

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики та комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістрський)

Розроблення автоматизованої системи формування бібліотеки
зразків готової продукції
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи КТРСм-21-1
Лисаченко В.О.
(прізвище, ініціали)

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

Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма Комп'ютеризовані та робототехнічні системи
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Хрустальова С. В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАМ

_____ (підпис)

Невлюдов І. Ш.
(прізвище, ініціали)

2022 р.

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«12» грудня 2022 р.

Лисаченко В.О.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

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

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма 151 Комп'ютеризовані та робототехнічні системи
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
 (підпис)
 « ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Лисаченку Владиславу Олександровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розроблення автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції»

затверджена наказом університету від «07» листопада 2022 р. №1462 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «07» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Об'єкт дослідження – процес формування бібліотеки готової продукції підприємства. Предмет дослідження – автоматизована система формування бібліотеки готової продукції підприємства. Предмет розробки – план застосування системи, імітаційна програма для визначення функціональних характеристик технологічного процесу. Технічне забезпечення – IBM-сумісний ПК, плата Raspberry Pi, камера з USB. Перелік використовуваних програмних засобів: ОС Microsoft Windows, ОС Raspbian, Python, OpenCV, MySQL.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: Вступ. Аналіз інтеграцій технічного зору у промисловості. Сучасні промислові датчики зору. Двомірні та трьохмірні датчики технічного зору. Постановка мети та задач дослідження. Розроблення структурної схеми автоматизованої системи формування бібліотеки готової продукції підприємства. Вибір компонентів системи для реалізації формування бібліотеки готової продукції. Алгоритм роботи автоматизованої системи формування бібліотеки готової продукції підприємства. Вибір інструментів програмування. Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи. Розробка програмного забезпечення та експерименти. Аналіз результатів. Охорона праці. Вимоги до приміщення. Заходи цивільного захисту. Заходи пожежної безпеки. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри): демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.pptx) на аркушах формату А4 (16 с.).

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання, аналіз завдання, уточнення плану роботи	07.10.22	Виконано
2	Аналіз завдання, літератури та аналогів з теми роботи	08.09.22	Виконано
3	Розроблення структурної схеми роботи автоматизованої системи	15.09.22	Виконано
4	Вибір компонентів системи	29.09.22	Виконано
5	Розроблення алгоритму роботи автоматизованої системи підприємства	27.10.22	Виконано
6	Підготовка публікацій за результатами дослідження	30.10.22	Виконано
7	Розроблення програмного забезпечення системи	24.11.22	Виконано
8	Розроблення плану застосування системи	01.12.22	Виконано
9	Подання роботи на рецензування	08.12.22	Виконано
10	Підготовка презентації	09.12.22	Виконано
11	Попередній захист	10.12.22	Виконано
12	Подання роботи до екзаменаційної комісії	12.12.22	Виконано

Дата видачі завдання «07» листопада 2022

Студент Лисаченко В.О.
(підпис)

Керівник роботи доц. Хрустальова С.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 85 с., 4 табл., 22 рис., 3 дод., 30 джерел.

ТЕХНІЧНИЙ ЗІР, СЕНСОР, МОДЕЛЮВАННЯ, КОНВЕЄРНЕ ПІДПРИЄМСТВО, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.

Мета дослідження – підвищення ефективності роботи виробничих підприємств за рахунок скорочення часу на маркування готової продукції.

Об'єкт дослідження – процес формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства.

Предмет дослідження – автоматизована система формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства.

Методи дослідження – вимірювання, порівняння, моделювання, планування і проведення експериментів, системний підхід.

Для моделювання системи розроблено структурну схему, проведено вибір компонентів системи і зібрані у єдину систему. Розроблено алгоритм роботи системи формування бібліотеки зразків готової продукції, обрано інструменти програмування, розроблено і реалізовано програмне забезпечення мовою програмування Python із застосуванням бібліотеки OpenCV. Змоделювано імітаційну локацію застосування.

Створена система чи її модифікації можуть бути застосовані на підприємствах, де потрібно вирішити задачі формування бібліотеки зразків готової продукції. Практичне застосування розробленої системи дозволить проводити систематизацію готової продукції на основі габаритів за рахунок розрізнення і обміру об'єктів. Система має гнучке налаштування і режим навчання для попереднього налаштування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– провести аналіз існуючих методів, засобів та автоматизованих системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства;

- розробити структурну схему автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства;
- провести вибір компонентів системи для реалізації формування бібліотеки зразків готової продукції;
- розробити алгоритм роботи автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства;
- обрати інструменти програмування;
- розробити програмне забезпечення згідно розробленому алгоритму роботи системи;
- провести експерименти із застосуванням розробленого програмного забезпечення.

ABSTRACT

Explanatory note: 85 p., 4 tabl., 22 fig., 3 app., 30 sources.

ENGINEERING VISION, SENSOR, SIMULATION, CONVEYOR PLANT, SIMULATION MODEL.

The purpose of the research is to increase the efficiency of production enterprises by reducing the time spent on labeling finished products.

The object of research is the process of forming a library of finished products of the enterprise.

The subject of the research is an automated system for forming a library of finished products of the enterprise.

Research methods – simulation modeling, planning of experiments, systematic approach.

To model the system, a structural diagram was developed, the system components were selected and assembled into a single system. The working algorithm of the system for forming the library of ready-made product samples was developed, programming tools were selected, software was developed and implemented in the Python programming language using the OpenCV library. Simulated application location.

The created system or its modifications can be applied at enterprises where it is necessary to solve the problems of forming a library of samples of finished products. The practical application of the developed system will allow the systematization of finished products based on dimensions due to the distinction and measurement of objects. The system has a flexible setting and a learning mode for pre-setting.

To achieve the goal, the following tasks must be solved:

– analyze the existing methods, means and automated system of forming a library of samples of finished products of the enterprise;

- to develop a structural diagram of an automated system for forming a library of samples of finished products of the enterprise;
- select system components to implement the formation of a library of samples of finished products;
- to develop an algorithm for the automated system of forming a library of samples of finished products of the enterprise;
- choose programming tools;
- develop software according to the developed algorithm system operation;
- conduct experiments using the developed software.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	11
Вступ.....	12
1 Аналіз існуючих методів, засобів та автоматизованих систем формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства.....	14
1.1 Двовимірні та трьохвимірні датчики технічного зору.....	16
1.2 Сучасні промислові датчики зору.....	17
1.2.1 Датчик контуру – Розпізнавання об'єктів O2D.....	17
1.2.2 Лічильник пікселів – Датчик машинного зору O2V.....	18
1.2.3 Датчики технічного зору – серія VG.....	19
1.2.4 Двовимірні датчики зображення VOS.....	20
1.2.5 Трьохвимірний датчик технічного зору KUKA _3D Perception.....	22
1.2.6 Системи технічного зору у промисловості.....	23
1.2.7 FANUC Система iRVision.....	25
1.3 Висновки до першого розділу.....	26
2 Розроблення структурної схеми та алгоритму роботи автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства....	27
2.1 Розроблення структурної схеми автоматизованої системи формування бібліотеки готової продукції підприємства.....	27
2.2 Вибір компонентів системи для реалізації формування бібліотеки зразків готової продукції.....	30
2.3 Алгоритм роботи автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства.....	32
2.4 Вибір інструментів для реалізації технології технічного зору.....	37
2.4.1 Бібліотека OpenCV.....	37
2.5 Висновки до другого розділу.....	39
3 Розробка програмного забезпечення автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства та експериментальні дослідження.....	40

3.1 Мова програмування Python.....	40
3.2 Вибір середовища розробки.....	42
3.3 Розроблення програмного забезпечення.....	42
3.4 Проведення експериментів.....	49
3.5 Висновки до третього розділу.....	54
4 Охорона праці на підприємстві.....	55
4.1 Охорона праці та безпека за надзвичайних подій в машинобудуванні...	55
4.2 Заходи, спрямовані на підвищення рівня техніки безпеки.....	56
4.3 Заходи, спрямовані на захист довкілля.....	57
4.4 Захист від ураження струмом.....	58
4.5 Приміщення охорони здоров'я.....	59
4.6 Висновки до четвертого розділу.....	62
Висновки.....	63
Перелік джерел посилання.....	64
Додаток А Демонстраційний матеріал.....	68
Додаток Б Відомість кваліфікаційної роботи.....	85

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ТЗ – технічний зір;

СТЗ – система технічного зору;

БД – база даних;

ПЗ – програмне забезпечення;

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;

САУ – система автоматичного управління;

ПЗЗ – пристрій із зарядовим зв'язком;

ПК – персональний комп'ютер;

КМОН-структура – комплементарна метал-оксид-напівпровідник структура.

ВСТУП

Сучасні системи технічного зору вирішують задачі промислової автоматизації у сферах безконтактних вимірювань, дефектоскопії, контролю якості та неперервного контролю в умовах промислових виробничих ліній.

Автоматизація з використанням систем технічного зору дозволяє виключити так званий «людський чинник», і навіть забезпечити стовідсотковий контроль кожної одиниці виготовленої продукції.

До складу систем технічного зору входять об'єктиви, промислові відеокамери, системи підсвічування, контролери або комп'ютери з програмним забезпеченням для обробки та аналізу зображень та підключення до виконавчих механізмів та зовнішніх датчиків.

Технічний зір – міжгалузєва технологія, що часто та успішно використовується при сучасному проектуванні у багатьох галузях: від металургії та машинобудування до виробництва матеріалів для пакування.

Сучасні швидкісні промислові відеокамери з високою розподільною здатністю дозволяють автоматизувати контроль якості на високопродуктивних лініях пакування, складування та сортування, вимірювати геометричні розміри з точністю до кількох мікрон та знаходити невидимі людському оку дефекти на поверхні деталей.

Впроваджуючи системи автоматизації на базі технічного зору можна значного покращити показники контролю виготовленої продукції, знизити кількість фінансових витрат, значно пришвидшити задачі обміру, пошуку дефектів в умовах безперервного контролю та виключення «людського чиннику».

Досягнення поставлених цілей можливе при правильному налаштуванні системи з урахуванням особливостей середовища та умов у які систему поміщено.

Кваліфікаційна робота оформлена згідно вимог ДСТУ 3008 2015 [1], включаючи рекомендації з підготовки і оформлення кваліфікаційної роботи здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти [2].

Результати кваліфікаційної роботи опубліковані у матеріалах міжнародної конференції-доповіді – VII Міжнародна конференція «Виробництво & Мехатронні Системи 2022» (м. Харків, 21-22 жовтня 2022 р.);

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ, ЗАСОБІВ ТА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ФОРМУВАННЯ БІБЛІОТЕКИ ЗРАЗКІВ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Область комп'ютерного зору можна назвати молодого, різноманітною і динамічною. Тільки на початку 1980-х почалося інтенсивне вивчення цієї проблеми, коли комп'ютери змогли керувати обробкою великих наборів даних, таких як зображення, хоча існують раніше роботи.

Однак ці дослідження зазвичай починалися з інших областей, і немає стандартного формулювання проблеми комп'ютерного зору. Також, немає стандартного формулювання того, як має вирішуватись проблема комп'ютерного зору.

Натомість, існує маса методів для вирішення різних конкретних завдань комп'ютерного зору, де методи часто залежить від завдань і значно рідше може бути узагальнено для широкого кола застосування.

Велика частина методів і додатків все ще знаходяться в стадії фундаментальних досліджень, але частіше ці методи знаходить застосування в комерційних продуктах, де вони часто займають частину великої системи, яка може допомагати у вирішенні складних задач (наприклад, в області медичних зображень або вимірювання та контролю якості в процесі промислового виробництва).

У більшості практичних застосувань комп'ютерного зору керуючі пристрої попередньо запрограмовані на вирішення окремих завдань, але методи для вирішення цих задач, засновані на знаннях, стають дедалі загальними [3].

Важливу частину штучного інтелекту займає автоматизоване планування та прийняття рішень у системах, які наділені здатністю виконувати механічні дії, такі як переміщення робота, або маніпулятора, через деяке середовище.

Цей тип обробки зазвичай потребує вхідних даних, що надаються системами технічного зору, що діють як відеосенсори і надають багатосторонню інформацію про середовище та роботу.

Інші області, це розпізнавання образів та навчальні методи. У результаті комп'ютерний зір іноді сприймається як частина штучного інтелекту чи області комп'ютерних наук.

Ще однією областю, пов'язаною з комп'ютерним зором, є обробка сигналів. Багато методів обробки одновимірних сигналів, зазвичай тимчасових сигналів, можуть бути природним шляхом розширені для обробки двовимірних або багатовимірних сигналів технічного зорі.

Однак через своєрідну природу зображень існує багато методів, розроблених в області комп'ютерного зору і не мають аналогів в області обробки одновимірних сигналів. Особливою властивістю цих методів є їхня нелінійність, що, разом із багатовимірністю сигналу, робить відповідну підобласть в обробці сигналів частиною області комп'ютерного зору.

Окрім згаданих підходів до проблеми комп'ютерного зору, багато з досліджуваних питань вивчатися суто з математичної точки зору. Наприклад, багато методів ґрунтуються на статистиці, методах оптимізації чи геометрії. Великі роботи ведуться у галузі практичного застосування технічного зору – того, як існуючі методи можуть бути реалізовані програмно та апаратно, або як вони можуть бути змінені для того, щоб досягти високої швидкості роботи без значних збільшень обчислювальних ресурсів [4].

Сьогодні широко поширене використання обробки зображень для вирішення різних завдань автоматичного контролю, управління та вимірювання.

Промислові системи автоматизації для отримання візуальної інформації налічують в своєму складі сенсорні пристрої, які називаються системами технічного зору. Саме такі системи дозволяють роботам отримувати зображення робочих об'єктів, продукції та сцен, перетворюючи

та інтерпретуючи зображення за допомогою цифрових пристроїв, щоб передати на обробляючий пристрій.

Технічний зір включає аналіз візуальної інформації для подальшого ухвалення рішень.

Після обробки ці данні можуть бути використані для зберігання та передачі на наступний виконавчий пристрій, наприклад робота або маніпулятор, відповідно до задач та функцій системи.

У порівнянні з багатьма чутливими системами, системи технічного розуму здатні надати до дев'яноста відсотків візуальної інформації обробляючому пристрою, щоб він міг продовжити правильне функціонування системи надаючи управлінські команди на подальші пристрої [5]. Процес відбувається у декілька етапів:

- отримання інформації;
- оброблення інформації;
- сегментація та опис;
- розпізнавання та інтерпретація.

1.1 Двомірні та трьохмірні датчики технічного зору

Двомірні датчики використовуються для визначення наявності, а також розмірів, форми, розташування або схеми розміщення цільових об'єктів.

У сучасних камерах використовується метод кадрового фотозатвору, що забезпечує високу точність зображень, а інтегровані датчики забезпечують основними функціями контролю для різноманітних застосувань.

Трьохмірні датчики також можуть використовуватись для промислової автоматизації, вимірювань та аналітичного моніторингу. Застосування датчиків варіюється від моніторингу процесів промислового обладнання, захисних зон та розпізнавання зображень до вимірювання погоди. Для виробничої, комерційної, логістичної надійності та аналізу процес може бути

упорядкований із застосуванням ідентифікації об'єктів, таких як сканери штрих-коду.

Трьохмірні мають переваги над двомірними так як можуть точно розпізнавати неструктуроване оточення в режимі реального часу і точно позиціонувати об'єкти з різною кінематикою у просторі.

1.2. Сучасні промислові датчики зору

У цьому розділі пропонуємо розглянути сучасні двохмірні та трьохмірні промислові датчики різноманітних областей застосування.

1.2.1 Датчик контуру – Розпізнавання об'єктів O2D

Контролює правильне положення невеликих частин в автоматичних механізмах, що подають, напр. вібраційні контейнери, погані деталі відхиляються.

Можливості застосування датчика контуру *efector dualis*: моніторинг наявності, положення та орієнтації за допомогою сортування та обчислення завдань контролю якості.

За допомогою інтуїтивного, покрокового інтерфейсу та зразків «хороших» / «поганих» деталей, користувач створює модель об'єкта, що розпізнається.

Програма розпізнавання порівнює об'єкти з моделями, незалежно від орієнтації, і передає результати (вдалий тест, невдалий, становище, орієнтація).

Зображення датчика приведено на рис. 1.1.

Стандартні датчики машинного зору контролюють частини на основі певних контурів (як датчик контуру O2D), новий лічильник пікселів O2V порівнює їх на основі різних характеристик.

1.2.2 Лічильник пікселів – Датчик машинного зору O2V

Користувач не визначає контур об'єкта, а його відносні характеристики, які використовуються датчиком для оцінки об'єкта або фону. За допомогою покрокового настроювання відхилення від еталона датчик виявляє такі характеристики, як площа, розмір, округлість або компактність об'єкта.



Рисунок 1.1 – Зображення датчику O2D

Значення яскравості за сірою шкалою можуть використовуватися для оцінки. Датчик технічного зору O2V надійно використовується для контролю повних/порожніх транспортних та виробничих резервуарів, контролює наявність етикетки чи друку, наприклад, дати виробництва чи термін зберігання. Датчик також надійно розпізнає кольорові мітки, наприклад, монтажні або дефектні мітки – нанесені машиною або вручну.

Виявлення подвійного листа при захопленні листового матеріалу маніпуляторами, що часто застосовується в автомобільній промисловості, також можливе використання для підрахунку листів або механізмів захоплення. Якщо поверхня листа відсвічує, то використання систем технічного зору заснованих на визначенні контуру не дозволяє досягти

бажаного результату. Системи технічних зору засновані на підрахунку кількості пікселів справляються із цим завданням краще.

Зображення датчику приведено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Зображення датчику O2D

1.2.3 Датчики технічного зору – серія VG

Знімки, зняті за допомогою вбудованої камери датчика технічного зору серії VG, використовуються для визначення наявності, а також розмірів, форми, розташування або схеми розміщення цільових об'єктів. завдяки використанню методу кадрового (глобального) затвору при захопленні зображень та дев'яти основним функціям контролю ця вдосконалена система забезпечує підвищену продуктивність та ефективність.

Зображення з датчиків серії VG можуть зберігатися та передаватися на FTP-сервери. В залежності від налаштування обладнання користувач може зберігати всі зображення, лише вдалі або лише невдалі зображення. Ці функції дозволяють спростити роботу з зображеннями: перегляд, керування, аналіз та зберігання даних.

Датчики оснащені 9 основними функціями контролю: вирівнювання, яскравість, контрастність, площа, край, довжина, кут, діаметр, підрахунок об'єктів.

Датчики даної серії у харчовій, косметичній, фармацевтичній, напівпровідниковій, автомобільній та пакувальній промисловості, у логістиці та виробництві медичного обладнання.

Зображення датчику VG приведено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Зображення датчику VG

1.2.4 Двовимірні датчики зображення VOS

Датчики зображення можна збирати на основі таких вимог застосування, як поле огляду або завдання вимірювання, і їх можна індивідуально налаштувати, використовуючи безліцензійне ПЗ, що входить до обсягу постачання.

Всі датчики мають стандартизовані з'єднання для можливого розширення з такими зовнішніми компонентами як окреме освітлення, лінзи з кріпленням C-mount з різною фокусною відстанню, або навіть

водонепроникним корпусом для лінз із захистом IP67. Компанія Pepperl+Fuchs пропонує три різні конструкції корпусу для серії VOS з різними умовами застосування: VOS1000, VOS2000 та VOS5000.

Різні інструменти двовимірних датчиків зображення можуть об'єднуватись або параметризуватись для одного робочого завдання. Серія VOS пропонує користувачам можливість налаштовувати безліч робочих завдань у камері – які можна легко замінювати, дублювати чи переносити з однієї камери на іншу. На підприємстві один датчик може використовуватись для різних завдань.

Завдяки попередній обробці вимірювань безпосередньо на датчику або камері, серія VOS забезпечує максимальну простоту використання навіть при комплексних завданнях. У камерах є вбудований інструмент технічного зору для оцінки (вбудований комп'ютер), тому на відміну від звичайних систем технічного зору на базі ПК тут для обробки даних не потрібно подальше розпізнавання зображень на зовнішніх системах ПК. Графічний інтерфейс користувача забезпечує легке та просте введення в експлуатацію та параметризацію датчиків.

Під час автоматичного етикетування, заповнення та закупорювання пляшок, етикетки можуть бути неправильно приклеєні або кришки можуть бути неправильно закручені. Тут датчики зображення VOS використовуються для перевірки етикеток та кришок для пляшок. Використовуючи інструменти технічного зору датчик за одну операцію перевіряє і положення етикетки, і фіксацію кришки. Серія VOS пропонує датчик зображень кадрового фотозатвора із вбудованою оптикою, освітленням та електронною оцінкою – поєднуючи в одному корпусі всі компоненти, необхідні для роботи системи технічного зору. Це робить датчики на основі камери придатними для завдань з позиціонування та навігації, виявлення та вирівнювання, оптичного вимірювання, а також ідентифікації та розпізнавання тексту (OCR).

Зображення датчику VOS приведено на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Зображення датчику VOS

1.2.5 Трьохмірний датчик технічного зору KUKA _3D Perception

Сенсор із вбудованою системою 3D-стереокамер дозволяє здійснювати 3D-сприйняття у режимі реального часу та забезпечує 3D вимірювання та позиціонування у просторі. Таким чином, орієнтація в просторі та технічний зір стають реальністю.

Стереосенсор KUKA_3D Perception розпізнає точно неструктуроване оточення в режимі реального часу і точно позиціонує об'єкти з різною кінематикою у просторі. Це перший 3D-сенсор у світі, який наділяє роботів такими здібностями.

Результат цього прогресивного рішення: робот може фіксувати своє становище в просторі з точністю до міліметра і вирішувати завдання ще швидше і ефективніше. Завдяки інтегрованій технології KUKA_3D Perception обробляє дані зображення безпосередньо в сенсорі та фіксує поточний стан об'єкта з точністю до міліметра.

Масиви точок створюються дуже просто. 3D-сенсор може розпізнавати своє оточення як у умовах природного світла, і при недостатньому

освітленні. Навіть при швидких переміщеннях забезпечується надійна точність. Крім того, у невеликому просторі без труднощів та збоїв можуть працювати декілька сенсорів.

Інтегрована графічна картка дозволяє обробляти зображення глибини безпосередньо у сенсорі. Зовнішні розрахунки не потрібно - ідеально підходить для мобільних робототехнічних систем. Високопродуктивне апаратне забезпечення розроблено для використання у роботизованому середовищі, розраховане на температуру до 50 °C та відповідає класу захисту IP 54 – гарна умова для паралельних кінематік.

Зображення датчику KUKA_3D приведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Зображення датчику KUKA_3D

1.2.6 Системи технічного зору у промисловості

На сьогоднішній день велику популярність набувають СТЗ як пристроїв визначення положення координат корисного вантажу під час роботи з маніпуляційними роботами. Прості представники таких систем дозволяють визначати декартові координати x і y , а також кут орієнтації R

корисних вантажів, що знаходяться в одній площині робочого простору маніпуляційного робота, причому параметри цієї площини мають бути. Більш складні рішення дозволяють визначити три координати x , y і z у робочому просторі. Комплексні рішення дозволяють визначити всі шість координат x , y , z , θ , ω , ϕ , але такі рішення вимагають особливих функціонування, тому їх сфера застосування сильно обмежена; крім того, у багатьох технологічних процесах відсутня необхідність визначення повного набору координат корисних вантажів, тому вартість та використовуваний функціонал для таких систем будуть невиправданими.

СТЗ дозволяють без значних витрат переконфігурувати робоче місце, оскільки система визначення положення у значній частині настроюється на програмному рівні. Як правило, однієї камери, що входить до складу СТЗ, достатньо для отримання даних про робочий простір великої площі. У разі зміни технологічного процесу цю ж камеру можна використовувати для визначення положення корисних вантажів в нових умовах без необхідності втручання в її конструкцію або електричну схему.

Функціональні завдання СТЗ, характерні для роботехнічних комплексів, що умовно поділяються за рівнем їх відносної складності. До простих завдань можна віднести: виявлення наявності будь-якого об'єкта, вимірювання відстані до нього, обчислення його лінійних та кутових переміщень, швидкості; вимірювання геометричних параметрів об'єкта (лінійні та кутові розміри, площа), визначення фізичних характеристик випромінювання від об'єкта, підрахунку числа об'єктів у кадрі. Складніші завдання виконує система, яка надає маніпулятору інформацію, необхідну для захоплення невпорядкованих об'єктів. До цих завдань належать: огляд робітника простору для пошуку об'єкта, що цікавить, який може бути одиночним або одним з декількох або його місцезнаходження може бути ізольовано, перекриватись іншими об'єктами. При цьому спостерігаються об'єкти можуть відрізнятися не тільки формою та розміром, але й кольором, текстурою та інші, перебуває в русі або лежить на місці.

1.2.7 FANUC Система iRVision

iRVision – це розроблена компанією FANUC система візуального виявлення за технологією plug&play. Вона повністю інтегрована з контролером R-30iB, швидко встановлюється, відрізняється простотою використання та високою гнучкістю.

Завдяки системі розпізнавання двох або тривимірних деталей вона може визначати місце розташування довільно розташованих виробів будь-якої форми та розміру. Вона також може зчитувати штрих-код, виконувати сортування за кольором, гнучку подачу деталей, високошвидкісне візуальне лінійне відстеження (iRPickTool) та взяття коробів/панелей. Система iRVision відіграє ключову роль у збільшенні продуктивності та забезпечує додаткову економію засобів, оскільки знімає необхідність у технологічному оснащенні.

Наявність у вашого робота «очей» дає безліч переваг, які допомагають знизити витрати, у тому числі меншу кількість кріплень, підвищену ефективність заміни деталей, мінімальні доопрацювання системи, необхідні для впровадження нових продуктів, та можливість усунення помилок у процесі виробництва [6].

Зображення системи iRVision приведено на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Зображення системи iRVision

1.3 Висновки до першого розділу

Системи технічного зору почали активний розвиток відносно недавно, і з ростом обчислювальних потужностей почали розкриватись найкраще. Ріст автоматичних систем призвів до необхідності збільшення швидкості роботи при цьому зберігаючи, або навіть покращуючи, якість. Саме зараз СТЗ найбільше стають у нагоді. Активно розвиваються алгоритми і методи їх роботи.

Значно змінилися і сенсорні пристрої. Окрім загальної функції, збирання візуальної інформації, вони почали проектуватись для вузькоспеціальних задач, таких як: зчитування штрих-кодів, перевірка положення, тощо. Отримали свій розвиток також трьохмірні датчики здатні здійснювати 3D сприйняття у режимі реального часу, що дозволяє забезпечувати вимірювання та позиціонування у просторі.

З'являються також і інтегровані рішення, вирішуючи проблему підбора компонентів інших компаній із перевіркою сумісності, також значно полегшуючи налаштування подібних СТЗ.

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ БІБЛІОТЕКИ ЗРАЗКІВ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розроблення структурної схеми автоматизованої системи формування бібліотеки готової продукції підприємства

В сучасних проектах використовують програмні та апаратні технології, апробовані і стандартизовані на ринку промислових додатків, одночасно з розвитком і вдосконаленням вже існуючих засобів автоматизації. Контролери, вбудовані у засоби автоматизації зазвичай працюють в складних умовах експлуатації, а ціна відмови пристрою в системі автоматизації також може бути набагато вище, ніж в інших системах, так як об'єкт управління функціонує постійно і в реальному часі. Цифрові САУ зазвичай містять велику кількість різноманітних датчиків і перетворювачів інформації фізичних величин, таких, як температура, витрата рідини, швидкість, тиск та інші.

Датчики перетворюють результати вимірювань фізичної величини в деяку стандартну величину, як правило, напругу чи струм. При використанні комп'ютерних систем постає завдання перетворення цієї фізичної величини в цифрову форму, що призвело до появи і стрімкого розвитку нового покоління датчиків, які вже мають вбудовані контролери, що здійснюють таке перетворення.

Такий інтелектуальний сенсор сам стає елементом обчислювальної системи, який підтримує використання протоколів для передачі даних у цифровій формі. Поширеним застосуванням є коли контролер такого датчика проводить попередню цифрову обробку сигналу що надходить, наприклад, попередню фільтрацію випадкових завад, корекцію систематичної похибки перетворювача, а також контроль працездатності.

Все більше технічних засобів САУ стають чисто цифровими, в яких перетворення фізичних величин відбувається безпосередньо в цифрову форму, підготовлену до передачі по каналу зв'язку [7].

Всі сучасні системи технічного зору в процесі роботи виконують наступні операції: зчитування інформації з об'єкту, перетворення оптичного зображення у відповідний електричний сигнал, оцифрування та подальша обробка цього сигналу – стиснення, квантування, дискретизація, опрацювання вхідного сигналу мікропроцесором та подальше прийняття рішень.

Тож структурну схему розробленої системи автоматизації можна представити як складову з:

- блоку отримання та попередньої обробки (оцифрування та стиснення) зображення;
- блоку управління в обов'язки якого входять запам'ятовування та аналіз.

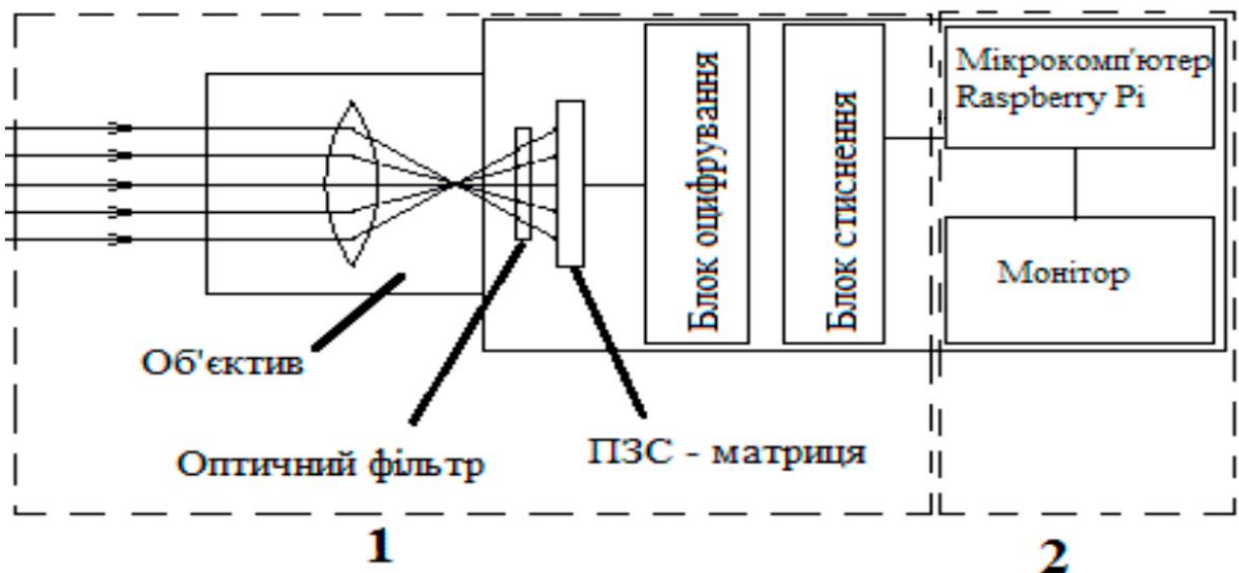


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства

Блок отримання та попереднього оброблення складається з об'єктиву, оптичного фільтра та ПЗЗ-матриці та з мікросхем для оцифрування вхідного сигналу, його дискретизація, квантування та стиснення [8].

Сучасні камери, у переважній більшості, за структурою перетворення вхідного потоку світу у вихідний сигнал поділяють на ПЗЗ та КМОН камери. Різниця полягає у потребі ПЗЗ-камери додаткових схем для оцифрування сигналу, що призводить до істотного збільшення габаритів пристроїв які побудовані на ПЗЗ-матрицях [9].

Також подібні пристрої потребують спеціальних кодерів, за допомогою яких відбувається стиснення цифрового сигналу до поширених форматів JPEG, PNG та інших.

Камери на КМОН структурі були розроблені як альтернатива ПЗЗ-камер з покращеннями. КМОН-камери базуються на одному кристалі, причому кожен рядок матриці має власний АЦП [10].

Завдяки досить простій технології створення КМОН-камери отримали широке застосування.

Блок управління складається з мікрокомп'ютера, який виконує процес обробки відеосигналу по розробленому алгоритму, а також монітора для можливості переналаштування або аналізу оператором результатів роботи [11-14].

2.2 Вибір компонентів системи для реалізації формування бібліотеки зразків готової продукції

В розроблювальній системі автоматизації пропонується використання мікрокомп'ютера Raspberry Pi. Це зумовлено його дешевизною відносно ПК та високою потужністю для обробки інформації.

Основною відмінною рисою від звичайного ПК є наявність на платі портів загального призначення GPIO (General-purpose input/output) [15]. Користувачеві доступна можливість самостійно керувати підключенням до

цих портів, що означає можливість підключення додаткових дисплеїв, кнопок, датчиків, реле та інших електронних модулів, користуватися (або ні) якими можна на власний розсуд.

Хоча Raspberry Pi візуально і може нагадати нам Arduino, але на відміну від згаданої плати використовує кардинально інший метод функціонування.

Ця плата, як звичайний ПК, працює під керівництвом однієї з власних спеціалізованих операційних систем [16].

Залежачи від сфери застосування або особистих симпатій, кожен може обрати для себе свою. Власне наш вибір операційної системи – Ubuntu. Її модифікація Ubuntu Mate – одна з найкращих ОС [17].

При невеликих системних вимогах до обладнання вона підходить як для сучасних робочих станцій, одноплатних комп'ютерів, так і для більш старого обладнання.

Raspberry Pi повністю задовольняє нашим потребам, має гарні показники продуктивності, не в останню чергу для нас важливу особливість, має вбудовану мову програмування Python, підтримка одночасного підключення двох 4К дисплеїв, 1Gbps Ethernet, 2x USB 3.0 порту [18].

Raspberry Pi 4 підтримує апаратне декодування H.265/HEVC (до 4Kp60) та H.264 (до 1080p60). Так само, як і попередники, має вбудований дводіапазонний Wi-Fi стандарт IEEE 802.11ac, а Bluetooth тепер версії 5.0 BLE.

На сьогоднішній день Raspberry Pi 4 є одним із найпродуктивніших міні-ПК на ринку завдяки 4-ядерному 64-бітному SoC Broadcom BCM2711 з ядрами Cortex-A72 та збільшеною тактовою частотою 1.5GHz [19].

Кількість оперативної пам'яті можна вибрати: доступна версія 1GB, 2GB, 4GB, 8GB [20]. Для наших потреб вистачить версії з 4GB.

Нижче, на рис. 2.2, наведено схему плати Raspberry Pi 4.

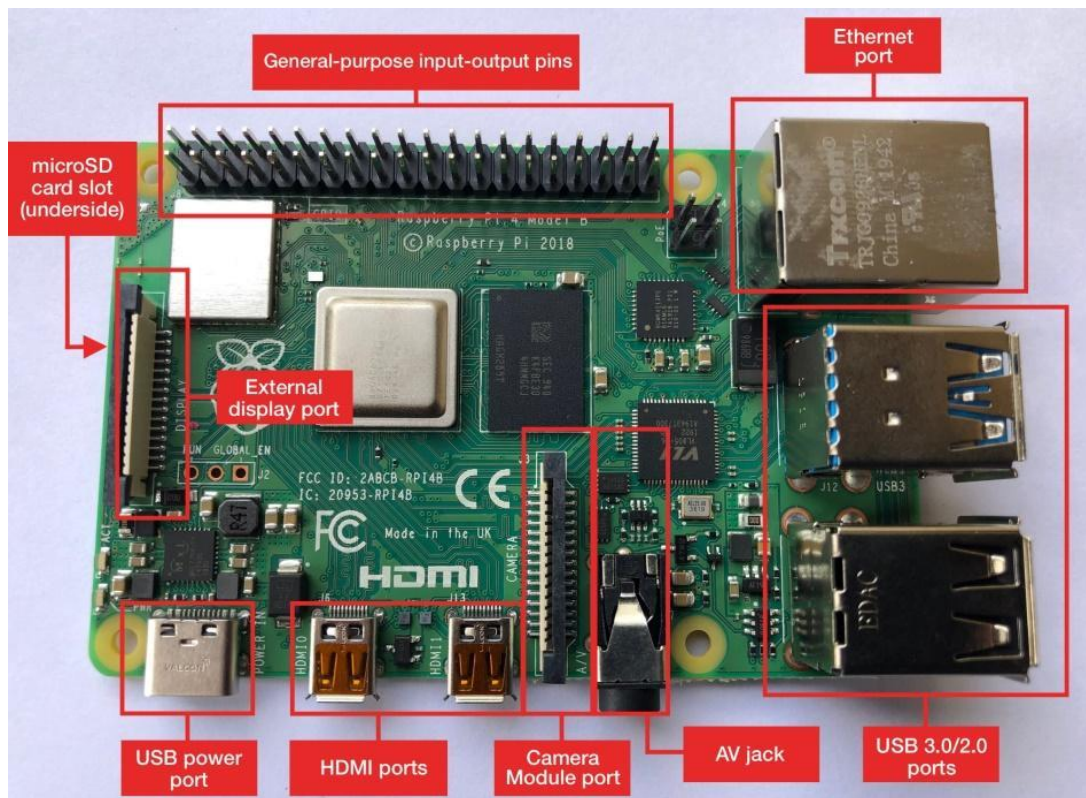


Рисунок 2.2 – Схема плати Raspberry Pi 4

Плата Raspberry Pi 4 містить такі компоненти:

- контакти загального призначення;
- порт Ethernet;
- два порти USB 3.0 і два порти USB 2.0;
- порт модуля камери;
- порти HDMI;
- USB-порт живлення;
- порт зовнішнього дисплея;
- слот для картки microSD (нижня сторона плати).

Тож маючи одну з найкращих плат можна приступати до виконання найцікавіших задач.

У якості відеокамери нами була обрана Logitech C920 HD. Вона сумісна з платою Raspberry Pi і має непогані показники якості які

задовольняють нашим потребам, а саме зйомкою з частотою 60 кадрів/с при роздільній здатності 720р. Зображення відеокамери приведено на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Камера Logitech C920 HD

В залежності від місць де система буде використовуватись може бути замінена на модель покраще, наприклад на одну із запропонованих камер у підрозділі 1.2.

2.3 Алгоритм роботи автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства

Нами передбачено використання стаціонарної бази яка буде знімати та обробляти зображення в режимі реального часу [21]. Тож для цього нами була змодельована приблизна зона встановлення компонента системи, яка приведена на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Загальний вид зони застосування системи

Нами пропонується встановити систему у приміщенні з конвеєрною стрічкою. Камери (датчики) пропонується встановити збоку та зверху конвеєра, використовувати однотонні (світлі) щити на задньому плані горизонтальної зйомки і додаткове освітлення для отримання чіткого зображення [22].

Для приведеного прикладу є обмеження у вигляді 2-х конвеєрних ліній та 4-ма відеокамерами для однієї плати Raspberry Pi, оскільки плата має загалом 4 порти для підключення по стандарту USB.

Алгоритм роботи системи передбачає отримання цифрових даних від камери, передачу їх на обробку до плати із можливістю відображення отриманих результатів [23].

На рис 2.5. наведено запропонований план розміщення компонентів системи і у розрізі на рис. 2.6.

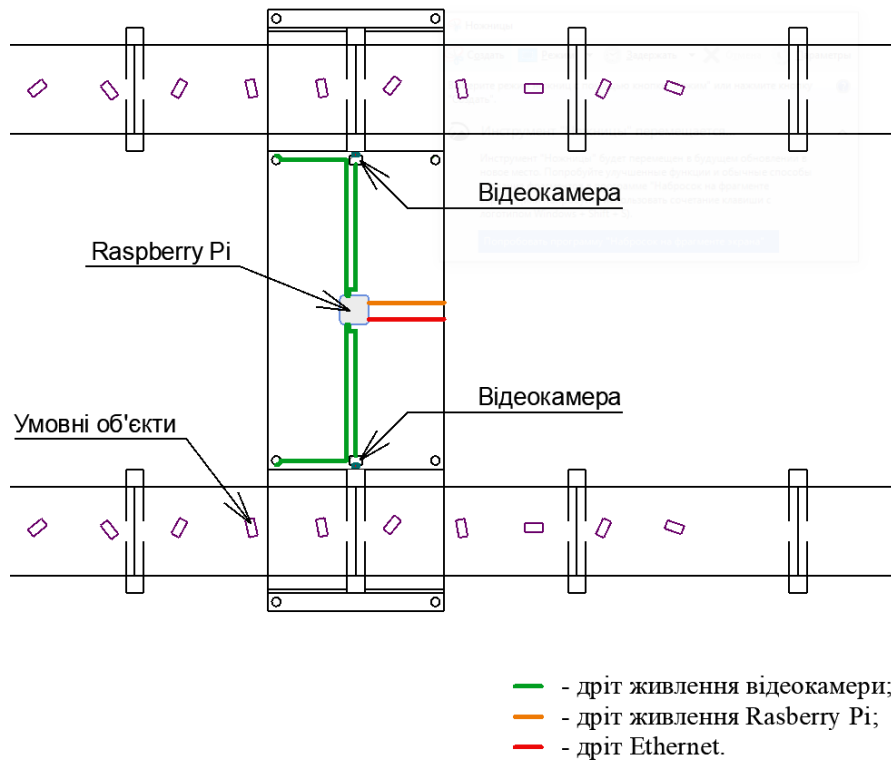


Рисунок 2.5 – Розміщення системи на конвеєрній лінії

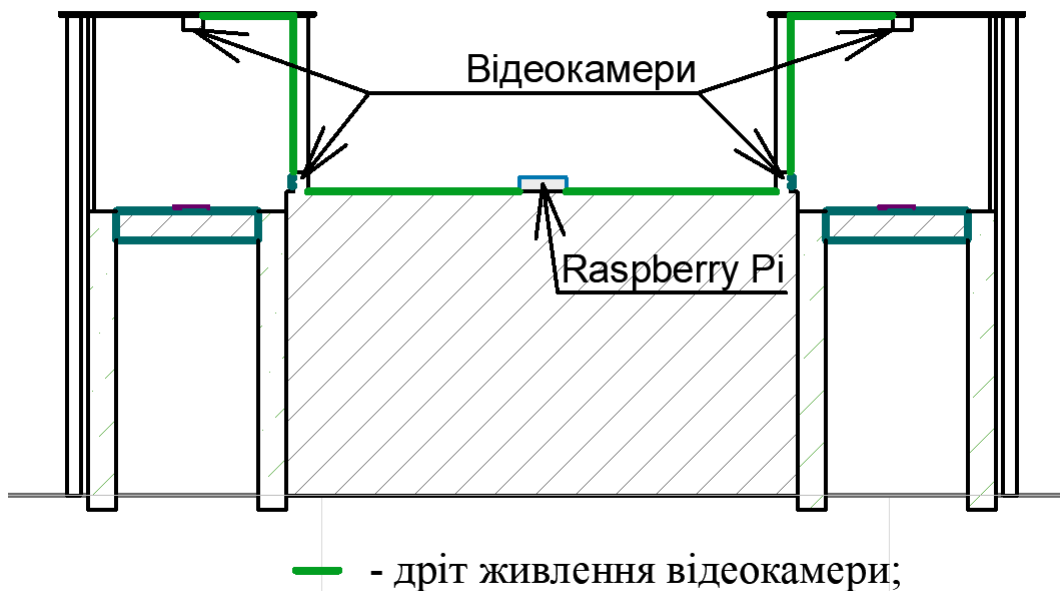


Рисунок 2.6 – Розміщення системи на конвеєрній лінії у розрізі

На першому етапі програмне забезпечення отримує зображення від відеокамери по USB порту.

Так як працювати з сирим зображенням важко, першочергово необхідно обробити його для виділення нашого об'єкта на зображенні.

Для цього застосовується низька фільтрів, огляд яких буде у підпункті 3.2 та застосовуючи ядро Собеля.

Скориставшись формулою (3.1) надається можливість знайти градієнт краю, а за допомогою формули (3.2) обчислюється напрямок для кожного пікселя наступним чином Фільтрація дасть змогу чітко окреслити контури об'єкта.

На другому етапі необхідно отримати з чіткого зображення інформацію з якою можна буде працювати та сприймати у числовому виді.

Основна інформація на яку можна спиратися – координати кутів об'єкта.

На третьому етапі, маючи координати крайніх точок, за допомогою програмних бібліотек можемо обчислити габарити об'єкта, такі як довжина, ширина, периметр та площа.

Порівнявши габарити об'єкта з заданими можемо зрозуміти чи представляє об'єкт для нас інтерес, чи ми пропускаємо його переходячи до наступного.

Останнім етапом є перевірка об'єкта на валідність умовам по низькі параметрів (наприклад кількості граней).

Якщо об'єкт підходить по наших умовах для конкретного об'єкта, то можемо обміряти його, класифікуємо і заносимо у відомість до бази даних, після чого переходимо до наступного.

Алгоритм наведено на рис. 2.6.

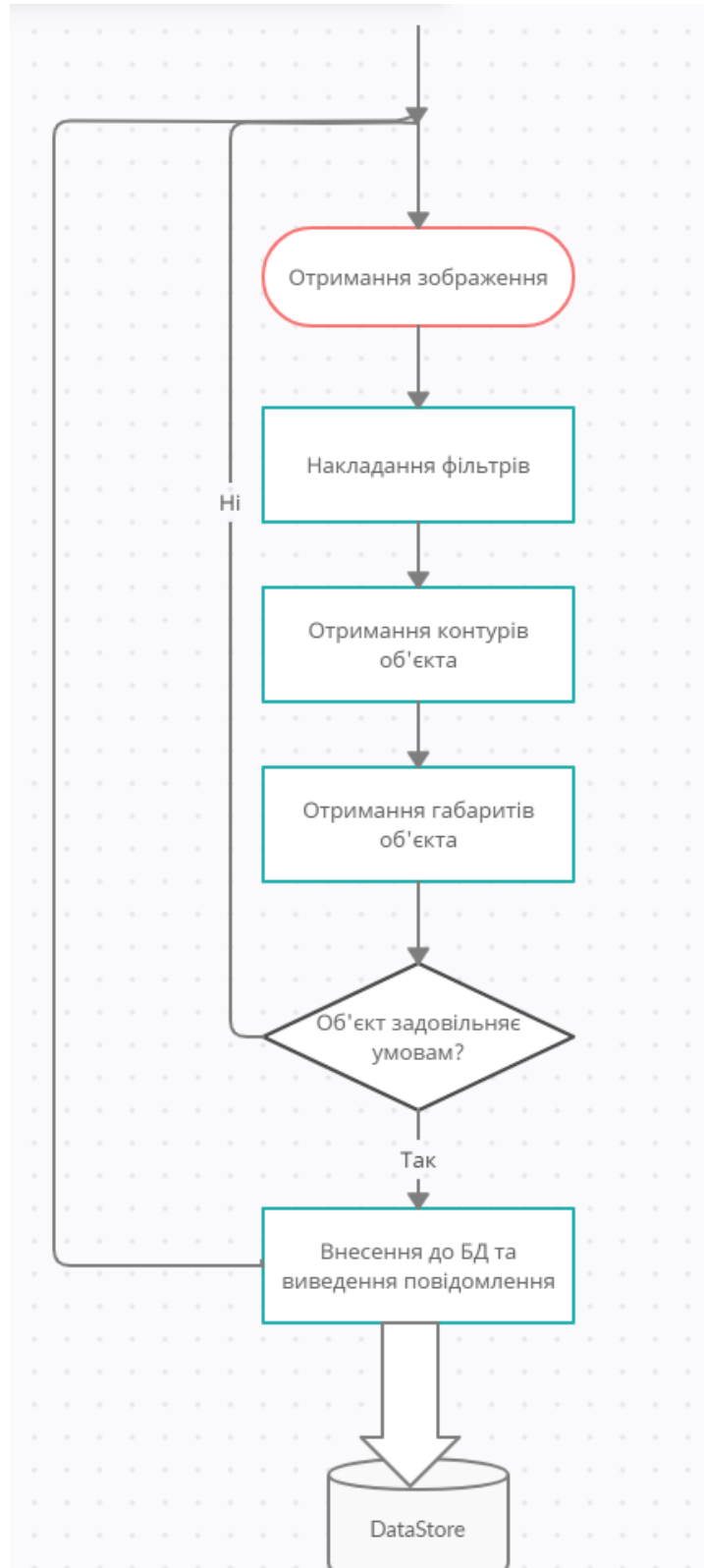


Рисунок 2.6 – Алгоритм формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства

2.4 Вибір інструментів для реалізації технології технічного зору

2.4.1 Бібліотека OpenCV

Одним з найкращих програмних забезпечення для реалізації комп'ютерного зору є OpenCV. OpenCV – це бібліотека алгоритмів для комп'ютерного зору, обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом.

Реалізована на C/C++, також існує версія для Python, що є головним критерієм вибору.

Вона розробляється з 1998 р., спочатку в компанії Intel, потім в Itseez за активної участі спільноти. Бібліотека поширюється за відкритою ліцензією, що означає, що її можна вільно та безкоштовно використовувати як у відкритих проектах з відкритим кодом, так і у закритих комерційних проектах.

Бібліотеку не обов'язково копіювати повністю у свій проект, можна використовувати шматки коду.

Єдина вимога ліцензії – наявність у супровідних матеріалах копії ліцензії OpenCV.

Через ліберальну ліцензію бібліотека використовується багатьма компаніями, організаціями, університетами, наприклад: NVidia, Intel, WillowGarage, Google. Компанії NVidia та WillowGarage частково спонсорують її розробку [24].

Багатомірна архітектура проекту представлена рис. 2.7.

Бібліотека складається з 16 модулів, у ній реалізовано близько 1000 алгоритмів.

Підтримуються основні ОС: Linux, MS Windows, Mac, Android, iOS. Є можливість використання сторонніх бібліотек, наприклад, для роботи з пристроєм Kinect паралельних програм (ТВВ) та ін.



Рисунок 2.7 – Архітектура OpenCV

Основні модулі бібліотеки можна віднести до 4 груп (розділів):

- модулі Core, HighGUI, що реалізують базову функціональність (базові структури, математичні функції, генератори випадкових чисел, лінійна алгебра, швидке перетворення Фур'є, введення/виведення зображень та відео, введення/виведення у форматах) XML, YAML та ін.);
- модулі ImgProc, Features2D для обробки зображень (фільтрація, геометричні перетворення, перетворення колірних просторів, сегментація, виявлення особливих точок та ребер, контурний аналіз та ін.);
- модулі Video, ObjDetect, Calib3D (калібрування камери, аналіз руху та відстеження об'єктів, обчислення положення у просторі, побудова карти глибини, детектування об'єктів, оптичний потік);
- модуль ML, що реалізує алгоритми машинного навчання (метод найближчих сусідів, наївний байсівський класифікатор, дерева рішень, бустинг, градієнтний бустинг дерев рішень, випадковий ліс, машина опорних векторів, нейронні мережі та ін.).

Далі відбувається детектування об'єктів, що цікавлять, виділення значущих частин, сегментація зображення (модулі ImgProc, ObjDetect). Якщо, наприклад, камера нерухома, а рухоме зображення, можна використовувати алгоритми віднімання фону. Після цього вирішується основне завдання, таке, як обчислення розташування об'єкта в 3D, реконструкція за структури, аналіз структури, реєстрація тощо (модулі

Calib3D, Contrib, Video, Stitching. Videostab, ML). Наприклад, завдання склеювання панорам зображень – це зіставлення частин різних кадрів, визначення необхідного перетворення. В задачі відеоспостереження це відновлення траєкторій об'єктів і т. Д. Наприкінці відбувається розпізнавання та прийняття конкретних рішень (модуль ML). Наприклад, у системі відеоспостереження: виявлено небажаний об'єкт у кадрі чи ні. У задачі детектування тексту – чи детектовано текст, що саме за текст і т.д. Таким чином, бібліотека OpenCV найкраще підійде для реалізації поставленої задачі.

2.5 Висновки до другого розділу

Виходячи з наших задач нами було розроблено структурну схему автоматизованої системи формування готової продукції підприємства, що складається з блоку отримання і попередньої обробки зображення, та блоку управління.

На базі структурної схеми був здійснений підбір компонентів системи у вигляді міні-комп'ютера Raspberry Pi та відеокамери Logitech C920 HD. До переваг даної комбінації можна віднести відносно невелику собівартість такої збірки.

Розроблений алгоритм роботи автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції передбачає стаціонарне положення камер і міні-комп'ютера відносно конвеєрних ліній. Також нами було змодельовано зону застосування системи із розміченням положень компонентів і шляхів їх підключень.

Завдяки бібліотеці OpenCV передбачається обробка зображення об'єктів шляхом застосування можливостей OpenCV, а саме використання різних фільтрів, придушення шумів, виділення контурів, після чого планується застосування функцій пошуку контурів об'єкта з визначенням їх геометричного положення на кадрі.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ БІБЛІОТЕКИ ЗРАЗКІВ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Мова програмування Python

В реаліях сьогодення, коли обчислювальні потужності персональних комп'ютерів і серверів стали досить високими, з'явився величезний попит на інтерпретовані мови програмування. Адже крім запуску самої програми необхідний запуск інтерпретатора, що вимагає додаткових ресурсів. Саме такою мовою і є Python [25].

Якщо переглянути статистики останніх п'яти років, можна побачити, що дана мова входить до п'ятірки найбільш затребуваних мов і, за даними DOU, за перший квартал 2021 року є четвертою по затребуваності в Україні, поступившись лише таким мовам як JavaScript, Java і C#. Це є показником наскільки ця мова популярна і затребувана на ринку на сьогоднішній день.

Популярність Python обумовлена тим, що дана мова здатна вирішувати широке коло завдань і її застосування можливе на всіх популярних на сьогоднішній день платформах. В останні роки Python придбав свою популярність за рахунок ефективності в таких сферах розробки як Machine Learning і Data Science завдяки своїй розширюваності і гнучкості, що крайне необхідне в даному сегменті розробки. У цей же час Python широко застосовується в WEB розробці, у якій дана мова відчуває себе відмінно з початку 2000-х років і до цього дня розвиває і вдосконалює цей напрям.

Переваги мови Python:

- гнучкість – це, на нашу думку, основна перевага мови, так як завдяки своїй гнучкості мова отримала популярність серед багатьох розробників;
- можливість розширення – один із слоганів мови звучить як – Just Import! – що повністю пояснює, наскільки мова розширюємо і був

розширений за останні роки. Існують бібліотеки і фреймворки під будь-який тип завдань і потреб. Також величезним плюсом є те, що ми можемо використовувати С код з Python;

- простота синтаксису. Синтаксис – це саме те, через що розробники Python обожають цей язык, з синтаксису було прибрано все зайве, код чистий і зрозумілий без зайвих дужок і виразів;

- інтерпретуємість. Інтерпретатор Python існує для всіх популярних платформ і за замовчуванням входить в більшість дистрибутивів Linux, а значить є на більшості серверів «з коробки»;

- PEP – єдиний стандарт для написання коду, що робить код підтримуваним і читабельним навіть при переході від одного програміста до іншого. Це підтримує популярність Python;

- Open Source – код інтерпретатора Python є відкритим, що дозволяє будь-кому, хто зацікавлений у розвитку мови взяти участь в його розробці і поліпшити його. Якщо дивитися деталі релізу однією з версій мови, то можна помітити, що величезні частини нового функціоналу реалізовані сторонніми розробниками;

Python – високорівнева мова, для програмування загального призначення з динамічною строгою типізацією за відступом і автоматичним управлінням пам'яттю, що не приносить проблем при великих обчислювальних можливостях сьогодення. Python орієнтований на підвищення продуктивності розробника, дозволяючи легке читання коду і оцінку його якості, а також на забезпечення сумісності написаних на ньому програм. Обґрунтуванням вибору даної мови програмування є її простота, низький поріг входження, велика кількість навчального матеріалу в інтернеті та можливість працювати з бібліотекою OpenCV.

3.2 Вибір середовища розробки

У підрозділі 3.1 кваліфікаційної роботи нами було обрано мову програмування та допоміжне програмне забезпечення.

В цілому мова програмування Python не потребує особливого середовища розробки так як може запускатись напряму з консолі або фалів типу “.py”, але середа розробки значно покращує працю з кодом та допоміжними інструментами. Однією із задач кваліфікаційної роботи є сполучення з базою даних, і не важливо якою саме – локальною або серверною. Тож на нашу думку найкращим середовищем буде PyCharm – кросплатформена IDE саме для мови Python. Вона надає користувачеві набір інструментів для графічних відладчиків, роботи з кодом та базами даних, що ідеально підходить для наших задач.

3.3 Розроблення програмного забезпечення

Вирішуючи задачу промислової автоматизації у сфері безконтактних вимірювань запропоновано застосовування розмірів зразка-еталона для порівняння його з обмірюваними об'єктами [26].

Проте, підчас створення програмного забезпечення постало питання щодо розміщення системи на різних об'єктах і необхідності щоразу змінювати константи у залежності від відстані між відеокамерою та обмірюваними об'єктами у вертикальній зйомці [27]. Горизонтальне та вертикальне розміщення камер відносно конвеєрі зображено на рис. 2.5.

Тому з нашої точки зору було б доцільно розпочати створення програмного забезпечення із розробки тестового, або калібрувального, режиму. Для вирішення цього під-завдання нами був також був обраний метод порівняння отриманих значень від системи з еталонними величинами для визначення коефіцієнта віддаленості обмірюваних об'єктів.

У якості еталону для режиму калібрування мани було обрано об'єкт, що має квадратну форму і розмір ребра у 45 мм. Такий об'єкт дасть змогу визначити правильність встановленої камери на наявність перекосів чи нахилів.

Режим калібрування характеризується відсутністю відображення кількості кадрів у секунду і додаванням відповідних написів на екрані оператора. Для покращення позиціонування тестового об'єкта нами було додано червону крапку у центр екрану. Вивід зображення яке демонструється оператору можна побачити на рис. 3.1.

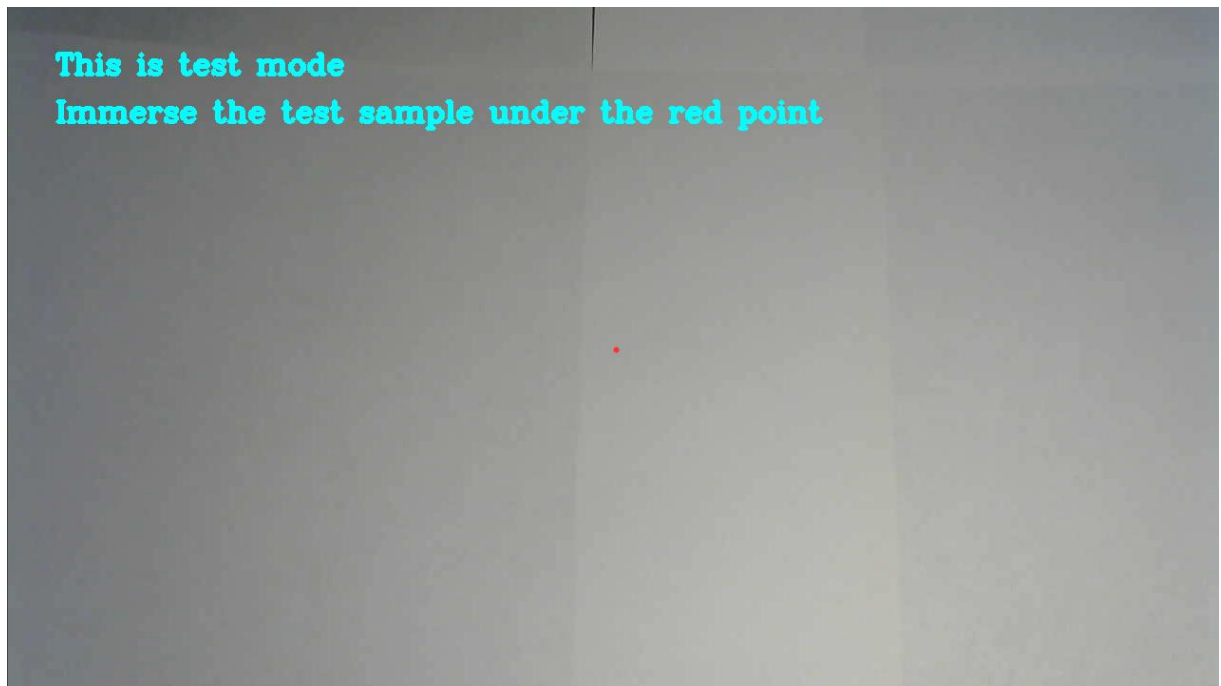


Рисунок 3.1 – Відображення режиму калібрування

Нами були обрані межі коефіцієнта відстані у розмірі $[0,5:2]$. Це означає що відстань до об'єкта не повинна бути більше або менше ніж вдвічі. Для розуміння оператором процесу калібрування нами були додані написи що дають підказки оператору про позиціонування відносно об'єкта. Повідомлення про надто близьке положення можна побачити на рис. 3.2.

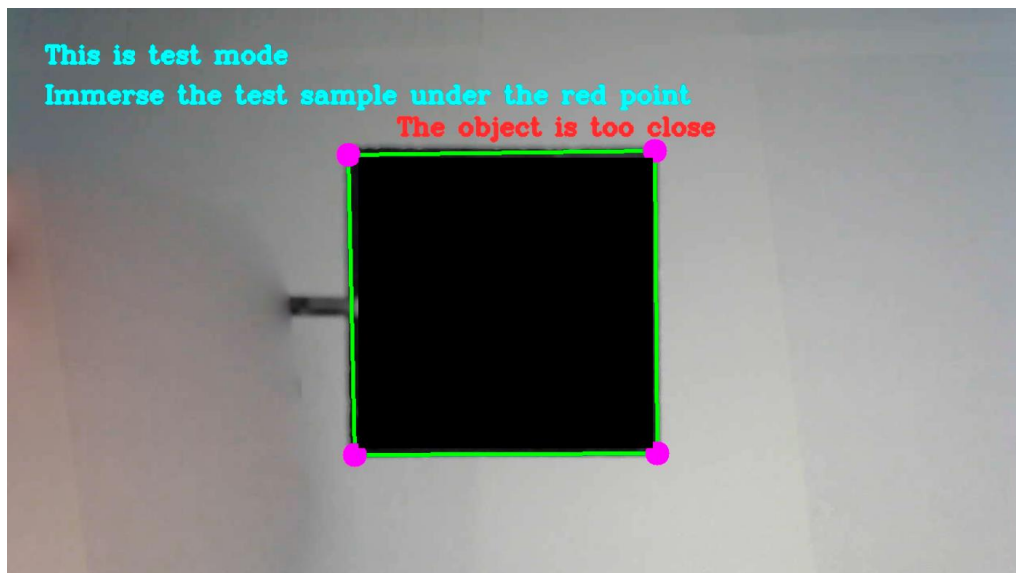


Рисунок 3.2 – Повідомлення про занадто близьке положення

Після розміщення тестового об'єкта у відповідному місці і сприйняття його програмою значення коефіцієнта віддаленості запам'ятовується і оператору виводиться повідомлення, що коефіцієнт успішно вимірянний. Після виведення повідомлення програма автоматично виходить із режиму калібрування. Завершення режиму калібрування можна побачити на рис 3.3.

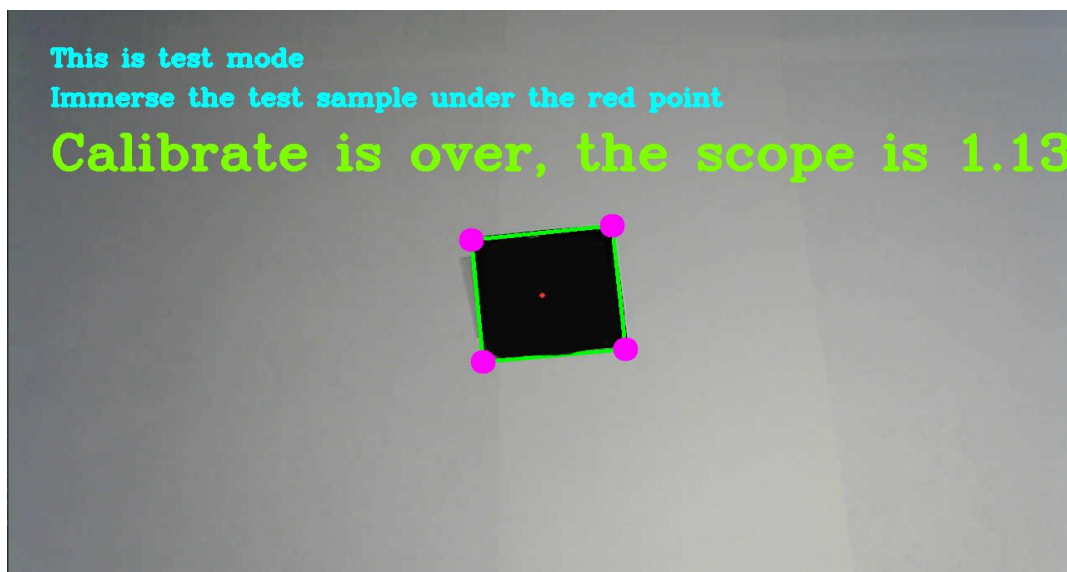


Рисунок 3.3 – Завершення роботи режиму калібрування

Після отримання необхідного коефіцієнта програмне забезпечення переходить у робочий режим. У цьому режимі відбувається безпосереднє опрацювання об'єктів що надходять, тож пропонуємо розглянути процес детальніше вже на прикладі прямокутного об'єкта.

Починається процес з накладання фільтрів на отримане зображення і першим з них є фільтр бібліотеки OpenCV – `cvtColor`. У якості параметру для фільтра ми будемо використовувати `COLOR_BGR2GRAY`, що робить переводить зображення у чорно-білий формат. Зображення із застосуванням `cvtColor` можна побачити на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Зображення після функції `cvtColor`

Друга по черзі, але не по значенню, функція `Canny`. `Canny` ґрунтується на `Canny Edge Detection` – популярному алгоритмі для знаходження країв об'єктів, розроблений Джоном Ф. Відпрацьовує алгоритм у декілька етапів:

- придушення шумів;
- знаходження градієнту інтенсивності зображення;
- немаксимальне придушення;

– визначення порогове значення гістерезису.

Зупинимося трохи на кожному з них. Оскільки виявлення країв об'єктів є чутливим до шуму на зображенні, першим кроком є видалення шуму на зображенні за допомогою фільтра Гауса 5 на 5.

Після згладжене зображення фільтрується ядром Собеля як у горизонтальному і вертикальному напрямках, щоб отримати похідну у горизонтальному (G_x) та вертикальному (G_y) напрямку [28]. З цих двох зображень ми можемо знайти градієнт краю та напрямок для кожного пікселя наступним чином:

$$\text{Edge_Gradient } (G) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \quad (3.1)$$

$$\text{Angle } (\theta) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right). \quad (3.2)$$

Напрямок градієнта завжди перпендикулярний краю. Він округляється до одного з чотирьох кутів, що представляють вертикальне, горизонтальне та два діагональні напрямки. Після отримання величини та напрямку градієнта виконується сканування зображення, щоб видалити будь-які небажані пікселі. Для цього у кожного пікселя перевіряється піксель, чи є він локальним максимумом у своїй околиці в напрямку градієнта [29]. Процес відображено на рис. 3.5.

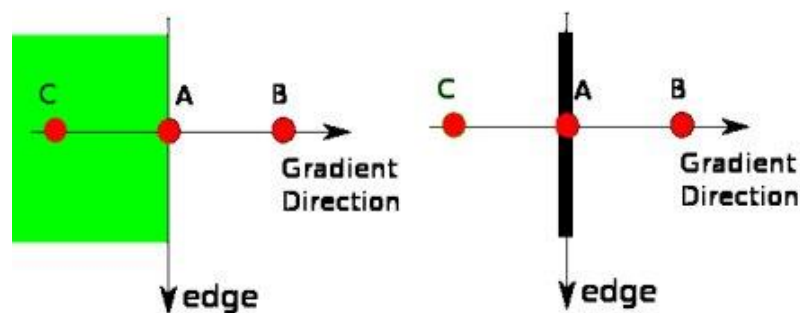


Рисунок 3.5 – Принцип немаксимального придушення

Точка А знаходиться на краю (у вертикальному напрямку). Напрямок градієнта нормальний до краю. Точки В та С знаходяться у напрямках градієнта. Таким чином, точка А звіряється з точками В і С, щоб побачити, чи вона утворює локальний максимум. Якщо це так, він розглядається для наступного етапу, інакше він пригнічується (анулюється).

На етапі визначення порогового значення гістерезису вирішується, які ребра є ребрами, а які ні. Для цього нам потрібні два порогові значення, minVal і maxVal .

Будь-які ребра з градієнтом інтенсивності більші, ніж maxVal , обов'язково будуть ребрами, а ребра нижче minVal обов'язково будуть не ребрами, тому відкидаються.

Ті, хто перебуває між цими двома порогами, класифікуються як ребра чи не-ребра залежно від своїх зв'язності. Цей етап видаляє дрібні піксельні шуми, припускаючи, що границі є довгими лініями [30]. На виході ми отримуємо зображення з чіткими гранями, ознайомитись з результатом можна на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Отримане зображення після функції Canny

Наступної функцією яку ми використаємо буде `morphologyEx`. `MorphologyEx` – представляє кілька простих операцій, заснованих на формі зображення. Зазвичай це виконується на бінарних зображеннях. Йому потрібні два входи, один із яких є нашим вихідним зображенням, другий називається структуруючим елементом або ядром, яке визначає характер операції. Двома основними морфологічними операторами є `Erosion` та `Dilation`. Потім гру входять його варіанти форми, такі як відкриття, закриття, градієнт і т. д. Нашими операторами будуть `MORPH_CLOSE` і `MORPH_RECT` які, як можна побачити по рис. 3.7 закривають усе зайве для нас усередині об'єкта.

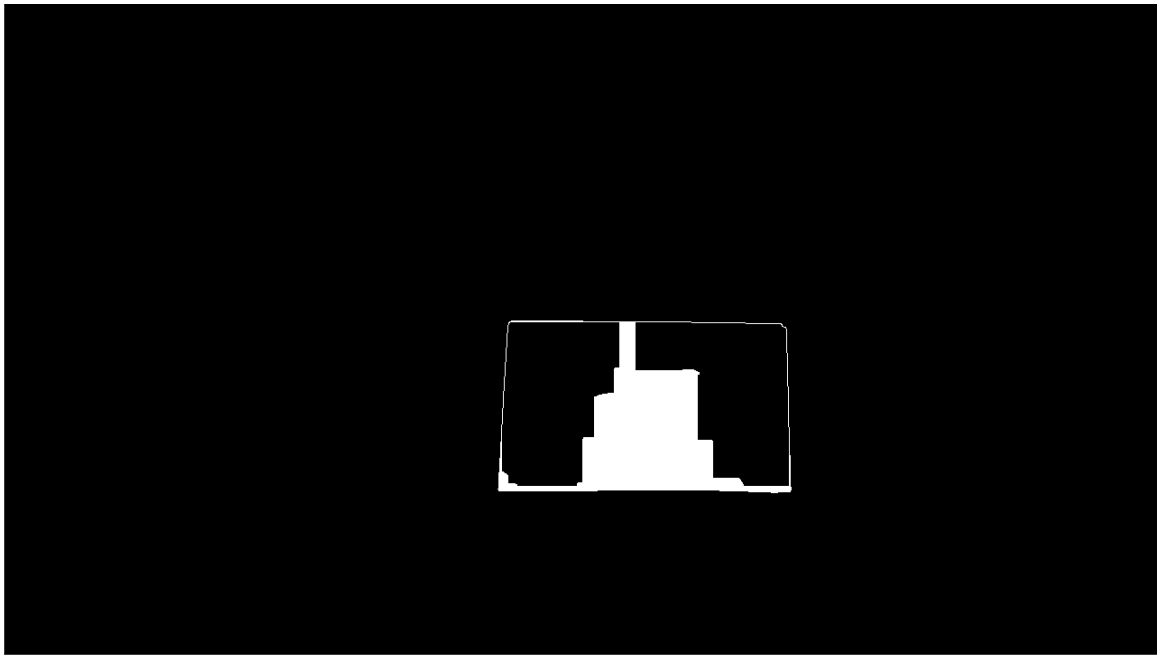


Рисунок 3.7 – Отримане зображення після функції `Canny`

Отримане зображення і буде основним для визначення габаритів об'єкта. Першочергово ми пропустимо його через функцію `findContours` для знаходження замкнутих контурів. На отриманих контурах застосуємо функцію `grab_contours` бібліотеки `imutils` для їх захоплення. Повернемося до `OpenCV` і за допомогою функції `approxPolyDP` отримаємо контур по

периметру. Функція `approxPolyDP` апроксимує наш контур іншим багатокутником з меншою кількістю вершин, так що відстань між ними менша або дорівнює заданій точності, а саме 0,015.

Після усіх пророблених операцій ми отримуємо координати кутів нашого об'єкта. На рис. 3.8 вони відображені рожевим кольором, а сторони об'єкта – зеленим. Саме це зображення і представляється оператору.

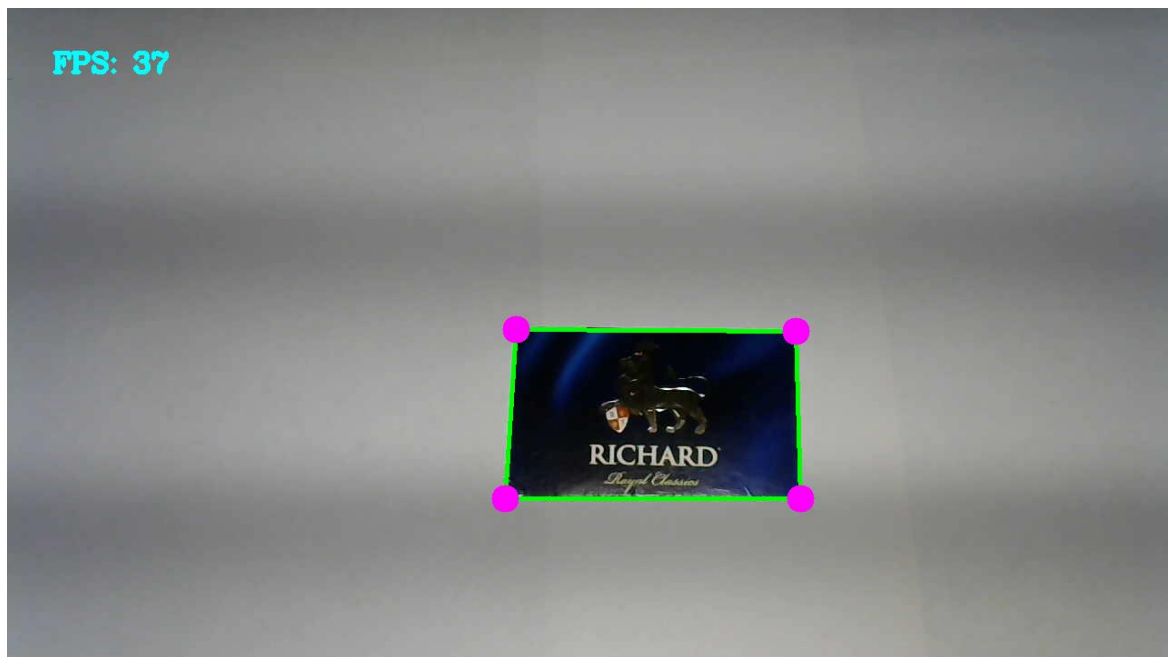


Рисунок 3.8 – Зображення для перегляду оператора

3.4 Проведення експериментів

Експерименти, які будуть проведені, будуть будуватися на якості розпізнавання об'єкта сканування поміщеного у нашу систему. Першочергово слід зауважити, що розміри об'єкта дорівнюють 75мм – довжина, 45мм – ширина. Нормами відхилення габаритів у результаті сканування, відносно еталонних розмірів об'єкта, для нашого експерименту є:

- відхилення не більше ніж на 1 мм – відмінно;

- відхилення від 1 до 2х мм – добре;
- відхилення від 2х до 3х мм – задовільно;
- відхилення більше ніж на 3 мм – незадовільно.

Зміна аргументів для функції Sanny приводить до різних результатів у якості сканування, ми пропонуємо з ними ознайомитись. Перший та другий аргументи являють собою нижнє та верхнє порогове значення гистерезису відповідно.

Для кожного експерименту ми будемо виконувати по десять сканувань об'єкта децю змінюючи його положення між скануваннями. Така кількість сканувань допоможе зрозуміти тенденцію, так як з надто малої кількості важко визначити якість отриманих результатів.

Перший експеримент буде проведено з пороговими значеннями у розмірі 50 та 700. Результати першого експерименту наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати першого експерименту

№ сканування	Аргументи	Результат сканування
1	50, 700	незадовільно
2	50, 700	незадовільно
3	50, 700	задовільно
4	50, 700	незадовільно
5	50, 700	незадовільно
6	50, 700	незадовільно
7	50, 700	задовільно
8	50, 700	незадовільно
9	50, 700	незадовільно
10	50, 700	незадовільно

Перший експеримент демонструє що на даний момент аргументи підібрані м'яко кажучи погано – більшість результатів незадовільні. Лише у експериментах 3 та 7 програмному забезпеченню вдалося захопити об'єкт задовільним чином, але ці результати важко назвати хорошими, бо при такому значенні аргументів можливо лише сподіватися на якість.

Отримані результати вимагають продовження проведення експериментів для збільшення якості отримання розмірів об'єкта.

Для другого експерименту необхідно збільшити перший аргумент на 50 і зменшити другий на 200 і подивимося на результат. Підсумкові значення аргументів будуть 100 і 500. Результати другого експерименту наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати другого експерименту

№ сканування	Аргументи	Результат сканування
1	100, 500	задовільно
2	100, 500	задовільно
3	100, 500	задовільно
4	100, 500	задовільно
5	100, 500	задовільно
6	100, 500	задовільно
7	100, 500	задовільно
8	100, 500	задовільно
9	100, 500	задовільно
10	100, 500	добре

Результати дещо покращились, переважна більшість на відмітці «задовільно». У 10 експерименті навіть з'явилося відмітка «добре». Це свідчить що показники покращились, але оцінки якості сканування лише

задовільні, а не хороші, тож вони вимагають продовження проведення експериментів.

Для третього експерименту ще збільшимо перший аргумент на 50 і зменшимо другий на 200. Підсумкові значення аргументів будуть 150 і 300. Результати третього експерименту наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати третього експерименту

№ сканування	Аргументи	Результат сканування
1	150, 300	відмінно
2	150, 300	відмінно
3	150, 300	добре
4	150, 300	добре
5	150, 300	добре
6	150, 300	добре
7	150, 300	відмінно
8	150, 300	добре
9	150, 300	добре
10	150, 300	добре

Третій експеримент демонструє хороші результати: усі оцінки якості сканування не нижче значення «добре», а у першому, другому і сьомому скануваннях навіть досягли значення «відмінно». Загалом, отримані результати є для нас задовільними, але було прийнято рішення провести додаткові експерименти для ще більшого покращення точності.

Четвертий експеримент демонструє найкращі оцінки яких вдалося досягти шляхом зміни аргументів для функції Canny. Значення цих аргументів – 100 і 300. Результати сканувань підчас четвертого експерименту наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати четвертого експерименту

№ сканування	Аргументи	Результат сканування
1	100, 300	відмінно
2	100, 300	добре
3	100, 300	відмінно
4	100, 300	відмінно
5	100, 300	добре
6	100, 300	відмінно
7	100, 300	відмінно
8	100, 300	добре
9	100, 300	добре
10	100, 300	відмінно

Четвертий експеримент отримав 6 оцінок «відмінно» і 4 оцінки «добре», що є найкращим показником серед усіх експериментів.

Подальші зміни аргументів для функції опрацювання не призвели до значних покращень результатів, але і отримані результати більш ніж задовільні, оскільки відхилення отриманих розмірів не більше ніж один міліметр від фактичного розміру об'єкта.

Подальші результати можна покращити шляхом модернізації системи – заміни відеокамери на кращу, встановлення додаткового освітлення, використання контрастного, відносно кольору об'єкта сканування, фону та модернізації алгоритму.

Зображення вдалого сканування наведено на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – Захват об’єкта з оцінкою системою на «відмінно»

3.5 Висновки до третього розділу

Можна зробити висновок, що під час проведення експериментів було знайдено оптимальні значення аргументів для одної з функцій обробки. Першочергові умови, такі як додаткове освітлення, однорідний фон, налаштована позиція камери – були залишені на межах експериментів, так як це основні умови для вдалої відеозйомки і нами було прийнято рішення пропустити їх.

Загалом протягом чотирьох експериментів було проведено приблизно сорок сканувань об’єкта у різних позиціях і положеннях. Після сканування результати заносились до таблиці для подальшого аналізу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

4.1 Охорона праці та безпека за надзвичайних подій в машинобудуванні

Охорона праці — це система правил і заходів, які забезпечують безпечну роботу на даному виробництві. При роботі на металорізальному верстаті необхідно передбачити ряд вимог, які б дозволили працівнику виконувати поставлене перед ним завдання в умовах, які передбаченні конструкторськими документами.

Основними заходами, які зменшують або попереджають травматизм при роботі на дільниці є автоматизація або механізація технологічного процесу.

Крім цього на верстатах встановлюють захисні кожухи на вузлах, які передбачають крутні моменти. Всі захисні кожухи з внутрішнього боку, фарбуються в жовтий колір (сигнальний), а ззовні, наноситься знак безпеки (рівнобічний трикутник жовтого кольору з вершиною доверху, в чорній рамці і знаком оклику посередині). Під знаком встановлено таблицю з написом «При ввімкненому верстаті не відкривати».

Для орієнтовної оцінки шуму приймають показник, який називається «рівнем шуму» і вимірюється за шкалою «А» шумоміра. Допустимий рівень шуму в приміщеннях, в тому числі і цехах холодної обробки по СН 245-79 становить від 71 Дб до 90 Дб.

Основними заходами, які захищають працівників від шкідливих дій шуму і вібрацій, є установка верстата на віброопори.

Правильне визначення площі дільниці, визначає правильну організацію робочого місця згідно з науковою організацією праці. Завдяки цьому, зменшується утомля робітників і знижується ймовірність травматизму.

Кожне робоче місце обладнане інструментальною тумбочкою і дерев'яною підставкою, а для видалення стружки з верстата, застосовують

спеціальні вмонтовані у верстат шнекові і магнітні транспортери, а на свердлильних верстатах — спеціальні гачки і щітки.

В цеху застосовується комбіноване освітлення. Освітленість на підлозі при загальному освітленні, повинна бути не менше 150 лк для ламп розжарення (з 2010-х років, повсюдно замінюються на світлодіодні лампи та світильники) та не менше 150 лк для люмінесцентних ламп, незалежно від місцевого освітлення.

Як лікувально-профілактичні заходи передбачено попередній та поточний (не рідше одного разу на рік) медогляди працівників цеху, заборону допуску до вібраційних робіт осіб, молодших 18 років та таких, що мають відповідні проти покази в стані здоров'я, лікувальну гімнастику та масаж рук.

4.2 Заходи, спрямовані на підвищення рівня техніки безпеки

Перед початком роботи на проєктованій ділянці, треба перевірити справність устаткування, пристосувань і інструмента, огорож, захисного заземлення, вентиляції. Перевірити правильність складування заготівель і напівфабрикатів. Під час роботи, необхідно виконувати всі правила використання технологічного устаткування, дотримуватися правил безпечної експлуатації транспортних засобів, тари та вантажо-підіймальних механізмів, дотримуватися вказівок про безпечне утримання робочого місця. Під час надзвичайних подій, треба неухильно виконувати всі правила, що регламентують поведінку персоналу під час виникнення аварій і пригод, які можуть призвести до аварій і нещасних випадків. По закінченні роботи, повинно бути вимкнено все електроустаткування, проведено прибирання відходів виробництва та інші заходи, що підтримують безпеку на ділянці. Ділянка має бути оснащена необхідними попереджувальними плакатами, обладнання повинно мати відповідне забарвлення, повинна бути виконана розмітка проїжджої частини, проїздів. Сама ділянка, мусить бути спланована

згідно з вимогами техніки безпеки, а саме дотримання: ширини проходів, проїздів, мінімальної відстані між обладнанням. Всі ці відстані, повинні бути не менше припустимих.

Щоб запобігти негативному впливу виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників, попередити виникнення виробничого травматизму під час виконання технологічного процесу виготовлення деталі, передбачається проведення наступних заходів загального характеру: раціональна організація робочих місць; постійний контроль правильності всіх способів праці під час виконання операцій технологічного процесу; своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів виробничого обладнання та інструменту; підтримання проїздів та проходів в належному стані; належні режими виконання всіх основних та допоміжних операцій технологічного процесу; ефективне використання засобів особистого захисту, своєчасна перевірка їх стану, дотримання потрібної (встановленої нормами) частоти їхньої заміни; використання сучасних запобіжних пристроїв і огороження робочих зон; проведення послідовної перевірки стану обладнання та допоміжних пристроїв, тощо.

4.3 Заходи, спрямовані на захист довкілля

Довкілля може забруднюватися робочими рідинами, які використовуються в коробках швидкостей та подач, металообробного обладнання, що застосовується для виконання операцій механічної обробки деталі згідно з розробленим технологічним процесом, а також змащувально-охолоджувальними рідинами, які використовуються в процесі обробки для охолодження зони різання. Для запобігання цьому, використані рідини не допускається зливати в загальну каналізацію. Їх потрібно доставляти з метою очищення на спеціальні очисні споруди. Після проведення очищення, приймається рішення щодо подальшого застосування для виробничих потреб. До того-ж, для очищення стоків, передбачаємо використання

механічних (відстоювання, фільтрація) та хімічних (нейтралізація, коагуляція) способів очищення. Щоби запобігти забрудненню ґрунтових вод, використаними у металорізальних верстатах робочими рідинами внаслідок низької герметичності систем, передбачаємо проведення попереджувальних оглядів з періодичністю — один раз на пів року.

Під час механічної обробки деталі, відбувається пилове забруднення повітря, не лише виробничого басейну, але і зовнішнього повітря. Тому для запобігання цього, може передбачатися застосування загально обмінної вентиляції, а на кожному робочому місці — технічних засобів місцевої вентиляції. За рахунок багатоступеневого очищення, забезпечуємо високий рівень очищення відпрацьованого повітря, а також можливість його часткового подальшого використання в системах рециркуляції. Контроль за станом повітряного середовища у виробничому приміщенні, проводиться санітарною лабораторією.

4.4 Захист від ураження струмом

Основний спосіб захисту від статичної електрики — заземлення устаткування, судин і комунікацій, в яких накопичується статичний заряд, використання спеціального взуття з електропровідною підошвою і інші засоби захисту.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин;
- електричний розподіл мережі;
- використання подвійної ізоляції, вирівнювання потенціалу, використання захисного заземлення, захисного вимкнення;
- застосування спеціальних електро-захисних засобів — переносних приладів і пристосувань (ЕС);
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Електро-захисні засоби поділяють на ізолювальні, захисні та запобіжні.

Ізолювальні у свою чергу поділяють на:

– основні: гумові рукавички діелектричні, інструмент з ізолюваними руків'ями, покажчик напруги до 1000 В;

– додаткові: калоші діелектричні, килимки і ізолювальні підставки.

Захисні: щити, огороження — клітки, ізолювальні накладки і ковпаки, попереджувальні плакати, пристрої тимчасового заземлення.

Запобіжні: респіратори, окуляри, рукавиці тощо.

Справність засобів захисту повинна перевірятися оглядом перед кожним їх застосуванням, а також періодично від 6 міс до 36 міс.

4.5 Приміщення охорони здоров'я

При проектуванні підприємств слід передбачати оздоровчі пункти, медпункти, приміщення особистої гігієни жінок, парильні (сауни), а за відомчими нормами - приміщення для інгаляторіїв, фотаріїв, ванн для рук і ніг, а також приміщення для відпочинку в робочий час і психологічного розвантаження.

За окремим завданням, узгодженим із місцевими органами охорони здоров'я і радами професійних спілок, можуть бути передбачені поліклініки (амбулаторії), лікарні, санаторії-профілакторії, станції швидкої і невідкладної допомоги й інші служби медико-санітарної частини, а також фізкультурно-оздоровчі будинки і споруди. При цьому слід враховувати можливість використання їх як загальних об'єктів для груп підприємств, а для підприємств, що розміщуються в міській забудові або населених пунктах, - з урахуванням організації обслуговування населення.

На підприємствах з обліковою чисельністю працюючих більше 300 осіб повинні передбачатися фельдшерські оздоровчі пункти.

Чисельність працюючих, які обслуговуються одним фельдшерським оздоровчим пунктом, приймається:

- при підземних роботах - не більше 500 осіб;
- на підприємствах хімічної, гірничорудної, вугільної та нафтопереробної промисловості - не більше 1200 осіб;
- на підприємствах інших галузей народного господарства - не більше 1700 осіб.

При обліковій чисельності від 50 до 300 працюючих повинен бути передбачений медичний пункт.

Площу медичного пункту слід приймати не менше: 12 м² - при обліковій чисельності від 50 до 150 працюючих, 18 м² - понад 150 до 300 працюючих.

На підприємствах, де передбачається можливість використання праці інвалідів, площу медичного пункту допускається збільшувати на 3 м².

Медичний пункт повинен мати обладнання за узгодженням із місцевими органами охорони здоров'я. За завданням, узгодженим із місцевими органами охорони здоров'я, на підприємствах допускається передбачати лікарські оздоровчі пункти замість фельдшерських.

Фельдшерські або лікарські оздоровчі пункти слід розміщувати на першому поверсі. Ширина дверей у вестибюлях-очікувальних, перев'язувальних, кабінетах для прийому і кімнатах для тимчасового перебування хворих повинна бути не менше 1 м, а за наявності в числі працюючих інвалідів, що користуються кріслами-колясками.

Кількість приміщень або кабін для особистої гігієни жінок слід приймати з розрахунку один гігієнічний душ на 75 жінок, що працюють у найбільш численній зміні. У вказаних приміщеннях повинні бути передбачені місця для роздягання та умивальник.

При чисельності працюючих жінок більше, 14 до 75 включно слід передбачати одну кабінку з гігієнічним душем (біде), яка повинна розміщуватися при жіночому туалеті і мати вхід із умивальні.

Інгаляторії слід передбачати за узгодженням із місцевими органами охорони здоров'я при виробничих процесах, пов'язаних із виділенням пилу або газу дратівливої дії.

Фотарії необхідно передбачати на підприємствах під час роботи в приміщеннях без природного освітлення або з коефіцієнтом природного освітлення менше 0,1 %, а також при підземних роботах.

Фотарії слід розміщувати, як правило, у гардеробних домашнього одягу. Поверхні стін і перегородок фотаріїв, а також поверхні кабін повинні бути пофарбовані силікатними фарбами світлих тонів.

Фотарії не потрібні у випадках, коли виробничі приміщення обладнані штучним освітленням, збагаченим ультрафіолетовим випромінюванням, а також на виробництвах, де працюючі підпадають під вплив хімічних речовин, що мають фотосенсибілізуючу дію.

Ванни для рук слід передбачати при виробничих процесах, пов'язаних із вібрацією, що передається на руки.

За чисельності працюючих у зміні, що користуються ваннами для рук (100 осіб і більше), ванни слід розміщувати в умивальних або в окремих приміщеннях, обладнаних електросушильниками; за меншої кількості осіб, що користуються ваннами для рук, допускається розміщувати їх у виробничих приміщеннях.

Площу приміщення ванн для рук слід визначати з розрахунку не менше 1,5 м² на одну ванну, кількість ванн - із розрахунку одна ванна на трьох працюючих у зміну, що користуються ваннами для рук.

Ванни для ніг (установки гідромасажу ніг) слід передбачати при виробничих процесах, пов'язаних із роботою стоячи або з вібрацією, що передається на ноги. Ванни для ніг слід розміщувати в умивальних або гардеробних із розрахунку 40 осіб на одну установку площею не повинно бути менше 1,5 м².

Приміщення і місця відпочинку в робочий час і приміщення психологічного розвантаження слід розміщувати, як правило, при гардеробних домашнього одягу і оздоровчих пунктах.

При допустимих параметрах повітря робочої зони у виробничих приміщеннях і відсутності контактів із речовинами 1-го і 2-го класів небезпеки допускається передбачати місця відпочинку відкритого типу у вигляді площадок, розташованих у цехах на площах, що не використовуються у виробничих цілях.

У приміщеннях для відпочинку і психологічного розвантаження, за обґрунтування, можуть бути передбачені пристрої для приготування і роздавання спеціальних тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Рівень звукового тиску в спеціалізованих приміщеннях і на місцях для відпочинку, а також у приміщеннях психологічного розвантаження не повинен перевищувати 45 дБА.

4.6 Висновки до четвертого розділу

У четвертому розділі були розглянуті питання для комфортних і безпечних умов праці на підприємстві з автоматизованою системою формування бібліотеки зразків готової продукції.

Зокрема були розглянуті питання охорони праці та безпеки за надзвичайних подій в машинобудуванні. Доречним є вказання, що основними заходами, які зменшують або попереджають травматизм при роботі на дільниці є автоматизація або механізація технологічного процесу.

Були розглянуті заходи, спрямовані на підвищення рівня техніки безпеки. Інструкції що повинен зробити працівник перед початком і по закінченню роботи. Також у цьому пункті були розглянуті запобіжні заходи негативному впливу виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи проведено аналіз інтеграцій технічного зору у промисловості та розглянуті сучасні промислові датчики технічного зору на прикладі двомірних та трьохмірних датчиків зору.

В роботі запропонована структурна схема автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства. Був здійснений вибір компонентів для реалізації автоматизованої системи. Розроблено алгоритм роботи автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства.

Було здійснено вибір програмних інструментів, за допомогою яких створено програмне забезпечення автоматизованої системи формування бібліотеки зразків готової продукції підприємства.

Також, проведено серію експериментальних досліджень роботи запропонованої автоматизованої системи до моменту значного покращення показників оцінки нашої системи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. Введ. 2015.06-22. К. Держстандарт України, 2017. 29 с.

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

3. WHAT IS MACHINE VISION?. URL: [HTTPS://MACHINEVISION.CO.UK/MACHINEVISION-PRODUCTS/VISION-HARDWARE/](https://machinevision.co.uk/machinevision-products/vision-hardware/) (дата звернення: 30.06.2022).

4. The Role of Machine Vision in the Automotive Industry. URL: https://www.photonics.com/a58196/The_Role_of_Machine_Vision_in_the_Automotive (дата звернення: 30.06.2022).

5. Top benefits of integrated robotic machine vision. URL: <https://www.fanucamerica.com/docs/defaultsource/articles/fabshop-benefits-of-vision-by-josh-person.pdf> (дата звернення: 30.06.2022).

6. Лисаченко В. О. Аналіз інтеграцій технічного зору у промисловості / В.О. Лисаченко, С. В. Хрустальова // Матеріали VII-ої Міжнародної конференції Виробництво & Мехатронні Системи Тези доповідей. 2022, Харків, ХНУРЕ, 21-22 жовтня 2022. С. 64-67.

7. Теорія цифрових систем. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37767/1/TTsS_NP.pdf (дата звернення: 25.10.2022).

8. Система технічного зору: особливості, завдання, принципи роботи, основні компоненти. URL: <http://bigbro.com.ua/sistematehnicnogo-zoru->

osoblivosti-zavdannya-printsipi-roboti-osnovni-komponenti/ (дата звернення: 25.10.2022).

9. Versatile LEDs Drive Machine Vision in Automated Manufacture. URL: <https://www.digikey.sk/en/articles/techzone/2012/jan/versatile-leds-drive-machinevision-in-automated-manufacture> (дата звернення: 25.10.2022).

10. Электронный компонент ICX039. URL: <http://www.chipfind.ru/datasheet/sony/icx039dla.html> (дата звернення: 25.10.2022).

11. Timing Controller for CCD cameras. URL: http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/C/X/D/2/CXD2400R.shtml (дата звернення: 25.10.2022).

12. Single Chip Processing for CCD Monochrome Camera. URL: http://www.radioradar.net/datasheet_search/C/X/A/CXA1310AQ_SonyCorporation.pdf.html (дата звернення: 25.10.2022).

13. Pratt W.K. Digital Images Processing. Third edition. Wiley. 2017. P. 31-34.

14. Nixon M. S. and Alberto S. Aguado. Feature Extraction and Image Processing. Newnes. 2019. P. 56-58.

15. Parker J.R. Algorithms for Image Processing and Computer Vision. Second Edition. Wiley Publishing, Inc. 2019. P. 52-55.

17. Solomon C. and T. Breckon. Fundamental of Digital Image Processing. A Practical Approach with Examples in Matlab. Wiley – Blackwell. 2021. P. 70-72.

18. Gonzalez R.C. and Woods R.E. Digital Image Processing. 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey. 2019. 53 p.

19. Stepan Bilan, Sergey Yuzhakov. Image Processing and Pattern Recognition Based on Parallel Shift Technology. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018. 194 p.

20. Путятін Є. П., Гороховатській В.О., Матат О.О. Методи та алгоритми комп'ютерного зору: Навч. посібник. Х: СМІТ, 2019. 236 с.

21. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений Р. Гонсалес, Р. Вудс. Д. : ЛІРА, 2020. 1072 с.

22. Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методи обробки зображень та компютерний зір : навч. посіб. С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. Д. : ЛІРА, 2019. 148 с.

23. Рейнхард Клетте. Комп'ютерний зір: теорія та алгоритми. Д. : ЛІРА, 2019. С. 304-311.

24. Multi-scale Template Matching using Python and OpenCV by Adrian Rosebrock. URL: <https://www.pyimagesearch.com/2015/01/26/multi-scale-template-matching-usingpython-opencv/> (дата звернення 11.11.2022).

25. Мова програмування Python. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Python> (дата звернення 11.11.2022).

26. Ralph D Nyland. Decline in forestry education enrollment The decline in forestry education enrollment. Some observations and opinions. Tech. rep. 2. 2019, P. 105–108. URL: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v29n2/Art01.pdf> (дата звернення 11.11.2022).

27. Micael S Couceiro, Joao F Ferreira, and Rui P Rocha. SEMFIRE: Towards a new generation of forestry maintenance multi-robot systems. 2019. P. 95-97. https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle (дата звернення 11.11.2022).

28. Marzena Polka, Szymon Ptak, Lukasz Kuziora, and Aneta Kuczynska. The Use of Unmanned Aerial Vehicles by Urban Search and Rescue Groups. In: Drones - Applications September (2018). URL (дата звернення 11.11.2022).

29. Mauro S Innocente and Paolo Grasso. Swarms of autonomous drones selforganised to fight the spread of wildfires. URL: <http://ceur-ws.org> (дата звернення 11.11.2022).

30. Божук А.М., Денбновецький С.В. Електронні системи технічного зору. Х: СМІТ, 2019. С. 29-30.

31. Куцевич В., Губов Б., Чернядьєва І., Московських О., Польчук Б. Державні будівельні норми України (ДБН В.2.2-28:2010). К.: ПАТ "КиївЗНДІЕП", 2011. С. 22-29.

32. Стрельчук О., Сізов О. Державні будівельні норми України (ДБН В.2.5-67:2013). К.: ДП "УкрНДІспецбуд", 2013. С. 22-29.