

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(позначення документа)

Дослідження методів сканування об'єктів засобами
технічного зору роботів
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи СТМм-21-1
Ігор КОНДРАШОВ
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма Системи, технології і
комп'ютерні засоби мультимедіа
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Марина КОЛЕНДОВСЬКА
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Володимир КАРТАШОВ
(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 171 Електроніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма "Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа"

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Кондрашову Ігорю Євгенійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів сканування об'єктів засобами технічного зору роботів

затверджена наказом по університету від " 21 " _____ 11 _____ 2022 р. № 1305 СТ

2. Термін подання студентом роботи 08.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

1. Функціональна схема оптоелектронного пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі

2. Сканування об'єкта мобільним роботом проводиться методом триангуляції

3. Розробити алгоритм, та програмне забезпечення для керування платформою мобільного робота

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

ВСТУП

1. Аналіз сучасного стану систем технічного зору роботів

2. Обґрунтування вибору апаратного та програмного забезпечення мобільності пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі

3. Розробка апаратного забезпечення макету мобільної платформи

4. Розробка програмного забезпечення руху макету мобільної платформи

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

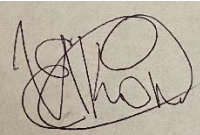
5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій:

1. Мета роботи; 2. Актуальність роботи; 3. Класифікація систем комп'ютерного зору згідно області використання; 4. Класифікація методів технічного зору; 5. Функціональна схема системи тривимірного сканування з використанням оптоелектронного пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі; 6. Схема компонентів мобільної платформи; 7. Реалізація апаратної частини проекту мобільного arduino-робота; 8. Розробка алгоритмічного забезпечення управління макетом мобільного робота; 9. Тестування ПЗ; 10. Висновки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термин виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз сучасного стану систем технічного зору роботів	21.11.22–25.11.22	
2.	Обґрунтування вибору апаратного та програмного забезпечення мобільності пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі	21.11.22–28.11.22	
3.	Розробка апаратного забезпечення мобільної платформи	23.11.22–02.12.22	
4.	Розробка програмного забезпечення руху мобільної платформи	01.12.21–05.12.22	
5.	Графічна частина роботи	07.12.21–08.12.22	
6.	Перевірка керівником	07.12.22-08.12.22	
7.	Перевірка на академічний плагіат	08.12.22-09.12.22	
8.	Перевірка завідувачем кафедри, рецензування	09.12.22-10.12.22	

Дата видачі завдання _____ 21.11.2022 р.

Студент _____  _____ Ігор КОНДРАШОВ
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Марина КОЛЕНДОВСЬКА
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи має: 77 с., 35 рис., 4 табл., 4 додатка, 59 джерел.

МОБІЛЬНІ РОБОТИ, НАВІГАЦІЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЛОКАЛЬНА НАВІГАЦІЯ, ОПТИЧНІ СИСТЕМИ, ЗОРОВІ ДАНІ, МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ПЕРЕШКОДИ

Об'єкт дослідження – сканування об'єкта мобільним роботом.

Предмет дослідження – системи руху мобільних роботів.

Мета кваліфікаційної роботи – розробити алгоритм, та програмне забезпечення для керування платформою макета мобільного робота.

Методи дослідження – теоретичний аналіз, числові розрахунки, математичне моделювання, статистична обробка даних, аналіз геометрії антропогенних сцен.

В цій кваліфікаційній роботі було проведено аналіз сучасного стану систем технічного зору роботів, проведено аналіз існуючих конструкцій та технічних особливостей мобільних роботів, які необхідні на виробництві, наприклад, для огляду важкодоступних місць на предмет різних пошкоджень обладнання.

А також було проведено аналіз методу динамічної триангуляції. Оскільки в вихідних даних до проекту сказано, що сканування об'єкта мобільним роботом проводиться методом триангуляції.

Також були описані елементи, які використовувалися при виготовленні макету мобільного робота. Таким чином, в цій кваліфікаційній роботі було розроблено апаратне та програмне забезпечення макету мобільної платформи на базі Arduino Uno.

ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work has: 77 pages, 35 figures, 4 tables, 4 appendices, 59 sources.

MOBILE ROBOTS, NAVIGATION, SOFTWARE, LOCAL NAVIGATION, OPTICAL SYSTEMS, VISION DATA, URBAN ENVIRONMENT, OBSTACLES

The object of research is the scanning of the object by a mobile robot.

The subject of research is the movement systems of mobile robots.

The purpose of the qualification work is to develop an algorithm and software for controlling the mobile robot platform.

Research methods – theoretical analysis, numerical calculations, mathematical modeling, statistical data processing, analysis of the geometry of anthropogenic scenes.

This work presents the classification of mobile robots, the classification of navigation systems, a detailed analysis of computer vision systems based on the geometry of anthropogenic scenes, an overview of methods for analyzing urban scenes in images, object recognition methods, the development of a functional scheme and a model of the optical navigation system of mobile robots, a description of the functioning of the system, an algorithm was developed for the task of estimating the geometry of the urban scene, which was solved using the simultaneous presence of segments, straight lines, their grouping into parallel families, sunrise and zenith points with the horizon.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AJAX – asynchronous Javascript and XML — асинхронний JavaScript и XML;

Arduino IDE – програмний продукт для розробки та реалізації програмного коду мікроконтролера;

CMS – content management system – система управління контентом;

CSS – cascading style sheets – таблиця стилів;

GPIO – інтерфейс введення/виведення загального призначення;

IDE – інтегроване середовище розробки;

LCD – рідкокристалічний дисплей;

PiCar-V – це робот з відкритим вихідним кодом на Raspberry

RAM – пам'ять з довільним доступом;

USB – універсальна послідовна шина;

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

БТР – бронетранспортер;

ДНК - дезоксирибонуклеїнова кислота;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина;

ЛП – лазерний позиціонувач;

ОС – операційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЗЗ - прилади з зарядовим зв'язком;

ПЗС-різновид матриці відеокамери;

ПК – персональний комп'ютер;

ПК – персональний комп'ютер;

СА – скануюча апертура;

СТЗ – система технічного зору;

ЧПК – числове програмне керування;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ	11
1.1 Аналіз існуючих конструкцій мобільних роботів	11
1.1.1 Робот D-43 DIY Smart Metal RC Robot	11
1.1.2 Робот SunFounder PiCar-V Smart Robot Video Car V2.0 Kit for Raspberry Pi 3/2/B+	12
1.1.3 Робот Lenovo Robot Vacuum Cleaner E1	13
1.2 Класифікація систем комп'ютерного зору згідно бласті використання	14
1.3 Класифікація систем комп'ютерного зору згідно засобів використання	18
1.4 Класифікація методів технічного зору.....	22
1.5 Аналіз методу динамічної триангуляції	31
2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОСТІ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ І ЛІНІЙНИХ КООРДИНАТ У ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ...	35
2.1 Аналіз оптоелектронного пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі	35
2.2 Розробка архітектури блоку, який забезпечує мобільність оптоелектронного скануючого пристрою.....	38
2.3 Визначення складових апаратного забезпечення мобільної платформи	40
2.3.1 Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi Zero.....	41
2.3.2 Отладочна плата STM32.....	42

	8
2.3.3 Мікроконтролер Arduino Uno	43
2.4 Вибір програмного забезпечення для керування мобільною платформою	44
2.4.1 Середовище розробки Programino	44
2.4.2 Середовище розробки B4R (Basic for Arduino).....	45
2.4.3 Середовище розробки Arduino IDE.....	45
3 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ макету МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ	49
3.1 Привідна система коліс макету мобільного робота.....	49
3.2 Сервопривод SG90	51
3.3 Реверсивний драйвер двигуна L298N	53
3.4 Аналіз Arduino Uno R3	54
3.5 Зовнішній вигляд розробленої мобільної платформи	56
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ	58
4.1 Розробка алгоритмічного забезпечення управління макетом мобільного робота	58
4.2 Порядок розробки програмного забезпечення макету робота	61
4.3 Тестування ПЗ.....	64
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	69
ДОДАТКИ.....	79
ДОДАТОК А	80
ДОДАТОК Б	81
ДОДАТОК В	93
Додаток Г	98

ВСТУП

В даний час стрімко розвиваються всі напрямки науки, що займаються створенням мобільних роботів.

Робототехніка — прикладна наука, яка займається розробкою автоматизованих технічних систем і є найважливішою технічною основою інтенсифікації виробництва. В даний час велика кількість завдань пов'язана з організацією автоматичного переміщення робота, що виконує деякі основні завдання. Серед різних класів роботів важливим сучасним класом є мобільний робот, який розміщується на мобільній платформі, використовується в промисловості (робототехніка), екології (динамічний моніторинг навколишнього середовища, робота в екологічно шкідливих умовах), у війську (дослідження). . робот), побутовий робот (автономні пилососи, газонокосарки та ін.).

Завдання керування рухом мобільних колісних роботів, окрім свого теоретичного значення, стає все більш практичним у різних галузях техніки та науки. Спектр завдань, які вирішуються, дуже широкий: від ігор до спеціальних завдань безпеки. Високі вимоги до характеристик руху робота вимагають використання математичних та комп'ютерних моделей на всіх етапах синтезу алгоритмів керування. Тому дослідження в цій галузі є актуальним завданням. Мета роботи – розробка програмного забезпечення (ПЗ) для переміщення Arduino-робота в виробничому просторі.

Об'єкт розробки – система програмного керування транспортувального мобільного робота.

Предмет розробки – програмне забезпечення транспортувального мобільного робота.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз технічного завдання та предметної області;
- провести аналіз існуючих аналогів та вибрати оптимальну конфігурацію;

- проаналізувати і написати необхідний код програми;
- прошити плату, упевнитися в працездатності коду, за необхідністю виправити помилки в коді.

Під час розробки ПЗ та складання макета мобільного робота необхідно врахувати такі особливості:

- обрати оптимальну конфігурацію мобільної платформи;
- забезпечити мінімальні габарити та масу.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ РОБОТІВ

1.1 Аналіз існуючих конструкцій мобільних роботів

У наш час відбувається зміна мобільних частин, часто продуктів, наприклад, для адаптації домашніх доступних пристроїв до попередньої програми програмного забезпечення. Існує кілька варіантів таких роботів.

1.1.1 Робот D-43 DIY Smart Metal RC Robot

D-43 DIY Smart Metal RC Robot - має дуже компактні розміри, що робить його дуже компактним. Він також не має багатьох датчиків, а лише ультразвуковий номеронабирач, що робить ціну цього робота відносно низькою (рис. 1.1) [6].

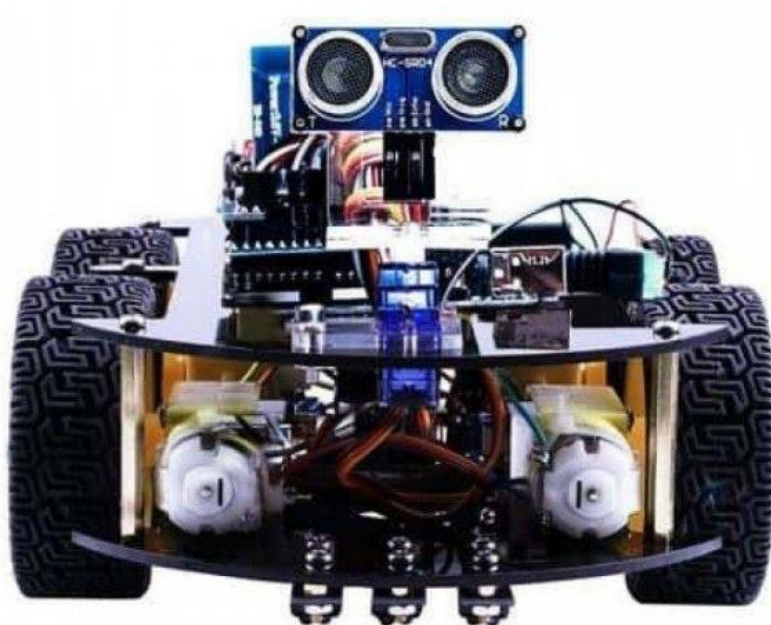


Рисунок 1.1 – Робот D-43 DIY Smart Metal RC Robot [6]

Технічні характеристики робота D-43 DIY Smart Metal RC Robot [6]:

- модель: D-43;
- матеріали: метал;
- мотор: 33ГБ-520-18,7;
- робоча напруга: 6 В-12 В постійного струму;
- швидкість холостого ходу: (170-350) об/хв ($\pm 10\%$);
- струм холостого ходу: 100 мА;
- діаметр вала двигуна: 5 мм;
- розмір продукту: 310 мм \times 210 мм \times 100 мм;
- вага продукту: приблизно 1650 г;
- вартість: 2626 грн.

1.1.2 Робот SunFounder PiCar-V Smart Robot Video Car V2.0 Kit for Raspberry Pi 3/2/B+

PiCar-V — це робот із відкритим кодом на Raspberry Pi. Він оснащений ширококутною USB-веб-камерою та працює з трьома абсолютно новими друкованими платами з простим підключенням, декількома акриловими платами та повністю написаним кодом, придатним майже для всіх платформ керування роботами (рис. 1.2). Є багато способів дистанційного керування роботом: за допомогою програми для ПК ви можете керувати роботом і напрямком камери в інтерфейсі та переглядати зображення, яке він знімає, у режимі реального часу або за допомогою відповідного коду; реалізувати ті самі функції у веб-браузері, тобто він працює з майбутніми мобільними телефонами, планами тощо. [7].



Рисунок 1.2 – Робот SunFounder PiCar-V Smart Robot Video Car V2.0 Kit for Raspberry Pi 3/2/B+ [7]

Технічні характеристики робота SunFounder PiCar-V Smart Robot Video Car V2.0 Kit for Raspberry Pi 3/2/B+ [7]:

- вхідна напруга: 7 В-12 В;
- розміри: 270 мм × 170 мм × 110 мм;
- ШІМ-драйвер: PCA9685;
- драйвер двигуна: TB6612;
- камера: 120° Wide-angle USB Camera;
- вартість: 3753 грн.

1.1.3 Робот Lenovo Robot Vacuum Cleaner E1

Робот-пилосос Lenovo Robot Vacuum Cleaner E1 — це робот-прибиральник будинку (рис. 1.3). Ним керуватиме інтелектуальний пристрій, встановлений на мобільному телефоні чи планшеті [8].



Рисунок 1.3 – Робот Lenovo Robot Vacuum Cleaner E1 [8]

Технічні характеристики робота Lenovo Robot Vacuum Cleaner E1 [8]:

- тип акумулятора: Li-Ion (літій-іонний);
- ємність акумулятору: 2,6 А × год;
- споживана потужність: 40 Вт;
- рівень шуму: 65 дБ;
- габарити: 32,50 см × 32,50 см × 7,25 см;
- вага: 4 кг;
- вартість: 3999 грн.

1.2 Класифікація систем комп'ютерного зору згідно бласті використання

Дві основні концепції монокулярного та бінокулярного комп'ютерного зору походять з теорії комп'ютерного зору. Монокуляр передбачає дослідження та розробку комп'ютерного зору на основі інформації,

отриманої від однієї камери або від кожної камери окремо. Бінокулярна навчальна дошка має великий обсяг інформації, що надходить одночасно з двох, трьох і більше камер. Перевагою деяких камер є можливість змінювати глибину огляду. Слід зазначити, що інформацію про глибину можна отримати за допомогою датчиків, які за своєю структурою одночасно приймають і передають сигнал. Прикладом може служити пошукова система сайту money. Але його використання можливе лише на малих відстанях, що пояснюється тим, що сигнал має таку фізичну властивість, що він слабкий. У цьому випадку доцільніше використовувати датчики тільки для прийому сигналу трансляції, простіше кажучи, відеокамери, орієнтовані в просторі, для отримання унікальних зображень і подальшого формування об'єкта. Вони аналізують два чи більше незалежних зображення та порівнюють їх, щоб створити образ об'єкта, його особливості та глибину зображення.

На сьогоднішній день багато розробок знаходяться ще на стадії фундаментальних досліджень, але теорія комп'ютерного зору існує як окремий розділ кібернетики. З кожним роком видається все більше книг, проводиться велика кількість наукових конференцій, створюються фонди в області технологій комп'ютерного зору. Питання розробки та застосування роботів СТЗ цікавлять багатьох фахівців, які займаються проектуванням та експлуатацією роботизованих комплексів. В даний час в цій галузі досліджується 238 наукових галузей, а саме: фізика, математика, оптика, квантова механіка, біометрія, нейробіологія (біологічний зір), медицина та багато інших. Більшість із цих напрямків об'єднує спільні дослідження, спрямовані на вивчення та застосування засобів автоматизації та обробки візуальних даних та інформації, розпізнавання буквено-символічної інформації, розпізнавання жестів, ідентифікації та класифікації рухомих об'єктів у полі зору камери.

Це означає, що асортимент продукції СТЗ на даний момент досить широкий і дуже сучасний. Багато завдань вирішуються за допомогою

різноспрямованої взаємодії, де від системи вимагається універсальність і швидкість.

Найбільш важливу частину застосування ця система отримала в медицині, оскільки завдяки їй усі ці дослідження базуються на візуалізації та побудові тривимірних форм об'єктів з інформації, отриманої за допомогою відеоданих (комп'ютерна томографія, рентген та УЗД). Серед традиційних прикладів діагностики, де сьогодні використовується інформація, отримана з відеоматеріалів, можна виділити діагностику туберкульозу легенів за допомогою рентгенографії, виявлення вимірювання розмірів органів, наявності пухлин. діагностика стану. кровоносних судин і судин головного мозку і ряд інших змін в організмі. При розробці медичних систем комп'ютерного зору виникають труднощі при створенні діагностичних ознак, на підставі яких необхідно приймати рішення при встановленні діагнозу та діагностуванні наявності захворювання. Цим пояснюється той факт, що при постановці діагнозу лікар керується низкою непрямих ознак, а також особистим досвідом. При цьому результати консультації лікаря та дані, які надає система, можуть суттєво, навіть повністю відрізнятись. Саме з цих причин усі медичні програми працюють як помічники, які допомагають йому з вимірюваннями, вибором об'єктів, збільшенням або зменшенням візуалізації вибраного поля, і все під безпосереднім керівництвом лікаря. З цього випливає, що проектна територія є перспективною і можливий комплексний підхід.

Іншою сферою використання комп'ютерного зору є промисловість, де призначенням застосування є підтримка виробничого процесу. Прикладом може бути система виявлення та декодування інформації про зчитування штрих-коду. Найчастіше такі системи використовуються в супермаркетах, де є великі обсяги товарів і де потрібні спеціалізовані системи обліку та управління, автоматичного обліку та пошуку товарів на складах, зберігання персональних даних персоналу. Штрих-коди розбиті на байти, інформаційна пам'ять до 150 байт, вся текстова інформація складається з буквено-цифрових

символів обсягом до 250 символів і цифрових символів з максимальною кількістю цифр до 366. Також робота комп'ютера технологія vision спрямована на розпізнавання об'єктів за шаблонами, перевірку якості систем безпеки та моніторингу в промислових умовах.

Особлива увага зараз приділяється системам безпеки та моніторингу. Основним процесором такої системи є передача образу небезпеки. Іншим прикладом програми комп'ютерного зору є система розпізнавання буквено-цифрової інформації. Дослідження в цій області призвели до створення програм, які автоматизували процес введення тексту, таблиць і форм. Існували також програми розповсюдження добре написаного тексту та його неординарні програми в електронному вигляді. Для виконання таких завдань найчастіше використовується сканер. Алгоритм перетворення: 1 етап – сканування паперових джерел, 2 етап – безпосереднє розпізнавання наявної інформації, 3 етап – перевірка результатів (за запитом оператора) та зберігання отриманих матеріалів. Незважаючи на те, що ця технологія використовується в багатьох сферах протягом тривалого часу, існує ряд проблем з її використанням, таких як: ненадійне розпізнавання рукописного тексту або зображень із низьким збільшенням із можливими алфавітно-цифровими помилками.

Виробнича зона СТЗ також є ремісничою промисловістю Віча. Простими прикладами є виявлення позицій противника (армія, транспортні засоби, техніка), моніторинг отриманих даних зображення, своєчасний прийом даних під час військових дій, що знижує складність і надійність отриманої інформації, системи безпеки та системи контролю доступу. ракет на основі отриманих даних зображення, своєчасне отримання даних під час бойових дій, що знижує складність і достовірність отриманої інформації, системи безпеки та системи контролю доступу. Сфери застосування включають біометричні системи, принцип дії яких спрямований на ідентифікацію людини. Весь процес базується на комп'ютерному розпізнаванні біометричних даних людини, таких як: відбитки пальців, тон

голосу, почерк, малюнок сітківки ока та матеріали ДНК. Вся ця продукція в системах запису та контролю володіння, продукти Prunum в базі даних обраних офіцерів розвідки.

Також будемо враховувати автономні транспортні засоби (сухопутні, повітряні, підводні). Рівень автономності відрізняється від безпілотних (повністю автономних) транспортних засобів, де система покладається на комп'ютерне бачення для підтримки водія в різних ситуаціях. Безпілотні транспортні засоби використовують комп'ютерний зір для отримання інформації про своє положення, створення карти навколишнього середовища та виявлення перешкод. Прикладами таких систем є дрон, який часто використовують для захисту аркушів форумів, система парктронік, яка попереджає про автомобіль, і система автономної посадки літаків.

1.3 Класифікація систем комп'ютерного зору згідно засобів використання

Коли ми говоримо про сферу робототехніки в Україні, доречно буде розділити її на напрямки: споживчий, виробничий та освітній. Зараз у споживчому секторі спостерігається стабільний попит на різні роботизовані принтери та дрони. Промислове виробництво великого представництва до модернізації виробництва з метою підвищення ефективності підприємства. Для них він розробляє рішення для робототехніки, робочих машин, навантажувачів і деяких технічних процесів, таких як зварювання або лазерне різання металу. Захист військової інформації в Україні здійснюється своєчасно на протиборчому бронетранспортері «Фантом», здатному долати відстань до 20 км, управління здійснюється по захищеному радіоканалу. Ця машина використовується для транспортування боєприпасів, транспортування поранених та інших цілей. Також випускають безпілотник, який автономно працює 9-12 годин і має корисне навантаження до 5 кг. Цікава і сучасна розробка, робот-манекен має суглоби і вміє танцювати. Він

працює на таймері та датчику руху та використовує сценарій руху для взаємодії з людьми, який робот може використовувати для взаємодії з клієнтами, наприклад, привітатися та відповісти на прості запитання.

У практиці використання комп'ютерного зору комп'ютери попередньо програмуються на вирішення конкретних завдань, але шляхи їх вирішення стають більш загальними. У результаті комп'ютерний зір іноді розглядається як частина штучного інтелекту або галузі інформатики в цілому.

А сама область комп'ютерного зору створює методи і технології з програм професійних штучних систем, які можуть виробляти виявлення, відстеження і класифікацію різних об'єктів даних, отримуючи інформацію з зображень. Для отримання інформації система використовує дані зображення, які потім можуть бути передані для обробки в різних формах, таких як відеоряд, просте зображення або зображення з тривимірними даними.

Із зазначених вище сфер використання комп'ютерного зору видно, що сучасні люди все частіше стикаються з цими технологіями у своєму житті.

Кожна з областей, описаних вище, пов'язана з рядом технічних завдань, деякі приклади наведено нижче.

Автоматичне планування, призначення завдань і прийняття рішень у системах, які можуть виконувати механічні операції (вимірювання положення та орієнтації частин), є основною частиною роботи систем технічного зору. Цей тип обробки вимагає технічних необроблених даних, наданих заздалегідь, і також варто зазначити, що такі системи можуть працювати за допомогою штучного інтелекту, який, у свою чергу, використовує методи розпізнавання та машинного навчання. Дані, які потрібно отримати із зображень (зображень, текстових об'єктів), надходять після виконання деяких завдань розпізнавання, виявлення, сегментації, переміщення, сцени та реконструкції зображення.

Розпізнавання зображень є важливою ознакою правильної ідентифікації об'єкта, зображення – це класифікаційна група, яка пропонує

кілька властивостей моєму об'єкту. Програми розпізнавання для розпізнавання фотографічних і диференціальних символів, біометричних даних, голосу, відбитків пальців, фізичного) розпізнавання індивідуальних даних. Для цього використовується кілька методів розпізнавання обличчя:

- Спосіб сортування порівнюється з уже існуючою базою даних, де для кожного об'єкта представлено кілька варіантів редагування, таких як масштаб, тип шрифту. Якщо стоїть завдання розпізнати звуковий образ, то такий звукозапис аналізується за частотним і амплітудним діапазонами.
- Ще одним методом є використання штучних нейронних мереж. Цей метод є дуже трудомістким, оскільки вимагає великої кількості наочних прикладів або побудови нейронної мережі під конкретне завдання. Через це цей спосіб програмування змінився, хоча він ефективний і продуктивний.
- Для зручності та простоти реалізації часто використовується метод порівняння з прототипом, при якому центр групи вибирається за координатами точок певної групи, кількістю координат незалежного параметра та кількістю точок у групі, або об'єкт береться за параметрами поблизу обчислювального центру. Якщо необхідно класифікувати раніше невідомий об'єкт, то знаходить найбільш схожий прототип, після чого йому присвоюється клас прототипу.
- Метод k -найближчих сусідів. Для нового невідомого об'єкта знаходять задане число (k) найближчих за яким-небудь класом і заздалегідь відомою приналежністю.
- Синтетичний метод або колективи вирішальних правил система, яка об'єднує в собі перераховані вище методи і застосовує позитивні якості кожного з методів.

Одним із важливих завдань комп'ютерного зору є виявлення. Детектор не тільки визначає, до якого класу належить об'єкт, але й визначає точне положення об'єкта даного класу, нижче розташування: пікселів і контурів, що

належать зображенню об'єкта, а також області, що містить т. дзвонив об'єкта. Складністю виявлення є мінливість зображень цього класу, а саме: положення/ракурс об'єкта, освітлення, колір, колір, часткове закриття об'єкта іншими об'єктами. Процес виявлення полягає в корекції експозиції, шуму, після чого вибирається задана область, так звана зона інтересу, вибірка здійснюється шляхом пошуку та фільтрації помилкових тривог відповідно до класифікації. Іноді замість виявлення використовується сегментація.

Сегментація — це процес, який полягає в поділі зображення на кілька частин відповідно до заданих критеріїв, наприклад, виділення людей на зображенні та визначення їх кількості та розташування на фотографії. Для сегментації зображення використовується кілька методів:

- Метод кластеризації, заснований на поділі зображення на K кластерів, вибирається центр кластерів в кількості K , після чого кожен поміщається піксель далі наново обирають центри кластерів, усереднюючи всі пікселі в кластері, процедура закінчена, коли пікселі залишаються в тому ж кластері.
- Методи, засновані на гістограмі, обчислення відбувається по всіх пікселях зображення з використанням мінімум і максимум для пошуку кластерів на зображенні.
- Метод виділення країв, вибирається межі і краю областей, але для виділяючи необхідно, щоб об'єкт на зображенні мав замкнуті границі області. але часто ці області бувають розірваними.
- Методи розростання областей заснований на використанні яскравості пікселів, для чого використовується тестова статистика, вихідними даними для її побудови є яскравість області, її середні арифметичне безліч чисел і дисперсійна випадкова величина.
- Сегментація за допомогою моделі, в основі цього методу лежить те, що цікавлять об'єкти мають однакові геометричні форми, при сегментації зображення, накладаються обмеження по формі. Завдяки чому створюється модель, яку можливо використовувати як зразок.

Окрему частину завдань комп'ютерного зору складають декілька завдань, пов'язаних з оцінкою руху. Мета полягає в тому, щоб обробити зображення в певній послідовності, визначаючи швидкість кожної точки, присутньої на цьому зображенні. Прикладом руху є слідування за майбутнім предметом (людиною, транспортним засобом, травою).

Реставрація стін і картин подібним чином використовується в комп'ютерному світі. Метою реконструкції стіни є створення тривимірної моделі стіни за допомогою двох або більше двовимірних зображень стіни або серії відео, знятих під певними кутами. Оскільки модель створюється як набір точок у тривимірному просторі, більш складні моделі відтворюють готову тривимірну модель. Метою відновлення зображення є усунення різноманітних шумів і розмитості. Для чого потрібні фільтри низьких і середніх частот? Перед більш точним видаленням шумів необхідно проаналізувати відеодані на наявність різних структур під час первинної обробки зображення.

1.4 Класифікація методів технічного зору

Для класифікації методів технічного зору розглянемо 3 рівня (низький, середній, високий):

- Низький рівень на цьому рівні здійснюється зняття і попередня обробка інформації, на цьому етапі відбувається і формування безпосередньо зображення і його компенсація, наприклад видалення шумів.
- Середній рівень на цьому етапі відбувається подальша обробка зображення, отриманого з низького рівня, а саме виділення, розпізнавання та сегментація окремих об'єктів.
- Високий рівень, більш складний у своєму використанні, так як містить процеси, що відносяться до штучного інтелекту.

Технічне бачення показує тривимірний простір за допомогою його плоского зображення. Далі отримана інформація буде переведена в електричні сигнали, для яких вони надають дані. У системах технічного зору зазвичай використовуються фотоапарати, фотоапарати або напівпровідникові пристрої на основі відеокамер із зарядним портом.

Оглядова труба з резервуаром (відікон) заснована на принципі дії на основі використання внутрішнього фотоефекту (рис. 1.4). Така трубка має просту конструкцію, відносно простий пристрій, невеликі габарити і вагу, випускається діаметром 13,5; 26 і 40 мм. Прероботи в СМЗ - це найбільш часто використовувані приціли з діаметром колеса 13,5 мм і електростатичною системою зондування, оскільки вони сприяють збільшенню швидкості зондування. Завдяки використанню видошукача більш простими способами досягається висока лінійність відхилення променя, при цьому розмір сітки не залежить від частоти відхилених сигналів, а при падінні напруги на фокусуючому електроді зображення не повертається.

У разі захворювання оптик знаходить фотопровідну мезенхіму, а електронно-оптична система закриває отвір. Внутрішня торцева поверхня трубки покрита провідною металевією підкладкою, а поверх неї знаходиться кулька з речовини, яка утворює третю. Використовують речовини, які не випромінюють фотоелектрики, але змінюють свою провідність під впливом світла, наприклад сурму, свинець і кадмій, аморфний селен. До другого анода перед мішенню прикріплена сітка, яка служить для вирівнювання поля в області мішені.

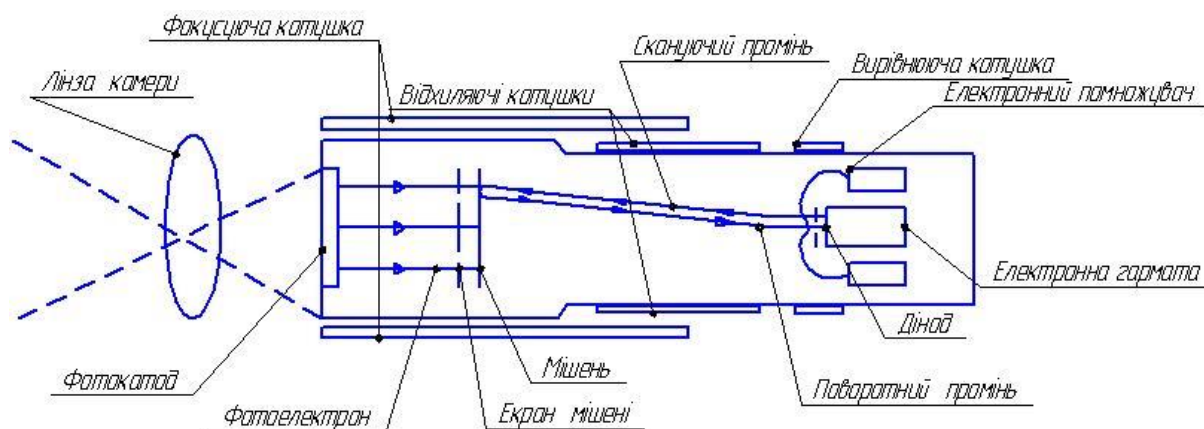


Рисунок 1.4 – Функціональна схема видикону

На протилежному боці трубки знаходиться «електронна гармата» і діод, який збирає електрони, що відбиваються від мішені. Сітка уповільнює електрони, що вивільняються пістолетом, щоб вони досягали цілі майже з нульовою швидкістю. Розмістіть котушки фокусування та згинання на трубі, щоб сфокусувати та зігнути промінь. Електричний промінь фокусується і відхиляється напругою, що подається на котушки. Сенсорна схема забезпечує сканування променя на внутрішній поверхні третього для «зчитування» зображення. У звичайному режимі на металеве покриття екрану подається позитивний потенціал. За відсутності світла фоточутливий матеріал діє як діелектрик, оскільки потенціал на внутрішній поверхні мішені, створений електронним променем, компенсується позитивним зарядом на металевому покритті. Коли світло падає на поверхню третього, його опір зменшується і створюється електричний струм, який нейтралізує позитивний заряд. Величина струму пропорційна числу рухомих електронів і, отже, інтенсивності світлового потоку. Ця зміна струму після його обробки в електронному блоці створює відеосигнал.

Частота сканування, яка використовується в системах технічного зору, становить 30 разів на секунду. Весь скан складається з 525 рядків, з яких 480 містять інформацію про зображення. Для підвищення чіткості зображення

половини зображень (262,5 рядків) скануються з подвійною швидкістю (60 разів на секунду).

Відеокамери використовуються для захоплення зображень шляхом запису послідовності зображень зі швидкістю 30 разів на секунду. Це дозволяє візуалізувати рух об'єкта в часі. Для забезпечення безперервності сприйняття руху використовується 60 половин кадрів в секунду.

Існує кілька типів камер 1D, 2D і 3D. Лінійні або лінійні 1D камери, в таких камерах зображення створюється шляхом сканування об'єкта. Камера містить спеціальний датчик, який має один ряд пікселів, який генерує об'єкт по всій його довжині. Технологія лінійного сканування дозволяє накладати послідовні зображення та їх подальше програмне зв'язування, завдяки чому зображення безперервно створюється у вбудованому буфері цієї камери. Камери, які створюють зображення у двовимірному просторі, є двовимірними камерами. Такі камери, коли їх розширюють, створюють ширші та потужніші продукти. Тривимірні 3D-камери — це просто нерухомість військових фігурних позолочених предметів у тривимірному просторі. Чому для зйомки кількох точок використовують два або більше об'єктивів, а в інших камерах лише один, який змінює своє положення щодо спостережуваного об'єкта.

Для обробки даних і передачі відеосигналу також використовуються аналогові та цифрові камери. В аналогових камерах зображення проходить через матрицю в аналоговому форматі, потім проходить етап оцифрування для обробки, а потім перетворюється назад в аналоговий сигнал для подальшої передачі. За допомогою коаксіального кабелю відеосигнал контролюється монітором і відеомагнітофоном, який оцифровує, кодує і стискає його перед записом. Такі камери просто порівнюють з реальними відеомоніторами, через інститутські простати вони рожеві і дешеві, а потрібними даними ви будете займатися в своєму антизломі і не там.

У цифровому фотоапараті сигнал не проходить фазу перетворення, як в аналоговому, а надходить на реєстратор саме в оцифрованому вигляді. У той

же час він може бути закодований і стиснутий перед передачею або може бути переданий у розділеному та незакодованому форматі. Ці системи легко масштабуються, модернізуються та оптимізуються. Вони дорожчі, але використовуються для будь-яких завдань комп'ютерного зору.

За зміною стоїть ще один тип камер – камери машинного зору. Ці камери знімають зображення високої роздільної здатності та надсилають їх на комп'ютер без стиснення. Отримані зображення мають гарну якість і високий рівень деталізації з роздільною здатністю VGA до 86 МП для миттєвих зображень або 4К для однорядкового сканування та зйомки зі швидкістю до 200 кадрів на секунду.

Вибираючи камеру для вирішення проблем комп'ютерного зору, слід звернути увагу на розмір матриці та розмір пікселів: чим більше, тим краще. У відеокамерах використовуються два типи матриць: CCD і CMOS. Вони відрізняються з точки зору пристрою і принципом дії. ПЗЗ-матриця не дозволяє використовувати інфрачервоне бачення, яке необхідно при необхідності створення теплових карт об'єктів. Матрицю CMOS можна виділити високою чутливістю до світла, кращою передачею кольору, низьким рівнем шуму і високою динамічною чутливістю. До недоліків можна віднести складний принцип зчитування сигналу, високе енергоспоживання і дороге виробництво.

Пристрої послідовного зв'язку (ПЗС) є найпоширенішим типом пристроїв введення зображення для систем технічного зору з можливістю послідовного комп'ютерного зчитування.

ПЗС-пристрої діляться на два види:

- датчики лінійного сканування;
- датчики з площинною структурою.

Основною частиною датчиків є фотоелементи, вони виготовлені з кремнію і є чутливими, фотони відбиваються від об'єкта, проходять через вхідну структуру полікристалічного кремнію і створюють електронно-діркову пару. Кожна така клітина перетворює отриману світлову енергію в

електричний заряд, за рахунок впливу світла в клітині шкіри створюється заряд маси, розмір якого пропорційний інтенсивності світлового потоку. Для встановлення часу накопичення використовується клапан.

Лінійний датчик складається з декількох фоточутливих елементів (рис. 1.5), двох шин, призначених для передачі даних від фоточутливих елементів до транспортних регістрів, вихідної шини для передачі вмісту транспортних регістрів на підсилювач, на виході якого подається сигнал напруги. встановити значення, пропорційне вмісту клітинки. Типовий датчик має від 256 до 2048 фотоелементів.

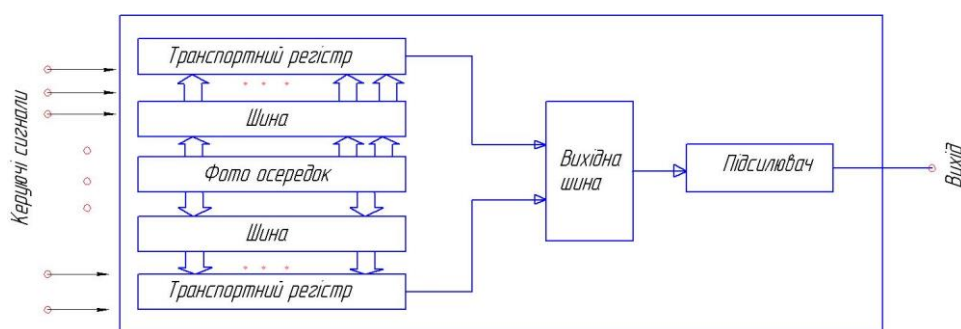


Рисунок 1.5 – ПЗС-датчик лінійного сканування

Датчики з площинною структурою складаються з тих же елементів, що і лінійні, але розташованих у формі матриці з поєднанням перехідних транспортних регістрів між рядами фотоячеек. Такі датчики мають від 32×32 до 1024×1024 фотоелементів і більше (рис. 1.6).

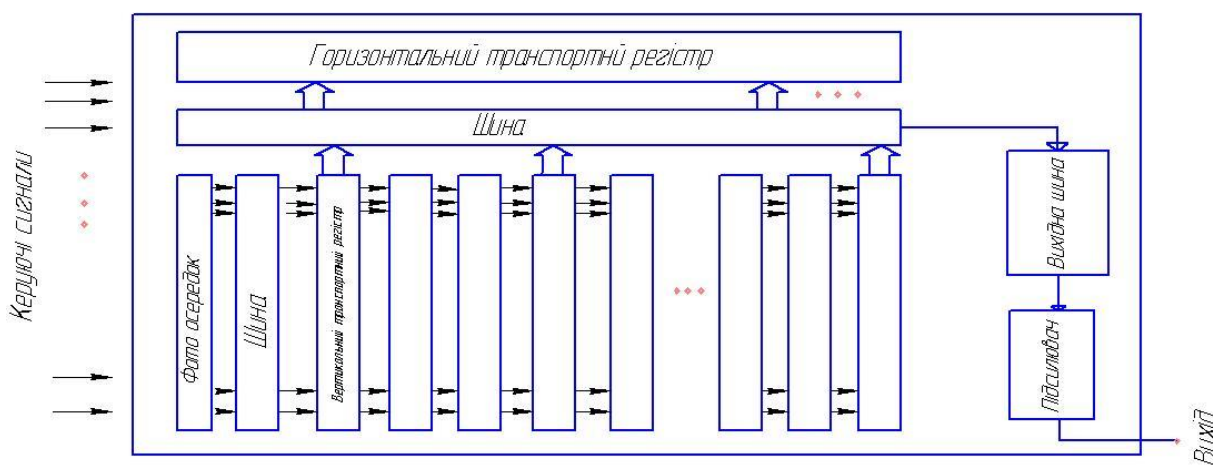


Рисунок 1.6 – ПЗС-датчик з площинною структурою

Поля потрібні для зберігання зображень, у деяких випадках камеру ПЗС підключають безпосередньо до плати комп'ютера, яка містить пам'ять для зображення, і плата називається захоплювачем кадрів. Але найчастіше камери можуть зберігати кілька десятків зображень у пам'яті або на додатковій карті пам'яті. Дані з камери передаються на комп'ютер для подальшої обробки. На схемі нижче показано комп'ютерну систему з введенням даних камери та виведенням графічного зображення (рис. 1.7).

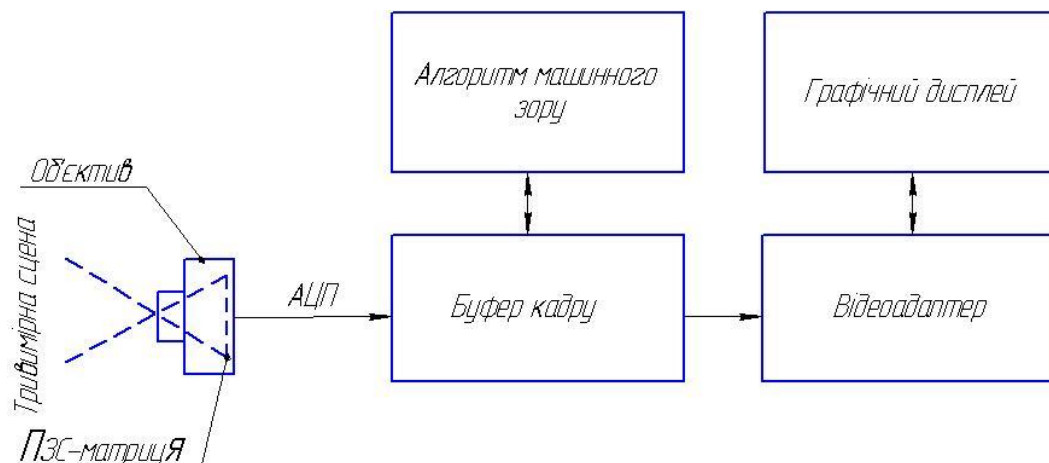


Рисунок 1.7 – Комп'ютерна схема з введенням даних і графічним виведенням

Основною частиною схеми високошвидкісного зберігання зображень є буфер зображень. Вхідні зображення генеруються камерою, які після аналого-цифрового перетворення зберігаються в цифровому вигляді в кадровому буфері. Кеш зображень здатний зберігати кілька оригінальних або трансформованих зображень для відображення користувачеві та подальшої обробки різними комп'ютерними алгоритмами.

Проектування кожної точки тривимірної сцени проектуванням через центр або центр лінзи на площину зображення можна використовувати як геометричну модель формування зображення. Яскравість зображення точки залежить від інтенсивності випромінювання відносно точки на тривимірній поверхні. Така модель може бути реалізована за допомогою камер зі складними лінзами, що містять більше двох поверхонь заломлення. У цьому випадку лінза виконує роль світлозбирача: світло досягає точки зображення,

спрямованої в конус світлових променів, що поширюються від тривимірної точки. Внаслідок геометричної недосконалості лінзи об'єктива на поверхні зображення утворюється розмита точка, яка називається колом розсіювання, що зумовлено залежністю заломлення світлового випромінювання від довжини хвилі. Кожна комірка ПЗЗ-датчика накопичує відгук від променів, що випромінюються з деякої сусідньої точки тривимірної поверхні, що також призводить до розмитості зображення.

Масиви сенсорних центрів виконані у вигляді мікročіпів розміром 1x1 см. Існує кілька способів розміщення центрів ПЗЗ-сенсора на зображенні поверхні: круговий, лінійний, ROSA, схема розташування наведена нижче на рис. 1.8.

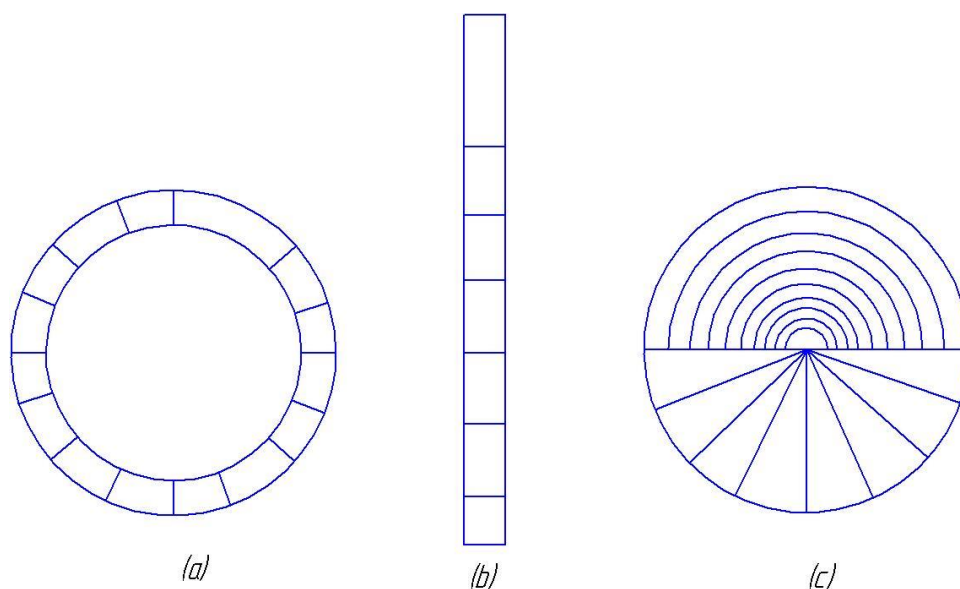


Рисунок 1.8 – способи розміщення осередків ПЗС-датчика. (а)-кругова, (б)-лінійна, (с)-ROSA

Кругове поле використовується для роботи з круговими шкалами, такими як спідометр або годинник. Досліджуваний об'єкт розміщується відносно камери, а потім сканується круглий масив, щоб отримати зображення стрілки спідометра або годинника.

Лінійне поле використовується, коли необхідно визначити тільки ширину об'єкта або коли необхідно отримати зображення і відстежити довгий фрагмент об'єкта, що рухається перед камерою. Його можна

використовувати як ручний сканер, коли лінійний датчик рухається навколо сканованої області. Для фокусування «лінійного сегмента» робочої сцени на лінійному ПЗС-сенсорі найчастіше використовуються циліндричні лінзи.

1.5 Аналіз методу динамічної триангуляції

Принцип триангуляції був розроблений, щоб забезпечити рішення для обчислення координат шляхом поділу та вимірювання площі трикутників, які утворюють сітку, де кути та відстані обчислюються за допомогою тригонометричних функцій. Для реалізації методу триангуляції потрібні три основні змінні: кут відкриття датчика, кут лазерного позиціонера та фіксована відстань між ними, відома як (a). Триангуляцію можна розділити на статичну та динамічну, коли кут лінзи датчика та лазерної вказівки не змінюється, це вважається статичною триангуляцією, інакше її називають динамічною триангуляцією, яка дозволяє вимірювати в більш широкому полі [1-7].

Як показано на рис. 1.9 а), скануюча мембрана складається з двигуна постійного струму, кодера, дзеркала під кутом 45° , нульового датчика, пари двоопуклих лінз і фоторецептора. Операція відбувається, коли лазерна указка проектує лазерний промінь на поверхню, потім його видно біля скануючої мембрани, коли лазерний промінь вирівнюється на дзеркалі під кутом 45° , він спрямовує його ортогонально на пару двоопуклих лінз. у фоторецепторах бика. Слід зазначити, що нульовий сигнал датчика дозволяє, окрім створення опорного сигналу, який використовується для початку розрахунку кута, визначити, коли дзеркало 45° здійснює один оберт [5-10].

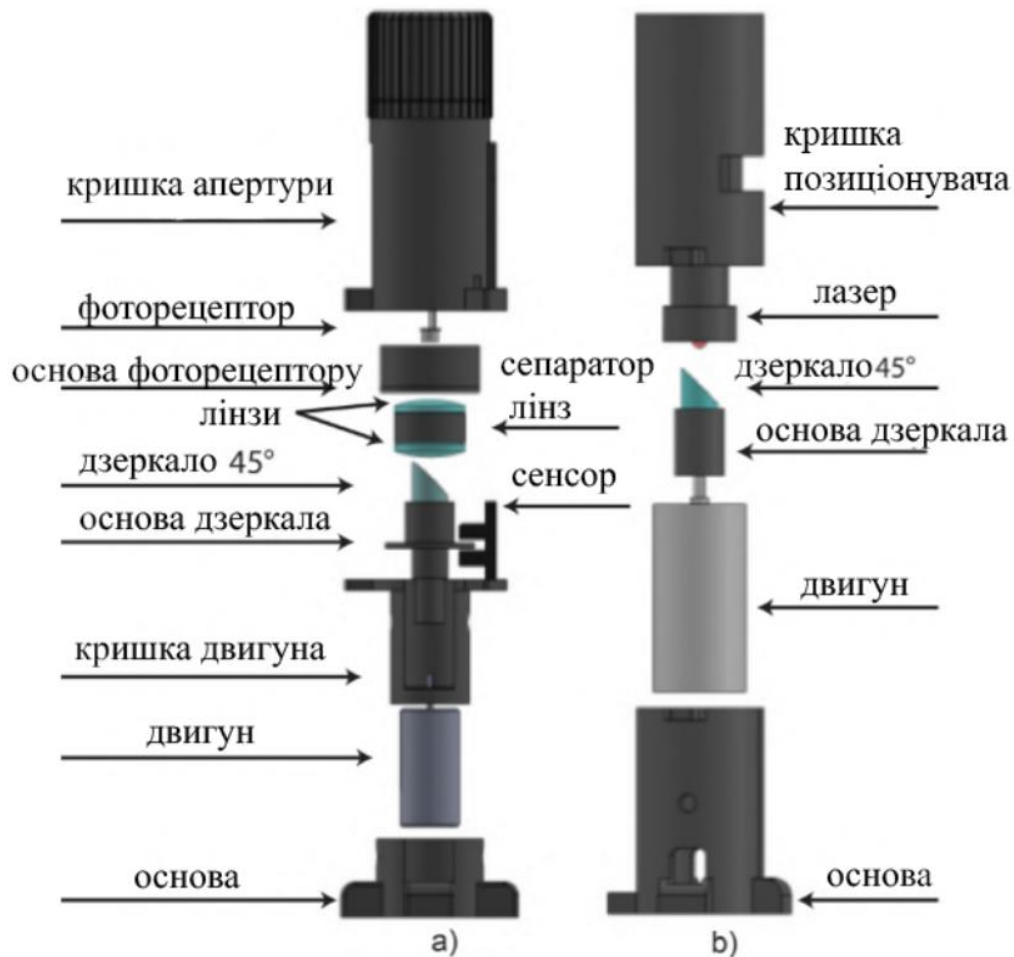


Рисунок 1.9- а) апертура сканування б) лазерний позиціонувач

Як показано на рис. 1.9 б), лазерний позиціонувач складається з двигуна постійного струму, кодера, дзеркала 45°, лазера та структури на основі PLA. Лазер розташований у верхній частині лазерного позиціонувача, спрямований у бік дзеркала 45 градусів, щоб проєціювати його на поверхні, які потрібно сканувати [1-7].

Перед розрахунком кута розкриття на виявленій поверхні необхідно розрахувати імпульси датчика (канал А), який забезпечує постійну кількість імпульсів при кожному оберті двигуна. Необхідно також створити послідовність імпульсів і фоторецепторний сигнал (ПР), який генерується шляхом детектування лазерного променя. Нарешті, опорний сигнал, створений нульовим датчиком, необхідний для початку нового обчислення імпульсу. Західні сигнали, показані вище на рис. 1.10.

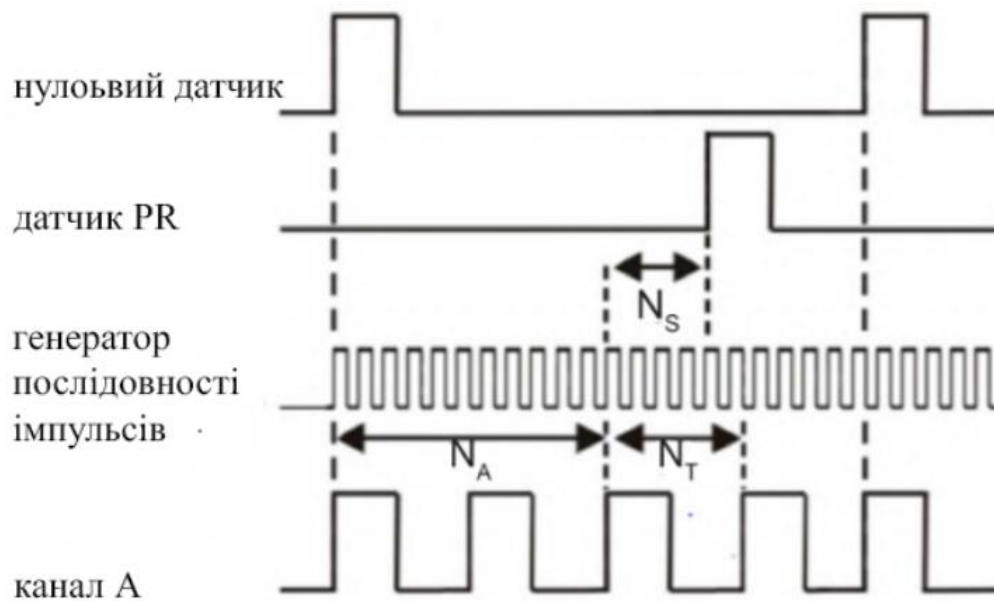


Рисунок 1.10 – Сигнали що використовуються для обчислення V_{ij}

Спосіб включає підрахунок імпульсів каналу А і генератора імпульсної лінії після отримання імпульсу від нульового датчика, якщо лазерний промінь не був виявлений після наступних імпульсів каналу А, або якщо лазер був виявлений, кількість підрахованих імпульсів генератором серії імпульсів під час виявлення та кількість імпульсів до наступного імпульсу каналу А використовується для розрахунку V_{ij} у Real-Moreno et al. [8-11]. Кут V_{ij} можна обчислити, застосовуючи рівняння 1.1 та 1.2.

$$V_{ij} = P_A \left(N_A + \frac{N_S}{N_T} \right) \quad (1.1)$$

$$P_A = \frac{360^\circ}{P_{360}} \quad (1.2)$$

Де N_A представляє кількість імпульсів з каналу А до імпульсу датчика PR, N_S - кількість підрахованих імпульсів від генератора послідовності імпульсів N_A до імпульсу датчика PR, N_T - кількість імпульсів послідовності імпульсів від N_A до наступного імпульсу каналу А і P_A - це градуси на імпульс каналу А [12-27].

В цьому розділі було проведено аналіз сучасного стану систем технічного зору роботів, проведено аналіз існуючих конструкцій та технічних особливостей мобільних роботів, які необхідні на виробництві, наприклад, для огляду важкодоступних місць на предмет різних пошкоджень обладнання.

Огляд літератури показав, що в даний час дослідженнями в цій галузі займаються 238 наукових дисциплін, а саме: фізика, математика, оптика, квантова механіка, біометрія, нейробіологія (біологічний зір), медицина та багато інших. Більшість із цих напрямків об'єднує спільні дослідження, спрямовані на вивчення та застосування засобів автоматизації та обробки візуальних даних та інформації, розпізнавання буквено-символічної інформації, розпізнавання жестів, ідентифікації та класифікації рухомих об'єктів у полі зору камери. Зараз у споживчому секторі спостерігається стабільний попит на різні роботизовані принтери та дрони. Промислове виробництво великого представництва до модернізації виробництва з метою підвищення ефективності підприємства.

Також було проаналізовано метод динамічної триангуляції. Оскільки у вихідних даних проекту йдеться, що сканування об'єкта мобільним роботом здійснюється методом триангуляції. Цей метод розроблено, щоб забезпечити рішення для обчислення координат шляхом поділу та вимірювання площі трикутниками, які утворюють сітку, де кути та відстані обчислюються за допомогою тригонометричних функцій. Реалізація методу триангуляції вимагає трьох основних змінних: кута розкриття датчика, кута лазерного позиціонера та фіксованої відстані між ними. Триангуляцію можна розділити на статичну та динамічну, якщо кут лінзи датчика та положення лазера не змінюються, це вважається статичною триангуляцією, інакше її називають динамічною триангуляцією.

2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОСТІ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ І ЛІНІЙНИХ КООРДИНАТ У ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ

2.1 Аналіз оптоелектронного пристрою для вимірювання куткових і лінійних координат у тривимірному просторі

Оптико-електронний прилад для вимірювання куткових та лінійних координат у тривимірному просторі [36], який має систему вимірювання куткових та лінійних координат у тривимірному просторі, яка складається з двох блоків: лазерного позиціонера (ЛП), який містить послідовно з'єднаний когерентний промінь світла та систему з двох дзеркал з виїмкою 45° , до якої з'єднана поворотна система LP, яка включає послідовно з'єднані двигун і систему передачі та блок скануючої апертури (СА), який в свою чергу включає в себе послідовно з'єднану обертову систему СА, дзеркало з кутом зрізу 45° , систему лінз, фільтр, фотоприймач, дзеркало має зв'язок з входом нульового датчика, мікроконтролерну систему обробки і управління з вбудованим АС для керування та координації роботи лазерного позиціонера та скануючої апертури, підключений до блоків LP та СА, а також один вхід якого підключений до виходу нульового датчика, а інший до виходу фотоприймача.

Недоліком цього приладу є низька точність вимірювань і обмежений функціонал через те, що присутній мобільність його функцій.

Технічне завдання полягає у виведенні функціональних програм, визначення точності процесу та продуктивності моделі пристрою.

Ця задача вирішена наступним чином. В удосконалений оптоелектронний пристрій для вимірювання куткових і лінійних координат у тривимірному просторі, який має систему для вимірювання куткових і

лінійних координат у тривимірному просторі. яка складається з двох блоків: лазерного позиціонувача (ЛП), що містить послідовно з'єднані випромінювач світлового когерентного пучка і систему з двох дзеркал зі зрізом 45° , до якої під'єднана система обертання ЛП, що містить послідовно з'єднані двигун і систему передачі, і блок скануючої апертури (СА), що в свою чергу містить послідовно з'єднані систему обертання СА, дзеркало зі зрізом 45° , систему лінз, фільтр, фотодетектор, дзеркало має зв'язок зі входом датчика нуля, систему обробки та керування, на базі мікроконтролера зі встроєним АЦП, для керування та узгоджування роботи лазерного позиціонувача та скануючої апертури, що з'єднана з блоками ЛП і СА, а також один вхід якої з'єднано з виходом датчика нуля, а другий – з виходом фотодетектора, блок, що забезпечує мобільність, який складається з каретки та шагового двигуна, що забезпечують рух пристрою.

Система тривимірного сканування з використанням оптоелектронного пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі Функціональна схема якого представлена у додатку А, рис. А.1 містить у блоку лазерного позиціонувача: послідовно з'єднані випромінювач когерентного світла - 1 і систему дзеркал, яка містить перше дзеркало зі зрізом 45° - 2 та друге дзеркало зі зрізом 45° - 3, систему обертання ЛП, яка містить двигун - 5 та систему передачі - 4, в скануючій апертурі містить послідовно з'єднані: систему обертання СА - 11, дзеркало - 10, систему лінз - 8, фільтр - 7, фотодетектор - 6, а також датчик нуля – 9, вхід якого з'єднано з дзеркалом 10 зі зрізом 45° , яке з'єднано з вихідом системи обертання СА – 11, а також систему обробки та керування - 12, яка згідно отриманих сигналів з датчика нуля 9 та фотодетектора 6 узгоджує рух ЛП, СА та блоку який забезпечує мобільність, а також яка під'єднана до блоків ЛП і СА, крім того, один вхід якої з'єднаний з виходом датчика нуля 9, а другий – з виходом детектора 6, третій вихід системи обробки керування подає на вхід сигнал початку роботи на блок, який забезпечує мобільність, що складається з шагового двигуна – 13, який пересуває каретку – 14.

Система тривимірного сканування з використанням оптоелектронного пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі працює наступним чином. За допомогою шагового двигуна 14 пересувається каретка 13 на якій розміщено пристрої. В блоці лазерного позиціонувача (ЛП) промінь з випромінювача когерентного світла попадає на систему дзеркал, що містить дзеркало 1 зі зрізом 45° та дзеркало 2 теж зі зрізом 45° , яке за допомогою системи обертання лазерного позиціонувача обертається навколо своєї вісі, система обертання містить двигун 4 та систему передач 5, які пересилають світло до поверхні яка цікавить, промінь відбитого від сканованої поверхні світла попадає на скануючу апертуру, що містить дзеркало скануючої апертури (СА), зі зрізом 45° , яке за допомогою системи обертання СА 11 обертається навколо своєї вісі, коли дзеркало скануючої апертури - СА починає обертатися та датчик нуля 9 генерує електричний імпульс, що вказує на початок виміру кута, після цього знаходить відбиття когерентного променя світла, який проходить через систему лінз і спрямовується на фільтр 7, що пропускає лише вибраний спектр світла, який реєструє фотодетектор 6, що вказує на кінець виміру кута, сигнали з датчика нуля 9 та фотодетектора 6 надходять в систему обробки та керування 12, яка згідно отриманих сигналів керує та узгоджує роботу лазерного позиціонувача ЛП та скануючої апертури СА і виконує необхідні для цього математичні обчислення. Ця система слідує за появою сигналу відбиття лазерного променя від сканованої поверхні досліджуваного об'єкту, при появі такого сигналу запускає два паралельних процеси – перевід позиціонувача у наступний крок сканування та запуск алгоритму обчислювання поточної координати, слідує за рівнем перешкод в оптичному каналі, та, при необхідності, може змінювати узгоджену частоту позиціонування і сканування водночас, при виході динамічного трикутника за межі сектору обзору відключає живлення лазера та закриває оптичний канал апертури.

Завдяки включенню обох елементів динамічного трикутника лише при проходженні заданого сектору обзору, та їх виключенню у інші моменти повного циклу обертання, а також введення в систему додаткового блоку, що забезпечує мобільність з'явилась можливість сканувати об'єкт з усіх боків, підвищується точність сканування та до 10 % точність обчислювання поточної координати.

2.2 Розробка архітектури блоку, який забезпечує мобільність оптоелектронного скануючого пристрою

Для розробки архітектури блоку, що забезпечує мобільність оптико-електронного датчика, необхідно включати всі перелічені компоненти. Розглянемо їх.

Каркас платформи – це фізична система, яка утримує двигуни, електроніку, датчики та батареї.

Потужність – більшість мобільних роботів використовують акумуляторні літій-іонні батареї.

Двигуни та сервоприводи – роботи рухаються та виконують дії, пов'язані з рухом (динамічні системи). Зазвичай для цих цілей використовують двигуни постійного струму і сервоприводи.

Вбудована плата центрального процесора: для всіх роботів потрібна плата мікроконтролера, або плата мікропроцесора, або обидва. Виводи вводу/виводу (аналогові та цифрові) повинні використовуватися для керування датчиками та сигналами керування, сигнали ШІМ для керування двигунами та сервоприводами, а також можливість використання послідовного зв'язку.

Датчики: це пристрої, які вимірюють щось у реальному світі та надають інформацію процесору, щоб змінити його поведінку чи будь-яким чином впливати на навколишнє середовище. Наприклад, такі датчики:

– датчик відстані;

- датчик зображення (камера);
- інерційний датчик/магнітний датчик;
- датчик температури.

Програмне забезпечення: усі мобільні боти повинні мати унікальне програмне забезпечення, яке працює в режимі реального часу. Це програмне забезпечення зазвичай написано на C, C++, Python тощо. Інтегроване середовище розробки (IDE) зазвичай використовується для написання, налаштування та тестування коду. Приклади включають Eclipse, Microsoft Visual Studio, Arduino Sketch Pad, Atmel Studio та інструменти на базі Linux.

Двигун (привід, motor) - це невидима частина робота, яка не тільки приводить в рух робота, але і різні механізми або маніпулятори, якими оснащений робот. Коротше кажучи, двигун робота перетворює електричну енергію в кінетичну.

За продуктивністю двигуни можна класифікувати наступним чином:

- двигуни в контактному струмі з коробкою передач. Найпотужніший двигун, який можна використовувати практично в будь-якому типі робота;
- серводвигуни. Застосовується для роботів вагою менше 2,5 кг, а також типів роботів з ногами;
- крокові двигуни. Мабуть, найслабший з трьох видів. Використовуються для невеликих і легких робіт.

Кожен з цих трьох типів двигунів має свої переваги і недоліки.

Переваги безнапірних електродвигунів: просте підключення, найпотужніші, широкий вибір двигунів, доступних на ринку.

Недоліки електродвигунів постійного струму: занадто швидкі, потрібен редуктор, велике споживання енергії, колеса важко монтувати, висока вартість.

З цієї причини можна зробити висновок, що двигуни постійного струму найбільше підходять для великих роботів.

Переваги серводвигунів: середня декоративна енергія, легкий монтаж, опис доставки для хлопчиків-роботів, не так дорого.

Недоліки серводвигунів: вони не підходять для великих роботів, досить низькі швидкості.

Серводвигуни найкраще підходять для маленьких роботів або роботів з ногами.

Переваги крокових двигунів: хороша швидкість, точне управління, низька ціна

Недоліки ступінчастих сівалок: складне сакчуни, дишко істиля коласе, об'ємний, вилоке української енергії, малого потужності.

Крокові двигуни найкраще підходять для: Роботів, які слідують заданій лінії.

Сервопривод — це механічний привід будь-якого типу, до складу якого входить блок керування приводом, який автоматично підтримує необхідні параметри датчика за заданими зовнішніми значеннями. До складу сервоприводу входять:

- привід;
- датчик зворотного зв'язку;
- блок живлення і управління;
- вхід/конвертер/датчик сигналу.

2.3 Визначення складових апаратного забезпечення мобільної платформи

Виходячи із розробленої структурної схеми блоку, який забезпечує мобільність оптоелектронного скануючого пристрою представленого на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Структурна схема блоку, який забезпечує мобільність оптоелектронного скануючого пристрою

В нашій роботі буде використовуватись мікроконтролер. На сьогоднішній день існує дуже велика кількість мікроконтролерів, був проведений аналіз і порівняння найпоширеніших і найпопулярніших з них в порівнянні з Arduino Uno R3, яку я буду використовувати в своєму мобільному роботі

2.3.1 Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi Zero

Одноплатний комп'ютер, який підходить для самих різних проектів – від побутової техніки з виходом в Інтернет до будівельних роботів (рис. 2.3). Система працює на чіпі Broadcom BCM2835. Оснащений слотом micro-SD, роз'ємом miniHDMI і 512 Мб оперативної пам'яті LPDDR2. Також пристрій має два роз'єми micro-USB для передачі даних і потужності, 40-контактний нерозпаяний GPIO, композитний відеовихід (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд Raspberry Pi Zero

Zero має всі переваги оригінального Raspberry Pi A+. На ньому зручно запускати Raspbian.

Але Raspberry Pi Zero має два недоліки у двох основних сферах: підключення до мережі та підключення через USB. Він має лише два порти micro USB і не має Ethernet, Bluetooth або Wi-Fi. Вам потрібно буде придбати адаптер, щоб додати або розширити цю функцію.

Raspberry Pi Zero пропонує найбільшу обчислювальну потужність. Як наслідок, його найкраще використовувати для додатків із інтенсивним використанням процесора, де Arduino Uno має мало проблем, коли справа доходить до обробки та рендерингу даних.

2.3.2 Отладочна плата STM32

Отладочна плата, яка заснована на базі мікроконтролера STM32F103C8T6 (рис. 2.4). Її робоча частота – 72 МГц (на відміну від 16 МГц у Arduino), обсяг флеш-пам'яті 64 кБ (в два рази більше). RAM у STM32 становить цілих 20 кБ. При цьому плата оснащена двенадцятибітним АЦП і шістнадцятибітним апаратним ШІМ.

У порівнянні з Arduino (рис. 2.3) можна виділити наступні недоліки:

- високий вхідний тиск, для нормального використання потрібна хороша основа;
- бібліотеки також є, але більшість із них застаріли або якщо ви створили їх самі, вам, ймовірно, доведеться писати власні;
- складні семантичні властивості мови програмування.

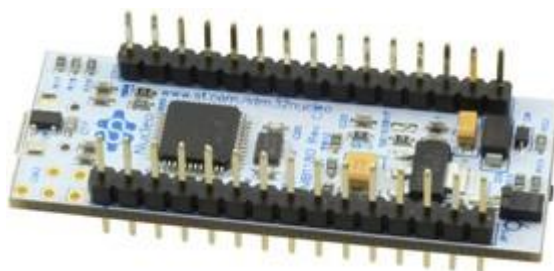


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд STM32L4

2.3.3 Мікроконтролер Arduino Uno

Arduino Uno – це широко використовувана плата мікроконтролерів з відкритим кодом на базі мікроконтролера ATmega328P (рис. 2.4). У його склад входять все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз’єм USB, роз’єм живлення, роз’єм для програмування всередині схеми (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп’ютера за допомогою USB-кабелю [13]. До переваг Arduino Uno можна віднести наступне:

- проста і зручна середовище програмування. оболонка програми є легкою в застосуванні для початківців програмістів, однак має достатню гнучкість для роботи професіоналів;
- можливість функціонування на різних видах операційних систем;
- невисока вартість;

– невеликі розміри плати.

Саме ці переваги виявилися найважливішими, тому в своїй роботі я використовував Arduino Uno.

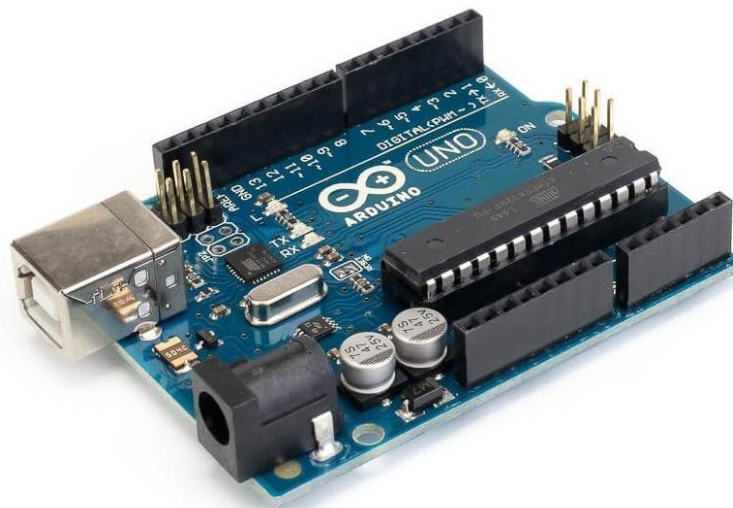


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд Arduino UNO

2.4 Вибір програмного забезпечення для керування мобільною платформою

Існує багато середовищ розробки для написання коду для Arduino. Розглянемо найпопулярніші з них та зробимо висновок, чому в своїй роботі буде використовуватися Arduino IDE.

2.4.1 Середовище розробки Programino

Це платне середовище розробки, але ви можете спробувати його безкоштовно протягом 14 днів. Однак програма, як і інші середовища розробки, потребує встановлення на комп'ютері Arduino IDE. У цьому середовищі розробки використовується мова C, така ж, як і в оригінальній Arduino IDE. Ця IDE пропонує такий зручний спосіб швидкої розробки, як автоматичне завершення коду.

У цьому середовищі розробки є кілька інших корисних інструментів, таких як: блокнот, генератор символів на РК-дисплеї, конвертер DEC-BIN-HEX, термінал послідовного порту, аналоговий плотер.

2.4.2 Середовище розробки B4R (Basic for Arduino)

Це середовище розробки унікальне тим, що воно використовує Basic замість C. Воно також підтримує автоматичне завершення коду. Крім того, це абсолютно безкоштовно. Це середовище розробки використовує іншу об'єктно-орієнтовану мову, ніж класична Arduino IDE, з іншим синтаксисом.

Оскільки для мене було б краще використовувати C, ніж Basic, я буду використовувати Arduino IDE.

2.4.3 Середовище розробки Arduino IDE

Для розробки та реалізації програмного коду мікроконтролера буде використано Arduino IDE (рис. 2.6). Це середовище розробки було обрано через широкую функціональність і набір бібліотек для написання та налаштування додатків.

Мова програмування Arduino — стандартна C++ (використовується компілятор AVR-GCC) з деякими спеціальними функціями.

Програми, написані на Arduino, називаються ескізами (або іноді ескізами) і зберігаються у файлах з різними розширеннями. Ці файли обробляються препроцесором Arduino перед компіляцією. Також є можливість створювати та приєднувати до проекту стандартні файли C++.

Головний препроцесор Arduino створює обов'язкову функцію в C++, вставляючи туди необхідні "божевільні" дії.

Потім вам потрібно написати дві обов'язкові функції для Arduino: налаштування та цикл. Перший виконується один раз на початку, другий виконується в нескінченному циклі.

Програміст не зобов'язаний вставляти заголовки використовуваних стандартних бібліотек в текст програми (скетч). Ці заголовки надаються препроцесором Arduino відповідно до конфігурації проекту. Однак необхідно вказати бібліотеку, визначену користувачем.

Менеджер проектів Arduino IDE має нестандартний механізм додавання бібліотек. Бібліотеки у вигляді стандартних вихідних текстів C++ додаються в спеціальну папку в робочому каталозі IDE. У цьому випадку назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст визначає необхідні бібліотеки, і вони перераховані в списку компіляції.

Arduino IDE не пропонує налаштувань компілятора та мінімізує інші налаштування, що полегшує початківцям розпочати роботу та зменшує ризик проблем.

Найпростіша програма Arduino складається з двох функцій:

- під час запуску мікроконтролера знову викликається функція налаштування;
- функція циклу викликається після установки в нескінченний цикл протягом усього часу роботи мікроконтролера.

На додаток до існування двох незалежних гілок оригінальної Arduino IDE (одна на arduino.cc, інша на arduino.org), розробник може використовувати інструменти, створені сторонніми розробниками. Ось короткий список найпопулярніших рішень:

- плагін до Eclipse. Подробиці схрещування є і українською;
- Visualmicro – плагін до Microsoft Visual Studio для роботи з Ардуіно;
- плагін до CLion. Особливістю плагіна є створення Arduino CMake проекту в один клік;
- MariaMole IDE має просунуті можливості роботи з проектами та кодінгом;
- Fritzing – проста Ардуіно-орієнтована система проектування і документування схемотехніки;

– підтримка Arduino вбудована в Atmel AVR Studio починаючи з версії 7;

– підтримка роботи з Arduino вбудована в IDE C-STEM Studio для мови Ch.

Графічні мови програмування

– Minibloq;

– Ardublock;

– Modkit - платний, серед інших підтримує апаратуру Ардуіно;

– FLProg – безкоштовний. Дозволяє створювати програмне забезпечення на мовах FBD і LAD (рис. 2.5). Другий тип являє собою більше графічні середовища для створення принципів або логічних схем [14].



```

ArduinoISP
// ArduinoISP
// Copyright (c) 2009-2011 Randall Bohn
// If you require a license, see
// https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
//
// This sketch turns the Arduino into a AVRISP using the following Arduino pins:
//
// Pin 10 is used to reset the target microcontroller.
//
// By default, the hardware SPI pins MISO, MOSI and SCK are used to communicate
// with the target. On all Arduino, these pins can be found
// on the ICSP/STP header:
//
// MISO - . 5V (!) Avoid this pin on Du, zero...
// SCK   - . MOSI
//       - . GND
//
// On some Arduino (Du, ...), pins MOSI, MISO and SCK are the same pins as
// digital pin 11, 12 and 13, respectively. That is why many tutorials instruct
// you to hook up the target to these pins. If you find this wastes more
// practical, have a define USE_OLD_STYLE_WIRING. This will work even when not
// using an Du. (On an Du this is not needed).
//
// Alternatively you can use any other digital pin by configuring
// software ("Ardublock") SPI and having appropriate defines for PIN_MOSI,
// PIN_MISO and PIN_SCK.
//
// IMPORTANT: When using an Arduino that is not 5V tolerant (Du, zero, ...) as
// the programmer, make sure to not expose any of the programmer's pins to 5V.
// A simple way to accomplish this is to power the complete system (programmer
// and target) at 3V.
//
// Put an LED (with resistor) on the following pins:
// 1: Heartbeat - shows the programmer is running
// 2: Error     - lights up if something goes wrong (use red if that makes sense)
// 3: Progress  - in communication with the slave
//
//
#include "Arduino.h"
#define SERIAL

#define PROG_FLICKER true

// Configure SPI clock (in Hz)
// E.g. for an AVR32 @ 128 MHz: the datasheet states that both the high and low
// SPI clock pulse must be > 2 CPU cycles, so take 3 cycles i.e. divide target

```

Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд середовища розробки Arduino IDE

Ця програма безкоштовна, її можна використати для написання на C, а IDE не перевантажена різними непотрібними функціями. Його переваги можуть включати:

– підсвічування коду;

– швидка заливка скетчу в плату arduino;

– можна швидко присвоїти номер порту до певної змінної;

– так само можна швидко позначити стан порту (low або high).

Таким чином в цьому розділі обгрунтовано вибір апаратного та програмного забезпечення мобільності пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі, це - Arduino Uno його переваги:

– проста і зручна середовище програмування. оболонка програми є легкою в застосуванні для початківців програмістів, однак має достатню гнучкість для роботи професіоналів;

– можливість функціонування на різних видах операційних систем;

– невисока вартість;

– невеликі розміри плати.

А Arduino IDE буде використовуватися для розробки та реалізації програмного коду мікроконтролера.

3 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКЕТУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ

3.1 Привідна система коліс макету мобільного робота

Описані нижче компоненти були обрані для побудови моделі мобільного робота. Для керування рухом мобільного робота використовуються 4 мотор-редуктори (рис. 3.1). Двигуни управляються незалежно один від одного. Характеристики двигуна наведені в таблиці 3.1. показані на рис. 3.2.



Рисунок 3.1 – Мотор-редуктор DC-6v

Мікроелектродвигун постійного струму встановлений у пластиковому корпусі, в якому розміщений редуктор із пластикових шестерень, який зменшує швидкість обертання та збільшує зусилля на валу механізму (рис. 3.2).

Таблиця 3.1 – Характеристика мотора постійного струму для платформи

Характеристики	Значення
----------------	----------

Робоча напруга, В	3-12
Рекомендована напруга, В	6-8
Передавальне число редуктора (без навантаження при 3 В)	1:48
Номінальний струм	70 мА
Максимальний струм (при 6 В)	250 мА
Швидкість обертання (при 6 В)	90 об/хв
Обертальний момент	2 кг/см
Шум	65 дБ

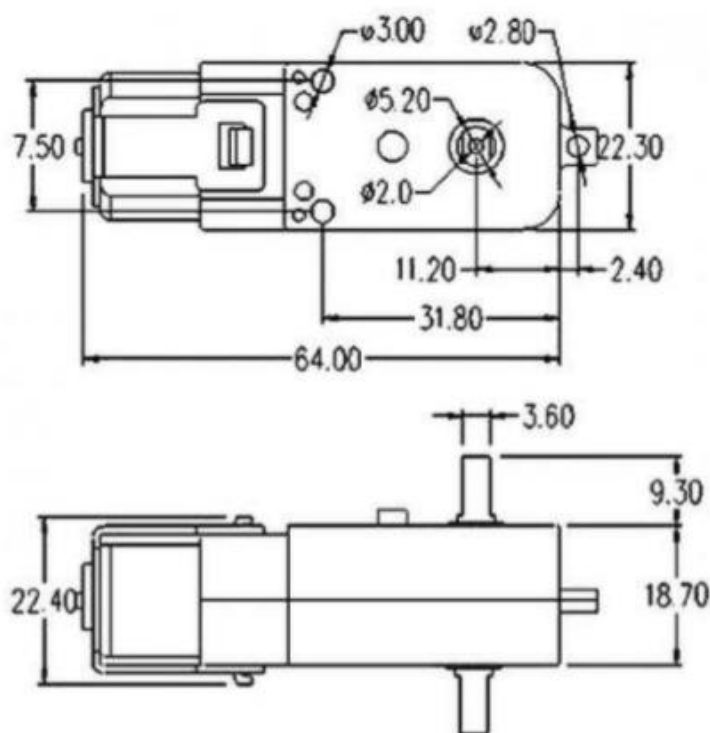


Рисунок 3.2 – Розміри мотор-редуктора DC-6v

На вал мотор-редуктора насаджено колесо з гумовою шиною. Вал розташований по обидва боки від корпусу коробки передач. Кермо можна встановити з будь-якої сторони кузова. На другій частині зубчастого колеса встановлено диск з отворами, що дозволяє оптичному датчику контролювати параметри обертання колеса перед початком роботи [15].

3.2 Сервопривод SG90

Привод являє собою електродвигун з коробкою передач. Для перетворення електроенергії в механічне обертання необхідний електродвигун. Найчастіше, однак, швидкість двигуна занадто висока для практичного використання. Для зниження частоти обертання використовується редуктор: зубчастий механізм, що передає преміальний крутний момент (рис. 3.3).

Вмикаючи та вимикаючи електродвигун, ви можете повертати вихідний вал - кінцевий привід сервоприводу, на який ви можете прикріпити щось, чим хочете керувати. Однак для того, щоб положення контролювалося пристроєм, потрібен датчик зворотного зв'язку – кодер, який перетворює кут нахилу назад в електричний сигнал. Часто використовується потенціометр. При повороті повзунка потенціометра його опір зменшується пропорційно куту повороту. З його допомогою можна встановити поточний стан механізму.

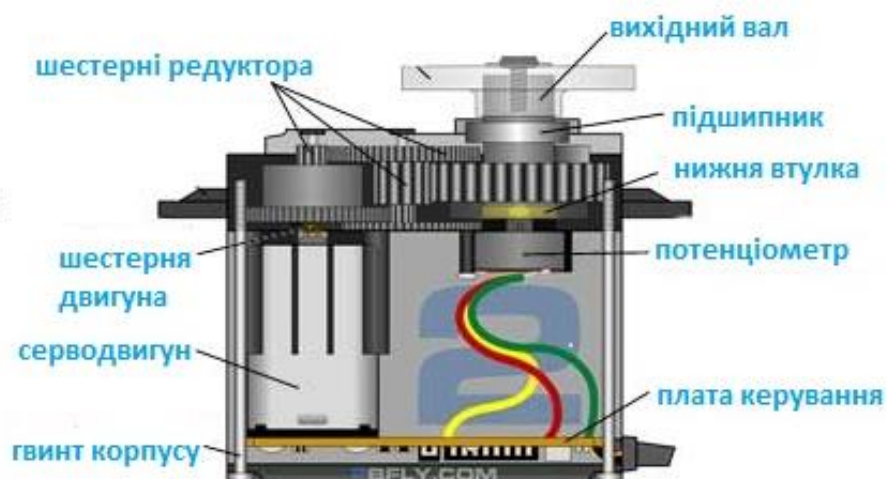


Рисунок 3.3 – Пристрій сервоприводу

Крім електромотора, редуктора і потенціометра в сервоприводі є електронна начинка, яка відповідає за прийом зовнішнього параметра, зчитування значень з потенціометра, їх порівняння і вмикання/вимикання двигуна. Вона-то і відповідає за підтримання негативного зворотного зв'язку.

Зображення використаного мною сервоприводу SG90 представлено на рис. 3.4, розміри на рис. 3.5, а його характеристики відображені у табл. 3.2.



Рисунок 3.4 – Сервопривод SG90

Таблиця 3.2 – Характеристики сервоприводу SG90

Характеристики	Значення
Робоча напруга, В	4,8-6
Матеріал редуктора	Пластмасовий
Маса	9 г
Номінальний струм, мА	12-100
Пусковий струм	До 1А
Швидкість обертання (при 6 В)	60°/0,08с
Обертальний момент (при 4,8 В)	1,8 кг/см
Обертальний момент (при 6 В)	2,2 кг/см

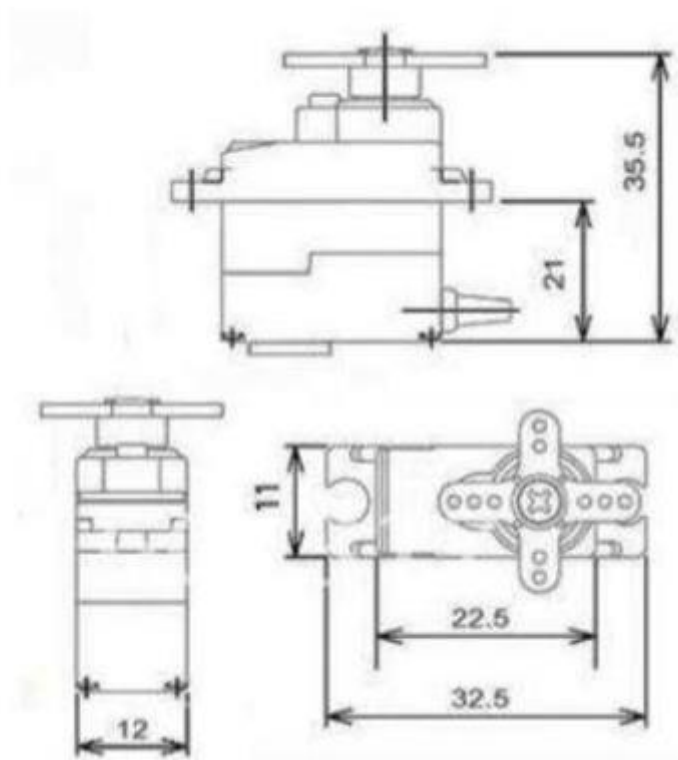


Рисунок 3.5 – Розміри сервопривода SG90

3.3 Реверсивний драйвер двигуна L298N

Мікросхема включає в себе драйвер двигуна для управління слабкострумними моторами. Мікросхема драйвера двигуна зображена на рис. 3.6.

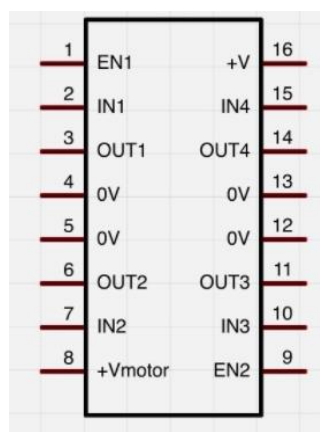


Рисунок 3.6 – Мікросхема L298N

Серед переваг даної мікросхеми – роздільне живлення логічної частини мікросхеми, напруга живлення якої знаходиться в діапазоні 4,5 В...5 В (VSS) та джерела живлення двигуна (VS).

За допомогою цього чіпа ми можемо керувати двигунами з широким діапазоном напруг живлення від 4,5 В до 46 В. Крім того, L298N показує тривале навантаження струму 2 А на кожному каналі. Максимальний струм на короткий час може досягати 4 А. Дана мікросхема не вимоглива до напруги вхідних сигналів, що подаються на виходи INPUT. Мікросхема розпізнає логічний «0», коли вхідна напруга < 1,5 В. Логічна «1» з'являється, коли вхідна напруга становить від 2,3 В до 7 В.

Діапазон робочих температур від -40 °С до +150 °С.

3.4 Аналіз Arduino Uno R3

Arduino Uno – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328. У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікро контролером: 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрисхемного програмування (ICSP) і кнопка скидання (рис. 3.7) [16]. Характеристики плати наведені у табл. 3.3, а її распиновка на рис. 3.8.

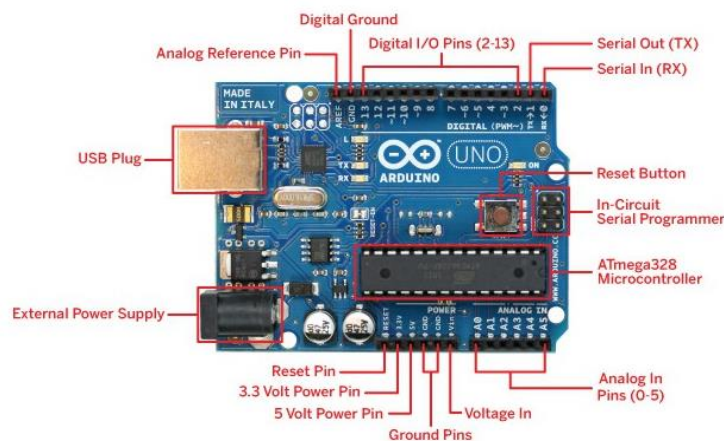


Рисунок 3.7 – Елементи плати

Таблиця 3.3 – Характеристики Arduino Uno R3

Характеристики	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга, В	5
Напруга живлення (рекомендована), В	7-12
Напруга живлення (гранична), В	6-20
Цифрові входи / виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Flash-пам'ять	32 кБ (ATmega328)
SRAM	2 кБ (ATmega328)
EEPROM-пам'ять	1 кБ (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц

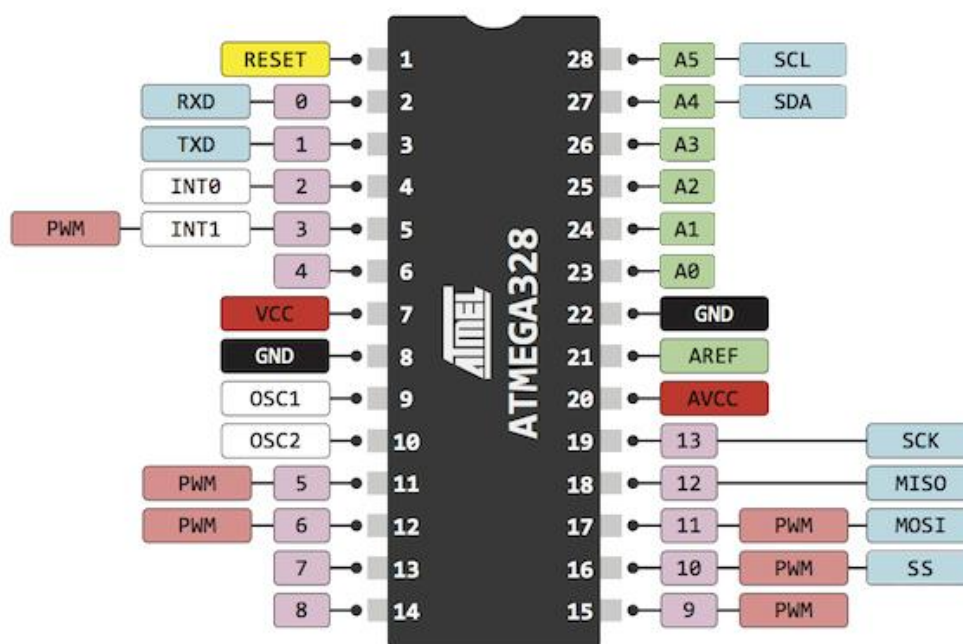


Рисунок 3.8 – Розпіновка плати

3.5 Зовнішній вигляд розробленої мобільної платформи

У розділі були описані елементи, які використовувалися при виготовленні макету мобільного робота. На рис. 3.10 зображений зібраний макет мобільного робота. На рис. 3.11 зображена схема компонентів, з яких складається мобільний робот, та їх підключення.

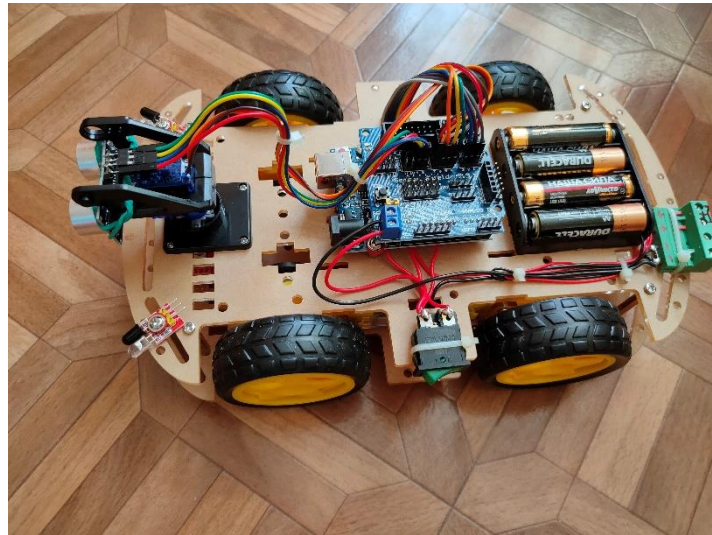


Рисунок 3.10 – Мобільний Arduino-робот

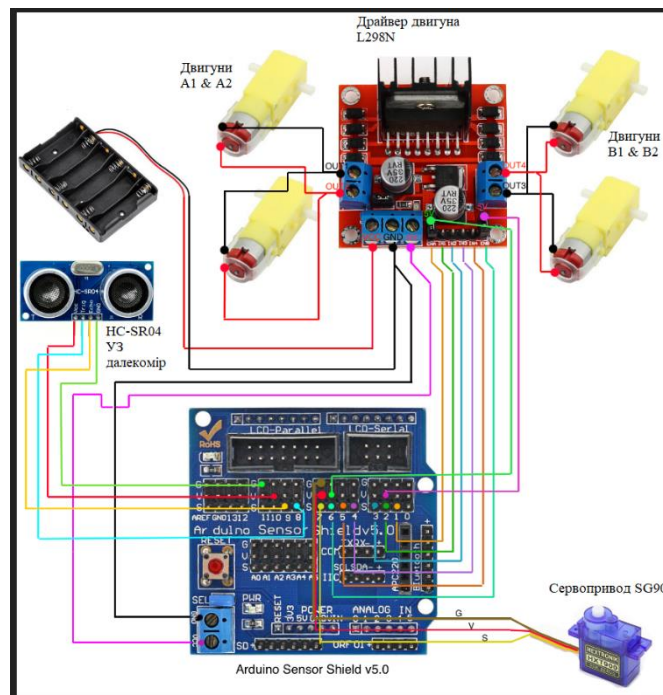


Рисунок 3.11 – Схема компонентів мобільної платформи

Таким чином, в цій кваліфікаційній роботі було розроблено апаратне забезпечення макету мобільної платформи на базі Arduino Uno.

Для управління рухом макету мобільного робота використовуються 4 мотор-редуктора (рис. 3.1). Управління моторами здійснюється незалежно один від одного.

За допомогою мікросхеми L298N, ми можемо керувати двигунами з широким діапазоном напруги живлення від 4,5 В до 46 В. Також L298N видає 2 А тривалого струму навантаження на кожен канал. Максимальний струм короткочасно може досягти 4 А. Дана мікросхема невибаглива до напруги вхідних сигналів, що подаються на виходи INPUT. Логічний «0» розпізнається мікросхемою, коли вхідна напруга $< 1,5$ В. Логічна «1» з'являється при вхідній напрузі, що лежить в межах від 2,3 В до 7 В.

Діапазон робочих температур від -40 °С до $+150$ °С.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ

4.1 Розробка алгоритмічного забезпечення управління макетом мобільного робота

Система керування роботом призначена для забезпечення спільної роботи всіх підсистем і компонентів робота з метою переміщення робота та виконання руху по необхідній траєкторії. Робот — це складна система, що включає механічні конструкції різної складності, такі як мікроконтролер, керуючий пристрій (мікропроцесор), різноманітні датчики та датчики для вимірювання та навчання інформації. Основним завданням керування роботом є формування керуючих впливів на виконавчі механізми на кожній фазі рухливості робота. Всього існує три рівні управління роботом: виконавчий, тактичний і стратегічний рівні управління (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Рівні керування роботом

Програмне забезпечення розроблено в середовищі програмування Arduino IDE і призначене для роботи з макетним інтерфейсом мобільного робота.

Під час написання програмного забезпечення були розроблені наступні функції програми:

– функція переміщення макета мобільного робота по прямій до тих пір, поки оптико-електронний пристрій для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі не побачить перед собою перешкоду;

– функція сервоприводу;

– функція, яка аналізує, в якій частині робота найбільше вільного місця;

– функція повороту макета робота на задану кількість кроків у напрямку, де є найбільше вільного простору.

Алгоритм оцінки компонування робота має такий вигляд, який наведено на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 – Алгоритм роботи програми

При включенні комп'ютера робочого комп'ютера вивести сон на плату мікроконтролера Arduino UNO і фонову мікросхему, програму, коли програмний код поміщається в його пам'ять. Спочатку робот починає рух по прямій траєкторії, поки встановлений в ньому оптико-електронний прилад для вимірювання кутових і лінійних координат в тривимірному просторі не виявить перед ним перешкоду. Потім, коли перешкода виявлена, модель

робота починає зменшувати швидкість і повільно наблизитися до неї. Досягнувши відстані 60 сантиметрів, робот починає обертати сервопривід, щоб проаналізувати і зрозуміти, з якого боку більше вільного місця.

Після аналізу та обробки цих даних робот вибирає сторону, де більше вільного місця, і вирішує рухатися в цьому напрямку. Цей цикл триватиме до тих пір, поки плату Arduino не вимкнуть або роботу не буде завершено вручну.

4.2 Порядок розробки програмного забезпечення макету робота

Ця частина програми представляє піни перед роботою з ультразвуковим датчиком, а також виконує базову конфігурацію плати Arduino UNO. Також є сповіщення про три довгі змінні, необхідні для вимірювання відстані до центральної перешкоди, а також відстані до лівої та правої перешкод (рис. 4.3).

```

#define PIN_TRIG 10//пин для работы с уз датчиком
#define PIN_ECHO 11//пин для работы с уз датчиком
#define enA 5// синий
//пины для работы с платой двигателя
#define enB 9//желтый
#define in1 6// зеленый
#define in2 8//коричневый
#define in3 13//оранжевый
#define in4 12//красный

long cmleft, cmright, cmcentr;

void setup()
{
  Serial.begin (19200);
  pinMode(PIN_TRIG, OUTPUT);
  pinMode(PIN_ECHO, INPUT);

  servo.attach(7);

  pinMode(enA, OUTPUT);
  pinMode(enB, OUTPUT);
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, LOW);
  digitalWrite(in3, LOW);
  digitalWrite(in4, LOW);
  analogWrite(enA, 255);
  analogWrite(enB, 255);

  digitalWrite(in1, HIGH);
  digitalWrite(in2, LOW);
  digitalWrite(in3, HIGH);
  digitalWrite(in4, LOW);
}

```

Рисунок 4.3 – Основне налаштування програми для Arduino UNO

Далі необхідно написати функцію для визначення відстані в сантиметрах до перешкоди. У змінну *a* ми будемо записувати час затримки сигналу. У змінну *b* ми будемо записувати результат перетворення часу в відстань (рис. 4.4).

```

long rastoyanie (void)
{long a;
long b;
digitalWrite (PIN_TRIG, LOW);
delayMicroseconds (5);
digitalWrite (PIN_TRIG, HIGH);

delayMicroseconds (10);
digitalWrite (PIN_TRIG, LOW);

a = pulseIn (PIN_ECHO, HIGH);

b = (a / 2) / 29.1;

delay (250);
return b;}

```

Рисунок 4.4 – Функція визначення відстані до перешкоди

Далі було реалізовано функцію повороту сервоприводом вліво і вправо, для аналізу і визначення відстані до перешкод з різних сторін. В якій стороні перешкода буде знаходитися далі від датчика, туди і поїде робот (рис. 4.5).

```

servo.write (140);
cmright=rastoyanie();
Serial.print ("Расстояние до объекта справа");
Serial.print (cmright);
Serial.println (" см.");

servo.write (40);
cmleft=rastoyanie();
Serial.print ("Расстояние до объекта по слева ");
Serial.print (cmleft);
Serial.println (" см.");
servo.write (115);

if (cmright>=cmleft)

{analogWrite (enA, 255);
analogWrite (enB, 0);
delay (2000);
analogWrite (enB, 255);

}
else
{analogWrite (enA, 0);
analogWrite (enB, 255);
delay (2000);
analogWrite (enA, 255);}}

```

Рисунок 4.5 – Вибір подальшого напрямку руху

Макет роботу буде продовжувати рух по прямій, поки не побачить перешкоду на відстані 70 см або ближче до себе (рис. 4.6).

```

if(cmcentr>70)
{
digitalWrite(enA, 255);
digitalWrite(enB, 255);

digitalWrite(in1, HIGH);
digitalWrite(in2, LOW);
digitalWrite(in3, HIGH);
digitalWrite(in4, LOW);
}

```

Рисунок 4.6 – Функція руху робота по прямій траєкторії

4.3 Тестування ПЗ

Щоб правильно протестувати компонування мобільної системи, необхідно використовувати певну методологію тестування. Необхідно ввести певні обмеження як на об'єкти, що знаходяться в тестовому просторі, так і на полігоні в цілому.

Конструкція даної моделі мобільного робота не призначена для пересування по нерівній місцевості, тому в приміщенні, де буде проводитися тестування, поверхня повинна бути рівною і гладкою, без ямок та інших дрібних перешкод, які можуть заважати роботі. Перешкоди, описані вище, можуть змінити траєкторію руху робота та зашкодити роботі програми в цілому.

Для коректної роботи оптико-електронного приладу для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі необхідно ввести такі обмеження щодо можливих перешкод у просторі:

- предмети не повинні бути нижче висоти, на якій встановлено датчик.

Предмети повинні мати висоту 13 сантиметрів і більше;

З цього випливає, що предмет, який буде використовуватися як перешкода, повинен мати висоту 13 см і більше і ширину більше 6 см.

Встановіть робота в будь-якій частині простору, де немає перешкод, на відстані 70 см або менше. На рис. 4.7 показано початкове положення робота в деякому просторі з перешкодами.



Рисунок 4.7 – Стартова позиція робота в просторі з перешкодами

На рис. 4.8 видно, що робот продовжує свій рух по прямій, поки не наблизитися до найближчої перешкоди на 60 см.

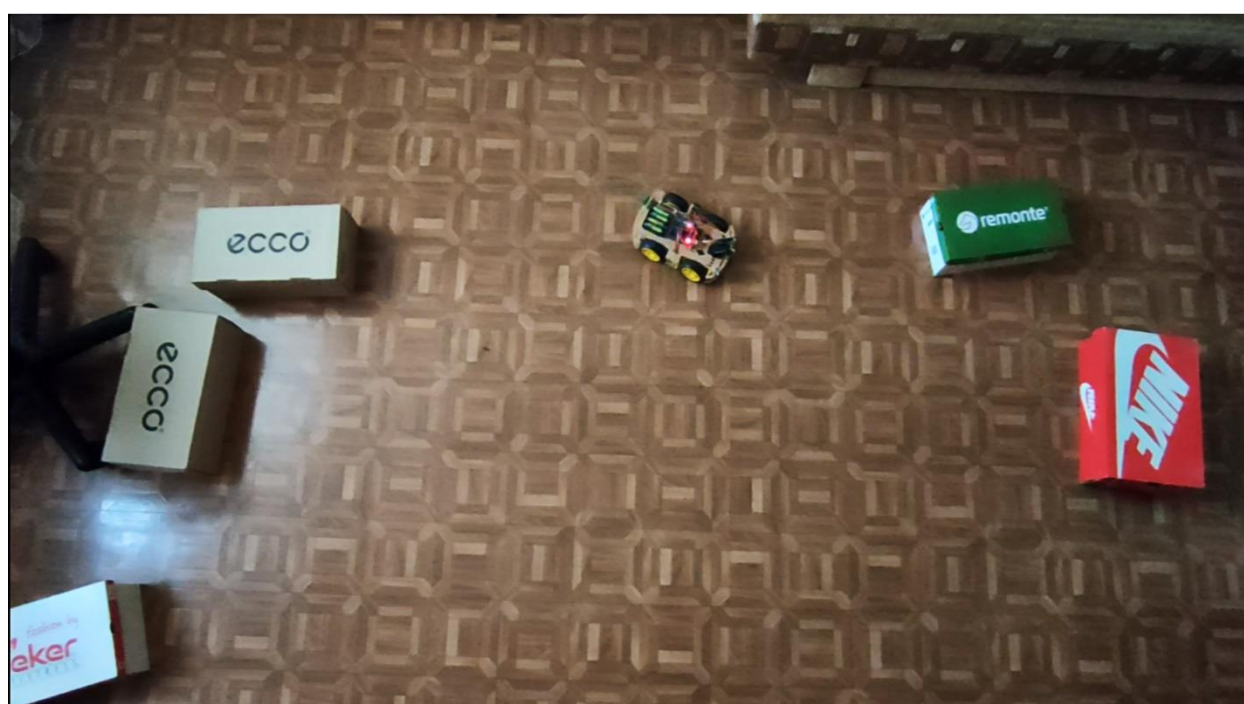


Рисунок 4.8 – Робот наблизився до перешкоди на 60 см

Коли робот наблизився до перешкоди на відстань 60 см, він ненадовго зупинився і проаналізував напрямок, у якому рухається. Згідно з алгоритмом, він вибрав сторону, де більше вільного місця, і продовжив рух у цьому напрямку. Це показано на рис. 4.9



Рисунок 4.9 – Продовження руху згідно з алгоритмом

Як видно на рис. 4.7, рис. 4.8 та рис. 4.9, робот правильно обирає маршрут свого руху за описаним вище алгоритмом, що також означає, що алгоритм працює правильно.

За результатами тестування можна зробити висновок, що компонувальне рішення мобільної системи готове до експлуатації та реалізує всі функціональні можливості з дотриманням усіх встановлених обмежень.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи були виконані наступні завдання:

Проведено аналіз сучасного стану систем технічного зору роботів, проведено аналіз існуючих конструкцій та технічних особливостей мобільних роботів, які необхідні на виробництві, наприклад, для огляду важкодоступних місць на предмет різних пошкоджень обладнання.

Огляд літературних джерел показав, що на даний момент налічується 238 наукових напрямків, які ведуть свої розробки в даній сфері, а саме: фізика, математика, оптика, квантова механіка, біометрія, нейробіологія (біологічне зір), медицина і багато іншого. Більшість з цих напрямків об'єднують спільні дослідження, спрямовані на вивчення і застосування засобів автоматизації й обробки візуальних даних та інформації, розпізнавання буквено-символьної інформації, розпізнавання жестів, визначення і класифікація рухомих об'єктів в полі зору камери. У споживчому секторі на сьогоднішній день спостерігається стійкий попит на різних роботів-прибиральників і безпілотників. Промислове виробництво більшої частини направлено на модернізацію виробництва з метою підвищити ефективність підприємства.

А також було проведено аналіз методу динамічної триангуляції. Оскільки в вихідних даних до проекту сказано, що сканування об'єкта мобільним роботом проводиться методом триангуляції. Цей метод був використовується з метою представлення рішення для обчислення координат шляхом поділу та вимірювання площі трикутниками, які утворюють сітку, де кути та відстані обчислюються за допомогою тригонометричних функцій. Для реалізації методу триангуляції потрібні три основні змінні: кут апертури сканування, кут позиціонувача лазера та фіксована відстань між ними. Триангуляцію можна розділити на статичну та динамічну, коли кут апертури

сканування та лазерний позиціонувач не змінюються, це вважається статичною тріангуляцією, інакше це називається динамічною тріангуляцією.

Обґрунтовано вибір апаратного та програмного забезпечення макету мобільного пристрою для вимірювання кутових і лінійних координат у тривимірному просторі, це - Arduino Uno.

Також були описані елементи, які використовувалися при виготовленні макету мобільного робота. Таким чином, в цій кваліфікаційній роботі було розроблено апаратне забезпечення макету мобільної платформи на базі Arduino Uno.

Для управління рухом макету мобільного робота використовуються 4 мотор-редуктора. Управління моторами здійснюється незалежно один від одного.

За допомогою мікросхеми L298N, ми можемо керувати двигунами з широким діапазоном напруги живлення від 4,5 В до 46 В. Також L298N видає 2 А тривалого струму навантаження на кожен канал. Максимальний струм короткочасно може досягти 4 А. Дана мікросхема невибаглива до напруги вхідних сигналів, що подаються на виходи INPUT. Логічний «0» розпізнається мікросхемою, коли вхідна напруга $< 1,5$ В. Логічна «1» з'являється при вхідній напрузі, що лежить в межах від 2,3 В до 7 В.

Діапазон робочих температур від -40 °С до $+150$ °С.

Проведене тестування ПЗ показало, що робот коректно вибирає маршрут свого руху згідно описаного вище алгоритму, що також означає що алгоритм працює правильно. Макет готовий до експлуатації і реалізує всі функціональні можливості при дотриманні всіх встановлених обмежень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Worldwide ecommerce will approach \$5 trillion this year. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://www.emarketer.com/content/worldwide-ecommerce-will-approach-5-trillion-this-year](http://www.emarketer.com/content/worldwide-ecommerce-will-approach-5-trillion-this-year) – 29.04.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
2. Положення про протидію академічному плагиату в ХНУРЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf](http://www.nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf) – 05.06.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
3. Юрасов, А. В. Основи електронної комерції [Текст] / А.В. Юрасов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 112 с.
4. Офіційний сайт КУКА. Головна сторінка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://www.kuka.com/en-gb/products/robotics-systems/industrial-robots](http://www.kuka.com/en-gb/products/robotics-systems/industrial-robots) – 01.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
5. Офіційний сайт BINZEL-ABICOR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://www.binzel-abicor.com/DE/eng/](http://www.binzel-abicor.com/DE/eng/) 29.04.2021 р. – Загол. з екрану – 24.04.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
6. Офіційний сайт Fanuc [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://www.fanuc.eu/ua/en/robots](http://www.fanuc.eu/ua/en/robots) – 29.04.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
7. Воройский, Ф.С. Информатика [Текст]: учеб. пособие / Ф.С. Воройский, А.А. Бойко. – М.: Физматлит, 2006. – 245 с.
8. Бобкова, О.О. К вопросу о соотношении понятий «доменное имя» и «название сайта» [Текст] / О.О. Бобкова, С. А. Давыдов . – М.: Горячая линия – Телеком 2014. – 106 с.
9. Что такое UX/UI-дизайн [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://skillbox.ru/media/design/ux_ui_dizayn_chno_eto_takoe/](http://www.skillbox.ru/media/design/ux_ui_dizayn_chno_eto_takoe/) – 28.04.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)

10. HTML Руководства для начинающих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www/ URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTML> – 03.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
11. Что такое JavaScript? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www/ URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript – 03.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
12. Software Architecture: The Most Important Architectural Patterns You Need to Know [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www/ URL: <https://levelup.gitconnected.com/software-architecture-the-important-architectural-patterns-you-need-to-know-a1f5ea7e4e3d> – 29.04.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
13. Візуальна ієрархія на сайті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tilda.education/articles-visual-hierarchy> 20.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
14. HTML [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www/ URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTML> – 20.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
15. Семантичні теги [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www/ URL: <https://gabdrahimov.ru/html-tegi-semanticcheskie> – 20.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
16. CSS3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www/ URL: <http://htmlbook.ru/css3> – 20.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
17. Bootstrap [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www/ URL: <https://getbootstrap.com/docs/4.6/getting-started/introduction/> – 20.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
18. AJAX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www/ URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/Guide/AJAX> – 24.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)

- 19.SMTP, SMTP-сервер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/
URL: https://www.unisender.com/ru/support/about/glossary/chto-takoe-smtp/](http://www.unisender.com/ru/support/about/glossary/chto-takoe-smtp/) – 24.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
- 20.Надійність технічних систем і техногенний ризик [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/
URL: http://www.obzh.ru/nad/4-5.html](http://www.obzh.ru/nad/4-5.html) – 24.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
- 21.Коефіцієнт готовності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/
URL: https://habr.com/ru/post/418769/](https://habr.com/ru/post/418769/) – 24.05.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022)
- 22.Яковина, В.С. Компонентні моделі надійності програмного забезпечення вищого порядку [Текст] / В.С. Яковина. – М.: Горячая линия – Телеком 2015. – 255 с.
23. Закон України "Про охорону праці" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/
URL: http://ohranatruda.in.ua/pages/21/](http://ohranatruda.in.ua/pages/21/) – 01.06.2021 р. – (дата звернення: 17.05.2022).
- 24.A Comparative Example Between The Use Of Pca And Mds For Image Classification / Hernandez, W., Mendez, A., Flor-Unda, O., Camejo, I.M., Kolendovska, M.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152565, Pages 1353-1358
- 25.Algorithm For Generating Refined Frequency Estimates In Atmospheric Radio Sounding Systems / Kartashov V., Hernandez W., Hernandez-Balbuena D., M. Kolendovska, Konovalenko O., Melnyk V.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152562, Pages 79-82
- 26.Application of Fast Frequency Shift Measurement Method for INS in Navigation of Drones / D. Avalos-Gonzalez, D.H. Balbuena, V. Tyrsa, V.M.

- Kartashov, M. Kolendovska, S. Sheiko, O. Sergiyenko, V. Melnyk, F.N. Murrieta-Rico // IECON 2018 – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – P. 3159–3164.
27. Avalos-Gonzalez, D., Sergiyenko, O., Hernandez-Balbuena, D., Tyrsa, V., Kartashov V.M., V., Rivas-Lopes, M., Murrieta-Rico, F.N. Constraints definition and application optimization based on geometric analysis of the frequency measurement method by pulse coincidence// Measurement: Journal of the International Measurement Confederation (USA). 2018, V.126. P. 184-193.
28. Book “Control and Signal Processing Applications for Mobile and Aerial Robotic Systems”, Hardback - Advances in Computational Intelligence and Robotics English. Edited by Oleg Sergiyenko, Moises Rivas-Lopez, Wendy Flores-Fuentes, Julio Cesar Rodríguez-Quiñonez, Lars Lindner. Editorial IGI Global, Hershey, United States, January 2020, 340 páginas. ISBN10 152259924X, ISBN13 9781522599241
29. Cesar Sepulveda-Valdez ; Oleg Sergiyenko ; Vera Tyrsa ; Wendy Flores-Fuentes ; Julio César Rodríguez-Quiñonez ; Fabian Natanael Murrieta-Rico ; Jesús Elías Miranda-Vega ; Paolo Mercorelli ; Marina Kolendovska. "Geometric analysis of a laser scanner functioning based on dynamic triangulation," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1398-1403, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152268.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152268>
30. Cuauhtémoc Mariscal-García; Wendy Flores-Fuentes; Daniel Hernández-Balbuena; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Oleg Sergiyenko. "Classification of Vehicle Images through Deep Neural Networks for Camera View Position Selection," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1376-1380, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152440.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152440>

31. Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision/ O. Sergiyenko, J.C. Rodriguez-Quiñonez, IGI Global, 2016; 341p.
32. Experimental estimation of direction finding to unmanned air vehicles algorithms efficiency by their acoustic emission, /Oleynikov, V., Zubkov, O., Kartashov, V., ...Sheiko, S., Babkin, S.//2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, 2019, стр. 175-178, 9061337
33. Features of acoustic noise of small unmanned aerial vehicles / Semenets, V.V., Kartashov, V.M., Leonidov, V.I. //Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz* and *Radiotekhnika*), 2020, 79(11), стр. 985-995
34. Geometric Analysis Of A Laser Scanner Functioning Based On Dynamic Triangulation /Sepulveda-Valdez, C., Sergiyenko, O., Tyrsa, V, Mercorelli, P., Kolendovska, M.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152268, Pages 1398-1403
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152255>
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9161870>
35. I. Y. A. Corpus, L.Lindner, O.Sergiyenko. "Transimpedance Amplifier for Laser Scanning System Range Extension," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1421-1426, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152487.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152487>
36. Ivanov, M., Sergiyenko, O., Mercorelli, P., Hernandez, W.c, Rodriguez Quinonez, J.C.d, Katashov V., Kolendovska, M., Iryna, T. Effective informational entropy reduction in multi-robot systems based on real-time TVS. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2019-June, 8781209, c. 1162-1167.

37. Jonathan J. Sanchez-Castro ; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Luis R. Ramírez-Hernández ; Guillermo Galaviz ; Daniel Hernández-Balbuena ; Gabriel Trujillo-Hernández ; Wendy Flores-Fuentes ; Paolo Mercorelli ; Wilmar Hernández-Perdomo ; Oleg Sergiyenko ; Félix Fernando González-Navarro. "A Lean Convolutional Neural Network for Vehicle Classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1365-1369, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152274.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152274>
38. Lindner, L., Sergiyenko, O., Rivas-López, M., (...), Gurko, A., Kartashov, V.M. Machine vision system for UAV navigation; IEEE, 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference, ESARS-ITEC, 2016; pp.1–6. DOI: 10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841356.
39. M. Ivanov, O. Sergiyenko, V. Tyrsa, P. Mercorelli, V. Kartashov, W. Hernandez, S. Sheiko, M. Kolendovska. Individual scans fusion in virtual knowledge base for navigation of mobile robotic group with 3D TVS // Proceedings of 44th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON).. -2018. – Washington DC, USA. -S. 3187-3192. . ISBN 978-1-5090-6683-4/18/.
40. Murrieta-Rico, F.N., Petranovskii, V., Galvan, D.H., Sergiyenko, O., Yocupicio-Gaxiola, R.I., De Dios Sanchez-Lopez, J. Phase effect in frequency measurements of a quartz crystal using the pulse coincidence principle. 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 185-190, 9152255, DOI: 10.1109/ISIE45063.2020.9152255
41. Oleksandr Sotnikov, Vladimir Kartashov, Oleksandr Tymochko, Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Paolo Mercorelli, Wendy Flores-Fuentes. Methods for Ensuring the Accuracy of Radiometric and Optoelectronic Navigation Systems of Flying Robots in a Developed Infrastructure. Chapter 16//

Machine Vision and Navigation; Springer, Cham. pp.537–578.
Editors: Sergiyenko, Oleg, Flores-Fuentes, Wendy, Mercorelli, Paolo.
DOI: 10.1007/978-3-030-22587-2_16.

42. Optical detection of unmanned air vehicles on a video stream in a real-time /Kartashov, V., Oleynikov, V., Zubkov, O., Sheiko, S.// 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165362/
43. Principles Of Construction And Assessment Of Technical Characteristics Of Multi-Frequency Atmospheric Sodar In The Humidity Measurement Mode / Kartashov, V.M., Sidorov, G.I., Sheiko, S.A., Kolendovskaya, M.M., Sergienko, O.Yu. // Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i4.50, p. 323-333/
44. Research Of The Uncertainty Of Measurement Frequencies And Definitions Of The Frequency Signal In The Waveguide With Respect To Power / Semenets, V., Zakharov, I., Serhiienko, M., Kartashov, V.M., Kolendovska, M., Hernandez, W., Hipolito, J.I.N., Tyrsa, V.// 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2019; Lisbon Congress Center Lisbon; Portugal; 14 October 2019 до 17 October 2019; CFP19IEC-ART; Код 155980, Volume 2019-October, October 2019, № 8927203, Pages 4674-4679
45. Spatial-Temporal Processing Of Acoustic Signals Of Unmanned Aerial Vehicles /Kartashov V.M., Oleinikov V.N., Zubkov O.V., Sheiko S.A., Kolendovska M.M.// Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/Telecomradeng.v79.i9.40, p. 769-780

46. Stereoscopic Vision Systems In Machine Vision, Models, And Applications (Book Chapter)/ Ramírez-Hernández, L.R., Rodríguez-Quiñonez, J.C., Castro-Toscano, M.J., Kolendovska, M., Murrieta-Rico, F.N.// Machine Vision And Navigation, 2019 Machine Vision and Navigation 30 September 2019, Pages 241-265
47. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 16. // Biometrics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodríguez-Quiñonez. (341p.), IGI Global, 2017; pp. 361-381. DOI: 10.4018/978-1-5225-0983-7.ch016.
48. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 6// Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodríguez-Quiñonez. (341p.) – USA, Herhey, IGI Global, 2016; pp.180-205.
49. Sytnik O., Kartashov V. Methods and Algorithms for Technical Vision in Radar Introspection. Chapter 13// Optoelectronics in Machine Vision-Based Theories and Applications. IGI Global, 2019; pp. 373-391.
50. The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal/Semenets, V., Kartashov, V., Sergiyenko, O., ...Rodríguez-Quinonez, J.C., Flores-Fuentes, W.//IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2020, 2020-June, p. 215-219
51. Unda, O.F., Hernandez, W., Vargas, O., Mendez, A., Sergiyenko, O., Tyrsa, V. Construction of a robotic platform of differential type for first-year students of electronic engineering, 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, 24-26 de junio de 2020, Sorrento, Italia, pp. 538-543, 9161870, DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161870

52. Use of Acoustic Signature for Detection, Recognition and Direction Finding of Small Unmanned Aerial Vehicles/Kartashov, V., Oleynikov, V., Koryttsev, I., ...Babkin, S., Selieznov, I.//Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020, 2020, p. 377-380/
53. V. Semenets; Vladimir Kartashov ; Oleg Sergiyenko; Vyacheslav Tikhonov ; Paolo Mercorelli ; Sergiy Sheiko ; Nataliya Chmelarova. "The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 215-219, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152238.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152238>
54. Wilmar Hernandez ; Alfredo Mendez ; Omar Flor-Unda ; Vicente Gonzalez-Posada ; Jose Luis Jimenez ; Oleg Sergiyenko ; Julio C. Rodriguez-Quiñonez ; Mykhailo Ivanov ; Ivan Menes Camejo ; Marina Kolendovska. "A comparative example between the use of PCA and MDS for image classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1353-1358, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152565.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152565>
55. Карташов В.М. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы; Харьков: ХНУРЭ, 2014. 312 с.
56. Карташов В.М., Олейников В.Н., Колендовская М.М., Тимошенко Л.П., Капуста А.И., Рыбников Н.В. Комплексование изображений при обнаружении беспилотных летательных аппаратов// Радиотехника. (Харьков). 2020. Вып. 201; С.120-129.
57. Карташов В.М., Посошенко В.А., Цехмистро Р.И., Тимошенко Л.П., Колендовская М.М. Методы ориентации, навигации и контроля

мобильных робототехнических платформ// Радиотехника. (Харьков).
2019. Вып. 199. С. 38-44.

58.Ситнік О.В., Карташов В.М. Радіотехнічні системи. Навч. посібник. Х.:
Сміт, 2009. 448 с.

59.Патент на корисну модель України №131701, МПК G01C3/00,
G01C1/00, публ.25.01.2019, Бюл. № 2