

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

КТ 1. Проектування апаратно – програмних засобів формування інформації про робочий простір мобільної платформи. ПТ 1. Апаратна частина.
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи АУТПм-20-1
Кучерявий І.О
(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)

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

Освітня програма Автоматизоване управління технологічними процесами
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Цимбал О.М.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАМ

(підпис)

Невлюдов І. Ш.
(прізвище, ініціали)

2021 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
 Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Тип програми Освітньо-професійна
 Освітня програма Автоматизоване управління технологічними процесами
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАМ _____
(підпис)

«_____» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Кучерявому Іллі Олександровичу
 (Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи КТ 1. Проектування апаратно – програмних засобів формування інформації про робочий простір мобільної платформи. ПТ 1. Апаратна частина.

Затверджена наказом по університету від _____ 2021 р. №1699 Ст.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 15.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи роботизована платформа у складі; шасі мобільної; платформи з колесами; 2 двигуна для переміщення; 2 двигуна для забезпечення; роботи підйомного механізму; плата Arduino Uno; розміри платформи: 320 мм × 150 мм

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Аналіз технічного завдання;

Аналіз робототехнічних систем;

Автоматизовані транспортно-складські підсистеми гнучких виробничих систем;

Розгляд систем технічного зору;

Вибір сенсора для зору робота;

Вибір контролера;

Модулі для орієнтування на площі;

Схема підключення компонентів.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Демонстраційний матеріал, предоставлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 11 сторінок формату А4

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	27.06.21	
2	Аналіз робототехнічних систем	18.09.21	
3	Автоматизовані транспортно-складські підсистеми гнучких виробничих систем	24.09.21	
4	Розгляд систем технічного зору	30.09.21	
5	Вибір сенсора для зору робота	30.09.21	
6	Вибір контролера	07.10.21	
7	Модулі для орієнтування на площі	15.10.21	
8	Схема підключення компонентів	10.08.21	
9	Оформлення пояснювальної записки	19.11.21	
10	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk	15.12.2021	
11	Подання роботи на рецензію	15.12.2021	
12	Подання роботи на підпис зав. кафедри	15.12.2021	
13	Подання роботи до ЕК	15.12.2021	

Дата видачі завдання 15.06.2021

Студент _____
(підпис)

Кучерявий І.О.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Цимбал О.М.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 83 с., 51 рис., 3 дод., 19 джерел.

МОБІЛЬНА ПЛАТФОРМА, СКЛАД, ПЛАТА КЕРУВАННЯ, ДАТЧИКИ ЗОРУ

Об'єкт дослідження – мобільна платформа та засоби зору робочого простору.

Предмет дослідження – апаратні засоби мобільної платформи для формування інформації про робочий простір.

Мета атестаційною роботи – розробити апаратне забезпечення мобільного робота, як частини транспортно-складської системи, та дослідити системи орієнтування на площі, за допомогою сенсорів або інших компонентів.

Завдання, які вирішуються – аналіз технічного завдання; аналіз робототехнічних систем, автоматизованих транспортно-складських підсистем гнучких виробничих систем, розгляд систем технічного зору, вибір сенсора для зору робота; вибір контролера, модулі для орієнтування на площі, схема підключення компонентів.

Основний результат – розроблений макет транспортної мобільної платформи.

ABSTRACT

Explanatory note: 83 pp., 51 figs., 3 app., 19 sources.

MOBILE PLATFORM, WAREHOUSES, CONTROL BOARDS, VISUAL SENSORS

The object of research is a mobile platform and means of view of the workspace.

The subject of research - mobile hardware.

platforms for the formation of information about the workspace.

The purpose of the certification work is to develop the hardware of the mobile robot as part of the transport and warehousing system, and to investigate the systems of orientation in the area, using sensors or other components.

Tasks that are solved technical task analysis; analysis of robotic systems; automated transport and storage subsystems of flexible production systems; consideration of technical vision systems; selection of a sensor for robot vision; Selection of the controller, modules for orientation on the area, the scheme of connection of components.

The main results are the developed model of the transport mobile platform.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	11
1.1 Аналіз робочого простору і сенсори роботів	11
1.2 Аналіз робототехнічних систем.....	13
1.3 Автоматизовані транспортно - складські гнучких виробничих систем	22
1.4 Висновки з першого розділу	24
2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ	25
2.1 Розгляд систем технічного зору	25
2.2 Вибір сенсора для зору робота	36
2.3 Вибір контролера	38
2.4 Драйвер для двигунів LN298N та DC двигуни	46
2.5 Вибір двигунів для підйомного механізму	48
2.6 Кроковий двигун 28BYJ-48	49
2.6 Драйвер ULN2003	50
2.7 Модулі для орієнтування на площі	50
2.8 Висновки з другого розділу	53
3 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РОБОЧИЙ ПРОСТІР МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ.....	54
3.1 Розробка макета мобільної платформи.....	54
3.2 Схема підключення компонентів	57
3.3 Програмне забезпечення для руху робота.....	59
3.4 Висновки до третього розділу.	66

ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68
ДОДАТОК А.....	70
ДОДАТОК Б.....	73
ДОДАТОК В.....	83

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АТСС – автоматизована транспортно-складська система;

АТС – автоматизована транспортна система;

АСС – автоматизована складська система;

ГВС – гнучка виробнича система;

ГІВС – гнучка інтегрована виробнича система;

ОСБ – орієнтовано стружкова плита;

САПР – система автоматизованого проектування робіт;

CMOS – complementary metal oxide semiconductor;

GPIO – general-purpose input/output;

RFID – radio Frequency IDentification.

ВСТУП

Введення роботів до складу ГІВС відкриває нові можливості у вигляді часткової або повної автоматизації певних типів робіт, особливо таких, що є важкими або небезпечними для виконання людиною. Ступінь складності виконання роботами завдань ГІВС суттєво залежить від технічних характеристик транспортувальних та маніпуляційних систем роботів, здатності сприймати інформацію про стан робочого простору ГІВС, наявності баз знань роботизованих систем, зокрема, у вигляді сценаріїв поведінки робота, що відображають специфіку виконання практичних завдань. При цьому, отримання роботом інформації про стан робочого простору забезпечується сенсорними системами, що складаються з датчиків, які створено на основі різних фізичних принципів і орієнтованих на конкретні умови експлуатації. Завдяки технології на базі камери, деяких датчиків та машинного зору, робот локалізує та ідентифікує заздалегідь певні об'єкти і сам вирішує, які потрібно захопити, також технологія технічного зору дозволяю роботу пересуватися по приміщенню незалежно ні від кого, що робить його майже повністю автоматизованим, саме тому напрям даної роботи є актуальним та своєчасним.

Одна з труднощів, пов'язаних з сучасним використанням робототехніки на складі, полягає в нездатності пересуватися по підлозі машин зчитувати інформацію з етикеток товарів, розташованих на верхніх ярусах стелажів.

Рік від року можливості складської робототехніки збільшуються, що дозволяє новим зразкам завойовувати симпатії власників складських господарств, що дивляться на речі консервативно і звикли використовувати традиційну спецтехніку, керовану оператором.

Предмет дослідження – апаратні засоби мобільної платформи для формування інформації про робочий простір.

Мета атестаційною роботи – розробити апаратне забезпечення мобільного робота, як частини транспортно-складської системи, та дослідити системи орієнтування на площі, за допомогою сенсорів або інших компонентів.

Для досягнення мети потрібно розв’язати наступні завдання:

- ознайомитися з технологіями машинного зору;
- ознайомитися з сенсорами для реалізації зору;
- проаналізувати технічну літературу по темі проєкта;
- обрати апаратні засоби реалізації мобільної платформи;
- розробити макет,
- проведення експерименту .

Роботу було виконано відповідно до [1].

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз робочого простору і сенсори роботів

Використання зорової інформації в системах керування роботів практично привертає найбільшу увагу розробників та дослідників за аналогією з зором людини, особливо з точки зору розв'язання завдань розпізнавання та ідентифікації. Проте завдання інтеграції засобів комп'ютерного та технічного зору у системи керування, візуальної корекції руху мобільних платформ та маніпуляторів, адаптації роботи засобів керування на основі візуальної інформації є до сих пір такими, що не отримали свого повного розв'язання. Очевидним є протиріччя між сучасним рівнем розробки технології і методів комп'ютерного зору та рівнем їх впровадження у системи інтелектуального керування мобільними та маніпуляційними роботами. Таким чином, тематика дослідження статі, спрямовані на розробку моделей та методів адаптивного візуального керування мобільними роботизованими засобами, є своєчасною та актуальною [1].

В даній роботі розглянемо лише декілька типів автоматичних транспортних засобів: Глобальна позиційна система (GPS). В даному типі транспортних засобів використовується навігація на базі глобальної позиційної системи (GPS), спеціалізований приймач отримує сигнали з декількох супутників, спеціалізований пристрій обчислює координати, головний контролер керує транспортним засобом. Переваги: відносна простота, не залежить від снігу, льоду, бруду і т.д., відносно висока точність +/-10 см. Недоліки: лише для вуличного розташування робочої зони, висока вартість. Метод радіочастотної ідентифікації (RFID). В даному типі навігації використовується метод радіочастотної ідентифікації. Дана система складається зі зчитуючого пристрою та пасивного трансподера (відомого як RFID-мітка або тег). Електричний струм, індукований в антені електромагнітним сигналом від

зчитуючого пристрою, забезпечує достатню потужність для функціонування кремнієвого CMOS-чіпу, розміщеного в мітці, і передачі сигналу у відповідь. Переваги: низька вартість, висока точність, незалежна навігація, не залежить від снігу, бруду і т.д. Недоліки: метал на поверхні для руху може впливати на дальність зчитування інформації.

До сенсорних системи які визначають положення у просторі відносяться: акселерометри, магнітометри, супутникові системи навігації та одометри [1,2].

Гіроскопічні системи призначені для визначення кутового положення об'єктів в гравітаційному полі. Перші такі системи, засновані на принципі дії вовчка, - роторні гороскопи, були запропоновані ще в XIX столітті. Для виміру трьох кутів в просторі потрібно три гіроскопа з ортогонально орієнтованими осями.

Акселерометри – ці прилади служать для виявлення прискорення і були розглянуті у вступі. У робототехніці в загальному випадку знайшли застосування трикомпонентні (трехосевой) акселерометри, що визначають величину прискорення по трьох осях.

Акселерометри застосовуються разом з гіроскопами в інерціальних навігаційних системах, розглянутих далі, а так само в інклінометр, що визначають кути нахилу мобільних роботів щодо гравітаційного поля Землі. В останньому випадку акселерометри компенсують похибка показань інклінометра від прискорення [2].

Глобальні супутникові системи позиціонування для визначення місця розташування. Супутникова система GPS заснована на 24 супутниках. Їх орбіти обрані таким чином, щоб з будь-якої точки земної поверхні завжди можна було побачити не менше чотирьох супутників. Це дозволяє обчислювати місцеположення свого приймача сигналів з супутників в цій точці як чисто геометричну задачу, отримавши від супутників їх координати, які вони безперервно транслюють разом з точним часом, і обчисливши відстань до них за часом проходження сигналів, для виділення розташування приймача достатньо інформації від трьох супутників. Відстань від кожного дає сферу. Перетин двох

сфер утворює коло, на якій знаходиться приймач. Точка перетину з третьою сферою визначає точку знаходження приймача [2].

1.2 Аналіз робототехнічних систем

Традиційний метод транспортування – коли оператори використовують візок або електричний виловний навантажувач, що призводить до збільшення часу на обробку замовлень і збільшення вартості товарів для споживача.

Альтернативним варіантом традиційного методу транспортування вантажів, можна вважати використання автоматичних транспортних засобів (Automated guided vehicles, AGV).

Першим автоматичним транспортним засобом був транспорт з живленням від акумуляторних батарей, та безконтактним управлінням. На сьогоднішній час існує наступний розподіл типів автоматичних транспортних засобів, таблиця наведена на рис 1.1.

Робототехніка – важлива та перспективна галузь промисловості, оскільки за допомогою роботів та їх комплексів керівники підприємств можуть створювати високоефективне виробництво з мінімальними витратами та високою якістю продукції.

Для досягнення цього завдання вони готові залучати інвестиційний капітал і вкладати в їхній розвиток власні кошти підприємства з метою значно збільшити чистий прибуток від продажу продукції в майбутньому. Робототехніка наука про процес розробки автоматизованих технічних систем на базі електроніки, механіки та програмування. Роботобудування розвинена галузь промисловості: кілька тисяч роботів працюють на різних підприємствах, робототехнічні маніпулятори перетворилися на невід'ємну частину підводних дослідницьких апаратів, вивчення космічного простору не обходиться без використання роботів з високим рівнем інтелекту.

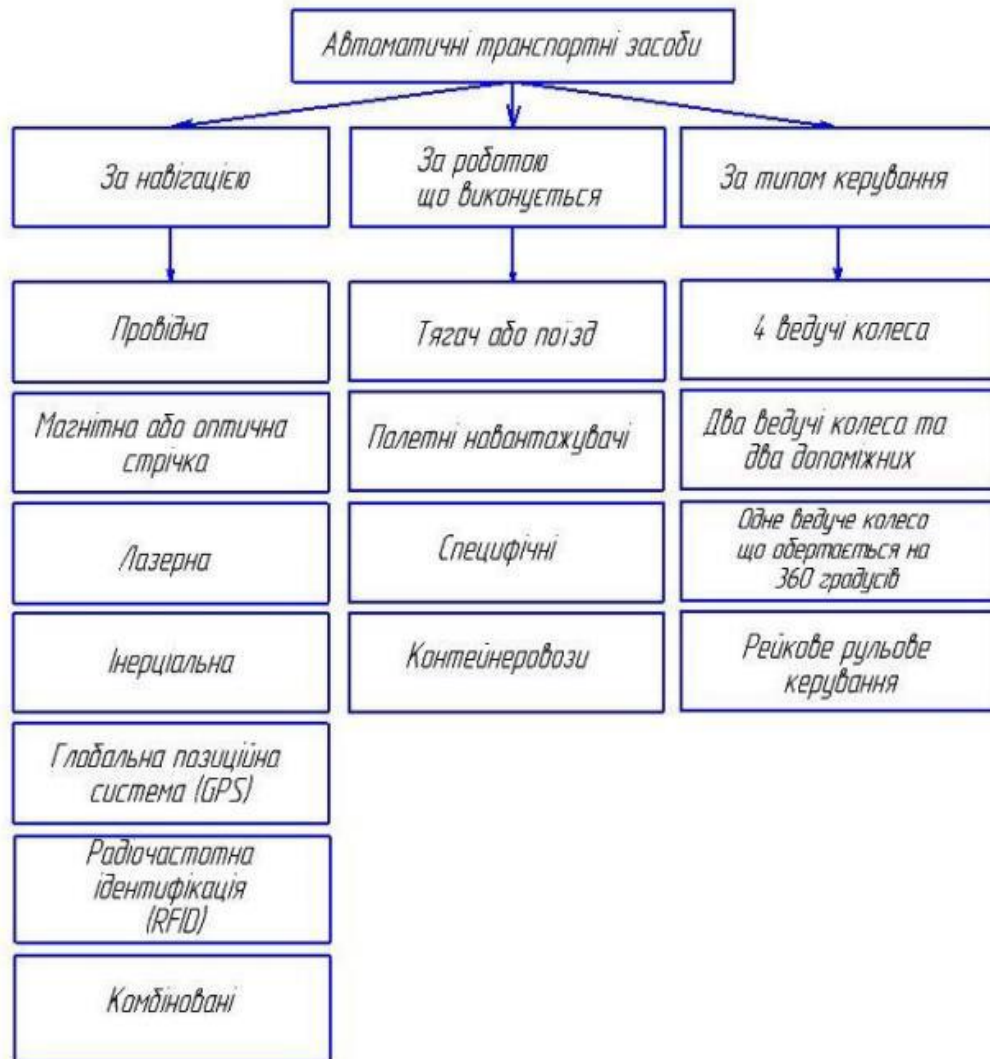


Рисунок 1.1 – Типи автоматичних транспортних засобів [3]

Предмет робототехніки – це створення та застосування роботів, інших засобів робототехніки та заснованих на них технічних систем та комплексів різного призначення. Виникнувши на основі кібернетики та механіки, робототехніка у свою чергу породила нові напрямки розвитку та самих цих наук. У кібернетиці це пов'язано передусім з інтелектуальним управлінням і біонікою як джерелом нових, запозичених у живої природи ідей, а механіці – з багатоступневими механізмами типу маніпуляторів.

Робот можна визначити як універсальний автомат для здійснення механічних дій, подібних до тих, які виробляє людина, що виконує фізичну

роботу. При створенні перших роботів і до наших днів зразком для них є можливості людини. Саме прагнення замінити людину на важких та небезпечних роботах породило ідею робота, потім перші спроби її реалізації (в середні віки) і, нарешті, зумовило виникнення та розвиток сучасної робототехніки та роботобудування.

АТСС представляють собою дві практично самостійні частини [3]:

- автоматизовані складські (АСС);
- транспортні (АТС) підсистеми.

АСС призначена для прийому та зберігання нормативного запасу, видачі у виробництво та обліку вихідного та основних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готових виробів, пристроїв та інструменту, тари, тимчасового зберігання відходів і бракованих деталей з метою забезпечення ритмічного виробничого процесу в ГВС [3].

До складу АСС входять такі складові елементи: стелажні конструкції, автоматичні штабелювальні машини, транспортно-складська тара, пристрої для перевантаження тари із штабелювальні машини на накопичувач, пристрої для передачі тари з накопичувача на транспортну систему ГВС; технічні засоби управління складами.

АСС, розташовані в зоні ГПМ і входять до складу ДПС, можуть складатися з різного набору перерахованих елементів.

АСС для ДПС характеризуються різними ознаками: типом конструкції стелажів і штабелювальні машин; обсягом і розмірами складу; виконуваними функціями; типами і параметрами складської тари; розташуванням ділянок прийому і видачі вантажів по відношенню до зони зберігання, рівнем і технічними засобами автоматизації та ін.

Конструктивна АСС поділяються на ряд видів:

- з клітинними стелажми та автоматичним стелажним краном-штабелером;
- з клітинними стелажми та автоматичним мостовим краном-штабелером;

- з гравітаційними стелажми та автоматичними стелажними кранами-штабелерами (каретками-операторами);
- з автоматичними елеваторними стелажми;
- з автоматичною підвіскою;
- автоматичний касетного типу;
- автоматичний підвісний в поєднанні з підвісним штовхає конвеєром і з автоматичним адресуванням вантажів.

Обладнання АСС включає у свої склад: складську тару (піддони, касети), стелажі, крани-штабелери, допоміжне обладнання, що транспортують і перевантажувальні пристрої.

Технічні, економічні, організаційні та інші вимоги до обладнання АСС і технології складування формуються так, щоб забезпечити наступні характеристики АСС:

- високі техніко-економічні показники;
- пристосованість обладнання до переробки заданої номенклатури вантажів;
- чітке і надійне взаємодія обладнання АСС і зовнішніх комунікацій;
- високу надійність пристроїв автоматики і АСС в цілому;
- простоту технічного обслуговування АСС при експлуатації та ремонті;
- забезпечення умов техніки безпеки і охорони праці;
- можливість управління АСС в ручному, автоматизованому й автоматичному режимах;
- простота монтажу з необхідною точністю, демонтажу та установки АСС на новому місці.

Складська тара повинна відповідати вимогам безпеки праці, забезпечувати необхідний запас міцності, не мати ріжучих і колючих крайок і задирок, бути зручною і доступною для очищення та дезінфекції. Конструкція піддонів (касет) повинна бути пристосованою до найбільш повного використання обсягу складу.

Точність виготовлення і монтажу піддону повинна забезпечувати зупинку грузозахвата штабелювальні машини у заданої комірки по ширині, довжині і висоті складу. Піддони діляться на три групи: ящикові, стієчні і плоскі [3,4].

Різновиди промислових роботів [5]:

– шарнірні роботи рис 1.2 нагадують рух людської руки, вони складаються з обертальних кінематичних пар і мають від 4 до 6 керованих осей.

Така конструкція дозволяє шарнірним роботам виконувати просторові переміщення зі складною траєкторією.

Прикладами завдань, з якими на ура впораються шарнірні роботи, є: контурне зварювання або фрезерування, а також фарбування складних поверхонь, таких, як автомобільний кузов.

Також їх застосовують більшість завдань pick & place. Однак існує думка, що функціонал шарнірних роботів для цих завдань часто є надмірним. Монтаж шарнірного робота найчастіше проводиться підлоговий, проте трапляються варіанти монтажу на стіну або стелю.

Радіус дії шарнірних роботів може досягати кількох метрів, а вантажопідйомність – понад 1 т;

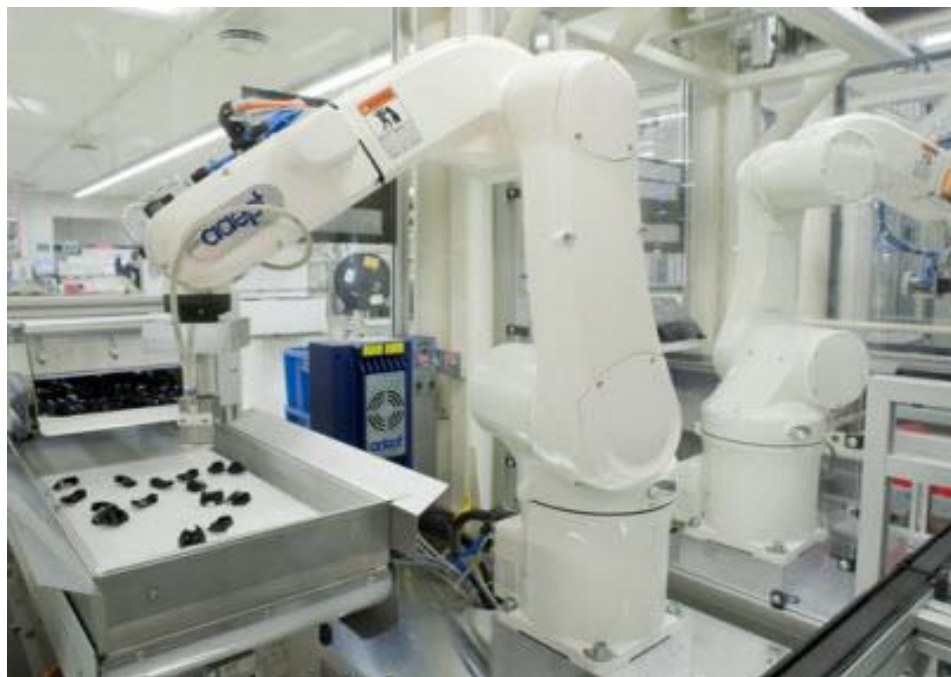


Рисунок 1.2 – Шарнірний робот [5]

– декартові рис 1.3 роботи мають, як правило, три лінійні осі керування. Кожна з цих осей знаходиться під прямим кутом до двох інших.

Якщо одна з ланок, яка здійснює горизонтальне переміщення, має підтримку на обох кінцях ланки, то такий декарт робот називається порталним.

Оскільки декартові роботи мають лише лінійні переміщення, то розробникам досить просто написати програму для переміщення маніпуляторів у будь-яку точку простору, використовуючи нескладні тригонометричні функції.

Характеристики порталних роботів можуть бути абсолютно різноманітними та залежать від вибраних лінійних сервоприводів та механічної частини [5];



Рисунок 1.3 – Приклад декартового робота [5]

– дельта-роботи рис 1.4 – це один із видів паралельних роботів, відмінною особливістю яких є трикутна платформа з трьома шарнірними важелями. Саме через трикутну платформу робот отримав свою назву, тому що візуально вона схожа на букву грецького алфавіту « Δ – дельта». Дельта-роботи – це один із видів паралельних роботів, відмінною особливістю яких є трикутна платформа з трьома шарнірними важелями. Саме через трикутну платформу робот отримав свою назву, бо візуально вона схожа на літеру грецького алфавіту « Δ – дельта» [5];



Рисунок 1.4 – Дельта робот [5]

– роботи – маніпулятори типу SCARA що показані на рис 1.5 (Selective Compliance Articulated Robot Arm) – це маніпулятори з селективною гнучкістю. Конструктивно вони жорсткі у вертикальній площині, тобто вздовж осі Z, при цьому в горизонтальній площині (по осях X і Y) мають податливість. Такі роботи часто виконують складальні операції. Роботи типу SCARA можуть працювати швидше, ніж Декартові роботи, і мають невеликі габарити, але вони можуть бути дорожчими. Застосування SCARA роботів особливо вигідне для складання вузлів, де робот повинен вкладати одні деталі в інші, при цьому не з'єднуючи їх. Важливим є те, що завдяки своїй конструкції, маніпулятор може витягнутися, розпрямивши «лікоть», а може звернутися, звільнивши простір, що займає. Це зручно при роботі в обмеженому просторі, і коли деталі переміщуються з одного виробничого модуля до іншого [5];



Рисунок 1.5 – SCARA робот [5]

– мобільні роботи показані на рис 1.6 (роботи для транспортування матеріалів, складування, обслуговування верстатів) зараз активно розвиваються. Впровадження в них датчиків та засобів навігації у поєднанні з розвиненим алгоритмічним забезпеченням забезпечують їх високою швидкістю та гнучкістю застосування. Вони можуть бути інтегровані в інші системи, що мають можливість руху, і мати свою автономну систему навігації. Наприклад, автономні роботи здатні тягнути за собою групу візків та утримувати вантажі. Вони працюють із різними типами пневматичних тягово-зчіпних з'єднувачів. Обладнані функціями безпеки, які дозволяють мобільному роботу автономно та безпечно пересуватися територією виробничих приміщень [5];



Рисунок 1.6 – Мобільний робот [5]

– дрони (показані на рис 1.7) – це літаючі апарати з дистанційним керуванням (тобто насправді вони не зовсім роботи).

У більш широкому значенні – це мобільні, автономні апарати, запрограмовані виконання будь-яких завдань. Вони застосовуються для промислових додатків, таких як перевірка безпеки, з метою моніторингу та для наукових досліджень, у небезпечних зонах, на пересіченій місцевості.

В даний час такі апарати можуть використовуватись під водою та в повітрі. Впровадження в них можливості працювати автономно дозволить цим

мобільним роботам самостійно формувати та надсилати звіти або самим вибирати команди управління за необхідності [5];



Рисунок 1.7 – Дрон

– колаборативні роботи (показані на рис 1.8) оснащені датчиками, що обмежують зусилля та/або швидкість ланок, і, залежно від застосування, можуть працювати безпосередньо поблизу людини без встановлення захисного огороження. Поки такі роботи були переважно шарнірного типу, але подібні датчики можуть бути застосовані і до звичайних робот. Ця технологія розвивається швидше, ніж робот проходить сертифікацію на відповідність стандартам безпеки. Деякі з таких роботів можуть бути дворукими, щоб краще копіювати маніпуляційні здібності людини і легше інтегруватися в існуючий виробничий процес без необхідності його перебудувати. Адаптивна точність колаборативних роботів дозволяє їм ефективно працювати у напівструктурованих середовищах, використовуючи вбудовану систему машинного зору [5].

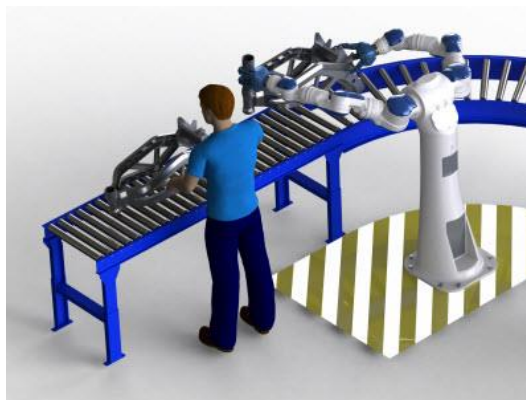


Рисунок 1.8 – Колаборативний робот [5]

1.3 Автоматизовані транспортно - складські гнучких виробничих систем

Автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС) ГВС взаємопов'язують технологічне обладнання, заготівельні ділянки, склади та ділянки готової продукції. АТСС складається з таких основних елементів: транспортного пристрою (системи), перевантажувальних пристроїв, накопичувачів, автоматизованих складів та обладнання, то обслуговує склади.

Розрізняють такі способи транспортування заготовок у ГВС: роздільний (на піддонах-держачах, супутниках), накопичувальний (магазин, накопичувальний піддон), комбінований. Способи накопичування заготовок поділяються на централізований, децентралізований, комбінований.

Потік заготовок організують трьома способами: з одним транспортним пристроєм (рис. 1.9 а); з кількома транспортними пристроями (рис. 1.9 б); з конвеєром, який безперервно рухається (рис. 1.9 в) [6].

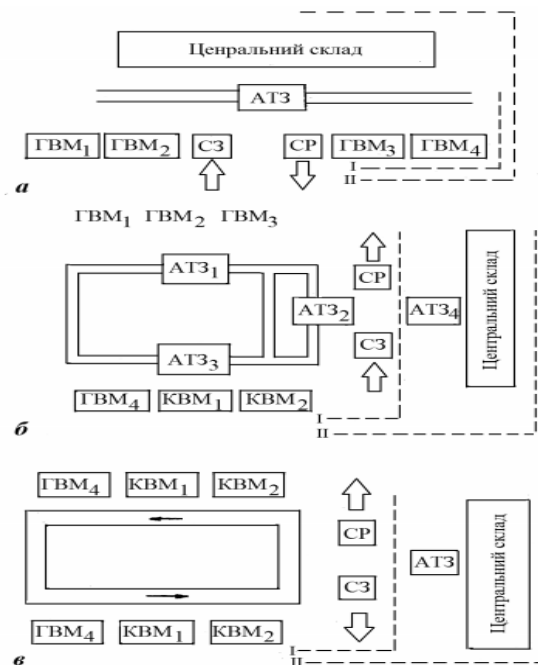


Рисунок 1.9 – Способи організації потоку заготовок [5]

На рис. 1.9 варіант I відповідає децентралізованому нагромадженню заготовок, варіант II – комбінованому, а стрілки вказують відповідно вхідний і вихідний матеріальні потоки в систему [5].

За принципом організації вантажопотоків виділяють транспортні системи: з прямою трасою обслуговування (рис. 1.10 а), із замкненою трасою обслуговування (рис. 10, б), з розгалуженою трасою (рис. 1.10 в), з трасою матричного типу (рис. 1.10 г) [6].

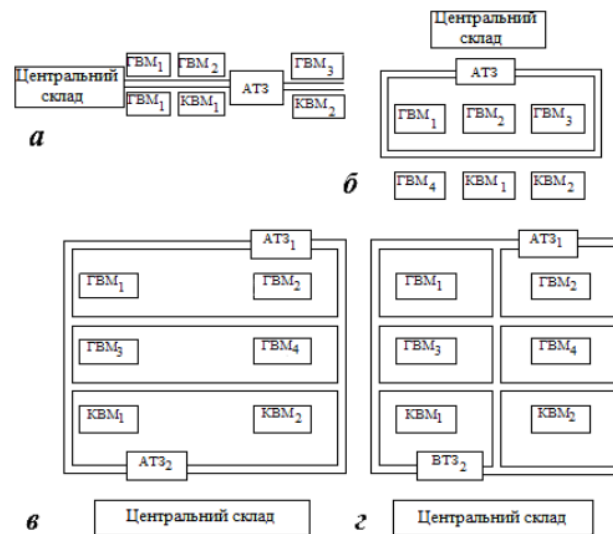


Рисунок 1.10 – Види транспортних систем ГВС [6]

Модель нечіткого адаптивного керування представлена схемою зображеною на рис. 1.11.

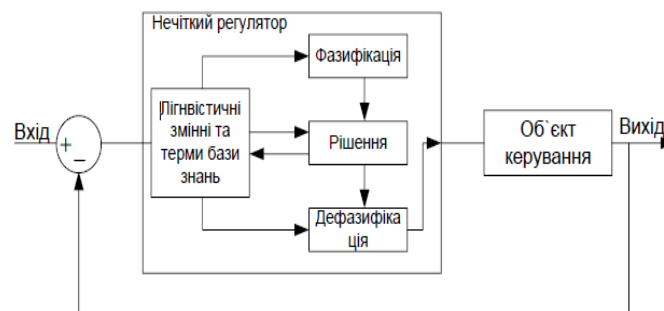


Рисунок 1.11 – Схема нечіткого адаптивного візуального керування [7]

В якості алгоритму для нечіткого регулятора використано алгоритм Мамдані, який передбачає наступне: створення правил нечіткого виведення;

формування бази, що зберігає правила нечіткого виводу; фазифікацію вхідних змінних; об'єднання умов у нечітких правилах; створення рішень для цих нечітких правил; об'єднання рішень з множини нечітких правил; дефазифікація вихідних змінних [7].

1.4 Висновки з першого розділу

В розділі 1 проводиться огляд засобів аналіз робочого простору та сенсорів мобільних роботів. Проаналізовано робототехнічних системи різного типу та наведена їх класифікація. Наводиться основна інформація про існуючі транспортно-складські системи, в яких можливе використання мобільних транспортних роботів.

2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ

2.1 Розгляд систем технічного зору

Системи зору тепер вважаються невід'ємною частиною багатьох промислових процесів, тому що вони можуть пропонувати швидкі, точно відтворені можливості контролю. Наприклад, у харчовій промисловості, де система технічного зору відіграє вирішальну роль у процесах, коли швидкість і точність надзвичайно важливі і допомагають забезпечити конкурентну перевагу для виробників. Сам харчовий продукт перевіряється на предмет контролю і якості порцій, а також на якість упаковки і маркування. Крім того, на фармацевтичному ринку потрібні найвимогливіші системи бачення, які не тільки перевіряють продукти, але також перевіряють використання та налаштування систем, забезпечуючи правильне дозування і контроль за процесами виготовлення ліків.

Поняття промислових роботів з'явилося з першим офіційно визнаним пристроєм, який було створено в 1954 році. Але технічне зір у системах управління з відомими координатами було створено тільки в 1960 році, і якість його було дуже низьким, щоб використовувати для широкого застосування. Таке становище тривало до 1983 року, коли з'явилися перші комерційні системи бачення, після чого система стала життєздатною технологією, а тепер широко використовується у багатьох галузях виробництва [8].

Бачення приносить користь багатьох секторах виробництва, де робототехніка є однією з головних областей застосування. Одним з ключових моментів є той факт, що її можна розглядати як технологію включення в систему управління роботом. Роботи гарні в повторюваних завданнях, але погано враховують швидко мінливі параметри, тому, коли розташування продукту змінюється, робот-система не спрацьовує.

Система технічного зору дозволяє роботам «бачити» об'єкт і обчислити його X – і Y-позиції. Останнім часом роботи стали застосовуватися з можливістю двох – і трьох-бачення. Таким чином, ним стала доступна і третя координата, як правило, висота об'єкта. Список систем датчиків зображень, програмних пакетів і діапазон інтелектуальних камер постійно зростає, тому для будь-якого додатка існує технічне зір у системах управління роботами. З появою недорогих багатоядерних процесорів система розширила свої горизонти.

Робота будь-якої системи повинна мати систему оцінок для визначення її ефективності. Така ж система і в роботозору. Найбільш важливі показники при розробці систем технічного зору:

– адаптивність – більшість додатків для роботизованого зору покладаються на дуже чітко визначені програми з попередньо запрограмованими функціями. Вони можуть дуже добре виявити конкретний заданий шаблон. Однак якщо щось незвичайне почне проходити перед камерою, воно може бути пропущена додатком. Хорошим прикладом цього може бути повністю автоматизований публічний тест CAPTCHA, де прості літери злегка деформовані, і будь-який тип системи зору не може їх виявити. Хоча цей приклад є проблемою на даний момент, але це всього лише питання часу, скоро це перешкода буде подолано роботизованими системами зору;

– виявлення тенденцій – якщо система зору не була запрограмована для виявлення тенденцій або моделей, вона не зможе їх виявити. Хоча люди дійсно добре розбираються і визначають тенденції – технічного зору має проблеми з асоціаціями. Кожна виявлена функція часто обробляється індивідуально, наприклад, якщо список помилок буде показаний працівнику-людині, він може його проаналізувати і визначити, чи є проблема з машиною у виробничому процесі. Система бачення не може цього зробити, замість того, щоб визначити, який фрезерний верстат зламався і зупинити його, вона зупиняє виробничу лінію повністю;

– основною перевагою системи бачення є її послідовність і надійність. Якщо система технічного зору бачення знаходиться в правильному місці, вона

завжди буде бачити, що щось не так. Вона порівняно з очима людини не втомлюється і завжди буде використовувати одні і ті ж параметри. Люди більш схильні до ризику протягом всього дня, тому що робітник може ставати все більш втомленим і менш уважним;

– ще одна з причин, по якій виробники впроваджують систему – узгодженість і точність [8].

Перетворення координат (приклад на рис 2.1):

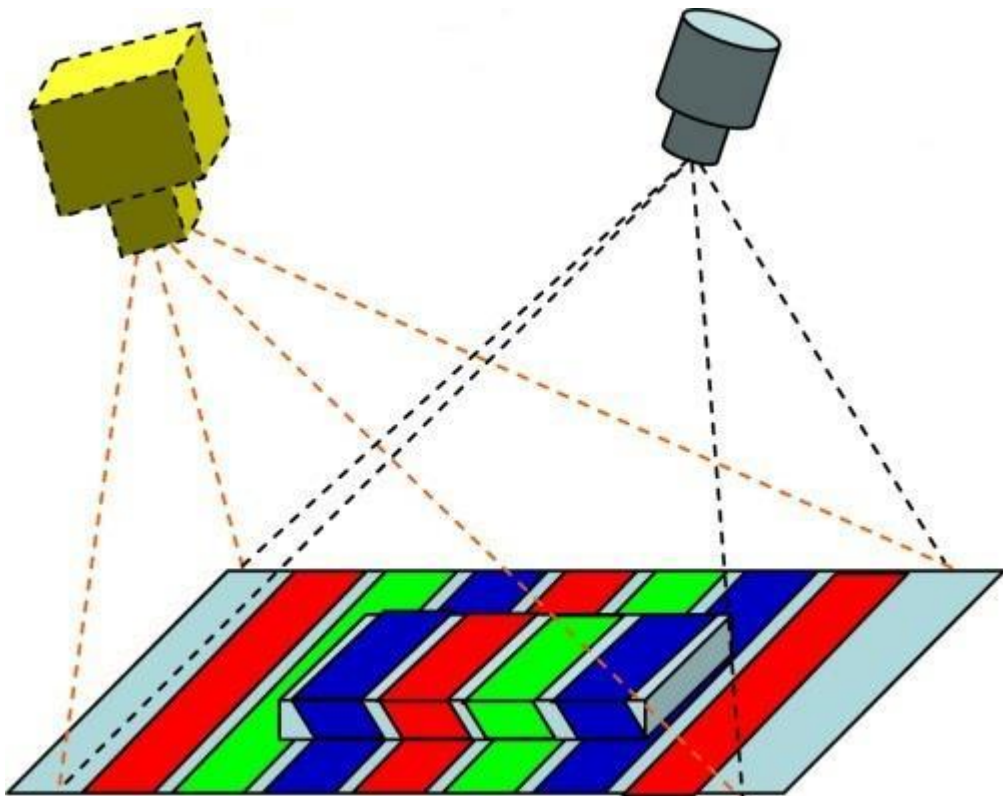


Рисунок 2.1 – Приклад перетворення координат [8]

При розробці систем технічного зору враховують, що робот повинен відрегулювати себе у відповідності з орієнтацією деталей, схопити предмети з конвеєра, а потім укласти їх на палети. У цьому випадку датчики зору забезпечують зв'язок між випадково орієнтованою частиною і роботом. Приклад обробки та перетворення координат зображено на рисунку 2.1. Наприклад,

система машинного зору може бути застосована для управління роботами на машині для складання електронних друкованих плат.

Інший поширений клас додатків складається з роботів, які в процесі виробництва передають деталі з однієї на наступну операцію. Система бачення надає інформацію, яка дозволяє роботам захоплювати цільовий об'єкт і переміщати його на наступну операцію у виробничій або інспекційній системі.

Коли камера машинного зору виявить у полі зору об'єкт, камера знаходить і встановлює координати x і y об'єкта відносно верхнього лівого кута зображення – $0, 0$ точки. Робот функціонує з власною системою координат, зосередженої на власній 0 -й точці, що зазвичай не відповідає тій, яку використовує система бачення. Щоб спростити зв'язок між датчиком зору і роботом і дозволити роботу легко виконувати правильне дію, системи бачення перетворюють координати робота. Завдяки цій можливості вона перетворює інформацію про місцезнаходження точки інтересу в системі відліку камери в систему координат пристрою систем технічного зору.

На додаток до координат положення x і y системи часто повинні повідомляти роботам тета-координату θ або кут повороту цільового об'єкта. Включення координати θ дозволяє роботам визначати, де знаходиться ця частина, а також мати можливість її підняти. Інструменти Vision можуть повідомляти про позиції об'єкта і про те, як він обертається, тому робот може відрегулювати себе відповідним чином, перш ніж підняти об'єкт і виконати завдання.

Координати x , y і θ певної частини можуть бути встановлені з використанням різних інструментів бачення, які є частиною програмних компонентів системи бачення. Точність, доступна в цих інструментах, розрізняється, як і час, необхідний для аналізу цікавить точки. Наприклад, інструменти надають координати x і y для випадків, коли ребро знаходиться на продукті. У системі технічного зору в робототехніці, якщо кілька інструментів виявлення краю об'єднані з інструментом аналізу, можна визначити кут або координату θ [8].

Кластеризація країв (приклад на рис 2.2):

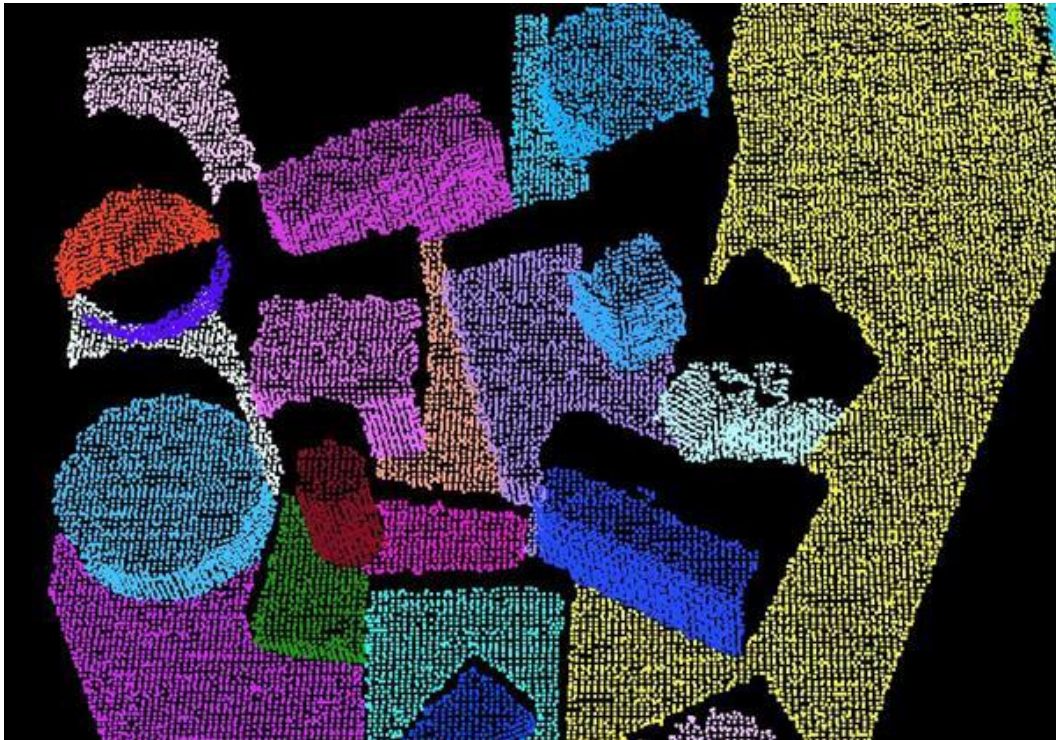


Рисунок 2.2 – Приклад бачення роботом об'єктів [8]

Виявлення країв для виділення певних деталей із складного зображення. Як тільки система знаходить частина, вона використовує дані, зібрані з візуальної інформації, для зміни своєї програми і виконання завдань за призначенням. Це дозволяє роботів працювати з деталями, які зміщені, нахилені, перемішані в контейнері або іншим чином виведені з розрахункового положення. Щоб використовувати систему бачення таким чином, повинна бути певна форма калібрування, де робот може пов'язувати візуальні дані з відстанню. Ці властивості застосовуються в системах технічного зору для контролю якості.

При використанні 2D-зору або однієї камери, вона повинна перебувати в одному і тому ж положенні кожен раз, коли потрібно знайти зображення і відстані від цієї точки, тобто повинна бути якась форма калібрування. При об'ємному баченні дві камери або зображення з двох місць визначають відстань.

3D-система також вимагає калібрування, а у випадку двох камер розташування камер відносно один одного, що є частиною калібрування. 3D-система технічного зору ds1000 може вимірювати функції деталей на мікроні рівні, забезпечуючи якість кожної деталі під час роботи. Системи бачення «все в одному», які підключаються безпосередньо до робота і обробляють всю обробку даних, не є чимось новим для ринку робототехніки.

Наприклад, CMUcam5 PiXu – це все в одній системі бачення, яка працює з Arduino, Raspberry Pi і BeagleBone для розпізнавання кольору, об'єктів і розпізнаванням обличчя на цьому шляху. Раніше для забезпечення цієї функціональності для хобі-роботів знадобилося або велику кількість роботи, або дорога система, але PiXu спростив надання можливостей системи технічного зору мобільного робота [8].

Камера для обробки зображень.

Для всіх систем промислового зору потрібно елемент програмного забезпечення для системи зору, чи то просто управління камерою або виконання індивідуального додатки, все одно потрібна хороша камера. Для багатьох потреб в галузі промислового контролю проста конфігурація середовища розробки технічного зору з використанням простих користувальницьких інтерфейсів дозволяє розгортати найбільш економічні рішення. Для більш вимогливих компаній, з хорошими навичками розробки програмного забезпечення часто використовують існуючу бібліотеку програмного забезпечення.

Завдяки складним засобам обробки і вимірювання зображень і простим для користувача інтерфейсів точок і кліків, системи бачення грають свою роль у процесі автоматизації, але також забезпечують потужну зв'язок з робототехнікою. Це частина системи, яка буде висвітлювати зовнішній світ і перетворювати його в цифрові дані і можуть оброблятися і аналізуватися системою технічного зору insight.

Спочатку камери склалися з невеликої кількості фотоелементів (близько 2 тис. пікселів), розташованих за об'єктивом, і щоб визначити форму зображень, обробляли сірий колір з 256 різних відтінків.

Сьогодні камери, що використовуються в системі, варіюються від 2 Мпк до повного кольору і використовують для роботи 4095 різних відтінків. Цей великий обсяг даних спростив обробку зображень, оскільки він надає безліч інформації, і не обов'язково швидкісну [8].

Процесорний компонент(приклад на рис 2.3):

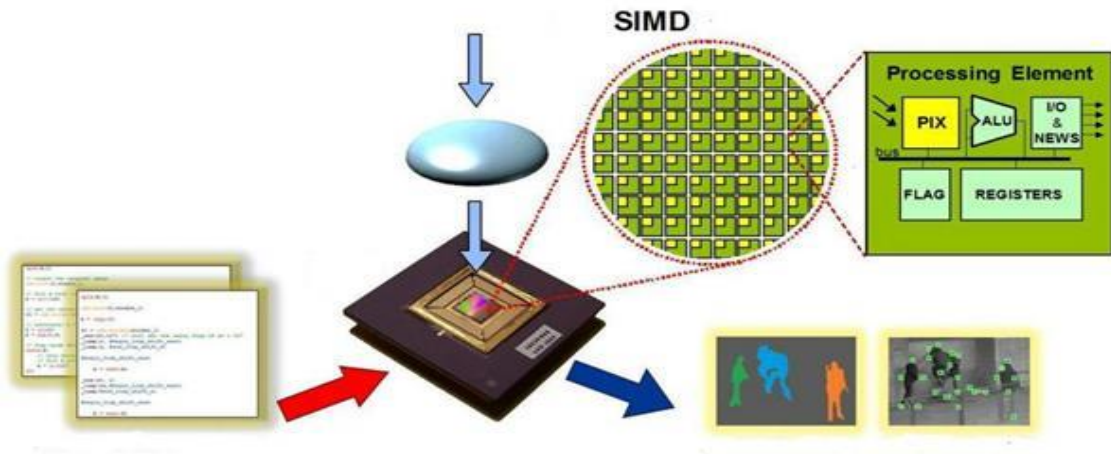


Рисунок 2.3 – Процесорний компонент [8]

Це наступний основний компонент системи бачення. Процесор перетворить всі необроблені дані з камери в корисну інформацію для роботи. Існує два основних методи обробки інформації з точки зору виявлення та кластеризації.

При виявленні крамок процесор шукає різкі відмінності в світлових даних від камери, які потім розглядає край.

Як тільки він знаходить перевагу, процесор дивиться на дані з пікселів поблизу, щоб побачити, де ще він може знайти аналогічну різницю.

Цей процес продовжується до тих пір, поки не знайде задану контурну інформацію для зображення.

При кластеризації процесор знаходить пікселі, які мають ідентичні дані, а потім шукає інші пікселі поруч з однаковими або близькими до них даними.

Цей процес створює зображення, використовуючи дані, зняті камерою.

Як тільки процесор визначити його, як зображення, він форматує інформацію у щось, що робот може використовувати, і відправляє в систему.

Остання ключова частина технічного зору в системах управління мобільними об'єктами – кабельна розводка.

У більш ранніх технологіях кабелі зв'язку, які використовуються для систем відеоспостереження, були незручними і обмеженими в тому, як далеко вони могли відправляти дані без втрат.

Приблизно в 2009 році Adimes розробив новий спосіб надсилання даних, які дозволили передавати більше 6 Гбіт/с по коаксіальному кабелю, і назвав його CoaXPress.

Цей протокол і ті, які були випущені пізніше, забезпечили використання одного коаксіального кабелю для передачі даних, незважаючи на те, що обсяг даних, які потрібні для передачі, продовжує зростати.

Не всі системи бачення використовують тільки один коаксіальний кабель для передачі даних, тому важливо, щоб ті, хто працює з системами бачення, розуміли специфіку та обмеження системи, які у них є [8].

Додатки Vision System(приклад на рис 2.4):



Рисунок 2.4 – Додатки Vision System [8]

Коли справа доходить до додатків системи бачення, деякі із захоплюючих і популярних варіантів мають можливість розпізнавання осіб, системи безпеки, пошук деталей і контроль якості.

Розпізнавання обличчя — це здатність система технічного зору зіставляти зображення людини з даними, що зберігаються в його пам'яті. У багатьох відношеннях це всього лише адаптація розпізнавання деталей, але результат — набагато більш точна робота з роботом. Наприклад, можна запрограмувати робота NAO Aldebaran, щоб розпізнати обличчя, а потім відповісти повідомленням, використовуючи ім'я, створюючи персоналізований досвід при взаємодії з ним.

Крім соціальних застосувань, ця технологія також має відмінні програми для забезпечення безпеки. Замість того, щоб ризикувати життям людей, можна використовувати робота для відмови в реєстрації або пошуку неавторизованих осіб на основі бази даних схвалених сканувань особи. Робот Baxter, створений Rethink Robotics, є прекрасним прикладом цього завдяки його 360° гідролокатором і фронтальної передній панелі.

У будь-який час, коли Бакстер відчуває людини, робот сповільнюється до безпечної швидкості і уважно стежить за зворотним зв'язком системи за будь-яких вказівок на зіткнення, зупиняючи всі рухи, перш ніж хтось може постраждати. Крім того, Baxter використовує свою систему бачення для пошуку деталей і, при необхідності, регулювання положення.

Відомі програмні пакети для машинного зору, такі як Common Vision Blox, програмне забезпечення Scorpion Vision, Halcon, Matrox Imaging Library або Cognex VisionPro — це програми, які запускаються в Microsoft Windows і використовуються для створення розширеного і потужного програмного забезпечення для автоматизації, приймає вхідні і вихідні дані зображення на основі заданого зображення. У кінцевому рахунку, в комерційному бачення машини, обробка зображень використовується для класифікації, читання символів, розпізнавання фігур або вимірювання [8].

Розташування камер огляду.

В залежності від застосування система технічного зору буде розміщуватися в роботизованою камері в різних місцях. З усіма різними типами роботів, камер та додатків є нескінченна кількість рішень щодо того, де можна розмістити камеру і що з нею робити. Однак існують основні способи налаштування камери:

- кінець руки. Різні програми повинні стежити за тим, що робот захоплює, деякі виробники роботів вбудовують камери безпосередньо на зап'ясті робота. Це дозволяє камері переміщатися в різних напрямках у просторі, знаходити частину і, відповідно з кінематикою робота, захопити її. Оскільки камера часто знаходиться поруч з захопленням, вона також може відстежувати, чи правильно захоплена частина або якщо вона була видалена під час маніпуляції. Розміщення камери на кінці руки робота означає, що вона постійно переміщується. Якщо потрібно зображення захоплювальної області, зупиняють робота в правильному положенні, переконуються, що камера стабільна, а потім роблять знімок. Якщо для програми потрібно дуже короткий час циклу, може знадобитися змінити цю опцію;

- застосування сцени – інший вид системи, в ній можна фіксувати і постійно дивитися на сцену, наприклад, де деталі представлені в різних положеннях і орієнтаціях на конвеєрі. Як тільки частина проходить перед камерою, знімок береться і аналізується, щоб побачити, де знаходиться деталь і її орієнтація щодо робота. Моніторинг стільникового зв'язку;

- існує також вид системи технічного зору роботів, який використовується для вимог безпеки. Камера або набір камер можна встановити безпосередньо на роботі або на майданчику, де він розміщений, щоб контролювати, чи входить людина у робочий простір робота. Оскільки більшість спільних роботів не мають зовнішньої безпеки, цей метод можна використовувати для регулювання швидкості робота у відповідності з відстанню між роботом та людиною [8].

Система 3D зору (приклад на рис 2.5):

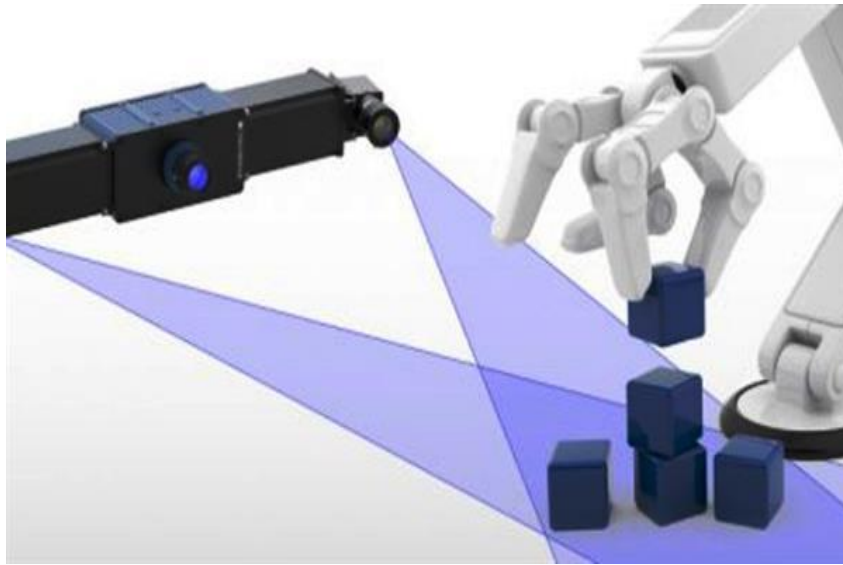


Рисунок 2.5 – Приклад 3D зору [8]

Застосування зображень, 3D-камер швидко зростає порівняно з використанням 2D-камери. Використовуючи декілька датчиків обсягу і положення, в поєднанні з 3D-лазерним сканером часу, можна докладно створювати 3D-моделі продуктів виробництва. Такі 3D-скани створюються з допомогою лазера часу прольоту, який вимірює час, необхідний для проходження світла між деталями або продуктами. Найбільша перевага цього методу полягає в тому, що його можна використовувати для будь-якої поверхні і розмірності. Це дозволяє роботів розпізнавати випадково розміщені об'єкти та переміщувати їх для впорядкування розташування одних і тих же продуктів.

Креветка Мантиса має найбільш вражаючі очі в природі, в чотири рази більше рецепторів кольору, ніж у людей. Виробники довгий час поклалися на людське бачення складних процесів комплектування та складання, але системи 3D-зору починають перевершувати можливості людини в системах технічного зору роботів. Abandon CAD – просунуті 3D-системи бачення різко контрастують з програмним забезпеченням бачення минулого. Багато існуючі системи як і раніше, вимагають професійного програмування САПР, щоб робот міг розпізнавати форми. Однак це програмне забезпечення може відчувати труднощі з одночасним розпізнаванням декількох елементів.

Загальним додатком для систем бачення є видалення і сортування товарів з контейнера. У той час як системи на базі САПР можуть ідентифікувати елементи в контейнері, завдання полягає в розпізнаванні позиції кожного елемента при його поданні в довільному порядку, не кажучи вже про визначення оптимальності для робота. Розширені системи бачення усувають цю проблему, використовуючи пасивну візуалізацію, щоб робот міг автоматично ідентифікувати предмети незалежно від їх форми чи порядку.

Система зору Toshiba Machine, TSVision3D, використовує два високошвидкісні камери для безперервного захоплення тривимірних зображень системами технічного зору, що застосовуються в лазерних технологіях. Використовуючи інтелектуальне програмне забезпечення, система може обробляти ці зображення і визначати точне положення елемента. Це визначає найбільш логічний порядок підбору їх і робить це з точністю до міліметра, з тією ж легкістю, що і робочий [8].

2.2 Вибір сенсора для зору робота

Будь-яка автоматизація починається з підбору датчиків - саме на основі їх показань будується вся логіка керування. Сенсори допомагають вирішити різні інженерні завдання, щоб зробити ваш проєкт ще точнішим і розумнішим. Зараз розглянемо, які види датчиків найчастіше використовуються у зв'язці з Arduino-сумісними контролерами та одноплатними комп'ютерами на кшталт Raspberry Pi.

Якщо будувати робота, здатного самостійно переміщатися в просторі, йому знадобиться якась система орієнтації, інакше він незграбно впирається в перешкоди і вимагатиме вашої допомоги. Основні параметри, які можна виміряти датчиками положення, – це лінійна та кутова швидкість переміщення. За ними вже можна скласти уявлення, яке становище нашого дітища у просторі, і що з ним відбувається. І тому використовуються кілька видів сенсорів [9]:

– датчик простору – завдання орієнтування можна елегантно вирішити, якщо звести зір робота до найпростішої функції виявлення перешкод. Для цього йому знадобиться сенсор простору, який визначає дистанцію до об'єктів, або хоча б наявність поблизу. Тоді він перестане врзатись і навчиться будувати маршрут в обхід перешкод – не без програмної допомоги;

– тактильні сенсори – кнопки, потенціометри і тд. – це тактильні сенсори, які перетворюють наші маніпуляції на електричний сигнал;

– кліматичні сенсори – сенсори температури, вологості та інших параметрів потрібні, наприклад, щоб побудувати систему керування кліматом розумного будинку, автоматизовану теплицю чи аматорський метеозонд;

– сенсори світла та кольору – використовуються для пересування роботів певним маршрутом (лінія) для того, щоб не збиватися з наміченого шляху. Наприклад деякі автоматизовані навантажувачі на промислових складах;

– датчики звуку та ультразвуку – відносяться до групи акустичних пристроїв, і основним принципом роботи таких датчиків є виявлення та розпізнавання різних акустичних хвиль;

– датчик механічного впливу – сенсор, який дозволяє виміряти та оцінити силу натискання та вагу. Тому пристрої можна використовувати для створення легковажних приладів або інших конструкцій, які потребують вимірювання механічного тиску;

– датчик газу – Зібрати газоаналізатор на Arduino – цілком реально, якщо підібрати відповідний датчик газу. Отримана система зможе вимірювати концентрацію газів та летких речовин, крім того, вона допоможе виявляти витік газу в приміщенні та створити сигналізацію з детектором диму. Серед вимірюваних субстанцій є як природний газ, чадний/вуглекислий газ, пропан, бутан, метан, так і більш специфічні: водень, аміак та пари спирту;

– датчики води – врятувати житло від затоплення, створити систему автоматичного поливу в теплиці або автонапувалку для тварин неможливо без датчиків води. Вони допоможуть оцінити рівень та витрату води, щоб вчасно подати керуючі сигнали насосу та іншим модулям.

В даній роботі буде використовуватися сенсор наближення та освітленості на базі сенсора VL6180. У цьому сенсорі датчик освітлення буде використовуватися для більш точного визначення об'єктів у просторі незалежно від освітлення в приміщенні [9].

2.3 Вибір контролера

Контролер для мобільної платформи в даній роботі буде вибраний в залежності від датчика зору, оскільки деякі розглянуті датчики не можуть взаємодіяти з деякими процесорами контролерів. На даний момент розглядаються такі мікроконтролери як Arduino, Raspberry pi або Iskra JS [10].

Для більш кращого з'єднання Arduino або Iskra JS з іншими модулями, буде використано троюка shield. Розглянемо деякі характеристики вище вказаних контролерів та шилда.

Iskra JS – флагманська плата із вбудованим інтерпретатором JavaScript. Вона є розвитком платформи Espruino, але сумісна з платами-шилдами Arduino. Якщо для проекту важливі швидкість та комфорт розробки, максимальна сумісність із платами розширення, сенсорами та іншими електронними модулями, Iskra JS – це оптимальний вибір.

Iskra JS працює на частоті 168 МГц. 32-бітний мікроконтролер ARM Cortex-M4 надає у розпорядження 1 МБ флеш-пам'яті для зберігання прошивки інтерпретатора JavaScript та вашого коду, а також 192 кБ оперативної пам'яті для їхньої роботи [10].

Цього вистачає для обробки JS-коду та вирішення безлічі завдань на кшталт управління роботами, промисловою автоматикою, системами розумного будинку тощо.

Характеристики Iskra JS [10]:

- мікроконтролер STM32F405RG (32-бітний ARM Cortex M4);
- тактова частота 168 МГц;

- флеш-пам'ять 1024 кБ;
- SRAM-пам'ять 192 кБ;
- номінальна робоча напруга 3,3 В;
- вхідна напруга, що рекомендується від 7 В до 15 В або від 3,6 В до 12 В;
- максимальний струм із шини 5 В, 1000 мА;
- максимальний струм з шини 3,3 В, 300 мА (включаючи живлення мікроконтролера);
- максимальний струм із піна або на пін 25 мА;
- максимальний сумарний струм із пінів або на піни 240 мА;
- портів введення-виведення загального призначення 26;
- портів з підтримкою ШІМ 22;
- портів з АЦП 12 (12 біт);
- портів із ЦАП 2 (12 біт);
- доступні апаратні інтерфейси: 4 × UART/Serial, 3 × I²C/TWI, 2 × SPI;
- габарити: 69 мм × 53 мм [10];

Для визначення які варіації Arduino можна використовувати в цій роботі, розглянемо деякі характеристики шилда. Troyka Shield – це плата розширення, яка допомагає підключати велику кількість периферії на кшталт датчиків через стандартні трипровідні шлейфи. Це дозволяє не вдаватися до паяння або окремої макетної плати.

Характеристики Troyka Shield:

Сумісність: Arduino форм-фактора Uno R3, Mega 2560.

- живлення підключених модулів від 3,3 В до 5 В;
- інтерфейси Troyka (S-V-G) 20 груп контактів;
- інтерфейс I²C 3 групи контактів;
- інтерфейс SPI 1 група контактів;
- габарити 69 мм × 53 мм × 19 мм [10].

Судячи з характеристик шилда, бачимо, що найкраща взаємодія буде з платами Arduino Uno R3 та Arduino Mega, тож розглянемо їх характеристики.

Плата Arduino Uno [11] – центр великої імперії Arduino, найпопулярніший і найдоступніший пристрій. В її основі лежить чіп ATmega – в останній ревізії Arduino Uno R3 – це ATmega328.

Плата Uno за замовчуванням підтримує три типи пам'яті:

- flash – пам'ять об'ємом 32 кБ. Це основне сховище команд. Коли ви прошиваєте контролер своїм скетчем, він записується саме сюди. 2 кБ з даного пулу пам'яті відводиться на bootloader-програму, яка займається ініціалізацією системи, завантаження через USB та запуску скетчу;

- оперативна SRAM пам'ять об'ємом 2 кБ. Тут за замовчуванням зберігаються змінні та об'єкти, що створюються під час роботи програми. Пам'ять ця енергозалежна, при вимкненні живлення всі дані, зрозуміло, зітруться;

- енергонезалежна пам'ять (EEPROM) об'ємом 1 кБ. Тут можна зберігати дані, які не зітруться при вимиканні контролера. Але процедура запису та зчитування EEPROM вимагає використання додаткової бібліотеки, яка доступна в Arduino IDE за замовчуванням. Також слід пам'ятати про обмеження циклів перезапису, властивих технології EEPROM.

Піни живлення:

- 5 В – на цей пін Ардуїно подає 5 В, його можна використовувати для живлення зовнішніх пристроїв;

- 3,3 В – на цей пін від внутрішнього стабілізатора подається напруга 3,3 В;

- GND - виведення землі;

- VIN – пін для подачі зовнішньої напруги;

- IREF – пін для інформування зовнішніх пристроїв про робочу напругу плати.

Піни Ардуїно використовуються для підключення зовнішніх пристроїв і можуть працювати як у режимі входу (INPUT), так і в режимі виходу (OUTPUT). До кожного входу може бути підключений вбудований резистор від 20 кОм до

50 кОм за допомогою команди `pinMode ()` в режимі `INPUT_PULLUP`. Допустимий струм на кожному з виходів – 20 мА, не більше 40 мА у піку.

Для зручності роботи деякі піни поєднують кілька функцій:

- піни 0 та 1 – контакти UART (RX та TX відповідно);
- піни з 10 по 13 – контакти SPI (SS, MOSI, MISO та SCK відповідно);
- піни A4 та A5 – контакти I2C (SDA та SCL відповідно).

Піни з номерами від 0 до 13 є цифровими. Це означає, що ви можете зчитувати та подавати на них лише два види сигналів: HIGH та LOW. За допомогою ШІМ також можна використовувати цифрові порти для керування потужністю підключених пристроїв [11, 12].

Плата Arduino Mega 2560 призначена для створення проєктів, в яких не вистачає звичайних можливостей Arduino Uno. Цей пристрій має максимальну з усіх плат сімейства Arduino кількість пінів і розширений набір інтерфейсів. Також у Arduino Mega більше вбудованої пам'яті.

Плата Mega у повній відповідності зі своєю назвою є на сьогоднішній день найбільшою за розміром та кількістю пінів контролерів Arduino. У порівнянні з нею в Uno набагато менше пінів та пам'яті. Ось список основних відмінностей:

- плата Mega використовує інший мікроконтролер ATmega 2560. Але тактова частота його дорівнює 16 МГц, як і в Uno;
- у платі Mega більша кількість цифрових пінів – 54 замість 14 плати Uno. І аналогових – 16/6;
- у платі Mega більше контактів, що підтримують апаратні переривання: 6 проти 2. Більше Serial портів – 4 проти 1;
- за обсягом пам'яті Uno теж значно поступається Mega. Flash-пам'ять 32/256, SRAM – 2/8, EEPROM – 4/1 [12].

Компанія Shenzhen Xunlong Software CO., Limited представила свого найменшого міні комп'ютера – Orange Pi Zero (рис 2.6).



Рисунок 2.6 – Orange Pi Zero [13]

Виріб має розміри всього 48 мм × 46 мм і важить 26 г. Побудований на 4-ядерному процесорі Allwinner H2 з архітектурою ARM та графічним прискорювачем Mali 400MP2. Міні-комп'ютер може нести на борту 256 Мб або 512 Мб оперативної пам'яті DDR3 SDRAM. Для зберігання даних є змінна картка microSD. На Orange Pi Zero є адаптер Wi-Fi 802.11b/g/n із зовнішньою антеною та мережевим контролером Ethernet 10/100 з відповідним роз'ємом для підключення кабелю. На платі також є порт USB 2.0 і microUSB 2.0, через який подається живлення, але можна жити через GPIO піни і PoE (Power over Ethernet). Є GPIO на 26 виводів та додатковий на 13 виводів. 13-піновий інтерфейс дозволяє підключати адаптер для монітора, перехідник на два додаткові USB-порти, мікрофон та навушники.

Хоча Orange Pi Zero зовні може нагадати нам Arduino, він все-таки використовує кардинально інший спосіб функціонування. Ця плата, як і

стандартний ПК, працює під керівництвом однієї зі спеціалізованих операційних систем. Залежно від сфери застосування або особистих симпатій, кожен може вибрати для себе свою. Нижче наведено перелік найпопулярніших «операцій» для Orange Pi Zero з їх коротким описом.

Основні характеристики [13]:

- 1,2 ГГц Quad Core H2 + ARM Cortex A7 CPU процесор;
- 256/512 Мб DDR3 SDRAM;
- Mali-400 MP2 із Open GL ES 2.0/1.1;
- Wi-Fi;
- LAN.

Доступні операційні системи:

– Raspbian – дана операційна система у 2015 році була представлена як основна для Raspberry Pi. Вона максимально оптимізована для процесорів з АРМ-архітектурою і досить активно продовжує розвиватися. Основою операційної системи є Debian GNU/Linux. Середовище робочого столу складається з LXDE (середовище для UNIX та інших POSIX-сумісних систем типу Linux та BSD), а також менеджера вікон Openbox (безкоштовний менеджер для X Window System). До складу дистрибутива входять: програма комп'ютерної алгебри Mathematica; модифікована версія Minecraft PI; урізана версія Chrome;

– Debian – це операційна система з відкритим вихідним кодом. До складу Debian входить більше 59 000 пакетів вже скомпільованого ПЗ. Система використовує ядро Linux чи FreeBSD. У стандартний дистрибутив включені: середовище робочого столу GNOME з набором найпопулярніших програм, таких як Firefox, LibreOffice, Evolution та інший набір для роботи з мультимедіа. Також є можливість установки образів із середовищем робочих столів KDE, Xfce, LXDE, MATE і Cinnamon;

– Ubuntu – система, заснована на Debian GNU/Linux. За популярністю Ubuntu посідає перше місце серед дистрибутивів Linux, призначених для веб-

серверів. До складу дистрибутива входять: - програма для перегляду Інтернет; офісний пакет, програми для комунікації та ін;

- Fedora – ця операційна система, заснована на дистрибутиві Linux від відомої фірми Red Hat. До складу дистрибутива входять LibreOffice, Mozilla Firefox, а також інше програмне забезпечення, яке можна додатково встановити через Центр Програм GNOME;

- Arch Linux – це дистрибутив GNU/Linux, що вільно розповсюджується, загального призначення. Особливістю даної системи є відсутність графічного установника, що може неабияк потренувати навички зятих дослідників Linux;

- Gentoo Linux – один із популярних дистрибутивів GNU/Linux із гнучкою технологією управління пакетами. У системі передбачено можливість максимальної оптимізації під конкретне апаратне рішення. Алгоритм управління пакетами дає можливість легко реалізувати як робочу станцію, і сервер;

- RISC OS - операційна система спеціально розроблялася для процесорів з архітектурою ARM. Особливості ядра RISC OS дозволяють системі проводити прискорений запуск рахунків зберігання даних у ПЗУ. Такий підхід також допомагає захистити дані при різноманітних збоях та впливу шкідливого ПЗ;

- OpenELEC – це програмний комплекс для організації домашнього кінотеатру під керуванням GNU/Linux;

- OSMC ще один комплекс для реалізації домашнього кінотеатру [13].

Технические характеристики:

- процесор – Allwinner H2+ ARM Cortex A7 Quad Core 1,2 ГГц H.265/HEVC;

- графічний процесор – Mali400MP2 GPU @ 600 мГц із підтримкою OpenGL ES 2.0;

- об'єм оперативної пам'яті – DDR3 256 Мб (у стандартній версії) або 512 Мб (разом з GPU);

- об'єм вбудованої пам'яті – microSD-Card до 64 Гб, NOR Flash;

- LAN – 10/100 Mb/s Ethernet RJ45 POE (відключено за замовчуванням);

- Wi-Fi – XR819, IEEE 802.11 b/g/n;
- відео вихід – ТВ вихід (вивід 9 із 13);
- аудіо вхід – мікрофон (виводи 11 та 12 з 13);
- аудіо вихід – виводи 7 та 8 з 13 (правий та, відповідно, лівий);
- USB – USB 2.0 PORT, USB OTG і два USB 2.0 порти виводів 3, 4, 5 та 6;
- інше – ІЧ-порт (виводи 13 з 13);
- периферія – шина розширення на 26 контактів GPIO (Інтерфейс введення/виводу загального призначення), Power (+5 В, +3,3 В та GND), деякі виводи можуть бути використані як UART, I2C, SPI або PWM, 13 виводів, 2 × USB, ІЧ, AUDIO(MIC, AV);
- кнопки – живлення;
- індикатори – живлення та стану;
- живлення – 5 В 2 А через роз'єм мікро-USB (OTG);
- розміри – 48 мм × 46 мм;
- вага – 26 г;
- ОС – Android, Lubuntu, Debian, Raspbian [13].

Розпинування Orange Pi Zero рис 2.7.

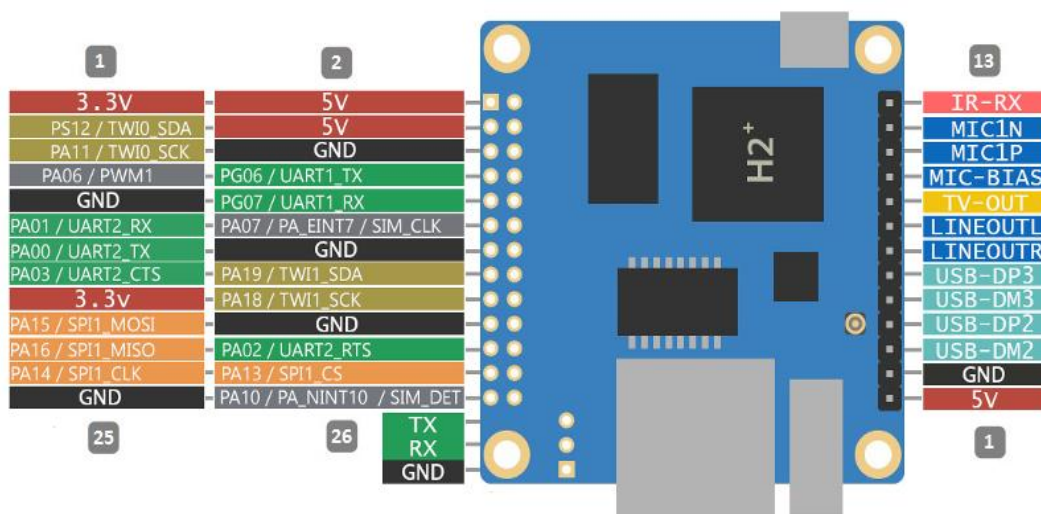


Рисунок 2.7 – Розпинування Orange Pi Zero [13]

Виходячи з цього можна зробити висновок, що для великих складних проєктів з програмами великого розміру і активним використанням різних комунікаційних портів краще вибирати Mega. Але ці плати дорожчі за Uno і займають більше місця, тому для невеликих проєктів, які не використовують усі додаткові можливості Mega, цілком зійде Uno. Роблячи висновки з вище приведеної інформації в даній роботі буде використовуватися Uno для підключення та налаштування пересування мобільного робота в просторі та для додаткової реалізації зору за допомогою датчика VL6180 який допоможе вирішити деякі питання з орієнтуванням у просторі. Для основної реалізації зору буде використано звичайна веб камера котра буде підключена до Orange PI.

2.4 Драйвер для двигунів LN298N та DC двигуни

DC двигун з редуктором – це основа та головний рушійний механізм МР. Розглядаючи основний компонент в DC двигунах з редуктором, то можна визначити те, що він представлений редуктором з його ступенями, що мають вигляд пар зубчастих коліс. Вони слугують для передачі зусиль двигуна від вхідної сторони до вихідної. Виходячи з цього, даний редуктор виконує роль своєрідного перетворювача обертаючого моменту та частоти обертання. Доцільно буде розібрати технічні характеристики DC двигуна з редуктором:

- діапазон напруги живлення, від 3 В до 8 В;
- номінальний струм споживання при напрузі 3,6 В, 240 мА;
- передавальне число редуктора 1/48;
- швидкість обертання при напрузі 3,6 В без навантаження 170 об/хв;
- обертаючий момент при напрузі 6 В, 800 г / см;
- діаметр валу 5,4 мм;
- габарити 64 мм × 20 мм × 20 мм;
- маса 26 г.

Для більш комфортного керування двигунами з редуктором, використовується драйвер LN298N [14]. Цей драйвер здатен забезпечувати повноцінне керування водночас двома двигунами постійного струму з можливістю реверса та регулювання швидкості, та представляє собою наступну конструкцію (рис 2.8):

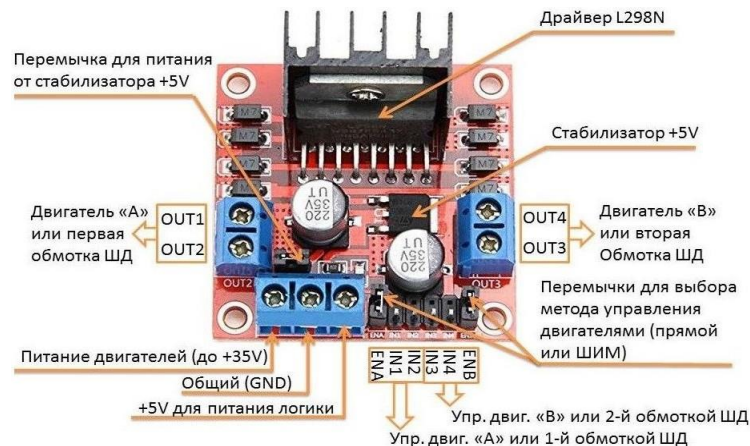


Рисунок 2.8 – Драйвер LN298N [14]

– IN1, IN2 – ці контакти призначені для керування двигуном №1 (А).

Обертання в ту чи іншу сторону залежить від логічних рівнів, що встановлені на даних контактах, проте, щоб будь-яке обертання відбулося, потрібно те, щоб логічні рівні на цих контактах були протилежними один одному, наприклад:

– IN1 = 1, IN2 = 0 → двигун обертається за годинниковою стрілкою;

– IN1 = 0, IN2 = 1 → двигун обертається проти годинникової стрілки;

– IN2, IN3 – функціонал контактів аналогічний IN1 і IN2, але належить до двигуна №2 (В);

– ENA – логічна «1» на цьому виводі, що дозволяє обертання двигуна; №1(А).

Певною особливістю є те, що на цей контакт можна подавати ШІМ-сигнал, що в свою чергу дозволить управляти швидкістю обертання двигуна;

– ENB – функціонал контакту аналогічний ENA, але тільки для двигуна;

№2 (B).

- OUT1, OUT2 - колодка для підключення двигуна №1 (A).
- OUT3, OUT4 - колодка для підключення двигуна №2 (B).

На рисунку нижче (рис 2.9) зображена схема підключення двигунів через драйвер до Arduino [14, 15].

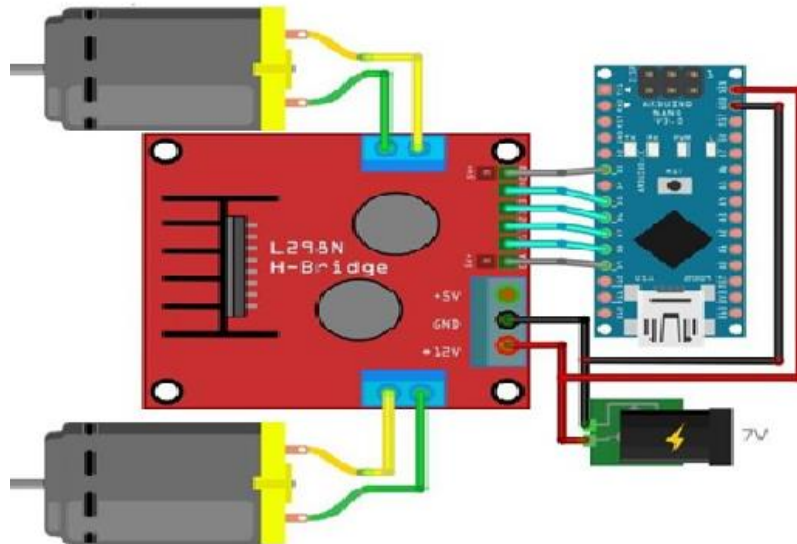


Рисунок 2.9 – Схема підключення двигунів через драйвер LN298N [15]

2.5 Вибір двигунів для підйомного механізму

Для того щоб підйомний механізм привести в дію, використовується два крокових двигуна 28BYJ-48 5 В. Підйом та спуск виходить завдяки гвинтовій передачі ковзання – перетворення обертаючого руху в поступальний [16]. Розрахунок передаточного відношення (i) гвинтової передачі наведений у формулах нижче:

$$i = \frac{\pi d}{P_1} , \quad (2.1)$$

$$P_1 = P * n . \quad (2.2)$$

2.6 Кроковий двигун 28BYJ-48

28BYJ-48 – кроковий, чотирьох фазний, безколекторний двигун, обертання валу (рис 2.10) здійснюється кроками.

На роторі, знаходиться магніт, а навколо магніту розташовані котушки, якщо по чергово подавати напругу на ці котушки, буде з'являтися магнітне поле, котре буде відштовхувати або притягувати магнітний вал, саме тому двигун обертається.



Рисунок 2.10 – Схема крокового двигуна 28BYJ-48 [17]

З рисунка 2.10 бачимо, що всередині розташований редуктор, з зразковим передавальним числом в 1:64. Це значить, що двигун за один оберт робить 4075,7728395 кроку.

Даний двигун також підтримує полушаговий та за один повний оберт може робити 4076 кроку, з цієї інформації можливо порахувати що за 1° він робить приблизно 11,32 кроку ($4076 / 360 = 11,32$) [17].

2.6 Драйвер ULN2003

В модулі (схема зображена на рис 2.11) драйвера ULN2003 використовується мікросхема ULN2003A, яка дозволяє керувати навантаженням до 500 мА.

Цей модуль може працювати як і з 5 В так і з 12 В двигуном 28BYJ-48.

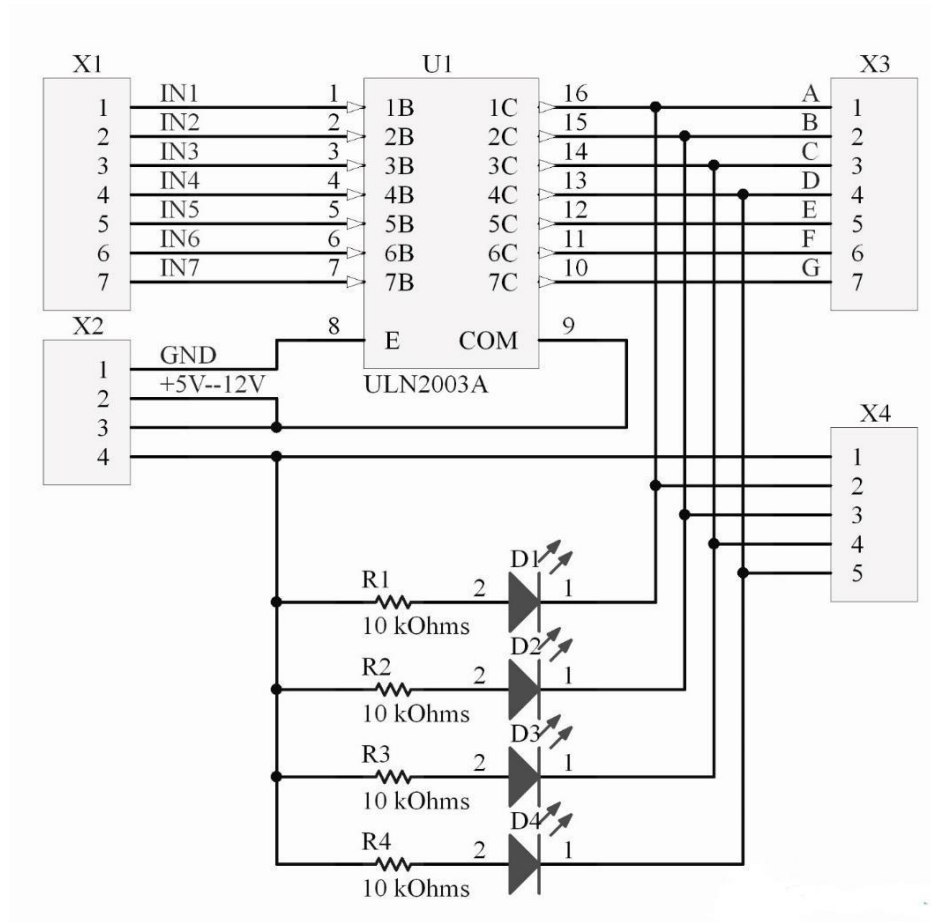


Рисунок 2.11 – Схема модуля драйвера ULN2003 [17]

2.7 Модулі для орієнтування на площі

В даній роботі буде використовуватися сенсор наближення та освітленості на базі сенсора VL6180 рис 2.12. У цьому сенсори датчик освітлення буде використовуватися для більш точного визначення об'єктів у просторі незалежно від освітлення в приміщенні.

VL6180 відрізняється від інших датчиків відстані тим, що використовує точний годинник, щоб виміряти час, необхідний світла для відображення від будь-якої поверхні [18]. Це дає VL6180 перевагу в порівнянні з іншими датчиками, оскільки він точніший і несприйнятливий до шуму. VL6180 – це набір 3-в-1, який включає ІЧ-випромінювач, датчик зовнішнього освітлення і датчик дальності. Він зв'язується з пристроєм, що управляє, через інтерфейс I2C. Він має вбудований стабілізатор 2,8 В. Таким чином, навіть якщо підключити напругу вище 2,8, воно буде автоматично знижуватися, не пошкоджуючи плату. Їм вимірюється діапазон до 25 см. У ньому передбачені два програмовані виводи GPIO.

Цей датчик також повідомляє про значення інтенсивності світла в лк [18].

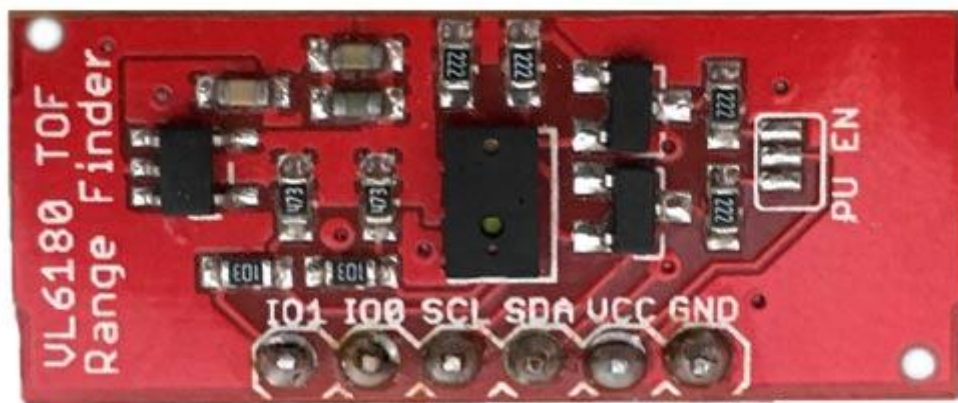


Рисунок 2.12 – Датчик VL6180 [18]

РК-дисплей Nokia 5110 (рис 2.13) використовується для відображає рівень освітлення та відстані. РК-дисплей Nokia 5110 працює від напруги 3,3 В, тому його не можна безпосередньо підключити до цифрових контактів Arduino. Тому додайте послідовно резистори 10 кОм.



Рисунок 2.13 – РК-дисплей [18]

Для сполучення датчика VL6180 з Arduino будуть використовуватися три бібліотеки:

- Adafruit_PCD8544 – це бібліотека для монохромних РК-дисплеїв Nokia 5110. Ці дисплеї використовують SPI для зв'язку. Чотири або п'ять контактів необхідні для поєднання цього РК-дисплея [19];

- бібліотека Adafruit_GFX для Arduino – це основна графічна бібліотека для РК-дисплеїв, що надає загальний синтаксис та набір графічних примітивів (крапок, ліній, кіл та ін.). Він повинен бути пов'язаний з апаратно-залежною бібліотекою для кожного пристрою відображення, яке буде використано (для обробки функцій нижчого рівня);

- SparkFun_VL6180 – це бібліотека Arduino із основними функціями датчика VL6180. VL6180 складається з ІЧ-випромінювача, датчика дальності та датчика зовнішнього освітлення, які обмінюються даними через інтерфейс I2C. Ця бібліотека дозволяє зчитувати відстань та світлові сигнали від датчика та виводити дані через послідовне з'єднання [20].

2.8 Висновки з другого розділу

В другому розділі було розглянуто різноманітні види систем технічного зору, та приведені їх приклади для більш кращого остаточного вибору сенсора. Проаналізовано та обрані контролери для керування мобільної платформи та реалізації технічного зору. Обрано та розглянуто характеристики двигунів для переміщення та для підйому вантажа. Здійснено остаточний вибір сенсора та монітора для виведення інформації.

3 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РОБОЧИЙ ПРОСТІР МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ

3.1 Розробка макета мобільної платформи

Макет автоматизованої транспортної складської системи складається з чотирьох частин рис. 3.1.

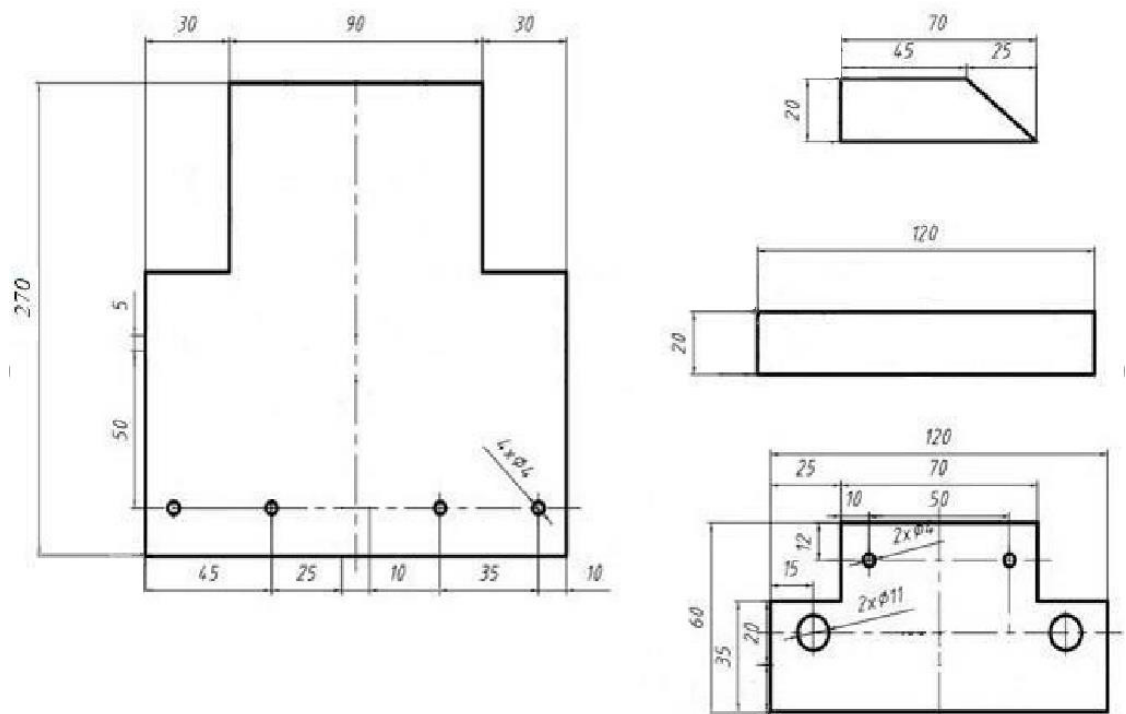


Рисунок 3.1 – Креслення макета автоматизованої транспортної складської системи на базі мобільного робота

Макет складається з таких частин:

- основна платформа, на якій розміщується Arduino Uno, два двигуна з редуктором, два крокових двигуна з підйомним механізмом, три сенсори та джерело живлення;
- дві вилки для зачеплення вантажу;
- планка, на якій кріпляться вилки для підйому вантажу;

– платформа, яка кріпиться до крокових двигунів та на якій тримається весь механізм підйому.

Для виготовлення елементів каркасу робота, було вирішено використовувати плити ОСБ товщиною 5 мм. Цей матеріал був обраний саме, тому що він може витримувати велике навантаження, та при цьому він є достатньо легким, щоб робот зміг, без перешкод зі сторони ваги, спокійно рухатись по площі та підіймати якусь вагу.

Для кріплення вилючного навантажувача використовуються 2 гвинта довжиною 40 мм, та два гвинти довжиною 70 мм. Для придання конструкції навантажувача більшої порочності використовуються допоміжні сталеві направляючі – 130 мм довжиною та 4 мм в діаметрі.

На рис 3.2 можна побачити як розташовані та закріпленні компоненти на платформі.

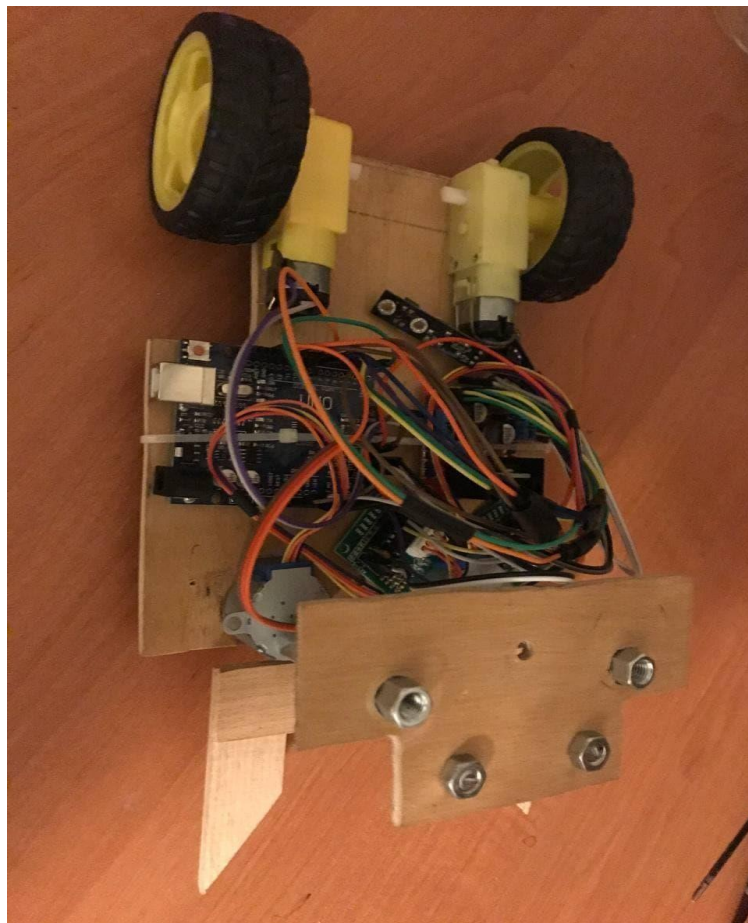


Рисунок 3.2 – Мобільна платформа (боковий вигляд)

На рисунку 3.3 можна побачити частину підйомного механізму завдяки якій здійснюється зачеплення з вантажем.

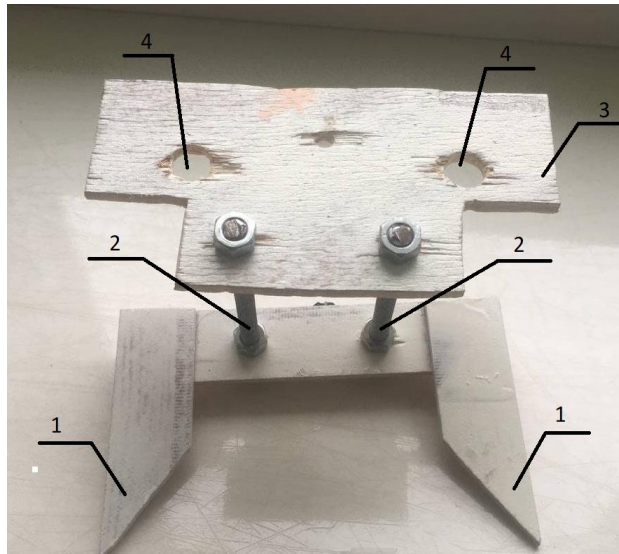


Рисунок 3.3 – Вилка підйомного механізму

Також на рисунку є такі позначення: 1 – частини вилки які знаходяться ліворуч та праворуч що чіпляють вантаж; 2 – два металевих стрижня які з'єднують верхню та нижню планку; 3 – верхня планка; 4 – отвори завдяки яким ця основа кріпиться до крокових двигунів.

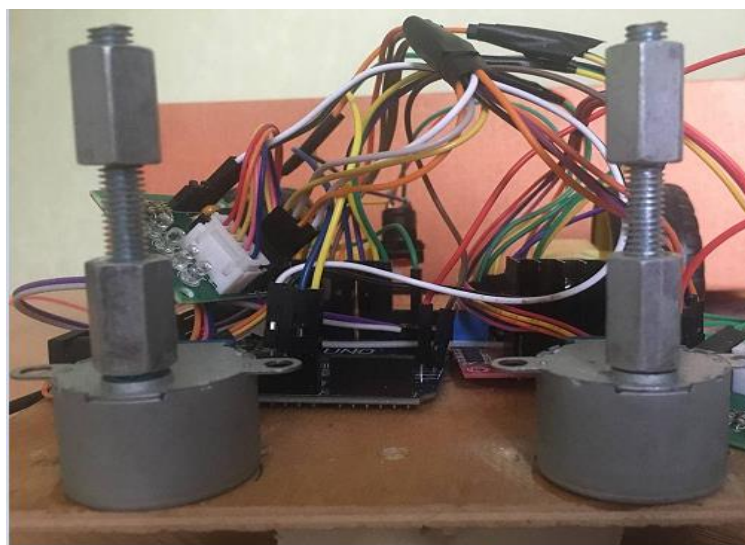


Рисунок 3.4 – Механізм підйому та крокові двигуни

Рисунок 3.4 зображає сам механізм підйому, який реалізовано завдяки не складній конструкції з двох крокових двигунів, до яких причеплено по одному металевому стрижню, які відповідно програмному коду обертаючись по часовій стрілці будуть підіймати конструкцію зображену на рисунку 3.3, та опускати обертаючись проти часової стрілки.

3.2 Схема підключення компонентів

Після вдалого вибору компонентів приступили до розробки схеми підключення рис 3.5.

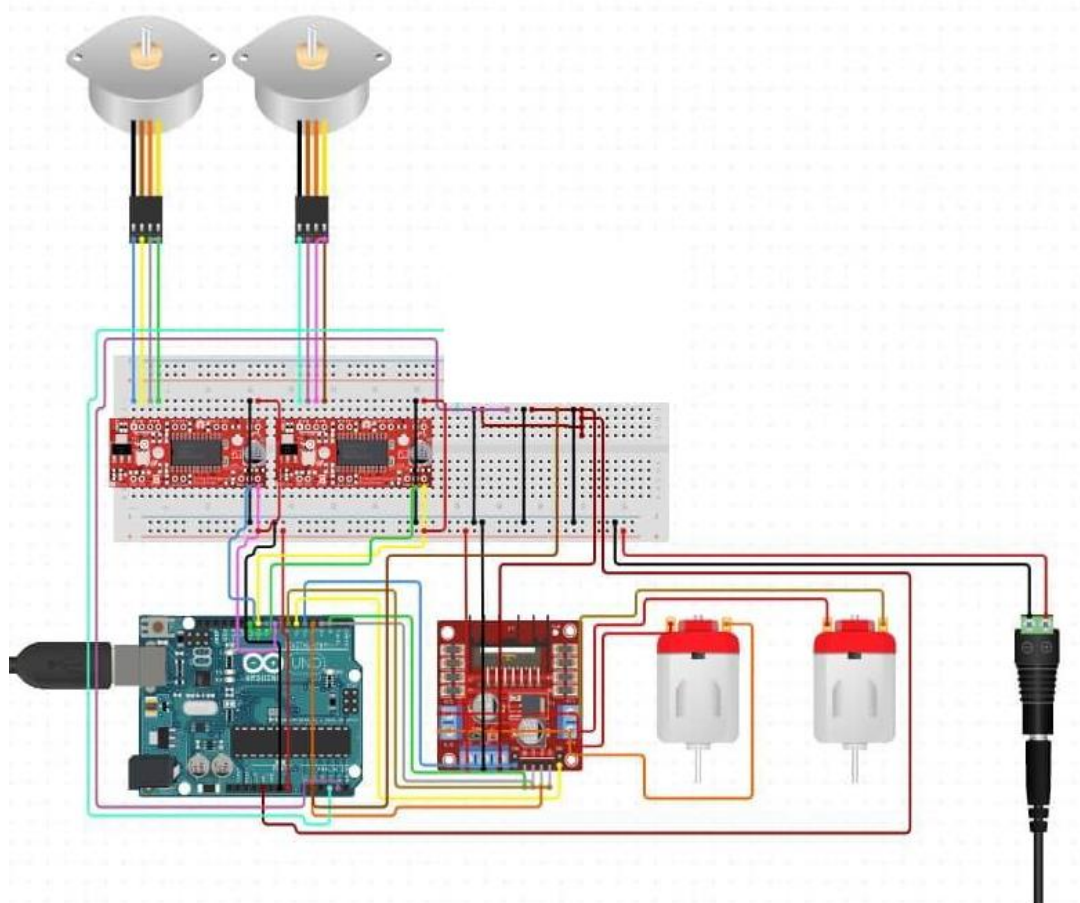


Рисунок 3.5 – Схема підключення компонентів для пересування робочої платформи

Щодо підключення, воно є досить простим. В цій схемі рис 3.5 було використано Arduino UNO R3, Для підключення крокових двигунів та DC двигуни з редуктором було реалізовано через їх модулі драйверів двигуна. Вся схема живиться від двох акумуляторів по 9V кожний.

Для живлення усіх компонентів мобільної платформи використовується були з'єднані усі так звані плюси на одній кнопці, щоб можна було одночасно давати живлення на весь робот. Але Arduino може отримувати живлення окремо завдяки підключенню через USB порт до комп'ютера або до любою техніки яка має такий порт, такі компоненти як датчик VL6180 крокові двигуни 28BYJ-48 та модулі драйвера ULN2003 теж можуть отримувати живлення через таке підключення так як отримують його безпосередньо від самої Arduino.

Датчики зв'язуються з Arduino через аналогові порти, тому використовуємо контакти з поміткою А. Драйвера для DC двигунів та крокових підключаємо в звичайні порти. Датчик VL6180 може бути підключений безпосередньо до Arduino, приклад підключення зображено на рис 3.6.

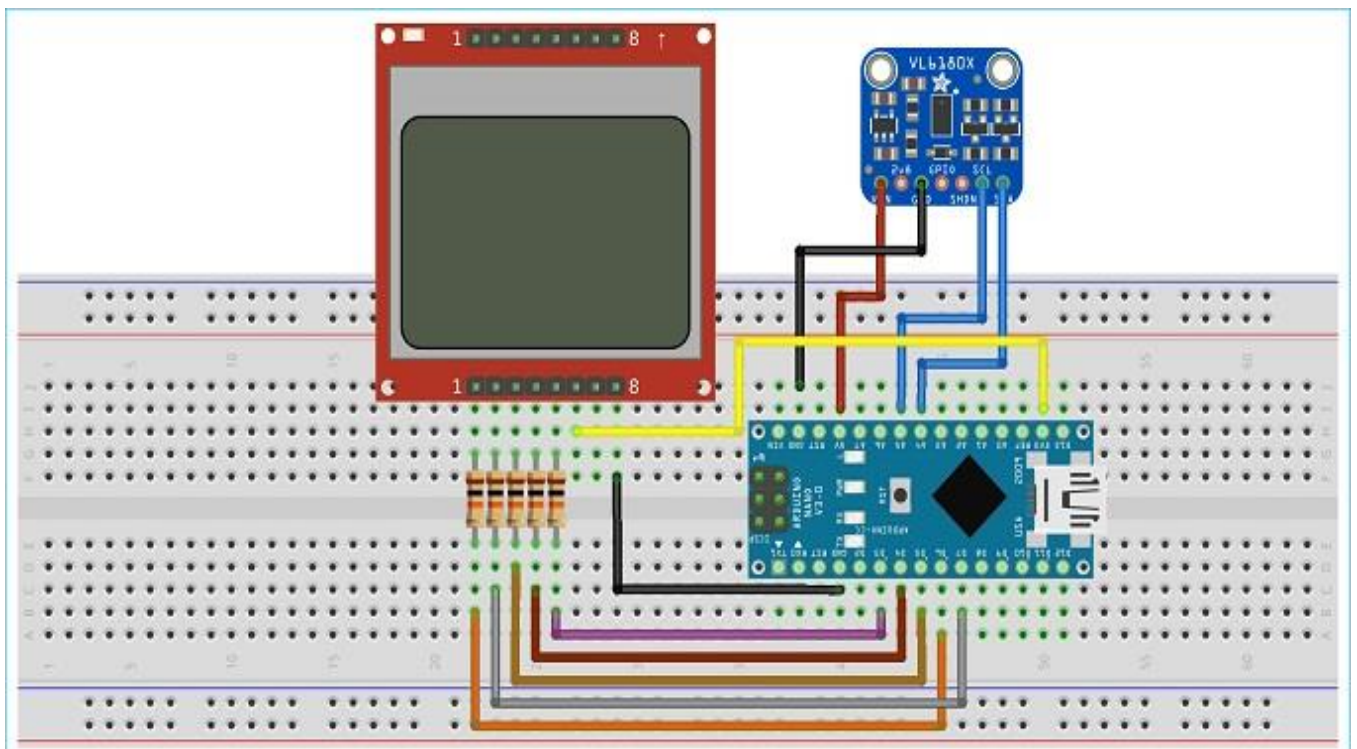


Рисунок 3.6 – Схема підключення датчика [10]

Зв'язок між VL6180 та Arduino здійснюється за допомогою інтерфейсу I²C. Насправді протокол зв'язку I²C поєднує у собі найкращі функції SPI та UART. У даному випадку можемо підключити кілька провідних пристроїв до одного провідного пристрою, і у нас може бути кілька провідних пристроїв, що керують одним або декількома підпорядкованими пристроями. Як і зв'язок UART, I²C використовує два дроти для зв'язку SDA (послідовні дані) та SCL (послідовна синхронізація) [10].

Принцип роботи.

Лазерний діод створює потужні наносекундні імпульси у ближньому інфрачервоному діапазоні, що відбиваються від перешкоди та повертаються на SPAD-приймач. Знаючи час, між відправкою та отриманням відбитого сигналу, отримуємо відстань до об'єкта. Модуль також містить датчик освітленості, дані якого використовуються для коригування результатів вимірювань. Всі операції виконує внутрішній процесор, а оброблені дані вимірювань доступні за I²C-інтерфейсом.

VL6180X здатний визначати відстань до об'єктів в діапазоні 0-100 мм з міліметровою точністю незалежно від характеристик об'єкта, а також вимірювати освітленість у широкому динамічному діапазоні.

3.3 Програмне забезпечення для руху робота

Для перевірки працездатності робота було написано код в програмі Arduino ide, в якій показано роботу всього функціонала відповідального за переміщення робота.

На рисунку 3.7 зображена бібліотека для керування кроковим двигуном.

```
#include <Stepper.h>
```

Рисунок 3.7 – Бібліотека для Arduino IDE

На рисунку 3.8 можна побачити виводи керування для лівого двигуна з редуктором. це говорить про те що, на платі Arduino лівий двигун підключено до 8 та 7 аналогового порту.

```
#define PIN_IN1 8
#define PIN_IN2 7
#define PIN_ENA 9
```

Рисунок 3.8 – Визначення портів для лівого двигуна

На рисунку 3.9 можна побачити виводи керування для правого двигуна з редуктором, це говорить про те що, на платі Arduino лівий двигун підключено до 6 та 5 аналогового порту.

```
#define PIN_IN3 6
#define PIN_IN4 5
#define PIN_ENB 2
```

Рисунок 3.9 – Визначення портів для правого двигуна

На рисунку 3.10 можна побачити виводи керування для крокових двигунів, це говорить про те що, на платі Arduino двигуни підключені до 10, 11, 12 та 13 аналогового порту.

```
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 10,11 ,12,13 );
```

Рисунок 3.10– Порти виводу для шагових двигунів

На рисунку 3.11 що зображено нижче можна побачити налаштування всіх портів відповідальних за двигуни з редуктором в якості виводу.

```
pinMode (PIN_IN1, OUTPUT);
pinMode (PIN_IN2, OUTPUT);
pinMode (PIN_ENA, OUTPUT);
pinMode (PIN_IN3, OUTPUT);
pinMode (PIN_IN4, OUTPUT);
pinMode (PIN_ENB, OUTPUT);
```

Рисунок 3.11 – Налаштування портів

Встановлення максимальної швидкості обертання для крокових двигунів рис 3.12.

```
myStepper.setSpeed(60);
```

Рисунок 3.12 – Налаштування крокових двигунів

На рисунку 3.13 зображено частка коду в якій указано, що впродовж 5 с. правий двигун буде обертатися вперед, поки лівий двигун буде залишатися нерухомим.

```
digitalWrite (PIN_IN1, LOW);
digitalWrite (PIN_IN2, LOW);
digitalWrite (PIN_IN3, HIGH);
digitalWrite (PIN_IN4, LOW);
delay (5000);
```

Рисунок 3.13 – Керування правим двигуном

На рисунку 3.14 зображено частка коду в якій указано, що впродовж 5 с. правий двигун буде обертатися назад, поки лівий двигун буде залишатися нерухомим.

```
digitalWrite (PIN_IN1, LOW);
digitalWrite (PIN_IN2, LOW);
digitalWrite (PIN_IN3, LOW);
digitalWrite (PIN_IN4, HIGH);
delay (5000);
```

Рисунок 3.14 – Керування правим двигуном

На рисунку 3.15 зображено частка коду в якій указано, що впродовж 5 с. лівий двигун буде обертатися вперед, поки правий двигун буде залишатися нерухомим.

```
digitalWrite(PIN_IN3, LOW);
digitalWrite(PIN_IN4, LOW);
digitalWrite(PIN_IN1, HIGH);
digitalWrite(PIN_IN2, LOW);
delay(5000);
```

Рисунок 3.15 – Керування лівим двигуном

На рисунку 3.16 зображено частка коду в якій указано, що впродовж 5 с. лівий двигун буде обертатися назад, поки правий двигун буде залишатися нерухомим.

```
digitalWrite(PIN_IN3, LOW);
digitalWrite(PIN_IN4, LOW);
digitalWrite(PIN_IN1, LOW);
digitalWrite(PIN_IN2, HIGH);
delay(5000);
```

Рисунок 3.16 – Керування лівим двигуном

На рисунку 3.17 зображено частка коду яка відповідає за повну зупинку обох двигунів на 5 с.

```
digitalWrite(PIN_IN1, LOW);
digitalWrite(PIN_IN2, LOW);
digitalWrite(PIN_IN3, LOW);
digitalWrite(PIN_IN4, LOW);
delay(5000);
```

Рисунок 3.17 – Керування обома двигунами з редуктором

На рисунку 3.18 зображено частка коду яка відповідає за рух обох двигунів вперед впродовж 5 с.

```
digitalWrite (PIN_IN1, HIGH);
digitalWrite (PIN_IN2, LOW);
digitalWrite (PIN_IN3, HIGH);
digitalWrite (PIN_IN4, LOW);
delay(5000);
```

Рисунок 3.18 – Керування обома двигунами з редуктором

На рисунку 3.19 зображено частка коду яка відповідає за рух обох двигунів назад впродовж 5 с.

```
digitalWrite (PIN_IN1, LOW);
digitalWrite (PIN_IN2, HIGH);
digitalWrite (PIN_IN3, LOW);
digitalWrite (PIN_IN4, HIGH);
delay(5000);
```

Рисунок 3.19 – Керування обома двигунами з редуктором

Завдяки коду який зображено на рисунку 3.20 крокові двигуни спочатку впродовж 5 с. обертаються по часовій стрілці, а потім проти також впродовж 5 с., що дозволяє опускати та підіймати підйомний механізм.

```
myStepper.step(stepsPerRevolution);
delay(5000);
myStepper.step(-stepsPerRevolution);
delay(5000);
```

Рисунок 3.20 – Керування кроковими двигунами

Також в цій роботі буде переведено простий код для формування інформації о просторі завдяки датчику VL6180. На рисунку 3.21 зображена бібліотека яка дозволяє з'єднати датчик з платою Arduino.

```
#include <Wire.h>
```

Рисунок 3.21 – Бібліотека для роботи з I²C

Рисунок 3.22 дозволяє побачити бібліотеку завдяки якій здійснюється налаштування сенсора.

```
#include <SparkFun_VL6180X.h>
```

Рисунок 3.22 – Бібліотека для модуля VL6180

На рисунку 3.23 зображено об'єкт для роботи с модулем в подальшій частині програмного коду.

```
VL6180x sensor(VL6180X_ADDRESS);
```

Рисунок 3.23 – Об'єкт для роботи

На рисунку вище (3.24) бачимо код в якому здійснюється перевірка ініціалізації модуля, та завантаження налаштувань модуля за замовчуванням рядком `sensor.VL6180xDefaultSettings();`

```
while (sensor.VL6180xInit() {
  Serial.println("Failed to initialize");
  delay(1000);
}
sensor.VL6180xDefaultSettings();
delay(1000);
```

Рисунок 3.24 – Перевірка ініціалізації

Рисунок 3.25 зображає частину коду яка реалізує отримання та вивід значень освітлення об'єкта в одиниці вимірювання лк.

```
Serial.print("Light (Lx) = ");  
Serial.print(sensor.getAmbientLight(GAIN_1));
```

Рисунок 3.25 – Отримання результатів

Рисунок 3.26 зображає частину коду яка реалізує отримання та вивід значень відстані до об'єкта в мм.

```
Serial.print("Distance (mm) = ");  
Serial.print(sensor.getDistance());
```

Рисунок 3.26 – Отримання результатів

На рисунку 3.27 зображено приклад виводу значень відстані та освітленості в трьох різних варіантах.

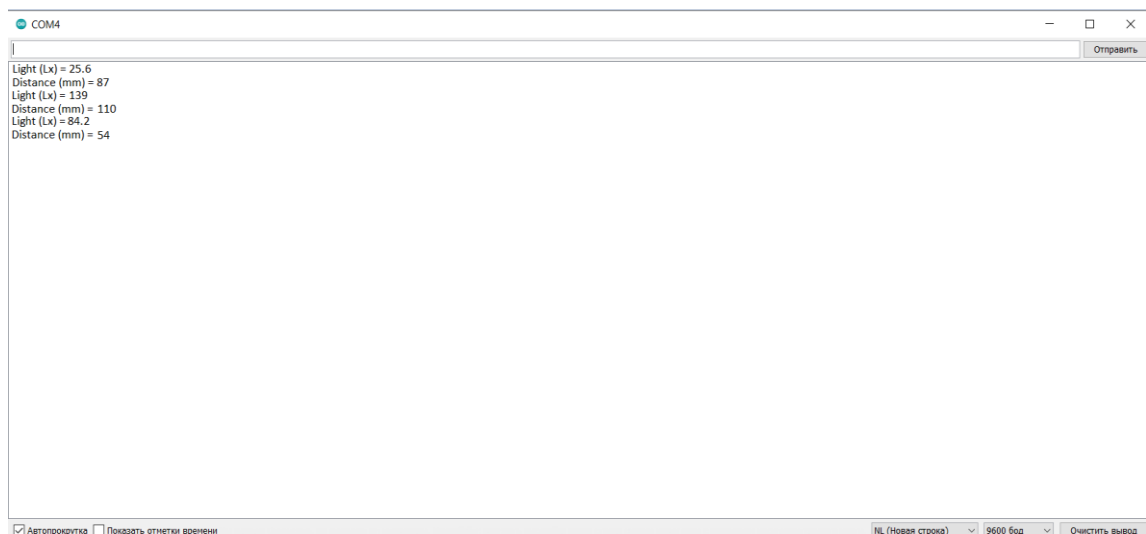


Рисунок 3.27 – Монітор порта

3.4 Висновки до третього розділу.

В третьому розділі користуючись інформацією розглянутої в перших двох, було розроблено креслення мобільної платформи. Підібрані раніш компоненти були з'їданні з контролером Arduino та приведена схема підключення. З використанням бібліотек було написано програмне забезпечення для перевірки працездатності мобільної платформи.

ВИСНОВКИ

Отож, підсумовуючи усе вище сказане в цій роботі, доцільно зробити висновок, що детально розглянувши та сконструювавши апаратну частину автоматизованої транспортної системи, з повною впевненістю можна зазначити, що робот – має легку конструкцію й принцип роботи, але дуже великий спектр використання.

Візитною карткою даного типу роботів є те, що саме за допомогою них з'являється можливість повністю автоматизувати складні та важкі для людини перевезення громіздких вантажів з одного пункту в інший, як на короткі дистанції, так і на досить великі відстані.

Перед початком роботи було проведено аналіз технічної літератури, завдяки якій було розглянуто та вкінці обрано спосіб орієнтування на площі, тобто було розроблено зір для мобільної платформи.

Також в ході роботи були досліджені мікроконтролери, мікропроцесори та деякі одноплатні комп'ютери. Після проведеного аналізу, було вирішено використовувати Arduino Uno R3 для підключення компонентів які звершують процес переміщення робота, та для зору цієї платформи було обрано одноплатний комп'ютер Orange Pi до якого було прикріплена камер.

В довершення, можна сказати, що роботи з технічним зором на даний час використовуються майже у всіх галузях людської діяльності, також треба звернути увагу, що тема технічного зору дуже швидко розвивається.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2015–06–22]. Вид. офіц. Київ, 2016. 29 с. (Інформація та документація).
2. Кваліфікаційна магістерська робота на тему: «ПРОГРАМНО-АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОБОТИ СКЛАДУ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ». URL:https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82180/1/Davydenko_mag_rob.pdf (дата звернення: 27.06.2021).
3. Как создать работа: обзор современных технологий. URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/how-to-create-robots.html> (дата звернення: 18.08.2021).
4. Позиційне керування візками мобільних роботів. URL: http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/1968/1/Pidtt_2015_2_8.pdf (дата звернення: 18.09.2021).
5. Автоматизированные транспортно - складские подсистемы гибких производственных систем. URL: https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0a65625a2bc68b5d53b89521216d27_0.html (дата звернення: 22.09.2021).
6. Разновидности промышленных роботов. URL: <http://ruaut.ru/content/publikacii/plc/raznovidnosti-promyshlennykh-robotov.html> (дата звернення: 22.09.2021).
7. Роботизированные транспортно-накопительные системы для внутрицеховой логистики. URL: <https://sitmag.ru/article/25673-robotizirovannye-transportno-nakopitelnye-sistemy-dlya-vnutritsehovoy-logistiki-ch-1> (дата звернення: 02.10.2021).
8. Бронніков А.І. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АДАПТИВНОГО ВІЗУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТАМИ : автореф. дис. ... старший викладач : 2018. Харків, 2021. 2 – 6 с.

9. Система технічного зору: особливості, завдання, принципи роботи, основні компоненти. URL: <https://bigbro.com.ua/sistema-tehnichnogo-zoru-osoblivosti-zavdannya-printsipi-roboti-osnovni-komponenti/> (дата звернення: 02.10.2021).
10. Как выбрать датчик для Arduino. URL: <https://amperka.ru/page/kak-vybrat-datchik-dlya-arduino> (дата звернення: 10.10.2021).
11. Тройка Shield. URL: <https://amperka.ru/product/arduino-troyka-shield> (дата звернення: 12.10.2021).
12. Плата Arduino Uno R3: схема, описание, подключение устройств. URL: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/> (дата звернення: 15.10.2021).
13. Сравнение плат Arduino. Какую выбрать? URL: https://ampermarket.kz/base/arduino_family/ (дата звернення: 22.10.2021)
14. Orange Pi Zero – самый маленький Orange Pi компьютер URL: <https://micro-pi.ru/orange-pi-zero-opi-zero-h2-plus/> (дата звернення: 23.10.2021).
15. Драйвер двигателя L298N. URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/drayver-dvigatelya-l298n/> (дата звернення: 10.08.2021)
16. Технологии машинного зрения в промышленности URL: <https://m-robots.ru/info/mashinnoe-zrenie-v-promyshlennosti/> (дата звернення: 04.11.2021).
17. Обзор шагового двигателя 28BYJ-48 с драйвером ULN2003. URL: <https://robotchip.ru/obzor-28byj-48-s-drayverom-uln2003/> (дата звернення: 15.08.2021).
18. Arduino, шаговый двигатель 28-BYJ48 и драйвер ULN2003. URL: <https://arduino-diy.com/arduino-shagovii-motor-28-BYJ48-draiver-ULN2003> (дата звернення: 16.08.2021).
19. Iskra JS. URL: <https://amperka.ru/product/iskra-js> (дата звернення: 10.11.2021).
20. Дальномер на основе Arduino иToF-датчика расстояния VL6180. URL: http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/2174-dalnomer-na-osnove-arduino-i-tof-datchika-rasstoyaniya-vl6180.html (дата звернення: 15.11.2021).