

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

РОЗРОБКА БЕЗКОНТАКТНОГО МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЙ ВИРОБІВ
ДЛЯ ПОТРЕБ СЕКТОРУ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ

DEVELOPMENT OF A CONTACTLESS METHOD OF PRODUCT
IDENTIFICATION FOR THE NEEDS OF THE SECURITY AND DEFENCE
SECTOR

спеціальність 122 Комп'ютерні науки

освітня програма «Комп'ютерні науки»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи КНм-21
Гупало Владислав Олегович

(підпис)

Керівник: д.пед.н, с.н.с.
Козубцов Ігор Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Ліщина Валерій Олександрович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма: «Комп'ютерні науки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Валерій ЛІЩИНА

«14» травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ДРУГОГО (МАГІСТЕРСЬКОГО) РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гупало Владислав Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Розробка безконтактного методу ідентифікацій виробів для потреб сектору безпеки та оборони»

Керівник д.пед.н, к.т.н., с.н.с. Козубцов Ігор Миколайович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» травня 2025 р. № 255/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «05» грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Сервер має відповідати наступним вимогам: засіб розпізнавання та ідентифікації: камера; системи ідентифікації об'єктів. Метод ідентифікації: QR-код; метод розпізнавання об'єктів: контурний; головний пристрій системи Raspberry pi 4; кольори об'єктів, що розпізнаються: однакові.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити): Аналіз сучасного стану проблеми, існуючих методів і засобів її розв'язання, аналіз і вибір засобів проектування, опис функціонального наповнення об'єкта проектування, розробка й обґрунтування системного наповнення, експериментальне дослідження результативності предмету дослідження.

5. Перелік графічного матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз існуючих систем ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії</i>	<i>Козубцов І. М.</i>		
<i>Розробка структури і алгоритмів системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії</i>	<i>Козубцов І. М.</i>		
<i>Розробка та дослідження системи безконтактної ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії</i>	<i>Козубцов І. М.</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>		_____ %	
<i>Інструментальна перевірка</i>	<i>Кошелюк В. А.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Сачук В. О.</i>		
<i>Гарант ОПП</i>	<i>Лищина В. О.</i>		

7. Дата видачі завдання «14» травня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Провести огляд літературних джерел по темі кваліфікаційної роботи</i>	<i>до 30.06.2025 р</i>	
2	<i>Провести аналіз загальної проблеми і вибір напрямків дослідження</i>	<i>до 01.09.2025 р.</i>	
3	<i>Розробити функціональну схему роботи програмного продукту</i>	<i>до 01.10.2025 р</i>	
4	<i>Описати засоби розробки об'єкта проектування</i>	<i>до 15.10.2025 р.</i>	
5	<i>Практична реалізація об'єкта проектування</i>	<i>до 10.11.2025 р.</i>	
6	<i>Провести експериментальне дослідження результативності предмету дослідження</i>	<i>до 25.11.2025 р.</i>	
7	<i>Здача чистового варіанту кваліфікаційної роботи бакалавра на кафедру</i>	<i>до 05.12.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти _____ Владислав ГУПАЛО

Керівник роботи _____ Ігор КОЗУБЦОВ

АНОТАЦІЯ

Гупало В. О. Розробка безконтактного методу ідентифікацій виробів для потреб сектору безпеки та оборони. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Комп'ютерні науки». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У кваліфікаційній роботі вирішено науково-технічне завдання метою якого роботи є розробка і дослідження безконтактного методу ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони. Застосунок може бути використаний безконтактного ідентифікацій об'єктів (в тому числі виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії у різних секторах народного господарства. Наукова новизна одержаного результату полягає в удосконаленні процесу ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони за рахунок застосування безконтактного методу ідентифікацій.

Ключові слова: розробка, безконтактний метод, ідентифікація, виріб, сектор безпеки та оборони.

ABSTRACT

Gupalo Vladislav. Development of a contactless method for identifying products for the security and defense sector. Manuscript.

Master's thesis in Computer Science. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references, and appendices.

The thesis solves a scientific and technical problem, the purpose of which is to develop and study a contactless method for identifying objects (dual-use products) on a conveyor line for the needs of the security and defense sector. The application can be used for contactless identification of objects (including dual-use items) on a conveyor line in various sectors of the national economy. The scientific novelty of the result obtained lies in the improvement of the process of identifying objects (dual-use items) on a conveyor line for the needs of the security and defense sector through the use of a contactless identification method.

Keywords: development, contactless method, identification, product, security and defense sector.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ’ЄКТІВ (ВИРОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ) НА КОНВЕЄРНІЙ ЛІНІЇ	11
1.1 Аналіз існуючих систем ідентифікацій та розпізнавання об’єктів на конвеєрній лінії.....	11
1.2 Аналіз існуючих методів розпізнавання об’єктів	20
1.3 Аналіз існуючих методів ідентифікацій об’єктів	25
1.4 Постановка завдання на розробку безконтактного методу ідентифікацій виробів для потреб сектору безпеки та оборони	33
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЙ ОБ’ЄКТІВ (ВИРОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ) НА КОНВЕЄРНІЙ ЛІНІЇ.....	35
2.1 Розробка структури системи безконтактного ідентифікацій виробів для потреб сектору безпеки та оборони.....	35
2.2 Розробка алгоритмів розпізнавання виробів для потреб сектору безпеки та оборони.....	38
2.3 Розробка алгоритмів безконтактної ідентифікації виробів для потреб сектору безпеки та оборони	39
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЙ ОБ’ЄКТІВ (ВИРОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ) НА КОНВЕЄРНІЙ ЛІНІЇ.....	42
3.1 Обґрунтування вибору апаратних модулів системи ідентифікації об’єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.....	42
3.2 Вибір середі розробки системи ідентифікації об’єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії	46
3.3 Розробка макету системи ідентифікації об’єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії	49

3.4 Постановка задач експериментального дослідження функціонування системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.....	54
3.5 Проведення експерименту з вивчення функціонування системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії ..	55
3.6 Забезпечення умов роботи при розробці системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.....	60
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТКИ.....	67

ВСТУП

Актуальність роботи та підстави для її виконання. Конвеєрні лінії широко використовуються як автоматизовані системи для переміщення об'єктів на підприємствах, складах і в інших місцях. Вони сприяють автоматизації процесів, покращуючи ефективність виробництва та транспортування продукції.

Потреба в розробці безконтактного методу ідентифікацій виробів для потреб сектору безпеки та оборони в магістерській роботі обумовлено тим, що в Україні надходить гуманітарна допомога, летальна та не летальна озброєння до пунктів прийому, де потрібно не лише розвантажити а й розсортувати за призначенням. В сучасних умовах війни ворог застосовує різні методи і способи проведення розвідувальної діяльності на цілено на пошук в тому числі місць прийому надходження гуманітарної допомоги, летальної та не летальна зброї за для того, щоб нанести вогневий удар на знищення. Тому, час потрібний задіяним вантажникам для розвантаження та розсортування за вантажу за призначенням потрібно як найменший.

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.

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.

Зазначені обставини і обумовили здобувача обрати магістерське

дослідження на тему «Розробка безконтактного методу ідентифікацій виробів для потреб сектору безпеки та оборони».

Метою кваліфікаційної роботи є розробка і дослідження безконтактного методу ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони.

Для досягнення мети сформуємо такі завдання:

- проаналізувати існуючі системи ідентифікацій та розпізнавання об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії;
- проаналізувати існуючі методи розпізнавання об'єктів;
- проаналізувати існуючі методи ідентифікацій об'єктів;
- розробити структуру системи безконтактного ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони;
- розробити алгоритм розпізнавання об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони;
- розробити алгоритм безконтактної ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони;
- розробити систему ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони;
- експериментально дослідити систему безконтактної ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони.

Об'єктом дослідження є процес складування об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.

Предметом дослідження є процеси, методи, алгоритми розпізнавання і ідентифікації об'єктів в системах керування.

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

На всіх етапах від розробки генеральної ідеї, проектування та

експериментальних досліджень не використовувати хоча б схожі на об'єкти (виробів подвійного призначення) призначених для сектору безпеки та оборони задля того, щоб одержані в роботі відомості, не підлягали під дію ст. 8 закону України «Про державну таємницю» (зі змінами) та ст. 30 закону України «Про інформацію» (зі змінами) і не відносяться до інформації з обмеженим доступом, тому для опублікування матеріалу (пересилання електронною поштою) не слід одержувати дозволу Міністерства оборони України, інших міністерств та відомств, може бути допущена до відкритого публікування (пересилання електронною поштою).

Можливі сфери застосування. Застосунок може бути використаний безконтактного ідентифікацій об'єктів (в тому числі виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії у різних секторах народного господарства.

Наукова новизна одержаного результату. Удосконалено процес ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони за рахунок застосування безконтактного методу ідентифікацій.

Практичне значення результату полягає у реалізації можливості:

– безконтактної ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони, що забезпечує скороченню часу на ідентифікацію та залучення обслуговуючого персоналу;

– покращити здійснення контролю за використанням експортованих (імпортованих) товарів подвійного використання кінцевими споживачами.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ (ВИРОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ) НА КОНВЕЄРНІЙ ЛІНІЇ

1.1 Аналіз існуючих систем ідентифікацій та розпізнавання об'єктів на конвеєрній лінії

Конвеєрні лінії є одним із найпоширеніших засобів автоматизації для транспортування об'єктів на підприємствах, складах, аеропортах, морських портах та за потреби в інших об'єктах. Конвеєри класифікуються на кілька основних типів [1]:

– роликові конвеєри мають поверхню, сформовану з роликів, які підбираються залежно від виробничих вимог, таких як вага або необхідна швидкість руху продукції, що переміщується стрічкою;

– плоскі конвеєри використовують систему привідних шківів для переміщення безперервного плоского ремня. Ремінь може бути виготовлений як із натуральних матеріалів, так і зі штучних тканин, наприклад, поліестеру або нейлону;

– шевронні конвеєри обладнані стрічкою з клинами чи бар'єрами вертикального типу. Ці елементи забезпечують надійне перевезення сипучих матеріалів під час руху на нахилах або спусках. Вони також сприяють підтримці рівномірних відстаней між об'єктами та виконують додаткові функції.

Конвеєри вирішують завдання автоматизації й оптимізації процесу виробництва і транспортування виробів [1].

Потреба в розгляді даного питання в магістерській роботі обумовлено тим, що в Україні надходить гуманітарна допомога, летальна та не летальна озброєння до пунктів прийому, де потрібно не лише розвантажити а й розсортувати за призначенням.

Для оптимізації робочих процесів, скорочення часу на виконання завдань і покращення якості ідентифікації та сортування об'єктів на виробництві

конвеєрні лінії додатково оснащують різними системами ідентифікації, які підбираються залежно від типу об'єктів для розпізнавання [2].

Сьогодні такі завдання виконуються за допомогою технології автоматичної ідентифікації та збору даних (Automatic Identification and Data Capturing – AIDC). Ця технологія охоплює методи автоматичного розпізнавання об'єктів, збору даних про них та їх передачі безпосередньо до комп'ютерних систем без залучення людини [3].

Інформація, необхідна для розпізнавання, надходить із зовнішніх джерел у процесі аналізу зображень чи електромагнітних хвиль, зафіксованих зчитувальними пристроями. Отримані відомості проходять конвертацію, після чого комп'ютер оперує цими даними: він або зіставляє їх із раніше збереженою базою, або ж самостійно визначає ідентифікацію об'єкта.

Імітаційна модель системи ідентифікації. Контроль за ходом виробничих операцій є необхідним для того, щоб ідентифікувати будь-які вади у виробництві на початкових етапах, надаючи при цьому можливість автоматичного їх усунення, задля досягнення найвищого можливого ґатунку виконання завдань.

Модель, створена раніше на базі Fischertechnik, дає змогу імітувати та здійснювати нагляд за виробничими циклами, враховуючи реальні фізичні характеристики виробничого простору.

Імітаційна модель системи розпізнавання Fischertechnik складається із двох окремих секцій. Кожна з цих секцій містить набір сенсорів, серед яких можна виділити:

- оптичні датчики (світлові бар'єри);
- кінцеві вимикачі;
- індуктивні або ємнісні сенсори;
- пристрої для зчитування міток RFID, що використовуються для відстеження (моніторингу).

Центральне місце в системі займає фотоапарат, закріплений на дистанції 70 сантиметрів від центру. 8-мегапіксельний 2D-камерний блок (модель

Raspberry Pi V2) безперервно фіксує усю діяльність, надаючи статичне зображення, з кутом охоплення близько 90 градусів [4]. Цей пристрій забезпечує систему розпізнавання об'єктів вхідним відеоматеріалом високої чіткості та якості, слугуючи ключовим елементом спостереження на кожному етапі виробничого конвеєра.

На рисунку 1.1 можна побачити імітаційні моделі, створені за допомогою Fischertechnik, а також підсумки ідентифікації цих об'єктів [4].

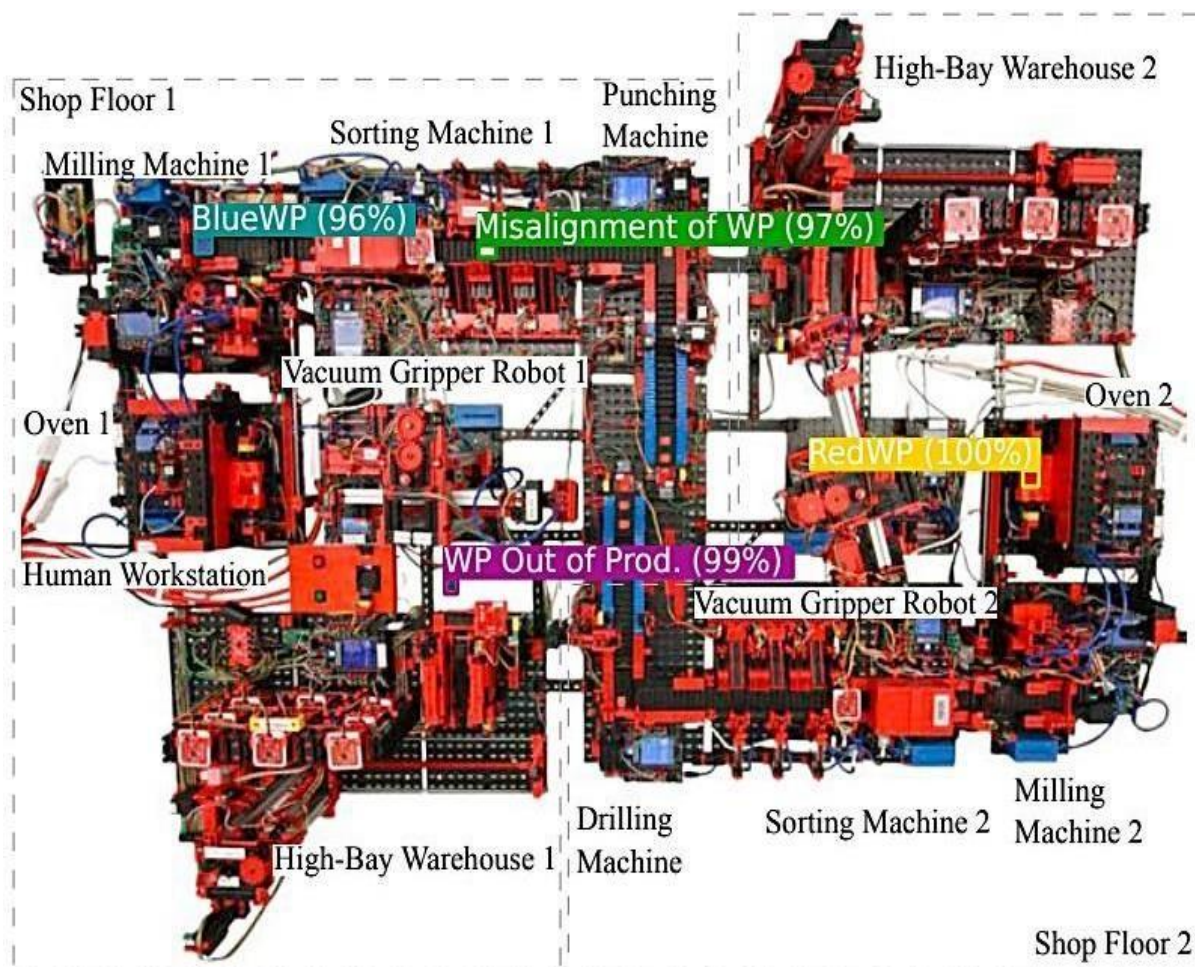


Рисунок 1.1 – Імітаційні моделі від Fischertechnik [4]

Сучасні системи ідентифікації та керування виробничими процесами зазвичай базуються на використанні сенсорів, що передають дискретні значення. До них належать, наприклад, дані про стан окремих машин, світлові бар'єри, перемикачі, смарт-теги тощо. Ці сенсори забезпечують моніторинг

перебігу процесів у межах виробничої лінії [4].

Деякі процеси можуть вислизати з поля зору сенсорів, оскільки окремі ділянки виробничого конвеєра не охоплені належним чином. Аби гарантувати більш сталий нагляд за операціями, який базується на сукупності інтегрованих блоків, у такі випадки до вже наявних систем ідентифікації на лініях впроваджують техніки розпізнавання об'єктів за допомогою відеоспостереження [5-6].

На рисунку 1.2 ілюструє апаратуру, призначену для ідентифікації об'єктів, яка опрацьовує відеопотік на вході, щоб знайти окремі деталі. Далі ці відомості скеровуються до модуля супроводу, котрий присвоює кожному об'єкту свій неповторний код, завдяки чому виходить простежити та розрізнити деталь під час її руху конвеєром.

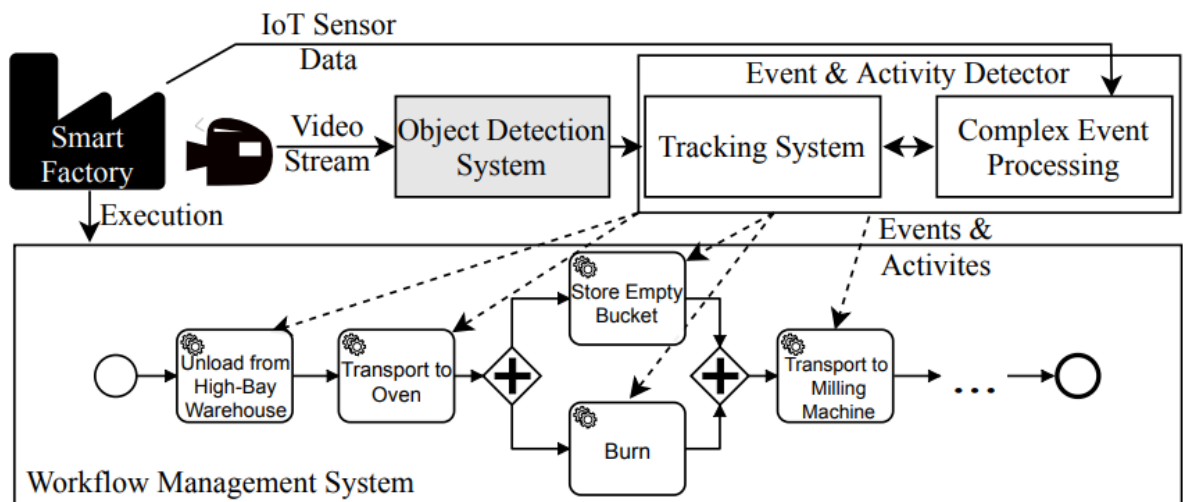


Рисунок 1.2 – Система ідентифікації об'єктів, що обробляє вхідне відео [7]

Лінія сортування POMONE 4. Знаходження потрібного предмета за допомогою візуального огляду є головним завданням, що охоплює багато виробничих процесів [8]: розподіл (сортування); керування запасами; контроль якості; фасування продукції; переміщення.

Розподіл, який здійснюється безпосередньо зусиллями людей, тягне за собою високі фінансові витрати та помилки, що виникають під час виконання

етапів, спричинені людським чинником.

Розподіл об'єктів на базі штучного інтелекту відбувається завдяки встановленому спеціальному показникові, поданому виробником. Це дає змогу зробити лінію конвеєра більш гнучкою та зменшити прорахунки.

Установки для розподілу та розпізнавання предметів застосовують не лише у промисловості, а також вони можуть бути задіяні у сільському господарстві та харчових фермах, де розподіл та моніторинг відіграють найважливішу роль на складальних лініях. Кожній фірмі важливо вчасно знайти і виключити зіпсований та непридатний для подальшого використання продукт, наприклад фрукти та овочі, якість яких може прямо вплинути на кінцевий продукт.

Виявлення та виключення (розподіл) на основі штучного інтелекту допоможе перетворити процес розподілу, який зазвичай відбувається за рахунок праці робітників, на продуктивний та автоматизований процес, підвищуючи при цьому ступінь вірності виявлення дефектів.

Розподільники POMONE можуть бути обладнані секцією зважування, а також візуальними модулями (OptiScan, GlobalScan, IDD4) для визначення маси, діаметру, калібру, кольору, коефіцієнту правильної форми, виявлення зовнішніх та внутрішніх недоліків [9].

Існує велика кількість методів комп'ютерного зору, які дозволяють здійснювати пошук різних об'єктів. Завдяки використанню архітектур для виявлення аномалій, зокрема автокодерів або нейронних мереж з довгостроковою пам'яттю (LSTM), стає можливим ефективно визначення необхідних об'єктів [10].

Візуальний огляд для виявлення дефектів. Є концепція візуального огляду на основі штучного інтелекту.

На рисунку 1.3 зображено особливості сприйняття об'єктів людиною та комп'ютерним зором.

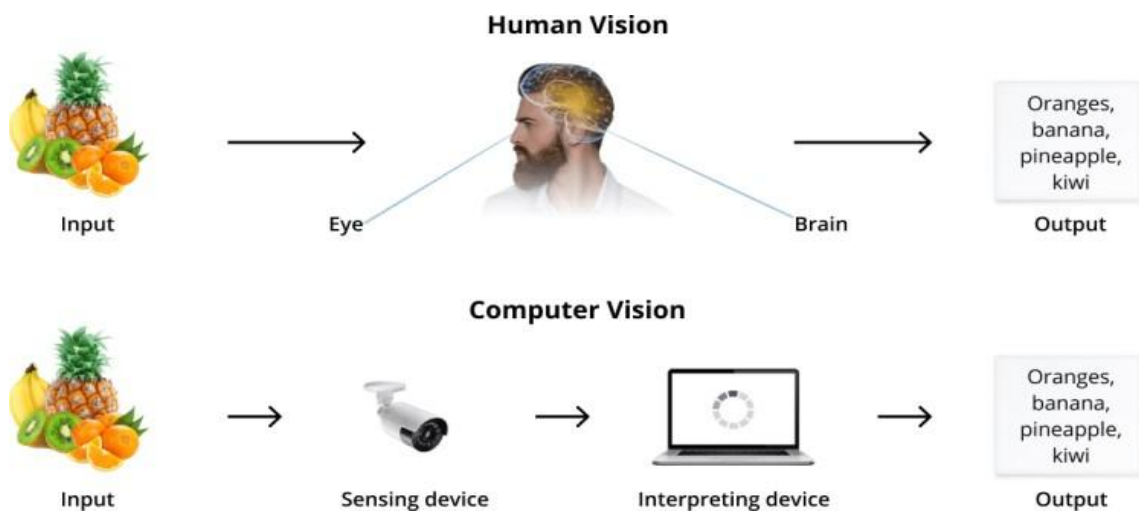


Рисунок 1.3 – Сприйняття об’єктів людиною та комп’ютерним зором [11]

Штучний інтелект (ШІ) – це напрямок комп’ютерної лінгвістики та інформатики, що займається формалізацією завдань і проблем, подібних до тих, які здатна розв’язувати людина. Основою технології є принципи глибокого навчання та комп’ютерного зору [11].

Глибоке навчання являє собою одну з ключових складових машинного навчання, що використовує штучні нейронні мережі. Суть його полягає в тому, щоб забезпечити машини здатністю навчатися на основі прикладів.

Використовуючи можливості системи візуального спостереження, впровадження методів глибокої нейронної мережі дає змогу ідентифікувати компоненти, виявляти дефекти та розпізнавати знаки, що дублюють людське око при функціонуванні автоматизованого [11].

На рисунку 1.4 показано принцип ідентифікації об’єктів, який цікавий для нашого дослідження для ідентифікації об’єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.



Рисунок 1.4 – Принцип ідентифікації об’єктів за даними джерела [11]

Системи зорового інспектування, що ґрунтуються на підходах глибокого навчання, спроможні ефективно ідентифікувати витончені недоліки.

В залежності від функціонального покликання системи зорового контролю, її склад може охоплювати такі елементи, як: фотоапарат, комутаційний пристрій (шлюз), IP та CCTV обладнання, центральний або графічний процесор і так далі.

Опис складових системи візуального контролю зображено на (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Складові системи візуального контролю за даними джерела [11]

Принцип роботи RFID систем. Принцип роботи RFID-систем базується на радіочастотній ідентифікації, де зчитувач (ридер) надсилає радіосигнал, який активує RFID-мітку, що, у свою чергу, надсилає назад свій унікальний код. Зчитувач RFID, складається з антени, зчитувача RFID, процесора, інтерфейсу користувача.

Спільна робота антени та зчитувача RFID слугує для накопичення та розшифрування даних з міток, які потім надсилаються до процесора. Цей процесор, у свою чергу, зобов'язаний приймати ці дані та візуалізувати їх у вигляді, зрозумілому для користувача [12].

Конструкція зразка мобільного пристрою включає такі елементи:

- процесорний модуль;
- користувацький інтерфейс;
- плата Raspberry Pi;
- сенсорний екран Pi розміром 3,7 дюйма;

- пристрій введення (клавіатура);
- модуль Bluetooth;
- накопичувач енергії на 7,4 В типу LiPO;
- стабілізатори напруги постійного струму (DC–DC UBEC), обрані через їхню економічність, здатність забезпечувати стабільну напругу при великих коливаннях вхідної напруги та високу вихідну потужність [12].

RFID-установка зображено на рисунку 1.6 з сайту [12].



Рисунок 1.6 – Зображення типової RFID системи [12]

Порівнянні RFID система з іншими універсальними ідентифікаторами подано в таблиці А.1, додатку А за даними джерела [13].

До переваг радіочастотної ідентифікації слід віднести:

- можливість змінювати інформацію. Дані, записані на RFID-мітки, можна коригувати та доповнювати багаторазово, тоді як дані на штрих-кодів фіксовані й не підлягають змінам після друку;
- не вимагає прямого візуального контакту. Для зчитування інформації з RFID-мітки зчитувачу не потрібна пряма лінія видимості. Орієнтація мітки відносно пристрою часто не має значення. Мітки зчитуються навіть крізь пакувальні матеріали, що дає змогу їх непомітно інтегрувати. Для реєстрації даних достатньо, щоб мітка хоча б на мить потрапила у зону дії зчитувача, навіть рухаючись зі значною швидкістю. Натомість, апаратам для зчитування штрих-кодів завжди потрібна чітка візуальна лінія до самого коду;

– більша дальність ідентифікації. RFID-мітки можуть бути розпізнані з істотно більшої дистанції порівняно зі штрих-кодами. Залежно від типу мітки та пристрою зчитування, радіус дії може сягати сотень метрів. Хоча, слід зазначити, що така велика відстань іноді не є необхідною;

– розширений обсяг пам'яті. RFID-мітка здатна зберігати значно більше відомостей, ніж традиційний штрих-код;

– одночасне зчитування багатьох ідентифікаторів. Професійні зчитувачі, завдяки функції уникнення колізій, здатні обробляти велику кількість (понад тисячу) RFID-міток за секунду. Пристрій для штрих-кодів може опрацювати лише один штрих-код за раз;

– зчитування незалежно від позиціонування. Щоб уможливити автоматизоване зчитування, органи стандартизації (наприклад, EAN International) встановили правила щодо розміщення штрих-кодів на споживчій та логістичній тарі. Жодних подібних обмежень для радіочастотних міток немає. Єдина вимога – це наявність мітки у зоні покриття зчитувального апарату;

– стійкість до зовнішніх впливів. Існують моделі RFID-міток, розроблені для високої зносостійкості та опору складним умовам експлуатації, тоді як штрих-коди легко псуються від вологи чи забруднень. Для сценаріїв, де один і той самий об'єкт використовується багаторазово (як-от ідентифікація контейнерів чи оборотного пакування), радіочастотна мітка є більш доцільним рішенням, оскільки її не треба розміщувати на зовнішній поверхні. Термін служби пасивних RFID-міток практично не обмежений;

– багатофункціональне застосування. RFID-мітки можуть виконувати додаткові функції, окрім ролі сховища інформації. Штрих-код не є програмованим і слугує винятково для зберігання даних;

– високий рівень захисту. Унікальний, незмінний ідентифікаційний номер, присвоєний мітці під час виготовлення, забезпечує надійний захист від фальсифікації. Крім того, дані на мітці можуть бути зашифровані. Радіочастотна мітка має можливість захищати операції запису та читання

паролями, а також шифрувати передачу даних. В одній мітці можна одночасно зберігати як відкриту, так і захищену інформацію.

До недоліків радіочастотної ідентифікації слід віднести:

- повне порушення роботи мітки при її частковому механічному пошкодженні;
- вищі початкові інвестиції у систему порівняно з рішеннями на базі штрих-кодів;
- складність самостійного виробництва. Натомість, штрих-код можна роздрукувати на будь-якому доступному принтері;
- вразливість до перешкод, спричинених електромагнітними полями;
- певний рівень недовіри з боку споживачів через потенціал негласного збору відомостей про осіб;
- вже існуюча технічна інфраструктура для зчитування штрих-кодів значно перевершує за масштабами впровадження RFID-рішень;
- недостатня прозорість розроблених стандартів.

1.2 Аналіз існуючих методів розпізнавання об'єктів

У технічних науках існує напрямок, присвячений розробці принципів та створенню систем для розпізнавання об'єктів. Його головна мета – визначити, до якого класу належить досліджуваний об'єкт (будь то матеріальний предмет, продукт, явище, сигнал, процес чи технічна ситуація) за певних умов.

Розпізнавання об'єктів належить до галузі комп'ютерного зору і полягає у програмній імітації здатності людини розрізняти та виділяти об'єкти на зображеннях. Суть цього процесу полягає в аналізі візуальної інформації, де спеціально розроблені моделі, що спираються на геометрію, фізику, статистику та методи машинного навчання, допомагають інтерпретувати дані зображення.

Серед найдивніших підходів до ідентифікації об'єктів варто відзначити:

- технології комп'ютерного зору;
- використання нейронних мереж для розпізнавання;

- аналіз контурів об'єктів;
- алгоритм Віоли-Джонса та його модифікації;
- використання примітивів Хаара.

Ідентифікація об'єктів за допомогою комп'ютерного зору. Роль технології розпізнавання об'єктів в промисловості стала дуже важливою серед усіх технологій ідентифікації. Тепер завдяки обчислювальній техніці, робота з розпізнаванням та ідентифікацією об'єктів, яка раніше була виключно на плечах людини, виконується з великим успіхом [14].

Завдяки машинному зору ми можемо постійно слідкувати за якістю продукції та ідентифікувати її, а також ефективно управляти процесами на складах. У процесі технічного прогресу покращуються важливі показники для комп'ютерного зору, такі як деталізація та якість зображень, отриманих за допомогою відео- та фотокамер. Це відкриває нові можливості для впровадження систем комп'ютерного зору в тих сферах, де раніше це було неможливо [15].

Ключова мета комп'ютерного зору полягає у відстежуванні попередньо визначених об'єктів на виробничій лінії, використовуючи відеодані, захоплені камерами. Для втілення цього завдання залучається бібліотека OpenCV, що пропонує всеохоплюючий набір функціональних можливостей для розпізнавання фігур та форм на піксельних зображеннях. Етапи розпізнавання об'єктів через призму комп'ютерного зору можна умовно структурувати наступним чином:

- 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.

Бачення за допомогою технічних засобів дає змогу значно вдосконалити та спростити послідовності роботи з приймання та руху продукції на

складських теренах, а також усунути хибні дії, що зумовлені впливом людського фактора. Серед позитивних аспектів використання систем технічного зору слід відзначити [16]:

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

На рисунку 1.7 наведено як приклад застосування машинного зору на конвеєрних стрічках [16].

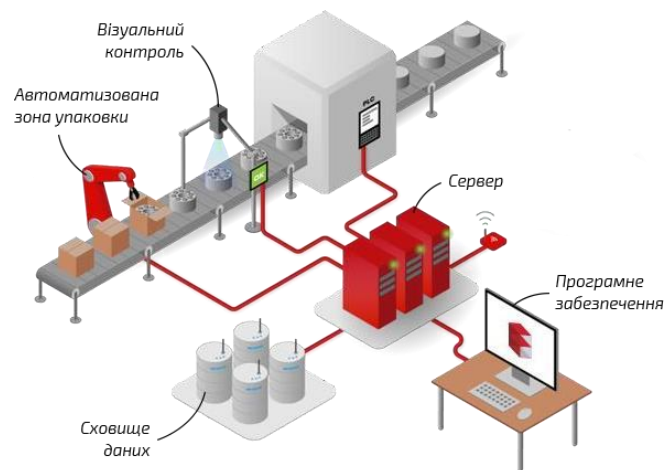


Рисунок 1.7 – Застосування машинного зору на конвеєрних стрічках [16]

Розпізнавання об'єктів за допомогою нейронних мереж. Подеколи трапляються випадки, коли комп'ютер не здатний вирішити певне завдання, що залежить від численних чинників, без ясного алгоритму. У зв'язку з цим виникла думка формування штучної моделі, яка буде функціонувати та набувати знань подібно до людського мозку. Розвиток штучних нейронних мереж бере за основу біологію.

Штучні нейронні мережі являють собою математичні конструкції, що

імітують біологічні системи, котрі складаються із значної кількості клітин-нейронів, які функціонують одночасно й володіють здатністю до набуття знань. Опанувавши певний обсяг інформації, нейромережі здатні екстраполювати та виявляти кореляції у відомостях. Навчена система здатна розв'язувати аналогічні завдання, які не були безпосередньо включені в тренувальний процес нейронних систем. Це надає нейромережам властивість толерантності до неоднозначних вхідних відомостей, особливо в контексті завдань, які важко чітко формалізувати [17].

Нейронні мережі широко застосовуються для автоматизації процесів:

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

Метод контурного аналізу. Контурний аналіз – це метод, що спеціалізується на обробці об'єктів за їхніми зовнішніми контурами. Він надає інструменти для опису, порівняння, зберігання та пошуку об'єктів, адже їхні контури є вичерпним джерелом інформації про форму. Контур об'єкта – це його чітка межа, що відокремлює його від фону. Контур об'єкта відіграє ключову роль у процесах обробки зображень та розпізнавання образів. Його головна перевага полягає в тому, що він дозволяє відмовитися від аналізу внутрішніх пікселів зображення, тим самим значно скорочуючи обсяг оброблюваної інформації. Це досягається шляхом спрощення задачі з двовимірної до одновимірної. Така оптимізація часто забезпечує можливість роботи систем розпізнавання в реальному часі [17].

Алгоритм контурного аналізу для розпізнавання об'єктів включає [18]:

- попередня обробка зображення (оптимізація контрасту, згладжування та шумозаглушення);

- сегментація та виділення контурів (бінаризація зображення для виявлення меж об'єктів);
- фільтрація контурів за геометричними ознаками (форма, площа);
- нормалізація контурів (приведення до єдиної довжини та згладжування);
- порівняння з шаблонами (пошук відповідності ідентифікованих контурів попередньо визначеним зразкам).

Основні недоліки контурного аналізу [18] полягають у його чутливості до якості зображення та умов його отримання. Метод погано працює, коли контури об'єктів нечіткі, розмиті або відсутні. Злиття кольору об'єкта з фоном, а також наявність сторонніх перешкод можуть суттєво ускладнити або унеможливити точне визначення контуру. Для успішного застосування методу необхідно, щоб контур об'єкта був чітко визначений у кожній своїй точці. Ще одним обмеженням є нездатність методу розпізнавати об'єкти, коли вони частково перекривають один одного або коли видно лише їхню частину. Отже, контурний аналіз є вразливим до перешкод і не може бути застосований до ситуацій, де об'єкти перетинаються або частково приховані.

Метод Віоли-Джонса та його комбінації. Класичний підхід Віоли-Джонса використовує прямокутні ознаки (рис. 1.8).

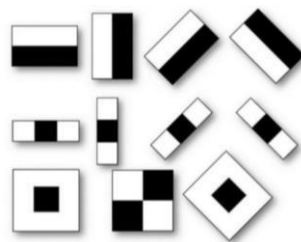


Рисунок 1.8 – Ознаки прямокутної форми (Примітиви Хаара) [18]

Натомість, розширений метод Віоли-Джонса, який широко використовується в OpenCV, додає до цих ознак нові примітиви (рис. 1.9).

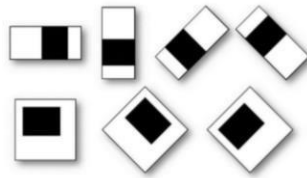


Рисунок 1.9 – Примітиви Хаара, що використовуються у розширеному методі Віоли-Джонса [18]

Примітиви Хаара. У завдання розпізнавання об'єктів можуть бути використані елементарні методи отримання ознак. Його принцип роботи полягає у порівнянні рівнів яскравості двох прямокутних областей, як демонструє (рис. 1.10).

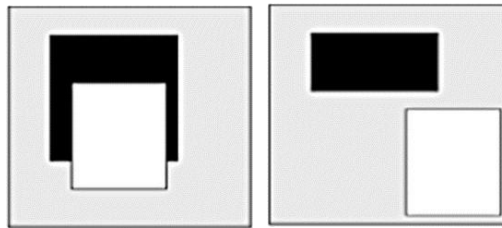


Рисунок 1.10 – Ознаки Хаара, при розпізнавання об'єктів [18]

Таким чином, перераховані вище методи можуть бути використані в подальшому, але вибір заложитиме від переваг.

1.3 Аналіз існуючих методів ідентифікацій об'єктів

Головна мета ідентифікації – це створення найкращої математичної моделі системи. Ця модель будується на основі спостережень за тим, як система реагує на вхідні сигнали та які вихідні сигнали вона генерує [19]. Задача ідентифікації тісно пов'язана з сучасними теоріями керування і для її вирішення активно використовуються потужні комп'ютери.

Особливо актуальною останнім часом стала ідентифікація складних виробничих об'єктів. Це ключовий етап при розробці систем керування для таких об'єктів. Без успішного вирішення задачі ідентифікації неможливо:

цілеспрямовано проектувати системи керування. Тобто, створити систему, яка точно відповідатиме поставленим завданням.

Особливостями адаптивних систем. Такі системи здатні працювати навіть тоді, коли про об'єкт відомо не все заздалегідь, або коли сам об'єкт змінює свої характеристики з часом.

Ідентифікація – це процес створення математичної моделі, яка максимально точно відображає реальний об'єкт, згідно з певними критеріями. Існує два основних підходи до ідентифікації:

Перший підхід. Має вже готову структуру математичної моделі і наша задача – знайти її точні параметри, використовуючи дані про вхідні та вихідні сигнали.

Другий підхід. Цей підхід охоплює як створення самої моделі, так і визначення її параметрів. Зазвичай, це більш тривалий процес.

Ідентифікація як перший крок. Ідентифікація об'єкта, яким ми хочемо керувати за допомогою автоматизації, є одним з найважливіших початкових етапів роботи. Проблема ідентифікації багатогранна і вимагає вирішення цілого комплексу теоретичних та практичних завдань.

RFID системи. RFID-системи є найчастішим рішенням для оптимізації роботи розумних складів. Суть RFID (Radio Frequency IDentification) (ідентифікації з радіочастоти) полягає у автоматичному розпізнаванні предметів. Дані, записані на RFID-мітки, зчитуються або оновлюються радіосигналами. Типова RFID-система складається з зчитувача, транспондера (RFID-мітки або тега) та системи управління даними.

Система обліку – це програми, які зберігають та аналізують відомості, об'єднуючи елементи в єдину сукупність.

За дальністю зчитування RFID-системи поділяються на:

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

RFID-метка – це запам'ятовуючий пристрій, котрий складається з двох

частин: інтегральної схеми для збереження й обробки відомостей та антени для приймання й передачі сигналу. Мітка зберігає унікальні інформаційні дані та номер. На рисунку 1.11 показано приклад RFID-мітки.

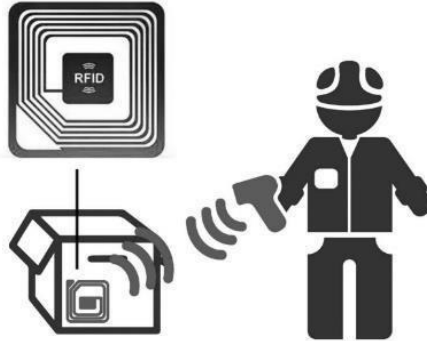


Рисунок 1.11 – Приклад RFID-мітки

Системи RFID часто застосовують:

- у сфері виробництва для реєстрації та обліку вихідної сировини, завершених виробів та різноманітних частин, оснащення тощо;
- облаштування логістики та зберігання на складах, що дає змогу точно відстежувати пересування, пришвидшує класифікацію товарів;
- застосування у бібліотеках RFID-міток спрощує порядок видачі та пошуку книг на стелажах.

Перевагами застосування RFID системи є:

- можливість перезаписати відомості на RFID-мітці;
- зчитування відомостей з мітки на підвищеній швидкості;
- зчитування на збільшеній відстані;
- досить великий об'єм інформації, яку можна зберегти в мітці (до 10 тис. байтів);

- висока стійкість до впливу зовнішніх чинників, висока зносостійкість.

За умовами застосування RFID мітки поділяються на:

- самоклеючі паперові або лавсанові мітки;
- стандартні пластикові картки;
- дискові мітки;

– у вигляді брелків.

Безконтактні картки на базі RFID – це компактні пластикові пропуски, всередині яких захований чіп для зберігання даних. Сфери застосування подібних карток надзвичайно широкі. Наприклад, це можуть бути картки для оплати за пересування у міському транспорті, пропуски для персоналу на робочому місці чи ж картки накопичення знижок у торговельних мережах, та багато іншого.

Інтеграція та експлуатація рішень на кшталт RFID суттєво полегшує виконання завдань у різноманітних галузях нашого повсякденного існування.

Штрих-код. Штрих-код – це впорядкована низка чорних смужок, розділених світлими проміжками. Цей візуальний запис слугує для кодування відомостей у форматі, що легко сприймається спеціалізованою апаратурою. На (рис. 1.12) можна побачити зразок такого коду разом із апаратом, призначеним для його розпізнавання.



Рисунок 1.12 – Зчитування штрих-коду пристарієм

Згідно з нормами кодування, штрих-коди класифікують на одновимірні та двовимірні.

Одновимірні – це ті штрих-коди, які загальновідомо присутні на звороті будь-якої продукції у торговельній точці. Зчитування таких кодів можливе лише вздовж однієї осі, а саме – горизонтально. Такі лінійні системи кодування дають змогу вміщувати обмежену кількість відомостей, котрі, як правило,

представлені цифрами (обмеження до двадцяти-тридцяти знаків).

Використовують на практиці такі лінійні символи: EAN; UPC; Code39; Code128; Codabar; Interleaved 2 of 5.

QR-коди слугують ілюстрацією двовимірних штрих-кодів. На противагу типовим штрих-кодам, вони здатні вміщувати значно більший обсяг інформації. Зчитування цих кодів відбувається у двох площинах – як вздовж, так і впоперек.

Лінійні штрих-коди можна розпізнати за допомогою стандартного зчитувального пристрою, тоді як для двовимірних необхідне застосування або спеціалізованого сканера для них, або відповідного програмного забезпечення на апаратах.

QR-код (скорочення від «quick response» – швидке реагування) є різновидом двовимірного штрих-коду, здатного вмістити в собі віртуальний масив даних (до 4200 знаків) у формі специфічних послідовностей символів. Його зчитування можливе через застосунок на мобільному телефоні або подібних гаджетах, що забезпечує миттєвий доступ до зашифрованої інформації.

Застосовують QR-коди масово у промисловій сфері для верифікації та визначення приналежності різноманітних об'єктів. Стосовно кожної одиниці виробничого обладнання чи випущеного товару формується унікальний QR-код, який зберігає електронні відомості про цю конкретну позицію.

QR-коди можуть містити наступну інформацію:

- 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.

На рисунку 1.13 представлено приклад QR-коду та його зчитування.



Рисунок 1.13 – Приклад QR-коду та його зчитування

Запровадження QR-кодів для обліку товарно-матеріальних цінностей на складах надає можливість як персоналу, так і технічним засобам оперативно моніторити наявність запасених позицій, вихідної сировини та фінальної продукції, а також контролювати їхній поточний стан. Крім того, ці коди здатні зберігати різноманітну інформацію, зокрема документи у форматі PDF, графічні матеріали, відеоряд, мережеві посилання та звичайний текстовий зміст.

Розміщувати такий код доцільно на зовнішньому пакувальному матеріалі або безпосередньо на первинній оболонці одиниці товару, що спрощує його подальшу ідентифікацію (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 – Використання коду на упаковці

Натомість, рисунок 1.15 демонструє, яким чином QR-коди можуть бути

здіянні для ідентифікації елементів у межах виробничого процесу.



Рисунок 1.15 – Використання QR-коду для розпізнавання об’єктів на конвеєрі

Аби облаштувати зберігання значного асортименту продукції, виникає потреба у зборі та оперуванні чималим обсягом відомостей. Застосування QR-кодів спрощує процедуру розпізнавання об’єктів, що, своєю чергою, мінімізує ймовірність помилок при обліку складських залишків. Впровадження QR-кової системи є одним із певніших шляхів для налагодження точного та безперебійного механізму моніторингу й управління товарними позиціями на складських терміналах.

NFC. Near Field Communication (NFC) – це спосіб бездротового пересилання відомостей на невелику дистанцію, що зовсім не вимагає доступу до мережі Інтернету. Ця технологія дозволяє обмінюватися інформацією між гаджетами, які розташовані на відстані приблизно 10 сантиметрів один від одного. Активація зв’язку відбувається самочинно, коли пристрій, обладнаний NFC, потрапляє у встановлену зону дії.

NFC-технологія має три основні режими функціонування:

- в режимі зчитування й доступу до даних;
- в режимі взаємодії «пристрій-до-пристрою»;
- у режимі імітації безконтактної картки.

NFC-апаратура містить у собі:

- читаючий пристрій (рідер). Цей пристрій створює електромагнітне поле, здатне контактувати з міткою чи іншим рідером, функціонуючи в режимі активної взаємодії;
- або ж антену, або мітку з антеною.

Технологія ближньої комунікації (NFC) може бути реалізована у формі міток. Зважаючи на те, що такі мітки функціонують поза мережею інтернет та характеризуються мініатюрними габаритами, це відкриває можливості для їхнього вбудовування у різні предмети з метою подальшої верифікації цих об'єктів на виробничих майданчиках. Усередині NFC-мітки може зберігатися така інформація, як веб-адреси, дані для зв'язку або текстові повідомлення.

Сфери, де застосовується NFC, проілюстровано на рисунку 1.16.



Рисунок 1.16 – Сфери застосування NFC [18]

Апаратні модулі (сканери) штрих-кодів та RFID. Для отримання даних зі штрих-коду застосовуються спеціалізовані апарати – сканери штрих-кодів. По суті, це оптичні пристрої, ключовою функцією яких є розшифрування закодованої інформації та подальше її надсилання на систему, що здійснює обробку даних.

Типова конструкція такого сканера включає елемент, що випромінює світло, оптичну систему (лінзу), сенсори для фіксації зображення та інтегровану мікросхему-декодер. Зображення різноманітності сканерів штрих-

кодів представлено на рисунку 1.17.



Рисунок 1.17 – Сканери штрих коду [18]

За принципом дії та типом використовуваної технології сканери можна класифікувати наступним чином (з типовими параметрами, наведеними у відповідних таблицях А.2-А.5, що у додатку А):

- лазерні сканери;
- сканери типу «лінійка» або «ручка»;
- камери-сканери (вбудовані у фотоапарат);
- сканери на основі світлодіодів;
- багатопроменеві (універсальні) сканери.

1.4 Постановка завдання на розробку безконтактного методу ідентифікацій виробів для потреб сектору безпеки та оборони

На підставі розглянутого аналізу в підрозділах 1.1-1.3 резюмуємо:

– проаналізовано існуючі системи ідентифікацій та розпізнавання об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. Підтверджено гіпотезу про зручність застосування на конвеєрних лініях засобів системи автоматизації та ідентифікацій для скорочення часу ідентифікації об'єктів. Це важливо для ідентифікації та розподілу об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії, що надходять до складів аеропортів, морських портів;

- проаналізовано існуючі методи розпізнавання об'єктів. Є вже цілий клас існуючі готових методи розпізнавання, що скорочує час на відпрацювання завдання у кваліфікаційній роботі;

- проаналізовано існуючі методи ідентифікацій об'єктів на предмет можливого використання у системі ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. Кожен із розглянутих методів ідентифікацій об'єктів володіє позитивними та негативними сторонами. Але в цілому залежить від того яку мінімальну мету або які обмеження накладають на застосування, кіберзахист;

- на основі обґрунтованих методів, знаходження та ідентифікації об'єктів, буде обґрунтовано в другому розділ вибір алгоритмів для кожної з задач та розглянуто їх більш детально;

- сформулюємо мету кваліфікаційної роботи як розробка і дослідження безконтактного методу ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони.

Для досягнення поставленої мети, необхідно розв'язати такі завдання:

- розробити структуру системи безконтактного ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони;

- розробити алгоритм розпізнавання об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони;

- розробити алгоритм безконтактної ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони;

- розробити систему ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії;

- експериментально дослідити систему безконтактної ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ І АЛГОРИТМІВ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЙ ОБ'ЄКТІВ (ВИРОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ) НА КОНВЕЄРНІЙ ЛІНІЇ

2.1 Розробка структури системи безконтактного ідентифікації виробів для потреб сектору безпеки та оборони

При розробці структурної системи застосовувалися напрацювання в області розпізнавання образів, ідеї і результати багатьох інших напрямків – математики, кібернетики, психології [18].

Загальна структура розпізнавання і етапи процесу розробки (рис. 2.1).

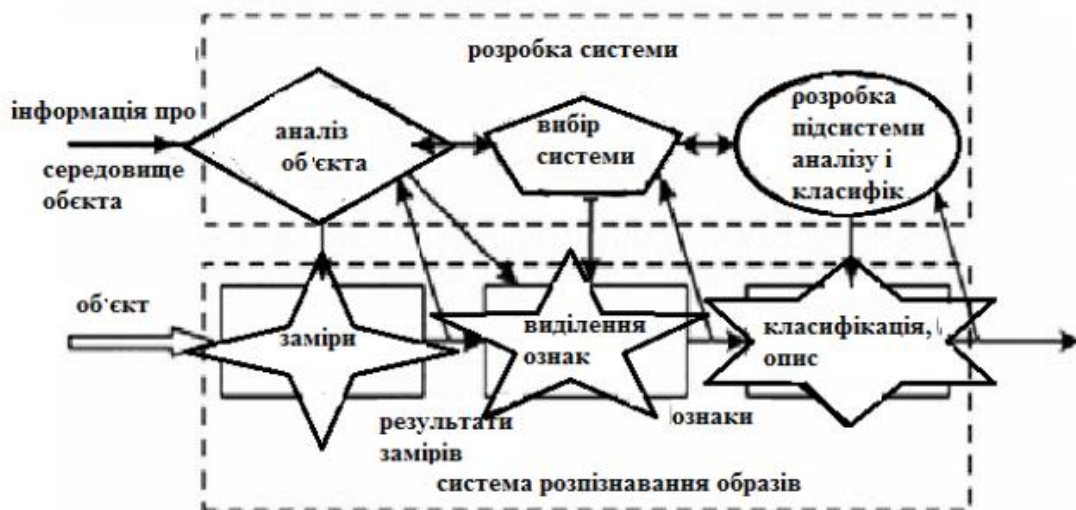


Рисунок 2.1 – Загальна структура системи розпізнавання і етапи процесу її розробки

Задачі розпізнавання мають основні та характерні риси [19].

Процес виконання інформативних завдань складається з наступних етапів:

- перетворення вхідних даних до вигляду, зручного для розпізнавання;
- власне розрізнення (числовий параметр, як вказівка про приналежність об'єкта до певному класу).

У цьому типі задачі можна ввести поняття аналогії або подібності між об'єктами та сформулювати правила, на основі яких об'єкти відносяться до одного чи різних класів. У цьому типі задачі можна оперувати набором прецедентів (стандартів), класифікація яких встановлена та які представлені алгоритму розпізнавання у вигляді формалізованих описів, що регулюють задачу [20].

Побудова формалізованих теорій та застосування звичних математичних підходів для таких проблем становить значну трудність. Нерідко бракує даних, необхідних для створення точної математичної моделі, або ж вигода від застосування такої моделі та математичних технік не виправдовує витрачених зусиль.

Можна виділити кілька різновидів завдань розпізнавання:

- проблеми розрізнення: полягають у приналежності об'єкта, описаного певним чином, до одного із попередньо визначених розрядів (це навчання з учителем);
- автоматична класифікація: полягає у поділі множини об'єктів, обставин чи явищ, ґрунтуючись на їхньому описі, на сукупність непересічних категорій (таксономія, кластерний аналіз, самонавчання);
- завдання виокремлення значущого набору атрибутів під час розпізнавання;
- завдання трансформації вхідних даних у форму, яка сприятиме розрізненню;
- динамічний процес розпізнавання та динамічна класифікація;
- прогностичні завдання: це попередній тип, де прийняття рішення стосується певного майбутнього моменту часу.

На рисунку 2.2 зображено розроблену структуру системи ідентифікації об'єктів подвійного призначення. Унікальність алгоритму полягає в тому, що в при ідентифікації об'єктів які рухаються на конвеєрній лінії задіяний обслуговуючий персонал не ідентифікує зором приналежність об'єкту як такого до подвійного призначення. А отже, за рахунок цього буде максимально

забезпечена прихованість його переміщення від обслуговуючої людини-інсайдера.

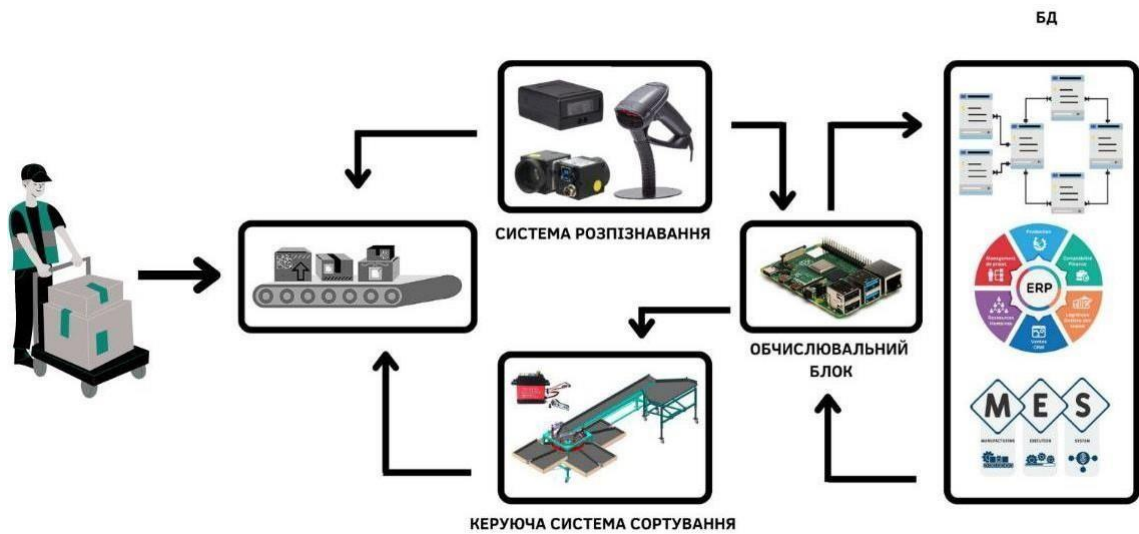


Рисунок 2.2 – Структура системи ідентифікації об'єктів подвійного призначення [20]

На початковому етапі об'єкт подвійного призначення (гуманітарний або ін.) потрапляють в точці вивантаження (аеропорт, морський порт) на конвеєрну лінію.

Кожен предмет має на собі або RFID-мітку, або QR-код.

Запропонована система, відповідальна за розпізнавання, згідно (рис. 2.2), включає у себе відеокамеру, а також апарати для зчитування (QR-кодів та RFID-міток). Зчитувальні пристрої фіксують відомості з міток та штрих-кодів, а потім надсилають ці дані до процесорного вузла. Там інформація піддається аналізу і далі зберігається у загальній базі даних.

На підставі ідентифікованих відомостей про предмети, процесорний вузол передає дані системі, що керує процесом сортування, забезпечуючи її функціонування.

Система управління сортуванням виконує операцію розподілу предметів відповідно до заданих критеріїв та певних ознак.

Як бачимо, обслуговуючий персонал не розумітиме інформацію про

належність об'єкту розвантаження до подвійного призначення.

2.2 Розробка алгоритмів розпізнавання виробів для потреб сектору безпеки та оборони

В даному пункті скеруємо на створення алгоритму ідентифікації предметів подвійного призначення для потреб сектору безпеки та оборони.

Сутність завдання розпізнавання образів полягає у класифікації вхідної інформації до потрібної категорії, що досягається виділенням ключових характеристик, які описують ці дані, та відсіюванням нерелевантних відомостей.

Процес розпізнавання включає вердикт щодо присутності шуканого предмета у сфері дії видошукача камери.

Спочатку нам надходить один кадр із відеопотоку або ж із записаного фрагменту ролика.

Далі цей кадр потребує специфічної обробки, аби усунути надлишкове та чітко окреслити контури об'єктів, що цікавлять. Припускаючи, що об'єкти, які підлягають ідентифікації, мають однаковий колір, відмінний від кольору заднього плану, для їх виявлення застосуємо метод порогової обробки кадру після його переведення у шкалу сірих тонів. Це перетворює зображення на монохромне, тобто бінарне. Для цього кольоровий кадр (RGB) трансформуємо у відтінки сірого, після чого визначимо числові значення яскравості пікселів для фону та для самого об'єкта, аби встановити необхідні порогові рівні для подальшої маніпуляції.

Після цієї маніпуляції наш кадр буде представлений у двійковому форматі, де простір фону відповідатиме чорному кольору, а об'єкт, що призначений для розпізнавання, буде виділено білим.

На наступному етапі ми задіємо контурний аналіз та витягнемо контури з отриманого двійкового образу, використовуючи такий алгоритм, як пропонують автори роботи [20].

Окреслення слугують основою для дослідження конфігурації та ідентифікації, а також пошуку елементів. Пропонується матимемо ці окреслення як сукупність чотирьох точок. За умови наявності окреслень, з'являється можливість усунути непотрібні елементи, ґрунтуючись на площі зон, окреслених цими контурами. Для цього спершу обчислимо габарити виділених об'єктів, а потім відфільтруємо їх за цими габаритами, що дозволить відкинути дрібні контури, які, ймовірно, є шумом або віддзеркаленнями.

Схему цього алгоритму представлено на рисунку Б.1, додатку Б. При розробці алгоритму використовувалися стандартні процедури, знання з яких були отримані з профільних дисциплін за кафедрою «Комп'ютерні науки».

2.3 Розробка алгоритмів безконтактної ідентифікації виробів для потреб сектору безпеки та оборони

Алгоритми безконтактної ідентифікації виробів базуються на використанні різних технологій, найпоширенішими з яких є радіочастотна ідентифікація (RFID) та оптичні методи (штрих-коди та QR-коди).

В магістерській роботі з метою ідентифікації вирішено подвійного призначення застосовувати QR-код. Цей метод з QR-кодом реалізовуватиметься виключно після застосування алгоритму розпізнавання об'єктів, який детально описано у підрозділі 2.2.

Розглянемо особливості запропонованого алгоритму на основі оптичних методів (штрих-коди та QR-коди).

Ці методи передбачають використання оптичних міток, які містять закодовану інформацію.

Принцип роботи та алгоритм ідентифікації включає наступні процеси.

Процес 1. Сканування. Спеціальний сканер або камера смартфона наводиться на штрих-код або QR-код.

Процес 2. Захоплення зображення. Для цього застосовується пристрій захоплює оптичне зображення коду.

Процес 3. Локалізація та розпізнавання. Алгоритми обробки зображень локалізують код на зображенні та аналізують його структуру (наприклад, співвідношення ширини смуг у штрих-кодi або розташування квадратів у QR-кодi).

Процес 4. Декодування. Графічна інформація перетворюється на цифровий або текстовий формат (унікальний код, посилання на сайт, текст, контактні дані тощо).

Процес 5. Обробка даних. Декодована інформація використовується для доступу до відповідних даних про виріб у системі управління.

Загальні етапи алгоритму безконтактної ідентифікації. Незалежно від конкретної технології (RFID, оптична ідентифікація), загальний алгоритм включає наступні ключові етапи.

Етап 1. Маркування. Нанесення на виріб унікального ідентифікатора (мітки, коду).

Етап 2. Зчитування. Безконтактне отримання даних з ідентифікатора за допомогою відповідного обладнання (зчитувач, сканер, камера).

Етап 3. Декодування. Перетворення отриманого сигналу або зображення в придатний для обробки формат.

Етап 4. Верифікація та зіставлення. Порівняння отриманого ідентифікатора з інформацією в базі даних.

Етап 5. Прийняття рішення. Виконання певних дій залежно від результату ідентифікації (наприклад, реєстрація переміщення товару, перевірка автентичності, надання доступу).

Схематично цей процес проілюстровано на рисунку Б.2 додатку Б. Принцип роботи полягає в наступному. На старті роботи алгоритму користувач отримуємо зображення у колірному просторі RGB, де розташування об'єкта вже достовірно встановлено.

На другому етапі алгоритм аналізує цей вхідний кадр зображення з об'єктом на предмет виявлення QR-кодів.

У випадку, якщо один або більше кодів буде виявлено, виконується

процедура зчитування (декодування) інформації, закодованої у знайденому коді.

Таким чином, в даному розділі роботи вирішені такі завдання:

– для сектору безпеки та оборони було розроблено основу для безконтактної системи ідентифікації предметів подвійного використання на транспортній лінії. Вона базується на застосуванні досягнень у розпізнаванні образів, ідей та результатів досліджень з математики, кібернетики та психології. Система ідентифікації складається з транспортної лінії, системи керування розпізнаванням та сортуванням, обчислювального блоку та бази даних. Представлено графічну ілюстрацію системи та пояснена принцип її роботи;

– розроблено алгоритм розпізнавання об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони. Розроблені алгоритми представлено у вигляді рисунків;

– розроблено алгоритм безконтактної ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони. Унікальність алгоритму ідентифікації об'єктів які рухаються на конвеєрній лінії полягає в тому, що в при задіяний обслуговуючий персонал не ідентифікує зором приналежність об'єкту як такого до подвійного призначення. А отже, за рахунок цього буде максимально забезпечена прихованість його переміщення від обслуговуючої людини-інсайдера.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ (ВИРОБІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ) НА КОНВЕЄРНІЙ ЛІНІЇ

3.1 Обґрунтування вибору апаратних модулів системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

Обґрунтування вибору апаратних модулів системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії здійснюється на підставі розробленої структурної схеми рисунку 2.2 поданої у розділі 2.

Вибір мікроконтролера. У процесі вивчення та добору апаратних компонентів для побудови демонстраційного зразка системи розпізнавання об'єктів (виробів подвійного призначення) було встановлено необхідність застосування мікроконтролера, відповідної камери та сервоприводу.

Найбільш вдалим рішенням виявилось інтегрування компактних одноплатних комп'ютерів, які являють собою пристрої, де увесь потрібний функціонал вміщено на одній друкованій платі.

Ці пристрої значно перевершують за потужністю плати на базі мікроконтролерів, функціонально наближаючись до повноцінного комп'ютера; вони здатні мати як порти для взаємодії (введення/виведення), так і різноманітні канали комунікації, як-от I2C, SPI чи інші стандарти.

Зробивши огляд доступних на ринку одноплатних комп'ютерів, було з'ясовано, що лідируючі позиції за популярністю утримують моделі, вироблені компанією Raspberry. Raspberry Pi – це комп'ютер, зібраний на одній платі, розроблений британською освітньою організацією Raspberry Pi Foundation.

Для роботи цього комп'ютера використовується операційна система. Як ОС можуть слугувати Android, спеціалізовані версії Windows, а також численні дистрибутиви Linux (зокрема Raspbian, Debian та ін.). Електроживлення цього пристрою забезпечується через роз'єм USB типу C.

Проаналізувавши технічні специфікації різних версій Raspberry, для

реалізації проєкту було обрано модель Raspberry Pi 4, оскільки вона повністю задовольняє всі поставлені критерії та має вагомні переваги.

На ілюстрації рисунку 3.1 наведено зображення Raspberry Pi 4.

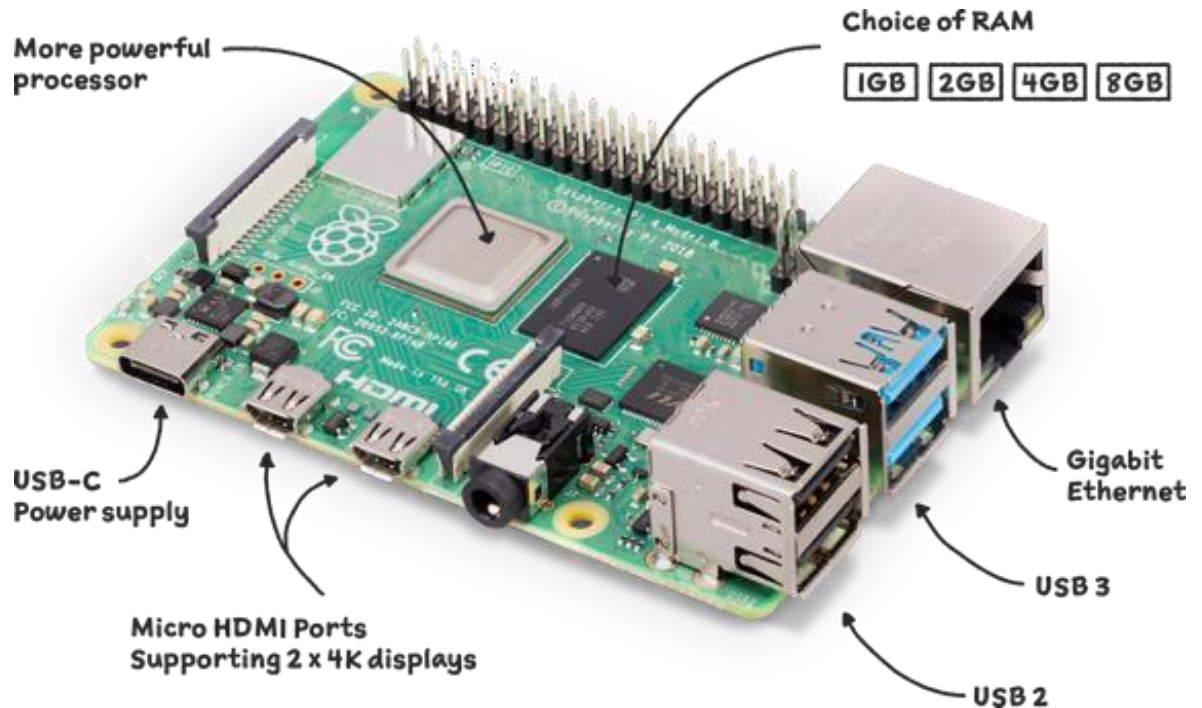


Рисунок 3.1 – Зображення плати Raspberry pi 4 [19]

Вигоди, які надає обраний варіант апаратної платформи:

- включені інтегровані модулі бездротового зв'язку Wi-Fi та Bluetooth;
- компактні фізичні габарити;
- присутність портів обміну інформацією на кшталт SPI, I2C, UART;
- значний обсяг оперативної пам'яті, діапазон якої варіюється від 1 Гігабайта до 8 Гігабайтів;
- активна підтримка та створення програмних доповнень спільнотою користувачів та розробників для функціонування;
- наявність окремого пристрою обробки графіки;
- здатність експлуатувати програмні пакети для аналізу зображень, зокрема OpenCV та Tensor Flow;
- високопродуктивний центральний процесор із чотирма ядрами;
- велика номенклатура доступних виводів для взаємодії;

– значний обсяг оперативної пам'яті, діапазон якої варіюється від 1 Гігабайта до 8 Гігабайтів.

В таблиці А.6 додатку А наведено характеристики Raspberry Pi 4.

Як приклад відповідність контактів входів та виходів комп'ютеру проілюстровано на рисунку 3.2.

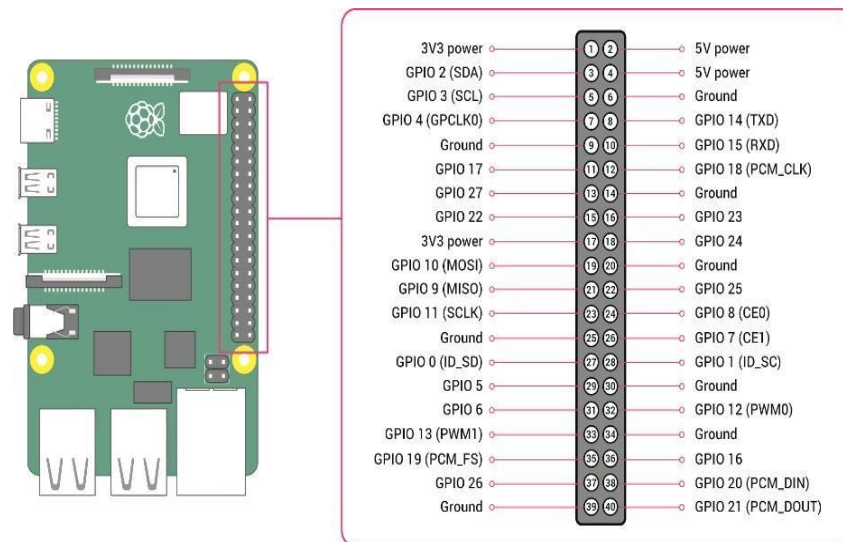


Рисунок 3.2 – Контакти входу-виходу Raspberry Pi 4 [19]

Обґрунтування вибору камери. Для того, щоб створити зображення QR-коду об'єктів, що переміщуються конвеєром, ми задіяли камеру Raspberry Pi Cam версії 1.3. На нижче наведеному рисунку 3.3 можна побачити цю камеру Raspberry Pi Cam v1.3 [20].

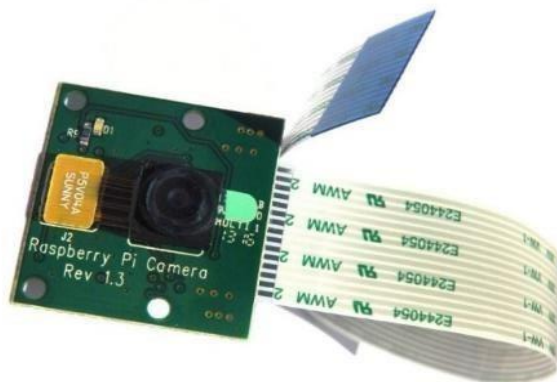


Рисунок 3.3 – Камера Raspberry Pi Cam v1.3 [20]

Серед її численних плюсів варто виділити легке з'єднання з ПК через досить швидкісний інтерфейс CSI, відмінну чіткість зображення та мінімальний рівень власних шумів.

Ключові параметри камери Raspberry Pi Cam версії 1.3 за даними [20] представлені у таблиці А.7 додатку А.

Сама плата камери Raspberry Pi кріпиться напряму до слоту CSI на платі Raspberry Pi. Цей пристрій спроможний видавати зображення високої чіткості (5 мегапікселів) або ж забезпечувати запис відео у форматі HD 1080p із частотою тридцять кадрів за секунду.

Модуль сполучається з Raspberry Pi за допомогою стрічкового кабелю, що має 15 контактів, під'єднуючись до спеціалізованого 15-пінового послідовного порту камери MIPI (CSI), створеного саме для периферії захоплення зображення.

Інтерфейс CSI має потенціал для передачі петабайт даних на шаленій швидкості, причому він надсилає виключно інформацію про пікселі безпосередньо до центрального процесора BCM2835 [20].

Цей фотомодуль вирізняється крихітними габаритами; його маса ледь перевищує 3 грами, що робить його чудовим вибором для пересувних систем чи будь-яких інших застосувань, де габарити й вага мають першорядне значення.

Вибір модулів системи сортування об'єктів. Аби впорядкувати вже розпізнані предмети на виробничій стрічці в розробленій установці, доведеться задіяти серводвигун. Після вивчення доступних на ринку зразків серводвигунів, придатних до інтеграції у цю систему, було виділено кілька конкретних модифікацій: SERVO-AS3103; SERVO-MG995; SERVO-MG90S; SG90.

Ключовими сильними сторонами сервоприводу є його значний крутний момент і наявність металевого редукційного механізму. Враховуючи цю потребу нами серед множини запропонованих моделей було обрано модель SERVO-MG995, що зображена на рисунку 3.4. У таблиці А.8 додатку А представлено головні технічні параметри серводвигуна моделі SERVO- MG995.



Рисунок 3.4 – Серводвигун SERVO-MG995 [20]

Приєднання сервоприводу здійснюється через три клеми: подача живлення, «земля» та керуючий сигнал. Регулювання роботи сервоприводу досягається шляхом надсилання сигналу з ШІМ-модуляцією на відповідний контакт сигналу.

Вибір модуля джерела живлення. Живлення цього апарату забезпечуватиметься безпосередньо від побутової електромережі 220 В. Для підключення до мережі було підібрано мережевий блок живлення, що має наступні параметри (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Характеристики джерела живлення

№ п/п	Характеристика	Значення
1.	вхідна напруга	від 100 В до 240 В
2.	вихідна напруга	5,1 В
3.	вихідний струм	3 А
4.	кабель	USB type-c

3.2 Вибір середі розробки системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

Бібліотека комп'ютерного зору OpenCV. OpenCV – це вільнодоступний збірник функціональних модулів та методів, призначений для роботи з комп'ютерним зором, графічною обробкою, а також загальними числовими обчисленнями. Цей набір інструментів дає змогу виконувати маніпуляції й

глибокий аналіз вмісту візуальних даних. Сюди входить ідентифікація різних елементів у фотографіях (наприклад, антропометричних даних чи друкованого тексту), моніторинг переміщення об'єктів, модифікація самого зображення, впровадження підходів машинного навчання та пошук спільних ознак на низці зображень.

OpenCV, хоча й створена на мові C++ і має свій ключовий інтерфейс саме цією мовою, все ж таки зберігає підтримку свого більш раннього інтерфейсу на мові C. На поточний момент, прив'язки (біндинги) існують для таких мов, як Python, Java, а також MATLAB/OCTAVE. Увесь новий функціонал для цієї бібліотеки розробляється переважно на C++.

Бібліотечний пакет налічує понад дві з половиною тисячі алгоритмічних рішень, призначених для маніпуляцій із зображеннями. Серед найпоширеніших сфер застосування цих алгоритмів варто виділити:

- рішення, пов'язані з ідентифікацією людських обличчя;
- системи, націлені на розпізнавання різноманітних об'єктів;
- відстежування динаміки переміщення камери;
- моніторинг та фіксація руху очних яблук;
- аналітичні процеси, пов'язані з аналізом руху.

Значним плюсом у виборі цієї бібліотеки є її широке поширення у спільноті та наявність величезного масиву готових прикладів впровадження. Крім того, важливим фактором є повна сумісність із використанням мікроконтролерних платформ під керуванням операційної системи Linux, що повністю відповідає потребам, з огляду на її майбутнє застосування на пристрої Raspberry Pi 4.

Встановлення та налаштування середовища розробки Для здійснення завдань із творення моделі, необхідно змонтувати середовище для кодування під назвою CodeBlocks. CodeBlocks є безкоштовним інструментарієм, придатним до роботи на різних операційних системах, який забезпечує підтримку таких мов програмування, як C, C++ та Fortran, і застосовується для створення програмних рішень.

Процес інсталяції стартує з введення до командного рядка вашої системи команди «`sudo apt-get install codeblocks`», що запустить встановлення цього середовища. Далі, для ініціювання нового проєкту, слід запустити CodeBlocks та активувати функцію створення нового. Після цього необхідно обрати мову програмування C++ та тип додатку «Консольна програма». Також критично важливим є налаштування компілятора для програмного коду.

Встановимо компілятор GCC, який ідеально пасує для розробки на C++. Швидко його встановлення здійснюється через введення до терміналу наступної команди: «`sudo apt-get install gcc-4,7 g++-4,7`».

На ілюстрації рисунку 3.5 можна побачити інтерфейс цього середовища розробки.

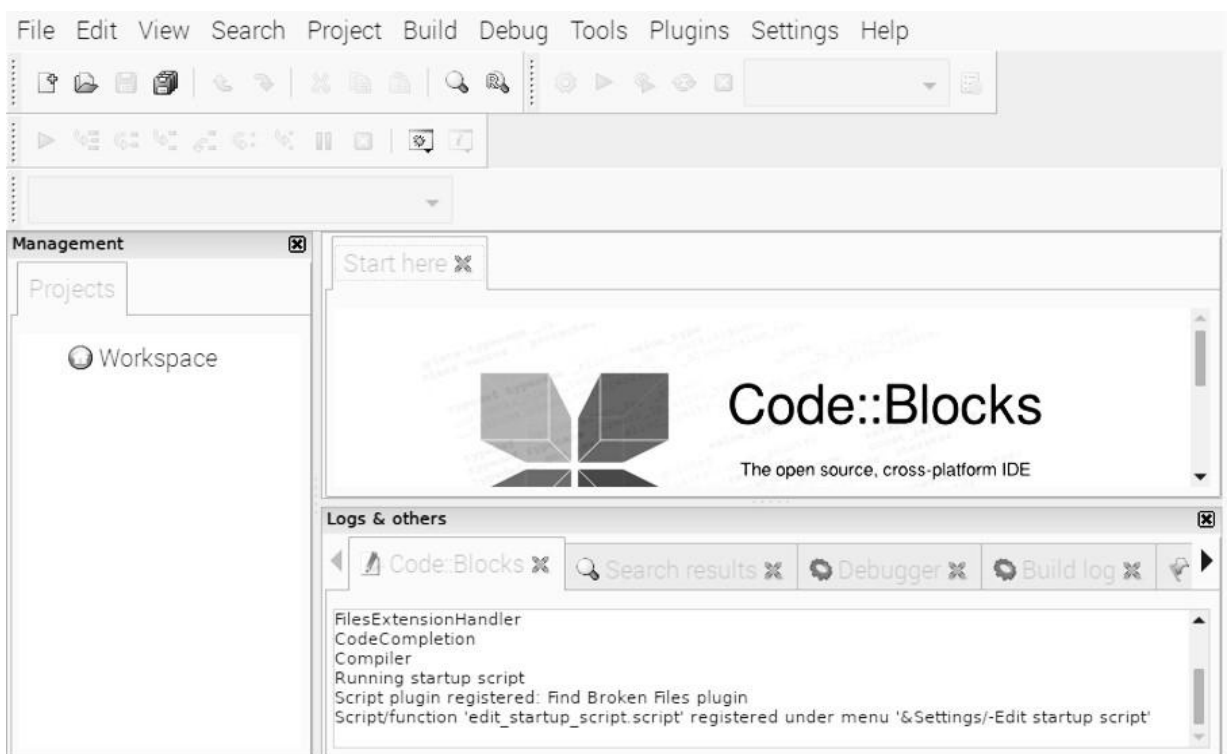


Рисунок 3.5 – Інтегроване середовище розробки CodeBlocks

Code::Blocks – це безкоштовне, багатоплатформне інтегроване середовище розробки (IDE) з відкритим вихідним кодом, призначене для створення програмного забезпечення.

3.3 Розробка макету системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

Розробка макету системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії включає виконання наступних етапів.

Етап 1. Розробка макету системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.

Етап 2. Розробка програмного забезпечення макету системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.

Розглянемо особливості кожного етапу.

Етап 1. Розробка макету системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. Складання прототипу системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії, що розробляється, здійснюється шляхом інтеграції наявних компонентів. Ми приєднуємо камеру до плати Raspberry Pi 4, використовуючи стандартний стрічковий кабель, призначений для підключення камер до відповідного роз'єму на Raspberry, який має позначення «CSI» (інтерфейс послідовної передачі даних камери). Фінальний зібраний макет цієї системи можна побачити на ілюстрації рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Зібраний макет системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

Етап 2. Розробка програмного забезпечення макету системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. На цьому етапі ми створимо програмне забезпечення, спираючись на методики, деталізовані у другому розділі.

Розпочнемо процес розробки із підключення потрібних програмних модулів до нашого проєкту. На (ліст. В.1 додатку В) подано фрагмент кодової бази, де саме відбувається імпорт тих бібліотек, які ми плануємо застосовувати.

Згодом, ми запроваджуємо директиву використання просторів імен, щоб зробити наш програмний код більш лаконічним та легшим для сприйняття. Це досягається через додавання двох рядків: «using namespace cv» та «using namespace std».

Далі ми оголошуємо низку змінних на глобальному рівні; вони необхідні для оптимізації роботи алгоритму розпізнавання. Лістинг В.2 додатку В ілюструє фрагмент коду, де ці глобальні змінні визначені.

Регістр «objectcounter» слугує для накопичення кількості ідентифікованих об'єктів. Для вдосконалення створеного алгоритму буде застосовано змінну «objectTrycounter». Головне її призначення – підрахунок спроб зчитування інформації з ідентифікованих об'єктів. Булева змінна «foundObjectInZone» позначає факт виявлення об'єкта: вона активується, коли об'єкт присутній у робочій області і деактивується після його зникнення. Так само, «qrCodeIsRead» – це бітовий прапорець, що переходить у стан «істина» після успішного декодування QR-коду. Останнім елементом є покажчик, призначений для взаємодії з файлом, куди буде фіксуватися фінальний результат роботи всієї системи.

Далі ми перейдемо до створення головної сутності програми, яка матиме назву «main». Схема реалізації цієї функції продемонстрована лістингом В.3 у додатку В. Головним елементом програми є функція з назвою «main», з якої, власне, й стартує та фінішує будь-яке виконання програми. Саме тут відбувається ініціалізація каналу отримання даних, що може бути або збережений відеофайл, або ж «живий» потік із камери. Якщо ж відкрити цей

канал із даними не вдалося, то виконання програми припиниться із повідомленням про помилку. У цій самій функції також готується до роботи файл для збереження отриманих результатів; якщо такого файлу ще немає, він буде автоматично створений під іменем «my_file». Після цього в «main» розпочинається ітеративний процес (цикл), який працюватиме, доки з каналу надходять нові зображення (кадри). Припинення надходження кадрів означає вихід із циклу та завершення програми.

Всередині цього циклу відбувається захоплення чергового кадру із потоку, після чого цей кадр направляється до допоміжної процедури під назвою «FindObjectAndDecode» для подальшої роботи. Ключове завдання цієї процедури – ідентифікувати певний об’єкт у зображенні, а якщо ідентифікація успішна, то здійснити пошук та декодування QR-коду. Крім того, у рамках цього ж циклу, оброблений кадр виводиться на екран монітора.

Сформуємо детальний опис процедури для роботи з кадром, отриманим із потоку, яка має назву «FindObjectAndDecode». Відповідно до розробленої логіки, ця процедура спершу трансформує кольорову модель кадру з простору RGB у градації сірого, а потім застосовує фільтрацію отриманих відтінків за визначеними пороговими значеннями, щоби перевести зображення у двійковий формат. Фрагмент коду, що відповідає за цю стадію обробки, проілюстровано лістингом В.4 у додатку В.

Крім того, у фрагменті лістингу В.4 у додатку В ілюструє здійснюється виявлення контурів на відпрепарованому кадрі. Для цієї мети задіюється функціонал із сукупності інструментів OpenCV, а саме функція «findContours». Ця складова відповідає за пошук контурів у наданому кадрі та фіксацію координатних точок цих контурів у певній структурі даних. З метою оптимізації використання оперативної пам’яті був задіяний специфікатор «CHAIN_APPROX_SIMPLE», який інструктує функцію фіксувати не всі точки, що формують контур, а лише чотири, що репрезентують наближений прямокутник.

Натомість, на рисунку 3.7 візуалізовано вигляд самого кадру до і після

застосування цих перетворень.



Рисунок 3.7 – Кадр до та після обробки

Подалі, у випадку успішного виявлення контурів функцій «findContours», рекомендується ігнорувати ті з них, що мають незначну площу, аби уникнути обробки хибних спрацювань. Для подальшої процедури, після ідентифікації контурів, ми запроваджуємо дві обмежувальні лінії. Якщо об'єкт повністю розташувався у просторі між цими лініями, стає можливим ініціювати пошук QR-коду та його дешифрування. У момент, коли крайні точки об'єкта перетинають другу з ліній, система інтерпретує це як вихід об'єкта за межі визначеної робочої області.

На рисунку 3.8 представлено кадр із нанесеними обмежувальними лініями та візуально виділеним об'єктом, який був успішно розпізнаний.

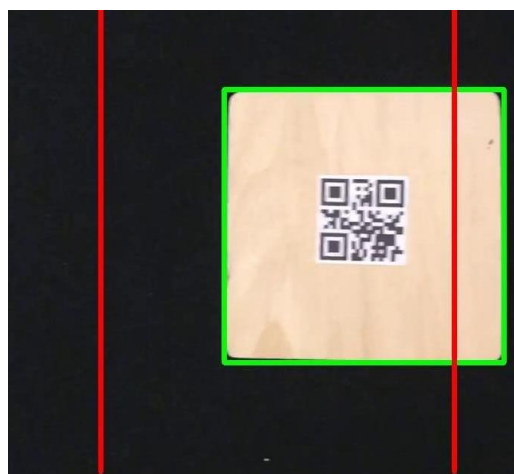


Рисунок 3.8 – Кадр після обробки з обмежувальними лініями та виділенням знайденого об'єкту

Далі потрібно доопрацювати програмний код, де реалізовано механізм ухвалення рішень згідно з алгоритмом, а також внесемо покращення до цього механізму. Фрагмент функції, про який іде мова, можна побачити на лістингу В.5, що у додатку В. У подальшому відбувається ініціалізація та валідація загальносистемних маркерів, а також визначається розташування об'єкта стосовно заданих граничних меж. У випадку, коли об'єкт вперше повністю потрапляє у визначену межу, ця подія фіксується у відповідному файлі, поточний кадр архівується у файловій системі, і активується процедура виявлення та інтерпретації QR-коду. Якщо код успішно ідентифіковано, у подальших кадрах пошук коду буде пропущено. Якщо ж пошук та розшифрування коду не увінчалися успіхом, але об'єкт залишається у межах зони, система ініціює додаткові спроби. Кількість цих спроб залежить виключно від перебування об'єкта у робочій зоні: щойно об'єкт залишає її, подальші спроби припиняються. Крім того, кожна додаткова спроба фіксується у лог-файлі разом зі збереженням відповідного кадру.

Сформуємо функціональний модуль під назвою «FindQRAndRead», призначений для виявлення та розшифрування QR-коду у вхідному зображенні. В межах цього модуля здійснюється пошук та декодування QR-коду із застосуванням бібліотеки OpenCV. У разі успішної ідентифікації та розшифрування, отримані дані будуть занесені до файлу. Якщо ж виявити чи декодувати код не вдасться, у файл буде внесено запис про помилку декодування.

На лістингу В.6, що у додатку В представлено звітний файл щодо функціонування системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії.

Таким чином, в підрозділах 3.1-3.3 магістерської роботи вирішена науково-технічна задача з розробки системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії та резюмуємо:

– успішно зроблено кілька суттєвих кроків, необхідних для проектування макету системи розпізнавання об'єктів (зокрема, товарів подвійного

застосування) на виробничій лінії, а саме – підбрано апаратні складові на основі плат Raspberry та Arduino;

– обрано середу розробки, описано використовувану бібліотеку комп'ютерного зору OpenCV. А також встановлено та налаштовано середу розробки CodeBlocks для подальшої роботи;

– розроблений макет, його загальний вигляд, програмне забезпечення на основі алгоритмів, які були описані у другому розділі.

3.4 Постановка задач експериментального дослідження функціонування системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

Згідно мети кваліфікаційної роботи впливає потреба у дослідженні безконтактного методу ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони.

Тому, заплануємо експериментальне дослідження задля підтвердження коректності ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії при варіюванні їхньої швидкості перебування у визначеній робочій зоні (рис. 3.9).

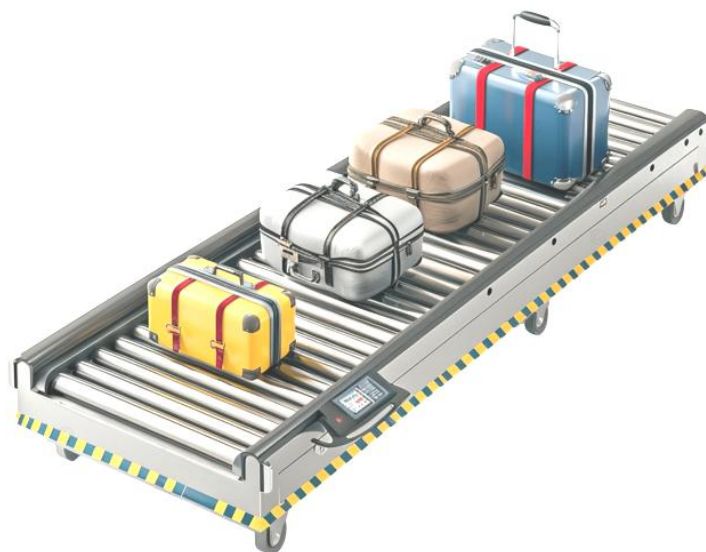


Рисунок 3.9 – Піддослідна конвеєрна лінія

Здійснити випробування з метою фіксації показників швидкості зчитування QR-кодів, розміщених на об'єктах, за умов різної інтенсивності освітлення робочої ділянки.

Параметри виконання дослідження:

- темп руху конвеєрної системи: 0,15 м/с та 0,3 м/с;
- рівні освітленості робочого простору: 200 лм, 50 лм, 35 лм.

Виконання цього експерименту дасть змогу встановити оптимальні значення світлового потоку та швидкості для забезпечення найефективнішого функціонування системи. Крім того, це дослідження здатне виявити ті параметричні значення, робота за яких є неприйнятною для системи.

3.5 Проведення експерименту з вивчення функціонування системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

Для проведення експерименту використаємо імітований макет контейнерної лінії та розташуємо систему ідентифікації над нею з умовними (імітуючи) об'єктами військового призначення.

Апаратне забезпечення у вигляді мобільного телефону з відповідним програмним забезпеченням, що зчитує інформацію з його сенсорів, буде задіяне для вимірювання світлового потоку.

Експеримент розпочнемо з серії випробувань, де буде змінюватися швидкість переміщення об'єктів уздовж заданої траєкторії. Відповідно до поставлених вимог, ми опрацюємо сценарії зі швидкостями 0,15 метрів на секунду та 0,3 метрів на секунду. Для проведення цих досліджень ми підготуємо шість фізичних об'єктів, кожен з яких буде оснащений QR-кодом. Отримані дані з першого експерименту внесено до таблиці А.9 додатку А.

Грунтуючись на отриманих відомостях, можна дійти висновку, що швидкість у 30 метрів за секунду є надмірною для цієї апаратури. Декодування зривається через те, що можливості камери є недостатніми; скріншот,

зроблений при цій швидкості (30 м/с), ілюструється на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Кадр при швидкості лінії 30м/с

Щоб виправити ситуацію зі швидкістю 30 м/с, слід або тимчасово зупиняти конвеєр у зоні охоплення системи, або інсталиувати камеру вищої роздільної здатності.

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

У рамках другого експерименту здійснюватиметься регулювання світлового потоку, а також програмне вимірювання часу, необхідного для декодування коду. Час вимірюватиметься з моменту розпізнавання об'єкта у кадрі до отримання інформації з QR-коду.

Отримані дані другого експерименту занесено до таблиці А.10 - 13 додатку А.

На рисунку 3.11 представлено процес виконання експерименту при освітленні 193 лм.

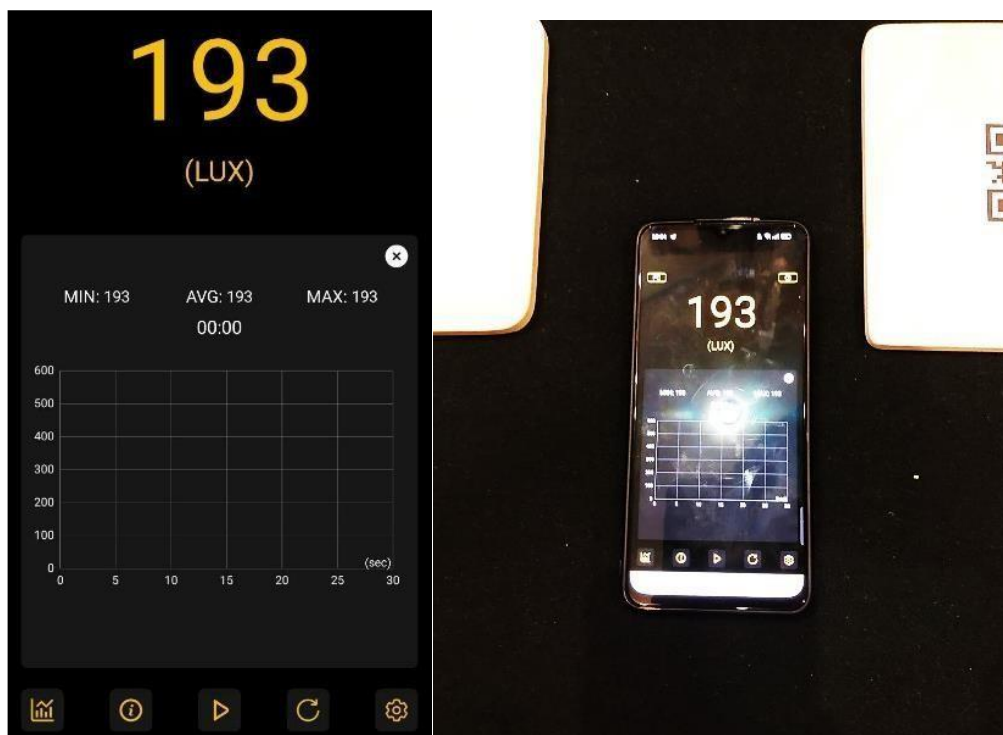


Рисунок 3.11 – Процес проведення експерименту при освітленні 193 лм

Результати експерименту щодо швидкості декодування Qr коду кожного об'єкту при освітленні 193 лм. представлено рисунку 3.12.

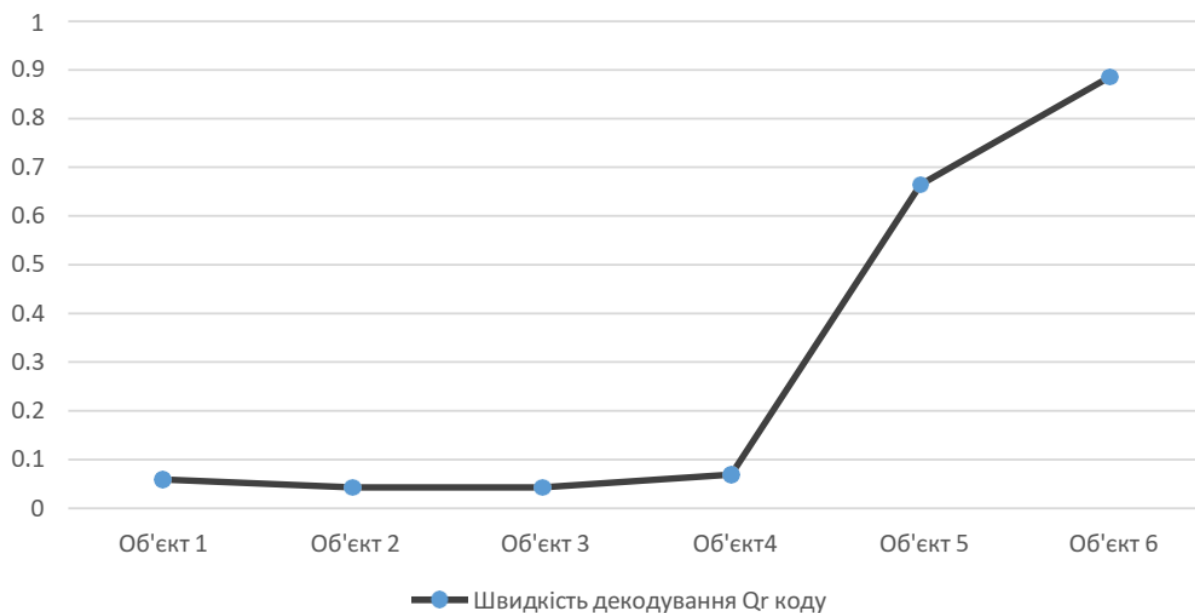


Рисунок 3.12 – Швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту

На рисунку 3.13 представлено процес виконання експерименту при

освітленні 58 лм.

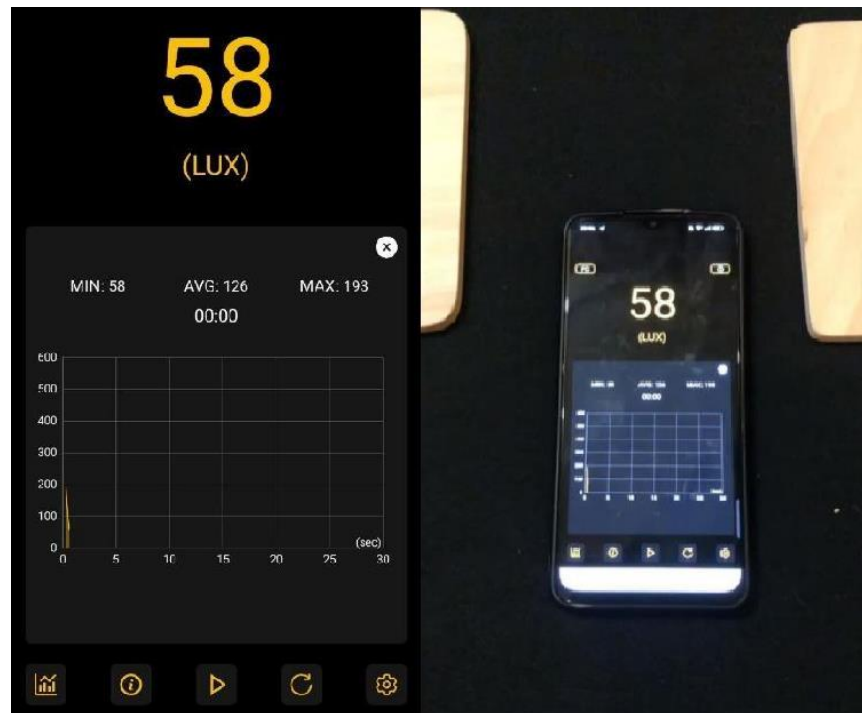


Рисунок 3.13 – Процес проведення експерименту

На рисунку 3.14 представлено результат експерименту, швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту при освітленні 58 лм.

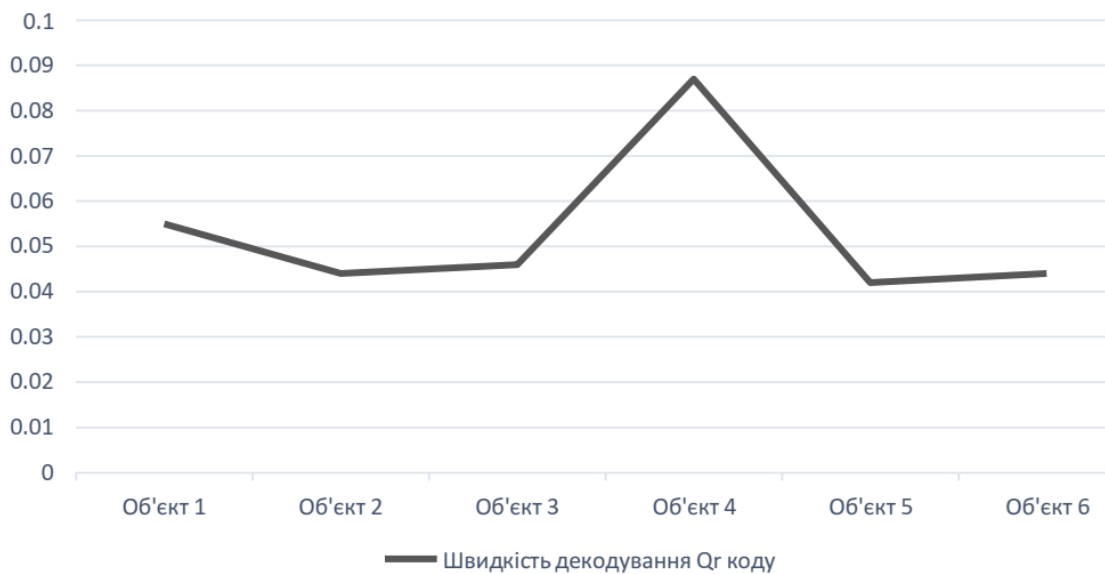


Рисунок 3.14 – Швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту

На рисунку 3.15 представлено процес виконання експерименту при зміні освітленні 38 лм.

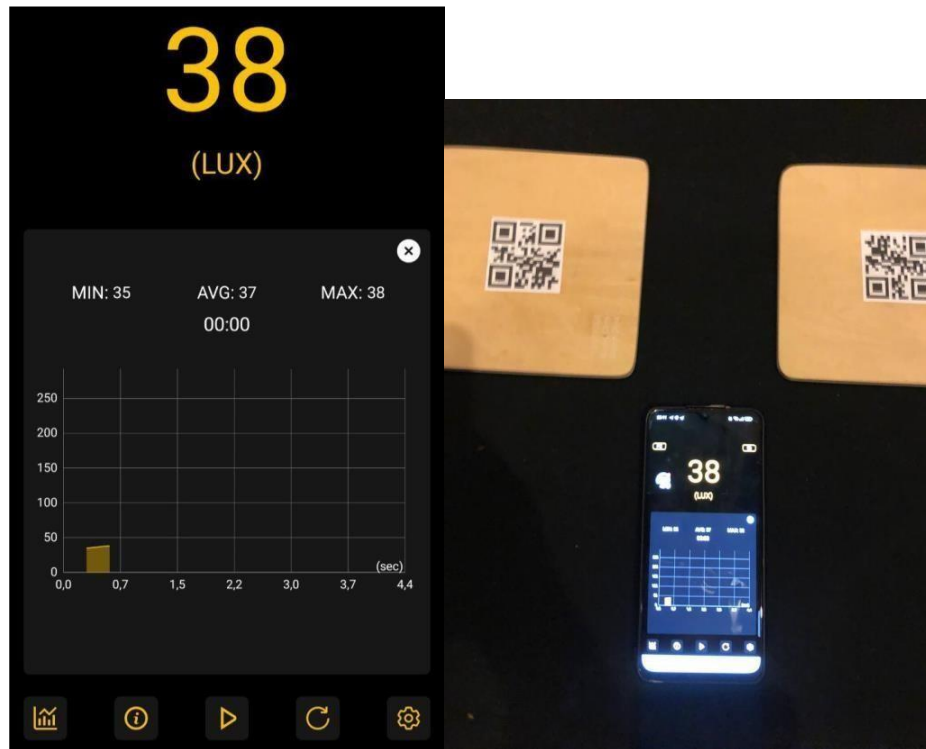


Рисунок 3.15 – Процес проведення експерименту при освітленні 38 лм

Як бачимо з рисунку.3.16 швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту при освітленні 58 лм також змінюється.

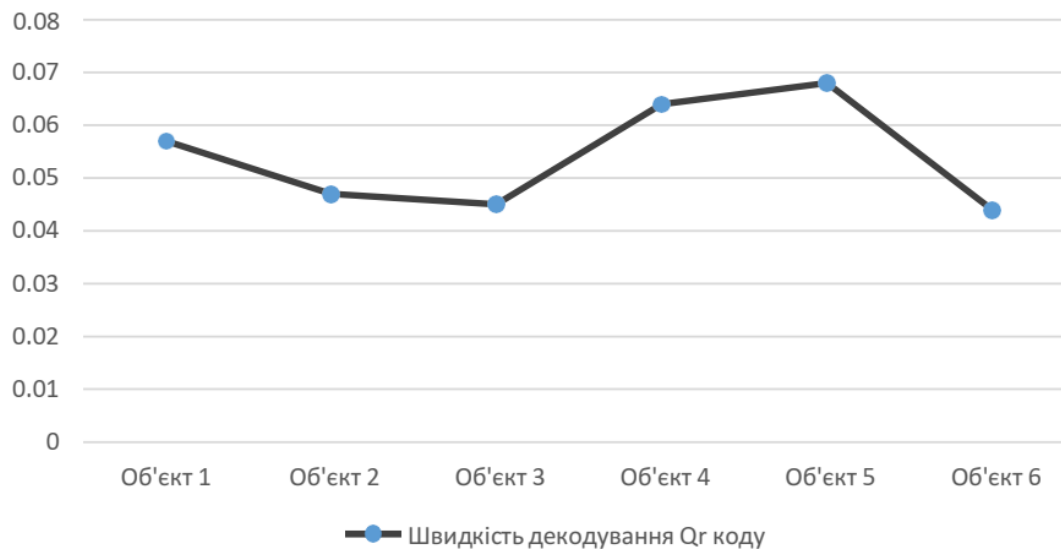


Рисунок 3.16 – Швидкість декодування Qr коду кожного об'єкту

Аналізуючи отримані дані, стає очевидним, що за умови світлового потоку у 193 лм, декодування двох конкретних об'єктів відбувалося натомість суттєво повільніше, ніж це було за менших значень освітленості. Причиною такої затримки стало те, що ці об'єкти не змогли бути розпізнані аж до наступних кадрів. Отже, можна дійти логічного підсумку, що для функціонування цієї системи цілком придатними є показники світлового потоку у діапазоні від 40 до 60 лм.

3.6 Забезпечення умов роботи при розробці системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

При проектуванні обов'язково слід зважати на низку усталених загальних вимог до умов праці. До таких вимог належить, зокрема, габаритність приміщення та відведеного робочого простору. У таблиці А.14 додатку А, задокументовано ключові параметри розмірів приміщення, де здійснюється розробка цієї системи. Відповідно до чинних нормативів, чисельність робочих місць у приміщенні прямо корелює з його загальною площею. Ігнорування цих стандартів, визначених у НПАОП 0.00-1.28-10 [19], здатне спричинити негативні наслідки як для працівника, так і для системи, що знаходиться на стадії розробки.

Згідно до НПАОП 0.00-1.28-10, мінімально допустима площа, яку має займати одне робоче місце – шість квадратних метрів, а відповідний об'єм – двадцять кубічних метрів.

Нижче представлені обчислення, здійснені для приміщення, де створюється ця система. За формулою(3.1) розраховується необхідна площа приміщення:

$$s = \frac{s}{N} = \frac{18 \text{ м}^2}{1 \text{ осіб}}, \quad (3.1)$$

За формулою (3.2) розраховується необхідний об'єм на одного працівника.

$$V = \frac{V}{N} = \frac{48,6 \text{ м}^3}{1 \text{ осіб}} \quad (3.2)$$

На підставі наявних обчислень та враховуючи габарити, це приміщення цілком відповідає вимогам, визначеним у НПАОП 0.00-1.28-10.

Освітлення робочого простору є критично важливим аспектом. Як надмірний, так і недостатній рівень освітлення негативно впливає на самопочуття особи. Недотримання встановлених норм освітлення може призвести до погіршення зорових функцій, підвищення ризику нещасних випадків, а також зниження загальної ефективності праці. Територія праці та безпосереднє робоче місце мають бути освітлені у суворій відповідності до стандартів, забезпечуючи при цьому зоровий комфорт без зайвого навантаження на очі.

Згідно з положеннями ДБН В.2.5-28-2006 [20], було виконано визначення рівня природнього освітлення у приміщенні, обладнаному одним віконним отвором габаритами два метри на півтора метра.

Проведено обчислення еквівалентної площі світлового отвору, застосовуючи формулу (3.3):

$$S_{\text{екв}} = N \cdot S_{\text{вікна}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м}^2. \quad (3.3)$$

Розрахунок фактичного коефіцієнту природнього освітлення проводиться за формулою (3.4).

$$k = \frac{s_{\text{екв}} \cdot t_0 \cdot R_1 \cdot 100}{s \cdot n_0 \cdot k_3}, \quad (3.4)$$

де S – площа приміщення.

Коефіцієнти для розрахунку подані в таблиці А.14 додатку А.

Розрахунок фактичного коефіцієнту природнього освітлення за формулою (3.4) становить 1,62, що згідно ДБН В.2.5-28-2006, фактичний коефіцієнт природнього освітлення відповідає нормам.

За результатами виконання підрозділів 3.4-3.6 можна резюмувати про успішне виконання комплексного дослідження та отримання даних про точність розпізнавання об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони при різній швидкості руху об'єктів у робочій зоні. Експериментально отримано даних про швидкість декодування QR-кодів на об'єктах (схожих виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії при різному освітленні робочої зони. За отриманими даними побудовано графіки залежності. За результатами експерименту було встановлено, що найбільш оптимальні умови освітлення для розробленої системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони. Виявлено, що світловий потік від 40 лм до 60 лм можна використовувати у даній системі.

Проведено розрахунок природнього освітлення приміщення, в якому відбувається розробка даної системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії, розраховано площу приміщення та її об'єм на особу.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено науково-технічне завдання метою якого роботи є розробка і дослідження безконтактного методу ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони.

В межах виконаної роботи, у першому розділі «Аналіз існуючих систем ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії» досліджено існуючі системи для ідентифікації виробів (у тому числі подвійного призначення) на конвеєрних лініях. Здійснено аналіз методик як розпізнавання, так і самої ідентифікації об'єктів. Окрім того, проаналізовано апаратні компоненти системи, що уможливило чітке формулювання завдання для подальшого дослідження. За результатами з'ясовано, що більшу частину існуючих напрацювань можна з наступним удосконалення застосовувати для безконтактної ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони.

Розробка структури і алгоритмів системи ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії сфокусована на обґрунтуванні створеної структурної схеми проєктованої системи ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. Також деталізовано розроблений алгоритми для розпізнавання та ідентифікації виробів подвійного призначення на конвеєрі.

Розробка та дослідження системи безконтактної ідентифікацій об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії була обґрунтована вибором необхідних апаратних модулів, що відповідають вимогам системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. Обрано та налаштовано середовище для розробки. Після цього зібрано повноцінний макет системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрі, що практично реалізовано досягнення мети кваліфікаційної роботи. Відповідно до схеми розроблено відповідне програмне

забезпечення. Наведено приклад, що демонструє процес обробки та ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. Здійснено експериментальне тестування готової системи ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії. Основною метою цього етапу було отримання показників точності розпізнавання за умов різної швидкості руху об'єктів у зоні обслуговування. Протягом експерименту також були зафіксовані дані щодо швидкості зчитування (декодування) QR-кодів, розміщених на об'єктах, при різних рівнях зовнішнього освітлення у приміщенні, де розташована система. Всі зібрані результати були систематизовані у табличній формі. Завдяки проведеному тестуванню було визначено оптимальний діапазон освітленості для належної роботи цієї системи, а саме від 40 до 60 люмен (лм).

Крім того, було виконано розрахунки стосовно природного освітлення робочого простору, де створювалася дана система ідентифікації, включаючи визначення площі та об'єму приміщення з розрахунку на одного працівника.

Подальші дослідження раціонально зосередити на удосконаленні процесу ідентифікації об'єктів (виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії для потреб сектору безпеки та оборони за рахунок застосування інших методів безконтактного ідентифікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ELAR. URL: <https://openarchive.nure.ua/handle/document/19617>. (дата звернення: 4.09.2025).
2. Ворона С. М., Самелюк В. П., Козубцов І. М. Про потребу удосконалення процесу обліку майна ВВНЗ в умовах воєнного часу. Міжнародна науково-практична конференція «Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку». Збірник тез доповідей (Харків, 14 березня 2024 р.). Харків: НАНГ України. 2024. С. 40-42.
3. Automatic Identification and Data Capture. URL: <https://apnews.com/61904f62798e4065a041dc9f17759ea4>. (дата звернення: 5.09.2025).
4. Malburg L., Rieder M-P., Ronny S. Klein P., Bergmann R. Object Detection for Smart Factory Processes by Machine Learning. *Procedia Computer Science*. 2021. Vol.184. Pp. 581-588.
5. 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). 2020. Vol. 1. Pp. 32-43.
6. 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. 2021. pp. 95-107.
7. Seiger, R., et al. Towards IoT-driven Process Event Log Generation for Conformance Checking in Smart Factories, in: *24th Int. EDOC. Workshop, IEEE*. 2020. pp. 20-26.
8. Ankitnsingh.medium. URL: <https://ankitnsingh.medium.com/how-visual-objectdetection-can-transform-manufacturing-industries-18494da09cc8> (дата звернення: 6.09.2025).
9. Novtech. URL: <https://www.novtech.com.ua/oborudovanie/sortirovka/opticheskajasortirovka/linijasortirovki-ovoshhej-i-fruktov-pomone-4> (дата звернення: 6.09. 2025).

10. WEVOLVER. URL: <https://www.wevolver.com/article/detecting-unwantedhazardous-objects-with-vision-ai> (дата звернення: 9.09. 2025).
11. Mobdev. URL: <https://mobidev.biz/blog/ai-visual-inspection-deep-learningcomputer-vision-defect-detection/> (дата звернення 9.09. 2025).
12. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/6/1/9> (дата звернення: 10.09. 2025).
13. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2073-431X/7/1/13> (дата звернення: 11.09. 2025).
14. Форстор. URL: <https://forstor.ua/ua/c-mashinnoe-zrenie-376> (дата звернення: 11.09.2025).
15. Левицький В. В., Микитишин А. Г. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Тернопіль: ТНТУ. 2022. 38 с.
16. Застосування комп'ютерного зору для автоматизованої системи відстеження об'єктів. URL: <https://doi.org/10.20535/1560-8956.46.2025.323655> (дата звернення: 12.09.2025).
17. Raspberry. URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html> (дата звернення: 19.09.2025).
18. Порівняльний аналіз бібліотек комп'ютерного зору. *Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи* URL: https://www.researchgate.net/publication/322804798_Porivnialnij_analiz_bibliotek_komp'uternogo_zoru (дата звернення: 24.09.2025).
19. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=27405 (дата звернення: 23.10.2025).
20. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28019 (дата звернення: 23.10.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Табличний матеріал

Таблиця А.1 – Порівнянні RFID система з іншими універсальними ідентифікаторами

Характеристика технології	RFID	Штрих-код	QR-код
Необхідність у прямій видимості мітки	Читання навіть прихованих міток	Читання без прямої видимості неможливе	Читання без прямої видимості неможливе
Обсяг інформації	Від 10 до 512 000 байт	До 100 байт	До 3072 байт
Можливість перезапису даних та багаторазового використання мітки	Є	Ні	Ні
Дальність реєстрації	До 100 м	До 4 м	До 1 м
Одночасна ідентифікація кількох об'єктів	До 200 міток за секунду	Неможлива	Залежить від зчитувача
Стійкість до впливів навколишнього середовища: механічного, температурного, хімічного, вологи	Підвищена міцність та опірність	Залежить від матеріалу, на який наноситься	Залежить від матеріалу, на який наноситься
Термін життя мітки	Понад 10 років	Залежить від способу друку та матеріалу, з якого складається об'єкт, що відзначається	Залежить від способу друку та матеріалу, з якого складається об'єкт, що відзначається
Безпека та захист від підробки	Підробити можливо	Підробити легко	Підробити легко
Робота при пошкодженні мітки	Неможлива	Утруднена	Утруднена
Ідентифікація об'єктів, що рухаються	Так	Утруднена	Утруднена
Схильність до перешкод у вигляді електромагнітних полів	Є	Ні	Ні
Ідентифікація металевих об'єктів	Можлива	Можлива	Можлива
Використання як стаціонарних, так і ручних терміналів для ідентифікації	Так	Так	Так

Можливість введення в тіло людини чи тварини	Можлива	Утруднена	Утруднена
Габаритні характеристики	Середні та малі	Малі	Малі
Вартість	Середня та висока	Низька	Низька




Таблиця А.2 – 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

Таблиця А.3 – 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/с	200 сканувань/с	230 сканувань/с
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

Таблиця А.4– Порівняльна характеристика сканерів RFID міток

Модель	ACS ACR122T	acr1255u	NETUM W6X
Дальність зчитування	60 мм	55 мм	до 60 мм
Типи кодів, що зчитуються	Mifare & reg, ISO 14443 А, В типу, та чотири типи NFC міток.	ISO 14443 тип А і В, 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

Таблиця А.5 – Порівняльна характеристика зчитувачів NFC

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

Таблиця А.6 – Характеристики Raspberry Pi 4

Параметр	Значення
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

Таблиця А.7 – Характеристики камери Raspberry Pi Cam v1.3

Параметр	Значення
роздільна здатність матриці	5 Мп
максимальний розмір зображення	2592 x 1944
формати відео, що підтримуються	1080p 30fps, 720p 60fps, 640×480p 60/90fps
довжина шлейфу	15 см
розмір модуля	25 x 20 x 9 мм
Вага	3 г

Таблиця А.8 – Характеристики серводвигуна SERVO-MG995

Параметр	Значення
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

Таблиця А.9 – 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

Таблиця А.10 – 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

Таблиця А.11 – 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

Таблиця А.12 – 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

Таблиця А.13 – 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

Таблиця А.14 – Числові значення коефіцієнтів

Коефіцієнти		Значення коефіцієнтів
світлова характеристика вікна	n_0	9
коефіцієнт, що враховує затемнення від будівлі навпроти	k_3	1,1
коефіцієнт, що враховує підвищення при бічному освітленні завдяки світлу, відбитому від внутрішніх поверхонь	R_1	3
загальний коефіцієнт світло-пропускання	t_0	0,25

Додаток Б

Графічний матеріал

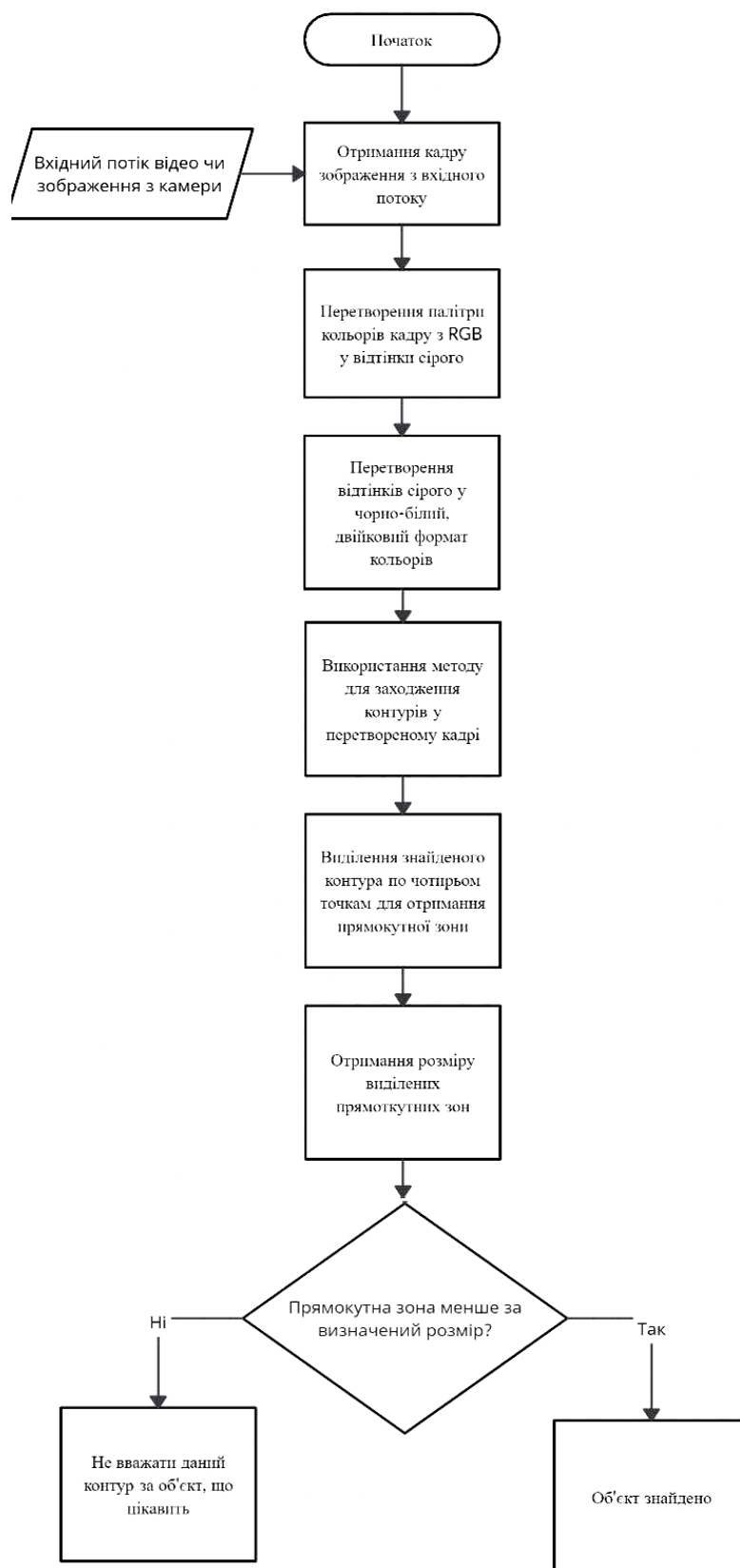


Рисунок Б.1 – Алгоритм розпізнавання об'єктів подвійного призначення

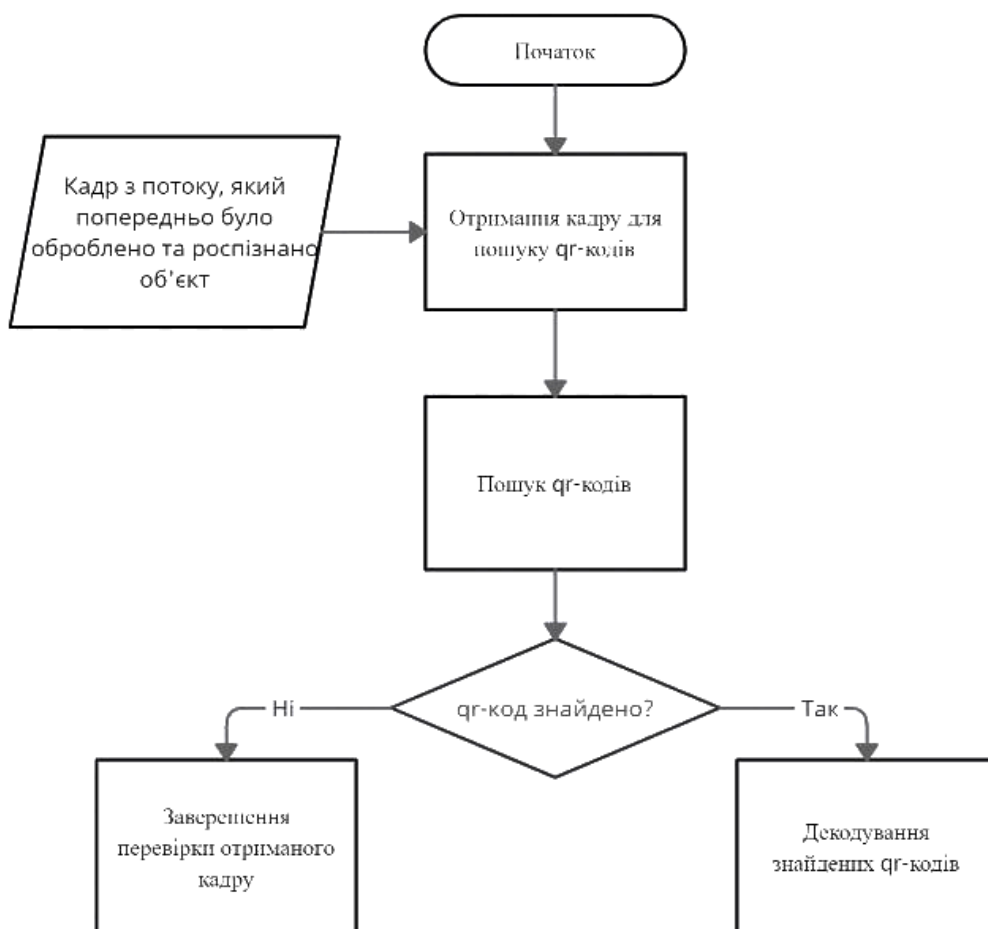


Рисунок Б.2 – Алгоритм ідентифікації об'єктів подвійного призначення

Додаток В

Лістинг програмного забезпечення

Лістинг В.1– Частина програми, де виконується додавання необхідних бібліотек до проекту

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

кінець лістингу В.1

Лістинг В.2 – Частина програми, де оголошуються глобальні змінні

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

кінець лістингу В.2

Лістинг В.3 – Головна функція програми

```

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;
}

```

кінець лістингу В.3

Лістинг В.4– Частина функції де відбувається перетворення кадру для
отримання представлення у двійковому вигляді

```

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());

```

кінець лістингу В.4

Лістинг В.5– Частина функції з основної логікою прийняття рішень

```

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;

```

кінець лістингу В.5

Лістинг В.6– Файл інформації про роботу системи ідентифікації об'єктів
(виробів подвійного призначення) на конвеєрній лінії

```
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
```

кінець лістингу В.6