

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Система автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі

Назва теми

КвРАКІТ. 2022124.01.09.ПЗ

Рівень вищої освіти перший

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-22-1



Підпис

Богдан МАСЛІЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис

Ірина ФОРКУН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР



Підпис

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 20 » червня 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07. лютого 2025

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Маслія Богдана Вікторовича

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Система автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі.

Керівник роботи Форкун Ірина Валеріївна, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.





3 Вихідні дані до роботи Метою роботи є розробити систему автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі, яка дозволяє підвищити ефективність роботи працівників із товарами та зменшити час обробки замовлень в умовах високого попиту, дозволяючи швидко визначити розташування об'єктів та використовувати функцію автоматичного обліку товарів на складі

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд відомих засобів та рішень. Розробка методу автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі. Програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи розпізнавання та обліку товару на складі

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКИТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКИТтаР		

7 Дата видачі завдання 07. лютого 2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
Вступ	15.03.2025	виконано
Огляд відомих засобів та рішень	24.03.2025	виконано
Розробка методу автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі	15.04.2025	виконано
Програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи розпізнавання та обліку товару на склад	18.05.2025	виконано
Висновки	22.05.2025	виконано
Оформлення пояснювальної записки КРБ	01.06.2025	виконано
Оформлення презентаційних слайдів	10.06.2025	виконано

Студент


Підпис

Маслій Б.В.
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис





Форзун І.В.
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Затверджено на засіданні кафедри інформатики та комп'ютерних наук
1. Про виконання кваліфікаційної роботи на кафедрі ІТБ № 2025

2. Виконана дана робота. Виконано всі вимоги, встановлені в завданні. Робота виконана в повній мірі, відповідає вимогам курсової роботи. Робота виконана в повній мірі, відповідає вимогам курсової роботи.

3. Робота виконана в повній мірі, відповідає вимогам курсової роботи. Робота виконана в повній мірі, відповідає вимогам курсової роботи.

4. Робота виконана в повній мірі, відповідає вимогам курсової роботи. Робота виконана в повній мірі, відповідає вимогам курсової роботи.

Робота	Прізвище, ім'я та по батькові виконавця	Підпис виконавця	Підпис керівника
Активність	Фортун І.В., заступник кафедри		
Неповнота	Корольов І.О., заступник кафедри		

3. Дата виконання роботи

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована системи зарядки дронів».

Автор роботи: Маслій Б.В.

Керівник роботи: Форкун І. В.

Пояснювальна записка: 56 с., 28 рис., 4 табл., 0 дод., 41 джерел.

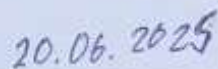
Графічна частина: 12 презентаційних слайдів.

ФУНКЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА, НАДІЙНІСТЬ, АВТОМАТИЧНИЙ ПОШКУ, УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДАТЧИК, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.

Метою роботи є розробка системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі, яка дозволяє підвищити ефективність роботи працівників із товарами та зменшити час обробки замовлень в умовах високого попиту, дозволяючи швидко визначити розташування об'єктів та використовувати функцію автоматичного обліку товарів на складі. Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання. Обрано ефективну апаратну платформу для автономної роботи системи; Розроблено алгоритм пошуку та мапування приміщення. Реалізовано механізм руху з можливістю контролю дії за допомогою мікроконтролера. Перевірено систему в умовах модельованого середовища.



Підпис студента



Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ.....	5
1.1 Аналіз предметної області, її структурних та функціональних особливостей.....	5
1.2 Аналіз наявного програмно-технічного забезпечення предметної області.....	7
1.3 Визначення вимог до системи автоматизації та розробка технічного завдання.....	11
1.4 Висновки до першого розділу.....	14
2 РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ОБЛІКУ ТОВАРУ НА СКЛАДІ.....	16
2.1 Розробка концепту та структурної схеми системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі.....	16
2.2 Аналіз та вибір апаратних засобів системи автоматизації.....	19
2.3 Розробка методу локації об'єктів.....	29
2.4 Висновки до другого розділу.....	36
3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАРЯДКИ ДРОНІВ.....	39
3.1 Підключення елементів роботи маніпулятора.....	39
3.2 Розробка алгоритму керування системою.....	45
3.3 Розробка програми керування автоматизованою системою.....	51
3.4 Висновки до третього розділу.....	55
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	59

КвРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Маслій Б.В.		20.06
Перевір.		Форкун І.В.		20.06
Н. Контр.		Корецька Л.О.		20.06
Затв.		Мартинюк В.В.		20.06
Система автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі				
		Літ.	Лист	Листів
			2	
ХНУ, гр. АКІТс-22-1				

ВСТУП

Ріст культури споживання обумовлений розвитком інтернет комерції та глобалізації ринку призвів до створення небаченого раніше навантаження на підприємства а в особливості на складські системи. Збільшення об'ємів товарообігу призводить до необхідності збільшення кількості доступного товару на складі, оскільки в сучасному світі користувачі надають перевагу швидкості доставки та видачі товару, згідно з дослідженням nShift, майже половина споживачів відмовляється від онлайн-покупки, коли на їх думку доставка займе надто багато часу. Більше того, 90% покупців очікують отримати своє замовлення протягом 2 - 3 днів після оформлення, а в аптеках люди не готові чекати більше п'яти хвилин на отримання необхідних медикаментів.[1,2]

У результаті зростання подібного навантаження на логістику та складські приміщення, відбувається зростання навантаження на працівників які проводять переоблік, в результаті чого багато підприємств виділяє людину та кілька днів лише для проведення переобліку на великих магазинах чи складах, особливо це важливо в медичній сфері. Нажаль для подібної роботи зазвичай використовують працівників підприємств які мають іншу основну роботу в магазині чи фірмі та є навченими спеціалістами в подібній сфері, через що навчений персонал який зазвичай має вищу оплату праці витрачає час на переоблік товару замість виконання своїх основних обов'язків. Як приклад можна навести ситуацію, коли певні логістичні компанії України відправляють своїх працівників техпідтримки - молодших бекенд розробників для проведення переобліку товару на складських приміщеннях, витрачаючи час та гроші на роботу висококваліфікованого персоналу [3-8].

					КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ	3
		№ докум.	Підпис			

1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ

1.1 Аналіз предметної області, її структурних та функціональних особливостей.

Склад є одним із ключових елементів не тільки логістичного ланцюга, а і роботи усього магазину, де від ефективності обліку та ідентифікації товару напряму залежить швидкість видачі, мінімізація втрат, точність інвентаризації. З розвитком онлайн магазинів, збільшилися обсяги замовлень та підвищення очікувань споживачів щодо швидкості отримання товару, складські процеси стають об'єктами автоматизації з використанням комп'ютерно інтегрованих технологій, які намагається інтегрувати в одну з ключових операцій як на рисунку 1.1.

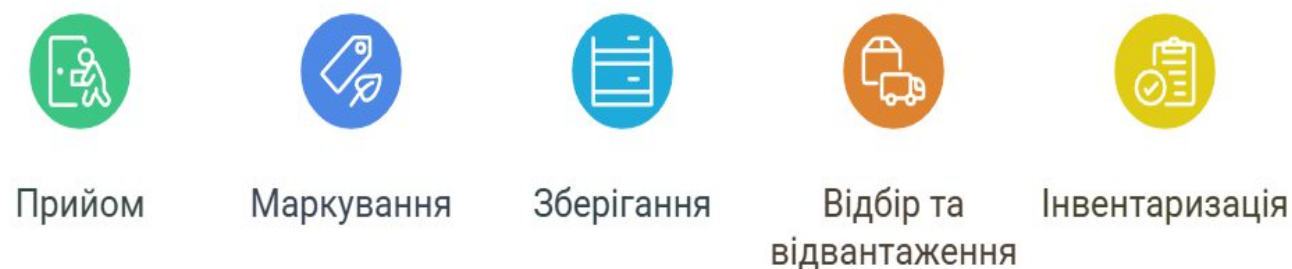


Рисунок 1.1 - Ключові операції складського приміщення

Проблеми, що виникають у традиційних, ручних, системах обліку зображено на рисунку 1.2. Запропонована система автоматизації має вирішити хоча б одну з цих проблем шляхом впровадження методу розпізнавання та обліку товарів виконуючи автоматизацію, що дозволить мінімізувати участь людини, автоматизувати ідентифікацію, пошук та облік у реальному часі.

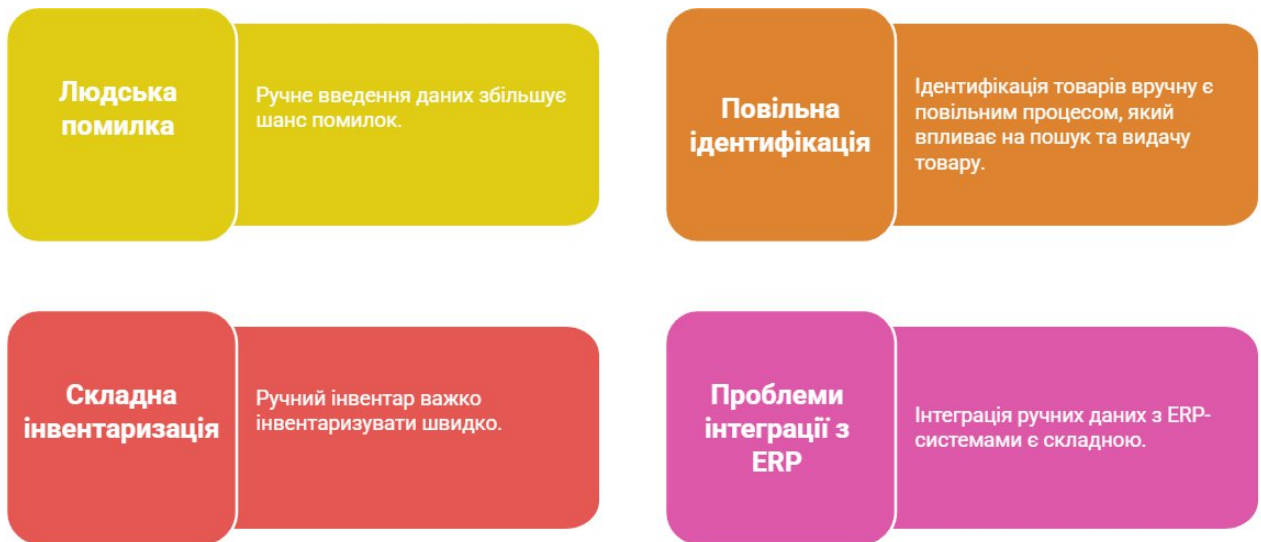


Рисунок 1.2 - Проблеми не автоматизованого складського приміщення

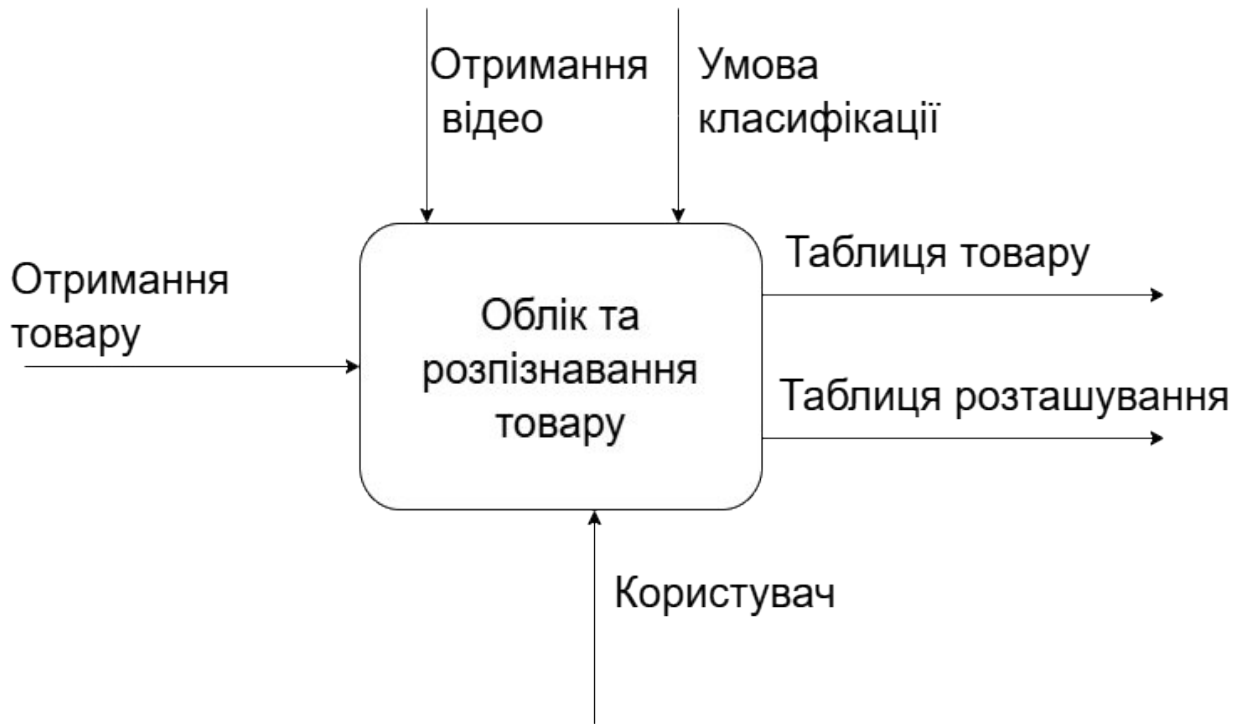


Рисунок 1.3 - Контекстна IDEF0-діаграма

Таким чином розроблювана система повинна отримувати дані про надходження нового товару, проводити його аналіз на основі отриманого відео та умови класифікації товару, після чого користувач повинен отримати таблицю

Автоматизацію процесу сортування та розміщення товарів можливо також умовно поділити за ступенем автоматизації та за методом автоматизації. За методами автоматизації складських приміщень можливо виділити сім підходів (рисунок 1.4) [11,12].

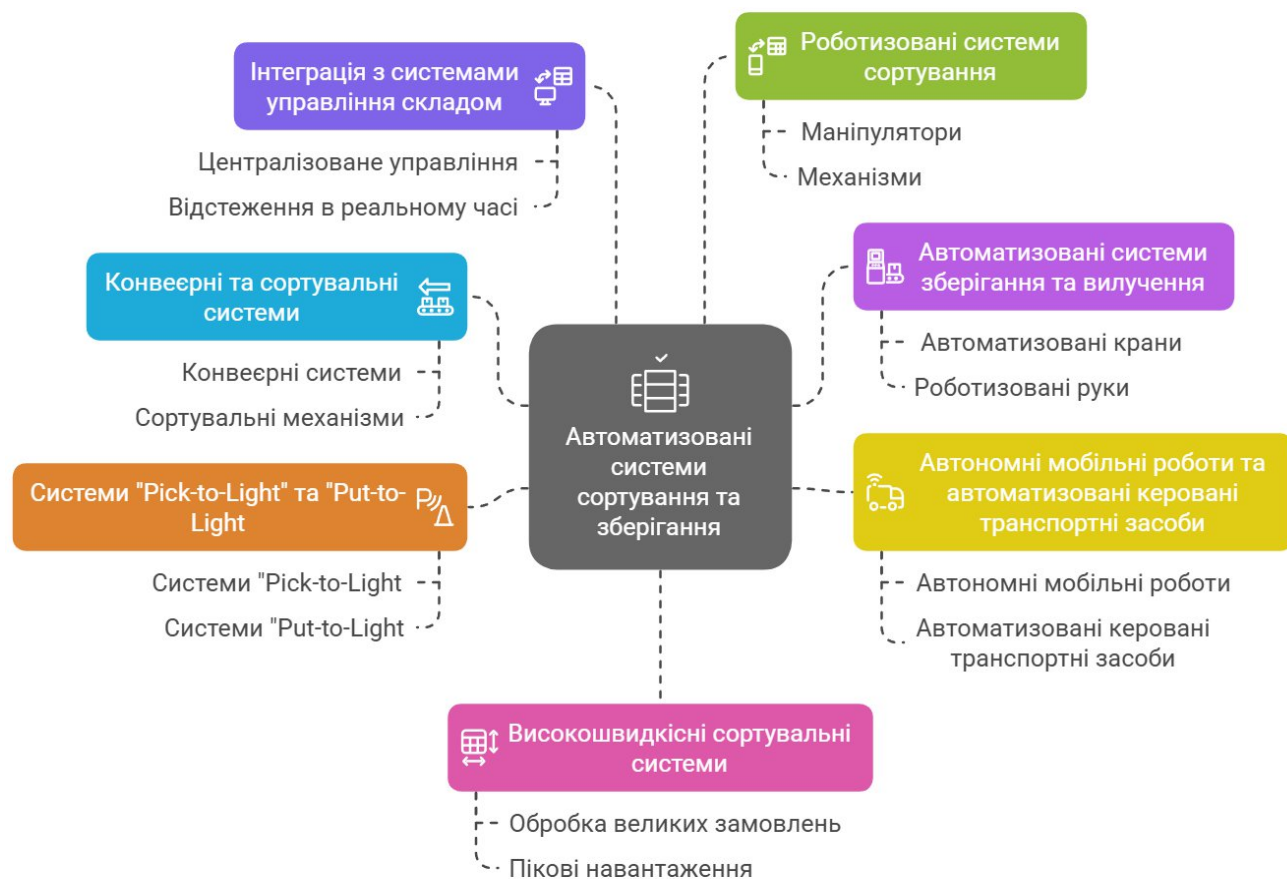


Рисунок 1.4 - Методи автоматизації складських приміщень

Як видно з рисунку 1.4, найкращим з доступних для нас варіантів може бути інтеграція з системами управління складом(у вигляді якого будемо використовувати сканери та власну базу даних), а також використання автоматизованих систем зберігання та вилучення, але прийнято рішення використовувати спрощений аналог подібної системи для розпізнавання елементів та отримання даних для розроблюваної системи обліку.

За ступенем автоматизації можливо виділити наступні рівні:

- низька або слабка автоматизація - використання автоматизації для виконання одного підpunkту роботи складу чи магазину;
- середня автоматизація - автоматизація більшості процесів підприємства, склади амазону (рисунок 1.5);
- повна автоматизація - повна автоматизація процесу з мінімальним втручанням людини, Amazon GO.

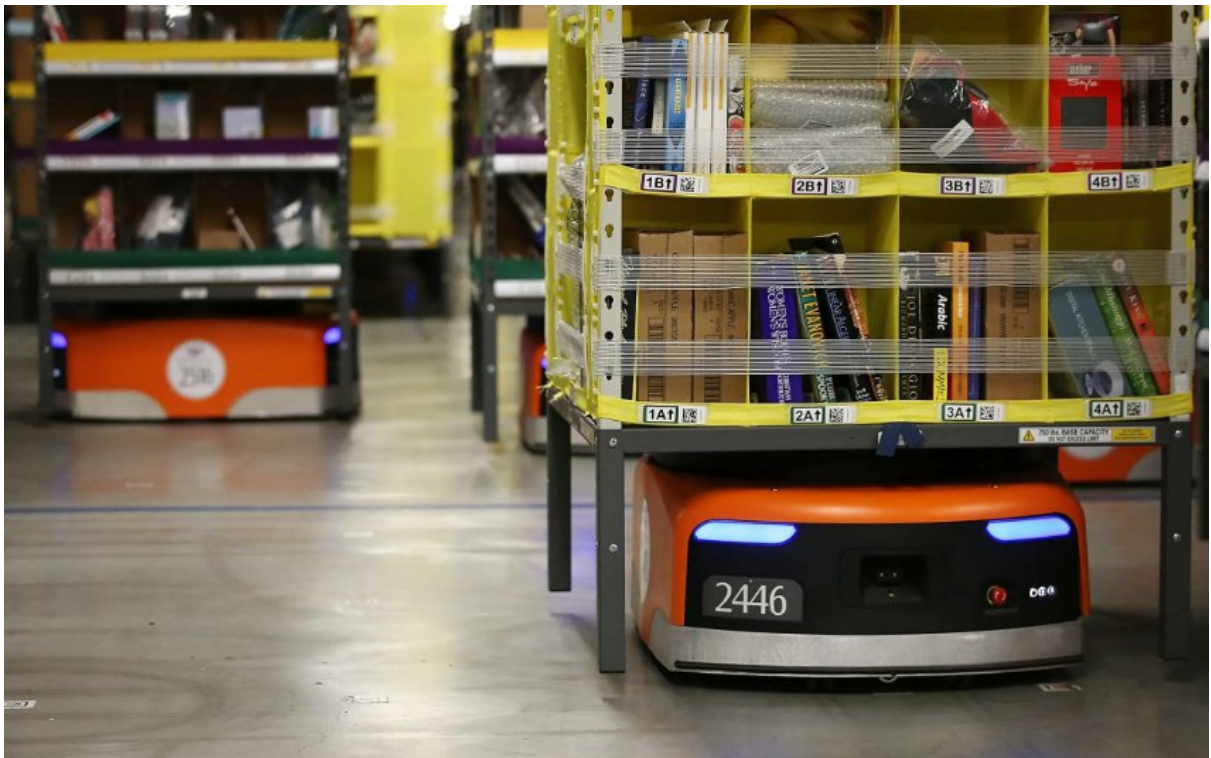


Рисунок 1.5 - Транспортувальний робот шафа

Amazon активно впроваджує робототехнічні рішення для виконання автоматизації процесів сортування та розміщення товарів на своїх складах, що дозволяє підвищити ефективність та швидкість обробки замовлень. Нажаль Amazon немає повністю автоматизованих систем для ведення складських процесів, а лише автоматизацію обліку та доставки шаф із необхідними товарами до робочих станцій співробітників. Найбільшою перевагою систем

Amazon є Sequoia - інтегрована система зберігання та сортування, яка поєднує штучний інтелект, робототехніку та комп'ютерний зір для оптимізації зберігання товарів.

Товари зберігаються у вертикальній шафі яка розміщується в складському квадраті, при отриманні запиту на конкретну шафу, роботи транспортувальники схожі на роботів пілососів під'їжджають під шафу та розпочинають транспортування шафи до точки запиту. Подібна система дозволяє використовувати тривимірну карту шафи з розміщеними об'єктами та карту розміщення шаф для зберігання у складському приміщенні, тобто система зберігає координати X1 Y1 розташування шафи, а також X Y Z кожної комірки шафи для встановлення шафи правильною стороною до оператора[3].

Останні роки Amazon розпочав випробування та впровадження Cardinal - роботизована рука для сортування. Cardinal використовує штучний інтелект та комп'ютерний зір для вибору окремих елементів з конвеєрної стрічки, шафи чи кочі коробок за допомогою зчитування етикеток та точного розміщує їх у кошики для подальшої доставки[4].

Для переміщення камери складським приміщенням також використовують козлові системи для камер (рисунок 1.6.)

Принцип роботи козлової системи переміщення камери доволі простий, приводи, кількість яких відповідає кількості осей виконують рух вагонетки з камерою. Типова система складається з двох паралельних напрямних по якій рухається балка, поперечної балки яка виконує рух по першій осі та додаткової балки для руху по другій осі. Для приведення системи в дію зазвичай використовують приводи - крокові двигуни або серводвигуни, а також серсонри або кінцевики для визначення положення системи.

Таким чином використовуючи дві направляючі для руху основної балки по осі X та додаткового приводу на балці яка рухається по осі X система може

					КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ	10
		№ докум.	Підпис			

забезпечити рух по осі Y , покриваючи одну площину. Для виконання руху по осі Z система може використовувати додаткову балку або використовувати поршень чи лінійний актуатор на якому і буде розміщено камеру, яка в свою чергу може бути прикріплення на інший кроковий двигун для огляду на триста шістдесят градусів.

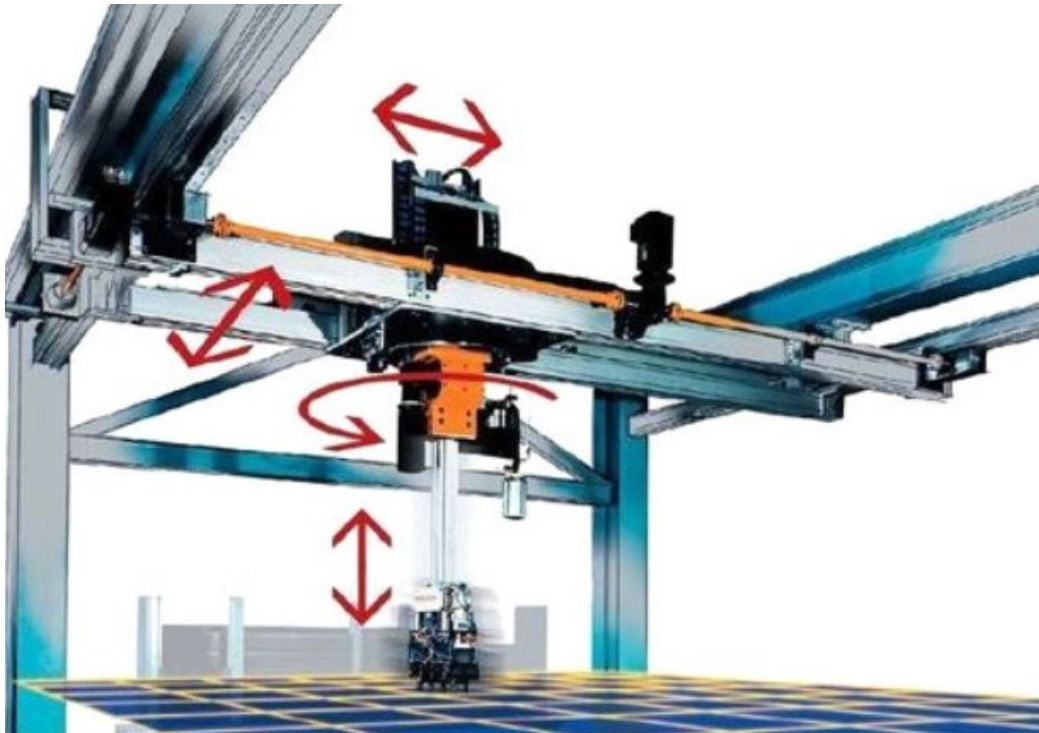


Рисунок 1.6 - Козлова система для контролю положення камери

1.3 Визначення вимог до системи автоматизації та розробка технічного завдання

На основі проведеного аналізу предметної області та програмно-технічного забезпечення можливо сформулювати вимоги до розроблюваної системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі а також визначити користувачів та який функціонал у них повинен бути, модель варіантів використання.

Наша система під час експлуатації буде передбачати лише одного актора людину - користувача (працівника складу), оскільки увесь функціонал навчання та ключових змін у систему буде виконуватися розробником у саму структуру коду та не потребувати модифікацій під час роботи програми, що в свою чергу не буде потребувати втручання працівника та обмежить необхідне знання та розуміння принципів роботи програми для прямого використання, таблиця 1.1. Розробник буде мати можливість вносити зміни в модель для навчання для кращого визначення елементів та більш якісного процесу роботи системи, а також встановлювати винятки роботи, для прикладу ігнорування певного елементу чи певного ряду складу, який може бути використаний для іншої цілі.

Таблиця 1.1 - Опис користувачів

Актор	Короткий опис
Працівника складу	Створює нові об'єкти в таблиці товарів та видаляє товари з пам'яті. При необхідності запитує проведення аудиту товарів та вносить додаткові умови в роботу системи. Може виконати запит для отримання даних про розташування товару.
Розробник	Увесь функціонал працівника. Внесення додаткових умов в алгоритм роботи системи. Внесення нових винятків та патернів, а також їх видалення.
ПЛК	Запитує проведення аудиту. Створює новий елемент в списку(новий товар при скануванні невідомого, відсутнього в списку)

Останній актор це програмовано логічний контролер який буде відповідати за керування системою, але як користувач контролер буде робити автоматичні запити на проведення аудиту в заданий користувачами час, ввечері кожного робочого дня або у кінці місяцю, а також додавання нових товарів до списку елементів у випадку коли після проведення аудиту система візначить

відсутній елемент, його місце буде записано та відмічено для додаткової перевірки користувачем.

Схему використання автоматизованої системи розпізнавання та обліку товару на складі зображено на рисунку 1.7.

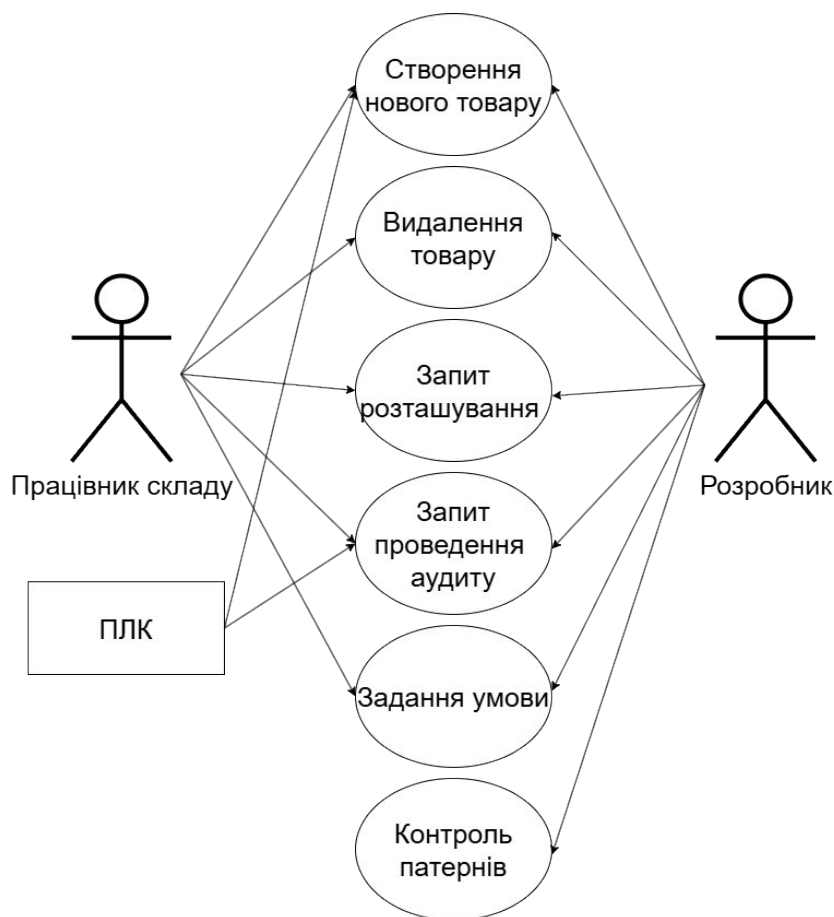


Рисунок 1.7 - Схема використання системи автоматизації

Ґрунтуючись на визначених акторах та їх діях розроблювана система буде мати наступні вимоги:

- підтримка розпізнавання товару за допомогою камери або сканеру штрих-кодів;
- можливість прив'язки товару до місця зберігання шляхом відстеження положення системи в момент зчитування нового елемента;

- інтеграція з базою даних товарів;
- формування запису про новий товар;
- пошук товару в базі;
- створення звітів про кількість товарів;
- оновлення бази даних у реальному часі.

1.4 Висновки до першого розділу

У першому розділі було проведено аналіз предметної області, розглянуто її структурні та функціональні особливості, досліджено сучасний стан програмно-технічного забезпечення в галузі автоматизації обліку та розпізнавання товарів у складських середовищах.

На основі аналізу існуючих методів ручного обліку було виявлено основні проблеми:

- висока ймовірність помилок;
- затримки під час інвентаризації;
- складність у відстеженні товару в реальному часі.

Це підкреслює актуальність розробки системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі, яка б забезпечувала розпізнавання, облік, надання інформації про положення товару із використанням технологій комп'ютерного зору або звичайного сканування штрих кодів.

Було визначено, що система повинна автоматично ідентифікувати нові товари, заносити їх у базу, фіксувати координати їх розташування та формувати звіти у реальному часі, що дозволить підвищити точність та швидкість операцій на складі, мінімізувавши втручання людини.

Проведений аналіз програмного забезпечення показав, що на ринку наявні як комплексні рішення (Odoо Inventory), так і вузькоспеціалізовані

інструменти (Barcode Scanner). Проте їхнє інтеграція у бізнес процеси на ранніх етапах є економічно недоцільним або технічно складним, особливо з урахуванням потреб адаптації до специфіки конкретного складу. Тому доцільним є розроблення власної системи, яка буде орієнтована на обробку зображення, ведення обліку та інтеграцію з простою механікою позиціонування.

Огляд існуючих рішень автоматизації процесів переміщення товарів і систем контролю камери показав, що найбільш прийнятною для реалізації розроблюваного задуму є козлова система з використанням крокових двигунів або сервоприводів. Така архітектура забезпечує покриття необхідної площини складу та дозволяє точно позиціонувати камеру в будь-яку точку простору. Враховуючи складність промислових рішень та їх ціну (систем Amazon Robotics), було обрано спрощений аналог із мінімальним набором приводів та датчиків, достатній для потреб системи обліку.

Визначено ключових користувачів системи: працівника складу; розробника та програмовано-логічний контролер, що забезпечують взаємодію людини, програмного забезпечення та механічної частини.

Таким чином, результати розділу дозволили скласти повне уявлення про предметну область, обґрунтувати доцільність створення автоматизованої системи розпізнавання та обліку товару на складі та обрати напрямок розробки технічного завдання для подальшого проектування системи.

							15
		№ докум.	Підпис				

2 РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ОБЛІКУ ТОВАРУ НА СКЛАДІ

2.1 Розробка концепту та структурної схеми системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі

Для виконання поставленої задачі розроблювана система повинна мати можливість рухатися в трьох площинах та переміщатися складом не стикаючись з полицями, найкращим варіантом буде додатково розробити систему для визначення положення полиць на складі для руху системи між ними та сканування елементів.

Перший дизайн системи зображено на рисунку 2.1. У кімнаті виконується монтаж двох направляючих - рейок для руху площиною X, однієї для руху площиною Y та використання поршню або ще однієї рейки для площини Z.

Механіка системи виглядає наступним чином, система поділяється на три основні напрямки руху:

- вісь X, переміщення вліво/вправо уздовж ширини кімнати чи складу, переміщення по осі X спричиняє також переміщення вагонетки яка відповідає за рух по осі Y;
- вісь Y, переміщення вперед/назад (глибина), виконується по рейці встановленій між двома головними рейками осі X;
- вісь Z, опускання/підйом камери та сервоприводу відповідального за оберт камери.

Для відстеження положення блоку з камерою відносно полиць запропоновано використовувати ультразвукові датчики відстані, як це зображено на рисунку 2.2.

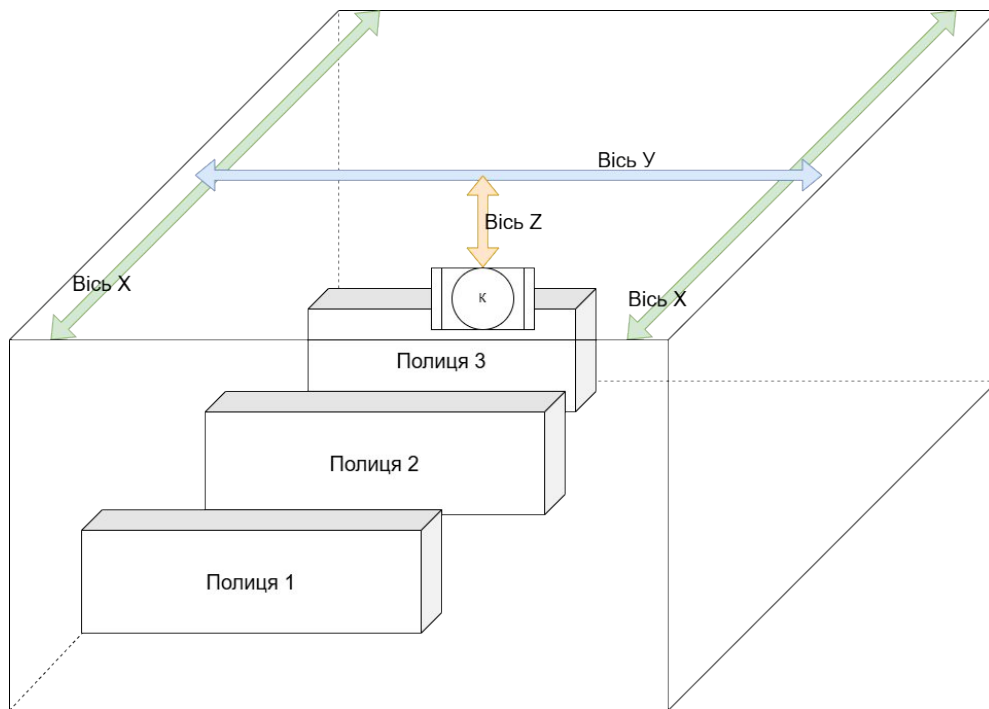


Рисунок 2.1 – Дизайн системи переміщення камери складом

Датчик відстані монтується вертикально до землі під камерою, він буде передавати інформацію про відстань до землі, також можливо модифікувати систему для використання двох датчиків відстані, аби система визначала не тільки відстань до підлоги або шафки а й відстань до шаф навколо камери, використовуючи алгоритми створені для створення карти приміщення роботами пилососами.

Таким чином при зміщенні позиції блоку камери система зможе зчитувати данні відстаней до елементів та будувати карту в режимі реального часу.

Система автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі буде виконувати алгоритмом який використовується існуючими ігровими автоматами кранового типу, але в розроблюваній системі буде інтегровано правки у вигляді заміни захоплюючого механізму на сервопривід, теоретично система може використовувати систему захоплення якщо вона використовує

сервопривід, необхідно лише ввести правки в його напрямлення для обертання камерою яка встановлена на сервоприводі в площині ХУ.

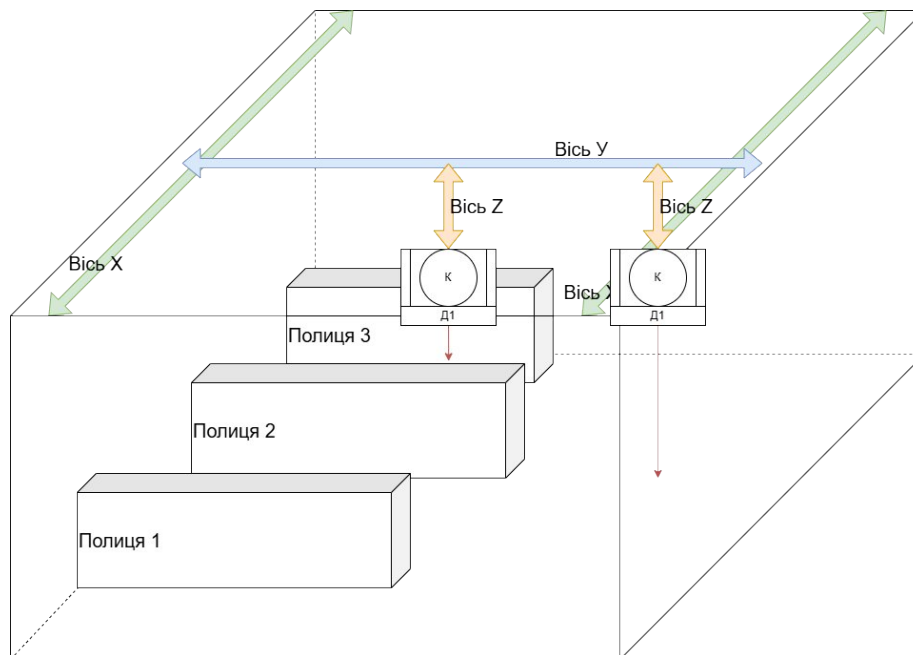


Рисунок 2.2 – Дизайн системи переміщення камери складом з використанням визначення відстані

Розроблена в процесі виконання завдання структурна схема зображена на рисунку 2.3. У розробленій системі було обрано використовувати контролер Arduino DUE. Система складається з:

- плата;
- інтерфейс (кнопки, екран) ;
- камера;
- група кінцевиків (для запобігання зіткнення з стінками) ;
- блок живлення;
- драйвер крокового двигуна та кроковий двигун;
- сервопривід для обертання камери;
- датчик відстані(для автоматичного позиціонування) .

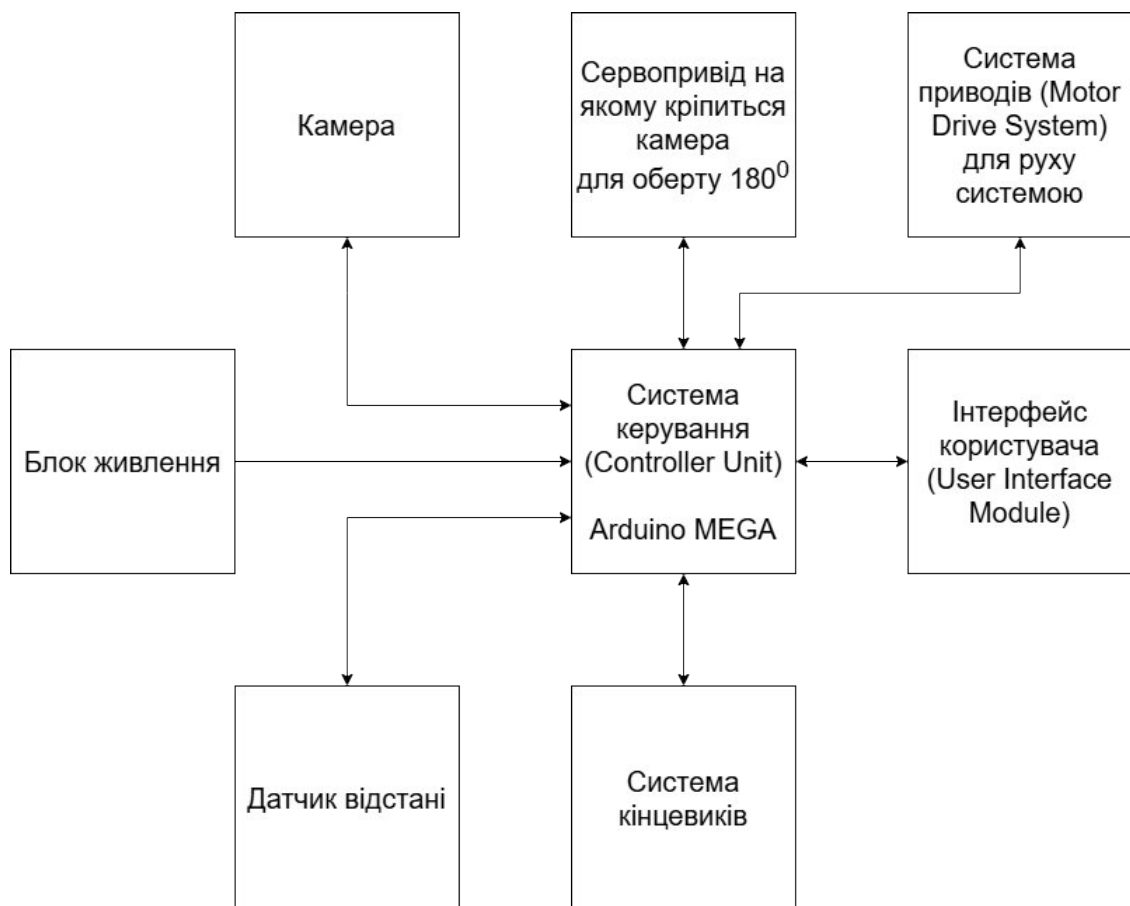


Рисунок 2.3 – Структурна схема системи автоматизації

2.2 Аналіз та вибір апаратних засобів системи автоматизації

Для контролю системою обрано Arduino DUE, розпіновка якого зображена на рисунку 2.4, головною причиною вибору саме цього контролеру стала наявність USB роз'єму, до якого можливо під'єднати любую камеру, головною проблемою використання пінів плати для передачі зображення є їх обмежена кількість. встановлення USB камери [13-19].

Важливим елементом розроблюваного приладу є сканер штрих кодів або камера для зчитування об'єктів на складі. Найкращим при реалізації системи є використання камери, оскільки Arduino має бібліотеки для розпізнавання штрих – кодів та QR – кодів які легко можна реалізувати та використовувати камеру

для додаткового позиціонування та побудови карти приміщення. Камери від Logitech (рисунок 2.5) є найпростішим вибором завдяки своїй низькій ціні та високій якості зображення, HD, чого повинно бути досить для виконання поставлених задач.

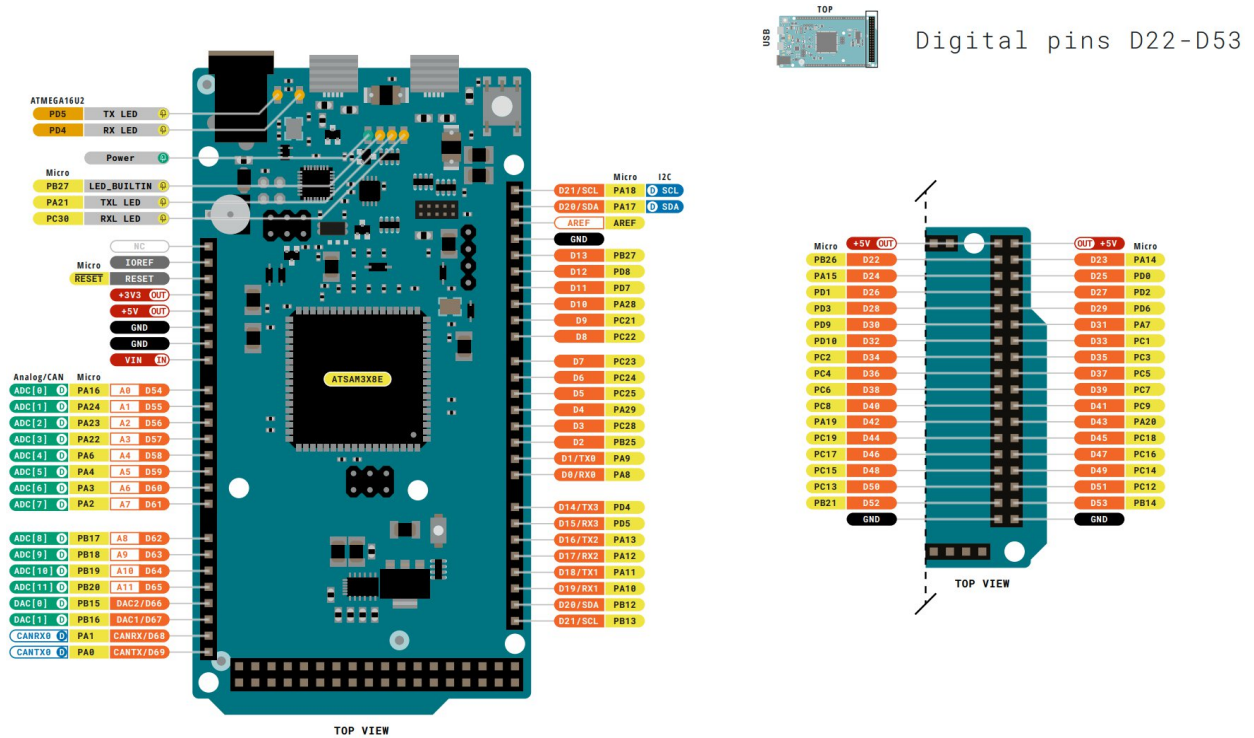


Рисунок 2.4 – Розпіновка Arduino DUE

У якості ультразвукового датчика відстані було обрано HC-SR04 (рисунок 2.6) через його ціну та характеристики, які відображено в таблиці 2.1. Ультразвуковий датчик HC-SR04P використовує звукові хвилі високої частоти (до 40 кГц), щоб виміряти відстань до об'єкта [20-24].

HC-SR04P має два елементи: випромінювач (TX) та приймач (RX) і працює наступним чином:

1. Генерація імпульсу, контролер подає на вхід TRIG короткий імпульс тривалістю 10 мкс;

2. Випромінювання хвилі - датчик випускає ультразвуковий сигнал (пакет з 8 імпульсів) через передавач;
3. Відбиття хвилі - якщо хвиля зустрічає перешкоду, вона відбивається назад;
4. Прийом сигналу - приймач отримує відбиту хвилю й видає сигнал на вихід ЕСНО, який тримається у високому рівні протягом усього часу польоту;
5. Вимірювання часу - контролер вимірює тривалість імпульсу на ЕСНО, час у мікросекундах, за який хвиля дійшла до об'єкта і повернулася назад;
6. Розрахунок відстані - шлях звуку = час отримання зворотнього сигналу * швидкість звуку у повітрі / 2.

Таблиця 2.1 – Характеристики HC-SR04

Характеристика	Показник
Відстань	2 см – 400 см
Кут	15 – 30 °
Напруга	3.3-5 В DC
Розмір	45x20x14 мм
Струм робочий	2 мА (при 5В)
Струм очікування	15 мА (при 5В)
Похибка	3 мм
Інтерфейс	Цифровий сигнал



Рисунок 2.5 – Камера Logitech



Рисунок 2.6 – Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04

Додатковим не обов'язковим елементом є сервопривід, його використовує розроблена система для обертання камери на 180 градусів, у ситуації якщо об'єкти розташовані на полиці з двох сторін, сервопривід виконає поворот камери та дозволить відсканувати об'єкти. У якості сервоприводу було обрано дешевий Китайський сервопривід SG90, оскільки керування ним не вимагає драйверів та підключається трьома входами. Спосіб з'єднання наступний, сервопривід кріпиться до елемента який відповідає за рух блоку камери ввєрх вниз, до обертового механізму сервоприводу кріпиться камера, нап'яму або через додаткове кріплення як зображено на рисунку 2.7. При

увімкненні сервоприводу система може виконати обертання камери для огляду двох шафок з товарами.

Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 також можливо встановити в кріплення камери у випадку якщо використовується 3D модель та принтер для друку кріплення.

Якщо відсутній 3D принтер та немає змоги розробити та надрукувати кріплення камери, можливо використовувати клей або термоклей для розробки тестової моделі.



Рисунок 2.7 – Спосіб кріплення сервоприводу до камери

									23
		№ докум.	Підпис						

Рух осями реалізований за рахунок крокових двигунів (рисуюнок 2.8) та драйверів до них (рисуюнок 2.8). Характеристики крокового двигуна JK42HS34-1334AC зображено в таблиці 2.2[25-29].



Рисуюнок 2.8 – Кроковий двигун JK42HS34-1334AC



Рисуюнок 2.9 – Драйвер для двигуна JK42HS34-1334AC

Визначення крайніх положень буде виконуватися за допомогою кінцевиків стандартного типу як на рисунку 2.10. Кінцевик - Limit switch - це простий пристрій, який використовується для виявлення досягнення об'єктом певного положення в механізмі. Принцип роботи Limit switch ґрунтується на фіксації фізичного контакту рухомої частини системи з важелем або кнопкою кінцевика. Коли цей важіль натискається, умикається або розмикається внутрішній контакт.



Рисунок 2.9 – Кінцевик стандартного типу

У звичайному стані вимикач перебуває або в замкнутому, або у розімкнутому положенні залежно від типу кінцевика, тобто за аналогом реле є два стандартних положення нормально замкнене (NC) та нормально розімкнене (NO). Як тільки до важелю кінцевика дотикається рухома частина відбувається зсув важелю та перемикач спрацьовує, змінюючи стан контактів, що фіксується мікроконтролером або приводом, є варіанти інтеграції кінцевика в релейні модулі для прямого контролю системою.

Після відведення механізму назад важіль повертається у стартове положення за допомогою пружинки.

Головно призначення limit switch - це обмеження ходу або захист механіки від перевищення допустимих меж переміщення. Як приклад, у 3D-принтері кінцеві вимикачі використовуються для визначення нульової позиції осей та використовуються при калібруванні системи, або у промислових системах для зупинення рухомих частин при досягненні меж. Подібний механізм дозволяє точно контролювати положення об'єктів спрощуючи калібрування та запобігаючи механічним пошкодженням.



Рисунок 2.10 – OLED дисплей 0.96" I2C

Також розроблювана система передбачає використання дисплею, хоча це не обов'язково при реалізації контролю дистанційно або за допомогою кнопок, використання дисплею спростить користувачу розуміння виконуваних системою дій та стану чи керування системою.

Найпростішим дисплеєм для Arduino є OLED дисплей 0.96" I2C. Це один із найпопулярніших та найдешевших варіантів для реалізації проектів на Arduino завдяки своїм характеристикам.

		№ докум.	Підпис						26

Дисплей має дуже низьке енергоспоживання, високу контрастність, працює без підсвічування та легко підключається через 4 дроти (VCC, GND, SDA, SCL).

OLED дисплей 0.96" I2C сумісний з бібліотеками Adafruit_SSD1306 та U8g2, які дозволяють виводити текст, графіку (2Д мапу приміщення або налаштування типів мапи), символи й навіть анімацію.

Якщо на процесі реалізації буде вирішено обрати більший розмір або з'явиться необхідність в використанні кольорового зображення - можна розглянути TFT-дисплей 1.8" SPI 128×160, але він потребує більше виводів і ресурсів мікроконтролера.

Оскільки плата не здатна жити усі прилади які застосовуються, після проведення аналізу варіантів було зроблено вибір використовувати імпульсний блок живлення на 12 В та 20 А.

Імпульсний блок живлення MN-240-12 це електронний пристрій, який перетворює змінну напругу мережі 220 В у стабілізовану постійну напругу 12 В із можливістю видавати струм до 20 ампер, хоча розроблюваний пристрій не повинен перевищувати цих параметрів, краще перестраховатися та використати потужніший пристрій, особливо враховуючи різницю в ціні порівняно з слабшими версіями в кілька відсотків.

Принцип роботи блоку живлення ґрунтується на високочастотному перетворенні, що забезпечує компактні розміри, високу ефективність (+ 80 %) та слабше нагрівання порівняно з трансформаторними блоками живлення.

Такий блок живлення застосовується для живлення потужних навантажень:

- сервоприводів;
- моторів;
- світлодіодних стрічок;

- 3D-принтерів,
- станків;
- телеметрії,
- автоматизованих систем;
- зарядних станцій;
- проектів із великою кількістю виконавчих механізмів, що відповідає розроблюваному випадку.



Рисунок 2.11 – Блок живлення MN-240-12

Особливо актуально його використовувати, коли потрібно багато струму, наприклад, для групи сервоприводів, які можуть споживати до кількох ампер кожен у момент пуску або під навантаженням.

Основними перевагами є стабільна напруга навіть при значних коливаннях навантаження, стандартні захист від короткого замикання, перенапруги, критичних температур, а також можливість регулювати вихідну напругу за допомогою потенціометра.

Обраний блок живлення часто використовують у проектах які потребують надійності, довготривалої роботи та високої потужності. Якщо не використовувати блок живлення обрана плата просто згорить від навантаження.

2.3 Розробка методу локації об’єктів

Як було пояснено у попередніх розділах, розроблювана система повинна мати можливість використовуючи данні датчиків відстані побудувати мапу приміщення та спробувати визначити розташування шаф у ній. Алгоритм розпізнавання шаф можна реалізувати за допомогою штучного інтелекту, але оскільки це бакалаврська робота яка фокусується більше на розроблені системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі було прийнято рішення пропустити цей момент та детально його розглянути у якості магістерського проекту.

В якості блоку управління система використовує контролер Arduino на якому відбувається обробка головного циклу керування. Датчик вимірювання відстані закріплений у двох позиціях, на серводвигуні з кутом повороту 180 градусів унизу для визначення відстані до землі або верхівки шафи, та ще одного датчика розташованого за напрямком камери для визначення відстані до вертикальних об’єктів (стін, шаф, предметів на полицях) як зображено на рисунку 2.12.

Система приймає вхідні дані від датчиків у полярній формі, ці дані потім переводяться в декартову систему за допомогою співвідношень, показаних у формулі 1 та формулі 2. Слід зазначити, що решта обчислень виконується в декартовій системі.

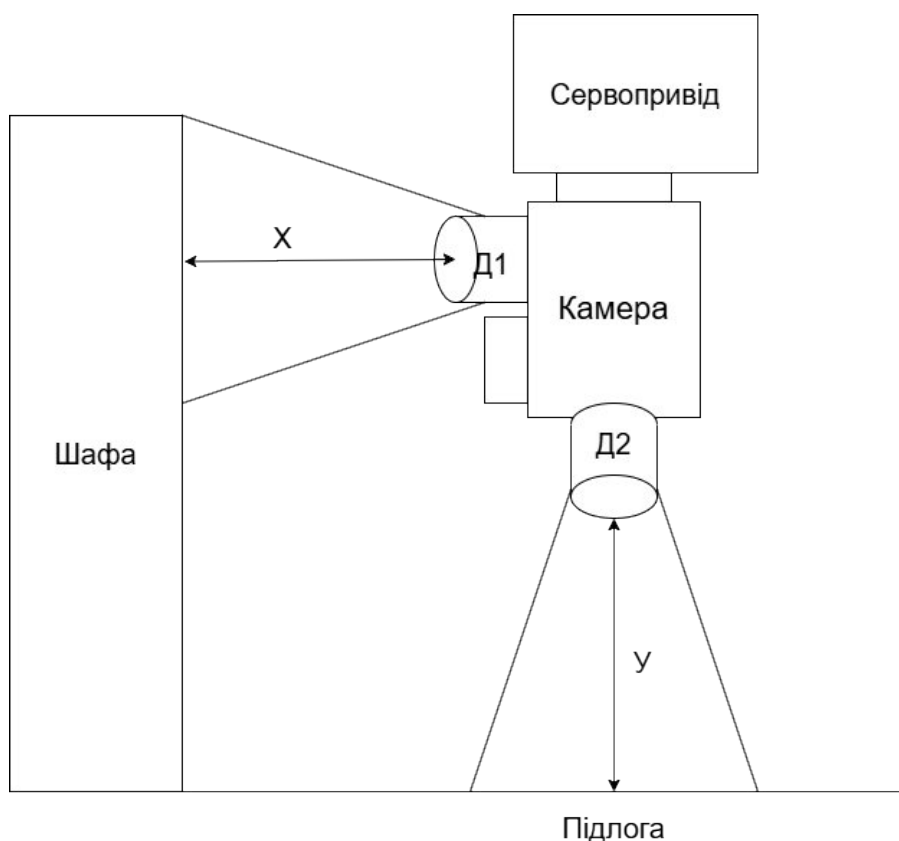


Рисунок 2.11 – Концепт розташування датчиків

$$X_i = r_i * \cos \Theta_i \quad (1)$$

$$y_i = r_i * \sin \Theta_i \quad (2)$$

У запропонованій системі за вершину приймається максимально допустимий шлях, отриманий в контурі, згенерованому на основі графіка.

Оскільки дані, отримані з системи, містять шуми та сплески, то для фільтрації даних було використано метод найменших квадратів згладжування та диференціювання методом згортки. Фільтр має вигляд, як показано в формулі 3, 4 та 5:

$$yf_i = \sum_{i=-\frac{(m-1)}{2}}^{\frac{(m-1)}{2}} K_i * y_i, \quad (3)$$

де y_i - нефільтровані дані;

yf_i - відфільтровані дані;

K_i - коефіцієнт фільтрації.

$$\text{arc length required} = \Theta_v * R_r \quad (4)$$

$$EB_{\Theta_v} = \frac{\Theta_v - R_r}{2 * \pi * R_w} * N_e \quad (5)$$

$$k_r = \frac{1}{2 * \pi} * N_e * \frac{R_r}{R_w} \quad (6)$$

Припускаючи що R_w – це радіус кута пристрою. Якщо відстань вершини від пристрою дорівнює R_v , то необхідний біт для подолання відстані знаходиться з формули 7.

$$EB_{\Theta_v} = k_r * \frac{R_r}{R_w} \quad (7)$$

Досягнувши місця призначення, система повинна розрахувати новий кут, під яким знаходиться його передня частина, щоб знову нанести на карту уточнення. Кожного разу його потрібно оновлювати для правильного відображення даних. Нехай поточний кут робота дорівнює Θ_v , а кут вершини, отриманий раніше, дорівнює v .

Можна визначити sign за формулою 8.

$$\text{sign} = \begin{cases} -1, & \text{if } \Theta_v < \pi/2 \\ 0, & \text{if } \Theta_v = \pi/2 \\ 1, & \text{if } \Theta_v > \pi/2 \end{cases} \quad (8)$$

Тепер новий передній кут можливо знайдено з рівняння 9.

$$\Theta_{i, new} = \Theta_c + \text{sign} * \Theta_v \quad (9)$$

Таким чином, для обробки подальших даних, отриманих від системи на наступних етапах, нове відображене значення буде отримано за допомогою формули 10.

$$\Theta_{i, new} = \Theta_c + \Theta_i \quad (10)$$

Фільтр розроблено з відповідним непарним значенням (згідно з вимогами дизайну фільтра Савицького-Голея) розміру так, щоб згладжування даних було достатнім при високому піковому значенні вершини, що дозволяє роботу досягати максимальної безпечної відстані.

Після знаходження вершини декартові координати знову перетворюються в полярні. Таким чином отримуємо значення відстані до вершини R_v і необхідного кута T_v для досягнення вершини.

Тепер припустимо, що радіус робота дорівнює R_r , половина відстані між колесами для того, щоб повернути робота на кут T_v .

Для вимірювання кута було використано сервопривід SG-90. Мінімальний розмір об'єкта, що використовувався, становив 5 см x 5 см. Мінімальна відстань датчиків системи була встановлена на 150 см. Для проведення випробувань було задано декілька ділянок для аналізу.

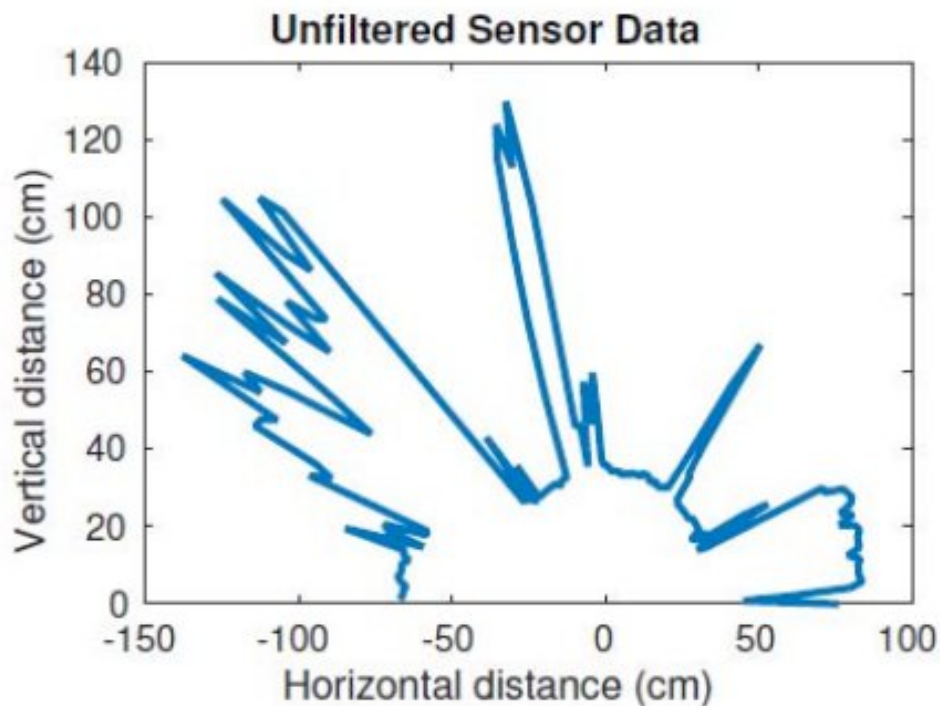


Рисунок 2.12 – Мапа даних сенсору без фільтру

Для вимірювання кута було використано сервопривід SG-90. Мінімальний розмір об'єкта, що використовувався, становив 5 см x 5 см. Мінімальна відстань датчиків системи була встановлена на 150 см. Для проведення випробувань було задано декілька ділянок для аналізу.

Експеримент, проведений із запропонованою системою, показав чудовий результат у плануванні траєкторії. Дані, отримані з датчика з кроком 1 відображено на рисунку 2.12, містять певні похибки та хибні сигнали через об'єкти, але на рисунку 2.13 після застосування фільтрації даних видно менші похибки та можна виділити об'єкти на мапі, які було домальовано для візуалізації.

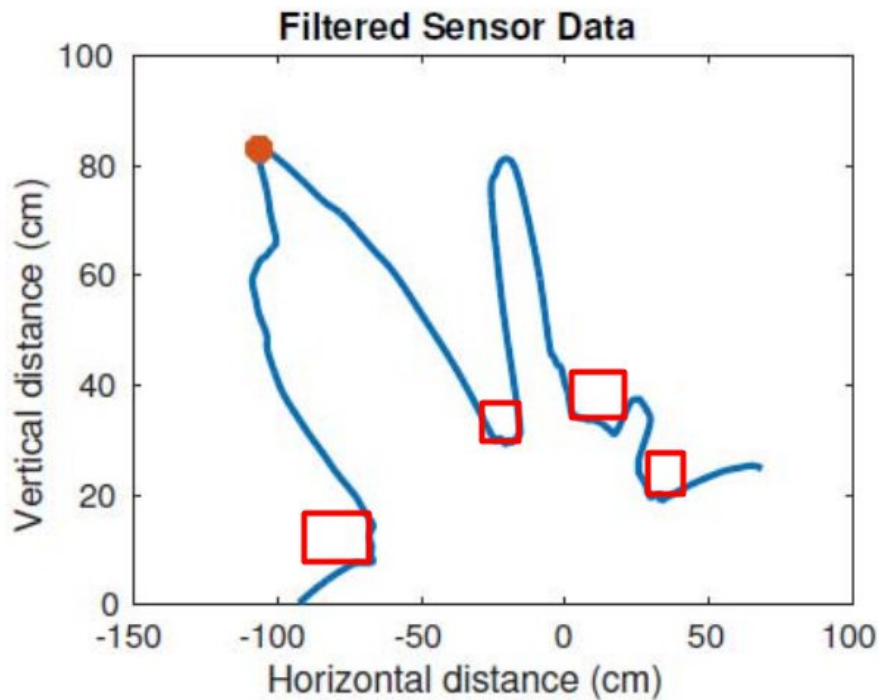


Рисунок 2.13 – Мапа даних сенсору з фільтром та домальованими для візуалізації об’єктами на шляху

На рисунку 2.12 видно, що похибки та ехо-сигнали, створюють гострі краї і розбіжності даних.

Запропонована модель може бути розширена за рахунок використання високоякісного датчика дальності. Оскільки дані централізовано обробляються одним контролером через дротовий зв'язок, запропонована модель дозволяє використовувати ройову робототехніку виконуючи обчислення кількох датчиків одночасно.

Крім того, оскільки система працює незалежно від того, який датчик використовується, запропонована модель також може бути використана для планування шляху між полицями а не лише для пошуку шляху між шафами.

Хоча в даний час система фокусується на стаціонарних об’єктах, в її можливо модифікувати й розширити для покриття рухомих перешкод.

Нажаль, виконання описаного процесу призведе до створення мапи яка не враховує вертикального позиціонування датчику, тому при виконанні побудови буде отримано загальний графік на якому накрадуться усі результати. Для реалізації трьох вимірною моделювання доведеться встановити перезапис стартової точки не лише при русі по горизонтальній площині а й оновлення графіку кожного разу при зміні вертикальної позиції датчиків. Таким чином після завершення моделювання в площині ХУ запуститься мотор відповідальний за рух камери по вісі Z, щойно отримано зсув на певну відстань, для прикладу 5 см, алгоритм створює новий малюнок на який будемо наносити показники сканування, після чого знову виконаємо даний проект до виконання сканування усієї кімнати.

У результаті виконання алгоритму сканування в трьох площинах система створить групу рисунків для кожної висоти, як зображено на рисунку 2.14.

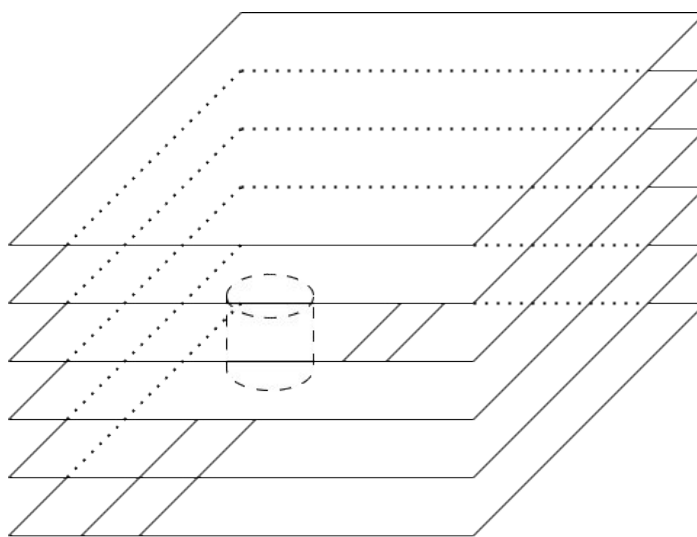


Рисунок 2.14 – Група мап даних сенсору з поправкою на висоту системи

Останнім кроком реалізації методу візуалізації є об'єднання мап в спільну трьох вимірну мапу зображення. Кожен 2D-знімок (мапу площини ХУ) містить інформацію про відстань у площині ХУ на фіксованому рівні Z, таким чином

отримується послідовність 2D-площин які разом формують 3D-об'єм, оскільки також можна отримати ці параметри таблицею, система отримує масив значень у трьох вимірах.

Процес нашарування мап математично зводиться до побудови тривимірного масиву, у якому кожен елемент відповідає вокселю - тобто об'ємному пікселю, зі своїм значенням. Таким чином формується воксельна модель, яка зберігає всі просторові й інтенсивні характеристики виконаного сканування. Така модель може бути візуалізована у вигляді об'ємної структури або поверхні за допомогою алгоритму Marching Cubes, який перетворюють числовий об'єм у сітку полігонів. В результаті отримано повноцінне тривимірне уявлення про структуру об'єкта, засноване на множині двовимірних сканів – мап [30-37].

2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі було розроблено повноцінну концепцію системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі, що базується на поєднанні механічної платформи, електронних компонентів і алгоритмічної логіки.

Запропонована система здатна переміщувати блок із камерою у тривимірному просторі завдяки реалізації руху по трьох координатних осях X Y Z. Такий підхід дозволяє не лише проводити сканування поверхонь на різних рівнях висоти, але й створювати карту розміщення об'єктів на полицях.

Особливістю запропонованої моделі є її здатність до інтерактивної побудови просторової мапи складу, що забезпечується за рахунок застосування ультразвукових датчиків, які визначають відстань до елементів інфраструктури, та обробки отриманих даних у реальному часі.

Додатково до механізму позиціонування було включено кінцеві вимикачі, які дозволяють уникати зіткнень із межами переміщення, і сервоприводи, які забезпечують точне орієнтування камери у горизонтальній площині.

Така комбінація компонентів дозволила створити систему, здатну адаптуватися до навколишнього середовища без використання зовнішньої навігації.

У межах цього розділу було обґрунтовано вибір ключових апаратних засобів системи. Контролер Arduino DUE було обрано через наявність USB-інтерфейсу, що дозволяє використовувати недорогі й водночас якісні вебкамери, такі як моделі від Logitech. Це дало змогу не лише реалізувати розпізнавання штрих- та QR-кодів, але й потенційно забезпечити візуальний контроль простору, що розширює функціональність системи.

Для переміщення використовуються крокові двигуни разом із драйверами, які забезпечують точне управління рухом кожного механізму. Дисплей OLED було інтегровано як додатковий засіб для відображення стану системи, а живлення забезпечується імпульсним блоком на 12 В і 20 А, що дозволяє підтримувати стабільну роботу навіть при високих навантаженнях.

Окрему увагу приділено реалізації методу побудови мапи об'єктів у просторі. Було запропоновано підхід, при якому система, переміщуючись по XY-площині на фіксованому рівні Z, створює 2D-модель середовища. Після завершення сканування площини система переходить до нового рівня по осі Z, де створюється нова мапа. Повторюючи цей цикл, система поступово буде набір 2D-зрізів на різних висотах, які згодом об'єднуються у тривимірну воксельну модель. Такий підхід подібний до методів, що застосовуються в томографії та 3D-друці, і дозволяє отримати повноцінне просторове уявлення про середовище.

Для обробки зібраних даних було використано методи згладжування, зокрема фільтр Савицького-Голя, що дозволило зменшити вплив шумів та покращити якість зображення мапи.

У результаті виконаної розробки отримано гнучку систему, здатну працювати автономно та масштабуватись під різні типи складських приміщень. Її структура дозволяє легко модифікувати окремі компоненти під потреби конкретного застосування, зокрема розширювати її можливості за рахунок інтеграції штучного інтелекту для автоматичного розпізнавання товарів.

					КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ	38
		№ докум.	Підпис			

3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ОБЛІКУ ТОВАРУ НА СКЛАДІ

3.1 Підключення елементів роботи маніпулятора

Загальна схема підключення елементів зображена на рисунку 3.1. Як і було обумовлено у якості контролера використовується Arduino до якого під'єднано усі елементи, живлення подається з блоку живлення який має виходи 12В та 5В. Додатково список з пінами з'єднання відображено в таблиці 3.1 для вихідних сигналів, та в таблиці 3.2 для вхідних сигналів керування.

Таблиця 3.1 – Опис з'єднання вихідних сигналів Arduino

Вихід	Пін
X Step (Pul+)	11
X Direction	10
Y1 Step (Pul+)	9
Y1 Direction	8
Y2 Step (Pul+)	7
Y2 Direction	6
Z Claw Step (Pul+)	13
Z Claw Direction	12
X Min	15
X Max	14
Y Min	3
Y Max	2
Z Claw Limit	4

Кінець таблиці 3.1

LCD i2c	20
LCD i2c	21
ClawServo Relay Power	53
Stepper Enable	52
Adressable LED Data	TBD
Claw / Servo PWM	5

Таблиця 3.2 – Опис з’єднання входних сигналівArduino

Вихід	Пін
Forward (joystick)	22
Backward (joystick)	23
Left (joystick)	24
Right (joystick)	25
Up (button)	26
Down (button)	27
Turn R Servo (button)	28
Turn L Servo (button)	29
Start (button)	30
Key check (button)	31
Work Mode (switch)	16
Timer Potentiometer	A12

	№ докум.	Підпис	

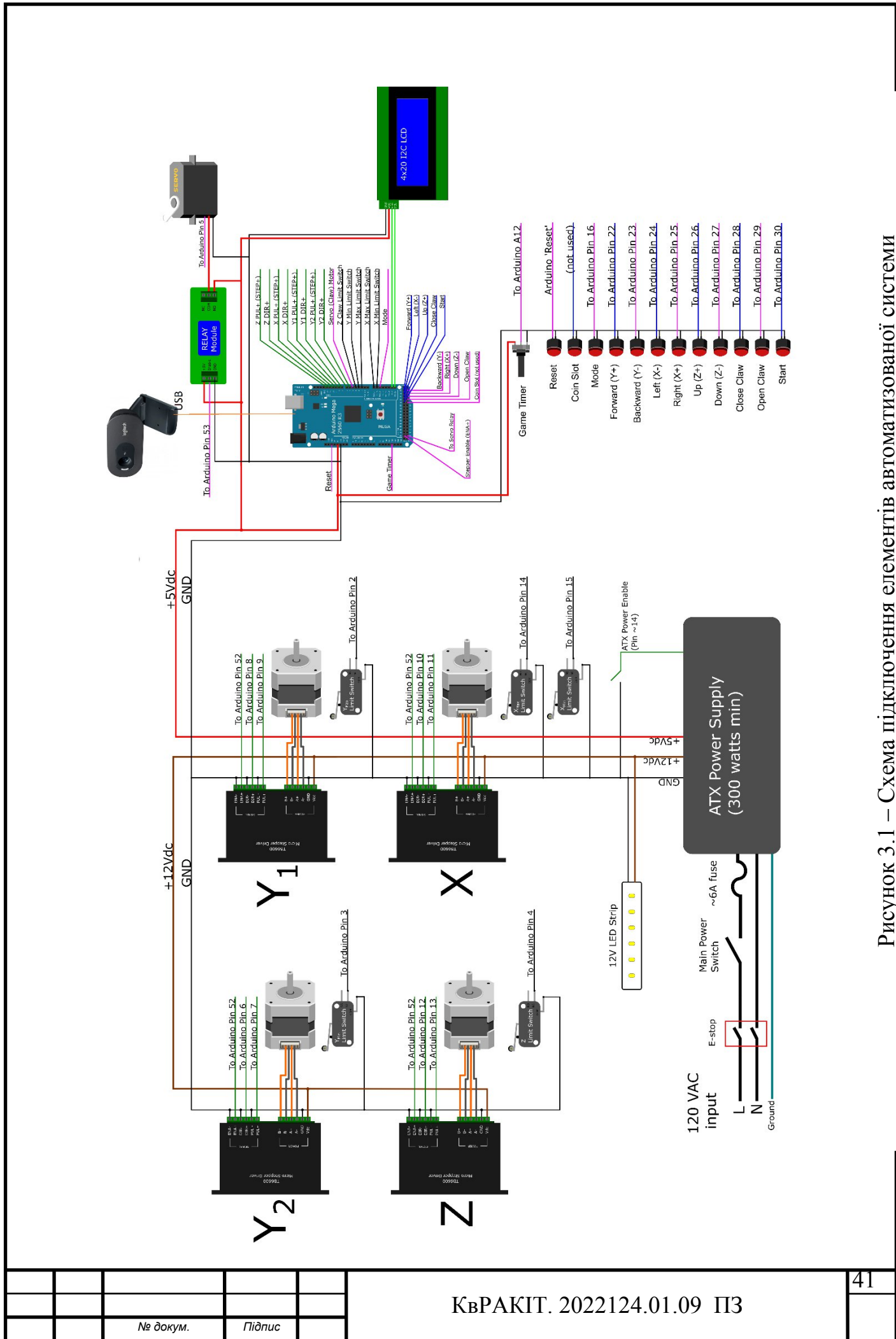


Рисунок 3.1 – Схема підключення елементів автоматизованої системи

Формування імпульсу кроку. На затискачі PUL подається прямокутний імпульс тривалістю не менше 2–4 мікросекунд. Один імпульс відповідає за один крок або мікро крок.

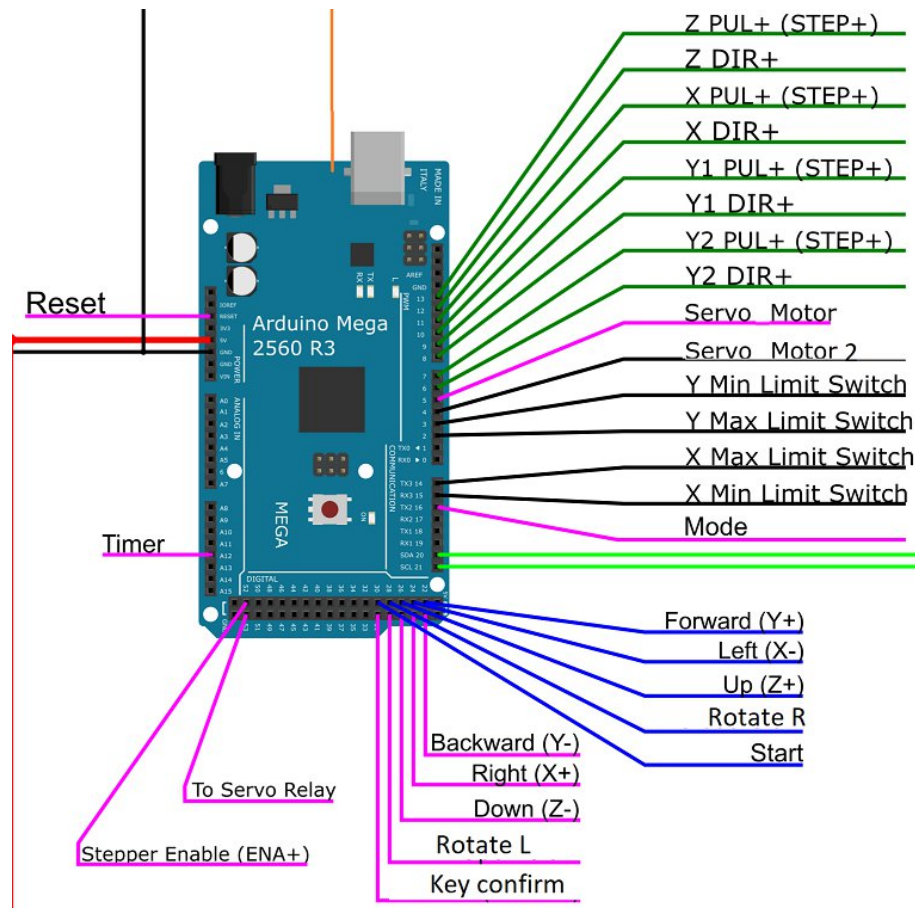


Рисунок 3.2 – Детальна схема підключення виходів/входів до Arduino

Виконання кроків реалізується у скетчі де визначається напрямок обертання та розмір кроку. Лінія DIR утримується у сталому рівні 0 В відповідає за оберт за годинниковою стрілкою в той час як 5 В за оберти проти годинникової стрілки, якщо дивитися на підключення від точки виходу кабелів із крокового двигуна, хоча певні не дуже якісні моделі крокових двигунів можуть мати помилки виробництва та мати протилежні напрямки обертів, тому

завжди слід повторно вручну перевірити кожен з них перед монтажем у систему.

Зміна напрямку перед наступним пакетом імпульсів визначає, куди поїде вісь. За увімкнення обмоток відповідає вхід ENA часто активований низьким рівнем. Поки драйвер тримає фазні транзистори відкритими, стан HIGH знеструмлює мотор.

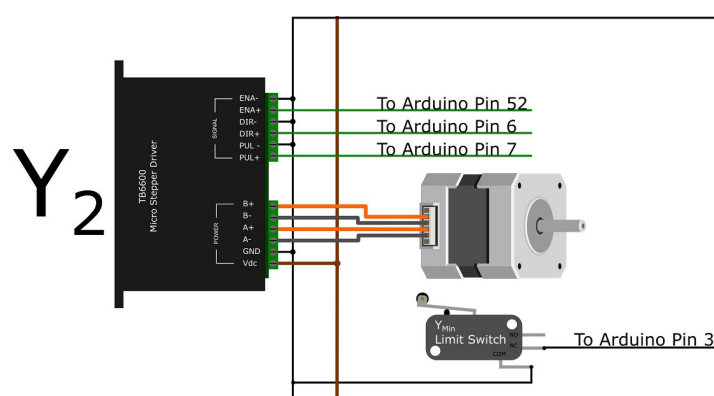


Рисунок 3.3 – Детальна схема підключення виходів/входів до драйверу та крокового двигуна

Логічні входи драйвера об'єднують з 5 В виходами Arduino для керування. Важливим моментом є обов'язкове використання спільної землі між Arduino і джерелом живлення драйвера, драйвер має два входи землі, один на силовій лінії, куди подається мінус з джерела живлення 12В та один на сигнальній 5В, сигнальний вихід повинен обов'язково бути приєднаним до виходу землі на платі.

Силлові клеми A+, B+, A-, B- підключаються до двох пар фаз NEMA-двигуна, а вхід Vdc та GND до окремого блоку живлення який стабільно видає 12 В.

				КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ		43
		№ докум.			Підпис	

Крок і струм встановлюють DIP-роз'ємами на корпусі вибране значення визначає, скільки імпульсів треба на повний оберт і яке обмеження струму драйвер утримає у статиці.

Після цього Arduino посилає лише STEP- DIR-послідовності, а драйвер уже формує імпульси у фазних ключах, синхронізуючи обмотки й гарантуючи створення потрібного моменту на валу без створення перенавантаження на контролері.

Також на рисунку 3.3 можна побачити принцип під'єднання кінцевика для обраної осі, ком вихід під'єднано до загальної землі плати Arduino а вихід NC, що відповідає за стан нормально відкритий подається на сигнальний вихід плати, щойно кінцевик буде нажатим на плату подається сигнал який можна зчитати, нуль або один і як результат зреагувати на замикання – розмикання кінцевика.

Принцип під'єднання сервоприводу через реле зображено на рисунку 3.4, на реле та сервопривід які здатні керуватися через живлення плати подається 5В та земля плати Arduino. До виходу керування реле подається 53 пін для визначення стану реле, відкрити чи закрите, для зупинки подачі живлення на сервопривід, на вхід сервоприводу подіється 5 пін контролеру, для визначення напрямку роботи сервомотору.

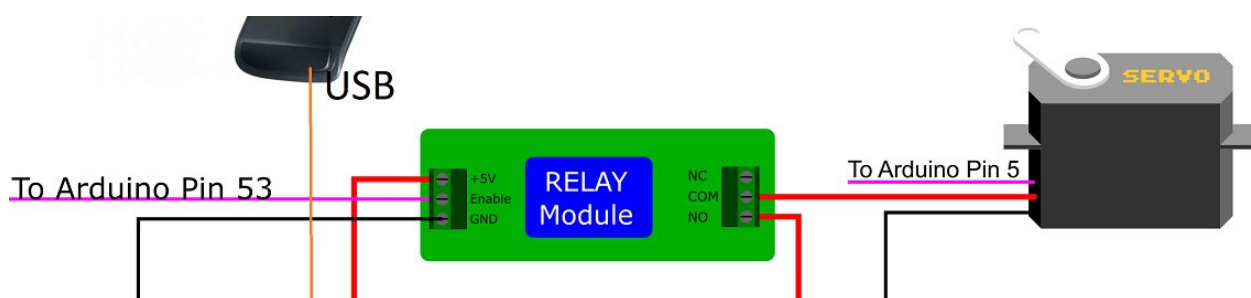


Рисунок 3.4 - Під'єднання сервоприводу через реле

Камера під'єднується через USB кабель напряму до контролеру.

Система також передбачає використання дванадцяти кнопок як зображено на рисунку 3.5, кнопки об'єднані землею плати, кожен вихід під'єднано до свого сигнального піна плати, як результат при натисканні на кнопку керуючий сигнал відправиться на під'єднаний пін, та оператор отримає підтвердження натискання на кнопку платою або світлодіодною стрічкою. За логікою роботи кнопка буде передавати сигнал доки оператор буде тримати її в зажатому стані.

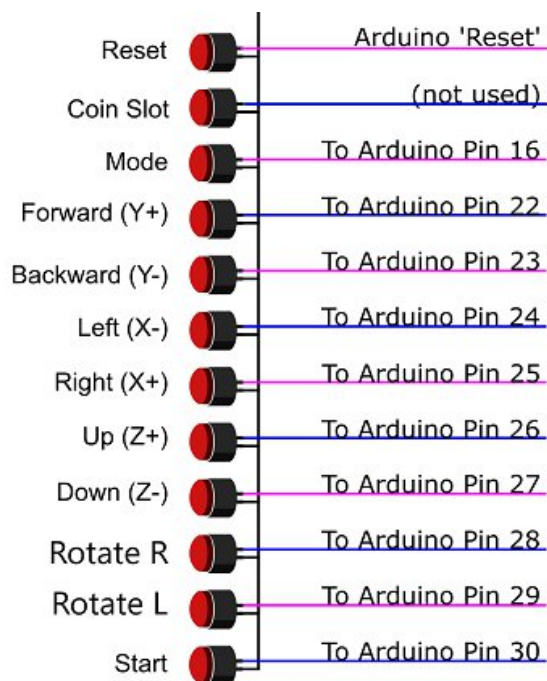


Рисунок 3.5 - Під'єднання кнопок до плати

3.2 Розробка алгоритму керування системою

Ультразвуковий далекомір використовується для вимірювання відстані. Спочатку сервопривід встановлюється на нульовий кут, після чого запускається

URF. Показання з URFi та поточний кут сервоприводу зберігаються у 2D-масиві. Також зупинка ініціюється тільки тоді, коли сервопривід досягає мети аби виникає обмеження в допустимій відстані. Всі дані зберігаються в EEPROM плати, щоб уникнути втрати даних через перепади живлення. Алгоритм у кодовій частині запит на отримання даних до системи, потім система як вузол відповідає на запиті надсилає підтвердження рухом. Потім оператор отримує дані, надіслані роботом, зі свого EEPROM.

Для візуалізації мапи головний комп'ютер використовує MATLAB для обчислень і пошуку вершин, а також для фільтрації та створення двовимірного відображення. Після цього комп'ютер надсилає інформацію про вершину на екран який виводить результат в пристрою для визначення положення елементів та побудови маршруту.

Система має кілька початкових – стартових режими роботи, які зображені на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Початкові режими роботи

Автоматичне дослідження, система використовує алгоритм відображений на рисунку 3.7 для вивчення та мапування приміщення складу для визначення розмірів та кінців приміщення. За допомогою датчиків відстані система виконує

рух по осі X, щойно вісь X буде повністю вивченою, система виконує зсув по осі Y на 5 см для переміщення на рівень вище та повторного вивчення.

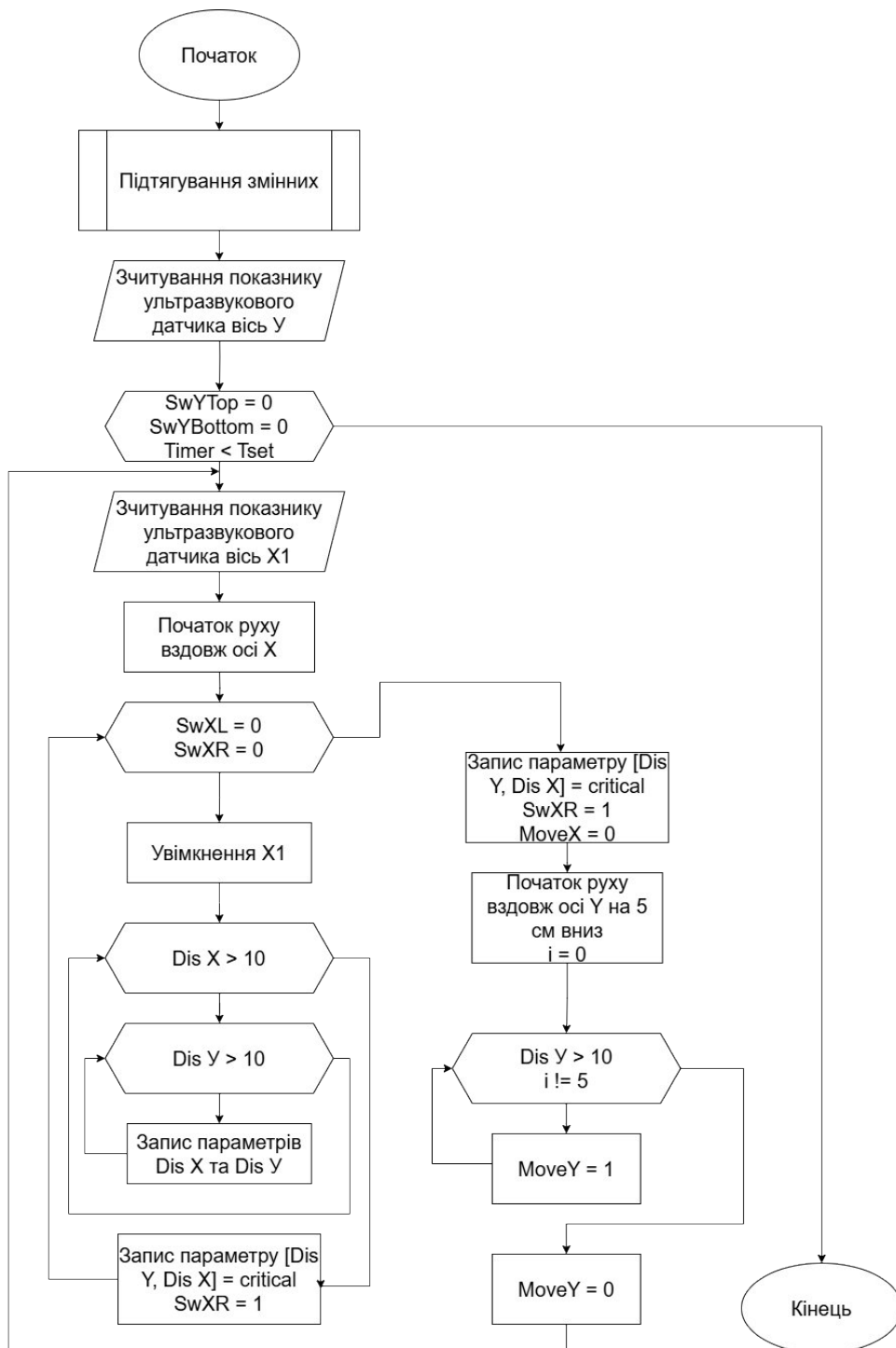


Рисунок 3.7 – Алгоритм позиціонування автоматичного дослідження кімнати

Таким чином систем працює до моменту активації кінцевика вісі У, або доки не закінчиться таймер автоматичного вивчення.

На рисунку 3.8 зображено візуалізацію схеми роботи алгоритму позиціонування автоматичного дослідження кімнати. Позиція P0 відповідає стартовій позиції камери з датчиками, якщо всі показники вірні, алгоритм запускає візок переміщуючи датчики по осі X до моменту спрацювання кінцевика або до моменту коли датчик дасть відстань по осі менше 10 см, щойно буде отримано команду про досягнення максимального положення позиції X, прилад виконає зсув за допомогою іншого крокового двигуна на 5 см вздовж осі У.

З нової позиції прилад виконає повторно алгоритм описаний вище, але напрямок руху по осі X змінюється. При доходженні до максимального положення позиції X прилад знову зупиняється виконуючи цикл пошуку.

Якщо прилад зустрине перешкоду у себе на шляху, як зображено з шафою, система виконає повернення датчика з камерою в позицію початку останнього циклу та виконає рух за іншою віссю, після чого спробує виконати дослідження стандартним шляхом.

Щойно прилад дійде до кінцевої точки кінцевиків X та У або зрозуміє що досягнення кінцевиків неможливе, відстань в початковій позиції руху останнього циклу та в фінальній має відстань меншу за відстань кроку, пристрій виконає зсув по вісі Z, та почне аналіз осей ХУ автоматично з початку.

Таким чином якщо використовувати максимальне значення відстані датчика в 40 см, пристрій виконає пошук по осі ХУ кімнати шириною в 4м за десять повних проходжень осі Х, тобто за проходження двадцяти ключових точок не враховуючи перешкод.

					КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ	48
		№ докум.	Підпис			

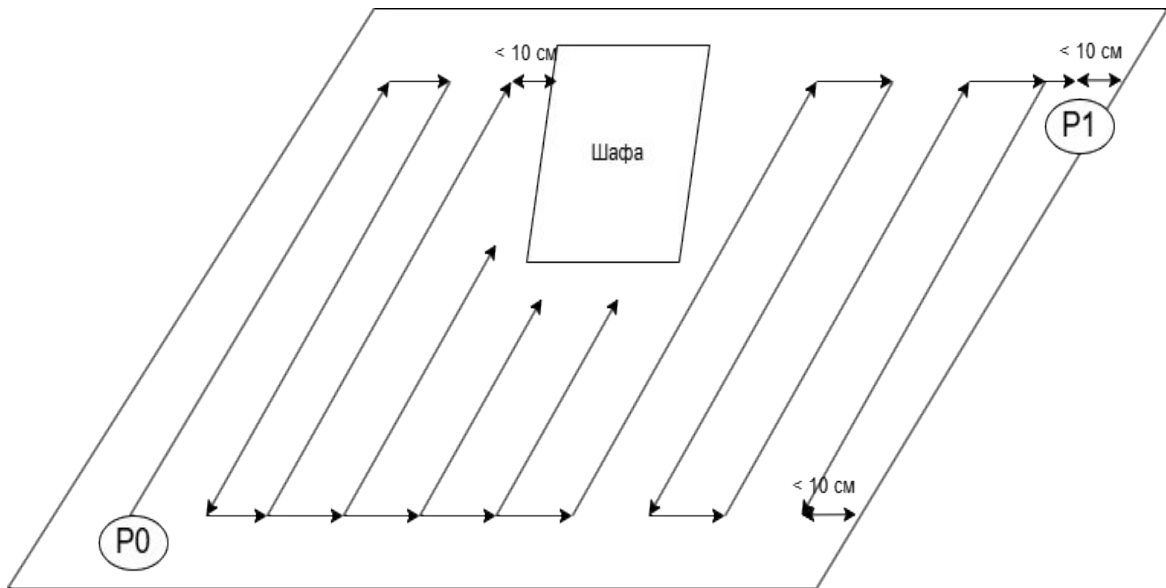


Рисунок 3.8 – Візуалізація схеми роботи алгоритму позиціонування автоматичного дослідження кімнати

Припускаючи використання аналогічного датчика по осі Z можна розрахувати, що система побудує мапу приміщення 4 x 4 x 3 метри за сімдесят повних проходжень циклу з зсувом на максимальну межу не враховуючи об'єктів у кімнаті.

Для побудови маршруту після отримання мапи пристрій враховує свою вагу та відстань між межами які було отримано після проведення сканування кімнати, враховуючи відстань до об'єкту.

Використовуючи стандартну відстань сканування штрих коду в 10-15 см для системи можна задати розміщення об'єкту – камеру на відстані 10 см від полиці – площини на яку було помічено як стіну та запуск проходження для сканування.

При виконанні ручного керування алгоритм дій буде відповідати зображеному на рисунку 3.9. Завдяки кнопкам користувач виконає керування елементами та зможе записати вручну мапу руху об'єкту. Таким чином оператор може не витратити час на автоматичне сканування усієї кімнати, а

задати маршрут наступних сканувань додаючи зупинки для позначення точок сканування, у іншому випадку система буде сканувати на наявність кодів увесь склад, звісно можливо виконати інтеграцію штучного інтелекту для розпізнавання комірок та сканування об’єктів в них.

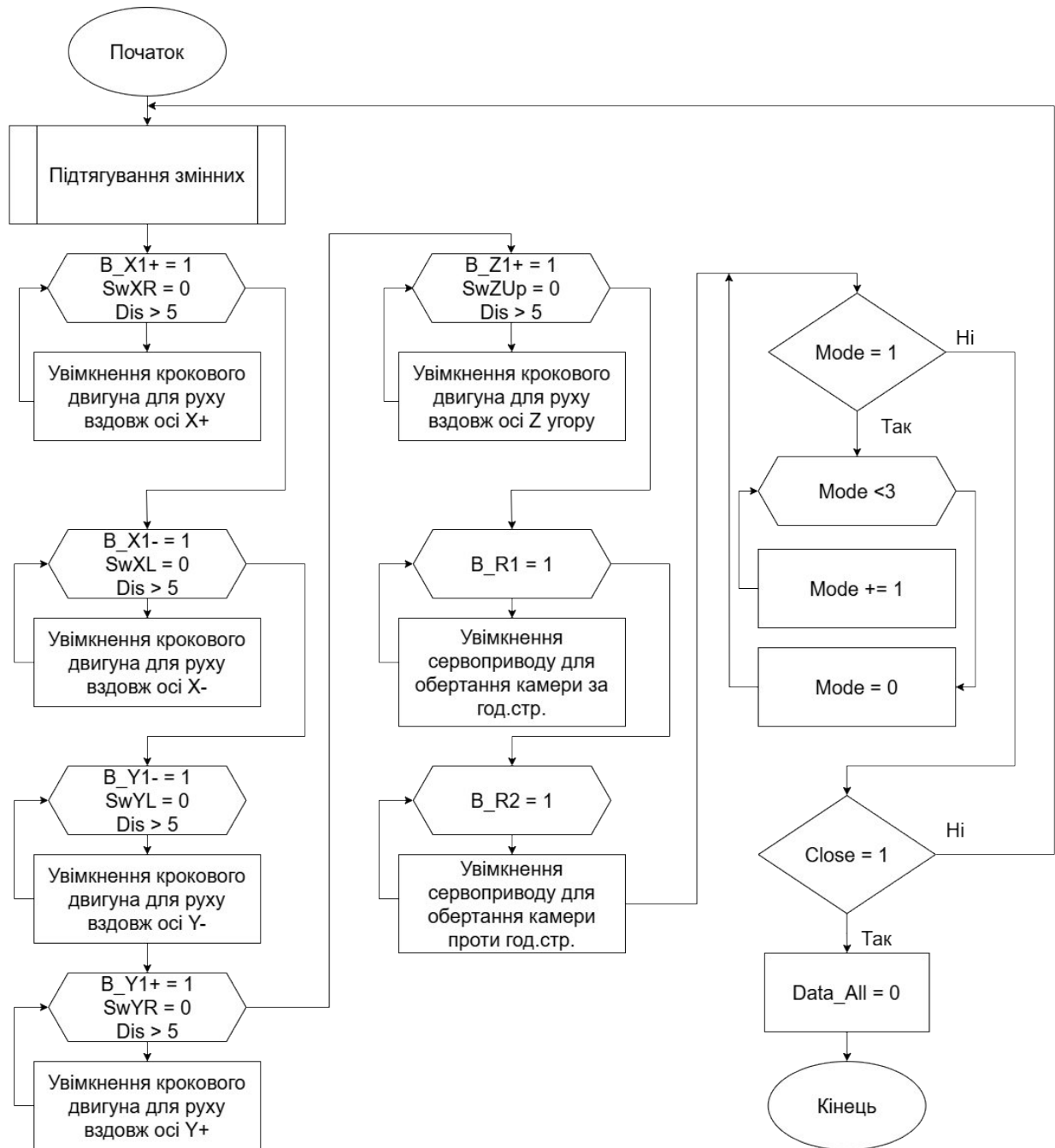


Рисунок 3.7 – Алгоритм ручного позиціонування дослідження кімнати

3.3 Розробка програми керування автоматизованої система

Розроблення системи виконувалося в середовищі Arduino IDE на сові Arduino C. Розроблений код можна розбити на шість головних груп:

- підключення бібліотек і апаратні константи;
- глобальні змінні і таймери;
- ініціалізація `setup()`;
- основний цикл `loop()`;
- модуль `runtest()` та допоміжні сервісні функції;
- низько рівневі рухові та сервісні підпрограми.

У першій групі на початку скетча підключено `Servo`, `Stepper`, `Adafruit_NeoPixel`, `Wire` та `LiquidCrystal_I2C`. Далі оголошено всі піни, сигнали крокових драйверів, лінії джойстика й кінцевиків, кнопки, реле живлення сервоприводу та світлодіодної стрічки. Тут же створюється об'єкт `pixels` для адресних LED і об'єкт `lcd` для 4-рядкового дисплея. Цей блок задає фізичну карту системи та стандартизує доступ до периферії.

Використовувані бібліотеки:

- `Servo.h` – для керування стандартними RC-серво моторами, у кодї використовуються функції `attach(pin)` - прив'язує серво до PWM-виходу, `write(angle)` - задає кут повороту (від 0 до 180 градусів), `read()` - повертає поточний кут; відповідає за поворот сервоприводу SG на який монтується камера, отже відповідає за поворот камери[38].
- `Stepper.h` - для роботи з кроковими двигунами через 2 або 4 проводи, використані можливості `Stepper stepsPerRevolution`, `pin1`, `pin2` - створення об'єкта, `step(steps)` - обертання двигуна на задану кількість кроків, `setSpeed(rpm)` - задає швидкість обертання[39].

- Adafruit_NeoPixel.h - для керування адресними RGB-світлодіодами, використано функції begin(для ініціалізація, setPixelColor(index, R,G,B) для задання кольору певного світлодіода та show() - надсилання кольорів на фізичну стрічку, а також numPixels() - кількість LED;

- Wire.h - для підтримки I2C-зв'язку, використовувалися Wire.begin() - ініціалізація шини I2C як master, Wire.requestFrom(), Wire.beginTransmission(), Wire.write(), Wire.endTransmission() - обмін даними, використовується для зв'язку з екраном;

- LiquidCrystal_I2C.h – використано для роботи з LCD-дисплеєм який використовує I2C-конвертер, використано функції init() - ініціалізація дисплея, backlight() - вмикання підсвітки, setCursor(col, row) - позиціонування курсору, print(text) - виведення тексту, clear() - очистка екрану.

У другому розділі зберігаються робочі параметри сервоприводу camStep і camCurValue, стани кнопок, масиви кінцевиків, параметри крокових імпульсів та таймери loopTimeLimit, elapsedTime і countDown. Роздільне зберігання часових змінних (для логіки керування) та змінних оновлення інтерфейсу (previousMillis1, updateInterval) дозволяє незалежно регулювати вимальовування дисплея та LED-полоси.

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Адреса екрана може змінюватись
Servo spiner; // Створення об'єкта керування сервоприводом
const int xStepPin = 11; // STEP пін для осі X
const int xDirPin = 10; // DIR пін для осі X
// Аналогічно для усіх інших пінів відповідальних за вісі
const int startButton = 30;
const int servoRelay = 53;
const int StepperEnable = 52;
```

Ініціалізація `setup()`, процедура `setup()` налаштовує напрямки усіх пінів, піднімає програмні pull-up резистори для входів, прив'язує сервопривід до PWM-піна, ініціалізує NeoPixel-стрічку та LCD. На дисплей виводиться splash-екран, після чого програма переходить у готовність до роботи в режимі очікування[40,41].

```
void setup() {  
  // Налаштування пінів як вхід/вихід  
  pinMode(xStepPin, OUTPUT); ...  
  pinMode(clawUp, INPUT_PULLUP); ...  
  spiner.attach(clawPin); // Підключення серво  
  pixels.begin(); // Ініціалізація LED стрічки  
  lcd.init(); lcd.backlight(); // Підготовка LCD  
  lcd.print("Програму запущено!"); // вивід повідомлення  
}
```

Основний цикл `loop()`. У `loop()` постійно відображається повідомлення «Натисніть кнопку для проведення обліку», моторні драйвери відключені, а мікроконтролер слухає кнопку `startScan`. Натискання `startScan` переводить керування у підпрограму `runScanAll()`, тобто в режим сканування.

```
void loop() {  
  lcd.print("Нажміть start для початку автоматичного позиціонування!");  
  digitalWrite(StepperEnable, HIGH); // Вимкнути мотори  
  while (digitalRead(startButton)==LOW) {  
    automove(); // Якщо натиснули кнопку start  
  }  
}
```

Модуль `runScanAll()` та допоміжні сервісні функції `runMap()` очищує дисплей, активує живлення сервопривода й крокових драйверів. У середині виконуються вкладені `while` цикли, кожен з яких відповідає окремому напрямку руху або осі та працює доти, поки:

- а) кнопка не буде натиснута повторно;
- б) не спрацював останній кінцевик;
- в) не вичерпався час перевірки.

Після кожного кроку викликається `LCD_LED_update()` — єдина точка, що раз на секунду зменшує таймер, відмальовує бар-індикатор і поступово запалює червоні світлодіоди. Коли час минув, модуль викликає `gameOver()` (візуальна індикація закінчення) і `returnHome()` (автоматичне повернення каретки у початкові координати). `void gameOver()` блимає LED-смужкою та повідомляє «GAME OVER!», після чого вимикає живлення серво. `void returnHome()` шляхом двох `while` циклів рухає X і Y доти, поки не спрацюють мінімальні кінцевики, стирає екран і гасить світлодіоди.

```
void runGameSkill() {
    digitalWrite(StepperEnable, LOW); // Увімкнути мотори
    digitalWrite(servoRelay, HIGH); // Увімкнути клешню
    gameStartTime = millis()/1000;
    while (millis()/1000 - gameStartTime < gameloopTimeLimit) {
        // Обробка руху (кожна команда в окремому while)
        while (digitalRead(leftJoystick) == LOW) { X_left(); }
        while (digitalRead(forwardJoystick) == LOW) { Y_forward(); }
        spinerOpenServo(); // увімкнення оберту серво в право
        spinerCloseServo(); // увімкнення оберту серво в ліво
    }
    autofinish();
    returnHome();}
```

3.4 Висновки до третього розділу

У оглянутому розділі було детально розглянуто процес підключення елементів до Arduino-контролера, з акцентом на поділ логічних і силових ланцюгів для безпечної та надійної роботи виконавчих пристроїв.

Особливу увагу приділено підключенню крокових двигунів через драйвери типу ТВ6600, що дозволяють розділяти живлення двигуна (12 В) та сигнальну частину (5 В), забезпечуючи точне та стабільне керування рухом.

Також розглянуто особливості формування імпульсів для крокових двигунів, підключення кінцевих вимикачів, живлення та керування сервоприводом через реле, а також підключення кнопок та LED-індикації.

Описані підключення відповідають загальній архітектурі системи, що забезпечує її модульність, масштабованість та простоту діагностики. Усі сигнали розділено на вихідні та вхідні, що дозволило чітко структурувати розміщення елементів у схемі.

Проаналізовано використання бібліотек Servo, Adafruit_NeoPixel, Wire, LiquidCrystal_I2C та базових можливостей Arduino, які забезпечують гнучке програмне керування всіма складовими.

Підхід до підключення ґрунтується на стандартних практиках побудови автоматизованих систем і дає можливість точно та ефективно керувати рухом, обробкою сигналів з органів керування, а також забезпечує візуалізацію поточного стану системи через LCD-дисплей та світлодіоди.

Алгоритми керування автоматизованою системою розпізнавання та обліку побудовані на структурованому розподілі режимів роботи: автоматичному дослідженні, ручному керуванні та спеціальних сценаріях сканування.

Кожен режим реалізований як окрема підпрограма, яка активується залежно від введення користувача або логічних умов, отриманих із сенсорів і кнопок.

Автоматичне позиціонування виконується на основі вкладених циклів, що забезпечують систематичне покрокове дослідження простору за алгоритмом змійки, з використанням кінцевих вимикачів для визначення меж координат.

Алгоритм враховує виявлені перешкоди та здатен адаптивно змінювати маршрут, зберігаючи координати у вбудованій EEPROM-пам'яті для подальшої обробки. Результати сканування синхронізуються з комп'ютером, який виконує мапування простору у додатковій програмі та передає оптимізовану інформацію назад у систему.

У ручному режимі керування користувач безпосередньо задає траєкторію руху, використовуючи кнопки. Алгоритм у цьому випадку реагує на постійно зчитуваний стан кнопок, дозволяючи оператору змінювати положення системи, повертати сервоприводи або запускати інші функції.

					КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ	56
		№ докум.	Підпис			

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши результати дослідження та розробки, можна стверджувати, що створена система автоматизації розпізнавання й обліку товару поєднує механіку тривимірного позиціонування, надійний апаратний комплекс на базі Arduino DUE і гнучкі алгоритми керування, здатні працювати як у повністю автономному, так і в ручному режимах.

Реалізований «змійковий» маршрут із переходом між рівнями по осі Z, підтриманий ультразвуковим зондуванням і кінцевими вимикачами, забезпечує покриття всього об'єму складу та формування воксельної карти середовища, яку у разі потреби можна доповнити алгоритмами Marching Cubes для точного тривимірного уявлення полиць.

З огляду на обмежену обчислювальну потужність контролерів класу Arduino, було прийнято рішення не використовувати нейронні мережі для більш детальної обробки зображення та визначення позиції з, водночас концепція системи може бути реалізована на усіх платах з правкою коду та невеликими змінами в структуру, якщо підприємство вже володіє інфраструктурою, розроблений пристрій можна легко модифікувати для взаємодії з нею.

Виконано підбір компонентів - крокові двигуни з драйверами TB6600, сервопривід із релейним відключенням живлення, OLED-інтерфейс і потужний імпульсний блок живлення 12 В 20 А - гарантує стабільну роботу під високим навантаженням.

Проведено аналізи необхідних бібліотек Arduino які спрощують модифікацію та сервіс.

Окремо показано, що інтеграція технологій розпізнавання дозволяє розширити функціонал без радикальної зміни апаратної частини. Використання

					КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ	57
		№ докум.	Підпис			

звичайного ультразвукового датчика може бути замінено в подальшому розвитку роботи на відеокамеру яка буде виконувати оброблення зображення в реальному часі для побудови мапи приміщення та визначення дистанції.

Таким чином, завершена розробка демонструє, що навіть за умов обмежених апаратних ресурсів можна створити гнучку систему автоматизації розпізнавання й обліку товару, здатну покривати увесь об’єм складу завдяки тривимірному позиціонуванню й алгоритмічному маршруту з вертикальними переходами по вісям.

Ультразвукове зондування, підкріплене кінцевими вимикачами, формує базову воксельну картину середовища, яку за потреби легко деталізувати методом Marching Cubes.

Комплект із крокових двигунів і драйверів TB6600, сервоприводу з релейним відключенням живлення, OLED-індикатора та імпульсного блоку живлення 12 В 20 А забезпечує надійну роботу під високим навантаженням, тоді як бібліотеки Arduino спрощують обслуговування й майбутні оновлення. Відмова від нейронних мереж на поточному етапі зумовлена обмеженнями контролера Arduino DUE, однак архітектура проекту лишається відкритою до переходу на

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Half of consumers will shop around for quicker deliveries [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nshift.com/press/half-of-consumers-will-shop-around-for-quicker-deliveries>(дата звернення: 12.06.2025).
2. Ecommerce Delivery Expectations 2023: Speed Beats Price [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ecdb.com/blog/ecommerce-delivery-expectations-2023-speed-beats-price/4635>(дата звернення: 12.06.2025).
3. Amazon: Robotics revolution cuts warehouse costs [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ft.com/content/50b7ecc3-08de-433a-9a5b-6d6590cf8179>(дата звернення: 12.06.2025).
4. Combating Warehouse Labor Shortages [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.logiwa.com/blog/combating-warehouse-labor-shortages>(дата звернення: 12.06.2025).
5. ASRS as a solution to the labor shortage [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.warehouseautomation.org/2022/07/12/asrs-as-a-solution-to-the-labor-shortage>(дата звернення: 12.06.2025).
6. How Amazon uses robots to sort, transport and pack [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.businessinsider.com/how-amazon-uses-robots-sort-transport-packages-warehouses-2025-2>(дата звернення: 12.06.2025).
7. Odoos Inventory Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.odoo.com/documentation/18.0/applications/inventory_and_mrp/inventory.html (дата звернення: 12.06.2025).
8. Amazon Robotics at Fulfillment Centers [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-robotics-robots-fulfillment-center> (дата звернення: 12.06.2025).
9. Universal Model for Amazon Robots [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.amazon.science/latest-news/how-a-universal-model-is-helping-one-generation-of-amazon-robots-train-the-next>(дата звернення: 12.06.2025).
10. Amazon Robotics at Fulfillment Centers [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-robotics-robots-fulfillment-center>(дата звернення: 12.06.2025).
11. Meet Amazon’s Latest Robots: Proteus and Cardinal [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://consumergoods.com/meet-amazons-latest-robots-proteus-and-cardinal> (дата звернення: 12.06.2025).
12. Robots at Amazon [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.agvnetwork.com/robots-amazon> (дата звернення: 12.06.2025).
13. Arduino.cc. Due Arduino [Електронний ресурс]. Режим доступу: docs.arduino.cc/hardware/duel (дата звернення: 12.06.2025).
14. Fezari M. Get more Power in your projects with “Arduino Due” [Електронний ресурс]. Режим доступу: researchgate.net/publication/327829615 (дата звернення: 12.06.2025).
15. Arduino Due: Pin Configuration, Interfacing & Its Applications [Електронний ресурс]. Режим доступу: elprocus.com/arduino-due (дата звернення: 12.06.2025).
16. Arduino Due R3 з кабелем [Електронний ресурс] / uAmpг. Режим доступу: uampг.com/Arduino-Due-R3 (дата звернення: 12.06.2025).

										59
		№ докум.	Підпис							

17. Bocci V., Chiodi G., Iacoangeli F. et al. A lowcost network of spectrometer radiation detectors based on the ArduSiPM a compact transportable Software/Hardware Data Acquisition system with Arduino DUE
18. arXiv. – 2015. – Режим доступу: arxiv.org/abs/1506.01915 (дата звернення: 12.06.2025).
19. Arduino 32-bit Due released [Електронний ресурс]. Wired. Режим доступу: [wired.com](https://www.wired.com) (дата звернення: 12.06.2025).
20. Differences Between Newer and Earlier Versions of Ultrasonic Sensor HC-SR04P. *Cytron Technologies*. URL: <https://www.cytron.io/tutorial/differences-between-newer-and-earlier-versions-of-ultrasonic-sensor-hc-sr04p> (дата звернення: 12.06.2025).
21. Implementation of Sensing and Actuation Capabilities for IoT Devices Using oneM2M Platforms / J. Yun et al. *Sensors*. 2019. Т. 19, № 20. С. 4567. URL: <https://doi.org/10.3390/s19204567>.
22. Dimitrova D., Manukova A. Laboratory Test and Selection of Ultrasonic Sensors for Ultrasonic Cane for Blind People. *2024 23rd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, м. East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 20–22 берез. 2024 р. 2024. URL: <https://doi.org/10.1109/infotech60418.2024.10495927>.
23. Zhao M., Guo C. Design of Household Wastewater Recycling System Based on STM32. *IPEC2022: 2022 3rd Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers*, м. Dalian China. New York, NY, USA, 2022. URL: <https://doi.org/10.1145/3544109.3544182>
24. EREN A., DOĞAN H. Design and Implementation of a Cost Effective Vacuum Cleaner Robot. *Turkish Journal of Engineering*. 2021. URL: <https://doi.org/10.31127/tuje.830282>
25. Савков П. А. Апаратно-програмний комплекс обладнання діагностики та аналізу схем, що побудовані на базі логічних елементів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2000. Вип. 2. С. 52–56.
26. A new photopolymer extrusion 5-axis 3D printer / M. Asif et al. *Additive Manufacturing*. 2018. Т. 23. С. 355–361. URL: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.08.026> (дата звернення: 12.06.2025).
27. DECENTRALIZED INFORMATION SYSTEMS IN INTELLIGENT MANUFACTURING MANAGEMENT TASKS / I. Nevliudov et al. *Advanced Information Systems*. 2024. Т. 8, № 3. С. 100–110. URL: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.3.12> (дата звернення: 12.06.2025).
28. Reticulum-derived extracellular matrix scaffolds / N. Kumar et al. *Natural Biomaterials for Tissue Engineering*. 2025. С. 105–129. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-26470-2.00005-3> (дата звернення: 12.06.2025).
29. Shalenko V., Korniychuk B., Masluyk A. Z-axis limit switch 3D printer. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini*. 2020. № 96. С. 22–27. URL: <https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0301> (дата звернення: 12.06.2025).
30. Chen Z., Zhang H. Neural marching cubes. *ACM Transactions on Graphics*. 2021. Т. 40, № 6. С. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1145/3478513.3480518> (дата звернення: 12.06.2025).
31. Athawale T. M., Sane S., Johnson C. R. Uncertainty Visualization of the Marching Squares and Marching Cubes Topology Cases. *2021 IEEE Visualization Conference (VIS)*, м. New Orleans, LA, USA, 24–29 жовт. 2021 р. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/vis49827.2021.9623267> (дата звернення: 12.06.2025).

32. Modification Rules for Improving Marching Cubes Algorithm to Represent 3D Point Cloud Curve Images. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*. 2024. Т. 17, № 1. С. 536–554. URL: <https://doi.org/10.22266/ijies2024.0229.46> (дата звернення: 12.06.2025).
33. Marching cubes-based isogeometric topology optimization method with parametric level set / M. Zhou et al. *Applied Mathematical Modelling*. 2022. Т. 107. С. 275–295. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2022.02.032> (дата звернення: 12.06.2025).
34. Pankiv V. I., Storozhuk O. L. Використання нейронних мереж та технік глибокого навчання для аналізу великих обсягів даних у реальному часі. *Forestry Education and Science: Current Challenges and Development Prospects. International Science-Practical Conference, October 23-25, 2024, Lviv, Ukraine.* 2024. URL: <https://doi.org/10.36930/conf150.5.19> (дата звернення: 12.06.2025).
35. Zhang J., Zhong D., Wang L. A Two-Step Surface Reconstruction Method Using Signed Marching Cubes. *Applied Sciences*. 2022. Т. 12, № 4. С. 1792. URL: <https://doi.org/10.3390/app12041792> (дата звернення: 12.06.2025).
36. 3D reconstruction of brain tumors from 2D MRI scans: An improved marching cube algorithm / R. Mittal et al. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2024. Т. 91. С. 105901. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105901> (дата звернення: 12.06.2025).
37. A marching cube algorithm based on edge growth / X. Wang et al. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*. 2021. Т. 3, № 4. С. 336–349. URL: <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2021.08.006>.
38. Gitman Y., Murphy J. PulseSensor Servo Motor Control. *Heartbeat Sensor Projects with PulseSensor*. Berkeley, CA, 2023. С. 93–107. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9325-6_7.
39. Darie E., Pécsi R., Culcea M. Speed Control of the Direct Current Servomotor and the Stepper Motor with Arduino UNO Platform. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Т. 664, № 1. С. 012055. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/664/1/012055>.
40. Arduino: a Novel Solution to the Problem of High-Cost Experimental Equipment in Higher Education / M. Guzmán-Fernández et al. *Experimental Techniques*. 2021. Т. 45, № 5. С. 613–625. URL: <https://doi.org/10.1007/s40799-021-00449-1>.
41. Nieh H.-M., Chen H.-Y. An Arduino-Based Experimental Setup for Teaching Light Color Mixing, Light Intensity Detection, and Ambient Temperature Sensing. *The Physics Teacher*. 2023. Т. 61, № 2. С. 133–137. URL: <https://doi.org/10.1119/5.0066060>

					КВРАКІТ. 2022124.01.09 ПЗ	61
		№ докум.	Підпис			

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Маслій Богдан Вікторович

Тема: Автоматизована система очистки поверхні

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 56

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: метою роботи є розробка системи автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі, яка дозволяє підвищити ефективність роботи працівників із товарами та зменшити час обробки замовлень в умовах високого попиту, дозволяючи швидко визначити розташування об'єктів та використовувати функцію автоматичного обліку товарів на складі

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз відомих засобів та рішень. У другому розділі виконано розробку методу автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі. У третьому розділі виконано програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи розпізнавання та обліку товару на складі

4. Позитивні сторони роботи: Використання дистанційного керування. Передбачено різні режими роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється розробці взаємодії системи з базою даних товарів.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи:

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

завідувач кафедри комп'ютерних наук,
д.т.н., професор Бармак Олександр Валентинович

"20" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Маслій Богдан Вікторович

ІІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

20.06.2025

дата

Маслій

підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Богдан МАСЛІЙ

Співавтор:

Назва: Маслій антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:1.8%

Коефіцієнт подібності 2:0%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 24

Інтервали: 0

Білі знаки: 1

Дата створення звіту: 2025-06-20 00:50:23.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-20

Доцент Микола Федула

Дата

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 12%

ID: 247008 Title: БКР Система автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі Added in a DB: 2025-06-19 Authors: Богдан МАСЛІЙ Heads: Ірина ФОРКУН Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	55552	828	1464 (3%)	20 (2%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система автоматизації розпізнавання та обліку товару на складі

Автор: Маслій Богдан Вікторович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Форкун Ірина Валеріївна, доктор технічних наук, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 5% і адресується до 34 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Ірина ФОРКУН