв'язку об'єкта системи з кожним застосовують технології LTE та Wi-Fi у режимі пристрій-пристрій. Зв'язок у режимі пристрій-пристрій це вдосконалена технологія передачі даних, розроблена для підвищення ефективності роботи мережі. У LTE direct та Wi-Fi direct, D2D-комунікаційні пристрої можуть взаємодіяти один з одним за допомогою захищеного протоколу передачі даних, аналогічного з роботою з базовою станцією.

Даний режим дозволяє підтримувати зв'язок з усіма елементами системи навіть якщо поблизу немає базових станцій, або якщо робот знаходиться у підвальному приміщенні або за товстими бетонними стінами. Таким чином система стає автономнішою. Обидві технології LTE та Wi-Fi добре реалізують цей режим роботи. Але у LTE застосовується така довжина радіохвилі, яка дозволяє передавати сигнал на більш далекі відстані та через більші перешкоди. Тому саме вона має застосовуватись у даній системі.

Для ралізації комунікації роботів у такій мережі необхідно мати LTE модуль, такі модулі виготовляє компанія Quectel. Модель яка була обрана для системи називається EM 20. Вона оптимізована спеціально для роботи з інтернетом речей та підтримує високошвидкісне підключення до інтернету. Також вона містить дуже швидкісний інтерфейс передачі даних SATA M2, це дозволить налагодити стабільний канал зв'язку з обчислювальним пристроєм.

На рисунку 4.15 зображено LTE модуль Quectel EM 20.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



Рисунок 4.15 – LTE модуль Quectel EM 20 [32]

4.17 Камера 360°

Для того щоб на основі мапи дослідженої території можна було зробити об'ємну модель на роботі повинна бути розміщена панорамна камера. Така камера буде знімати наволишне середовище, роблячи зклеювання фото з декількох камер, знаючи де було зроблено фото можна відтворити простір у трьохвимірній моделі. Для цієї цілі гарно підійде камера компанії Dahua.

На рисунку 4.16 зображено панорамну камеру Dahua Panoramic.



Рисунок 4.16 – Камера Dahua Panoramic [33]

					<i>IA52.150БАК.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Камера Dahua Panoramic об'єднує вісім камер по два мегапікселі, що узгоджено працюють для створення панорамного фото на 360°. Крім того, камера пропонує інтелектуальну відеосистему, вбудований відеоаналітичний алгоритм, який забезпечує інтелектуальні функції для моніторингу сцени, виявлення вторгнень, автоматичного відстеження об'єктів.

4.18 Запам'ятовуючий пристрій

Для збереження даних про досліджену територію та службової інформації необхідно мати запам'ятовуючий пристрій. Найбільш поширені швидкісні зберігаючі пристрої працюють за технологією SSD. Але для обміну інформацією використовується два інтерфейси: SATA та NVMe. SATA – перевірений інтерфейс, зараз активно застосовують його третє покоління. Він дозволяє передавати дані зі швидкістю 6 Гбіт за секунду. Даний інтерфейс використовують для усіх типів накопичувачів інформації, тому він більш універсальний. NVMe – це інтерфейсний протокол, створений спеціально для твердотільних накопичувачів. NVMe працює з PCI Express для передачі даних з SSD-дисків. NVMe забезпечує швидке зберігання в комп'ютерних твердотільних накопичувачах і є поліпшенням порівняно зі старими інтерфейсами жорсткого диска (HDD), такими як SATA і SAS. SSD-пристрої мають чітку перевагу завдяки швидшому доступу через стандартний шину PCIe. NVMe був розроблений з нуля як новий спосіб ефективного доступу до пристроїв зберігання, спеціально побудованих накопичувачів з енергонезалежною пам'яттю – SSD. NVMe забезпечує більш швидкий інтерфейс для SSD. Отже цей інтерфейс має велику перевагу перед SATA, але через те що він достатньо новий немає великої кількості твердотільних накопичувачів даних з даним інтерфейсом. Також обраний мікроконтролер не підтримує такий протокол зв'язку і такі швидкості передачі даних. Тому необхідно використовувати SSD накопичувач зі стандарним SATA інтерфейсом. Одні з найкращих твердотільних накопичувачів випускає компанія Kingston.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Отже у якості накопичувача у розроблюваній системі буде використовуватися твердотільний накопичувач UV500 об'ємом 960 Гб.

На рисунку 4.17 зображено накопичувач Kingston UV500.



Рисунок 4.17 – Накопичувач Kingston UV500 [34]

4.19 Висновки до розділу

У цьому розділі було проведено огляд існуючих приладів, технологій на яких вони засновані та обрані ті що найкраще підходять до умв, пред'явлених до розроблюваної системи. Таким чином усі елементи та пристрої системи підібрані, а тому можна переходити на наступний крок проектування.

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

5 РОЗРАХУНКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Для демонстрації працездатності системи буде побудована модель руху робота в залежності від частоти обертів кожного з його двигунів. Модель буде відображати траєкторію переміщення робота, яка буде змінюватись, при зміні напруги на чотирьох рушійних двигунах. Для побудови моделі перш за все необхідно обрахувати потужність кожного двигуна, та дізнатись його механічні та електричні характеристики. Наступним кроком необхідно побудувати математичну модель роботи двигунів постійного струму та перенести цю модель у середовищі моделювання MATLAB / Simulink.

5.1 Розрахунок потужності рушійних двигунів

Потужність двигуна обчислюється за формулою

$$P_D = M_H \omega, \quad (5.1)$$

де P_D – потужність на вихідному валу приводу;

M_H – момент на вихідному валу приводу;

ω – кутова швидкість на вихідному валу приводу.

Обертальний момент на вихідному валу приводу можна розрахувати за формулою

$$M_H = F_t R, \quad (5.2)$$

де F_t – тягове зусилля;

R – радіус колеса.

Для обчислення тягового зусилля приводу необхідно використати формулу

					IA52.150БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$F_t = \mu mg, \quad (5.3)$$

де μ – коефіцієнт тертя;

m – маса об'єкта;

g – прискорення вільного падіння.

Маючи таке тягове зусилля робот зможе подолати силу тертя, щоб забезпечити прискорення необхідно його збільшити. Це можна зробити за формулою

$$F_a = ma, \quad (5.4)$$

де a – прискорення об'єкта;

m – маса об'єкта.

Об'єднавши формули (5.1), (5.2), (5.3), (5.4) отримуємо наступний вираз

$$P_D = (\mu g + a)mR\omega. \quad (5.5)$$

Обчислимо необхідну потужність двигунів постійного струму. Коефіцієнт тертя гуми з ґрунтовою дорогою дорівнює 0,5. Прискорення вільного падіння дорівнює $9,8 \text{ М/с}^2$. Для нормальної роботи робота прискорення необхідно прийняти за 10 М/с^2 . Маса робота складає 10 кг. Радіус колеса дорівнює 0,075 м. Кутова швидкість 470 дорівнює рад/с . За такої кутової швидкості робот зможе рухатись зі швидкістю 11.1 М/с . Підставивши усі величини, отримуємо загальну потужність приблизно 180 Вт. Враховуючи, що робот матиме чотири однакові двигуни, то потужність кожного має бути не менше ніж 45 Вт.

5.2 Розроблення моделі рушійних двигунів у пакеті MATLAB / Simulink

Роботу двигуна постійного струму можна описати такими формулами

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{di}{dt} = \frac{V}{L} - \frac{R}{L}i + \frac{K_{\varphi}}{L}\omega, \quad (5.6)$$

де i – струм;

t – час;

V – напруга на вході двигуна;

R – опір якоря;

K_{φ} – постійна якоря;

ω – кутова швидкість.

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{K_{\varphi}}{J}i - \frac{b}{J}\omega, \quad (5.7)$$

де i – струм;

t – час;

J – інерція двигуна;

b – опір двигуна;

K_{φ} – постійна якоря;

ω – кутова швидкість.

Отримавши значення необхідної потужності кожного двигуна було обрано безщітковий двигун постійного струму тахон ЕС 45. Він має такі механічні та електричні характеристики:

- $L = 0,00043$ Г;
- $K_{\varphi} = 0,0357$;
- $J = 0,0181$ кг м²;
- $b = 0,002$;
- $R = 0,264$ Ом.

Знаючи ці характеристики ми можемо змодельовати роботу двигуна у середовищі MATLAB.

На рисунку 5.1 зображено модель рушійного двигуна тахон ЕС 45

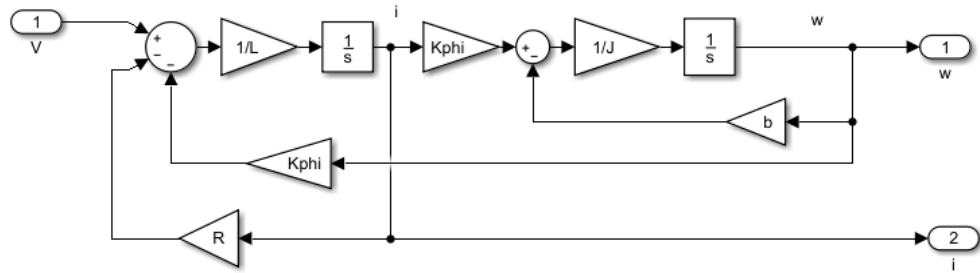


Рисунок 5.1 – Модель рушійного двигуна тахон ЕС 45 у середовищі
MATLAB / Simulink

Дана модель побудована на основі формул 5.6 та 5.7. Як видно з рисунку на вході приймається напруга живлення, а на виході ми маємо кутову швидкість валу двигуна та значення струму.

5.3 Розроблення моделі системи керування рухом авторобота у пакеті MATLAB / Simulink

Для побудови траєкторії переміщення робота в залежності від швидкості кожного з чотирьох двигунів необхідно побудувати модель рухомої частини робота. Вона має містити чотири двигуни, по одному на кожне колесо. Регулювання швидкості двигунів повинно бути з лівого та з правого боку, оскільки швидкість коліс з одного боку повинна бути рівною для забезпечення рівномірного руху. Зменшуючи швидкість обертів двигунів з одного боку робот буде рухатись з відхиленням у цю сторону.

На даній моделі розміщуються чотири рушійні двигуни, модель яких описано вище, вони регулюються за допомогою пропорційно-інтегрально-диференціюючого регулятора таким чином, що він отримує на вхід бажану кутову швидкість, а на виході двигуна ми маємо таку ж дійсну кутову швидкість. Далі необхідно знизити кількість обертів. Максимальна кількість обертів рушійного двигуна складає 4500 об/хв . Максимальна швидкість робота складає $11,1 \text{ м/с}$, радіус колеса дорівнює 0.075 м . Для регулювання роботи двигуна було використано пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для налаштування такого регулятора у пакеті MATLAB застосовано блок PID, який дозволяє визначити коефіцієнти за бажаними характеристиками перехідної функції. Для того щоб синтезувати такий регулятор необхідно визначити бажані показники перехідного процесу.

На рисунку 5.2 зображено вікно налаштування регулятора.

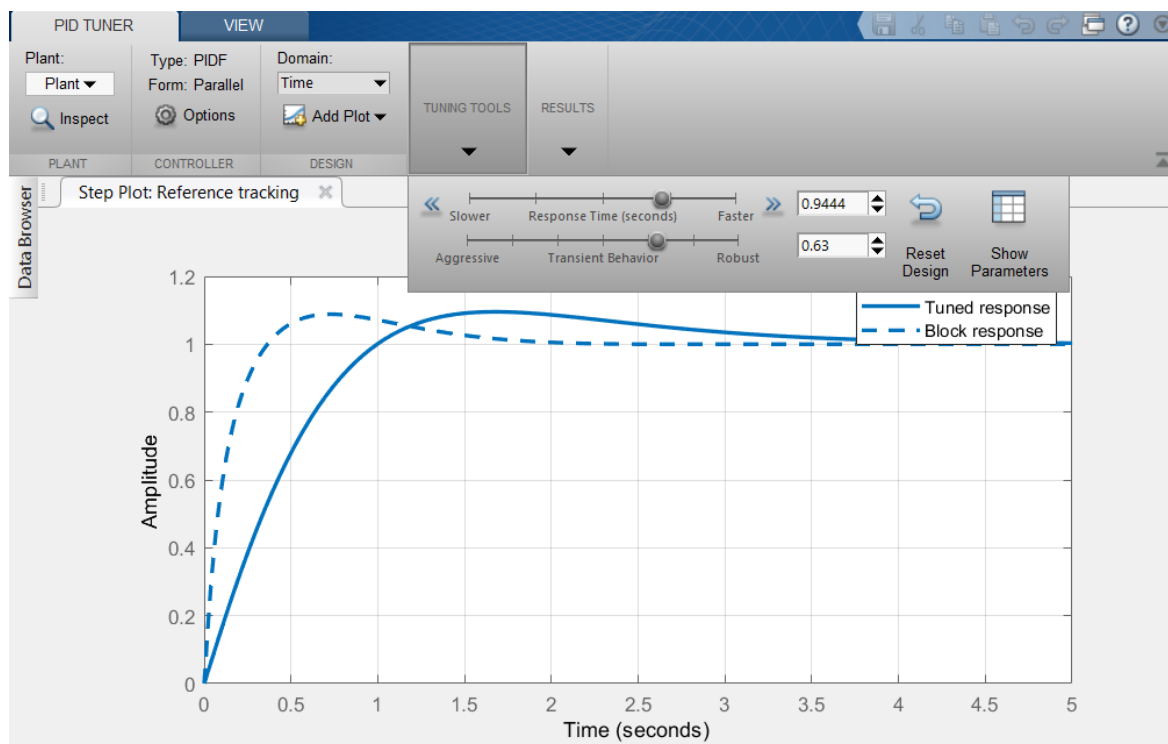


Рисунок 5.2 – Вікно налаштувань регулятора у MATLAB / Simulink

Для налаштування регулятора маємо два параметри. Змінюючи перший повзунок, є можливість зробити перехідний процес або більш швидким але і з більшою помилкою, або навпаки повільніший та з меншою похибкою. Другий параметр відповідає за згладжування похибки у системі. Якщо він буде виставлений у мінімальне положення, процес буде швидко реагувати на похибку, у іншому випадку процес буде проходити більш плавно. Таким чином за допомогою цих налаштувань ми забезпечуємо перехідний процес, який задовольняє вимоги до системи керування рухом.

На рисунку 5.3 зображено коефіцієнти, визначені за допомогою блоку PID MATLAB / Simulink.

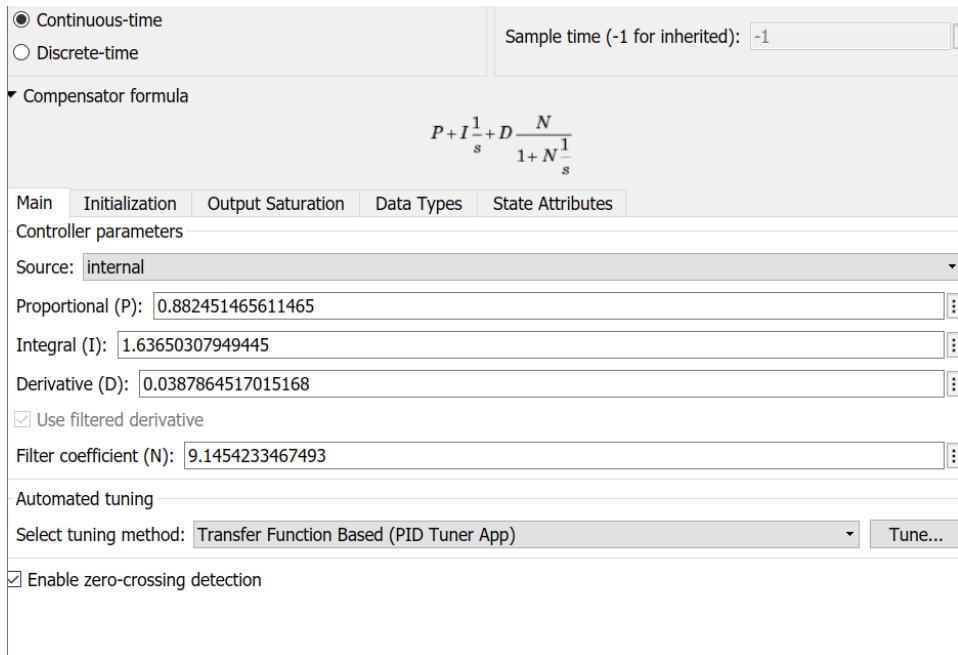


Рисунок 5.3 – Отримані коефіцієнти ПІД-регулятор

На рисунку 5.4 зображено модель визначення траєкторії руху в залежності від швидкості коліс. Детально схему зображено на кресленику IA52.150БАК.005 ДЗ.

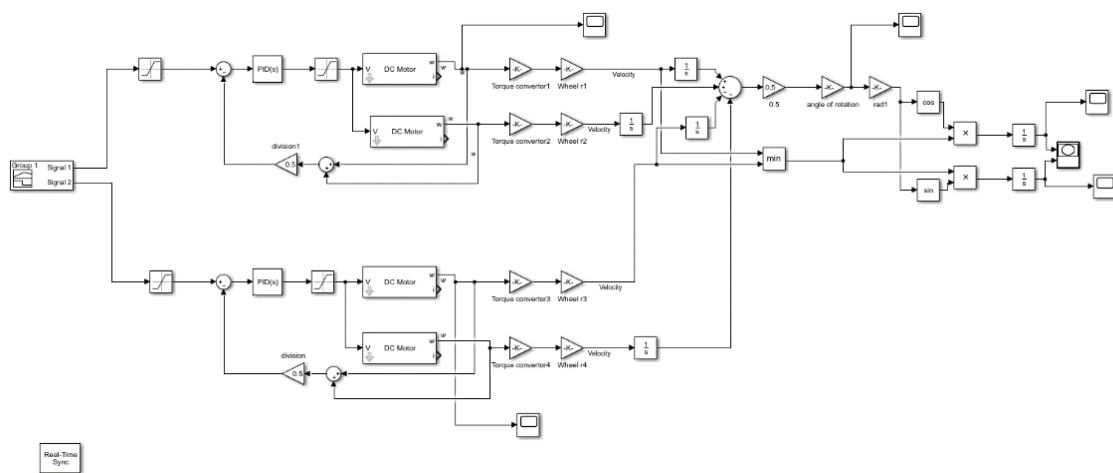


Рисунок 5.4 – Модель визначення траєкторії руху у MATLAB / Simulink

Таким чином, при заданій частоті обертів двигуна його швидкість складатиме $35,325 \text{ М/с}$, тому необхідно знизити частоту обертів двигуна майже у 3,2 рази. Для цього на схемі є блок torque convertor. Для переходу від кутової швидкості до лінійної множимо кутову швидкість після редуктора на радіус колеса. Для побудови траєкторії шляху необхідно знати різницю між пройденим

шляхом лівої та правої частини робота. Для цього необхідно взяти інтеграл по швидкості лівої та правої частини та знайти різницю цих величин.

Принцип знаходження кута повороту робота зображено на рисунку 5.5.

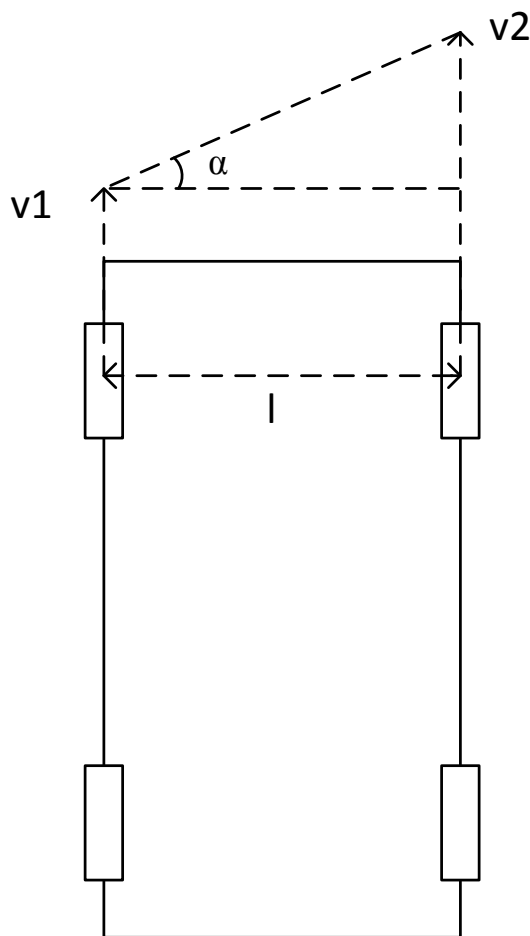


Рисунок 5.5 – Принцип знаходження кута повороту робота

На цьому рисунку видно, що для знаходження кута повороту необхідно знати різницю шляхів пройдених лівою та правою стороною та довжину осі.

Оскільки довжина осі нам відома, а різниця шляхів вимірюється динамічно, то можна динамічно обчислювати кут повороту робота. Даний кут задає напрямок руху при моделюванні. Отже ми знаємо модуль швидкості робота та напрямок його руху. Таким чином можна побудувати графік траєкторії його руху. Він буде відображатися у системі двомірних координат.

На рисунках 5.6 та 5.7 зображено траєкторії руху при різних параметрах швидкості рушійних двигунів. Більш інформативні графіки містяться на кресленику IA52.150БАК.005 Д4.

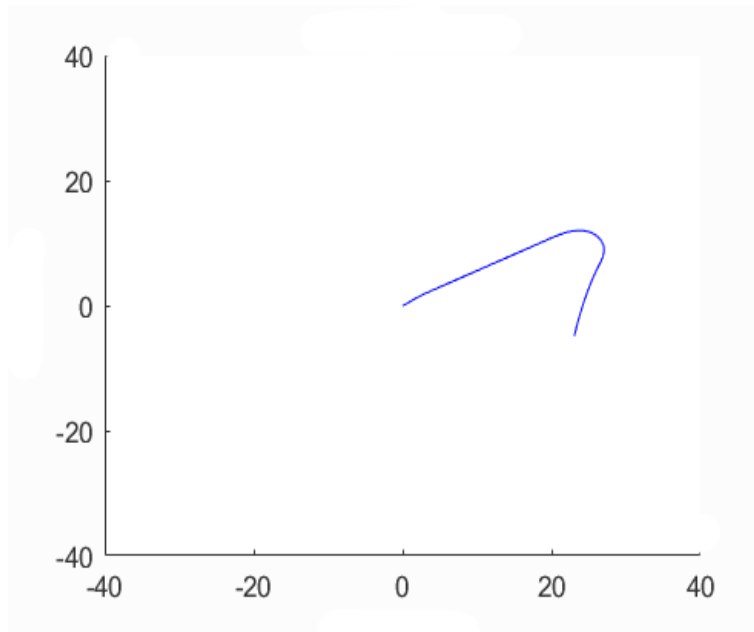


Рисунок 5.6 – Траекторія руху робота

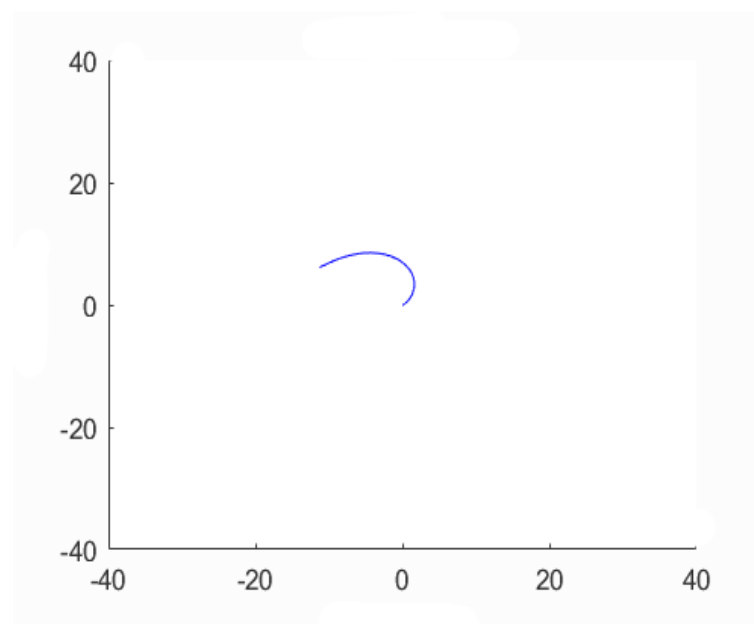


Рисунок 5.7 – Траекторія руху робота

Дані графіки відображають траекторію руху робота в залежності від налаштувань швидкості руху коліс. Дана модель добре описує поведінку системи. Вона відображає не тільки пройдений шлях, а також дає змогу відстежувати швидкість робота та його прискорення. Це дозволяє пересвідчитись у тому що, всі математичні обчислення проведені вірно і робот рухається як і передбачалось.

5.4 Висновки до розділу

У даному розділі були розглянуті аспекти, що стосуються математичної моделі робота та моделі у середовищі MATLAB. Під час проектування системи моделювання використовується для спостереження за поведінкою системи без її фізичної реалізації. Це допомагає зберегти час та кошти під час розробки. У даному випадку було розглянуто лише частину тих процесів, які необхідно відтворити. Було змодельовано роботу рушійних двигунів, на базі них, відтворено переміщення робота. Модель надає змогу спостерігати за зміною більшості фізичних величин, які стосуються руху приладу. За допомогою цих даних можна проводити експерименти та прийняти такі умови, які важко було б відтворити у реальності. Інформація, яку ми отримали під час моделювання дає змогу стверджувати, що система має робочі характеристики.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

6 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПІВ ВЗАЄМОДІЇ АВТОРОБОТІВ

Для функціонування багатоагентної системи необхідно мати алгоритм керування нею. Як було зазначено у першому розділі розроблювана система буде застосовувати підходи організаційно-орієнтованих методологій та буде відкритою, тобто вона може містити різну кількість роботів. Кількість роботів може також змінюватись під час роботи (знищення або втрата зв'язку з одним з агентів). Але навіть при втраті роботів система має продовжувати функціонувати. Система складається виключно з гомогенних елементів. Це дає також дає більшу гнучкість системі за рахунок того, що вона не залежить від того, що один з роботів вийшов з ладу та не може виконувати деякі функції. Його функції візьме на себе інший робот, який має таке ж саме обладнання. Для кращого розуміння того, як буде організовано роботу системи було побудовано схему, яка наводиться у додатку А. Дана схема розроблена за допомогою нотації, яка має назву Agent-Object-Relationship Metamodel. Вона розроблена на основі підходів об'єктно-орієнтованого проектування та застосовується спеціально для розробки багатоагентних систем.

Схема роботи розпізнавання середовища включає в себе дві основні сутності:

- центр керування;
- багатоагентна система.

Центр керування призначений для налаштування сукупності роботів для продуктивної взаємодії та отримання інформації про досліджену територію від багатоагентної системи. Багатоагентна система складається з роботів-агентів, основною метою яких є дослідження простору.

Центру керування відповідає за керування роботою сукупністю агентів. Його основна мета – дати завдання агентам та отримати очікувані результати. Сутність центру керування має такі інтерфейси роботи з системою:

- призначення головного керуючого агента;
- установка налаштувань системи;

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

- установка норм системи.

Для початку роботи системи необхідно визначитись з тим, який з роботів буде координувати роботу всієї сукупності агентів. Це рішення має прийняти центр керування. Насправді визначення керівника може прийматися всередині системи, наприклад за якимись статистичними даними, які відображають якість роботи даного робота, або навіть випадковим чином. Але оскільки система призначена для роботи у складних умовах, вона має бути доволі надійною. Роботи можуть знаходитись у різному технічному стані. А оскільки головний керуючий агент є єдиним у системі та виконує важливі функції він має працювати чітко. Саме тому його призначення виконується через центр керування.

Налаштування системи необхідне для того щоб агенти мали змогу отримати інформацію про нюанси роботи в конкретному середовищі, про структуру самої системи і т. д.

Установка норм системи є одним з ключових моментів роботи даної системи. Як уже було сказано у попередніх розділах, норми системи описують ті базові принципи поведінки кожного агента, які він використовує для формування власних принципів, цілей та мети. Отже для коректування роботи агентів необхідно правильно описати ці норми. Вони повинні відображати загальні звичаї поведінки роботів у організації.

Як було зазначено вище багатоагентна система складається з сукупності роботів-агентів. Кожен агент має одну з чотирьох ролей:

- головний керуючий агент;
- агент керуючий групою;
- агент ретранслятор;
- агент дослідник.

Ролі використовуються для призначення роботам певних обов'язків та тих чи інших функцій у системі. Ролі можуть бути складними, наприклад робот одночасно може бути і агентом-дослідником і агентом-ретранслятором. Це дає змогу бути системі більш гнучкою при наявності у ній різної кількості роботів.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Головний керуючий агент призначений для контролю роботи всієї системи. Цю роль виконує лише один робот, якого обирає центр керування. Дана роль передбачає такі покладені на агента функції:

- призначення ролей усім агентам;
- обробка та розповсюдження налаштувань системи;
- розповсюдження норм системи серед агентів;
- ретрансляція норм у правила;
- передача даних до центру керування;
- формування та видача завдання;
- управління обміном інформацією;
- формування груп.

Робот, який має роль головного керуючого агента повинен провести початкове призначення ролей у системі. Це робиться для розподілу обов'язків агентів у системі. Після призначення ролей кожен робот знає яким чином він може комунікувати з іншими роботами.

Для визначення елементами системи специфіки роботи у конкретному середовищі головний керуючий агент надсилає їм необхідну інформацію, надану центром керування.

Також у функції агента, який займає цю роль входить розповсюдження норм системи, які є необхідними для кожного робота.

Передача даних про досліджену територію до центру керування може відбуватися через головного керуючого агента, оскільки він збирає цю інформацію. Але у разі неможливості виконання цієї функції він може поручити її виконання будь-якому іншому роботу.

Головний керуючий агент формує загальне завдання для кожної групи роботів. Це завдання описує те, у яких межах повинне проводитись дослідження, яка інформація необхідна після його завершення і т. д.

Управління обміном інформацією має на увазі те що, якщо якомусь роботу потрібна деяка інформація, яку він не знає як отримати, він має відправити запит до головного керуючого агента. Той у свою чергу має відповісти на звернення чи

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

перенаправити до іншого агента.

Ретрансляція норм у правила необхідна для забезпечення робота такою інструкцією яка б давала йому можливість приймати рішення у конкретних ситуаціях. Генерація цих правил проходить окремо у кожного робота. Це дозволяє по різному інтерпретувати норми системи, в залежності від цілей конкретного робота.

Через те, що обчислювальні можливості роботів обмежені, доцільно розбивати усю сукупність на менші групи. Це забезпечить стабільну роботу усієї системи. Для формування груп необхідна деяка інформація про стан системи та її налаштування. Перш за все потрібно знати яка кількість роботів наявна у системі. По-друге, потрібно продивитись налаштування системи, чи є якісь обмеження щодо кількості агентів у групі. Користуючись цими даними головний керуючий агент може розподілити роботів на декілька груп.

Наступна роль, яка буде розглянута більш детально – керуючий групою агент. Основна задача роботів, що приймають дану роль – координувати роботів, які входять до цієї групи. Їх функції:

- розподіл напрямків дослідження;
- попередня обробка інформації про дослідження;
- передача оброблених даних;
- обробка службових запитів;
- зміна ролей у межах групи;
- ретрансляція норм у правила.

Розподіл напрямків дослідження необхідний для розпаралелювання роботи системи. Знаючи завдання, отримане від головного керуючого агента, а також кількість роботів у групі та їх ролі керуючий групою агент має розподілити всіх роботів таким чином, щоб їх робота не перетиналась. Забезпечення такого підходу досягається завдяки обміну службовими повідомленнями між роботами. Коли один з агентів-дослідників отримав завдання дослідити територію у якомусь напрямку, він слідує туди. Коли він досягає місця, про яке ще невідомо системі. Він має змогу оцінити його.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Якщо він бачить, що приміщення має багато виходів він надсилає повідомлення агенту керуючому групою про те, що структура приміщення складна і йому може знадобитись допомога. Коли з'являться вільні роботи агент керуючий групою може направити ще одного агента для більш швидкого дослідження. У разі якщо приміщення є тупиковим агент надсилає повідомлення про те, що він скоро закінчить роботу і може бути застосований у іншому місці.

Попередня обробка інформації забезпечує виявлення та усунення надлишкової інформації про дослідження. У разі коли роботи надсилають інформацію про одне й теж місце необхідно перевірити, що інформація співпадає, і якщо так, то видалити надлишкову частину. Це зменшить навантаження на мережу передачі даних між роботами та до центру керування.

Виконавши попередню обробку даних про досліджувану територію її необхідно передати на вищій рівень для подальшої обробки.

Обробка службових запитів має на увазі отримання запитів, які стосуються роботи агентів у групі та відповіді на них в залежності від стану системи. Прикладом такого запиту може бути повідомлення про недостатньо високу швидкість передачі даних між агентом дослідником та агентом керуючим групою. У разі надходження такого запиту агент керуючий групою має направити агента ретранслятора, якщо є така можливість, для забезпечення кращого зв'язку.

Зміна ролей у межах групи необхідна для динамічної зміни структури групи. Якщо, наприклад, стіну у досліджуваному приміщенні тонкі, а отже сигнал достатньо потужний, то немає необхідності у агентах ретрансляторах. Можна надати їм ролі дослідників та тим самим прискорити роботу.

Агенти ретранслятори забезпечують більш якісний сигнал між агентами за рахунок приймання інформації, її обробки та передачі далі. Вони виконують функції:

- попередня обробка інформації про дослідження;
- збір та передача інформації між агентами;
- надсилання службових запитів;

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- ретрансляція норм у правила.

Збір та передача інформації між агентами є основною задачею для роботів, приймаючих цю роль. Якщо між двома агентами слабкий рівень сигналу необхідно передати інформацію між ними за допомогою третього агента. Він мусить або прийняти таке положення у приміщенні, яке б забезпечило однаково гарний рівень сигналу з обома роботами або переміщуватись між цими агентами кожного разу передаючи нову порцію інформації. Вибір режиму залежить від умов оточуючого середовища.

Попередня обробка інформації про дослідження має на увазі майже те ж саме що й у функціях агента керуючого групою, відмінністю є лише те, що агент ретранслятор отримує інформацію не від усіх агентів групи, а лише від тих, що потребують передачі даних через нього.

Надсилання службових запитів необхідне для інформування агентів вищих рівнів про необхідну допомогу, закінчену роботу, несправність і т. д.

Агенти дослідники беруть на себе роботу що стосується безпосередньо отримання даних про досліджувану територію. Виконують наступні функції:

- дослідження простору;
- передача інформації про дослідження;
- надсилання службових запитів;
- ретрансляція норм у правила.

Дослідження простору – основна задача, покладена на роботів, які виконують цю роль. Вони мають зібрати всю необхідну інформацію про місцевість. Перелік даних, які необхідно мати на виході надходить з центру керування та передається до агентів від головного керуючого агента. Знаючи, яка інформація потрібна та знаючи напрямок дослідження робот розпочинає роботу.

Після того як робот заповнив більшу частину накопичувача даних він має передати збережену інформацію до агента керуючого групою для запобігання втрати цих даних. Значення функції, що залишилися описано вище.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання проекту було розроблено багатоагентну систему по розпізнаванню місцевості. Розробка даної системи складалась із двох основних частин: проектування робота – агента, який є ланкою у системі та налагодження взаємодії між роботами. Перед проектуванням системи було розглянуто основні підходи як до розробки багатоагентних систем так і до розробки роботів. Було оброблено велику кількість інформації щодо існуючих методологій побудови систем такого типу та знайдено багато нюансів при їх проектуванні. Під час розглядання готових рішень було визначено, що основними проблемами, які вирішують розробники є:

- автономність системи;
- розпаралелювання роботи агентів;
- забезпечення стабільного зв'язку між агентами.

Отже, під час проектування системи було докладено багато зусиль для вирішення саме цих проблем. Було використано енергоефективні виконавчі та обчислювальні пристрої, що забезпечить довгу тривалість роботи системи. Наявність агентів ретрансляторів дозволяє забезпечити високий рівень сигналу між роботами, а отже передача даних стає більш швидкою. Роботу агентів було спроектовано таким чином, щоб вони досліджували різні частини місцевості, маючи спільні точки лише в незначній кількості місць. Таким чином дана система вирішує актуальні проблеми у цій сфері.

Для проектування робота-агента було створено його часткову математичну модель. Вона дає необхідну інформацію для вибору деяких виконавчих пристроїв. На базі математичної моделі та характеристик обраних пристроїв було побудовано модель у пакеті MATLAB. Дана модель описує рух робота, його швидкість, прискорення та головне – траєкторію руху. При моделюванні було виявлено, що усі обчислення було проведено вірно, та робот має бажані характеристики.

Розроблена система відповідає усім висунутим до неї вимогам. Усі вузли

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спроектовано для довгої експлуатації у складних для техніки умовах. Давачі та обчислювальні пристрої мають захист від пилу та вологи IP68. Рушійні електродвигуни постійного струму виконані за безщітковою технологією. Вона відрізняється від інших високою надійністю. Робота усієї системи побудована таким чином, що робота не припиняється навіть у разі коли втрачається зв'язок з деякими роботами чи вони виходять з ладу. Це також забезпечує певну надійність та стабільність у роботі.

Отже, розроблена система є достатньо надійною для роботи у складних умовах та вирішує актуальні проблеми, які є у цій сфері на даний момент.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Thomas Juan, Adrian Pearce, Leon Sterling. ROADMAP: Extending the Gaia Methodology for Complex Open Systems.
2. Virginia Dignum, Javier Vazquez-Salceda, Frank Dignum. OMNI: introducing social structure, norms and ontologies into agent organizations.
3. Nwana, H. Software Agents: An Overview. The Knowledge Engineering Review 11 (3). 1996.
4. F. Dignum. Autonomous Agents with Norms. AI and Law, 7:69–79, 1999.
5. V. Dignum. A Model for Organizational Interaction: based on Agents, founded in Logic. SIKS Dissertation Series 2004-1. SIKS, 2004.
6. Arkin, R.C., 1989. Motor Schema Based Mobile Robot Navigation", International Journal of Robotics Research, vol 8(4).
7. Klavins, E., Koditschek, D.: A formalism for the composition of concurrent robot behaviors. In: IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation. Volume 4 (2000).
8. Gerd Wagner. The Agent-Object-Relationship Metamodel: Towards a Unified View of State and Behavior.
9. Khatib, O «real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots», proc. iee int. conf. robotics and automation, p. 500, St. Louis.
10. Mataric, M., \Minimizing Complexity in Controlling a Mobile Robot Population", Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation.
11. Rosenblatt, J.: Damn: A distributed architecture for mobile navigation. In: Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence.
12. M. Farid, "Multi-Agent System Design Principles for Resilient Operation of Future Power System," in IEEE International Workshop on Intelligent Energy Systems, 2014.
13. Werfel, J., Nagpal, R.: Extended stigmergy in collective construction. In: IEEE Intelligent Systems. Volume 21. (2006)
14. Burridge, Rizzi, R., A., Koditschek, D.: Sequential composition of dynamically dexterous robot behaviors. In: International Journal of Robotics Research.

					<i>IA52.150BAK.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

15. Lumia, R., Fiala, J., Wavering, A.: The nasrem robot control system and testbed. In: IEEE Journal of Robotics and Automation.
16. <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTMPnUDDI-HbwamNYDIV1v3fcmyYP6CmDdtsjkv-ujj3ewzlOMEqQ>
17. <https://ai2-s2-public.s3.amazonaws.com/figures/2017-08-08/a16003f75f7dea9344e5868800dfbdb2e551a600/2-Figure1-1.png>
18. https://lh3.googleusercontent.com/-G_ISEGCxdAaVojgfkIQ-7H9ATx7BKki2L8kXbC3uNCeWX2dAapGgeDzOaLg2azYyiDJk=s90
19. <https://lh3.googleusercontent.com/Srq3DrAG4rBL-zLycKSuBVsb7asHM3cxfCbXq2TAwSmYfcJ4G6OBWzB5LxFCeNCQNjefFA=s113>
20. <https://lh3.googleusercontent.com/x0hcEJmknSzVoBVKzas2UCoUx5PhtWpHnpOCO1kcJhxPTJFIXxEVY813B44qE2xheGk4LQ=s170>
21. https://lh3.googleusercontent.com/CRZtoTB_a7J1vJ9jKWZuAIu1zuJ-D3C_dX6fs8UjKWT7PynKV2MBs-DhEGWSx-D6T8Tg=s97
22. https://lh3.googleusercontent.com/Q81dSPs5J_Yoro7Rit6p4yh6_R6XD54m1oQruaiZ-Hjloe3JeKwsEoLkCpBTUoRLUFrtiw=s113
23. https://lh3.googleusercontent.com/aldlgpVH_QojtRZJ-jnsn7-SGMT5GsRFBW6m7ggzKn6sPBav3gX_PTphRsKvsYOLR5Lg=s89
24. https://lh3.googleusercontent.com/5U77qTVAggge-m3rKR24D8aMI4gCKkiFf-asuxj3Pa19UoSS-9l_3Ce0kAy8Mvu65F42Vw=s85
25. <https://lh3.googleusercontent.com/OwNtmwSfiAdrON1mDgu9eYHN0JEWxGPPArPLdrAHKTQTNrWcfxY-QYfZZXTtoA20506M62Q=s85>
26. <https://lh3.googleusercontent.com/AWeBC8mLX0YC-1P4CLOGuYpt2APQZMVt3V-S1Ge3ZW70niRIIdFcmX2V4Clf-EJl6KmqTQ=s85>
27. https://lh3.googleusercontent.com/QLZvqP5PR3_VEDFlGvekuybf4zbT1xqLta6gqKmskD30tuM2l_MMJCr2GDsz3sRlnq8=s98
28. https://lh3.googleusercontent.com/3OHB0rzCmFswZWQXSws_kUPStZW1MNyOhow7YIuZEG_F8ZEdeaF0s0YKl195io_GQUaU=s170

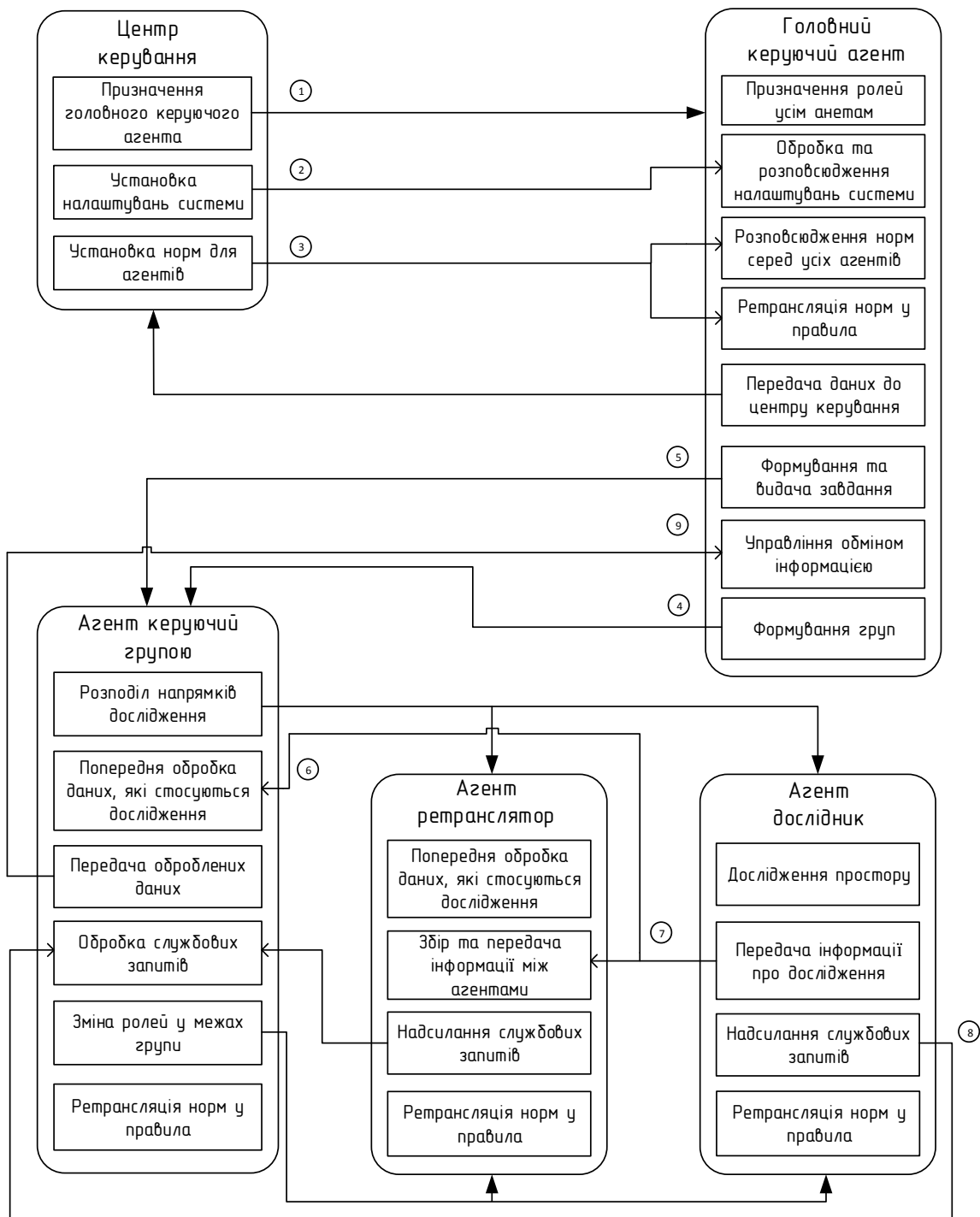
					IA52.150BAK.005 ПЗ	Арк. 74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. https://lh3.googleusercontent.com/3lc3nMBxJdzZmuy9Pwglh3D7vQ6vzR10mqE0P5akNMCmivsUOI2k-7_d6kkbO8cTgYxPDg=s85
30. https://lh3.googleusercontent.com/EHnVmT4u_XAx1soe6_cxOOo8PIEuzWEiTCNFkTIGaUI84-gmERVEhQyH5nX2KZ6nGF2t9w=s109
31. https://lh3.googleusercontent.com/7qBgRkkg9e4ZDngJIUDLa5qm3_8nrNnToAda-NtBt_f6syqS_tDMvB1beCFYY-3s-0ibLWg=s85
32. https://lh3.googleusercontent.com/30tJxg18G548WP9kBLz6N0Af2V32PNpSxLkEI33_nS10iNczYmtLDoz20Cw0vwCmRrGG=s89
33. https://lh3.googleusercontent.com/CnWhuuaSRbbyoam9tD55CzJ1K1ZI8_4NvNscoii3rIkkf76pbmGNPKK_fzdCN841tlWX=s85
34. https://lh3.googleusercontent.com/VRvWBaCbvlwmyXguFNY2i9aBVt1rTeCrEblAEUPwjHYkNkUdMm_VmZocpGx0RxIoPXWO01k=s121

					<i>IA52.150БАК.005 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

ДОДАТОК А

Схема принципу взаємодії автороботів



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата