

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему: «Автоматизація процесу руху гоночної міні машини»

Здобувача групи СУ-01

Дарченка Дмитра Андрійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Дарченка Дмитра Андрійовича

Керівник

к. ф.-м. н., доцент - В'ячеслав ЖУРБА
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-01 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	42		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A1	СУ-01 6.151.01 А2	Система. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-01 6.151.01 ПЕ	Система. Перелік елементів	1		
7	A3	СУ-01 6.151.01 А1	Система. Схема структурна	1		
8	A4	СУ-01 6.151.01 А3	Схема принципово-електрична	4		

					СУ-01.6.151. 07.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Дмитро Дарченко			Автоматизація процесу руху гоночної міні машини. Відомість проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		В'ячеслав Журба						
Реценз.						СумДУ, СУ-01		
Н. Контр.								
Затверд.		Петро ЛЕОНТЬЄВ						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

Дарченка Дмитра Андрійовича

(Прізвище, Ім'я, По-батькові повністю)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація процесу руху гоночної міні машини

затверджена наказом ректора СумДУ № 0312-VI від " 29 " березня 2024 р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 31 " травня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Звіт з переддипломної практики, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалами опису відповідної установки

4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):

Актуальність створення гоночної міні машини, огляд існуючих передумов для створення робота, створення схеми платформи, підбір засобів автоматизації, висновки до роботи

5. Перелік графічних матеріалів:

14 рисунків, 12 джерел, 3 таблиці

6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання та огляд літератури за темою роботи	10.05.2024 – 11.05.2024
2	Розглядання всіх технологічних питань щодо створення міні машини	12.05.2024 – 16.05.2024
3	Створення моделі платформи	17.05.2024 – 21.05.2024
4	Складання схем та моделювання датчиків для системи керування швидкістю і поворотами	21.05.2024 – 25.05.2024
5	Формування висновків	26.05.2024 – 28.05.2024
6	Оформлення проекту	29.05.2024 – 31.12.2024

7. Дата видачі завдання "1 " травня 2024 р.

Керівник проекту:

Доцент кафедри

к. ф.-м. н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

В'ячеслав ЖУРБА
(ім'я та прізвище)

Здобувач:

студент гр. СУ-01
(шифр групи)

(підпис)

Дмитро ДАРЧЕНКО
(ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування гоночної міні машини

Розробник:
студент групи СУ-01

Дмитро ДАРЧЕНКО

Погоджено:
к. ф.-м. н., доцент

В'ячеслав ЖУРБА

1. **Назва і галузь застосування:** автоматизація процесу руху гоночної міні машини, робототехніка.
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від 29.03.2024, інші договори або замовлення.
3. **Загальний опис об'єкта автоматизації:**
 - a) висока мобільність за рахунок використання декількох моторів;
 - b) передбачене орієнтування у просторі та уникнення зіткнень завдяки датчикам відстані;
 - c) є можливість керувати швидкістю проходження процесу;
 - d) зручне керування за допомогою пульта керування.
4. **Основні частини системи та структурна схема:**
 - a) описує основні частини системи, дає опис про їх функції та взаємозв'язки, повинен мати графічне зображення структури системи;
 - b) містить пульт керування який пов'язаний з технологічним процесом;
 - c) показує читачеві загальний план системи з віддаленого ракурсу;
5. **Опис блоків системи керування :**
 - a) розділ повинен мати підрозділи, у кожному підрозділі описується окремий блок;
 - b) опис блока повинен містити список функцій які повинен виконувати блок, після списку потрібно описати як саме буде реалізована кожна функція;
 - c) підрозділ детально описує елементи блока до найменших деталей включаючи моделі виконавчих механізмів та давачів, при необхідності повинен мати графічні зображення для кращого розуміння;
 - d) кожен підрозділ показує читачеві конкретну частину системи великим планом, наче знімок військової бази з супутника.
6. **Стадії та етапи проектування:**

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	1.05.23 - 05.05.23
2	Аналіз предметної області. Область застосування.
3	Вдосконалення системи автоматизованого керування станції рекуперації етилацетату
4	Розробка основних схем автоматизації.
5	Розробка SCADA системи
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації

7. Додатки:

Додаток А. Конструкторська документація:

- СУ-01 6.151. VI Структурна схема системи автоматизації гоночної міні машини.
- СУ-01 6.151. VI Функціональна схема системи автоматизації гоночної міні машини.
- СУ-01 6.151. VI Схема підключень гоночної міні машини.

АНОТАЦІЯ

Дарченко Дмитро Андрійович. Автоматизація процесу руху гоночної міні машини. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2024.

Дипломний проект містить у собі 43 аркуші пояснювальної записки, 14 рисунків, 6 схем та 3 таблиці. При виконанні було використано 12 джерел.

Цей проект присвячений дослідженню та аналізу автоматизованих систем керування гоночної машини робота. У роботі розглянуті датчики відстані та швидкості, що забезпечують рух робота. Окрім того, в звіті детально описані процеси, які були вивчені в ході проходження практики, що дозволяють створення структурних та функціональних схем гоночного автомобіля.

Отримані практичні знання корисні для фахівців у галузі автоматизації і також всім, хто цікавиться технологічними новаціями у цьому напрямку.

Автоматизований процес руху гоночної міні машини є важливим аспектом для мінімізації аварій і небезпечних ситуацій на треку. Ця система забезпечує автоматичне уникнення перешкод і стабільне поведіння на трасі.

Метою цієї роботи є розробка та впровадження системи управління гоночною машиною яка може забезпечити оптимальний рух автомобіля по трасі з урахуванням різних факторів, наприклад: траєкторія, швидкість руху, умови треку. Задля досягнення поставленої мети був розроблений комплексний підхід, який включає впровадження алгоритмів планування траєкторії та системи датчиків для збору інформації у режимі реального часу.

Ключові слова: гоночна машина, робот, автоматизований рух

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему:

«Автоматизація процесу руху гоночної міні машини»

Керівник проекту:

к. ф.-м. н., доцент

В'ячеслав ЖУРБА

Здобувач:

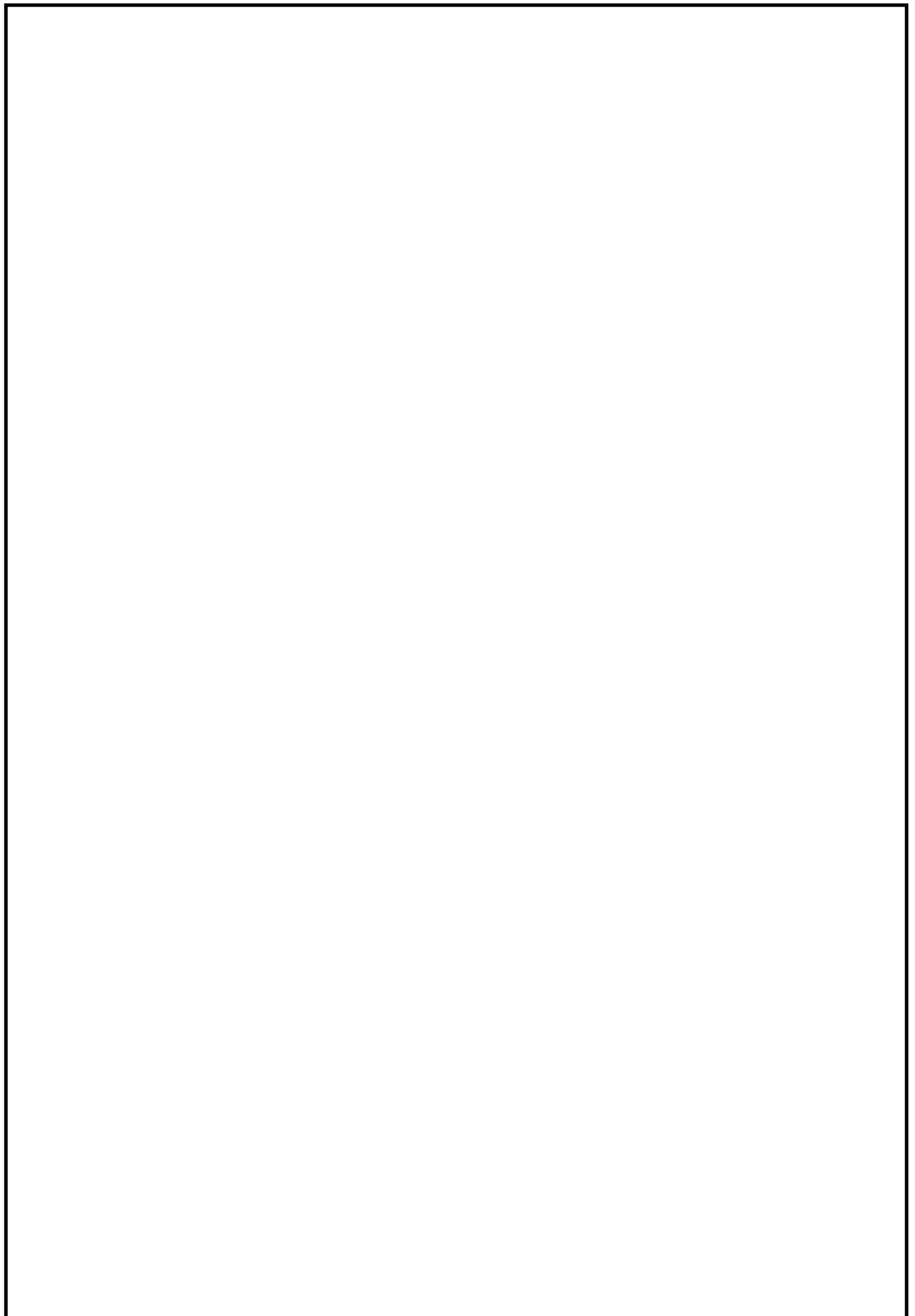
Студент групи СУ-01

Дмитро ДАРЧЕНКО

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1. АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ	6
1.1. Огляд існуючих систем автоматизації гоночних машин	6
1.2. DARPA Grand Challenge.....	6
1.3. Поява Roborace	8
1.4. Інші значущі проекти та досягнення	8
1.5. Сучасний стан та перспективи	9
2. АВТОМАТИЗАЦІЯ РУХУ МАШИНИ ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Задачі керування для гоночної машини	Error! Bookmark not defined.
2.2. Особливості конструкції гоночної машини.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Висновки до розділу.....	Error! Bookmark not defined.
3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ. Error! Bookmark not defined.	
3.1 Вибір мікроконтролера для платформи	13
3.2 Вибір виконавчих механізмів гоночної міні машини.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Вибір датчиків гоночної міні машини.....	19
4. ОПИС КОНТУРІВ КЕРУВАННЯ ГОНОЧНОЇ МІНІ МАШИНИ.....	25
4.1 Керування прискоренням гоночної машини.....	25
4.2 Керування швидкістю гоночної машини	27
4.3 Керування відстанню гоночної машини	31
4.4 Висновки до розділу.....	33
5. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ	35
5.1 Порівняння з існуючим рішеннями	35
5.2 Аналіз переваг та недоліків	36
5.3 Оцінка економічної доцільності	36
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	40

ДОДАТОК А					41															
<i>СУ-01.6.151. 07.ДП</i>																				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																
Розроб.		Дарченко Д.А.			<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"><i>Лім.</i></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"><i>Арк.</i></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"><i>Листів</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> <td style="text-align: center;">39</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"><i>СумДУ, СУ-01</i></td> </tr> </table>	<i>Лім.</i>		<i>Арк.</i>		<i>Листів</i>			2		39	<i>СумДУ, СУ-01</i>				
<i>Лім.</i>		<i>Арк.</i>		<i>Листів</i>																
		2		39																
<i>СумДУ, СУ-01</i>																				
Перевір.		Журба В.О.																		
Реценз.																				
Н. Контр.																				
Затвердив		Петро ЛЕОНТЬЄВ																		



					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						3
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

ГМ – гоночні машини

МК – мікроконтролер

ІС — послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем

GPIO (англ. General-purpose input/output) — інтерфейс для зв'язку між компонентами комп'ютерної системи

SPI — фактичний послідовний синхронний повнодуплексний стандарт передачі даних

DARPA Grand Challenge - Defense Advanced Research Projects Agency (Агентство перспективних оборонних досліджень)

IAC – Indy Autonomous Challenge

									Арк
									4
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ВСТУП

Автоматизація процесу руху гоночної машини є однією з найсучасніших та найперспективніших галузей у сфері автомобільних технологій та спортивних перегонів. Це питання набуває особливої актуальності в контексті розвитку технологій автономного водіння та штучного інтелекту, які обіцяють значно підвищити ефективність, безпеку та результати в автоспорті.

У гоночних автомобілях використовуються передові технології, щоб максимально підвищити продуктивність. Управління такими машинами є надзвичайно складним завданням, яке вимагає від пілотів високого рівня майстерності, швидкості реакції та вміння приймати рішення в умовах стресу. Автоматизація процесу керування гоночним автомобілем дозволяє істотно знизити людський фактор, знизити ризик помилок і підвищити стабільність і передбачуваність результатів. Крім того, автоматизовані системи можуть допомогти в зборі та аналізі великих обсягів даних, що дозволяє максимізувати стратегії перегонів і підвищує конкурентоспроможність команд.

Метою цієї роботи є розробка та впровадження системи управління гоночною машиною яка може забезпечити оптимальний рух автомобіля по трасі з урахуванням різних факторів, наприклад: траєкторія, швидкість руху, умови треку. Задля досягнення поставленої мети був розроблений комплексний підхід, який включає впровадження алгоритмів планування траєкторії та системи датчиків для збору інформації у режимі реального часу.

Для реалізації поставленої мети в рамках роботи будуть використані наступні методи та підходи:

1. Штучний інтелект: Розробка моделей, здатних навчатися на основі даних про попередні перегони та адаптуватися до змінних умов траси.
2. Системи управління та реального часу: Розробка системи управління, яка здатна в режимі реального часу аналізувати дані та коригувати рух машини відповідно до поточних умов.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						5
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Моделювання та симуляції: Використання програмного забезпечення для симуляцій гоночних умов з метою тестування та вдосконалення розроблених алгоритмів та систем.

Результати даної роботи можуть бути використані як основа для подальших досліджень та розробок у сфері автономного водіння, а також сприятимуть підвищенню рівня безпеки та ефективності в автоспорті.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						6
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. 1. АНАЛІЗ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд існуючих систем автоматизації гоночних машин

Автоматизація гоночних машин є результатом багаторічного розвитку технологій в галузі робототехніки, штучного інтелекту та автомобільної індустрії. Історія цієї сфери включає кілька ключових етапів та важливих подій, які вплинули на її сучасний стан.

Історія автоматизації гоночних машин починається з перших експериментів, що проводились у лабораторних умовах. У 1990-х та на початку 2000-х років науково-дослідні інститути та університети почали активно вивчати можливості автоматизованого керування транспортними засобами. У цей період увага була зосереджена на розробці базових алгоритмів керування, таких як підтримка заданої швидкості та утримання автомобіля на смузі руху.

1.2 DARPA Grand Challenge

Важливою подією в історії автоматизації транспортних засобів стало проведення DARPA Grand Challenge. У 2004 році Агентство передових оборонних дослідницьких проєктів США (DARPA) організувало перші змагання для автономних транспортних засобів, які повинні були подолати дистанцію в пустелі. Хоча жоден з учасників не зміг завершити гонку, це змагання стало важливим стимулом для розвитку технологій автономного керування.

Фактичний курс змагань був довжиною 150 миль, але жоден з транспортних засобів не фінішував - найкращий автомобіль проїхав 7,4 милі. Однак, незважаючи на такий результат, подія все ще вважається успішною.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						7
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.1 – Болід-учасник першого заїзду у 2004р

У 2005 році відбувся другий DARPA Grand Challenge, на якому кілька команд успішно завершили трасу. Це стало важливим доказом можливостей автономних транспортних засобів і дало потужний імпульс для подальших досліджень та інвестицій у цю галузь.



Рис. 1.2 – Фініш на гран при 2005р.

У 2007 році DARPA організувала нове змагання — DARPA Urban Challenge, де автономні транспортні засоби повинні були проїхати міськими умовами, взаємодіючи з іншими автомобілями та виконуючи складні маневри. Цей виклик сприяв розвитку більш складних алгоритмів керування, включаючи розпізнавання об'єктів, планування маршрутів та ухвалення рішень в режимі реального часу.

									Арк
									8
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151. 07.ДП				



Рис. 1.3 – Змагання у міських умовах

1.3 Поява Roborace

Roborace — це перший у світі чемпіонат для автономних гоночних машин, який стартував у 2014 році. Цей проект став важливою віхою у розвитку автоматизації гоночних автомобілів. Мета Roborace — продемонструвати можливості автономних технологій у високошвидкісних умовах і сприяти їх подальшому розвитку. У рамках цього проекту були створені високотехнологічні платформи, оснащені численними сенсорами, потужними процесорами та передовими алгоритмами штучного інтелекту.

1.4 Інші значущі проекти та досягнення

Крім Roborace, інші компанії та організації також зробили значний внесок у розвиток автоматизованих гоночних машин:

Audi: Компанія Audi розробила кілька прототипів автономних гоночних автомобілів, які успішно брали участь у різних демонстраційних заїздах. Їхні машини оснащені найсучаснішими сенсорами та системами керування, що дозволяє їм демонструвати високий рівень автоматизації.

BMW: BMW активно досліджує можливості автоматизації у своїх спортивних підрозділах. Їхні автомобілі використовують передові технології для забезпечення автономного керування на високих швидкостях.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						9
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Indy Autonomous Challenge: Це змагання, яке стартувало в 2019 році, збирає команди з різних країн для розробки та тестування автономних гоночних машин. Змагання проходять на легендарній трасі Indianapolis Motor Speedway, і його мета — сприяти розвитку технологій автономного керування у високошвидкісних умовах.

1.5 Сучасний стан та перспективи

Сучасні автоматизовані гоночні машини використовують найсучасніші технології, такі як лідари, радары, камери високої роздільної здатності, інерціальні навігаційні системи та потужні обчислювальні платформи. Завдяки цьому вони можуть досягати високого рівня автономності, здійснюючи складні маневри на високих швидкостях.

Перспективи розвитку автоматизованих гоночних машин виглядають дуже яскраво. Очікується, що подальший розвиток ШІ, вдосконалення сенсорних технологій та підвищення продуктивності обчислювальних систем дозволять створювати ще більш складні та ефективні системи автоматизації. Це відкриває нові можливості не тільки для спортивних змагань, але й для широкого впровадження автономних транспортних засобів у повсякденному житті.

Таким чином, історія розвитку автоматизованих гоночних машин є яскравим прикладом того, як інновації та наукові дослідження можуть змінити майбутнє транспортної індустрії, роблячи її більш безпечною, ефективною та захоплюючою.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						10
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ РУХУ МАШИНИ ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

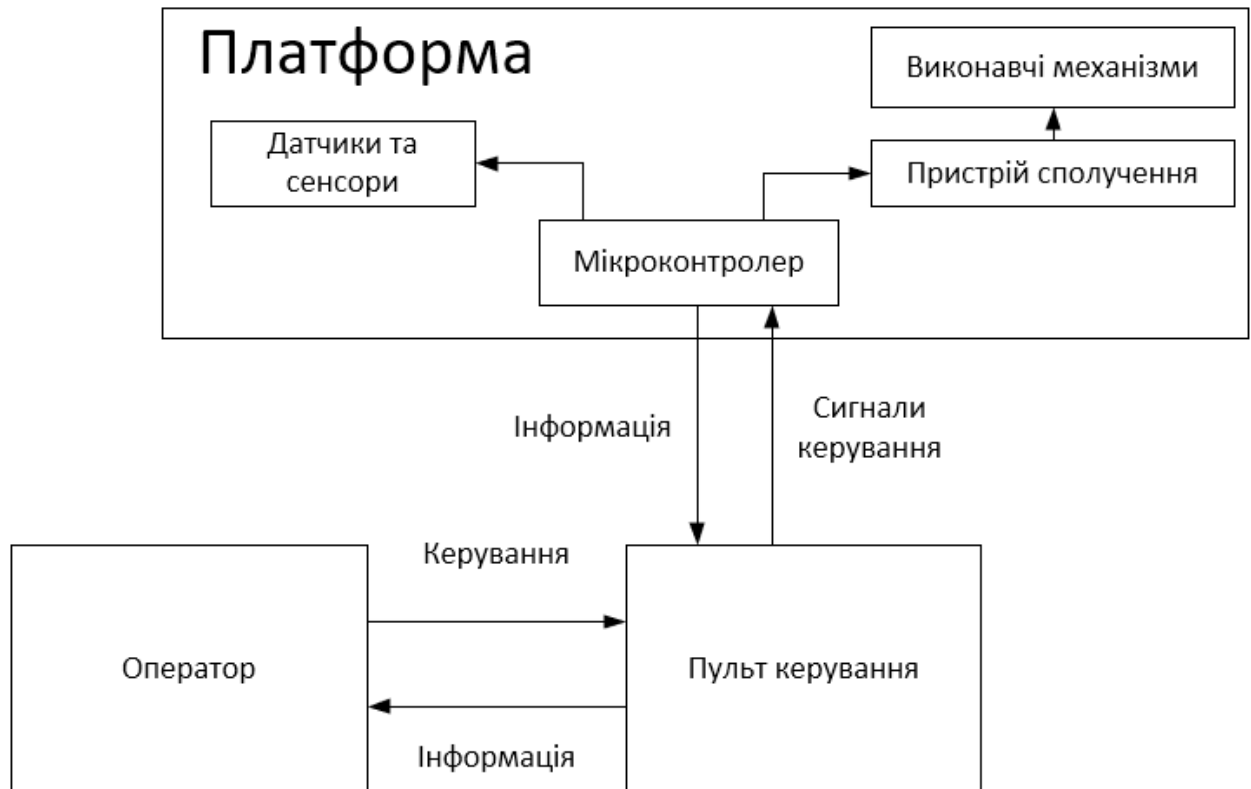


Рис. 2.1 – Система управління роботом

- пульт управління використовується для передачі інформації, оператору;
- мікрокомп'ютер використовується для обробки інформації, що отримується з датчиків, камери і сенсорів;
- пристрій сполучення використовується для сполучення з виконавчими механізмами;
- виконавчі механізми використовуються для зміни положення у просторі;
- датчики, сенсори використовуються для отримання інформації з зовнішнього середовища

2.1. Задачі керування

Автоматизована система управління процесом руху має на меті забезпечення ефективного та безпечно проходження треку. Основна мета полягає у визначенні ключових елементів та методів що використовуються для досягнення високої

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

продуктивності та безпеки руху на високих швидкостях. Завдання включають в себе:

1. Контролювання параметрів: система контролює параметри руху, такі як швидкість прискорення, швидкість руху, кут проходження повороту, стабільність проходження треку.

2. Автоматичне виправлення: система автоматично виправляє дефекти в процесі та відновлює до початкових умов. Вона може збільшувати або зменшувати кут повороту коліс

3. Збір даних: аналіз навколишньої ситуації, збір даних про роботу всіх датчиків і механізмів. Інтеграція даних для створення єдиної картини навколишнього середовища

4. Прийняття рішень: врахування динаміки боліда та поведінки інших учасників руху

2.2. Особливості конструкції

1. Форма кузова:

- Кузов гоночного автомобіля робота розробляється з урахуванням принципів аеродинаміки, щоб знизити опір повітря та зменшити турбулентність.

- Гладкі та обтічні форми допомагають поліпшити стабільність автомобіля на високих швидкостях.

2. Система приводу:

- Гоночні машини робота можуть використовувати як електричні, так і традиційні двигуни внутрішнього згоряння залежно від класу та вимог змагань.

- Високоєфективні електродвигуни забезпечують миттєвий крутний момент і кращу керованість.

3. Шасі та підвіска:

- Легкі композитні матеріали, такі як вуглепластик, використовуються для зменшення ваги та підвищення жорсткості конструкції.

									Арк
									12
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Алюмінієві сплави та титанові компоненти додають міцності без значного збільшення ваги.
- Адаптивні системи підвіски, що дозволяють налаштовувати жорсткість і висоту автомобіля залежно від умов треку.
- Використання активних амортизаторів для покращення зчеплення та стабільності на різних типах покриття.

4.Інтеграція сенсорів та електроніки:

- Використання високоточних сенсорів, таких як лідари, радары, камери та ультразвукові датчики, для збору даних про оточення у реальному часі.
- Розміщення сенсорів по периметру автомобіля для забезпечення мінімізації сліпих зон.

2.3. Висновки

Ці підрозділи мають детальний огляд задач керування та особливостей конструкції. Усі це робить можливим автоматичне керування гоночним автомобілем, забезпечуючи його високу ефективність та безпеку на трасі.

Описані особливості конструкції, що відрізняють автоматизовану систему гоночної міні машини робота від звичайних автомобілів, зокрема ті, що впливають на його функціонування і продуктивність, вони дозволяють болідам досягти високих показників продуктивності, надійності і безпеки, що є критично важливим у контексті автоматизованих перегонів.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						13
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Архітектура системи автоматизації гоночної машини включає кілька основних складових, що працюють разом для забезпечення точного і надійного керування. Ці компоненти включають датчики, обчислювальні блоки, виконавчі механізми та інтерфейси зв'язку.

Вимоги до апаратного і програмного забезпечення

Система автоматизації повинна відповідати кільком критичним вимогам:

- Надійність: здатність працювати безвідмовно в умовах високих навантажень і вібрацій, типових для гоночних автомобілів.
- Швидкодія: обробка даних та прийняття рішень повинні здійснюватися в режимі реального часу для забезпечення швидкої реакції на зміну умов.
- Масштабованість: можливість легкої інтеграції нових компонентів і технологій.
- Безпека: забезпечення захисту від збоїв та помилок, які можуть призвести до аварійних ситуацій.

3.1. Вибір мікроконтролера

При виборі мікроконтролера важливо враховувати такі параметри, як кількість входів/виходів, підтримка необхідних комунікаційних протоколів (наприклад, I2C, SPI, UART), потужність, доступність програмного забезпечення та документації, а також вартість. Вибір конкретного мікроконтролера буде залежати від конкретних потреб проєкту, а також знань і досвіду роботи з цими пристроями.

1. Arduino Uno або Arduino Nano: Arduino - це платформа з великою кількістю доступних датчиків і модулів, що дозволяє легко зчитувати дані із різних датчиків за допомогою простого у використанні інтерфейсу. Arduino Uno та Arduino Nano - це популярні вибори для початкових проєктів з невеликою кількістю датчиків.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						14
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Raspberry Pi: Raspberry Pi - це повноцінний одноплатний комп'ютер, який має вбудований порт GPIO для підключення датчиків. Він має значно більше потужності порівняно з Arduino та може легко зчитувати дані з більшої кількості датчиків, а також виконувати більш складні обчислення.

3. ESP8266 або ESP32: Ці мікроконтролери відмінно підходять для застосувань Інтернету речей (IoT) та мають вбудовану підтримку Wi-Fi, що може бути корисним для віддаленого зчитування даних або передачі їх до хмарних сервісів.

4. STM32: STM32 - це серія мікроконтролерів, які відомі своєю високою швидкістю та потужністю. Вони часто використовуються у вбудованих системах, де потрібна велика продуктивність для обробки великої кількості даних.

Однією з вимог є швидкодія та потужність, тут слід обирати між Raspberry Pi та STM32, для даного проєкту було обрано STM32.



Рис. 3.1. – Плата STM32

STM32 - це вид мікроконтролерів, розроблених компанією STMicroelectronics. Вони відомі своєю високою продуктивністю, широким набором функцій та ефективністю використання. Характеристики і переваги STM32:

1. Архітектура ARM Cortex-M: Більшість мікроконтролерів STM32 базуються на архітектурі ARM Cortex-M, що забезпечує високу продуктивність та низьке споживання енергії. Це дозволяє використовувати їх у різних галузях, від промислових систем до вбудованих IoT-проектів.

2. Широкий вибір моделей: STM32 доступні в різних моделях з різними характеристиками, такими як швидкість процесора, об'єм пам'яті, кількість входів/виходів та інші. Це дозволяє вибрати оптимальний мікроконтролер для конкретного проекту з урахуванням його потреб і вимог.

3. Висока продуктивність: STM32 славляться своєю високою продуктивністю, що дозволяє виконувати різноманітні завдання, включаючи обробку сигналів, керування моторами, роботу з мережевими протоколами та інші обчислювальні операції.

4. Розширені функціональні можливості: STM32 мають вбудовані периферійні пристрої, такі як ADC (аналогово-цифровий конвертер), DAC (цифро-аналоговий конвертер), UART (універсальний асинхронний приймач-передавач), SPI (послідовний інтерфейс), I2C (шину інтерфейсу) та багато інших. Це дозволяє легко підключати різні пристрої та взаємодіяти з ними.

5. Підтримка широкого спектру середовищ розробки: STM32 підтримується багатьма середовищами розробки, включаючи різні IDE (Integrated Development Environment), такі як STM32CubeIDE, Arduino IDE та інші. Це робить розробку програмного забезпечення для STM32 зручною та доступною для великого кола розробників.

										Арк
										16
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

6. Широкі можливості підтримки і документації: STMicroelectronics надає широку підтримку для STM32, включаючи офіційну документацію, приклади коду, форуми спільноти та інші ресурси, що допомагають розробникам вирішувати будь-які проблеми та швидко розвивати програмне забезпечення для своїх проєктів.

Загалом, STM32 - це потужні та надійні мікроконтролери, які відмінно підходять для широкого спектру сфер застосування, включаючи робототехніку, автоматизацію, IoT-проєкти та інші.

3.2. Вибір виконавчих механізмів

Електродвигуни бувають різних типів, і кожен з них має свої характеристики, що робить їх придатними для різних застосувань. Нижче наведено основні види електродвигунів та їх характеристики:

1. Асинхронні електродвигуни (індукційні двигуни)

Особливості:

- Найбільш поширений тип електродвигунів.
- Прості у конструкції та обслуговуванні.
- Надійні та довговічні.

Типи:

- Однофазні асинхронні двигуни: Використовуються в побутових приладах (наприклад, вентилятори, насоси).
- Трифазні асинхронні двигуни: Використовуються в промисловості (наприклад, компресори, конвеєрні лінії).

Характеристики:

- Працюють від змінного струму (АС).
- Не вимагають комутатора.
- Мають стабільну швидкість обертання, яка залежить від частоти живлення.

2. Синхронні електродвигуни

									Арк
									17
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Особливості:

- Ротор обертається з тією ж частотою, що й магнітне поле статора.
- Можуть працювати як генератори.

Типи:

- Постійного магніту: Використовуються в точних додатках (наприклад, робототехніка, приводи ЧПУ).
- Збуджувальні (з обмотками збудження): Використовуються у великих промислових додатках.

Характеристики:

- Висока ефективність.
- Точна регуляція швидкості.
- Працюють від змінного струму (АС).

3. Постійного струму електродвигуни (DC двигуни)

Особливості:

- Працюють від постійного струму (DC).
- Мають гарну регуляцію швидкості та крутного моменту.

Типи:

- Щіткові двигуни: Простота в управлінні, але вимагають регулярного обслуговування (заміна щіток).
- Безщіткові двигуни (BLDC): Висока ефективність і довговічність, використовуються в сучасній техніці (наприклад, електроніка, дрони).

Характеристики:

- Висока точність керування швидкістю.
- Добра динамічна характеристика.
- Високий крутний момент при низьких обертах.

4. Крокові двигуни

Особливості:

- Використовуються для точного контролю положення.

									Арк
									18
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-01.6.151. 07.ДП				

- Переміщуються на визначені кути (кроки).

Типи:

- Уніполярні крокові двигуни: Легше керувати, але менший крутний момент.
- Біполярні крокові двигуни: Складніше керувати, але більший крутний момент.

Характеристики:

- Висока точність позиціонування.
- Можливість керування кутом обертання.
- Відсутність необхідності у зворотному зв'язку для контролю положення.

5. Серводвигуни

Особливості:

- Високоточні електродвигуни з системою зворотного зв'язку.
- Використовуються в системах, де необхідна точна регуляція положення, швидкості та крутного моменту.

Типи:

- АС серводвигуни: Використовуються у промислових застосуваннях.
- DC серводвигуни: Використовуються в менших, точних додатках.

Характеристики:

- Висока точність і швидкість реакції.
- Інтеграція з датчиками для зворотного зв'язку.
- Висока динамічна характеристика.

6. Лінійні електродвигуни

Особливості:

- Забезпечують лінійний рух без необхідності механічного перетворення обертального руху.

Типи:

- Індукційні лінійні двигуни: Використовуються в транспортних системах (наприклад, магнітні поїзди).

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						19
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Синхронні лінійні двигуни: Використовуються в високоточних промислових додатках.

Характеристики:

- Прямий лінійний рух.
- Висока точність і швидкість.
- Складність у конструкції та управлінні.

Кожен тип електродвигуна має свої плюси та мінуси, і вибір окремого типу залежить від вимог застосування, таких як потужність, швидкість, точність, ефективність та умови експлуатації.

Для цього проекту було вибрано сервомотор SG90, він буде використаний для керування поворотом передніх коліс.

Підключення сервомотора до мікроконтролера передбачає використання широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) для керування позицією сервомотора. Для цього знадобиться ще джерело живлення.

Для побудови необхідно обрати двигун постійного струму. Для цього проекту підходить двигун BLDC. Кроковий двигун працює однаково з безщітковим двигуном постійного струму, але він рухається набагато меншими кроками. У даній роботі відсутність вимірювання кроків відсутня, тому було обрано звичайний двигун постійного струму.

3.3. Вибір датчиків

Вибір датчиків для гоночної роботизованої міні машини є важливим етапом розробки, оскільки вони забезпечують критично необхідні дані для керування та оптимізації роботи машини. Ось детальний процес вибору датчиків:

1. Визначення вимог до системи

Перший етап включає аналіз потреб і вимог до роботизованої машини:

- Швидкість та прискорення: машини потребують датчиків для вимірювання швидкості та прискорення.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						20
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Навігація та позиціонування: важливо мати інформацію про місцезнаходження та орієнтацію.

- Обхід перешкод: необхідні датчики для виявлення та уникнення перешкод.

- Дані з траси: сенсори для збору інформації про стан поверхні траси, температури і т.д.

2. Вибір типів датчиків

На основі вимог, обирають конкретні типи датчиків:

- Датчики швидкості та прискорення:

- Акселерометри: вимірюють прискорення по трьох осях.

- Гіроскопи: визначають кутову швидкість, що допомагає у визначенні нахилів і поворотів.

- Енкодери: вимірюють швидкість обертання коліс для розрахунку швидкості машини.

- Навігація та позиціонування:

- GPS модулі: забезпечують глобальне позиціонування, але можуть бути неточними у закритих приміщеннях.

- Компаси (магнітометри): визначають напрямок руху машини.

- Лідари або ультразвукові датчики: створюють карту навколишнього середовища і допомагають у визначенні відстаней до об'єктів.

- Обхід перешкод:

- Інфрачервоні датчики: для виявлення близьких об'єктів.

- Лідари: створюють детальні карти навколишнього середовища.

- Ультразвукові сенсори: вимірюють відстань до об'єктів попереду.

- Дані з траси:

- Температурні датчики: моніторять температуру компонентів машини.

- Датчики тиску: вимірюють тиск у шинах.

- Камери: забезпечують зорову інформацію про трасу і навколишнє середовище.

										Арк
										21
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

3. Вибір конкретних моделей датчиків

На цьому етапі вибирають конкретні моделі датчиків, враховуючи такі параметри:

- Точність і надійність: наскільки точно і стабільно датчик виконує вимірювання.
- Частота оновлення даних: як швидко датчик може надсилати нові дані, що важливо для високошвидкісних застосувань.
- Розмір та вага: для міні машини важливі компактність і легкість датчиків.
- Сумісність: можливість інтеграції з існуючою електронікою і програмним забезпеченням машини.
- Вартість: бюджетні обмеження можуть вплинути на вибір датчиків.

4. Тестування і калібрування

Після вибору датчиків їх встановлюють на машині і проводять тестування:

- Калібрування: налаштування датчиків для забезпечення точних вимірювань.
- Верифікація: перевірка роботи датчиків у реальних умовах гонки.
- Налаштування алгоритмів обробки даних: розробка і налаштування програмного забезпечення для оптимального використання даних від датчиків.

5. Інтеграція та оптимізація

Останнім етапом є інтеграція датчиків в загальну систему керування міні машиною:

- Збір даних: створення системи збору та обробки даних від усіх датчиків.
- Алгоритми керування: розробка алгоритмів, які використовують дані від датчиків для прийняття рішень щодо керування машиною.
- Оптимізація: постійне вдосконалення системи на основі аналізу зібраних даних та результатів тестів.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Для цього проекту було вибрано такі типи датчиків: енкодер, гіроскоп, ультразвукові сенсори та камери. Порівнявши всі характеристики, було обрані такі моделі датчиків:

- Гіроскоп MPU-9250. Особливості: 9-осьовий сенсор (3 осі гіроскопа, 3 осі акселерометра і 3 осі магнітометра). Переваги: компактний і легкий, висока інтеграція, висока точність і стабільність.

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювань	± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 градусів на секунду (dps)
Частота вибірки	Від 4 до 8000 Гц
Шум	0,01 градусів на секунду
Напруга живлення	2,4 В – 3,6 В
Енергоспоживання	3,2 мА
Розміри	3 x 3 x 1 мм

Табл. 3.1. – Характеристики гіроскопа

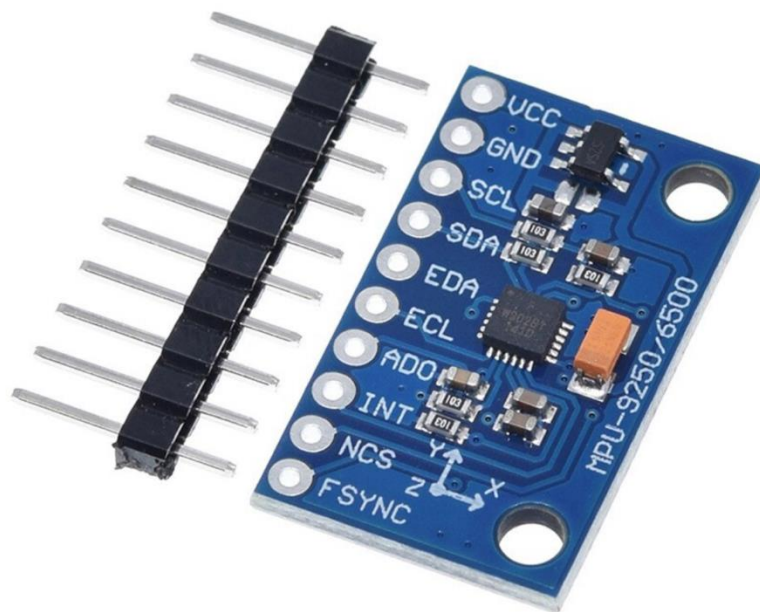


Рис. 3.2. – Гіроскоп MPU-9250

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- Енкодер AMS AS5048A. Особливості: висока роздільна здатність, стійкість до зовнішніх умов, гнучкі можливості для програмувань.

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювань	Повний оберт (360 градусів)
Робочий діапазон температур	-40 С до +150 С
Точність	0,05 градусів
Напряга живлення	3,3 В
Енергоспоживання	6 мА
Розміри	4 x 4 мм

Табл. 3.2. – Характеристики енкодера



Рис. 3.3. – Енкодер

- Ультразвуковий датчик MaxBotix MB1010 LV-MaxSonar-EZ1. Особливості: стійкий до перешкод, легка інтеграція з іншими системами, низьке енергоспоживання.

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювань	20 см до 645 см
Частота оновлення	10 Гц
Кут огляду	Приблизно 20 градусів
Напруга живлення	2,5 В – 5,5 В
Робочий струм	2 мА
Розміри	22 x 20 x 15 мм

Табл. 3.3. – Характеристики датчику



Рис. 3.4. – Ультразвуковий датчик

Таким чином, вибір датчиків для гоночної роботизованої міні машини є комплексним процесом, що включає аналіз вимог, вибір відповідних типів та моделей датчиків, тестування, калібрування і інтеграцію в загальну систему.

4. ОПИС КОНТУРІВ КЕРУВАННЯ

4.1. Контур керування прискоренням

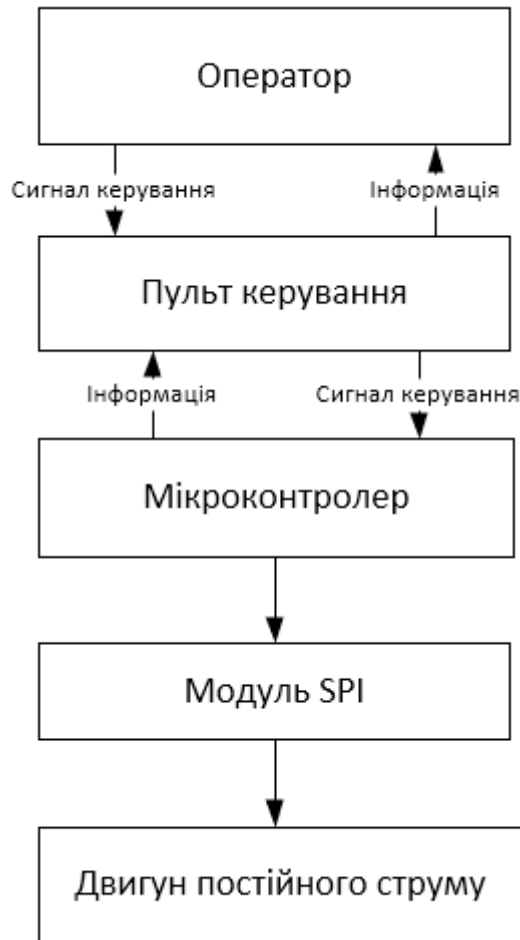


Рис. 4.1. – Структура керування прискоренням

Контур керування прискоренням гоночної машини робота, є складною системою, яка включає кілька взаємопов'язаних компонентів для забезпечення точної та швидкої реакції на зміну умов траси. Нижче наведено детальний опис цієї системи.

Опис роботи контуру керування

1. Збір даних:

- Датчики відстані передають дані про відстань до перешкод, що допомагає визначати оптимальну траєкторію.

- Гіроскоп передає дані про кутову швидкість та орієнтацію машини, що важливо для стабілізації руху.

- Енкодер передає інформацію про швидкість обертання коліс та пройдений шлях.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2. Обробка даних:

- Мікроконтролер отримує та обробляє сигнали від усіх датчиків.
- Дані від гіроскопа використовуються для корекції траєкторії та стабілізації машини.
- Дані від енкодера використовуються для розрахунку швидкості та прискорення.

3. Прийняття рішень:

- PID-контролер визначає необхідні коригуючі дії на основі похибки між бажаною та фактичною швидкістю.
- Розрахунок керуючого сигналу для двигуна та сервомотора відбувається на основі поточних даних.

4. Виконання команд:

- Двигун постійного струму регулює швидкість та прискорення машини.
- Сервомотор змінює кут повороту передніх коліс для керування напрямком руху.

5. Зворотний зв'язок:

- Постійне оновлення даних від датчиків дозволяє системі коригувати свої дії в реальному часі.
- Контур зворотного зв'язку забезпечує точне виконання команд і стабільність роботи системи.

Математична модель PID-контролера

PID-контролер використовує три компоненти: пропорційний (P), інтегральний (I) та диференціальний (D). Математична модель виглядає наступним чином:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

де:

- $u(t)$ - керуючий сигнал для двигуна,

									Арк
									27
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- $e(t)$ - похибка (різниця між бажаною та фактичною швидкістю),
- K_p - пропорційний коефіцієнт,
- K_i - інтегральний коефіцієнт,
- K_d - диференціальний коефіцієнт.

Контур керування прискоренням гоночної машини робота, є складною системою, що забезпечує оптимальне управління швидкістю та напрямком руху. Використання PID-контролера дозволяє забезпечити точне та стабільне керування завдяки зворотному зв'язку та постійній корекції дій. Інтеграція всіх компонентів у єдиний контур забезпечує високу ефективність та безпеку гоночної машини робота.

4.2. Контур керування швидкістю

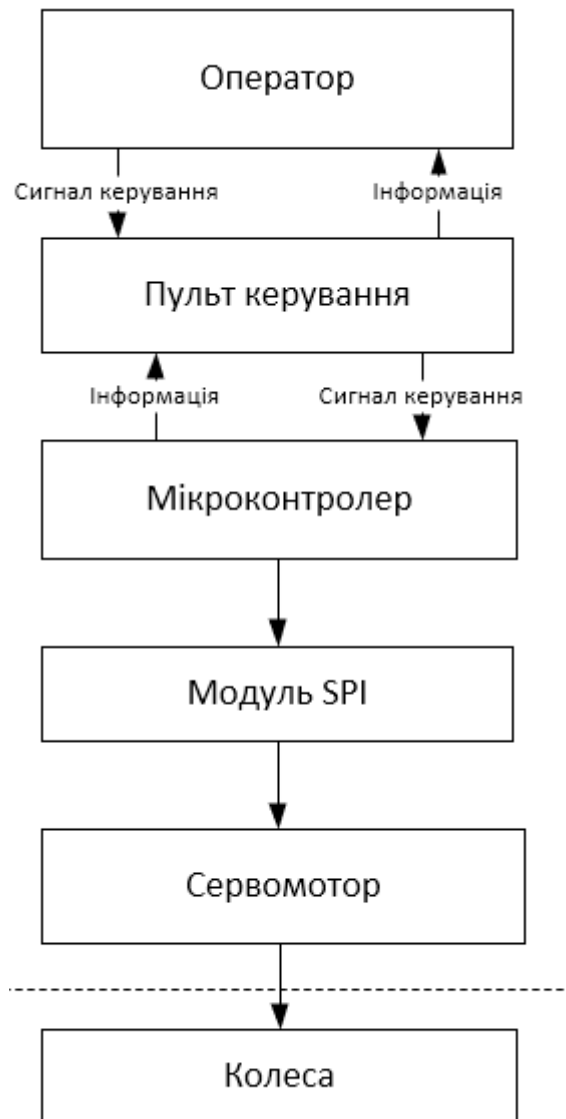


Рис. 4.2. – Керування збільшення і зменшення швидкості

Для забезпечення ефективного керування швидкістю гоночної машини робота, контур керування повинен враховувати інформацію від різних датчиків і відповідно керувати двигуном та сервомотором. Нижче наведено детальний опис контур керування збільшення та зменшення швидкості.

1. Контролери

ПІД-контролер (PID Controller)

ПІД-контролер є основним елементом керування швидкістю машини. Він регулює швидкість двигуна на основі різниці між бажаною та реальною швидкістю.

- Пропорційна складова (P): Регулює швидкість на основі поточної помилки.
- Інтегральна складова (I): Коригує накопичену помилку для усунення постійного зміщення.
- Диференціальна складова (D): Зменшує коливання за рахунок врахування швидкості зміни помилки.

2. Виконавчі механізми

Двигун постійного струму (DC Motor)

Двигун постійного струму приводить колеса машини в рух. Швидкість двигуна регулюється шляхом зміни напруги, що подається на нього. ПІД-контролер коригує подачу напруги для досягнення необхідної швидкості.

Сервомотор

Сервомотор використовується для керування напрямком руху машини. Він змінює положення керма на основі команд від обчислювального блоку, що дозволяє точно коригувати траєкторію.

3. Обчислювальний блок

Мікроконтролер/Платформа

Мікроконтролер збирає дані з датчиків, обробляє їх, виконує алгоритми керування та видає команди виконавчим механізмам. Він є центральним елементом системи керування.

Алгоритм роботи системи

1. Збір даних: Датчики відстані, гіроскоп та енкодери постійно збирають інформацію про стан машини та навколишнє середовище.

									Арк
									29
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2. Обробка даних: Обчислювальний блок аналізує отримані дані, визначаючи поточну швидкість, положення та наявність перешкод.

3. Розрахунок бажаної швидкості:

- Визначення необхідної швидкості на основі поточної ситуації (наприклад, наближення до перешкоди вимагає зменшення швидкості).

- Використання алгоритмів машинного навчання або правил прийняття рішень для визначення оптимальної швидкості.

- $V_{desired}$: бажана швидкість (заданість).

- $V_{current}$: поточна швидкість (вимірювана енкодером).

- $e(t)$: помилка у момент часу t , яка дорівнює різниці між бажаною та поточною швидкістю.

$$y(t) = V_{desired} - V_{current}$$

Пропорційна складова (P)

Пропорційна складова контролера залежить прямо від величини помилки. Цей компонент намагається зменшити помилку пропорційно до її значення.

- K_p : коефіцієнт пропорційності.

- $P(t)$: пропорційна складова у момент часу t .

$$P(t) = K_p * e(t)$$

Інтегральна складова (I)

Інтегральна складова враховує накопичену помилку за час. Вона допомагає усунути постійне зміщення, яке може залишатися після застосування пропорційної складової.

- K_i : коефіцієнт інтегрування.

- $I(t)$: інтегральна складова у момент часу t .

- $\int_0^t e(\tau) d\tau$: інтеграл помилки від часу 0 до t .

$$I(t) = K_i * \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Диференціальна складова (D)

Диференціальна складова враховує швидкість зміни помилки. Вона допомагає зменшити коливання та стабілізувати систему.

									Арк
									30
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- K_d : коефіцієнт диференціювання.
- $D(t)$: диференціальна складова у момент часу t .
- $\frac{de(t)}{dt}$: похідна помилки по часу.

$$D(t) = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Повне ПД-рівняння

Комбінуючи всі три складові, отримуємо повне рівняння для керування швидкістю:

- $u(t)$: керуючий сигнал, який подається на двигун.

$$u(t) = K_p * e(t) + K_i * \int_0^t e(\tau) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

4. Керування швидкістю:

- ПД-контролер: Обчислення помилки між бажаною та реальною швидкістю.
- Пропорційний контроль: Корекція швидкості на основі поточної помилки.
- Інтегральний контроль: Корекція накопиченої помилки для усунення постійного зміщення.
- Диференціальний контроль: Зменшення коливань швидкості.

5. Керування напрямком:

- На основі даних гіроскопа та датчиків відстані обчислювальний блок коригує напрямок руху, керуючи сервомотором.

6. Виконання коригувань: Виконавчі механізми (двигун і сервомотор) виконують команди мікроконтролера, змінюючи швидкість і напрямок руху машини.

										Арк
										31
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Детально описаний контур керування швидкістю гоночної машини робота дозволяє ефективно збільшувати та зменшувати швидкість в залежності від поточних умов на дорозі. Інтеграція даних від датчиків, використання ПІД-контролера та керування виконавчими механізмами забезпечують точне та надійне керування машиною, що є критично важливим для успішної роботи гоночного робота.

4.3. Контур керування відстанню до об'єкту



Рис 4.3. – Структура керування відстанню до об'єкту

Контур керування відстанню до об'єкту включає в себе збір даних з різних датчиків, обробку цих даних для визначення необхідної корекції швидкості та напрямку, а також управління виконавчими механізмами для забезпечення безпеки та ефективності руху. Нижче наведено детальний опис цього контуру.

1. Датчики

Датчики відстані

- Призначення: Вимірюють відстань до об'єктів попереду машини.
- Вихідні дані: Відстань до найближчого об'єкта у метрах або сантиметрах.

Гіроскоп

- Вихідні дані: Кутова швидкість у градусах за секунду.

Енкодер

- Вихідні дані: Кількість обертів, обчислена швидкість у метрах за секунду.

2. Контролери

ПІД-контролер (PID Controller)

- Компоненти: Пропорційна (P), інтегральна (I), диференціальна (D) складові.

3. Виконавчі механізми

Двигун постійного струму (DC Motor)

- Призначення: Приводить колеса в рух, забезпечує зміну швидкості.
- Керування: Регулювання швидкості через зміну напруги.

Сервомотор

- Призначення: Керує напрямком руху машини, змінюючи положення керма.
- Керування: Подача команд від мікроконтролера для зміни кута повороту.

4. Обчислювальний блок

Мікроконтролер/Платформа

- Призначення: Збирає дані з датчиків, обробляє їх, виконує алгоритми керування та видає команди виконавчим механізмам.

										Арк
										33
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Алгоритм роботи системи

Збір та обробка даних

1. Датчики відстані вимірюють поточну відстань до об'єктів попереду машини.
2. Гіроскоп надає дані про кутову швидкість для визначення нахилу та зміни напрямку руху.
3. Енкодери надають дані про поточну швидкість і пройдену відстань.

Визначення бажаної відстані

1. Встановлення бажаної відстані $D_{desired}$ до об'єкта, яка залежить від поточної швидкості та умов на дорозі.
2. Вимірювання поточної відстані $D_{current}$ до об'єкта за допомогою датчиків відстані.

Обчислення помилки

- Помилка відстані $e_d(t)$:

$$e_d(t) = D_{desired} - D_{current}$$

ПД-контролер

Пропорційна складова (P):

- Коригує швидкість на основі поточної помилки відстані.

$$P(t) = K_p * e_d(t)$$

Інтегральна складова (I):

- Враховує накопичену помилку для усунення постійного зміщення.

$$I(t) = K_i * \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Диференціальна складова (D):

- Реагує на швидкість зміни помилки, допомагаючи зменшити коливання.

									Арк
									34
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$D(t) = K_d \frac{de_d(t)}{dt}$$

Повне ПД-рівняння:

$$u(t) = K_p * e_d(t) + I(t) + D(t)$$

Керування виконавчими механізмами

1. Двигун постійного струму: Керуючий сигнал $u(t)$ використовується для регулювання швидкості двигуна.

2. Сервомотор: На основі даних гіроскопа та датчиків відстані обчислювальний блок коригує напрямок руху, керуючи сервомотором.

4.4 Висновок до розділу

Контур керування прискоренням гоночної машини робота, є складною системою, що забезпечує оптимальне управління швидкістю та напрямком руху. Використання PID-контролера дозволяє забезпечити точне та стабільне керування завдяки зворотному зв'язку та постійній корекції дій. Інтеграція всіх компонентів у єдиний контур забезпечує високу ефективність та безпеку гоночної машини робота.

Детально описаний контур керування швидкістю гоночної машини робота дозволяє ефективно збільшувати та зменшувати швидкість в залежності від поточних умов на дорозі. Інтеграція даних від датчиків, використання ПД-контролера та керування виконавчими механізмами забезпечують точне та надійне керування машиною, що є критично важливим для успішної роботи гоночного робота.

Контур керування відстанню до об'єкта гоночної машини робота базується на зборі та обробці даних з датчиків відстані, гіроскопа та енкодера, а також на використанні ПД-контролера для регулювання швидкості та напрямку руху. Це забезпечує точне та ефективне керування машиною, дозволяючи їй безпечно маневрувати та підтримувати оптимальну відстань до об'єктів попереду.

										Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						35

5. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ

5.1. Порівняння з існуючими рішеннями

Технологічні рішення та підходи:

У нашій роботі для реалізації системи автоматизації руху гоночної машини були використані різні типи датчиків та мікроконтролерів. Ультразвукові датчики MaxBotix MB1010 LV-MaxSonar-EZ1 використовувалися для вимірювання відстані до об'єктів поблизу автомобіля. Гіроскоп MPU-9250 використовувався для визначення орієнтації автомобіля у просторі. Енкодер AMS AS5048A використовувався для вимірювання кута повороту керма. Мікроконтролер STM32 використовувався для обробки даних в реальному часі та керування системою.

Продуктивність та ефективність:

Порівнюючи з існуючими рішеннями, наша система відзначається високою продуктивністю та ефективністю. Використання різних типів датчиків дозволяє отримувати різнобічну та достовірну інформацію про навколишнє середовище та стан автомобіля. Мікроконтролер STM32 забезпечує швидку та ефективну обробку цих даних, а також швидке прийняття рішень щодо керування автомобілем.

Надійність та стабільність:

Ультразвукові датчики MaxBotix MB1010 LV-MaxSonar-EZ1 відзначаються високою надійністю та стабільністю роботи у різних умовах, включаючи зміни освітлення, температурні зміни та вологість. Гіроскоп MPU-9250 та енкодер AMS AS5048A також відзначаються надійністю та стабільністю вимірювань. Мікроконтролер STM32 відзначається стабільною та надійною роботою, забезпечуючи безперебійне функціонування системи.

									Арк
									36
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

5.2. Аналіз переваг та недоліків розробленої системи

Переваги:

- Різноманіття датчиків для отримання різнобічної інформації про навколишнє середовище та стан автомобіля.
- Швидка та ефективна обробка даних за допомогою мікроконтролера STM32.
- Висока надійність та стабільність роботи системи в різних умовах.

Недоліки:

- Складність підключення та налаштування датчиків.
- Обмежений функціонал мікроконтролера STM32 для реалізації складних алгоритмів управління.

5.3. Оцінка економічної доцільності впровадження

Оцінка вартості компонентів може змінюватися в залежності від багатьох факторів, таких як масштаб виробництва, постачальники, регіон і так далі. Проте, я можу надати орієнтовні ціни на кожен з компонентів:

1. Ультразвукові датчики MaxBotix MB1010 LV-MaxSonar-EZ1: Вартість одного датчика зазвичай становить близько \$30 - \$50, залежно від кількості та постачальника.
2. Гіроскоп MPU-9250: Ціна гіроскопа може бути приблизно від \$5 до \$15 за один примірник.
3. Енкодер AMS AS5048A: Вартість енкодера може бути приблизно від \$20 до \$50 в залежності від типу та точності.
4. Мікроконтролер STM32: Ціна мікроконтролера може коливатися від \$5 до \$20, залежно від моделі та функціональності.

										Арк
										37
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Отже, загальна орієнтовна вартість компонентів для цієї системи може складати близько \$60 - \$135 за один примірник, з урахуванням одного датчика, одного гіроскопа, одного енкодера та одного мікроконтролера.

Враховуючи високу надійність, продуктивність та ефективність роботи системи, а також відносно низьку вартість використаних компонентів, впровадження нашої системи є економічно доцільним рішенням. Витрати на комплектуючі та розробку програмного забезпечення можуть бути виправдані збільшенням продуктивності та безпеки гоночного автомобіля, що в результаті може призвести до зменшення витрат на обслуговування та підвищення результативності на трасі.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ВИСНОВОК

У даній бакалаврській роботі було досліджено питання автоматизації процесу руху гоночної машини, яке є важливою складовою сучасних автомобільних технологій та спортивних перегонів. Проведене дослідження продемонструвало, що впровадження автоматизованих систем управління може суттєво підвищити ефективність, безпеку та продуктивність гоночних машин.

Автоматизовані системи, засновані на алгоритмах машинного навчання та планування траєкторії, дозволяють зменшити вплив людського фактору, оптимізувати траєкторії руху та швидкість, а також забезпечити постійне вдосконалення на основі аналізу великих обсягів даних. Крім того, використання різноманітних сенсорів та систем збору даних дозволяє в режимі реального часу коригувати управління автомобілем відповідно до змінних умов на трасі, що значно підвищує конкурентоспроможність гоночних команд.

Рекомендації для подальшого розвитку технологій

1. Розширення використання штучного інтелекту:

- Розробка більш складних моделей машинного навчання, здатних передбачати та реагувати на нестандартні ситуації на трасі.
- Інтеграція методів глибокого навчання для аналізу відеопотоку з камер та інших сенсорів.

2. Поліпшення сенсорних систем:

- Розробка нових типів сенсорів з більш високою роздільною здатністю та швидкістю реакції.
- Створення більш ефективних систем обробки даних, які дозволять зменшити затримки в передачі інформації та підвищити точність управління.

3. Вдосконалення алгоритмів планування траєкторії:

- Використання адаптивних алгоритмів, які здатні швидко адаптуватися до змінних умов на трасі.
- Розробка гібридних підходів, що поєднують різні методи планування для досягнення максимальної ефективності.

4. Покращення симуляційних технологій:

										Арк
										39
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- Створення більш реалістичних моделей трас та умов перегонів для тестування автоматизованих систем.

- Використання віртуальної реальності для моделювання умов перегонів та тренування алгоритмів в умовах, максимально наближених до реальних.

5. Інтеграція з альтернативними джерелами енергії:

- Вивчення можливостей використання електричних гоночних машин та розробка специфічних алгоритмів для управління такими транспортними засобами.

- Дослідження використання інших екологічно чистих джерел енергії в автоспорті.

6. Співпраця з іншими галузями:

- Залучення інженерів та науковців з різних галузей для обміну знаннями та технологіями.

- Використання напрацювань з автоспорту для вдосконалення систем автономного водіння у цивільних транспортних засобах.

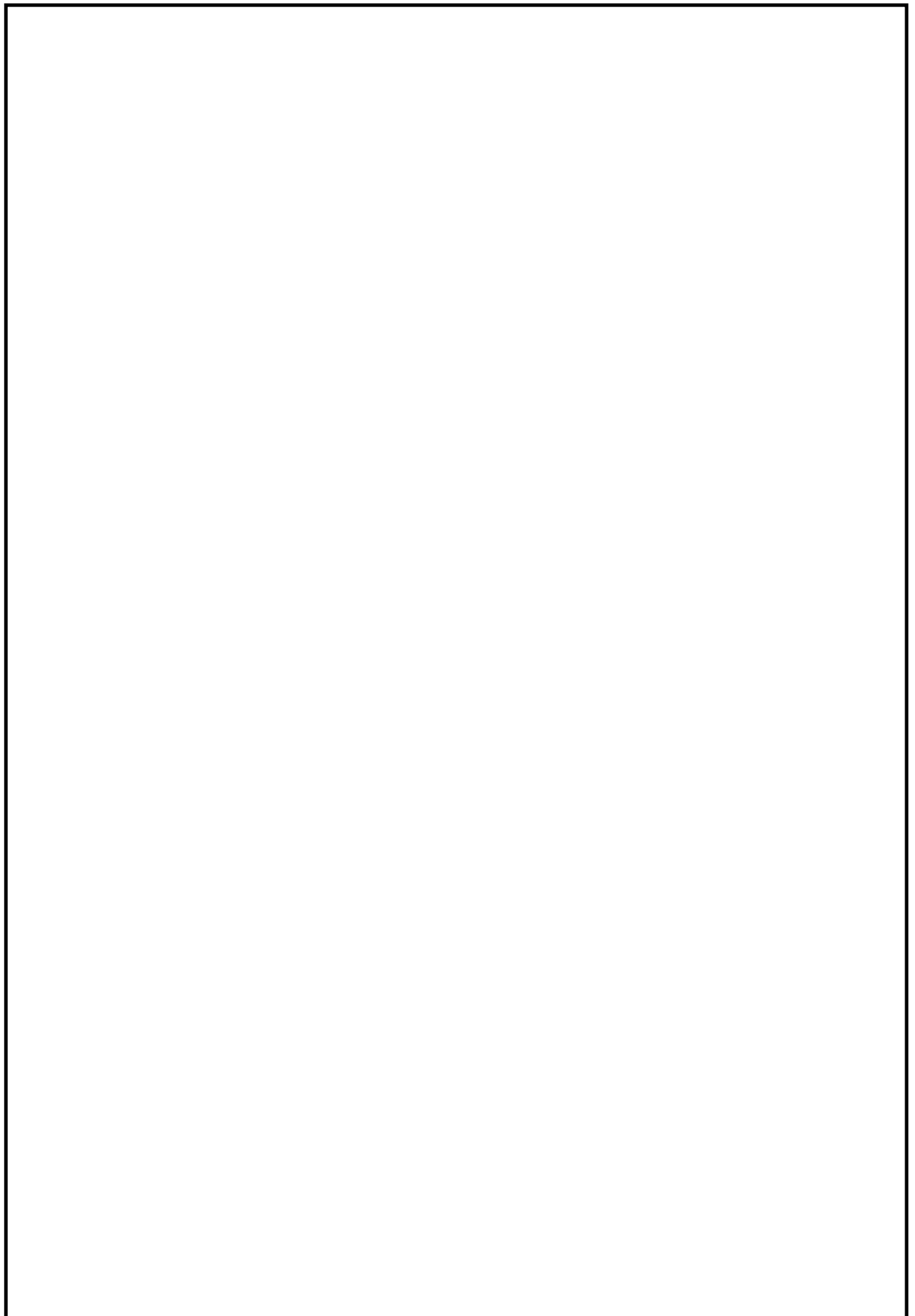
Результати та рекомендації, отримані в рамках даної роботи, можуть бути основою для подальших досліджень та розробок у сфері автоматизації руху гоночних машин, сприяючи підвищенню рівня безпеки, ефективності та інновацій в автоспорті.

					СУ-01.6.151. 07.ДП	Арк
						40
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. DARPA Grand Challenge - https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017320955?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1
2. Indy Autonomus Challenge - <https://www.indyautonomouschallenge.com/>
3. Datasheet MPU 9250 - <https://datasheetspdf.com/datasheet/MPU-9250.html>
4. Datasheet AS5048A - https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=As5048a&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoUydx8G9u629YH3nK5zK-YDrLU2JIN3cWpYbZtUkWVCcU-zlilhLvBoCcwQAvD_BwE
5. Datasheet – MaxSonar - <https://maxbotix.com/pages/lv-maxsonar-ez-datasheet>
6. Як побудований сервопривод. Принцип роботи <https://modelistam.com.ua/ua/kakustroen-servoprivod-printsip-raboty-a-164/>
7. Електродвигуни постійного струму <https://fairway.com.ua/ua/elektrodivigateli/elektrodivigateli-postoyannogo-toka->
8. Як працюють ультразвукові датчики відстані <https://peko.com.ua/statti/laser-or-ultrasonic>
9. Гіроскоп у гоночних машинах <https://modelistam.com.ua/ua/giroskopy-radioupravlyaemyh-modelyah-a-43/>
10. STM32 - <https://arduino.ua/art99-mikrokontrolleri-semeistva-stm32>
11. Roborace - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Roborace>
12. Сучасний стан та розвиток роботизованих гоночних машин - <https://techxplore.com/news/2024-02-ai-autonomous-auto-safer-driverless.html>

						<i>СУ-01.6.151. 07.ДП</i>	Арк
							41
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



					<i>СУ-01.6.151. 07.ДП</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм..</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42