

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розробка безконтактного методу ідентифікацій виробів на промисловій лінії
(тема)

Виконала:
студентка 2 курсу, групи КІТПВМ-21-1
Шевченко К.О.
(прізвище, ініціали)

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

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Євсєєв В. В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет АКТ

Кафедра КІТАМ

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

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

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«____» _____ 20____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Шевченко Катерині Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка безконтактного методу ідентифікації виробів на промисловій лінії

затверджена наказом університету від 31 05 2021 р. № 738Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 12 12 2022р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Основний засіб розпізнавання та ідентифікації: камера

Системи ідентифікації об'єктів на конвеєрній лінії. Метод ідентифікації: Qr-код

Метод розпізнавання об'єктів: контурний

Головний пристрій системи Raspberry pi 4

Кольори об'єктів, що розпізнаються: однакові

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

4.1 Вступ

4.2 Аналіз сучасних систем ідентифікацій об'єктів в індустрії 4.0

4.3 Розробка структури і алгоритмів системи ідентифікацій об'єктів на виробничій лінії

4.4 Розробка системи ідентифікацій об'єктів на виробничій лінії

4.5 Експериментальні дослідження

4.5 Висновки; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) _____

Графічний демонстраційний матеріал в форматі PowerPoint (*.ppt) формату А4 – 19 сторінок.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літератури по темі роботи	8.09.22 – 13.09.22	
2.	Аналіз технічного завдання	14.09.22 – 16.09.22	
3.	Аналіз сучасних систем ідентифікацій об'єктів У промисловості 4.0	17.09.22 – 21.09.22	
4.	Розробка структури і алгоритмів системи ідентифікації Об'єктів на виробничій лінії	22.09.22 – 29.09.22	
5.	Розробка системи ідентифікації об'єктів на виробничій лінії	30.09.22 – 10.10.22	
6.	Проведення експериментальних досліджень	12.10.22 – 20.10.22	
7.	Оформлювання пояснювальної записки	21.10.22 – 25.10.22	
8.	Подання роботи на рецензію	25.11.22	
9.	Подання роботи на підпис зав. кафедри	01.12.22	
10.	Представлення до захисту	07.12.22	

Дата видачі завдання 11 05 2021 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Євсєєв В.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 с., 12 табл., 44 рис., 2 дод., 33 джерел.

МАКЕТ, СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ, КОНВЕЄРНА ЛІНІЯ,
WAREHOUSE , ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ.

Мета роботи – розробка системи ідентифікації об'єктів за допомогою машинного зору.

Об'єкт дослідження – процес складування в системах warehouse 4.0.

Предмет дослідження – методи розпізнавання і ідентифікації об'єктів в системах керування складом.

Методи дослідження – теорія прийняття рішень, теорія розпізнавання об'єктів.

У процесі виконання роботи було проведено аналіз існуючих систем систем ідентифікації об'єктів у промисловості, розроблено структурну схему системи ідентифікації, розроблено алгоритми ідентифікації та розпізнавання об'єктів на конвеєрній лінії, обрано апаратні модулі для системи, обрано середовище розробки, розроблено макет системи ідентифікації об'єктів на виробничій лінії, проведено експеримент, а також необхідні розрахунки освітленості робочого приміщення, тощо.

ABSTRACT

Explanatory note: 81 pp., 12 tables, 44 fig., 2 appendices, 33 sources.

LAYOUT, OBJECT IDENTIFICATION SYSTEM, CONVEYOR LINE, WAREHOUSE, INTERNET OF THINGS.

The purpose of the work is to develop a system of object identification using machine vision.

The object of research is the storage process in warehouse 4.0 systems.

The subject of research is methods of object recognition and identification in warehouse management systems.

Research methods – decision-making theory, object recognition theory.

In the course of the work, an analysis of existing systems of object identification systems in industry was carried out, a structural diagram of the identification system was developed, algorithms for the identification and recognition of objects on the conveyor line were developed, hardware modules for the system were selected, a development environment was selected, a layout of the object identification system was developed objects on the production line, an experiment was carried out, as well as necessary calculations of the illumination of the working room, etc.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз сучасних систем ідентифікацій об'єктів у промисловості 4.0.....	11
1.1 Аналіз систем управління складом концепції WAREHOUSE 4.0.....	12
1.2 Аналіз існуючих систем ідентифікацій та розпізнавання об'єктів на виробничій лінії.....	14
1.2.1 Імітаційна модель системи ідентифікації від Fischertechnik.....	15
1.2.2 Лінія сортування POMONE 4.....	17
1.2.3 Візуальний огляд для виявлення дефектів	19
1.2.4 RFID система.....	21
1.3 Аналіз методів розпізнавання об'єктів.....	22
1.3.1 Ідентифікація об'єктів за допомогою комп'ютерного зору.....	23
1.3.2 Нейромережне розпізнавання об'єктів	25
1.3.3 Метод контурного аналізу	25
1.3.4 Метод Віоли-Джонса та його комбінації.....	27
1.3.5 Примітиви Хаара.....	28
1.4 Аналіз методів ідентифікацій.....	30
1.4.1 RFID системи	31
1.4.2 Штрих-коди та QR-коди	33
1.4.2.1 Штрих-коди	33
1.4.2.2 QR-коди	34
1.4.3 NFC	36
1.5 Аналіз апаратних модулів	37
1.5.1 Сканери штрих-кодів та RFID.....	37
1.6 Постановка завдань досліджень.....	41
2 Розробка структури і алгоритмів системи ідентифікацій об'єктів	

на виробничій лінії.....	42
2.1 Розробка структури системи.....	42
2.2 Розробка алгоритмів розпізнавання	43
2.3 Розробка алгоритмів ідентифікації.....	45
2.4 Висновки до другого розділу.....	46
3 Розробка системи ідентифікацій об'єктів на виробничій лінії.....	47
3.1 Вибір апаратних модулів	47
3.1.1 Вибір мікроконтролера	47
3.1.2 Вибір камери.....	50
3.1.3 Вибір модулів системи сортування об'єктів	51
3.1.4 Вибір модуля джерела живлення.....	52
3.2 Вибір середі розробки	53
3.2.1 Бібліотека комп'ютерного зору OpenCV	53
3.2.2 Встановлення та налаштування середі розробки.....	54
3.3 Розробка макету системи ідентифікації об'єктів на виробничій лінії... ..	55
3.3.1 Розробка макету.....	55
3.3.2 Розробка програмного забезпечення макету	55
3.4 Висновки до третього розділу	61
4 Експериментальні дослідження.....	62
4.1 Постановка задач експериментального дослідження.....	62
4.2 Дослідження часу розпізнавання та точності при різному освітленні ..	62
4.3 Розрахунок освітленості.....	68
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	71
Висновки.....	72
Перелік джерел посилання	73
ДОДАТОК А Програмний код	77
ДОДАТО Б Демонстраційний матеріал.....	82

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

КА – контурний аналіз;

КІТАМ – кафедра комп’ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки;

СЛ – складська логістика;

ХНУРЕ – харківський національний університет радіоелектроніки;

CPS – Cyber-Physical System;

ІоТ – технологія інтернет речей;

NFC – зв’язок ближнього поля (Near Field Communication);

QR – quick response – швидке реагування;

RFID – радіочастотна ідентифікація (Radio Frequency IDentification).

ВСТУП

Сучасна промисловість відзначається використанням нових технологій у виробничих процесах, що полягає в повністю автоматизованих виробництвах та підприємствах при керуванні виробничими процесами в режимі реального часу, враховуючи при цьому всі умови, які можуть впливати на процеси.

Такі технології перетворюють звичайні складські приміщення на розумні склади.

Спеціальні системи, що здатні об'єднуватися між собою в єдину спільну мережу, при цьому створюють копії реального фізичного світу, одночасно контролюючи фізичні процеси, які відбуваються в режимі реального часу та за потреби, приймають різноманітні рішення.

Ця робота є актуальною, оскільки системи ідентифікації об'єктів на виробництві значно полегшує процес транспортування, сортування та проведення інвентаризації на складських приміщеннях, полегшує ведення бухгалтерського обліку.

Такі системи ідентифікації набагато пришвидшують процес виконання складських робіт та робіт по ідентифікації й сортуванню об'єктів, зменшує вірогідність впливу на процес людського фактору, що мінімізує помилки в сортуванні.

Мета роботи – розробка системи ідентифікації об'єктів за допомогою машинного зору.

Об'єкт дослідження – процес складування в системах warehouse 4.0.

Предмет дослідження – методи розпізнавання і ідентифікації об'єктів в системах керування складом.

Методи дослідження – теорія прийняття рішень, теорія розпізнавання об'єктів.

Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити наступні завдання:

- Провести аналіз існуючих систем ідентифікації об'єктів;

- розробити структурну схему;
- розробити алгоритми ідентифікації;
- удосконалити існуючі методи;
- вибрати апаратні модулі для системи;
- обрати середовище розробки;
- розробити макет системи ідентифікації об'єктів на виробничій лінії
- провести необхідні розрахунки;
- оформити кваліфікаційну роботу виконано згідно з [1], [2].

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У ПРОМИСЛОВОСТІ 4.0

Сучасна промисловість відзначається використанням нових технологій у виробничих процесах. Industry 4.0 (рисунок 1.1), полягає в повністю автоматизованих виробництвах та підприємствах при керуванні виробничими процесами в режимі реального часу, враховуючи при цьому всі умови, які можуть впливати на процеси. Спеціальні системи, що здатні об'єднуватися між собою в єдину спільну мережу, при цьому створюють копії реального фізичного світу, одночасно контролюючи фізичні процеси, які відбуваються в режимі реального часу та за потреби, приймають різноманітні рішення.

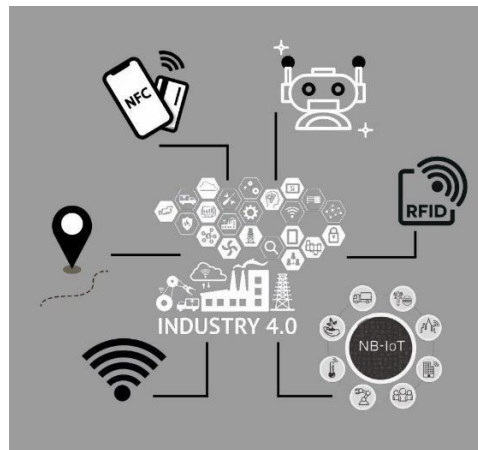


Рисунок 1.1 – Четверта промислова революція (Індустрія 4.0)

Для вході індустрії 4.0 було розроблено такі технології:

- радіочастотна ідентифікація (RFID);
- вузькосмуговий IoT (NB-IoT);
- Wi-Fi;
- зв'язок ближнього поля (NFC);
- мобільні мережі 5-го покоління (5G);
- глобальна система позиціонування (GPS);

- бездротова сенсорна мережа (WSN);
- робототехніка, тощо.

Важливу роль відіграє економічна глобалізація, яка безпосередньо впливає на глобалізацію виробництв, що призводить до потреби автоматизації процесів. Глобалізація виробництв – це можливість отримання послуг та товарів з усіх куточків світу з метою отримання якомога кращої якості та вигашу в ціні.

Індустрія 4.0 базується на Інтернеті речей (IoT), можливостях цифрового зв'язку та робототехніці.

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) – використовується для обміну інформацією як між людьми, так і між різними «речами», тобто машинами, пристроями, датчиками і т.д. [3].

Нові формати торгівлі призводять до появи все більшої кількості складських приміщень. З'являється потреба реорганізації складських приміщень, задля швидкого функціонування та роботи з меншими затратами.

Для досягнення цих цілей виникає потреба в повній чи частковій автоматизації складського приміщення. Це досягається за рахунок сучасних технологій, які в комплексі перетворюють звичайний склад на розумний.

Склад – це спеціально обладнане приміщення для приймання, обробки, складування та розподілу вантажів.

Розумний склад – це автоматизований склад з використанням технологій, які в комплексі дають змогу оптимально та якомога ефективніше вирішувати завдання складської логістики без участі людини.

Складська логістика (СЛ) – облік, розподіл та управління товарними запасами підприємства.

1.1 Аналіз систем управління складом концепцій WAREHOUSE 4.0

В процесі створення розумного приміщення розглядають чотири основні теми:

– ефективне планування комунікацій (Efficient Communication Scheduling) полягає в утворенні щільної локальної мережі (LAN), за допомогою використання та поєднання між собою різноманітних за функцією та призначеннями пристроїв CPS. У створеній локальній мережі виконується збір даних, необхідних для правильної організації певного процесу. При цьому обмежена смуга пропускання бездротового зв'язку може не підтримувати збір даних у реальному часі з великої кількості пристроїв CPS;

– точна та надійна локалізація (Accurate and Robust Localization) проводиться для основних операцій на складі, зокрема таких як інвентаризація для отримання та відстеження розміщення продукції чи будь-яких інших об'єктів. Підхід до локалізації має бути точним, надійним, швидким, і широкого охоплення;

– співпраця кількох роботів (Multi-Robot Collaboration) роботи складаються з різних датчиків, точних приводів і потужних процесорів. Ці компоненти дають змогу роботу приймати розумні рішення, а також поводитися обережно та точно. Роботів використовують для покращення виконання складних завдань, які потребують багато часу для виконання їх людиною, тих завдань що можуть нашкодити людині та тих, які є технічно важкими у виконанні. Розумні роботи забезпечують великий потенціал для розумного складу, адже можуть виконувати безліч різноманітних завдань, наприклад: складських операцій, перенесення та переміщення, складання, маркування, сортування, тощо;

– розпізнавання людської діяльності (Human Activity Recognition.). Людина в системі розумних складських приміщень відіграє важливу роль в управлінні різного роду та виду діяльності об'єктами, товарами, пристроями, тощо. Для організації спільної одночасної роботи людини з комп'ютером (роботами) необхідно також розпізнавати діяльність людини [4].

1.2 Аналіз існуючих систем ідентифікацій та розпізнавання об'єктів на виробничій лінії

Лінії конвеєрного типу є дуже розповсюдженим пристроєм автоматизації для пересування об'єктів на підприємствах. Конвеєри використовуються майже на кожному підприємстві та розподіляються на:

- роликові – поверхня цього типу конвеєрної стрічки складається з роликів, які обрані відповідно до виробничих вимог, такими як вага або необхідна швидкість руху продуктів, які будуть переміщатися уздовж стрічки;
- плоскі – використовує серію привідних шківів для переміщення безперервного плоского ремня, який може складатися з натурального матеріалу або синтетичної тканини (наприклад, поліестер, нейлон);
- шевронні – стрічкові конвеєри з клином мають в своєму виконанні вертикальні клини або бар'єри. Ці шипи можуть забезпечувати безпеку сипучих матеріалів під час ухилів і ухилів, забезпечуючи рівномірне відстань між предметами і багато іншого [5].

Конвеєри вирішують завдання автоматизації й оптимізації процесу виробництва і є невід'ємною частиною різних технологічних ліній [5].

Для покращення роботи, зменшення витрат часу на виконання процесів та підвищення якості ідентифікації та сортування об'єктів на виробництві, конвеєрні лінії додатково оснащують системами ідентифікації різного типу, в залежності від об'єктів, які потрібно ідентифікувати.

В сучасному світі для виконання таких задач існує технологія автоматичної ідентифікації та збору даних (Automatic Identification and Data Capturing – AIDC). Під цим терміном маються на увазі методи автоматичної ідентифікації об'єктів, збору даних про них та передача їх напряму до комп'ютерних систем без участі людини [6].

Данні для ідентифікації отримуються ззовні під час обробки зображення або електромагнітних хвиль зі зчитувачів. Перетворювач конвертує отриману

інформацію, які вже в подальшому обробляються комп'ютером шляхом порівняння інформації яку отримав з вже існуючою інформацією, або самостійно проводить ідентифікацію об'єкта.

1.2.1 Імітаційна модель системи ідентифікації від Fischertechnik
Моніторинг виконання процесів на виробництві потрібен з метою виявлення помилок у виробництві на ранніх стадіях та з можливістю автоматичного виправлення, для виконання процесів з якомога кращою якістю.

Вже раніше розроблена імітаційна модель від Fischertechnik (FT) – дозволяє моделювати та контролювати виробничі процеси за урахуванням фактичних фізичних властивостей виробничого середовища.

Імітаційна модель системи ідентифікації від Fischertechnik складається з двох частин. Кожна частина оснащена декількома датчиками, такими як:

- світлові бар'єри;
- вимикачі;
- ємнісні датчики;
- зчитувачі RFID міток для моніторингу.

Важливу роль в системі представляє камера, яка розташована по центру на відстані 70 см. Модуль 2D-камери від Raspberry Pi V2 на 8 Мп безперервно записує всі процеси, зі статичного вигляду, з висоти пташиного польоту, з кутом огляду приблизно 90° [7]. Камера надає вхідне відео з високою роздільною здатністю та якістю зображення, для системи виявлення об'єктів та є основною складовою системи моніторингу на всіх етапах виробничої лінії [8][9].

На рисунку 1.2 зображено імітаційні моделі від Fischertechnik та результати ідентифікації об'єктів [7].

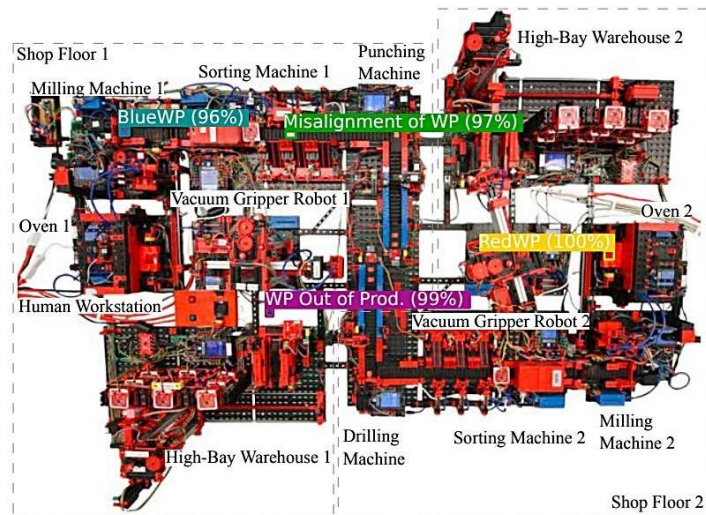


Рисунок 1.2 – Імітаційні моделі від Fischertechnik та результати ідентифікації об'єктів [7]

Системи ідентифікації та керування процесами на виробництвах, що існують в наш час здебільшого покладаються на роботу датчиків що випромінюють дискретні значення (наприклад, внутрішній стан окремих виробничих машин, світлові бар'єри, перемикачі, смарт-теги тощо) для моніторингу виконання процесів всередині виробничої лінії [7].

Але не всі процеси підпадають під радіус виявлення датчиками, через недостатнє покриття окремих місць на виробничій лінії. В такому випадку до конвеєрів з існуючими системами ідентифікації додають методи ідентифікації об'єктів на основі відео з метою забезпечення надійнішого моніторингу процесів, на основі кількох взаємопов'язаних модулів.

На рисунку 1.3 представлена система ідентифікації об'єктів, що обробляє вхідне відео з метою виявлення окремих заготовок. Після чого, інформація передається системі відстеження, яка в свою чергу додає унікальні ідентифікатори об'єктів, на основі чого стає можливим відстеження та розрізнення заготовки на виробничій лінії.

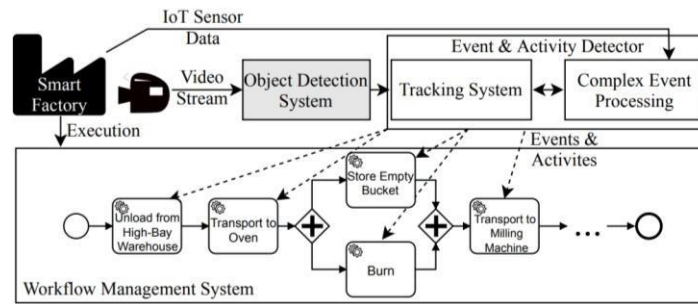


Рисунок 1.3 – Система ідентифікації об’єктів, що обробляє вхідне відео з метою виявлення окремих заготовок [7]

1.2.2 Лінія сортування POMONE 4

Виявлення необхідного об’єкта за допомогою візуального огляду є основним завданням, що поєднує в собі багато промислових процесів:

- сортування;
- управління запасами;
- механічна обробка;
- управління якістю;
- пакування продукції;
- переміщення;
- тощо [10].

Управління запасами на складських приміщеннях це важкий процес, оскільки кількість об’єктів, що зберігаються в складах постійно змінюється, переміщуються та додаються нові.

Сортування, яке виконується безпосередньо працею людей супроводжується високими матеріальними витратами та помилками, які виникають під час виконання процесів, зумовлені людським фактором.

Сортування об’єктів на основі штучного інтелекту відбувається за рахунок визначеного спеціального параметра, наданого виробником. Це дає можливість зробити конвеєр більш гнучким та зменшити похибки.

Лінії для сортування ті ідентифікації об’єктів використовують не тільки в промисловості, а також вони можуть бути застосовані в сільському господарстві

та харчових підприємствах, де сортування та контроль відіграють найважливішу роль на складальних лініях. Кожній компанії важливо своєчасно виявити та усунути пошкоджений та непригідні в подальшому використанні продукт, наприклад фрукти та овочі, якість яких може безпосередньо вплинути на готовий продукт.

Виявлення та усунення (сортування) на основі штучного інтелекту допоможе перетворити процес сортування, який зазвичай відбувається за рахунок праці співробітників, на ефективний та автоматизований процес, збільшуючи при цьому рівень точності виявлення браку.

Готовим рішенням для виконання такого процесу є лінія сортування овочів та фруктів POMONE 4, що зображена на рисунку 1.4.

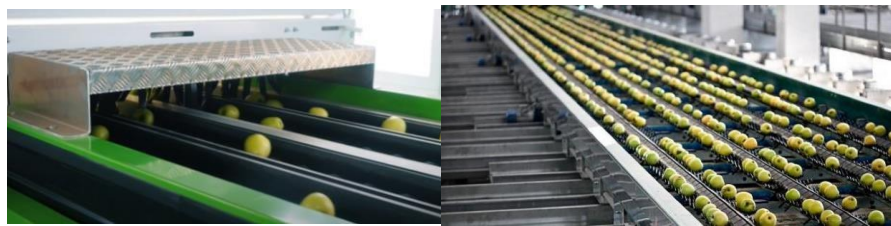


Рисунок 1.4 – Лінія сортування овочів та фруктів POMONE 4 [11]

Виробником даної системи ідентифікації та виявлення є компанія Maf Roda, країна виробник – Франція.

Сортувальники POMONE можуть оснащуватися секцією зважування, а також оптичними модулями (OptiScan, GlobalScan, IDD4 та інше) для визначення ваги, діаметру, калібру, кольору, коефіцієнту правильності форми, виявлення зовнішніх дефектів (гниль, плями, порізи, вм'ятини, парша, пошкодження комахами та ін.), а також внутрішніх дефектів [11].

POMONE 4 встановлюється в виробничу лінію між вузлами вивантаження фруктів та різними накопичувальними або пакувальними системами, автоматичними або ручними, котрі забезпечують відповідність фруктів вимогам торговельних точок.

Виявлення небажаних і небезпечних об'єктів за допомогою Vision AI.

Існує багато методів комп'ютерного зору, які можна використовувати для виявлення небезпечних або небажаних об'єктів. Використовуючи архітектури виявлення аномалій, такі як автокодери або мережі довгострокової пам'яті (LSTM), можна навчитися знаходити пошкодження на об'єктах [12].

Ідентифікація об'єктів, що не підпадають заданим вимогам показано на прикладі виявлення каміння в процесі сортування помідорів на виробничій лінії, що зображено на рисунку 1.5. В процесі виявлення відбувається тригер, який викликає відображення тексту попередження. Цей тригер також можна використовувати, щоб надіслати сповіщення, автоматично зупинити механізм або надати координати розташування об'єкта для підбору та розміщення роботизованої руки, для видалення небажаних об'єктів. Метод, що використовується в даній моделі передбачає процес навчання моделі виявляти небажані об'єкти серед потрібних об'єктів на конвеєрі [12].



Рисунок 1.5 – Процес виявлення небажаного предмету серед помідорів на сортувальній лінії [12]

1.2.3 Візуальний огляд для виявлення дефектів

Існує концепція візуального огляду на основі штучного інтелекту. На рисунку 1.6 зображено сприйняття об'єктів людиною та комп'ютерним зором.

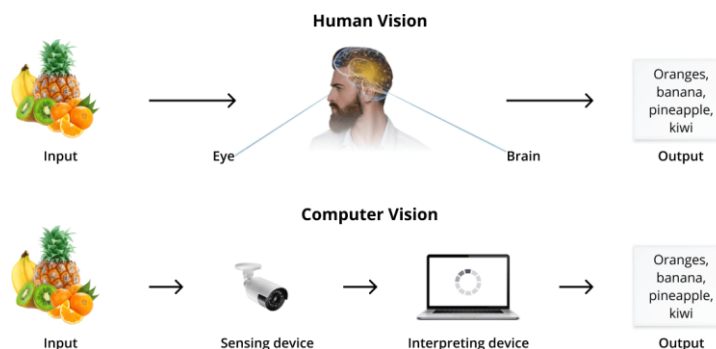


Рисунок 1.6 – Сприйняття об'єктів людиною та комп'ютерним зором [13]

Штучний інтелект (ШІ) – розділ комп'ютерної лінгвістики та інформатики, що опікується формалізацією проблем та завдань, які подібні до дій, що виконує людина.

Ця концепція базується на основі глибокого навчання та комп'ютерному зорі [13].

Глибоке навчання – це один з аспектів технології машинного навчання, який базується на штучних нейронних мережах. Принцип роботи технології глибокого навчання полягає в тому, щоб навчити машини навчатися на прикладі.

Завдяки технології візуального контролю, інтеграція алгоритмів глибокого навчання дозволяє розрізняти частини, аномалії та символи, які імітують візуальний огляд людини під час роботи комп'ютеризованої системи. [13].

На рисунку 1.7 показано принцип ідентифікації об'єктів.



Рисунок 1.7 – Принцип ідентифікації об'єктів [13]

На рисунку 1.8 зображено опис складових системи візуального контролю.

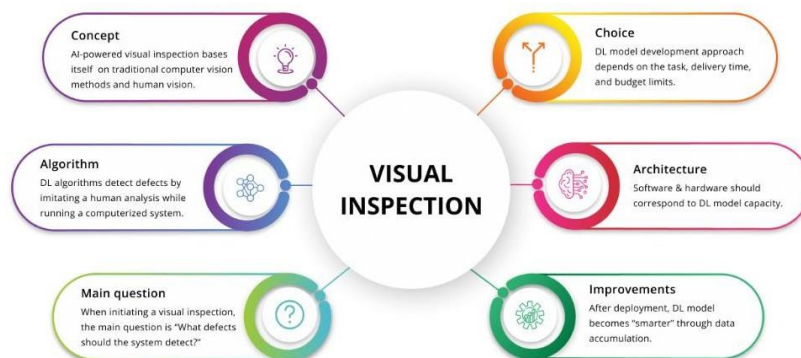


Рисунок 1.8 – Складові системи візуального контролю [13]

Системи візуального контролю основані на методі глибокого навчання, добре виявляють складні дефекти. На рисунку 1.9 показано приклад виявлення дефекту «тріщина» на поверхні кришки.

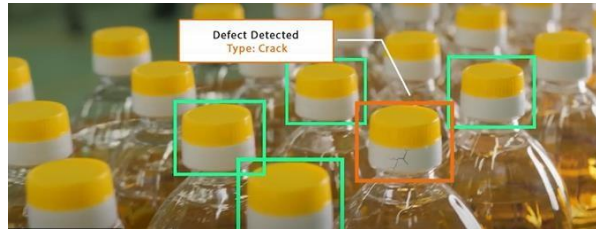


Рисунок 1.9 – Приклад виявлення дефекту «тріщина» [13]

На рисунку 1.10 показано приклад виявлення дефекту «відсутність каски».



Рисунок 1.10 – Приклад виявлення дефекту «відсутність каски» [13]

Залежно за способом призначення системи візуального контролю, можуть включати камеру, шлюз, IP і CCTV, CPU / GPU, тощо.

1.2.4 RFID система

Кафедрою електротехніки та комп'ютерних наук Колорадської школи шахт було запропоновано та створено модель RFID системи, а саме зчитувача.

Вони створили зчитувач RFID, що складається з антени, зчитувача RFID, процесора, інтерфейсу користувача.

Антенa та зчитувач RFID працюють разом, щоб збирати та декодувати інформацію тегів, яка потім передається в процесор. Процесор повинен отримувати інформацію, відображати його в інтерфейсі користувача [15].

Прототип портативного обладнання складається з:

- процесора;
- інтерфейс;
- Raspberry Pi;
- 3,7-дюймовий сенсорний дисплей Pi;
- клавіатура;
- Bluetooth;
- акумулятор 7,4 В LiPO;
- регуляторами DC–DC UBEC (регулятори UBEC вибрано через низьку вартість, точність регулювання в широкому діапазоні вхідних напруг і високий струм можливості пошуку джерел) [15].

На рисунку 1.11 зображено RFID систему, що була розглянута.



Рисунок 1.11 – Розглянута RFID система [15]

1.3 Аналіз методів розпізнавання об'єктів

Методи розпізнавання об'єктів – це один із напрямків у технічній науці, що пов'язаний з розробкою принципів і побудовою систем, які призначені розпізнавати та відносити досліджуваний об'єкт до конкретного класу за зазначеними умовами. Під об'єктами розуміють різні матеріальні предмети, продукцію, явища, сигнали, процеси, технічні ситуації.

Розпізнавання об'єктів відноситься до задач систем комп'ютерного зору.

Головним завданням є те, що за допомогою програмних засобів дублюється здатність людського зору і можливість виділяти образи на зображенні. Виділення образів можна охарактеризувати як обробку інформації та аналіз з даних зображення за допомогою моделі, побудованої з використанням геометрії, фізики, статистики та теорії навчання.

Найбільш ефективними методами розпізнавання об'єктів можна виділити:

- метод комп'ютерного зору;
- нейромережне розпізнавання об'єктів;
- методи контурного аналізу;
- метод Віоли-Джонса та його комбінації;
- примітиви Хаара.

1.3.1 Ідентифікація об'єктів за допомогою комп'ютерного зору

Роль технології розпізнавання об'єктів в промисловості посіла значуще місце серед технологій ідентифікації. Робота з розпізнавання та ідентифікації об'єктів, що раніше покладалась виключно на людину, нині досить успішно виконується обчислювальною технікою [16].

За допомогою машинного зору можна здійснювати постійний моніторинг якості продукції, а також її ідентифікацію, керування процесами на складах.

В процесі технічного прогресу покращуються такі дуже важливі показники для комп'ютерного зору, як деталізація та якість зображень отриманих за допомогою відео та фотокамер. Так стає можливим впровадження систем комп'ютерного зору там, де раніше цієї можливості не було [17].

Основною метою комп'ютерного зору є пошук заданих предметів на конвеєрній лінії за допомогою відео з камер. Для реалізації цієї задачі використовують бібліотеку OpenCV, яка має широкий набір інструментів для ідентифікації геометричних об'єктів на растрових зображеннях.

Процес ідентифікації об'єктів за допомогою комп'ютерного зору можна умовно поділити на такі основні етапи:

- зняття інформації – отримання візуального зображення;
- попередня обробка інформації, покращення якості зображення;
- сегментація – виділення об'єктів на отриманому зображенні;
- опис показників на основі яких відбувається відбір об'єктів;
- розпізнавання об'єктів;
- розділення ідентифікованих об'єктів на групи.

Технічний зір дозволяє оптимізувати та спростити процеси обробки товарів на складі, а також виключити помилки, які виникають через людський фактор. До переваг систем технічного зору відносяться:

- зчитування інформації з різної висоти;
- розпізнавання об'єктів за параметрами, зчитування штрих-кодів.
- контроль випадкових зіткнень під час транспортування вантажів на конвеєрній стрічці;
- швидке розпізнавання дефектів пакування;
- контроль якості та наявності маркувань;
- розпізнавання текстової та графічної інформації, кольору, тощо [14].

На рисунку 1.12 представлено приклад використання в промисловості машинного зору на конвеєрних стрічках.

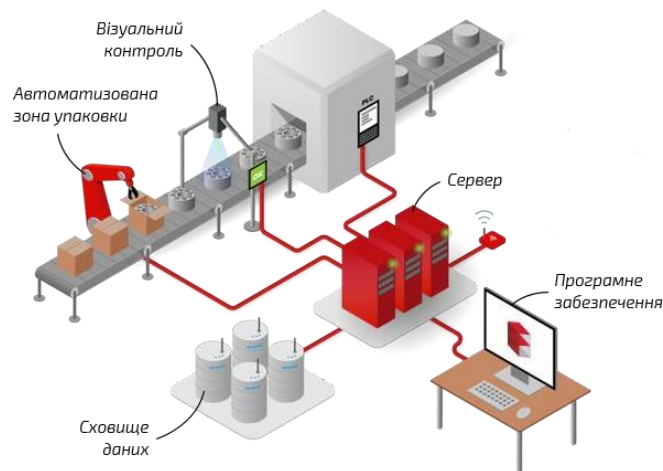


Рисунок 1.12 – Приклад використання машинного зору для ідентифікації об'єктів на конвеєрних стрічках в промисловості [18]

1.3.2 Нейромережне розпізнавання об'єктів

Іноді трапляються ситуації, коли комп'ютер не може вирішити певну задачу, яка залежить від багатьох факторів, без чіткого алгоритму. У зв'язку з цим з'явилась ідея створення штучної моделі, що буде працювати та навчатись подібно до людського мозку. Розвиток штучних нейронних мереж бере за основу біологію.

Штучні нейронні мережі – це математичні моделі, подібні до біологічних систем, що складаються з великої кількості нейронних клітин, які працюють паралельно і можуть навчатись. Як результат процесу навчання, нейронні мережі можуть узагальнювати та знаходити асоціації даних. Після навчання нейронна мережа може вирішувати подібного роду проблеми, які не були вивчені під час навчання нейронних систем. Це формує стійкість нейронних мереж до нечітких вхідних даних, а особливо погано формалізованих задач [19].

Нейронні мережі широко застосовуються для автоматизації процесів:

- розпізнавання;
- прогнозування;
- класифікації;
- прийняття рішень;
- кодування;
- декодування;
- управління;
- тощо.

1.3.3 Метод контурного аналізу

Контурний аналіз (КА) – це метод який дозволяє описувати, порівнювати, зберігати, здійснювати пошук потрібних об'єктів, що предствлені у вигляді власних зовнішніх контурів. Контур містить усю необхідну інформацію про форму об'єкта.

Контур об'єкта – це межа, яка представляю набір точок, що

відокремлюють об'єкт від фону. Контурний аналіз являється важливим етапом обробки зображень і розпізнавання образів. Даний підхід дозволяє не розглядати внутрішні точки зображення і тим самим значно зменшити об'єм інформації, яка оброблюється, за рахунок переходу від аналізу двох змінних до функції однієї змінної. Наслідком цього часто стає можливість забезпечення роботи системи розпізнавання в реальному часі [19].

Кодування контура відбувається наступним чином. На контурі фіксується початкова точка, після чого контур обходиться послідовно на годинниковою стрілкою і кожен вектор зміщення записується комплексним числом:

$$a + i_b, \quad (1.1)$$

де a – зміщення точки по осі X , а b зсув по осі Y .

Кожен вектор контуру називається елементарним вектором (ЕВ), а послідовність комплекснозначних чисел – вектор-контуром (ВК).

Алгоритм розпізнавання об'єктів за методом контурного аналізу:

- покращення зображення (підвищення контрасту зображення, згладжування, фільтрація перешкод);
- бінаризація зображення та виділення контурів об'єкта;
- фільтрація контурів за заданими параметрами (форма, площа, і тд);
- приведення контурів до єдиної довжини та згладжування;
- перебір ідентифікованих контурів, пошук шаблону, що відповідає даному контуру [21].

Недоліками методу контурного аналізу є погане, нечітке виділення контурів на зображенні. Об'єкт може не мати чіткої межі, а також перешкодою для визначення контуру може стати злиття кольору об'єкта з фоном, а також можуть виникати перешкоди, які також не дозволяють чітко виділити контури об'єктів. Контурний аналіз має місце тільки тоді, коли контур об'єкта визначається правильно у всіх своїх точках.

Ще одним недоліком використання цього методу є неможливість розпізнання контурів об'єктів, коли один об'єкт перекриває інший, або об'єкт видно неповністю.

Отже, метод контурного аналізу має слабку стійкість до перешкод, а також не допускає перетин або перекриття досліджуваного об'єкта [21].

1.3.4 Метод Віоли-Джонса та його комбінації

У класичному методі Віоли-Джонса застосовуються ознаки прямокутної форми, зображені на рисунку 1.13. У доповненому методі Віоли-Джонса, що дуже часто застосовується в бібліотеках OpenCV, застосовуються ознаки, доповнені примітивами зображеними на рисунку 1.14.

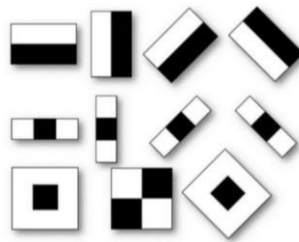


Рисунок 1.13 – Ознаки прямокутної форми (Примітиви Хаара) [22]

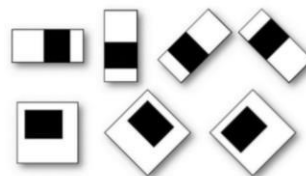


Рисунок 1.14 – Примітиви Хаара, що використовуються у розширеному методі Віоли-Джонса [22]

Для обчислення значення ознаки застосовується формула:

$$F = X - Y,$$

де X – сумарне значення яскравостей точок закритих світлою частиною ознаки;

Y – сумарне значення яскравостей точок закритих темною частиною ознаки. Примітиви Хаара дають точкове значення перепаду яскравості по осі X та Y відповідно [22].

1.3.5 Примітиви Хаара

Для вирішення задач, що пов'язані з розпізнаванням об'єктів можна використовувати прості методи отримання ознак. Таким методом є метоотримання ознак на основі примітивів Хаара. Метод заснований на процесі порівняння яскравості двох прямокутних областей. Приклад зображено на рисунку 1.15.

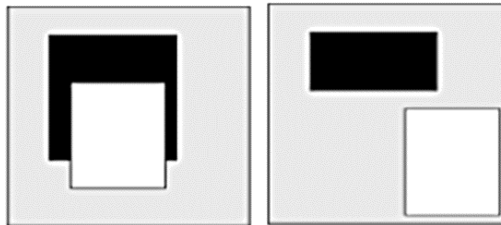


Рисунок 1.15 – Ознаки Хаара, що використовуються для розпізнавання об'єктів з областю, що перетинається та не перетинаються [22]

Ознаку даної області, на представлену властивість можна обчислити за формулою (1.2):

$$R = \frac{S_б}{N_б} - \frac{S_ч}{N_ч}, \quad (1.2)$$

Для областей, які не перетинаються:

$$R = \frac{S_б}{S_б} - \frac{S_ч - S_{ч \cap б}}{N_ч - N_{ч \cap б}}, \quad (1.3)$$

де \cap – перетин множин, тобто це безліч, якій належать ті і тільки ті елементи,

які одночасно належать усім даним множинам;

S – сума яскравостей, що знаходяться під областю пікселів зображення;

N – кількість пікселів, що знаходяться в області пікселів зображення;

$ч$ – позначення чорних областей;

$б$ – позначення білих областей.

Таким способом отримуємо відгуки, що означають різницю середніх яскравостей пікселів, що знаходяться в зображенні, що обробляється, які знаходяться під білою і чорною частинами зображення (рисунок 1.16) [22].

Перевага відгуків подібної властивості в тому, що вони не залежать від масштабування зображення, а також усунення за шкалою яскравості. Крім вищевикладених формул для обчислення відгуків на вказану область зображення можна використовувати такі формули (1.4) та (1.5) – для меж, що не перетинаються, (1.6) та (1.7) – для меж, що перетинаються:

$$R = S_б - S_ч, \quad (1.4)$$

$$R = \begin{cases} 1 & \frac{S_б}{N_б} > \frac{S_ч}{N_ч} \\ -1 & \frac{S_б}{N_б} \leq \frac{S_ч}{N_ч} \end{cases}, \quad (1.5)$$

$$R = S_б - (S_ч - S_ч \cap б), \quad (1.6)$$

$$R = \begin{cases} 1 & \frac{S_б}{N_б} > \frac{S_ч - S_ч \cap б}{N_ч - N_ч \cap б} \\ 1 & \frac{S_б}{N_б} \leq \frac{S_ч - S_ч \cap б}{N_ч - N_ч \cap б} \end{cases}. \quad (1.7)$$

Таким чином всі перераховані вище методи мають свої переваги та недоліки.

1.4 Аналіз методів ідентифікацій

Основною метою ідентифікації є за результатами спостереження над вхідними і вихідними змінними системи, побудувати оптимальну модель. Задача ідентифікації заснована на сучасній теорії керування. Для її вирішення використовують сучасні обчислювальні машини.

Ідентифікація складних об'єктів на виробництві, останнім часом стала одним із центральних питань, які виникають при побудові систем керування цими об'єктами. Без вирішення задачі ідентифікації неможливо ні здійснити цілеспрямоване проектування системи керування, ні побудувати адаптивну систему, яка працює в умовах неповної апріорної інформації і нестационарності об'єктів [23].

Ідентифікація – це процес побудови математичної моделі об'єкта, дуже подібний об'єкту з точністю до заданого критерію. Розрізняють ідентифікацію у вузькому і широкому змісті.

У вузькому змісті розуміють оцінювання параметрів математичної моделі при заданій її структурі за результатами вимірювань вхідних і вихідних сигналів. А у широкому змісті, розуміють як побудову самої моделі об'єкта, так і визначення її параметрів. Ідентифікація у широкому змісті є, як правило, довготривалим процесом [23].

Ідентифікація об'єкта автоматизації є одним з найнеобхідніших першочергових етапів роботи.

Проблема ідентифікації складається з багатьох аспектів і для її реалізації необхідно вирішити широкий спектр теоретичних та практичних завдань.

В основі перетворення звичайних складів на розумні складські приміщення лежить Cyber-Physical System (CPS).

Cyber Physical system – покоління цифрових систем, які представляють собою обчислювальні та фізичні можливості взаємодії, керування та контролю за допомогою комп'ютерних алгоритмів.

Використання цих систем призводить до покращення, оптимізації функціональної складової, підвищення надійності та безпеки, зручності використання. Ці системи найчастіше використовують у виробничій промисловості з метою оптимізації процесів за рахунок автоматизації всього виробничого процесу. Автоматизація дає змогу заощаджувати витрати на робочу силу, зменшувати час на виробництво та виконання певних робіт, тощо.

За допомогою CPS можна відслідковувати статус реальних процесів на виробництві, завдяки чому можна швидко проводити контроль та приймати правильні рішення в режимі реального часу. Cyber Physical system об'єднує в єдину систему фізичний і реальний світ, для побудови мережевої системи, де різноманітні пристрої обмінюються інформацією та взаємодіють між собою [23].

1.4.1 RFID системи

У розумному складі досить часто використовують RFID системи.

RFID (Radio Frequency IDentification) – автоматична ідентифікація об'єктів, за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в RFID-мітках. Будь-яка RFID-система складається із пристрою зчитування і транспортера (RFID-мітка, RFID-тег), а також системи обліку.

Система обліку – це програми, які зберігають та аналізують інформацію, пов'язуючи елементи в єдину систему

За дальністю зчитування RFID-системи поділяються на:

- системи ближньої ідентифікації (зчитування на відстані до 20 см);
- системи ідентифікації середньої дальності (від 20 см до 5 м);
- дальньої ідентифікації (від 5 м до 300 м).

RFID-мітка – це запам'ятовуючий пристрій, який складається з двох частин, інтегральної схеми для зберігання й обробки інформації та антени для прийому та передачі сигналу. Мітка зберігає унікальні інформаційні дані та номер. На рисунку 1.16 зображено приклад RFID-мітки.

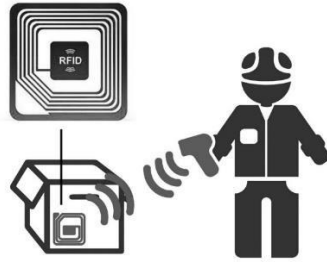


Рисунок 1.16 – Приклад RFID-мітки

RFID системи часто використовують:

- в галузі виробництва для реєстрації та обліку сировини, готової продукції та різноманітних компонентів, інвентарю, тощо;
- організації логістики та зберігання на складах, що дає можливість чітко відстежувати переміщення, прискорює сортування товарів;
- використання в бібліотеках RFID-міток полегшує систему видачі та знаходження книж на книжкових полицях;
- тощо.

Перевагами використання RFID системи є:

- можливість перезаписати дані на мітці;
- зчитування інформації з мітки на підвищеній швидкості;
- зчитування на збільшеній відстані;
- достатньо великий об'єм інформації, яку можна зберегти в мітці (до 10 тис. байтів);
- висока стійкість до впливу зовнішніх чинників, висока зносостійкість.

За умовами використанн RFID мітки поділяються на:

- самоклеючі паперові або лавсанові мітки;
- стандартні пластикові карти;
- дискові мітки;
- у вигляді брелоків;

RFID-картки, представляють собою невелику безконтактну пластикову картку з приховною міткою, яка зберігає інформацію. Такі картки

використовуються будь де. Прикладом є картки для оплати проїзду в громадському транспорті, картки ідентифікації персоналу на підприємстві, дисконтні картки в магазинах, тощо.

Впровадження та використання RFID систем значно спрощує виконання роботи в різних сферах нашого життя.

1.4.2 Штрих-коди та QR-коди

1.4.2.1 Штрих-код

Штрих-код або штриховий код представляється у вигляді послідовних горизонтальних ліній чорного кольору, та невеликих білих проміжків. За допомогою них відбувається кодування інформації у формі, зручній для зчитування пристроям. На рисунку 1.17 зображено приклад штрих-коду та пристрій для його зчитування.



Рисунок 1.17 – Приклад штрих-коду та пристрій для його зчитування

За стандартами кодування штрих коди поділяються на лінійні та двомірні.

Лінійні – це штрих коди які ми звикли бачити на зворотній стороні будь якого товару в магазині. Такі штрих-коди зчитуються лише в горизонтальному напрямку. Лінійні символіки дозволяють кодувати невеликий обсяг інформації, зазвичай у вигляді чисел (до 20– 30 символів).

Найчастіше використовують такі лінійні символіки:

- EAN;
- UPC;

- Code39;
- Code128;
- Codabar;
- Interleaved 2 of 5.

Прикладом двомірних штрих-кодів є QR-коди. Їх на відміну від звичайних штрих-кодів використовують для кодування великої кількості даних. Такі штрих-коди зчитуються у двох вимірах, як по горизонталі, так і по вертикалі.

Для зчитування лінійних штрих-кодів потрібний звичайний зчитувач, а двомірні зчитуються лише спеціальним сканером двомірних кодів чи спеціальної програми на пристроях.

1.4.2.2 QR-код

QR-код (quick response – швидке реагування) – двомірний тип штрих-коду, який містить віртуальну базу даних (порядку 4200 символів) у вигляді унікальних наборів знаків, який розпізнається за допомогою додатка на телефоні, або інших пристроях з можливістю моментального доступу до інформації.

QR-код широко використовують для розпізнання та ідентифікації об'єктів в промисловості. Для кожного інвентаря на виробництві, чи готової продукції створюється QR-код, що містить цифрову інформацію про елемент. Такою інформацією можуть бути:

- номер моделі або серійний номер;
- дату випуску;
- термін придатності (якщо QR-код використовують в харчовій промисловості);
- сферу призначення;
- адресу доставки, у випадку використання QR-кодів в логістиці;
- тощо.

На рисунку 1.18 представлено приклад QR-коду та його зчитування.



Рисунок 1.18 – Приклад QR-коду та його зчитування

Використання QR-кодів для інвентаризації будь-чого на складських приміщеннях дає змогу як людям, так і пристроям швидко відстежувати наявність товарів, сировини та готової продукції, а також перевіряти їх статус. Вони також можуть містити дані у вигляді PDF-файлів, зображень, відео, посилань та звичайного текстового повідомлення.

Код можна розмістити на зовнішній частині упаковки (рисунок 1.19) або навіть на основній упаковці товару, для зручності подальшої ідентифікації товару. На рисунку 1.20 зображено приклад використання QR-коду для ідентифікації об'єктів на виробничій лінії.



Рисунок 1.19 – Використання коду на упаковці



Рисунок 1.20 – Приклад використання QR-коду для розпізнавання об'єктів на виробничій лінії

Для організації зберігання великої кількості різноманітних товарів потрібно використання та зберігання великої кількості інформації. QR-коди автоматизують процес ідентифікації об'єктів, що знизить кількість помилок у веденні інвентарної бухгалтерії. Використання технології QR-коду – це один із надійних методів організації точної безперервної роботи контролю та керування запасами на складах.

1.4.3 NFC

Near Field Communication (NFC) – це технологія бездротової передачі даних малого радіусу дії, для якої не потрібне з'єднання з мережею інтернет. За допомогою неї можна обмінюватися даними між пристроями, що знаходяться на відстані близько 10 см. З'єднання запускається автоматично, коли інший пристрій NFC входить до попередньо визначеного діапазону.

NFC підтримує три режими роботи:

- читання та запису;
- однорангового зв'язку;
- емуляції карти.

Пристрої NFC складаються зі:

- зчитувача (рідера). Рідер генерує радіочастотне поле, яке може взаємодіяти з міткою або іншим рідером, та працює в режимі активної комунікації;
- та антени, або з мітки та антени.

NFC можуть виступати у вигляді міток. Оскільки вони працюють без з'єднання з інтернетом, а також мають невеликий розмір, то це дозволяє інтегрувати їх в різноманітні об'єкти для подальшої ідентифікації об'єктів на виробництві.

У мітці NFC зберігаються URL-адреси, контактна інформація, текстові повідомлення.

На рисунку 1.21 зображено сфери використання NFC.



Рисунок 1.21 – Сфери застосування NFC [24]

1.5 Аналіз апаратних модулів

1.5.1 Сканери штрих-кодів та RFID

Для зчитування інформації зі штрих-коду вже існують сканери штрих-кодів. Вони представляють собою оптичний сканер, основною задачею якого – є декодування даних та передача їх на пристій обробки даних.

Такі сканери зазвичай складаються з джерела світла, лінзи, оптичних сенсорів, інтегральної схеми-декодера.

Класифікація сканерів за технологіями:

- лазерний сканер;
- сканер-ручка;
- сканер в камері;
- світлодіодний сканер;
- всенаправлений сканер.

На рисунку 1.22 сканери штрих коду.



Рисунок 1.22 – Сканери штрих коду [25]

В таблиці 1.1 представлено порівняльну характеристику декількох стаціонарних сканерів штрих-кодів.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика стаціонарних сканерів

Модель	BCL 8 SN 552	Zebra DS457	Magellan 9300i
Типи кодів, що зчитуються	Codabar, Код 128, Код 39, Код 93, EAN 128, EAN 8/13	Усі основні одномірні штрих-коди та двомірні: PDF417, DataMatrix, QR-код, Aztec, композитні коди та MaxiCode	1D та 2D
Швидкість сканування	500 сканувань/сек	762 сканувань/сек	3 600 сканувань/сек
Дальність зчитування	50 ... 110 мм	246 мм ... 419 мм	Максимально 270мм
Кут сканування	60°	38.4°	60°
Довжина хвилі лазерного світла	655 нм	685 нм	705 нм
Форма переданого сигналу	Безперервна	Безперервна	Безперервна
Метод читання	Лінійний сканер	Фото	Фото
Напруга живлення	від 4,75 до 5,5 В	5 В ± 10%	від 100 до 240 В
Максимальний струм споживання	250 мА	260 мА	270 мА
Тип підключення	Кабель	Кабель	USB
Тип дисплея	LED	LED	LED
Зображення			
Виробник	Leuze electronic	Zebra	DATALOGIC




В таблиці 1.2 представлено порівняльну характеристику переносних сканерів штрих-коду.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика переносних сканерів

Модель	IT 1911i-1D ER-3	XT-8220+WGB	NETUM W6X
Типи кодів, що зчитуються	2/5 Interleaved, Codabar, Code 128, Code 39, Code 93, EAN 128, EAN 8/13, EAN Addendum, GS1, UPC, тощо	Штрих-код (1D), QR-код (2D), 1D/2D	1D
Дальність зчитування	від 25 до 596 мм	від 0 до 200 мм	Code від 39 до 190 мм; Ean-13 від до 450 мм; Code128 від 4 до 430 мм
Швидкість сканування	160 сканувань/сек	200 сканувань/сек	230 сканувань/сек
Метод сканування	Ручний, Безперервний	Ручний, Безперервний	Ручний, Безперервний
Напруга живлення	3,7 В	4 В	3,8 В
Тип підключення	Bluetooth	Bluetooth, радіо сигнал	Bluetooth тп радіо сигнал
Зображення			
Виробник	Leuze electronic (Київ)	Китай	NETUM




В таблиці 1.3 представлено порівняльну характеристику сканерів RFID міток.

Таблиця 1.3– Порівняльна характеристика сканерів RFID міток

Модель	RFI 32 L 120	MC3300	NETUM W6X
Дальність зчитування	80 мм	від 7 до 100 мм	100 мм
Типи кодів, що зчитуються	RFID-мітки	RFID-мітки та штрих-коди	RFID-мітки, ID-номери, NFC мітки
Тип підключення	Кабель з роз'ємами (10+6)	Bluetooth, Wi-Fi, NFC	USB-кабель або від батарейок
Зображення			
Виробник	Leuze electronic (Київ)	Zebra	BauTech

В таблиці 1.4 представлено порівняльну характеристику зчитувачів NFC.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика зчитувачів NFC

Модель	ACS ACR122T	acr1255u	NETUM W6X
Дальність зчитування	60 мм	55 мм	до 60 мм
Типи кодів, що зчитуються	Mifare & reg, ISO 14443 A, B типу, та чотири типи NFC міток.	ISO 14443 тип A і B, FeliCa, і більшість типів NFC міток	RFID-мітки, ID-номери, NFC мітки
Тип підключення	USB	USB, Bluetooth, Wi-Fi, NFC	USB-кабель або від батарейок
Зображення			
Виробник	MIFARE	ACS	HCCTG

1.6 Постановка завдань досліджень

В процесі проведення аналізу існуючих систем ідентифікації та розпізнавання об'єктів на виробничій лінії, було проаналізовано декілька технологій розпізнавання об'єктів, та виявлено що майже усі існуючі системи ідентифікації в наш час, покладаються здебільшого на роботу датчиків, але як показує практика, датчики не здатні створити щільну систему, яка контролюватиме всі процеси на всіх етапах в будь-якій точці промисловості.

Було проаналізовано декілька методів ідентифікації та розпізнавання об'єктів. Проведено аналіз апаратних модулів, та представлена їх порівняльна характеристика.

На основі вище сказаного, дана робота є актуальною.

Мета роботи – розробка системи ідентифікації об'єктів за допомогою машинного зору.

Об'єкт дослідження – процес складування в системах warehouse 4.0.

Предмет дослідження – методи розпізнавання і ідентифікації об'єктів в системах керування складом.

Методи дослідження – теорія прийняття рішень, теорія розпізнавання об'єктів.

Для досягнення поставленої мети, необхідно:

- провести аналіз існуючих систем ідентифікації об'єктів;
- розробити структурну схему;
- розробити алгоритми ідентифікації;
- удосконалити існуючі методи;
- вибрати апаратні модулі для системи;
- обрати середовище розробки;
- розробити макет системи ідентифікації об'єктів на виробничій лінії
- провести необхідні розрахунки;
- оформити кваліфікаційну роботу за стандартами ДСТУ 3008-15.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЙ ОБ'ЄКТІВ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ

2.1 Розробка структури системи

На рисунку 3.1 зображено розроблену структуру системи ідентифікації.

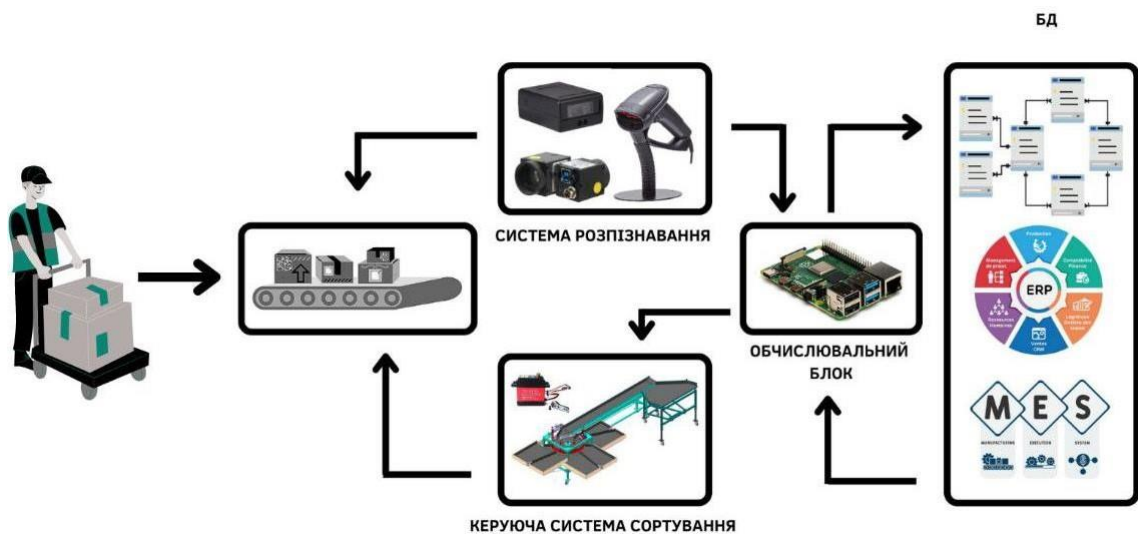


Рисунок 3.1 – Структура системи ідентифікації об'єктів

Спочатку об'єкти потрапляють на конвеєрну лінію. На кожному об'єкті є RFID мітки або QR-коди. Система розпізнавання складається з камери, та сканерів (QR-коду та RFID міток). Сканери сканують інформацію з міток та штрих-кодів, після чого передають отримані дані в обчислювальний блок, де інформація аналізується та передається в базу даних. Обчислювальний блок на основі отриманої інформації щодо об'єктів, які ідентифікуються передає дані системі керування сортуванням та керує нею. Керуюча система сортування здійснює процес відсортовування об'єктів за ознаками та певними характеристиками.

2.2 Розробка алгоритмів розпізнавання

В даному пункті розробимо алгоритм розпізнавання об'єктів. Розпізнавання передбачає прийняття рішення про те що об'єкт знайдено у межах зони роботи камери.

На початку ми отримуємо кадр зображення з потоку камери чи відеозапису.

Далі необхідно обробити кадр зображення певним чином, щоб можна було прибрати зайве та отримати контури виділених об'єктів. За умови, об'єкти, які необхідно розпізнати однакового кольору, та відмінні від кольору фону. Для розпізнавання використаємо варіант виділення об'єктів методом фільтрації кадру у сірих відтінках за граничними значеннями, що приведе зображення до чорно-білого, тобто двійкового формату відображення. Для цього конвертуємо кадр з палітри кольорів RGB у палітру відтінків сірого, далі визначимо значення відтінків пікселів фону та пікселів об'єкту для встановлення граничних значень для обробки.

Після обробки наш кадр матиме дані у двійковому зображенні, де чорним кольором буде фон, а білим буде виділено об'єкт для розпізнавання.

Наступним шагом використаємо контурний метод та отримаємо контури з бінарного зображення за допомогою алгоритму [26].

Контури є корисним інструментом для аналізу форми та виявлення та розпізнавання об'єктів. Контури отримуємо у виді набору з чотирьох крапок.

Якщо контури були отримані, то можемо відібрати зайві об'єкти за розмірами області виділених контурів, для цього знайдемо розмір виділених об'єктів та відфільтруємо їх за розмірами, тобто відберемо маленькі контури, які можуть бути сміттям чи відблиском.

Розроблений алгоритм зображено на рисунку 2.2.

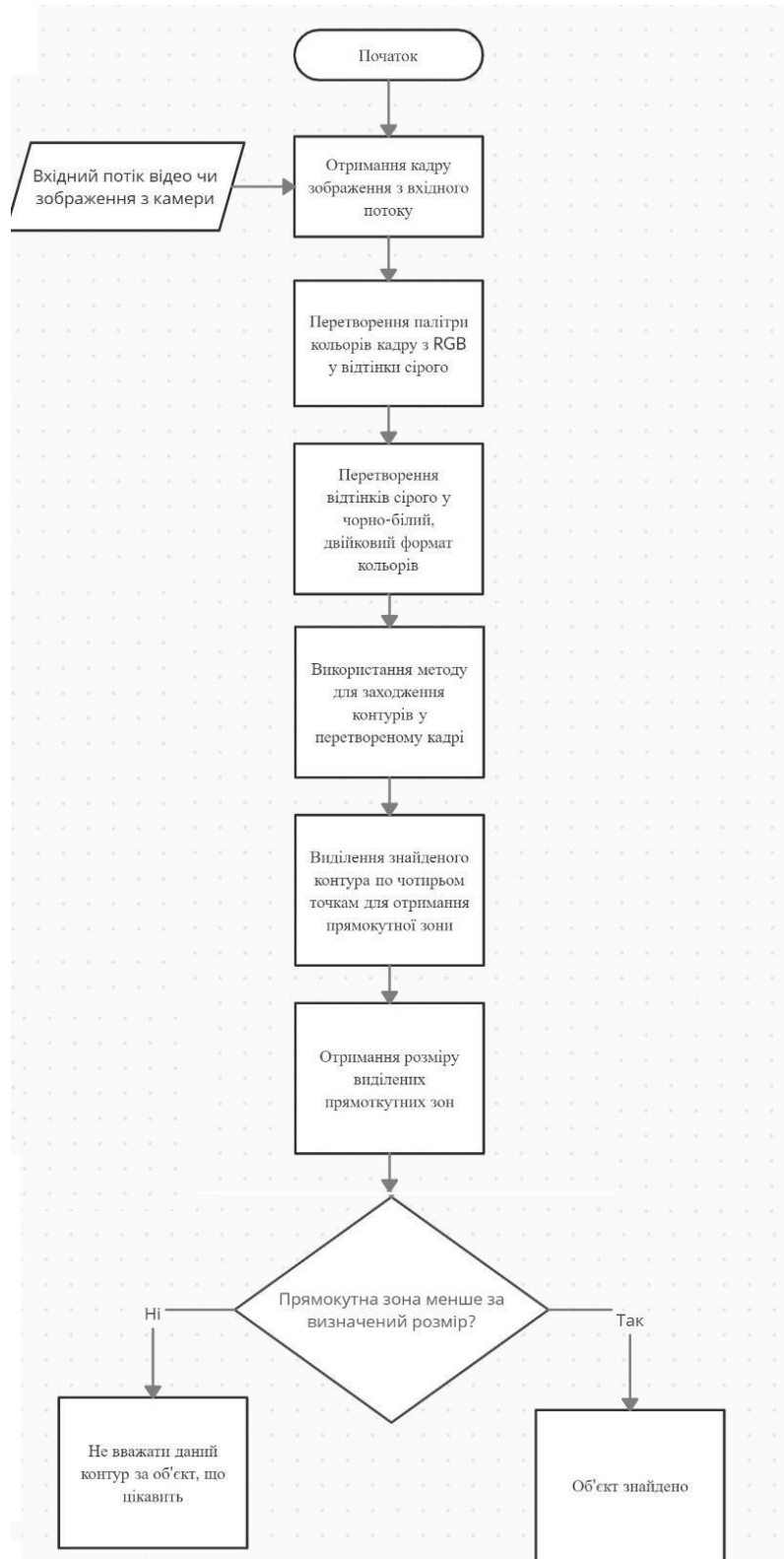


Рисунок 2.2 – Алгоритм розпізнавання об'єктів

2.3 Розробка алгоритмів ідентифікації

Для ідентифікації за умовою визначено що буде використовуватись qr код. Даний алгоритм буде використовуватись лише після алгоритму розпізнавання об'єктів, описаного в пункті 2.2.

На початку алгоритму маємо кадр зображення в форматі кольорів RGB, на якому точно визначено наявність об'єкту. Алгоритм сканує отриманий на вхід кадр зображення та перевіряє його на наявність qr кодів. Якщо код чи декілька кодів знайдено, то відбувається декодування даних що містить код. Алгоритм зображено на рисунку 2.3.

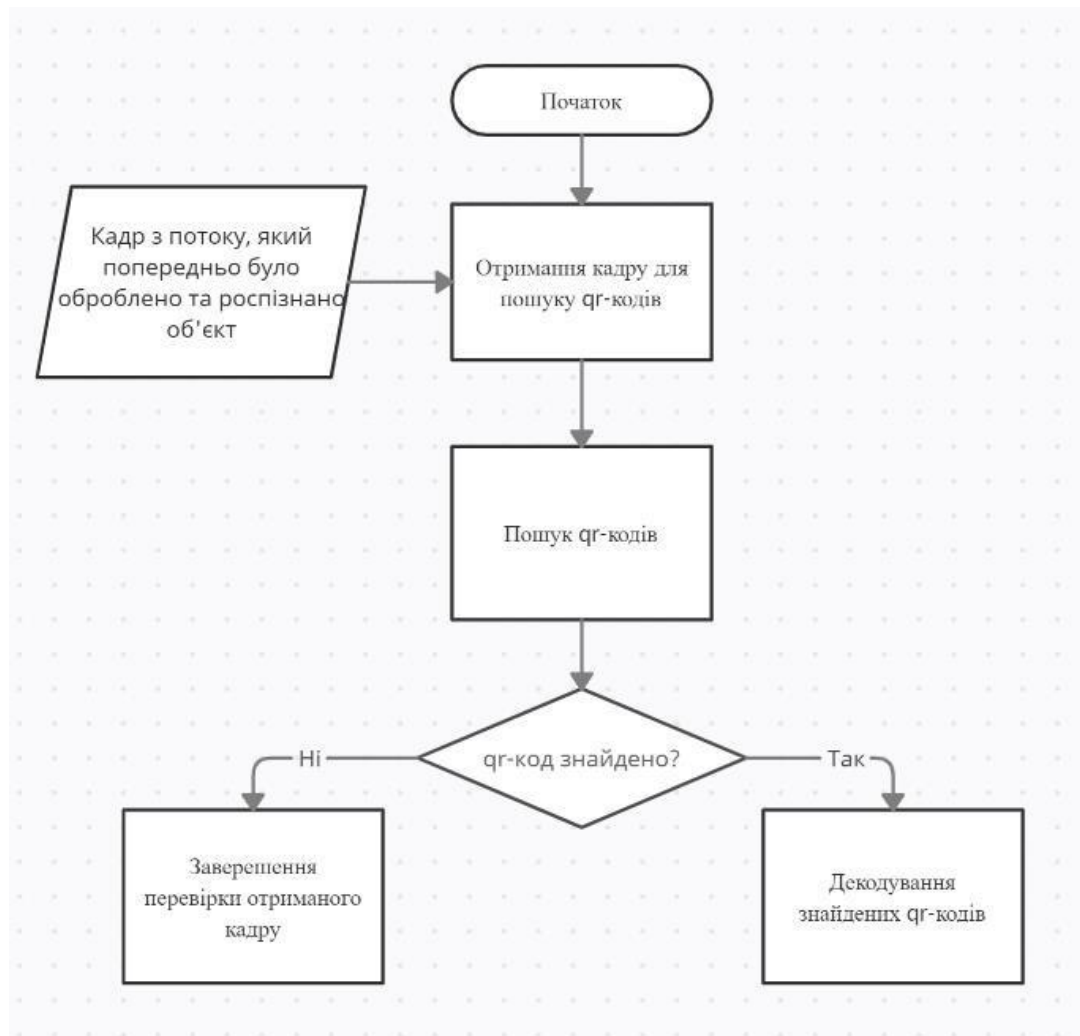


Рисунок 2.3 – Алгоритм ідентифікації

2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі було розроблено структуру систему ідентифікації, яка складається з конвеєрної лінії, системи розпізнавання та керуючої системи сортування, обчислювального блоку та бази даних. Представлено графічне зображення системи та пояснено принцип її роботи.

Також розробили алгоритми розпізнавання об'єктів та алгоритм ідентифікації. Розроблені алгоритми представлено у вигляді рисунків 2.2 та 2.3.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЙ ОБ'ЄКТІВ НА ВИРОБНИЧІЙ ЛІНІЇ

3.1 Вибір апаратних модулів

3.1.1 Вибір мікроконтролера

Під час дослідження та вибору необхідних апаратних модулів для створення макету системи ідентифікації об'єктів було виділено, що потрібно використовувати мікроконтролер, камеру та серводвигун.

Найбільш підходящим варіантом виявилось використання невеликих за розміром одноплатних комп'ютерів, тобто це пристрої, у якого на одній платі розміщено всі необхідні компоненти.

Вони набагато потужніші за мікроконтролерні плати та схожі на комп'ютер, можуть мати порти вводу та виводу та різні інтерфейси передачі даних, наприклад I2C, SPI або інші.

Аналізуючи ринок існуючих одноплатних комп'ютерів виявлено, що найбільш популярними серед них є моделі від Raspberry.

Raspberry Pi – одноплатний комп'ютер, розроблений британським фондом Raspberry Pi Foundation.

Даний одноплатний комп'ютер використовується з операційної системою. Операційною системою може бути Android, Windows (спеціальний), різні варіації Linux (Raspbian, Debian та інші). Живлення комп'ютеру відбувається за допомогою usb type-c.

Провівши аналіз характеристик моделей Raspberry було обрано модель Raspberry Pi 4, оскільки вона відповідає усім вимогам та має значні переваги.

На рисунку 3.1 зображено Raspberry pi 4.

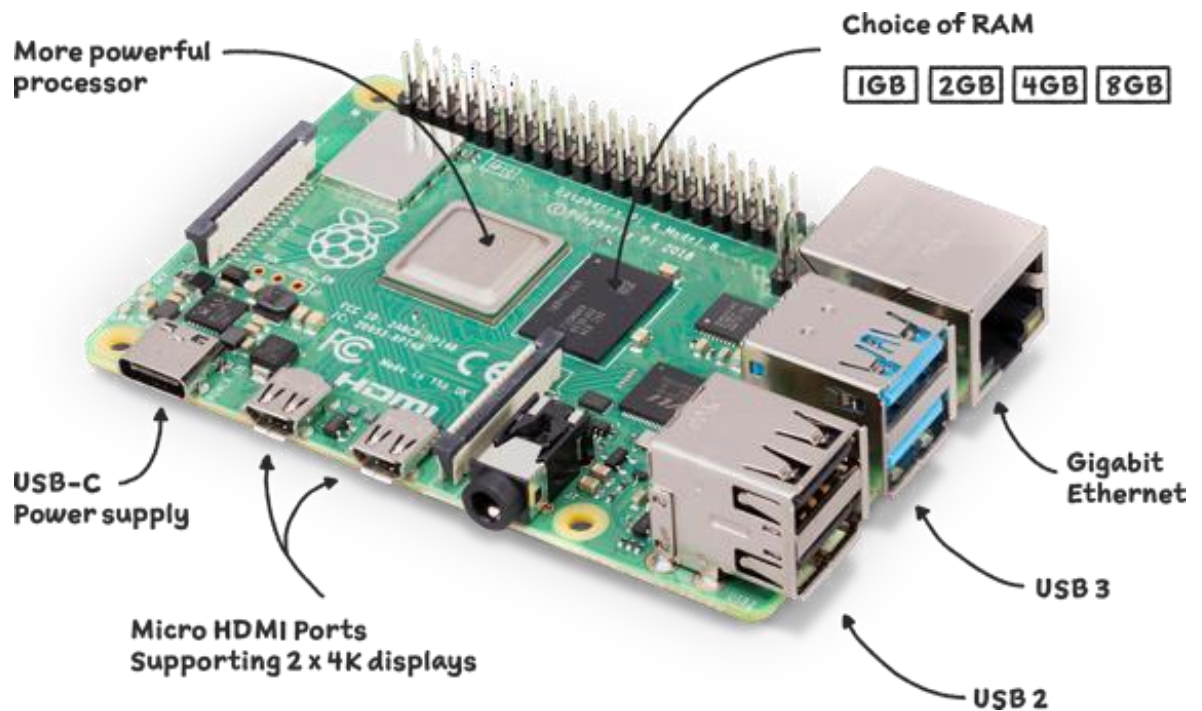


Рисунок 3.1 – Raspberry pi 4 [27]

Переваги обраної моделі:

- вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth;
- малі габаритні розміри;
- наявність інтерфейсів передачі даних SPI, I2C, UART;
- велика кількість оперативної пам'яті, що складає від 1 Гб до 8 Гб;
- підтримка та розробка бібліотек від користувачів та розробників для роботи;
- наявність графічного процесора;
- можливе використання бібліотек комп'ютерного зору, таких як OpenCV та Tensor Flow;
- потужний чотирьох ядерний процесор;
- велика кількість контактів вводу та виводу;
- велика кількість оперативної пам'яті, що складає від 1 Гб до 8 Гб.

В таблиці 3.1 наведено характеристики Raspberry Pi 4.

Таблиця 3.1 – Характеристики Raspberry Pi 4

Raspberry Pi 4	
процесор	64-розрядний чотирьох ядерний процесор BCM2711 Cortex-A72
кількість ОЗУ LDDR4	від 1 Гб до 8 Гб на вибір
порти	вбудовані два порти USB 3,0 та два порти USB 2,0, а також наявний порт Ethernet, два порти hdmi
Кількість контактів вводу-виводу	40
робоча частота процесору	1,5 ГГц
Bluetooth	Bluetooth 5,0
Wi-Fi	Wi-Fi 802,11b/g/n/ac 2,5 ГГц та 5 ГГц
підтримувані інтерфейси передачі даних	UART, SPI, I ² C
інтерфейс для підключення камери	CSI
інтерфейс для підключення дисплею	DSI
графічний процесор	VideoCore VI
тощо	підтримка MicroSD, наявний роз'єм для карток

На рисунку 3.2 зображено відповідність контактів входів та виходів комп'ютеру.

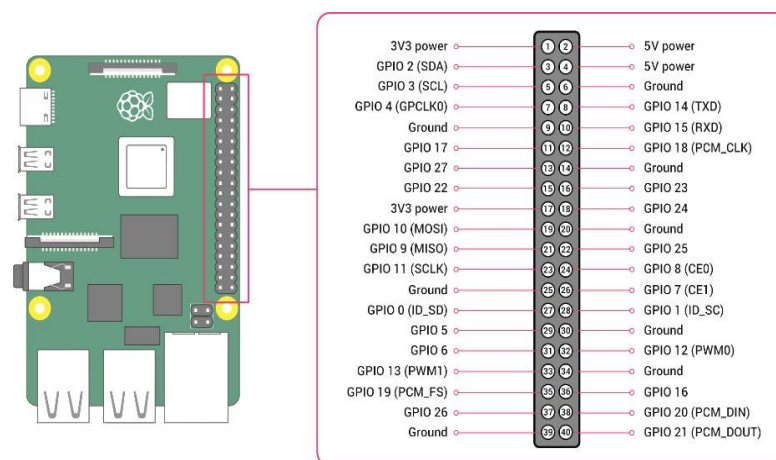


Рисунок 3.2 – Контакти входу-виходу Raspberry Pi 4 [28]

3.1.2 Вибір камери

Для отримання зображення QR коду об'єктів, що рухаються на конвеєрі було обрано камеру Raspberry Pi Cam v1.3.

На рисунку 3.3 зображено камеру Raspberry Pi Cam v1.3.



Рисунок 3.3 – Камера Raspberry Pi Cam v1.3 [29]

Її перевагами є зручне підключення до комп'ютеру за допомогою доволі швидкого інтерфейсу CSI, висока роздільна здатність, низький рівень шумів.

В таблиці 3.2 наведено основні характеристики камери Raspberry Pi Cam v1.3.

Таблиця 3.2 – Характеристики камери Raspberry Pi Cam v1.3

Raspberry Pi Cam v1.3	
роздільна здатність матриці	5 Мп
максимальний розмір зображення	2592 x 1944
формати відео, що підтримуються	1080p 30fps, 720p 60fps, 640x480p 60/90fps
довжина шлейфу	15 см
розмір модуля	25 x 20 x 9 мм
Вага	3 г

Плата камери Raspberry Pi підключається безпосередньо до роз'єму CSI на Raspberry Pi. Камера здатна відтворювати кристально чисте зображення з

Основними перевагами цього серводвигуна є потужний крутний момент та металічний редуктор.

В таблиці 3.3 наведено основні характеристики серводвигуна SERVO-MG995.

Таблиця 3.3 – Характеристики серводвигуна SERVO-MG995

серводвигун SERVO-MG995	
кут оберту	270 градусів
Швидкість повороту без навантаження	0,17 сек на 60 градусів
робоча напруга	від 4,8 В до 7,2 В
робоча температура навколишнього середовища	від 0 °С до + 60 °С
розміри	40,7 мм x 19,7 мм x 43 мм
вага	55 г

Підключення серводвигуна відбувається за допомогою трьох контактів: живлення, землі та сигналу. А керування серводвигуном відбувається за допомогою подання широтно-імпульсно модульованого сигналу на контакт сигналу.

3.1.4 Вибір модуля джерела живлення

Живлення моделі буде відбуватись від мережі.

Для живлення від мережі обрано блок живлення від електромережі з такими характеристиками:

- вхідна напруга: від 100 В до 240 В;
- вихідна напруга 5,1 В;
- вихідний струм 3 А;
- кабель USB type-c.

3.2 Вибір середі розробки

3.2.1 Бібліотека комп'ютерного зору OpenCV

OpenCV – бібліотека функцій та алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень і чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом. Бібліотека надає засоби для обробки і аналізу вмісту зображень, у тому числі розпізнавання об'єктів на фотографіях (наприклад, осіб і фігур людей, тексту тощо), відстежування руху об'єктів, перетворення зображень, застосування методів машинного навчання і виявлення загальних елементів на різних зображеннях [31].

OpenCV написана на C++ і її основний інтерфейс також реалізовано на C++, але бібліотека і досі представляє старіший C інтерфейс. Наразі реалізовано інтерфейс мовами Python, Java і MATLAB / OCTAVE. Основні нові розробки для даної бібліотеки написані на C++.

Бібліотека містить понад 2500 алгоритмів для обробки зображення. Основні задачі для використання алгоритмів бібліотеки:

- системи розпізнавання обличь;
- системи розпізнавання об'єктів;
- відстеження переміщення камери;
- стеження за рухом очей;
- аналіз руху.

Вагомою перевагою використання цієї бібліотеки є її велика популярність та доступність до великого об'єму прикладів використання, а також те, що бібліотека повністю підтримує використання мікроконтролерів на операційній системі Linux, що задовольняє вимогам, адже вона буде використовуватись в Raspberry pi 4.

3.2.2 Встановлення та налаштування середовища розробки

Для виконання роботи з розробки моделі потрібно встановити середовище розробки CodeBlocks.

CodeBlocks – це вільне багатоплатформне середовище, яке підтримує такі мови програмування як:

- C;
- C++;
- D;
- Fortran,

та що використовується для розробки програмного забезпечення.

Встановлення починається з того, що в термінал операційної системи необхідно вписати команду «`sudo apt-get install codeblocks`», яка встановлює середовище розробки.

Після чого, для того аби створити проект, потрібно відкрити середовище розробки й створити новий проект. Потім обрати мову програмування C++ й Console application. Потрібно встановити компілятор програмного коду. Встановимо компілятор GCC, який підходить для програмування на мові C++. Швидко встановити можна за допомогою команди «`sudo apt-get install gcc-4,7 g++-4,7`» в термінал операційної системи.

На рисунку 3.5 зображено середовище розробки.

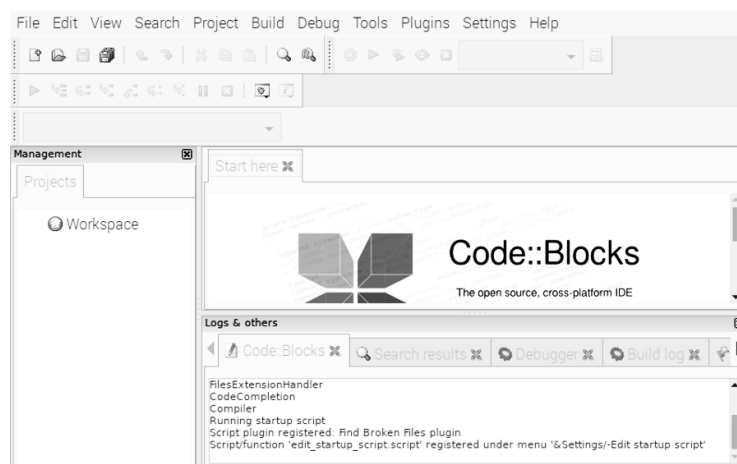


Рисунок 3.5 – Інтегроване середовище розробки CodeBlocks

3.3 Розробка макету системи ідентифікації об'єктів на виробничій лінії

3.3.1 Розробка макету

Виконання збірки макету розроблюваної системи відбувається з підключення наявних модулів. Підключаємо камеру до Raspberry pi4 за допомогою стандартного шлейфу для підключення камер до роз'єму на Raspberry під назвою «CSI», що є послідовним інтерфейсом камери. Готовий зібраний макет системи зображено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Зібраний макет системи

3.3.2 Розробка програмного забезпечення макету системи

В даному розділі розробимо програмне забезпечення на основі алгоритмів, описаних у другому розділі.

Розробку почнемо з включення необхідних бібліотек до нашого проекту. На рисунку 3.7 зображено частину коду, де виконується включення бібліотек, які будуть використані.

```
#include <iostream>
#include <opencv2/objdetect.hpp>
#include <opencv2/core.hpp>
#include <opencv2/imgproc.hpp>
#include <opencv2/imgcodecs.hpp>
#include <opencv2/highgui.hpp>
```

Рисунок 3.7 – Частина програми, де виконується додавання необхідних бібліотек до проекту

Далі додаємо використання простору імен для візуального зменшення програми та кращої читабельності. Для цього додаємо два рядка «using namespace cv;» та «using namespace std;».

Введемо декілька глобальних змінних, що використовуються для покращення алгоритму розпізнавання. На рисунку 3.8 зображено частину коду з глобальними змінними.

```
uint32_t objectcounter = 0;
uint32_t objectTrycounter = 1;
bool foundObjectInZone = false;
bool qrCodeIsRead = false;
File *my_file;
```

Рисунок 3.8 – Частина програми, де оголошуються глобальні змінні

Змінна «objectcounter» використовується з підрахунку розпізнаних об'єктів. Змінна «objectTrycounter» буде використана для покращення розробленого алгоритму. Основна мета цієї змінної підрахунок спроб прочитати код на розпізаному об'єктів. Змінна «foundObjectInZone» є прапором розпізнавання об'єкту, при розпізнаванні прапор встановлюється, а видаляється коли об'єкт зникає з робочої зони. Змінна «qrCodeIsRead» також є прапором, який встановлюється при успішному прочитанні qr коду. Остання змінна є вказівником для роботи з файлом, у файл буде записуватися результат роботи системи.

Далі напишемо основну функції програми під назвою «main». Розроблена функція зображена на рисунку 3.9.

```

int main()
{
    VideoCapture cap("conveyourSlowMediumLight.MOV");
    // VideoCapture cap(0);

    if (!cap.isOpened()) {
        cout << "Error open" << endl;
        return -1;
    }
    my_file.open("my_file.txt", ios::out);
    while (1) {
        Mat frame;
        cap >> frame;
        if (frame.empty())
            break;
        FindObjectAndDecode(frame, frame);
        imshow("Base after detection", frame);
        waitKey(5); // waits to display frame
    }
    cap.release();
    destroyAllWindows();
    return 0;
}

```

Рисунок 3.9 – Головна функція програми

Функція «main» є головною у програмі, саме з неї починається і завершується виконання програми. У даній функції відбувається відкриття потоку даних, це може бути відеофайл або потік з камери. Якщо програмі не вдалось відкрити потік даних, то програма завершить свою роботу з помилкою. В цій функції відкривається файл для запису результатів, у випадку, якщо файл не існує, то він буде створений з назвою «my_file». Далі в функції «main» починається цикл, що буде виконуватись до тих пір, поки програма отримує кадри з потоку. Якщо кадр не було отримано, то програма завершить цикл та закінчить роботу.

У циклі відбувається отримання кадру з потоку, та цей кадр передається до функції під назвою «FindObjectAndDecode» для обробки кадру, основна мета якої є розпізнавання об'єкту у кадрі, та в разі розпізнання, виконати пошук та розшифрування qr коду. Також у циклі відбувається вивід кадру на монітор після обробки.

Розробимо функцію обробки кадру з потоку. Функція має назву «FindObjectAndDecode». Повну функцію можна побачити у додатку А. Згідно розроблених алгоритмів, дана функція виконує перетворення палітри кольорів з

формату RGB в відтінки сірого та фільтрує отримані відтінки по граничним значенням для отримання представлення кадру у двійковому вигляді. Частина функція де відбувається дана обробка зображена на рисунку 3.10.

На рисунку 3.11 зображено кадр до та після обробки.

```
vector<vector<Point>> contours;
vector<Vec4i> hierarchy;
Mat imgGrey;
Mat imgthreshold;
cvtColor(_img, imgGrey, COLOR_BGR2GRAY);
threshold(imgGrey, imgthreshold, 70, 255, THRESH_BINARY);
imshow("eee", imgthreshold);
findContours(imgthreshold, contours, hierarchy, RETR_EXTERNAL, CHAIN_APPROX_SIMPLE);

vector<RotatedRect> minRect(contours.size());
```

Рисунок 3.10 – Частина функції де відбувається перетворення кадру для отримання представлення у двійковому вигляді



Рисунок 3.11 – Кадр до та після обробки

Також у частині, зображеній на рисунку 3.10 відбувається пошук контурів на обробленому кадрі, для цього використовується функція з бібліотеки OpenCV під назвою «findContours». Дана функція виконує пошук контурів на переданому кадрі та зберігає точки контурів у колекцію. Для зменшення використання пам'яті було використано параметр функції «CHAIN_APPROX_SIMPLE», що

вказує функції не зберігати усі крапки контурів, а лише чотири у вигляді прямокутника.

Далі, якщо функція «findContours» знайшла контури, то ми відкидаємо усі знайдені контури з малою площею, щоб не оброблювати помилкові контури. Для обробки після розпізнавання контурів, ми додаємо дві обмежуючі лінії. Якщо об'єкт повністю знаходиться між лініями, то можна почати пошук qr коду та розшифрування. При перетині останніми крапками, другої лінії, програма вирішує що об'єкт покинув робочу зону. На рисунку 3.12 зображено кадр з обмежуючими лініями та виділеним об'єктом, що було розпізнано.

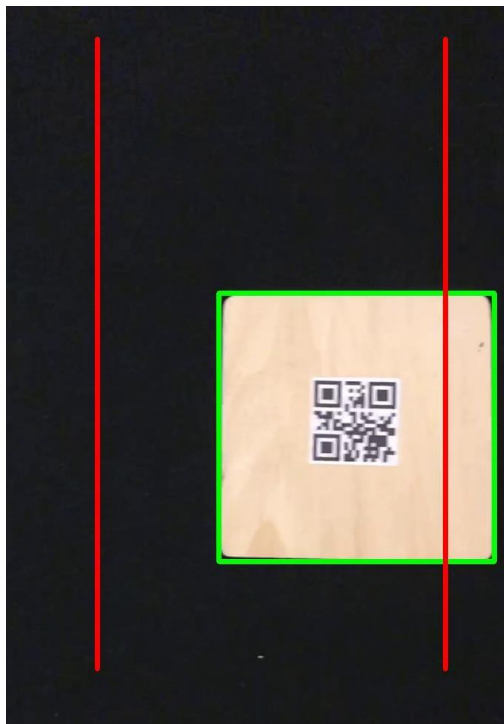


Рисунок 3.12 – Кадр після обробки з обмежуючими лініями та виділенням знайденого об'єкту

Далі розробимо частину функції де відбувається прийняття рішень за алгоритмом та покращимо його. Частина функції зображена на рисунку 3.13.

```

int xVals[4] = { rect_points[0].x , rect_points[1].x , rect_points[2].x , rect_points[3].x };
std::sort(xVals, &xVals[4]);

if (xVals[3] < 130) {
    if (foundObjectInZone) {
        foundObjectInZone = false;
        qrCodeIsRead = false;
        objectTrycounter = 1;
    }
}
else if ((xVals[0] > 130) && (xVals[3] < 600) && !foundObjectInZone && !qrCodeIsRead) {
    foundObjectInZone = true;
    objectcounter++;
    imwrite(format("Object%i.jpg", objectcounter), _dst);
    my_file << "ObjectFound number:" << objectcounter << endl;
    cout << "ObjectFound №" << objectcounter << endl;
    Rect crop(130, 50, 470, 850);
    Mat croppedImg = _img(crop);
    qrCodeIsRead = FindQRAndRead(croppedImg);
}
else if ((xVals[0] > 130) && (xVals[3] < 600) && foundObjectInZone && !qrCodeIsRead) {
    imwrite(format("Object%iTry%i.jpg", objectcounter, objectTrycounter), _dst);
    my_file << "ObjectFoundAgain number:" << objectcounter << endl;
    cout << "ObjectAgain №" << objectcounter << endl;
    Rect crop(130, 50, 470, 850);
    Mat croppedImg = _img(crop);
    qrCodeIsRead = FindQRAndRead(croppedImg);
    objectTrycounter++;
}
else continue;

```

Рисунок 3.13 – Частина функції з основної логікою прийняття рішень

В даній частині встановлюються та перевіряються глобальні прапори та позицію об'єкту відносно обмежуючих ліній. Якщо об'єкт вперше та повністю потрапляє до обмеженої зони, то це записується у файл, зберігається кадр у сховище до файлової системи та викликається функція для пошуку та розшифрування qr коду. Якщо код знайдено, то в наступному кадрі, пошук коду вже не відбудеться. Якщо код не було знайдено та розшифровано, а об'єкт ще знаходиться в обмеженій зоні, то буде додаткова спроба, кількість додаткових спроб обмежена лише робочою зоною, тобто коли об'єкт покине цю зону, спроби більше не відбуватимуться. Також в разі додаткової спроби, це записується у файл інформації та зберігається кадр кожної спроби.

Розробимо функцію з назвою «FindQRAndRead» для пошуку та розшифрування qr коду у переданому кадрі. Дану функцію можна побачити у додатку Б. У цій функції відбувається пошук та декодування qr коду за допомоги бібліотеки OpenCV. У разі успішного пошуку та декодування, дані, які було декодовано, запишуться до файлу. Якщо не вдалось знайти чи декодувати, то у файл буде записано про помилку декодування.

На рисунку 3.14 зображено файл інформації про роботу системи.

```
ObjectFound number:1  
QrCode decoded:Деталь 2  
  
ObjectFound number:2  
QrCode decoded:Деталь 1  
  
ObjectFound number:3  
QR Code not detected  
ObjectFoundAgain number:3  
QrCode decoded:Деталь 2  
  
ObjectFound number:4  
QrCode decoded:Деталь 2  
  
ObjectFound number:5  
QrCode decoded:Деталь 1  
  
ObjectFound number:6  
QrCode decoded:Деталь 1
```

Рисунок 3.14 – Файл інформації про роботу системи

3.4 Висновки до третього розділу

У третьому розділі було виконано декілька дуже важливих пунктів, що потрібні для розробки макету ідентифікації об'єктів. А саме, було обрано апаратні модулі:

- Raspberry pi 4;
- камера Raspberry pi Cam v1.3;
- серводвигун SERVO-MG995;
- блок живлення.

У цьому розділі також було обрано середу розробки, описано використовувану бібліотеку комп'ютерного зору OpenCV. А також встановлено та налаштовано середу розробки CodeBlocks для подальшої роботи.

В підрозділі 3.3 представлено розробку макету, його загальний вигляд, розроблено програмне забезпечення на основі алгоритмів, які були описані у другому розділі. Представлено роботу програми та скріншоти обробки зображення.

4**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ****4.1 Постановка задач експериментального дослідження**

Провести експеримент для отримання даних про точність розпізнавання при різній швидкості руху об'єктів у робочій зоні.

Провести експеримент для отримання даних про швидкість декодування qr-кодів на об'єктах при різному освітленні робочої зони.

Умови проведення експерименту:

- швидкість руху конвейерної лінії 0,15 м/с та 0,3 м/с;
- величини світлового потоку робочої зони: 200 лм, 50 лм, 35лм.

Проведення експерименту дозволить визначити рекомендований світловий потік та швидкість для найкращої роботи системи. Також експеримент може виділити величини, які є недопустими при роботі системи.

4.2 Проведення експерименту

Для проведення експерименту використаємо імітований макет контейнерної лінії та розташуємо систему ідентифікації над нею.

Для визначення світлового потоку буде використано мобільний телефон з додатком для отримання даних від сенсора телефону.

Проведемо перший експеримент з різною швидкістю руху об'єктів на лінії. Згідно умов проведемо експеримент для швидкості 0,15 м/с та 0,3 м/с. Для експерименту буде використано шість об'єктів з qr кодами.

Отримані дані з першого експерименту внесено до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані першого експерименту

Номер об'єкту	Швидкість пересування об'єктів на конвеєрній лінії	
	15 м/с	30 м/с
Об'єкт № 1	Розпізнано та декодовано	Розпізнано та декодовано
Об'єкт № 2	Розпізнано та декодовано	Розпізнано та не декодовано
Об'єкт № 3	Розпізнано та декодовано	Розпізнано та не декодовано
Об'єкт № 4	Розпізнано та декодовано	Розпізнано та не декодовано
Об'єкт № 5	Розпізнано та декодовано	Розпізнано та не декодовано
Об'єкт № 6	Розпізнано та декодовано	Розпізнано та не декодовано

З отриманих даних можна зробити висновок про те, що швидкість 30 м/с занадто висока для даної системи. Декодування не відбувається через обмежені можливості камери, на рис. 4.1 зображено приклад кадру при швидкості 30 м/с. Рішенням для швидкості 30 м/с може бути призупинення лінії у робочій зоні системи чи заміна камери на більш якісну.



Рисунок 4.1 – Кадр при швидкості лінії 30м/с

Як можна побачити, Qr-код зображено не чітко, що і є причиною не змоги декодування.

Для проведення другого експерименту, будемо регулювати світловий потік та програмно відміряти час, що витрачається на декодування коду. Час відміряється від розпізнавання об'єкту у кадрі, до отримання даних з qr-коду. Отримані дані другого експерименту занесено у таблиці 4.2 – 4.4.

Таблиця 4.2 – Отримані дані при проведенні другого експерименту для світлового потоку 193 лм

Номер об'єкту	Вдалося розпізнати об'єкт?	Швидкість декодування qr-коду
Об'єкт № 1	Так	0,059 с
Об'єкт № 2	Так	0,043 с
Об'єкт № 3	Так	0,043с
Об'єкт № 4	Так	0,069с
Об'єкт № 5	Так	0,665 с
Об'єкт № 6	Так	0,886 с

На рисунку 4.2 представлено процес виконання експерименту при освітленні 193 лм.

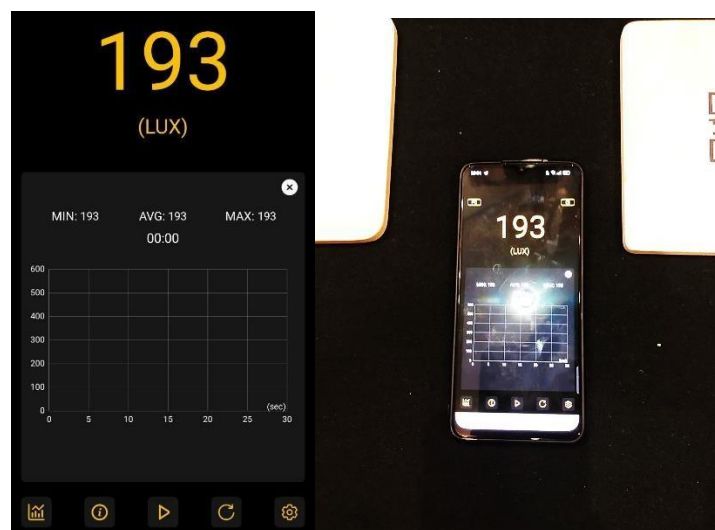


Рисунок 4.2 – Процес проведення експерименту при освітленні 193 лм

На рисунку 4.3 представлено швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту при освітленні 193 лм.

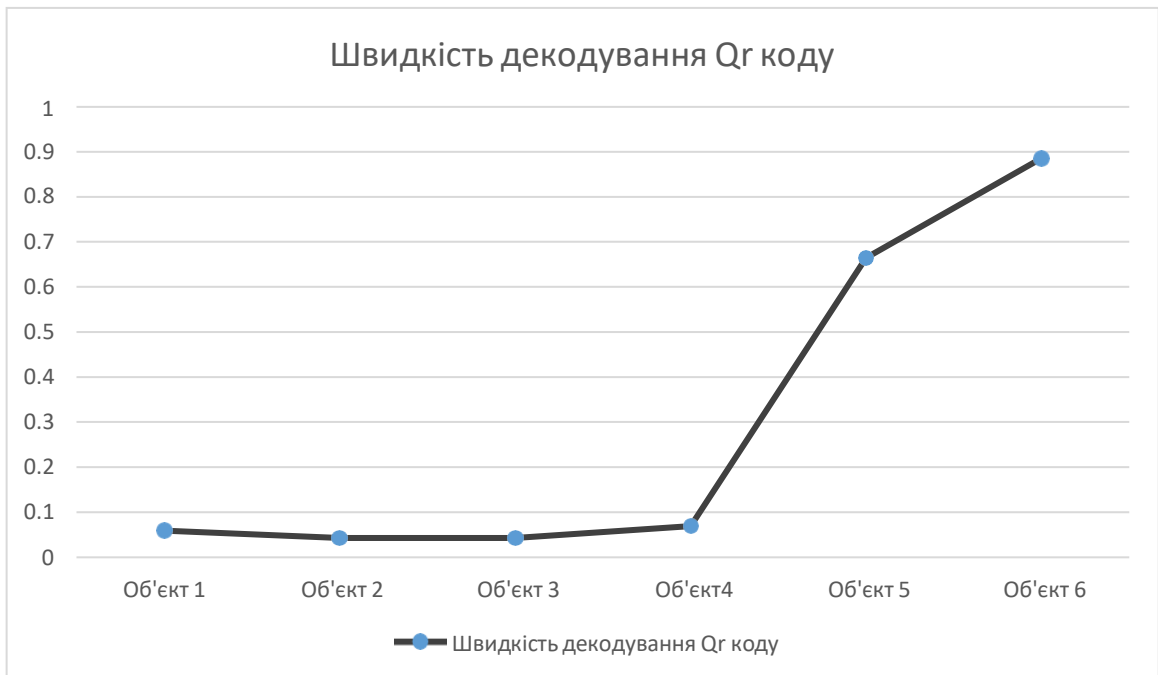


Рисунок 4.3 – Швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту

Таблиця 4.3 – Отримані дані при проведенні другого експерименту для світлового потоку 58 лм

Номер об'єкту	Вдалося розпізнати об'єкт?	Швидкість декодування qr-коду
Об'єкт № 1	Так	0,055 с
Об'єкт № 2	Так	0,044 с
Об'єкт № 3	Так	0,046 с
Об'єкт № 4	Так	0,087с
Об'єкт № 5	Так	0,042 с
Об'єкт № 6	Так	0,044 с

На рисунку 4.4 представлено процес виконання експерименту при освітленні 58 лм.

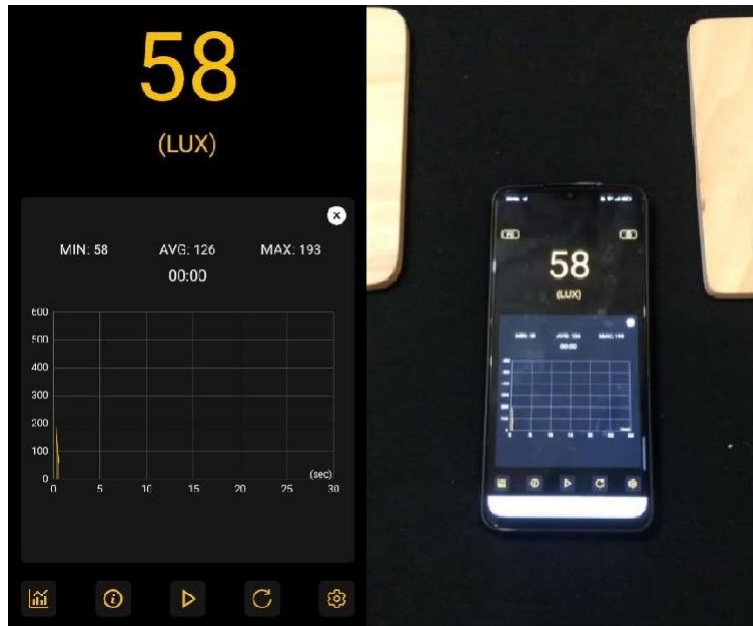


Рисунок 4.4 – Процес проведення експерименту при освітленні 58 лм

На рисунку 4.5 представлено швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту при освітленні 58 лм.

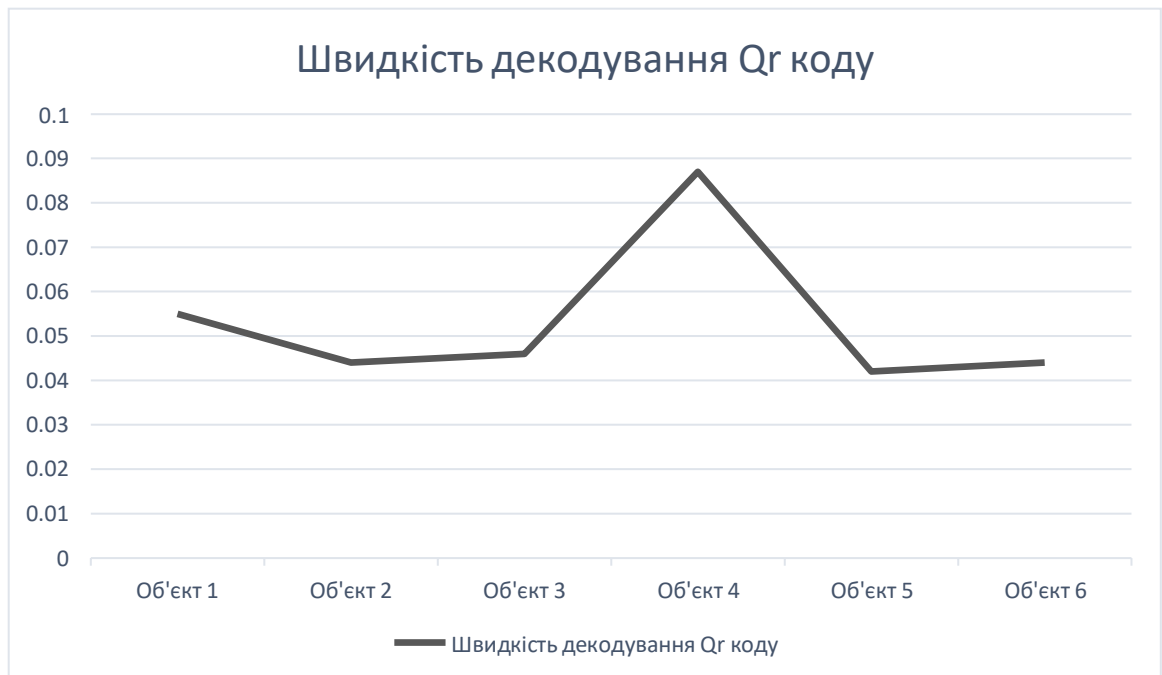


Рисунок 4.5 – Швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту

Таблиця 4.4 – Отримані дані при проведенні другого експерименту для світлового потоку 38 лм

Номер об'єкту	Вдалося розпізнати об'єкт?	Швидкість декодування qr-коду
Об'єкт № 1	Так	0,057 с
Об'єкт № 2	Так	0,047 с
Об'єкт № 3	Так	0,045 с
Об'єкт № 4	Так	0,064 с
Об'єкт № 5	Так	0,068 с
Об'єкт № 6	Так	0,044 с

На рисунку 4.6 представлено процес виконання експерименту при освітленні 38 лм.

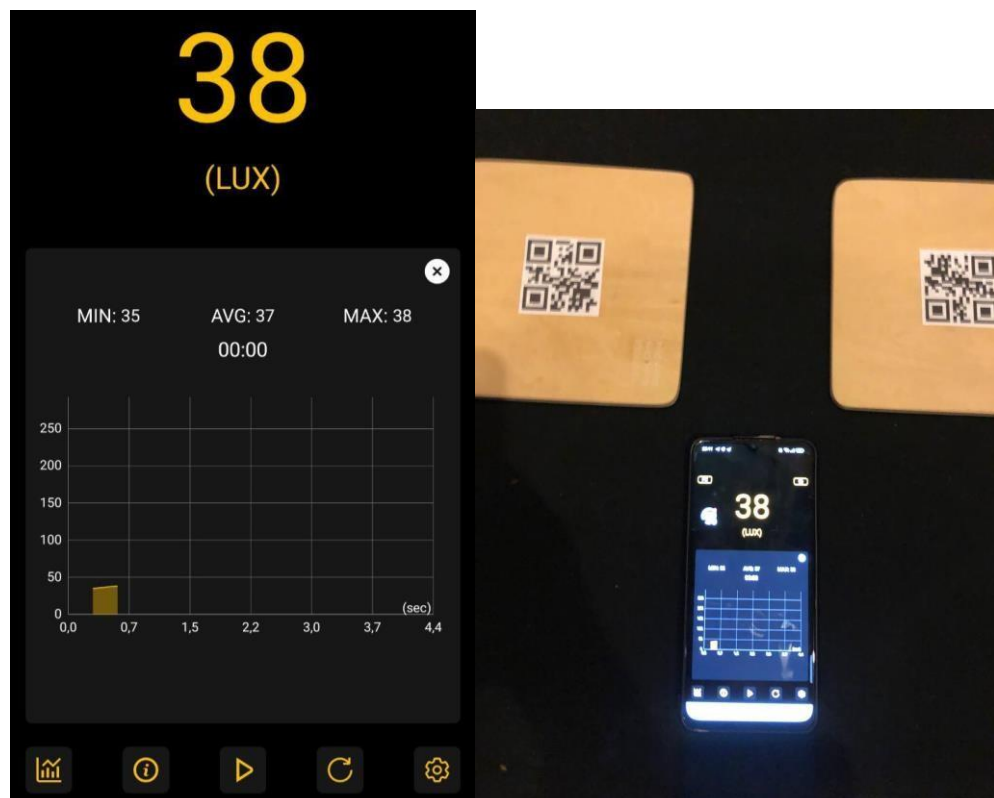


Рисунок 4.6 – Процес проведення експерименту при освітленні 38 лм

На рисунку 4.7 представлено швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту при освітленні 58 лм.

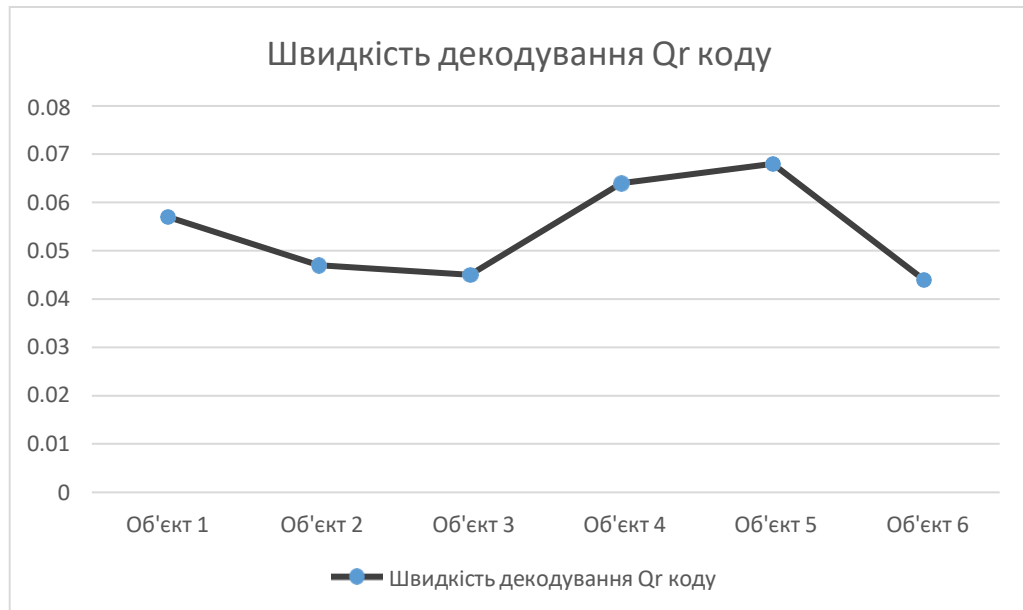


Рисунок 4.7 – Швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту

З отриманих результатів можна побачити що при значенні світлового потоку 193 лм, два об'єкти декодувалися значно повільніше ніж при меншому потоку. Дані об'єкти декодувалися не з першого кадру, тому виникла така затримка. Можна зробити висновок що світловий потік від 40 лм до 60 лм можна використовувати у даній системі.

4.3 Забезпечення умов роботи при розробці системи

При розробці завжди потрібно дотримуватися певних загальних умов роботи. Серед таких умов є розмір приміщення та робочого місця. У таблиці 4.5 наведено основні характеристики розмірів приміщення, в якому проводиться розробка даної системи. За нормами кількість робочих місць в приміщенні напряму залежить від його площі. Не дотримання цих норм, які вказано в НПАОП 0.00-1.28-10 може нанести шкоди при розробці як людині, так і розроблюваній системі.

Таблиця 4.5 – Характеристики робочого приміщення та місця роботи

Параметр	Скорочене позначення	Значення
Довжина	L	4 м
Ширина	G	3,5 м
Висота	H	2,7 м
Кількість робочих місць	N	1
Площа	S	14 м ²
Об'єм	V	37,8 м ³

Площа одного робочого місця повинна складати не менше за 6 квадратних метрів, а об'єм від 20 кубічних метрів, згідно НПАОП 0.00-1.28-10.

Нижче проведено розрахунки для приміщення, в якому розроблюється дана система, для цього використано формули (4.1) та (4.2) для розрахунку площі та об'єму приміщення на одну особу

$$s = \frac{S}{N} = \frac{18 \text{ м}^2}{1 \text{ осіб}} \quad (4.1)$$

$$V = \frac{V}{N} = \frac{48,6 \text{ м}^3}{1 \text{ осіб}} \quad (4.2)$$

За результатами отриманих розрахунків та за габаритними характеристиками, дане використовуване приміщення повністю відповідає нормам, вказаним у НПАОП 0.00-1.28-10.

Освітлення на робочому місці дуже важливе для роботи. Недостатнє чи занадто сильне освітлення є шкідливим для здоров'я людини. Порушення норм освітлення можуть спричинити погіршення зору, збільшити вірогідність травматизму, знизити продуктивність. Робоча зона та робоче місце повинно бути освітлено згідно норм, та бути комфортним для роботи без напруження зору.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 проведено розрахунок природнього освітлення у приміщенні, де встановлено одне вікно розміром 2 метри x 1,5 метри [32].

Розрахунок еквівалентної площі світлового отвору за формулою (4.3).

$$S_{\text{екв}} = N \cdot S_{\text{вікна}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м}^2. \quad (4.3)$$

Розрахунок фактичного коефіцієнту природнього освітлення проводиться за формулою (4.4).

$$k = \frac{S_{\text{екв}} \cdot t_0 \cdot R_1 \cdot 100}{S \cdot n_0 \cdot k_3}, \quad (4.4)$$

де t_0 – загальний коефіцієнт світло-пропускання;

R_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення при бічному освітленні завдяки світлу, відбитому від внутрішніх поверхонь;

S – площа приміщення;

n_0 – світлова характеристика вікна,

k_3 – коефіцієнт, що враховує затемнення від будівлі навпроти.

Коефіцієнти для розрахунку:

– $n_0 = 9$;

– $t_0 = 0,25$;

– $R_1 = 3$;

– $k_3 = 1,1$.

Розрахунок за формулою (4.4):

$$k = \frac{3 \cdot 0,25 \cdot 3 \cdot 100}{14 \cdot 9 \cdot 1,1} = \frac{225}{138,6} = 1,62.$$

Згідно ДБН В.2.5-28-2006, фактичний коефіцієнт природнього освітлення відповідає нормам.

4.4 Висновки до четвертого розділу

В цьому розділі було проведено експеримент й отримано дані про точність розпізнавання при різній швидкості руху об'єктів у робочій зоні. Також було проведено експеримент для отримання даних про швидкість декодування qr-кодів на об'єктах при різному освітленні робочої зони. За отриманими даними складено таблиці та графіки. За результатами експерименту було виявлено найбільш оптимальні умови освітлення для даної системи ідентифікації. Виявлено, що світловий потік від 40 лм до 60 лм можна використовувати у даній системі. Також було проведено розрахунок природнього освітлення приміщення, в якому відбувається розробка даної системи ідентифікації, розраховано площу приміщення та її об'єм на особу.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної роботи в першому розділі було проведено аналіз сучасних систем ідентифікації об'єктів у промисловості. Проведено аналіз методів розпізнавання об'єктів та методів ідентифікацій об'єктів. Проаналізовано апаратні модулі системи, поставлено необхідну задачу дослідження.

У другому розділі розроблено структурну схему розроблюваної системи, алгоритми розпізнавання об'єктів та алгоритм ідентифікації.

У третьому розділі було обрано необхідні апаратні модулі для системи ідентифікації на конвеєрній лінії. Обрано та встановлено середу розробки. Після чого було зібрано макет системи ідентифікації, що було основною метою роботи та розроблено програмне забезпечення для цієї системи. Представлено приклад виконання обробки та ідентифікації об'єктів за допомогою цієї системи.

У четвертому розділі роботи було проведено експеримент з готовою системою, метою якого було отримання даних про точність розпізнавання при різній швидкості руху досліджуваних об'єктів у робочій зоні.

В ході експерименту також було отримано данні про швидкість декодування Qr кодів, розміщених на об'єктах при різних значення освітлення приміщення, де встановлена дана система. Усі дані отримані з експериментів були занесені до таблиць. В ході проведеного експерименту було виявлено оптимальне значення освітленості необхідне для даної системи, а саме від 40 лм до 60 лм.

Також було проведено розрахунок природнього освітлення приміщення, в якому відбувається розробка даної системи ідентифікації, розраховано площу приміщення та її об'єм на особу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017 – 29 с.

2. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 55 с.

3 IT Interprise [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.it.ua/knowledge-base/technologyinnovation/industry-4/> / (Дата звернення 13.09.2022).

4 MDPI [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2073-431X/7/1/13#stats_id / (Дата звернення 13.09.2022).

5 ELAR [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://openarchive.nure.ua/handle/document/19617> / (Дата звернення 13.09.2022).

6 Automatic Identification and Data Capture [Електронний ресурс] //SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: – Режим доступу до ресурсу: <https://arnews.com/61904f62798e4065a041dc9f17759ea4> / (Дата звернення 15.09.2022).

7 Object Detection for Smart Factory Processes by Machine Learning. Procedia Computer Science. / Lukas Malburg, Manfred-Peter, Seiger Ronny, Klein Patrick, Bergmann Ralph. – 2021р. / (Дата звернення 16.09.2022).

8 Malburg L., Klein P., Bergmann R., Semantic Web Services for AI-Research with Physical Factory Simulation Models in Industry 4.0, in: Proc. of the Int. Conf. on Innov. Intell. Ind. Prod. and Logis. (IN4PL). – 2020p. / (Дата звернення 16.09.2022).

9 Malburg L., Seiger R., Bergmann R., Weber B., Using Physical Factory Simulation Models for Business Process Management Research, in: Del R'io Ortega, A., Leopold, H., Santoro, F.M. (Eds.), Business Process Management Workshops, Springer. pp. / (Дата звернення 16.09.2022).

10 ankitnsingh.medium [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://ankitnsingh.medium.com/how-visual-objectdetection-can-transform-manufacturing-industries-18494da09cc8> / (Дата звернення 16.09.2022).

11 Novtech [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.novtech.com.ua/oborudovanie/sortirovka/opticheskajasortirovka/linijaso-rtirovki-ovoshhej-i-frukto-romone-4> / (Дата звернення 16.09.2022).

12 WEVOLVER [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.wevolver.com/article/detecting-unwantedhazardous-objects-with-vision-ai> / (Дата звернення 15.09.2022).

13 Mobdev [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://mobidev.biz/blog/ai-visual-inspection-deep-learningcomputer-vision-defect-detection> / (Дата звернення 19.09.2022).

14 MDPI [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2079-9292/6/1/9> / (Дата звернення 19.09.2022).

15 MDPI [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2079-9292/6/1/9> / (Дата звернення 19.09.2022).

- 16 MDPI [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані.
– Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2073-431X/7/1/13> / (Дата звернення 21.09.21622).
- 17 Використання комп'ютерного зору в системі цифрової нарізки матеріалів / В.В. Туманов, А.Ю. Дорошенко // Проблеми програмування. – 2017. – № 4. – С. 109-118. – Бібліогр.: 7 назв. – укр. (Дата звернення 21.09.2022).
- 18 Форстор [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані.
– Режим доступу: <https://forstor.ua/ua/c-mashinnoe-zrenie-376/> / (Дата звернення 19.09.2022).
- 19 Магерасова І.І. Формування сценаріїв розпізнавання інформаційних вкидань на основі нейронних мереж : Магістерська дисертація. – Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, 2018. 117с. (Дата звернення 21.09.2022).
- 20 Богдан В.П. Інтелектуальний аналіз відеоданих. Контурний аналіз – вид комп'ютерної обробки зображень. 2012. Сучасна спеціальна техніка. Вип. 1(28) С. 61 – 68. / (Дата звернення 19.09.2022).
- 21 Я.А. Фурмана. Введенні в контурний аналіз / Київ, 2003. / (Дата звернення 22.09.2022).
- 22 Алгоритми розпізнавання об'єктів / Цветков А.А. та ін. – 2016. С. 20 – 28. / (Дата звернення 24.09.2022).
- 23 Букетов А.В. Ідентифікація і моделювання технологічних об'єктів та систем. – Тернопіль: СМП «Тайп». – 2009. С.260. (Дата звернення 24.09.2022).
- 24 99Designs [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://99designs.com/blog/marketing-advertising/near-field-communication-design/amp/> / (Дата звернення 10.10.2022).
- 25 УКРВАГИ [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://ukrvesi.com.ua/ua/a412872-chto-takoe-skaner.html> / (Дата звернення 10.10.2022).

26 Topological structural analysis of digitized binary images by border following, Computer Vision, Graphics, and Image Processing / Satoshi Suzuki, Keiichi Abe / Computer Vision, Graphics, and Image Processing. – 1985. – №1. – С. 32-46. (Дата звернення 11.10.2022).

27 Raspberry Pi [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/> / (Дата звернення 19.10.2022).

28 Raspberry [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html> / (Дата звернення 19.10.2022).

29 Pi supply [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://uk.pi-supply.com/products/raspberry-pi-camera-board-v1-3-5mp-1080p> / (Дата звернення 22.10.2022).

30 RoboStore [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.robostore.com.ua/detali-i-komplektuyushiedlya-robototehniki/servoprivody/servoprivod-mg995-tower-pro-360/> / (Дата звернення 23.10.2022).

31 ResearchGate [Електронний ресурс] // SearchGoogle. Електрон. текстові дані. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/322804798_Porivnalniy_analiz_bibliotek_komp'uternogo_zoru / (Дата звернення 23.10.2022).

32 ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.

33 К. Шевченко "Застосування сучасних засобів ідентифікацій об'єктів на виробничій лінії", «Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2021) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – Вип. 2. – С. 188-191.