

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизація системи візуального контролю якості виробів

Назва теми

КвРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

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

Шифр, назва

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

Назва

Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-21-1



Підпис

Ігор КАТАНОВ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 17 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

«10» 01 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ





Катанов Ігор Володимирович

- 1 Тема роботи: Автоматизація системи візуального контролю якості виробів
керівник роботи Корецька Л.О., к.т.н, доцент
Затверджено наказом по університету від « 15 » 02 2024р. № 8.
- 2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.06.2024 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування
- 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Проблематика використання машинного зору в задачах автоматизації. Основна частина. Розробка системи візуального контролю якості виробів. Розробка автоматизованої системи візуального контролю якості. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
Презентаційні матеріали

Завдання отримав 18

Науковий керівник 18

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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


7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2024р.	Виконано
2	Проблематика використання машинного зору в задачах автоматизації	15.03.2024р.	Виконано
3	Основна частина Розробка системи візуального контролю якості виробів	10.04.2024р.	Виконано
4	Розробка автоматизованої системи візуального контролю якості	10.05.2024р.	Виконано
5	Висновки	15.05.2024р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2024р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.06.2024р.	Виконано

Студент

Керівник роботи


Підпис


Підпис

І.В. Катанов
Ініціали, прізвище

Л.О. Корецька
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація системи візуального контролю якості виробів».

Автор роботи: Катанов Ігор Володимирович

Керівник роботи: Корецька Л.В., к.т.н., доц.

Пояснювальна записка: 57 с., 24 рис., 4 табл., 1 дод., 42 джерела.

Графічна частина: Презентаційні матеріали.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ВІЗУАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ, СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ, NATIONAL INSTRUMENTS, NI VISION BUILDER FOR AUTOMATED INSPECTION, АЛГОРИТМ РОБОТИ.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є комплексне вирішення проблеми автоматизованого візуального контролю якості виробів складального виробництва. Для реалізації встановленої мети в кваліфікаційній роботі вирішується ціла низка завдань, таких як дослідження існуючих рішень візуального контролю якості та пошук відповідної апаратної бази для реалізації проєкту.

Було досліджено різні промислові системи комп'ютерного зору. В якості апаратної бази для вирішення поставленого завдання було обрано продукт фірми National Instruments, а саме - EVS-1464RT.

При створенні програми автоматизованого візуального контролю для виробничої системи MPS 500 фірми Festo було вивчене середовище розробки фірми National Instruments - Vision Builder. В результаті дослідження було запропоновано алгоритм автоматизованого візуального контролю якості пластикових заготовок.

Проведено тестування розробленої системи комп'ютерного зору та показано низку ситуацій, у яких експериментальним шляхом доведено працездатність розробленого алгоритму.

01.06.2023р.

дата



Підпис

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	3
1 ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ	5
1.1. Коротка характеристика використання машинного зору	5
1.2. Склад типової системи комп'ютерного зору на виробництві	7
1.3. Алгоритм виконання автоматизованого візуального контролю	24
1.4. Висновки до першого розділу	26
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИРОБІВ	27
2.1. Проблема використання сучасних систем автоматизованого візуального контролю якості	27
2.2. Класифікація систем комп'ютерного зору	28
2.3. Висновки до другого розділу	35
3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	36
3.1. Розробка системи автоматизованого візуального контролю якості виробів на основі виробничої системи MPS 500 фірми Festo	36
3.2. Розробка апаратної бази автоматизованої системи візуального контролю якості	37
3.3. Розробка програми автоматизованого візуального контролю якості	39
3.4. Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу	43
3.5. Висновки до третього розділу	50
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТКИ	57

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизація системи візуального контролю якості виробів. Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Катанов І.В.	<i>[підпис]</i>	17.06.21		у		
Перевір.		Корещька Л.О.	<i>[підпис]</i>	17.06.21			2	57
Н.контр.		Корещька Л.О.	<i>[підпис]</i>	17.06.21		ХНУ ір. АКІТе-21-		
Затвер.		Мартинюк В.В.	<i>[підпис]</i>	17.06.21				

ВСТУП

Сучасний етап розвитку промислового виробництва можливо охарактеризувати впровадженням самих передових технологій, спрямованих на підвищення експлуатаційних характеристик продукції, що випускається, і крім того зниження виробничих втрат. У зв'язку з вказаним вище на сьогоднішній день одним з основних етапів технологічних процесів (ТП) більшості виробництв по складанню виробів є саме проміжний контроль якості.

У зв'язку з цим важливого значення набувають методи, які використовуються для контролю якості, які дають змогу не тільки виявляти дефекти на поверхні або в середині виробу, а й визначати форму та розмір можливих дефектів, а також просторове положення. Кожен із вказаних методів володіє певними перевагами, що дає можливість з більшою точністю виявляти різні типи дефектів. До даних методів, зокрема, відносять наступні:

- візуальний контроль;
- ультразвукова дефектоскопія;
- акустико-емісійний контроль;
- магніто-порошковий метод неруйнівного контролю.

У даній роботі ми розглянемо саме автоматизований візуальний контроль (АВК).

Неавтоматизований візуальний контроль, який досі використовується на більшості підприємствах, володіє цілою низкою недоліків, що перешкоджають застосуванню даного методу в сучасних умовах.

Основними недоліками методу в даному випадку є суб'єктивність та відносно низька достовірність, а також низька продуктивність на складних виробках із тонкою топологією. Контроль складних виробів із використанням найпростіших оптичних пристосувань, за словами людей-операторів, дуже сильно стомлює зір, що, безсумнівно, становить небезпеку для здоров'я працівників [1-3].

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, можливо виокремити цілий ряд причин для введення на виробництві АВК замість неавтоматизованого [1-3]:

- зниження витрат на використання робочої сили;
- звільнення співробітників від виконання рутинної та стомлюючої роботи;
- аналіз статистики проведених інспекцій і зберігання бази отриманих результатів;
- проведення візуального контролю в несприятливих умовах;
- підвищення швидкості і точності виконання візуального контролю.

Проблема АВК традиційно вирішується використанням складних програмно-апаратних комплексів, що належать до класу, так званих, систем технічного зору (СТЗ), розробка яких ведеться в цілому світі.

На сьогоднішній день, наприклад, продукція фірм Orbotech, Lloyd-Doyle, Varco, надзвичайно дорога: вартість СТЗ становить близько сотні тисяч доларів. Це призводить до того, що на більшості вітчизняних підприємств саме неавтоматизований візуальний контроль є майже єдиним способом відбраковування дефектних виробів [1-3].

Саме тому основною метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є комплексне вирішення проблеми АВК якості виробів складального виробництва. Для реалізації встановленої мети в кваліфікаційній роботі вирішується ціла низка завдань, таких як дослідження існуючих рішень візуального контролю якості та пошук відповідної апаратної бази для реалізації проєкту.

Практичним результатом роботи є АВК якості виробів, на прикладі автоматизованої складальної лінії фірми Festo - MPS 500.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗОРУ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Коротка характеристика використання машинного зору

Машинний зір [1-4] – це цілий науковий напрям у галузі кібернетики, що включає в себе технології отримання зображень реальних об'єктів навколишнього світу, їх обробку та використання отриманих даних для різного роду прикладних завдань без участі (повної або часткової) людини-працівника. Як самостійна дисципліна «машинний зір» сформувався в шестидесятих роках минулого тисячоліття, в результаті досліджень у сфері розпізнавання образів.

Нині існує стандартна класифікація систем комп'ютерного зору (СКЗ), за якою будь-яку СКЗ можна віднести до монокулярної, або до бінокулярної. До першого класу систем належать системи, що працюють із зображенням, яке надходить від однієї камери (або від кожної встановленої камери окремо). До бінокулярних СКЗ належать системи, що виконують обробку реальних зображень, які надходять одночасно з кількох камер. Такі системи також носять назву стереосистем і найчастіше використовуються в задачах для вимірювання глибини спостереження.

Ми будемо розробляти АВК якості виробу, засновану саме на монокулярному підході.

Галузі використання СКЗ.

Розробки в галузі машинного/комп'ютерного зору принесли цілу низку інноваційних рішень для всієї промислової автоматизації. Особливо широко СКЗ використовують у наступних галузях промисловості: текстильна промисловість [6], виробництво електронних компонентів [5], виробів зі скла [7], друкованих плат [9], автомобільне виробництво [8] та багато інших.

Завдання, які вирішують СКЗ на виробництві, можна умовно класифікувати на чотири основні групи завдань [10]:

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Перша група – визначення реального положення об'єкта - мета СКЗ в такому використанні - однозначне визначення просторового положення реального об'єкта відносно встановленої системи координат. Прикладом даної СКЗ може слугувати система керування роботом-маніпулятором, що виконує, наприклад, вантажно-розвантажувальні роботи.

Друга група – вимірювання реального об'єкта - головне завдання СКЗ в даному застосуванні - визначення фізичних параметрів об'єкта шляхом обробки отриманого зображення.

Параметрами які будуть вимірюватись, наприклад, можуть бути: радіус отвору, лінійний розмір деталі, площа об'єкта та інші. Прикладом реалізації даної СКЗ може слугувати система сортування, наприклад, скляних пляшок, що вимірює діаметр горловини кожної пляшки, що надходить на ленту конвеєра.

Третя група – ідентифікація реального об'єкта - основне призначення відеокамери в завданнях ідентифікації - зчитування різних кодів (штрих-кодів, QR-кодів, буквено-цифрових позначень) з поверхні об'єкта з метою розпізнавання. Прикладом даної СКЗ може слугувати система зчитування дати виробництва та автоматичного відбракування простроченої продукції, наприклад, в харчовій промисловості.

Четверта група – інспекція реального об'єкта - основна мета СКЗ в додатках такого типу - перевірка певної властивості (або набору властивостей) об'єкта. До таких властивостей, наприклад, може віднести перевірку наявності/відсутності маркування на реальному об'єкті. Одне із найважливіших застосувань СКЗ в завданнях візуальної інспекції - визначення наявності різних фізичних дефектів.

Виходячи з наведених вище завдань можна виділити величезну кількість сфер застосування СКЗ. На рисунку 1.1 представлено діаграму розподілу ринкового попиту сфери використання СКЗ.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

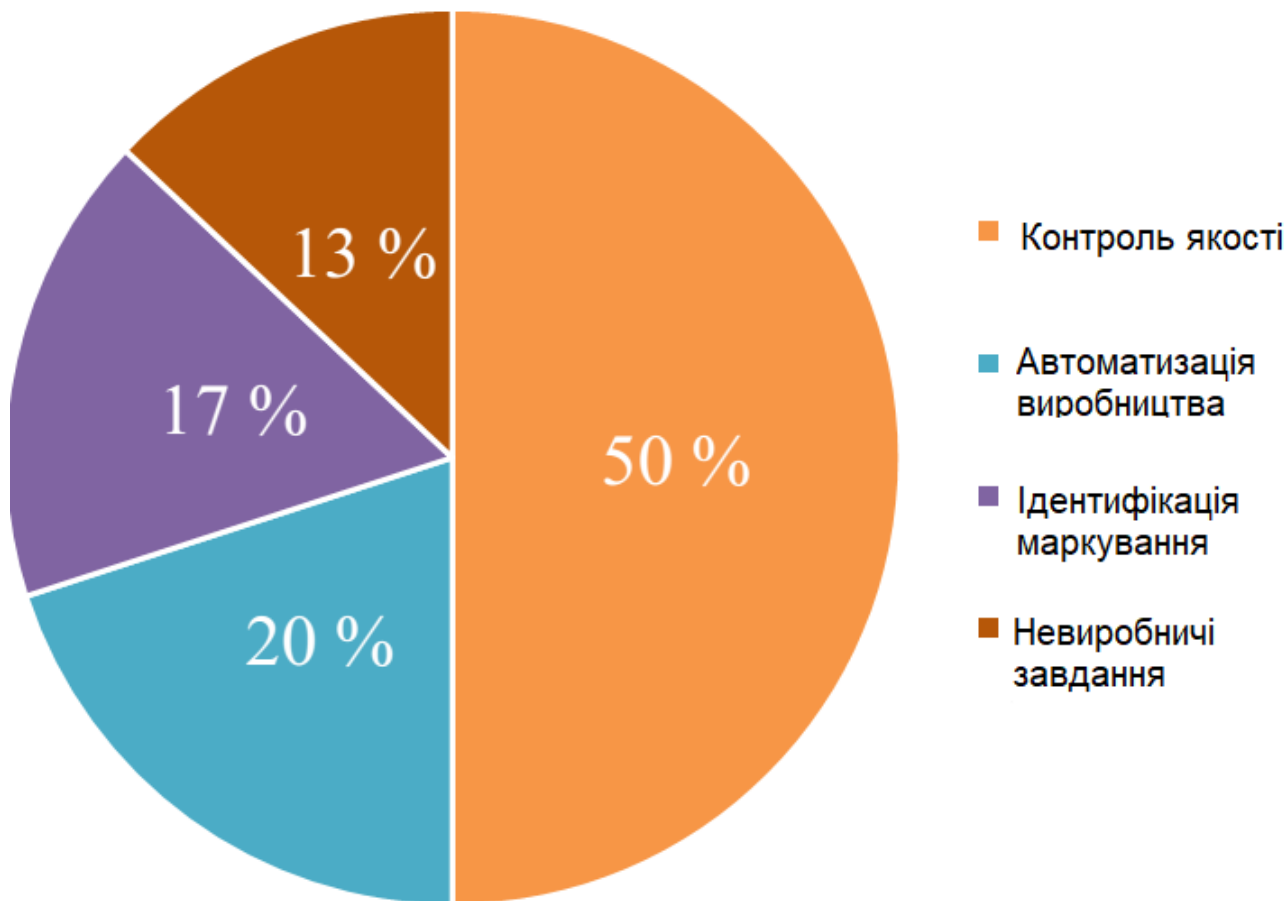


Рисунок 1.1 - Діаграма розподілу ринкового попиту сфери використання СКЗ

Як видно з діаграми (рис. 1.1), п'ятдесят відсотків усіх СКЗ використовуються під час контролю якості готової продукції, тобто вирішують завдання інспекції та виконання візуальних вимірювань об'єктів.

1.2 Склад типової системи комп'ютерного зору на виробництві

Загально відомо, що СКЗ тепер вважаються невід'ємною частиною багатьох промислових процесів, тому що вони можуть пропонувати швидкі, точно відтворені можливості контролю ТП [11]. Наприклад, у харчовій промисловості, де СКЗ відіграє вирішальну роль у ТП, коли швидкість і точність надзвичайно важливі та допомагають забезпечити конкурентну перевагу для

виробників. Сам харчовий продукт перевіряється на предмет контролю та якості порцій, а також на якість виконання упаковки та маркування. Крім того, на фармацевтичному ринку потрібні найвимогливіші СКЗ, які не тільки виконуватимуть перевірку продуктів, але також перевіряють використання та налаштування систем, забезпечуючи правильне дозування і контроль за процесами виготовлення ліків [11].

Найпростіша СКЗ на виробництві зазвичай складається з відеокамери, обладнання підсвічування, обчислювальної системи для опрацювання отриманого зображення та програмованого логічного контролера (PLC), що керує автоматизованим виробничим процесом. На рисунку 1.2 наведено структуру типової СКЗ, яку застосовують на виробництві.

Обраховувальний пристрій
системи технічного зору

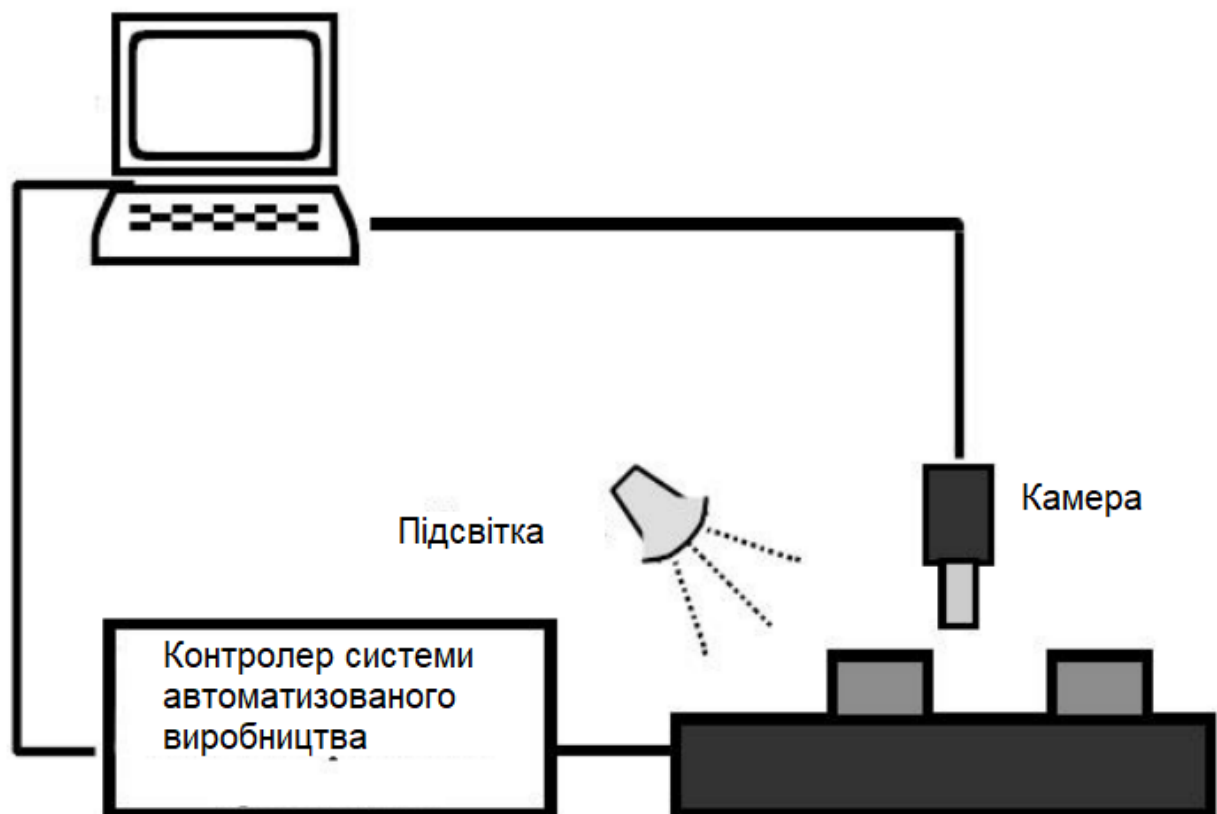


Рисунок 1.2 - Склад типової СКЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.
8

фокусуванням.

Для різних завдань можна використовувати різні види об'єктивів. Так, розрізняють стандартні, ширококутні, телескопічні та інші. У зв'язку з цим, вибір об'єктива є найважливішим етапом проектування будь-якої СКЗ.

Використання підсвітки - не менш важливий елемент СКЗ. За допомогою різного освітлювального обладнання можна збільшити коло завдань, які вирішують СКЗ. Найпопулярнішим варіантом виконання підсвітки сьогодні є використання світлодіодної підсвітки. Причиною цього є висока яскравість, довгий термін служби і відносно низьке енергоспоживання.

На промисловому виробництві розрізняють наступні типи виконання підсвітки [1-4]:

- точкова підсвітка;
- кільцева підсвітка;
- інфрачервона підсвітка;
- коаксіальна підсвітка.

Тип та спосіб розташування підсвітки визначається на етапі проектування СКЗ.

На сьогодні не існує жодної СКЗ, придатної для будь-якої сфери застосування. Під час проектування СКЗ одне з основних завдань - визначити яку інформацію система буде повертати користувачеві. Наприклад, одним із таких завдань є формалізація поняття «дефект» для кожної конкретної деталі щодо вимірюваних величин і реалізація даних правил у програмному забезпеченні (ПЗ).

Обчислювальною системою для обробки реального зображення може слугувати комп'ютер (або PLC), з необхідним ПЗ для оброблення й аналізу отриманого зображення. ПЗ здійснює оброблення й аналіз реального зображення в декілька етапів - від процедури захвату зображення до прийняття рішення щодо класифікації виробу, який обробляється.

PLC для системи автоматизації - пристрій, що виконує керування

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

фізичними процесами, з використанням інформації, одержуваної від давачів, що виводиться у виконавчі пристрої. Іншими словами, на виробництві PLC служить для автоматизації ТП. До найважливіших характеристик PLC можна віднести відмовостійкість, високу надійність та можливість використання в жорстких умовах.

Поняття промислових роботів з'явилося з першим офіційно визнаним пристроєм, який було створено в далекому 1954 році. Але СКЗ у СК із відомими координатами було створено тільки в 1960 році, і якість таких систем була дуже низькою, щоб широко застосовувати. Так тривало до 1983 року, коли з'явилися перші комерційні СКЗ, після чого СК стала більш життєздатною технологією, а тепер широко використовується у багатьох галузях виробництва виробів.

СКЗ приносить користь в багатьох секторах виробництва, де робототехніка є однією з головних областей застосування. Одним з ключових моментів є той факт, що її можна розглядати як технологію включення в СК роботизованим комплексом. Роботизовані комплекси гарні у використанні в повторюваних завданнях, але погано враховують швидко змінні параметри, тому, коли розташування продукту змінюється, роботизовані комплекси не спрацьовують [11].

СКЗ дозволяє роботизованим комплексам «бачити» об'єкт та обчислити його X- та Y-позиції. Останнім часом роботизовані комплекси почали використовуватись із можливістю дво- та три-Д бачення. Таким чином, їм стала доступна і третя координата, як правило, висота об'єкта. Список систем давачів зображень, програмних пакетів і діапазон інтелектуальних камер постійно розширюється, тому для будь-якого додатка існує СКЗ у СК роботизованими комплексами. З появою недорогих багатоядерних процесорів СКЗ різко розширила свої горизонти.

Оцінка СКЗ.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

Робота будь-якої СКЗ повинна мати систему оцінок для визначення її ефективності. Найбільш важливі показники при розробці СКЗ є наступні [1-4, 11]:

Адаптивність - більшість додатків для СКЗ покладаються на дуже чітко визначені програми з попередньо запрограмованими функціями. Вони можуть дуже добре виявляти конкретний вказаний шаблон. Однак якщо щось незвичайне почне проходити перед камерою, воно може бути пропущено додатком. В якості прикладу можливо використати повністю автоматизований публічний тест САРТСНА, де прості літери злегка деформовані, і будь-який тип СКЗ не може їх виявити. Хоча даний приклад є проблемою на сучасному етапі, але це всього лише питання часу, скоро така перешкода буде подолана СКЗ.

Виявлення тенденцій - якщо СКЗ не була запрограмована для виявлення тенденцій або моделей, вона не зможе їх виявити. Хоча люди дійсно добре розбираються і визначають тенденції - комп'ютерний зір має певні проблеми із асоціаціями. Кожна виявлена функція часто обробляється індивідуально, наприклад, якщо список помилок буде показаний людині-оператору, він може його проаналізувати і визначити, чи є проблема з роботизованим комплексом у технологічному процесі. СКЗ не може цього зробити, замість того, щоб визначити, який верстат зламався і зупинити його, СКЗ виконає повну зупинку виробничої лінії.

Основними перевагами СКЗ є послідовність та надійність. Якщо СКЗ знаходиться в правильному місці, вона завжди буде бачити, що щось не так. В порівнянні з очима людини СКЗ не втомлюється і завжди буде використовувати одні і ті ж параметри. Працівники більш схильні до ризику протягом всього дня, тому що працівник може ставати все більш втомленим і все менш уважним.

Ще одна з причин, по якій виробники впроваджують СКЗ - узгодженість та точність.

Виконання перетворення координат об'єкту.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

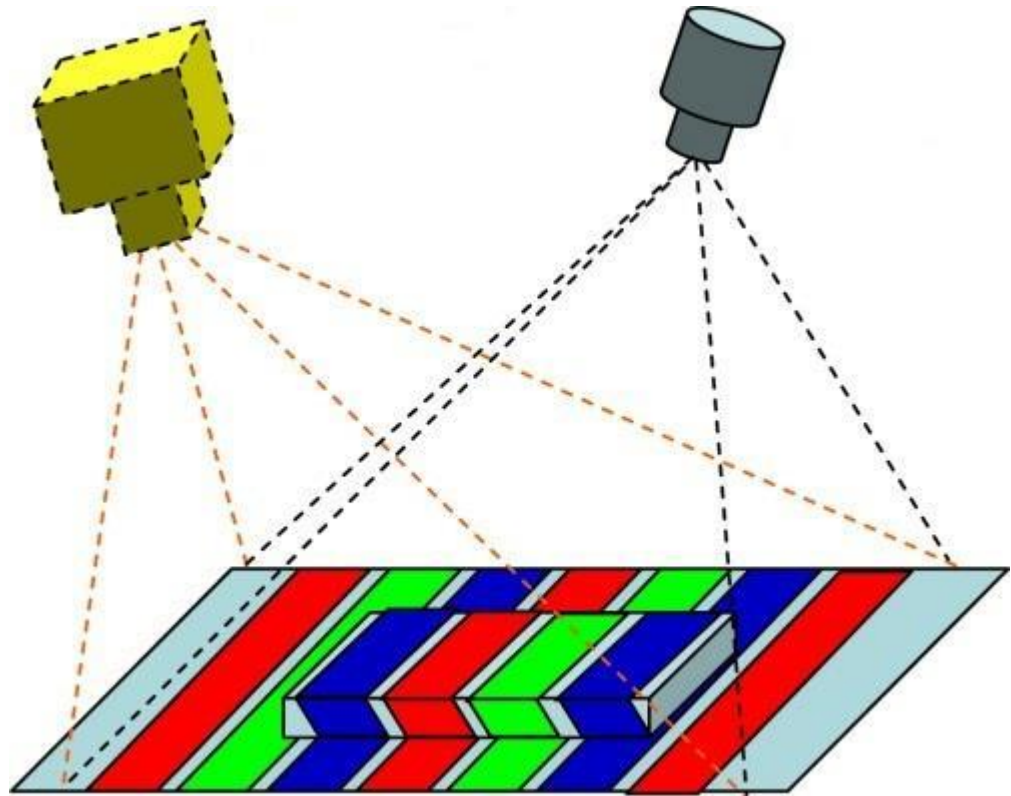


Рисунок 1.3 – Приклад розташування камери

При розробці СКЗ враховують, що роботизований комплекс повинен відрегулювати себе у відповідності з орієнтацією об'єкту - деталі, схопити предмети з ленти конвеєра, а потім перемістити їх на палети. У такому випадку давачі зору забезпечують зв'язок між випадково орієнтованою деталлю та роботизованим комплексом. Наприклад, СКЗ може бути використана для керування роботизованим комплексом на машині для складання електронних друкованих плат.

Інший поширений клас додатків складається з роботизованих комплексів, які в процесі виробництва транспортують деталі з однієї операції на наступну. СКЗ надає інформацію, яка дозволяє роботизованим комплексам виконувати захват цільового об'єкту і переміщати його на наступну операцію у виробничій або інспекційній системі.

Коли камера СКЗ виявить у полі зору об'єкт, камера знаходить і встановлює координати x та y об'єкта, наприклад, відносно верхнього лівого кута зображення - $0, 0$ точки. Роботизований комплекс функціонує з власною

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.
13

системою координат, зосередженій на власній 0-й точці, що зазвичай не відповідає тій, яку використовує СКЗ. Щоб спростити зв'язок між давачем зору і роботизованим комплексом та дозволити комплексу легко виконувати правильну дію, СКЗ перетворюють координати роботизованого комплексу. Завдяки даній можливості виконується перетворення інформації про місцезнаходження необхідної точки в системі відліку камери в систему координат пристрою СКЗ.

На додаток до координат положення x та y системи часто повинні повідомляти роботизованим комплексам так звану тета-координату θ або кут повороту цільового об'єкта [11]. Включення нульової координати дозволяє роботизованим комплексам визначати, де знаходиться ця частина, а також мати можливість її захватити. Інструменти Vision можуть повідомляти про позиції об'єкта і про те, як він обертається, тому роботизований комплекс може відрегулювати себе відповідним чином, перш ніж підняти цільовий об'єкт і виконати поставлене завдання.

Координати x , y та нульова певної частини можуть бути встановлені з використанням різних інструментів зору, які є частиною програмних компонентів СКЗ. Точність, доступна в даних інструментах, розрізняється, як і час, необхідний для аналізу точки, що цікавить користувача. Наприклад, інструменти надають координати x та y для випадків, коли ребро знаходиться на продукті. У СКЗ в робототехніці, якщо кілька інструментів виявлення краю об'єднані з інструментом аналізу, можна визначити кут або нульову координату.

Виявлення граней або кластеризація граней.

Виявлення граней для виділення певних деталей із отриманого складного зображення. Як тільки СКЗ знаходить частину, вона використовує дані, отримані з візуальної інформації, для зміни власної програми і виконання завдань за призначенням. Це дозволяє роботизованому комплексу працювати з деталями, які нахилені, зміщені або перемішані в контейнері або іншим чином виведені з розрахункового положення. Щоб використовувати СКЗ таким чином, повинна бути певна форма калібрування, де роботизований комплекс може пов'язувати

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

візуальні дані з відстанню. Такі властивості застосовуються в СКЗ для контролю якості.

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

Використання ж 3D-системи також вимагає виконання калібрування, а у випадку використання двох камер розташування камер відносно одна одної, що є частиною калібрування. Наприклад, 3D СКЗ - ds1000 [12] може вимірювати функції деталей на мікронному рівні, забезпечуючи якість кожної деталі під час роботи. СКЗ «все в одному», які підключаються безпосередньо до роботизованого комплексу і виконують всю обробку отриманих даних, не є чимось новим для ринку робототехніки.

Наприклад, CMUcam5 PiXu [13] - це все в одній СКЗ, яка працює із Raspberry Pi, BeagleBone та Arduino для розпізнавання об'єктів, кольору та обличчя. Раніше для забезпечення даної функціональності для роботизованих комплексів знадобилося або виконати велику кількість роботи, або дорога система, але PiXu [13] спростив надання можливостей СКЗ, наприклад, мобільного робота.

Для всіх СКЗ потрібен елемент програмного забезпечення, чи то просто керування камерою або виконання індивідуального додатка, все одно потрібна хороша камера (рис. 1.4). Для багатьох потреб в галузі промислового АВК проста конфігурація середовища розробки СКЗ з використанням простих користувальницьких інтерфейсів дозволяє розгортати найбільш економічні рішення. Для більш вимогливих компаній, з хорошими навичками розробки ПЗ часто використовують існуючу бібліотеку ПЗ [1-4, 11].



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд існуючих камер для СКЗ

Завдяки складним засобам обробки та вимірювання отриманих зображень і простим для користувача інтерфейсів точок та кліків, СКЗ відіграють свою роль у процесі автоматизації ТП, але також забезпечують потужний зв'язок із робототехнікою. Це частина системи, яка буде висвітлювати навколишній світ і перетворювати його в цифрові дані, які можуть оброблятися і аналізуватися СКЗ, наприклад, insight.

Спочатку камери склалися із невеликої кількості фотоелементів (близько двох тисяч пікселів), розташованих за об'єктивом, і щоб визначити форму зображень, виконували обробку сірого кольору з двохсот п'ятдесяти шести різних відтінків. На сучасному етапі камери, що використовуються в СКЗ, варіюються від двох мегапікселів до повного кольору та використовують для виконання поставленого завдання чотири тисячі дев'яносто п'ять різних відтінків. Такий великий обсяг отриманих даних спростив обробку зображень, оскільки він надає безліч інформації, і не обов'язково швидко.

Процесорний компонент СКЗ.

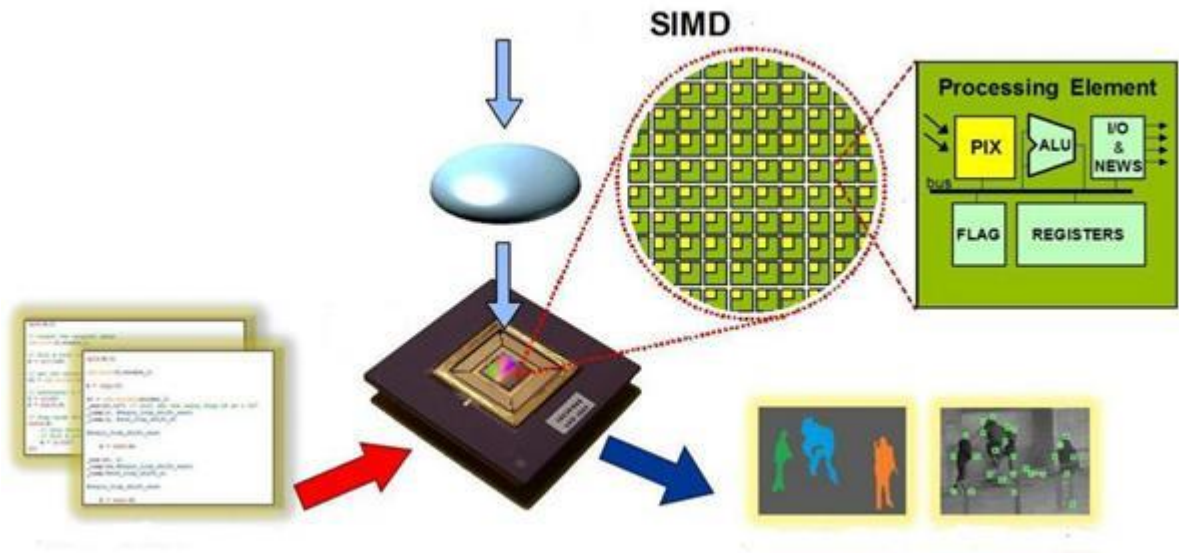


Рисунок 1.5 – Процесори в СКЗ

Це наступний основний компонент СКЗ. Процесор перетворює всі необроблені отримані дані з камери в корисну інформацію для роботизованого комплексу. Існує два базових методи обробки отриманої інформації з точки зору виявлення та кластеризації граней.

При виявленні граней процесор шукає різкі відмінності в отриманих даних від камери, які потім розглядає як виявлену грань. Як тільки знаходить відмінність, ЦПУ дивиться на дані з пікселів поблизу, щоб побачити, де ще можливо знайти аналогічну різницю. Цей процес виконується до тих пір, поки не буде знайдено задану контурну інформацію для зображення.

При кластеризації граней ЦПУ знаходить пікселі, які мають ідентичні дані, а потім шукає інші пікселі поруч з однаковими або близькими до них даними. Цей процес створює зображення, використовуючи дані, зняті камерою. Як тільки ЦПУ визначити його, як зображення, він форматує інформацію у щось, що роботизований комплекс може використовувати, і відправляє в СК.

Остання ключова частина СКЗ в СК мобільними об'єктами - кабельна розводка. У більш ранніх технологіях кабелі зв'язку, які використовуються для систем відеоспостереження, були незручними і обмеженими в тому, як далеко вони могли відправляти отримані дані без втрат [1-4, 11].

В 2009 році фірмою Adimes [14] було розроблено новий спосіб надсилання даних, які дозволили передавати більше шести Гбіт/с по коаксіальному кабелю, і дали назву – CoaXPress [14]. Даний протокол і ті, які були випущені пізніше, забезпечили використання одного коаксіального кабелю для передачі отриманих даних, незважаючи на те, що обсяг даних, які потрібні для передачі, продовжує зростати.

Не всі СКЗ використовують лише один коаксіальний кабель для передачі даних, тому важливо, щоб ті, хто працює з СКЗ, розуміли специфіку та обмеження системи, які у них є.

Додатки Vision System для СКЗ.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд СКЗ в станку

Коли справа доходить до додатків СКЗ, деякі із популярних варіантів мають можливість розпізнавання системи безпеки, осіб, пошук деталей та АВК якості.

Розпізнавання обличч працівників - це здатність СКЗ зіставляти зображення людини з даними, що зберігаються в його пам'яті. У багатьох відношеннях це всього лише адаптація розпізнавання деталей, але результат - набагато більш точна робота з роботизованим комплексом. Наприклад, можна запрограмувати роботизований комплекс NAO Aldebaran [15], для розпізнавання

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.
18

обличчя, а потім відповісти повідомленням, використовуючи ім'я, створюючи персоналізований досвід при взаємодії з ним.

Крім соціальних застосувань, дана технологія також має відмінні програми для забезпечення безпеки ТП. Замість того, щоб ризикувати життям людей, можна використовувати роботизований комплекс для відмови в реєстрації або пошуку неавторизованих осіб на основі бази даних схвалених сканувань особи. Робот Baxter [16], створений Rethink Robotics, є прекрасним прикладом цього, завдяки триста шістдесят градусному гідролокатору та фронтальній передній панелі.

У будь-який час, коли Baxter [16] відчуває людину, роботизований комплекс сповільнюється до безпечної швидкості і уважно стежить за зворотним зв'язком системи за будь-яких вказівок на зіткнення, зупиняючи всі рухи, перш ніж хтось може постраждати. Крім того, Baxter [16] використовує СКЗ для пошуку деталей і, при необхідності, регулювання положення об'єктів.

Відомі програмні пакети для СКЗ, такі як Common Vision Blox [17], ПЗ Scorpion Vision [18], Matrox Imaging Library [19] або Cognex VisionPro [20] - це програми, які запускаються в Microsoft Windows і використовуються для створення розширеного і потужного ПЗ для автоматизації, приймають вхідні і вихідні дані зображення на основі заданого зображення. У кінцевому рахунку, в СКЗ машини, обробка отриманих зображень використовується для класифікації, читання символів, розпізнавання фігур або вимірювання відстані.

Варіації розташування камер огляду для СКЗ [1-4, 11].

В залежності від використання СКЗ буде розміщуватися в роботизованому комплексі камери в різних місцях. З усіма різними типами роботизованих комплексів, камер та додатків є нескінченна кількість можливих рішень щодо того, де можна розмістити камеру і що з нею робити. Однак існують основні способи розташування камери.

Перший варіант розташування - кінець руки роботизованого комплексу. Різні програми повинні стежити за тим, що роботизований комплекс захвачує,

деякі виробники роботизованих комплексів вбудовують камери безпосередньо на зап'ясті руки роботизованого комплексу. Це дозволяє камері переміщатися в різних напрямках у просторі, знаходити необхідну деталь і, відповідно з кінематикою роботизованого комплексу виконати захват. Оскільки камера часто знаходиться поруч із захватним пристроєм, вона також може відстежувати, чи правильно виконано захват деталі або якщо вона була видалена під час маніпуляції. Розміщення камери на кінці руки роботизованого комплексу означає, що вона постійно рухається. Якщо потрібно зображення області виконання захвату, зупиняють роботизований комплекс в правильному положенні, переконуються, що камера встановлена стабільно, а потім виконують знімок. Якщо для програми потрібно дуже короткий час циклу, може знадобитися змінити дану опцію [11].

Другий варіант розташування - застосування сцени - інший вид СКЗ, в якому можна фіксувати і постійно дивитися на сцену, наприклад, де деталі представлені в різних положеннях і орієнтаціях на ленті конвеєрі. Як тільки потрібна деталь проходить перед камерою, виконується знімок і аналізується, щоб побачити, де знаходиться деталь і її можлива орієнтація щодо роботизованого комплексу [1-4, 11].

Третій варіант розташування камер використовується для вимог безпеки. Камеру або набір камер можна встановити безпосередньо на роботизованому комплексі або на майданчику, де він встановлений, щоб контролювати, чи входить людина у робочий простір роботизованого комплексу. Оскільки більшість роботизованих комплексів не оснащені зовнішньою безпекою, даний метод можна використовувати для регулювання швидкості роботи у відповідності з відстанню між роботизованим комплексом та людиною.

Використання системи 3D-бачення у СКЗ [1-4, 11].

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк. 20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

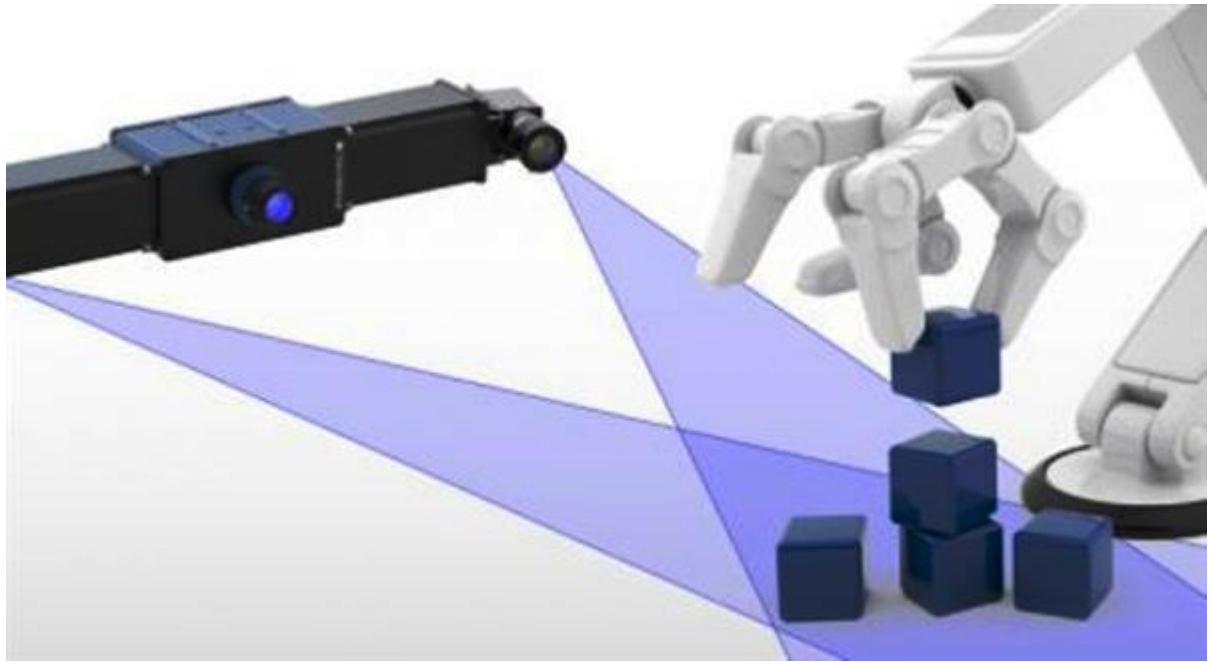


Рисунок 1.7 – Використання системи 3D-бачення у СКЗ

Використання зображень, отриманих за допомогою 3D-камер швидко зростає порівняно із використанням 2D-камери. Використовуючи декілька датчиків об'єму та положення, в поєднанні з 3D-лазерним сканером часу, можна досить детально створити 3D-моделі продуктів виробництва. Найбільша перевага даного методу полягає в тому, що його можна використовувати для будь-якої поверхні та розмірів. Це дозволяє роботизованому комплексу розпізнавати випадково розміщені об'єкти та транспортувати їх для впорядкування розташування одних і тих же виробів.

Загально відомо, що креветка Мантиса має найбільш вражаючі очі в природі, в яких розташовано в чотири рази більше рецепторів кольору, ніж у очах людини. Виробники довгий час поклалися на людське бачення складних процесів комплектування та складання, але системи 3D-зору починають перевершувати можливості людини в СКЗ роботизованих комплексів. Abandon CAD [11] – розвинуті 3D СКЗ різко контрастують із ПЗ комп'ютерного зору минулого. Багато існуючих СКЗ як і раніше, вимагають професійного програмування САПР, щоб роботизований комплекс міг розпізнавати форми.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.
21

Однак це ПЗ може відчувати труднощі з одночасним розпізнаванням декількох розташованих елементів.

Загальним додатком для СКЗ є видалення та сортування виробів з контейнера. У той час як СКЗ на базі САПР можуть ідентифікувати вироби розташовані в контейнері, завдання полягає в розпізнаванні позиції кожного окремого виробу при його поданні в довільному порядку, не кажучи вже про визначення оптимальності для роботизованого комплексу. Розширені СКЗ дозволяють усунути дану проблему, використовуючи пасивну візуалізацію, щоб роботизований комплекс міг автоматично ідентифікувати вироби незалежно від форми чи порядку розташування.

СКЗ, наприклад, Toshiba Machine, TSVision3D [21], використовує дві високошвидкісні камери для безперервного виконання захвату тривимірних зображень СКЗ, що застосовуються в лазерних технологіях. Використовуючи інтелектуальне ПЗ, система може обробляти отримані зображення і визначати точне положення виробів. Це дозволяє отримати найбільш логічний порядок підбору і робить це з точністю до міліметра, з тією ж легкістю, що і працівник людина.

У такій галузі, як СКЗ, нові стандарти та технології вводяться безпрецедентно швидко. Очікується, що промисловість галузі СКЗ для робототехніки зросте на десять відсотків і більше. Фактично промислові джерела в даний час прогнозують, що глобальні продажі компонентів для СКЗ досягне приголомшливих дев'ятнадцять мільярдів доларів до 2025 року або майже вдвічі перевищать теперішню поточну вартість. Таке зростання забезпечене необхідним рівнем фінансуванням для нових передових технологій та оновлення існуючих.

Провідні розробники СКЗ в робототехніці [1-4, 11]:

- NorPix провідний розробник ПЗ для виконання цифрового відеозапису і високошвидкісного відеозапису з використанням однієї або декількох камер;

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- VS Technology Corp є провідним виробником оптичних лінз, оптичних компонентів та системи освітлення в індустрії комп'ютерного зору;
- Vieworks Co Ltd, фірма, активно працює на ринках цифрових зображень із використанням своїх технологій візуалізації;
- Lumenera, структура Roper Technologies, Inc. виробляє високопродуктивні цифрові камери, що використовуються для наукових, промислових, наглядових та астрономічних додатків;
- Euresys, провідний виробник компонентів для отримання зображень, відео та ПЗ для обробки зображень;
- Teledyne DALSA є світовим лідером у наданні компонентів і рішень для СКЗ. Teledyne DALSA - єдина в світі компанія, що володіє основними технологіями, необхідними для сприйняття, захвату та наступної обробки зображень з використанням потужних, інноваційних давачів зображення, камер і плат збору даних для складного ПЗ для зору та інтелектуальних СКЗ;
- DAHENG IMAGING є провідною компанією в Китаї, яка створює, розробляє, виробляє та продає роботизовані комплекси, компоненти та рішення для медичного сектору;
- IMPERX, INC - американський виробник виробів для СКЗ протягом майже двох десятиліть, має великий вибір ліній CMOS та CCD-камер, а також широкий асортимент ноутбуків та настільних Framegrabbers [22].

Таким чином, можна підвести підсумок, що всього лише кілька років тому, коли СКЗ стояла біля витоків свого розвитку, вона була досить примітивною. Оскільки промислові камери не були такими передовими, як сьогодні, а роботизована логіка була ненадійною, більшість розглянутих додатків були технічно неможливими. Тепер, завдяки смартфонам, процес рвонув вперед, а просування зручних для користувача «інтелектуальних камер» зробив технологію СКЗ простіше, ніж коли-небудь.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк. 23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.3 Алгоритм виконання автоматизованого візуального контролю

Під час використання АВК на промисловому виробництві СКЗ вирішується ціла низка різноманітних завдань, однак робота даних систем зазвичай містить у собі чотири базових операцій:

Перша базова операція - отримання зображення досліджуваної деталі (з можливим використанням спеціалізованої підсвітки) (рис.1.8). На даному етапі виконується захват зображення, що містить необхідну візуальну інформацію про деталь, яка досліджується, з однієї або декількох встановлених камер. Для підвищення якості одержуваного приладом знімка може бути використано додаткове обладнання підсвітки об'єкта, що контролюється.

Друга базова операція - обробка зображення та виокремлення особливих ознак.

Якість отриманого знімка камерою не завжди відповідає потребам системи АВК. Так, втрати якості можуть бути пов'язані із поганим регулюванням кута нахилу камери, поганою освітленістю, шумом тощо. Однак, використовуючи спеціальні засоби, втрачена інформація може бути відновлена.

До таких засобів відносять наступні [1-4, 11]:

- засоби придушення небажаних відблисків (які можуть бути набуті від системи освітлення);

- фільтри зображення (просторові, лінійні, фільтри швидкого перетворення Фур'є та інші);

- засоби придушення геометричних спотворень, введених самою камерою.

Третя базова операція - проведення спеціалізованих вимірювань і математичний аналіз отриманих даних (рис. 1.8).

Після опрацювання зображення, яке було захвачено, виконується аналіз, характерний конкретній системі в даній предметній області. Таким чином, проводиться низка вимірювань фізичних характеристик реального об'єкта, що інспектується. Наприклад, до таких вимірювань можна віднести наступні:

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

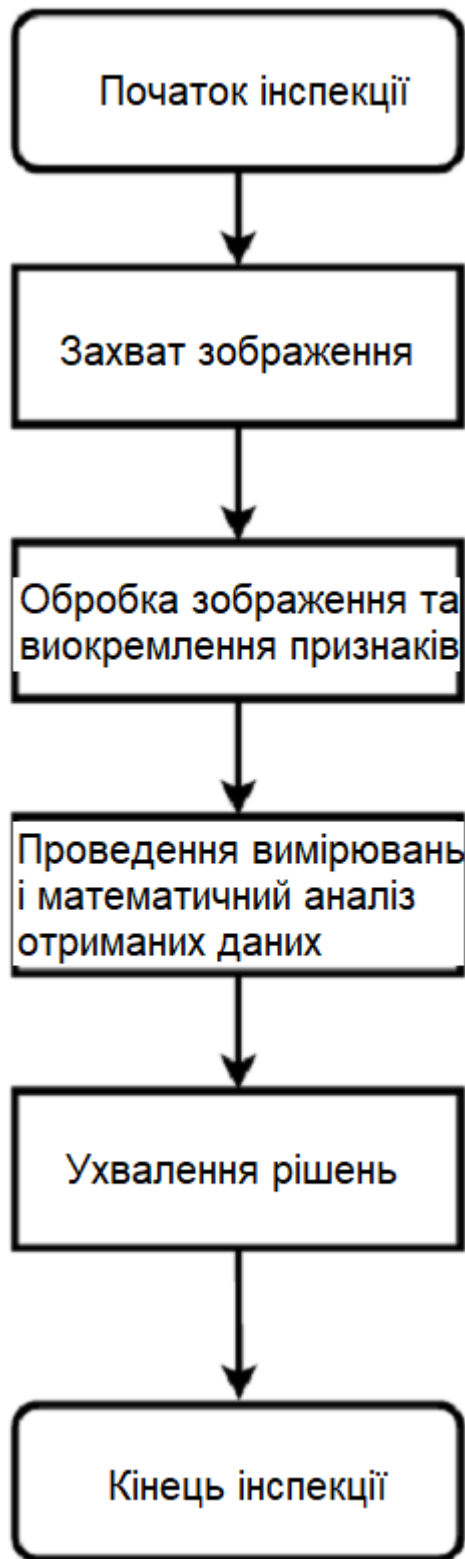


Рисунок 1.8 - Алгоритм проведення АВК

- визначення просторового положення реального об'єкта;
- вимірювання лінійних розмірів реального об'єкта (довжини, діаметра

тощо);

- визначення заздалегідь вказаних характеристик, таких як наявність маркування, технічного отвору та інших відмітних особливостей

Четверта базова операція - ухвалення рішення про класифікацію реальної деталі як допустимої або бракованої (із наявним відхиленням) (рис. 1.8).

Під час використання системи АВК якості виробу на виробничій лінії її завдання - визначити, чи відповідає деталь, що досліджується, вказаним стандартам якості.

Цей етап алгоритмічно може базуватись як на ймовірнісному підході, так і використовуючи правила нечіткої логіки, крім того окремо виділяють категорію алгоритмів, заснованих на нейронних мережах.

1.4 Висновки до першого розділу

Проведено коротку характеристику використання комп'ютерного зору в технологічних процесах. Описано склад типової системи комп'ютерного зору що використовується на автоматизованому виробництві. Створено алгоритм виконання автоматизованого візуального контролю виробу з використанням системи комп'ютерного зору.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		26

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИРОБІВ

2.1 Проблематика використання сучасних систем автоматизованого візуального контролю якості

Нині СКЗ широко використовують у багатьох додатках промислової автоматизації, зокрема в завданнях АВК кінцевої якості. У даному розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз ринку промислових СКЗ.

Сучасні СКЗ для промислової автоматизації сильно відрізняються від тих, що існували раніше. Так, застарілі сьогодні СКЗ були орієнтовані на низькорівневе ПЗ та вимагають повного програмного регулювання. Інша відмінна риса - практично повна відсутність графічного інтерфейсу користувача (або GUI). У зв'язку з цим такі СКЗ складні у впровадженні та підтримці на промисловому виробництві.

Існуючі сьогодні програмно-апаратні комплекси СКЗ являють собою модульні системи, що забезпечують більш легкий та зручний підхід до розроблення та впровадження систем в роботу. Це насамперед пов'язано із потребами сучасного виробництва, де важлива не тільки експлуатаційна надійність СКЗ, а й можливість впровадження за дуже короткий термін. Не менш важлива вимога - простота у використанні та загальній підтримці СКЗ. Саме тому ключовою особливістю більшості сучасних СКЗ є розвинений GUI. Такий підхід дає можливість працювати в СКЗ не тільки спеціалістам та експертам у галузі СКЗ, а й іншим кваліфікованим користувачам, наприклад, інженерам на складальних лініях. Завдяки інтуїтивно зрозумілому GUI і величезним бібліотекам готових варіантів, може бути побудована систему АВК якості практично будь-якого рівня складності [23-26].

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

потужністю і здатні працювати тільки за наявності з'єднання з ПК або PLC.

Ranger [27] - представник даного типу пристроїв компанії SICK [27]. Пристрій здатний зчитувати до тридцяти тисяч профілів на секунду. Завдяки ступеню захисту IP65 – є можливість роботи в найскладніших умовах. Наявність декількох лазерів дозволяє без сповільнень отримувати інформацію про 3-D профіль об'єкта, яскравість поверхні та ступінь розсіювання лазера в матеріалі об'єкта, що сканується. Така властивість носить назву мультисканування.

Зовнішній вигляд пристроїв компанії SICK [27], що використовуються в СКЗ, представлений на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Компоненти СКЗ компанії SICK [27]:

а – інтелектуальні камери; б – 3-D камери; в - відеодавачі

СКЗ Siemens Simatic MV [28]. Siemens AG - німецький транснаціональний концерн, світовий лідер у галузі виробництва електроніки, транспорту та надання спеціалізованих послуг у різних галузях промисловості.

Simatic Machine Vision [28] – група виробів компанії Siemens, являють собою програмно-апаратний комплекс на створення СКЗ. Основним завданням даної системи є побудова високопродуктивних АВК якості продукції, що

випускається.

Компанія Siemens виготовляє два класи пристроїв комп'ютерного зору [28]:

- Simatic VS100 [28] – відеодавачі для виконання операцій візуального контролю деталей. До основних завдань, вирішуваних даними відеодавачами, можна віднести наступні: визначення просторового становища деталі, перевірка відсутність дефектів, ідентифікація об'єкта з маркування тощо.

Розглянемо, наприклад, відеодавач Simatic VS110 – представника сімейства пристроїв Simatic VS100 [28]. До основного недоліку Simatic VS110 можна віднести обмеження у розмірі об'єкта, що досліджується не більше - 59x40x20 мм.

Simatic VS110 складається з блоку відображення зображень та головки давача. Безпосередній АВК виконується шляхом обробки тіньового зображення деталі, що надходить на головку давача. Такий тип обробки даних підходить далеко не для кожного автоматизованого виробництва.

- Сімейство Simatic VS720 [28] – це наступне покоління відеодавачів, яке відрізняється більш широким функціоналом.

У сімейство VS720 [28] входить п'ять типів давачів, які відрізняються роздільною здатністю, продуктивністю та іншими характеристиками. У цілому дане сімейство характеризується наступними показниками:

- потужна апаратура та досить широкий спектр функцій для програмування;

- повний спектр програмних та апаратних рішень для аналізу відеозображень різного ступеня складності;

- можливість побудови потужних інтегрованих рішень на базі спільного використання СКЗ та PLC сімейства Simatic S7 [28];

- гнучкі комунікаційні функції: можливість передачі не лише результатів інспекції через мережу, а й самого отриманого та обробленого зображення.

Розглянемо функціональні можливості сімейства пристроїв на прикладі

відеокамера Simatic VS725 Color (рис. 2.2). Даний відеодатчик забезпечує захват та аналіз кольорових зображень із загальною роздільною здатністю 640/480 пікселів на дюйм.



Рисунок 2.2 - Загальний вигляд відеокамери Siemens VS725 [28]

Прилад вирішує цілий спектр можливих завдань, у тому числі:

- перевірка повноти комплектації виробів;
- прецизійний відео контроль виробів;
- аналізування форми об'єктів;
- аналізування 1D/2D кодів, буквено-цифрової інформації;
- контролювання якості фарбування поверхні за допомогою аналізу кольорових кодувань;
- контролювання відхилення у друку та багато інших завдань.

На відміну від покоління VS100, пристрої VS720 випускаються в компактні інтегровані корпуси (див. рис. 2.2). Окремі модулі служать реалізації додаткових функцій. Так, наприклад, VS Link PROFIBUS – служить для підключення відеокамер до PLC Siemens S7 S-400 у вигляді відкритої промислової мережі Profibus [28].

СКЗ National Instruments [30].

National Instruments (NI) [30] – найбільша американська компанія, є одним із світових лідерів у галузі розробки та виготовлення апаратного та ПЗ для систем автоматизованого тестування.

складних умовах.

СКЗ - у деяких випадках для вирішення задач, що встановлюють для СКЗ, достатньо скористатися обчислювальними ресурсами ПК загального призначення або інтелектуальних камер фірми National Instruments.

СКЗ National Instruments – апаратні комплекси на вирішення завдань АВК.

Існує кілька категорій СКЗ:

- промислові контролери фірми National Instruments [30] – найпотужніші пристрої у лінійці NI Vision Systems. Включають нові ЦПУ фірми Intel для високопродуктивної обробки захоплених зображень;

- компактні СКЗ (або Compact Vision Systems, CVS) – спеціалізовані обчислювальні пристрої, що мають невеликі габаритні розміри. Пристрій CVS є автономним багатоцільовим пристроєм для захоплення і наступної обробки до трьох зображень в режимі реального часу [32].

Великою перевагою компактних СКЗ є відсутність рухомих частин та технічних отворів у корпусі, що дозволяє встановлювати СКЗ на підприємствах із підвищеним вмістом вологи у повітрі.

Розглянемо докладніше характеристики компактних СКЗ з прикладу вбудовуваної системи реального часу фірми National Instruments EVS-1464RT [32] (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Загальний вигляд СКЗ NI EVS-1464RT [32]

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.

33

Цей пристрій є компактною СКЗ і має наступні технічні характеристики, які зведено до табличного вигляду.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики СКЗ NI EVS-1464RT [32]

Процесор	Intel Core Duo, тактова частота 1,66 ГГц
ПЗУ	1 Гбайт
Відео виходи	DVI
Підтримка промислових протоколів	- TCP/IP - Modbus/TCP - EtherCAT - Ethernet/IP - RS-232
Підтримка інтерфейсів для підключення камер	- GigE - IEEE 1394
Послідовний порт	+
Кількість портів USB	чотири
Кількість портів Ethernet	два
Габаритні розміри	220x110 мм
Діапазон робочих температур	від 0 до +45 °С

СКЗ фірми NI EVS1464-RT по суті є ПК і має у своєму складі наступні компоненти: ЦПУ, ПЗУ, оперативна пам'ять, відеокарта та карта відеозахоплення. За допомогою інтерфейсу Ethernet виконується доступ до файлової системи пристрою, а також конфігурування СКЗ.

Таким чином, після конфігурування дана СКЗ здатна працювати як повністю автономний пристрій, взаємодіючи з іншими пристроями (PLC, ПК) за допомогою використання спеціалізованих промислових протоколів.

2.3 Висновки до другого розділу

Охарактеризовано проблематику використання сучасних систем автоматизованого візуального контролю якості виробів на виробництві. Проведено класифікацію існуючих систем комп'ютерного зору для виконання автоматизованого візуального контролю виробів.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

3.1 Розробка системи автоматизованого візуального контролю якості виробів на основі виробничої системи MPS 500 фірми Festo

Festo AG [34] – найбільший виробник промислового обладнання та систем автоматизації, дислокується у Німеччині, головною сферою діяльності компанії є пневмоавтоматика. Гнучка виробнича система Festo MPS 500 [34] є спеціальним навчальним апаратним комплексом, що моделює велике складальне виробництво. Особливістю Festo MPS 500 [34] є модульна конструкція, що робить дану систему послідовною та розширюваною. Таким чином, виробнича система MPS 500 [34] складається із десяти станцій (рис. 3.1). Кожна станція керується власним PLC Festo FC 640 [35], проте на кожному етапі складального процесу виробів відбувається взаємодія PLC між собою за спеціалізованим протоколом.

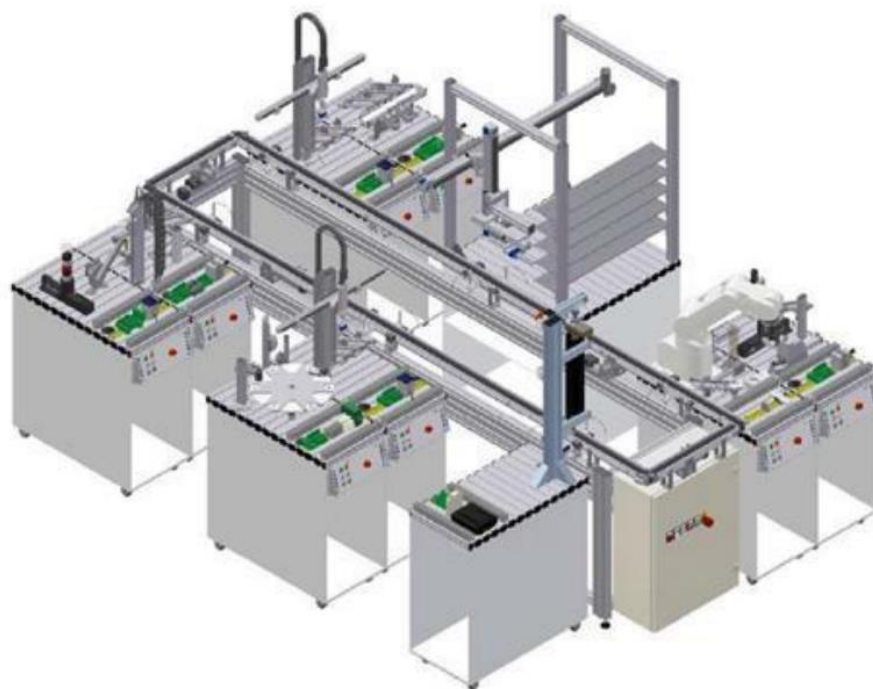


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд автоматизованої складальної лінії MPS500 фірми Festo [34]

За кожною зі станцій системи закріплено певне завдання. Так, наприклад, основне завдання станції №1 «Contributing» (або розподіл) – транспортування спеціалізованих заготовок із магазину станції на посадкову платформу станції №2 «Testing» (або тестування) для подальшого аналізу та передачі на ленту конвеєру.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка і впровадження нової станції у виробничу систему. Основним завданням впровадженої станції є проміжний АВК якості виробів складального виробництва.

3.2 Розробка апаратної частини автоматизованої системи візуального контролю якості

Для реалізації поставлених технічних завдань було вибрано наступне обладнання:

- National Instruments EVS-1464RT [36] – вбудована СКЗ із операційною системою реального часу. Перевагою використання даної системи є її компактність, повна автономність та достатні показники швидкодії. Наявність комунікаційних портів Ethernet, і підтримка протоколів обміну даними типу TCP/IP та Modbus дозволяють взаємодії системи, що розробляється, з PLC гнучкої виробничої системи MPS 500 фірми Festo.

- National Instruments PS-15 [37] – джерело безперебійного живлення обчислювальної системи EVS-1464RT. У таблиці 3.1 наведено технічні характеристики даного пристрою.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики NI PS-15 [37]

Параметр	Значення
Діапазон вхідної мережевої напруги	Номінальний від 100 до 200 В або Від 200 до 240 В
Частота вхідної напруги	Від 50 до 60 Гц

Номинальна вихідна напруга	24 В
Номинальна вихідна сила струму	6А
Номинальна вихідна потужність	144 Вт

Basler scA1390-17fm [38] - камера з інтерфейсом IEEE 1394, матрицею Sony ICX267 та частотою до сімнадцяти кадрів в секунду при роздільній здатності не більше 1,4 МП. Більш детальні технічні характеристики наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики NI EVS-1464RT [36]

Параметр	Значення
Глибина кольору	12 Біт
Виконання синхронізації	Порт IEEE 1394
Відношення сигнал-шум	40 дБ
Квантова ефективність	при 545 нм 43%
Споживання енергії	2,75 Вт
Вага	160 гр
Габаритні розміри	73,7x44,0x29,0 мм

Наявність інтерфейсу IEEE 1394 дозволяє виконувати використання даної камери спільно з описаною вище СКЗ фірми National Instruments.

На рисунку 3.2 представлено схему підключення обраного обладнання для налаштування та конфігурування автоматизованої СКЗ.

Діаграма станів ілюструє алгоритм розробленого додатку у вигляді зв'язкового графа. Вершинами графа є інспекції, і за допомогою використання ребер виконується конфігурування умови переходу між вершинами. У найпростішому додатку АВК, що складається з єдиної інспекції, діаграма станів виглядає наступним чином (рис. 3.4).

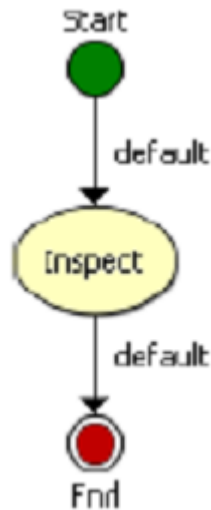


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд діаграма станів для єдиної інспекції

Більш складні алгоритми АВК можуть бути створені шляхом додавання додаткових інспекцій та умов переходу між такими інспекціями. На рисунку 3.5 наведено загальний вигляд такого алгоритму, що включає умовні відгалуження та цикли.

Інтерфейс інспекції програми, розробленої в середовищі Vision Builder AI [32], служить для моніторингу виконаних перевірок та аналізу статистики. Зовнішній вигляд вікна інспекції представлено на рисунку 3.6.

Вікно результатів інспекції (рис. 3.6) – використовується для відображення списку проміжних станів інспекції. Для кожного з проміжних станів виводиться назва стану, результат стану (PASS або FAIL), результати зроблених вимірювань і коментар у випадку якщо деталь не проходить за критеріями оцінки якості.

Вікно поточного зображення, що обробляється.

Вікно статистики інспекції (рис. 3.6) – відповідає за відображення статистичної інформації проведеної інспекції, наприклад, таку як час обробки та

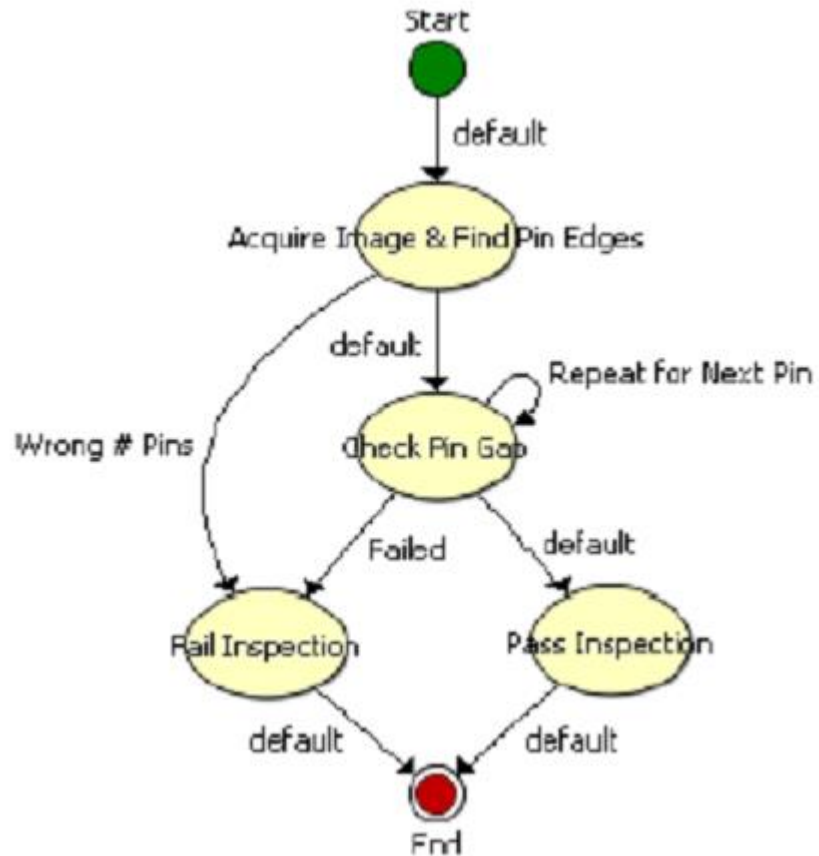


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд діаграми станів з умовними переходами [32]

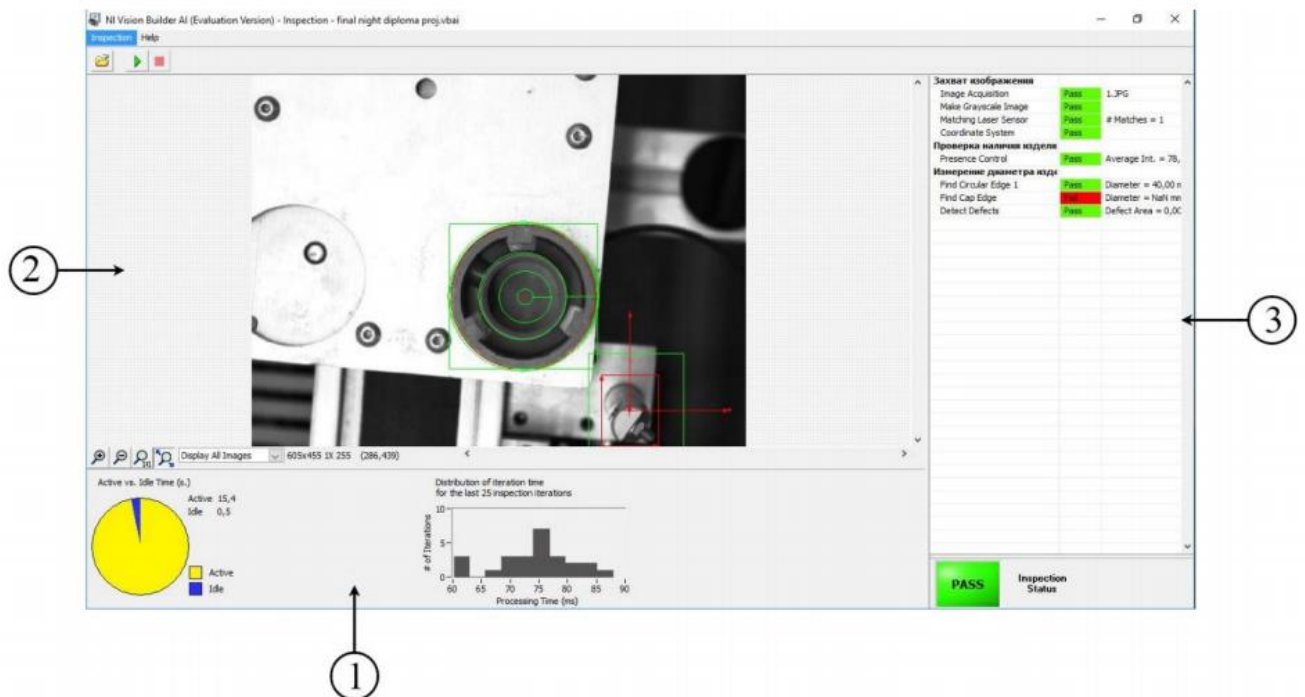


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд режиму інспекції Vision Builder AI [32]:
 1 – Вікно результатів поточної інспекції; 2 – вікно поточного зображення;
 3 – вікно статистики інспекції

результати роботи кожного з станів.

3.4 Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу

Загальне завдання АВК якості виробу розбивається на низку контрольних перевірок, які називаються проміжними етапами інспекції.

Об'єктом, якість якого оцінюється за допомогою АВК, що розробляється, є заготовка, що представляє собою пластиковий циліндр. Загальний вид заготовки представлений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 - Загальний вигляд виробу

Дані заготовки транспортуються до місця виконання інспекції за допомогою транспортної системи (ленти конвеєра), на спеціалізованому візку для заготовок.

Таким чином для визначення, чи є поточна досліджувана деталь бракованою, в СКЗ, що розробляється, послідовно виконується ряд проміжних етапів обробки отриманого зображення. Деталь вважається такою, що пройшла інспекцію в тому випадку, коли послідовно успішно пройдено всі проміжні стани перевірки.

Коротко охарактеризуємо методи, використані на кожному даному етапі.

Перший крок - створення системи координат. У завданнях СКЗ доцільно

на кожному стану інспекції обробляти не повністю дані які надійшли з камери зображення, а лише частково. Таким чином, область, що обробляється алгоритмом СКЗ, носить назву Region of Interest, ROI (або Область Інтересу) [32]. Дана область вводиться із наступних причин:

- підвищення швидкості інспекції;
- підвищення якості результатів інспекції шляхом відкидання зайвих об'єктів на отриманому зображенні.

Для коректного визначення положення області інтересу на отриманому зображенні необхідно задати систему координат щодо будь-якого об'єкта [39], що буде зустрічатись на кожному зображенні, що обробляється. В якості такого об'єкту нами було обрано лазерний давач (рис. 3.8) виробничої лінії MPS 500 фірми Festo [34].

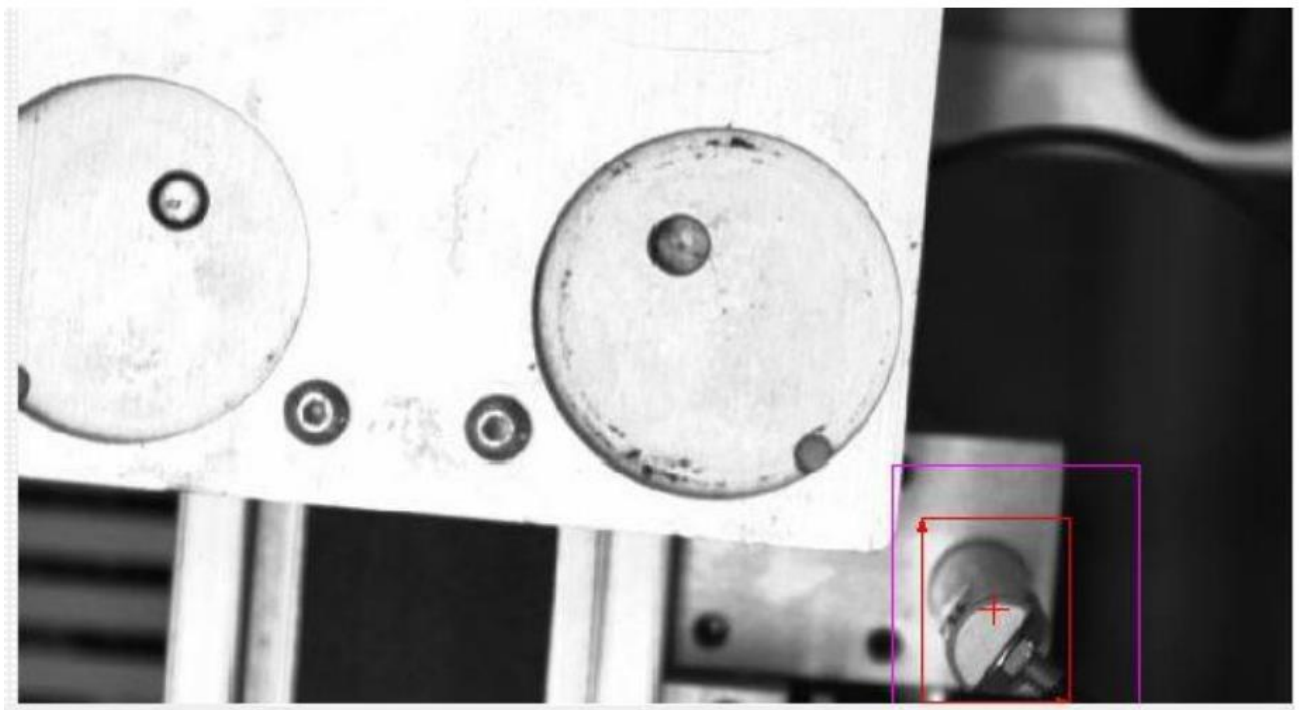


Рисунок 3.8 - Зовнішній вигляд лазерного давача на виробничій лінії MPS 500 фірми Festo [34]

В результаті при обробці отриманого зображення програма автоматично визначає положення описаного давача і створює систему координат.

Другий крок - виконання калібрування камери - за умовчанням, у

зображення на напівтонове (якщо точніше то зображення у відтінках сірого). Визначення наявності готової деталі на візку виконується шляхом вимірювання величини Intensity (або насиченості кольору) у посадкового місця готового виробу [40].

В результаті виконання низки досліджень було визначено порогову величину середньої насиченості кольору, що дорівнює 120.

На рисунку 3.10 представлено гістограми насиченості кольору для двох зображень: за наявності виробу та без виробу.

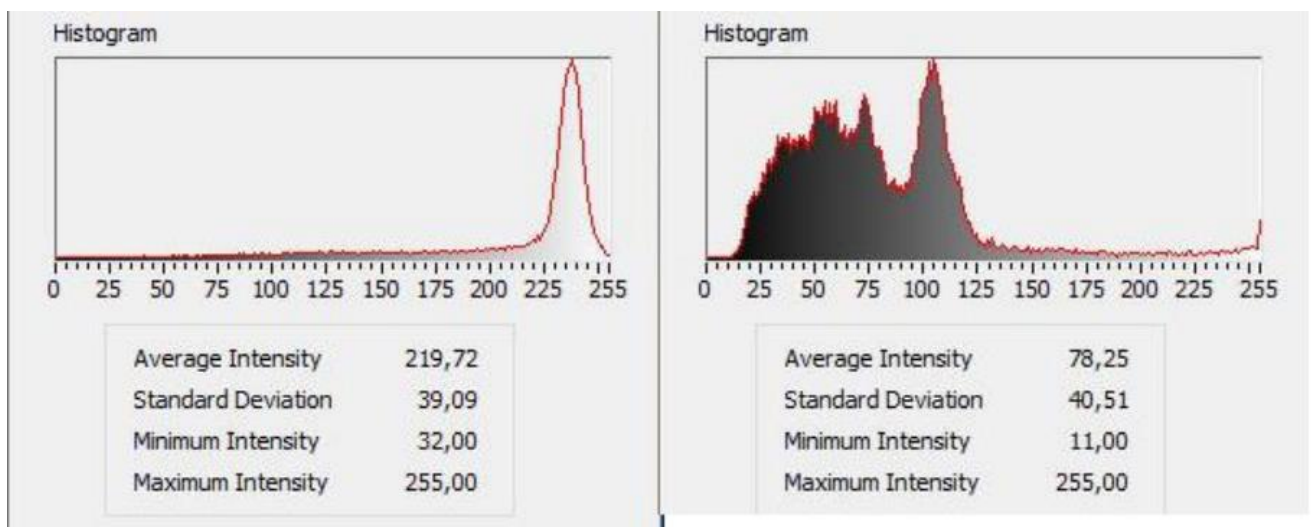


Рисунок 3.10 - Гістограми насиченості кольору, на першій – виріб відсутній, на другій – виріб присутній

Четвертий крок – виконання вимірювання діаметру виробу - для вимірювання діаметра виробу необхідно однозначно ідентифікувати границі виробу. Для виконання даної процедури в середовищі розробки Vision Builder AI [32] є вбудована функція - Find Circular Edge (або знайти границі у формі кола).

На даному етапі перевірки встановлюється область інтересу даної функції (рис. 3.11).

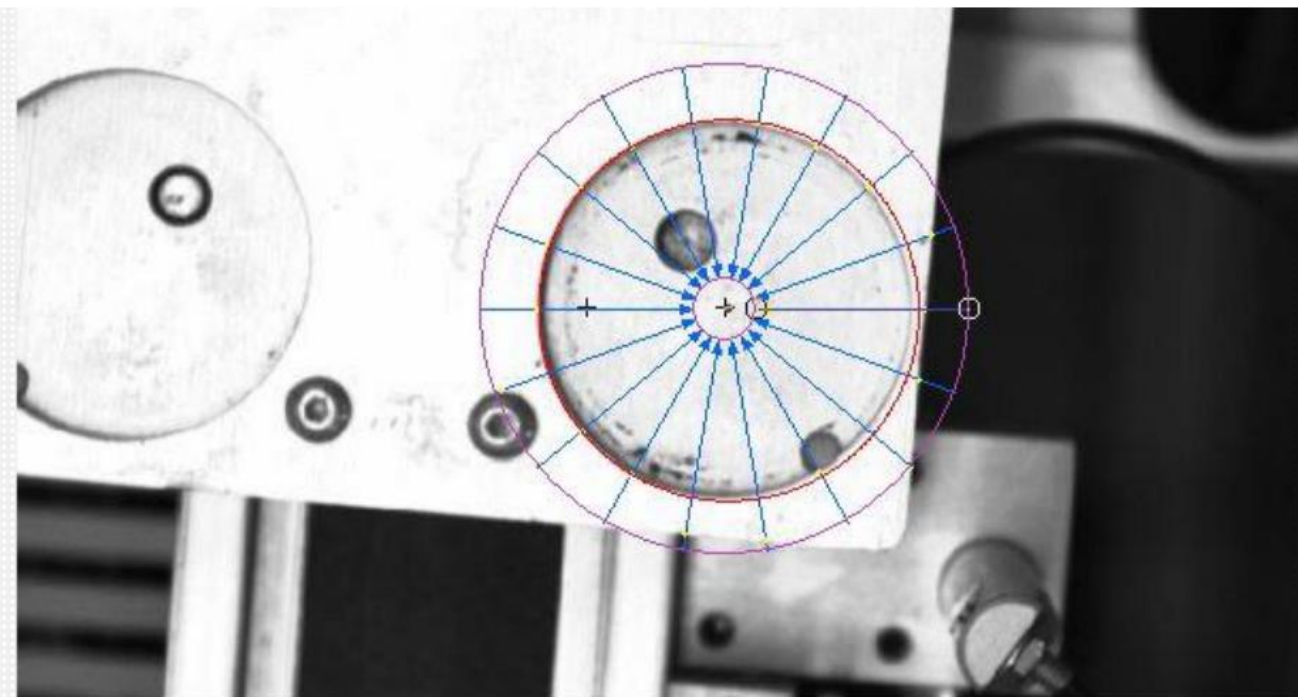


Рисунок 3.11 - Виділення області інтересу функції Find Circular Edge середовища розробки Vision Builder AI [32]

В результаті в автоматичному режимі виконується визначення координат центру виробу, діаметра та середньоквадратичного відхилення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Результати автоматичного вимірювання параметрів виробу

Параметр	Величина
Абсциса центру виробу, мм	61,1
Ордината центру виробу, мм	75
Фізичний діаметр виробу, мм	40
Відхилення, мм	0,15
Діаметр деталі в програмі, пікс	177,3

В результаті проведення більше ста досліджень було знайдено середньоквадратичне відхилення та розраховано похибку серії послідовних вимірів, яка не перевищує - 0,04 мм.

П'ятий крок – виконання перевірки установки кришки циліндра на виробі -

одним із етапів виробничого циклу на лінії MPS 500 фірми Festo [34] для виробу є його складання за допомогою використання промислового роботу фірми Mitsubishi. Останнім етапом складання є встановлення кришки на виріб. Однак, через деякі обставини (наприклад, відсутність кришок) даний етап може бути пропущений системою.

У зв'язку з цим одним із основних завдань розробленої системи АВК є перевірка наявності даної кришки на готовому виробі. У разі її відсутності – деталь буде класифікуватись не як бракована, а як така, що не пройшла весь послідовний цикл складання.

Відповідне повідомлення передається пристрою, що керує складальною лінією, та людині-оператору автоматизованої системи.

Особливість кришки готового виробу - наявність отвору діаметром 10 мм в її центрі. Саме дана ознака буде використовуватись при визначенні наявності (або відсутності) кришки на готовому виробі.

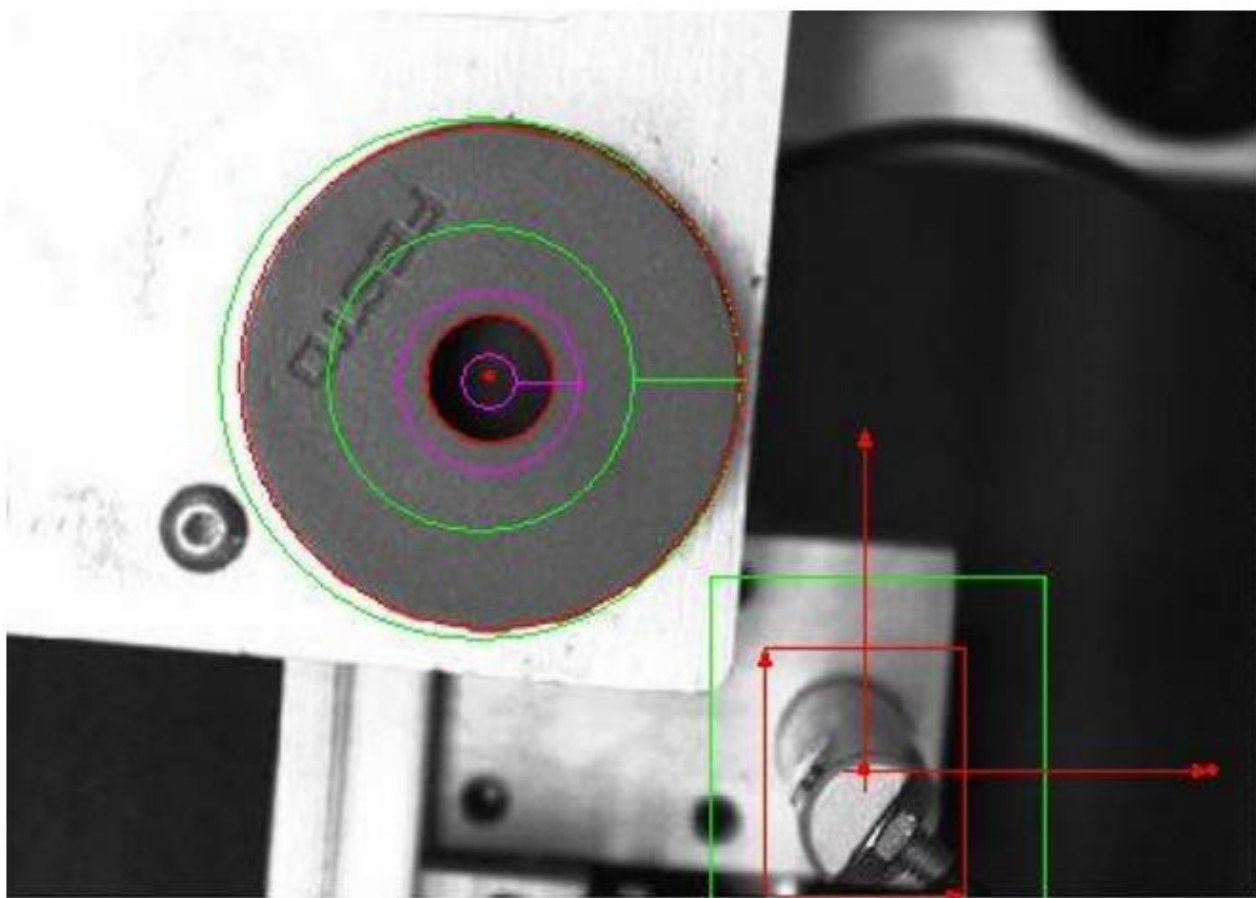


Рисунок 3.12 – Перебіг процесу ідентифікації кришки готового виробу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.
48

Шостий крок – зіставлення отриманого зображення з еталонним зображенням - це процес, в якому еталонне зображення виробу визначається і зберігається в пам'яті пристрою. Даний шаблон також згадується як еталонне зображення [32].

Коли реальне зображення заготовки розташованої на виробничій лінії отримується за допомогою використання камери, АВК в автоматичному режимі виконує необхідний пошук потрібного шаблонного зразка, що зберігається в пам'яті пристрою, і підтверджує чи зображення шаблону відповідає чи ні. Таким чином, порівняння за зразком - це досить важливий інструмент СКЗ, оскільки він мало залежить від зміни розмиття, освітлення чи наявності шуму.

У створеному додатку техніка пошуку з використанням шаблонних зображень використовується для контролю якості готового виробу. В автоматичному режимі виробляється виявлення недоліків, як-от відсутність маркування на кришці циліндра чи порушення форми циліндра. Відповідно, залежно від результату проведеної на попередньому етапі перевірки (перевірка наявності кришки на заготовці), для порівняння застосовуються різні стандартні зображення [41].

При реалізації даної функціональної можливості була використано вбудовану функцію програмного середовища Vision Builder AI [32], а саме функцію Detect Defects (або виявлення дефектів). На рис. 3.13 представлені результати проведення даного етапу інспекції у двох випадках: у випадку знаходження дефектних областей на зображенні та у випадку повної відповідності еталонному зображенню.

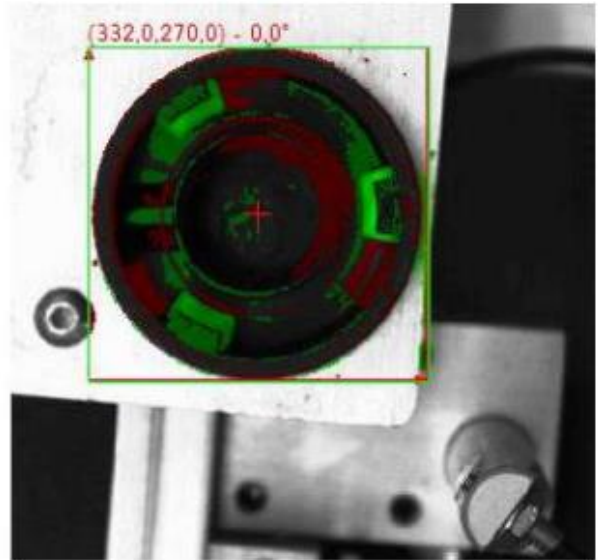
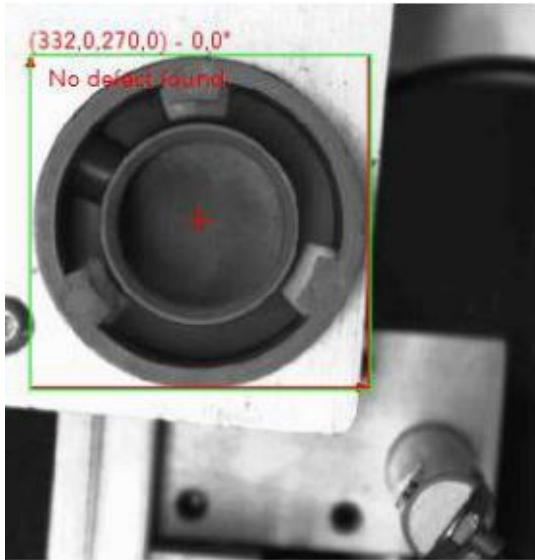


Рисунок 3.13 - Зіставлення зображення об'єкта із еталонним зображенням: на першому зображенні – повний збіг, на другому зображенні – режим виявлення дефектів

3.5 Висновки до третього розділу

Створено апаратну базу автоматизованої системи візуального контролю якості виробів на основі виробничої системи MPS 500 фірми Festo. Розроблено програму автоматизованого візуального контролю якості виробу на ленті конвеєра та алгоритм автоматизованої системи візуального контролю якості виробу.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.
50

ВИСНОВКИ

Завдання АВК якості на виробництві - актуальне завдання на сьогоднішній день. Використання СКЗ підвищує продуктивність автоматизованого виробництва, дозволяє удосконалювати якість виготовленої продукції, а також безперечно дає конкурентну перевагу компаніям, які впровадили дану технологію.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досліджено різні промислові СКЗ. В якості апаратної бази для вирішення поставленого завдання було обрано продукт фірми National Instruments, а саме СКЗ типу EVS-1464RT.

При створенні програми АВК для виробничої системи MPS 500 фірми Festo було вивчене середовище розробки фірми National Instruments - Vision Builder. В результаті дослідження було запропоновано алгоритм АВК якості пластикових заготовок.

Проведено тестування розробленої СКЗ та показано низку ситуацій, у яких експериментальним шляхом доведено працездатність розробленого алгоритму.

Основна вигода використання даної системи у тому, що вона забезпечує економію робочого дня і сприяє значному підвищенні продуктивності. Так, після інтеграції розробленої СКЗ у виробничий процес складання готового виробу на лінії MPS 500 фірми Festo, час циклу збирання однієї заготовки зменшився з 42 до 33,6 секунд. Таким чином, продуктивність складальної лінії зросла приблизно на двадцять відсотків.

Алгоритм досить повно демонструє можливості СКЗ фірми National Instruments - EVS-1464RT.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		51

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технології штучного інтелекту та основи машинного зору в автоматизації: теорія та практика / А.І. Жученко, І.Ю. Черепанська, А.Ю. Сазонов, Д.О. Ковалюк – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 386 с.
2. Довбиш А.С. Основи теорії розпізнавання образів : навч. посіб.: у 2 ч. / А.С. Довбиш, І.В. Шелехов – Суми : Сумський державний університет, 2015. – Ч. 1. – 109 с
3. Кутковецький В.Я. Розпізнавання образів : навчальний посібник / В.Я. Кутковецький – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2017. – 420 с.
4. Dana, H.: Ballard and Christopher M. Brown. Computer Vision. Prentice Hall, Englewood Cliff. <https://archive.org/details/computervision0000ball>
5. J. L. C. Sanz and D. Petkovic, “Machine Vision Algorithm for Automated Inspection of Thin-Film Disk Heads,” IEEE Trans. on PAMI, vol. 10, pp. 830-848, 2008.
6. C. Bahlmann, G. Heidemann, and H. Ritter, “Artificial Neural Networks for Automated Quality Control of Textile Seams,” Pattern Recognition, vol. 32, pp. 1049-1060, 1999.
7. A.R. Novini, “Fundamentals of Machine Vision Inspection in Metal Container Glass Manufacturing,” presented at Vision '90 Conference, 1990.
8. J. Ker and K. Kengskool, “An Efficient Method for Inspecting Machine Parts by a Fixtureless Machine Vision System,” presented at Vision '90 Conference, 1990.
9. H. Li and J. C. Lin, “Using Fuzzy Logic to Detect Dimple Defects of Polished Wafer Surfaces,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 30, pp. 1530-1543, 2004.
10. E. R. Davies, “Automated Visual Inspection,” in Machine Vision, vol. Chapter 19, 2nd Edition ed: Academic Press, 1998, pp. 471 -502.
11. Лекція №5. Дослідження систем технічного зору в робототехнічних

комплексах. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

https://msn.khmnu.edu.ua/pluginfile.php/555258/mod_resource/content/5/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_5.pdf

12. The world's first 3D vision system powered by AI. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.cognex.com/>

13. Robot vision made easy. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://pixycam.com/pixy-cmucam5/>

14. The world's leading interface standard for high-speed imaging. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.coaxpress.com/>

15. NAO the humanoid and programmable robot. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.aldebaran.com/en/nao>

16. Rethink Robotics Meets German Engineering. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.rethinkrobotics.com>

17. Common Vision Blox - powerful, fast, modular. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

https://www.stemmer-imaging.com/s/solutions/common-vision-blox-cvb?language=en_US

18. Scorpion Vision - Machine Vision Automation UK. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.scorpion.vision>

19. Matrox Imaging Library X. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://info.matrox.com/imaging/mil-x/piecing-your-vision-together>

20. VisionPro Software. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.cognex.com/products/machine-vision/vision-software/visionpro-software>

(ICSPAT'97), 2010.

40. J. J. Hunter, J. Graham, and C. J. Taylor, "User Programmable Visual Inspection," *Image and Vision Computing*, vol. 13, pp. 623-628, 2013.

41. Forsyth, D. F. and Ponce, J. *Computer Vision-A Modern Approach*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. – 2002.

42. Кваліфікаційна робота : методичні вказівки щодо її виконання для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Ю.В. Форкун, Г.І. Радельчук, І.В. Форкун, А.С. Каштальян, В.В. Мартинюк. Хмельницький : ХНУ, 2020. – 50 с.

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

ДОДАТКИ

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

Додаток А
(презентаційні слайди)

Автоматизація системи візуального контролю якості виробів

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

МЕТА

Основною метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є комплексне вирішення проблеми автоматизації візуального контролю якості виробів складального виробництва.

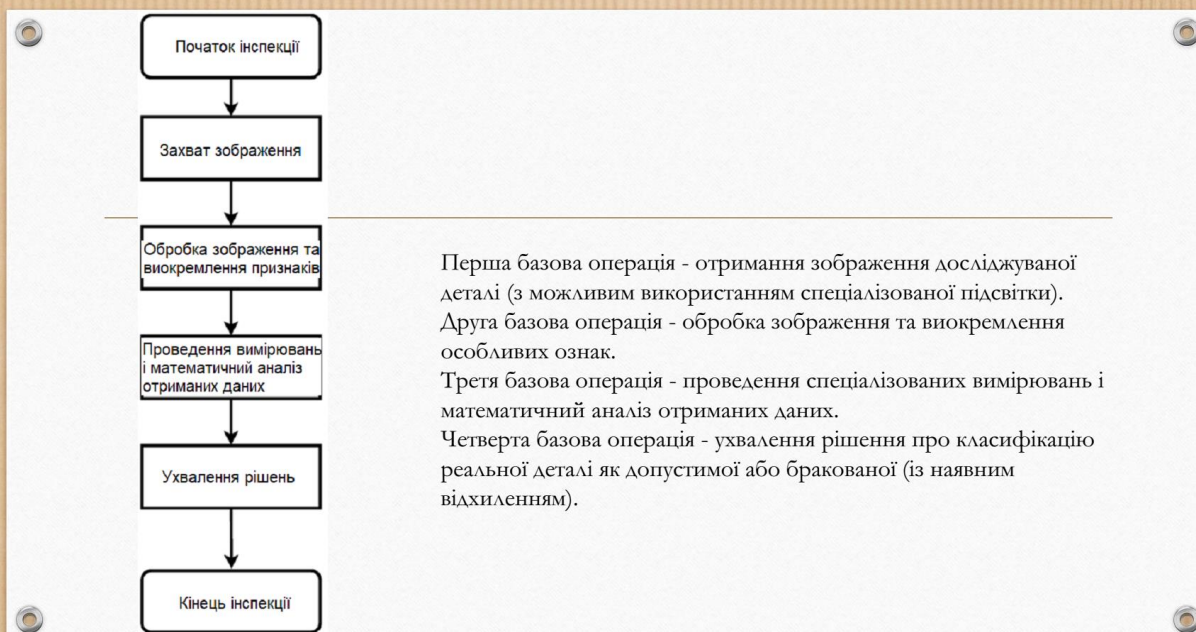
Для реалізації встановленої мети в кваліфікаційній роботі вирішується ціла низка завдань, таких як дослідження існуючих рішень візуального контролю якості та пошук відповідної апаратної бази для реалізації проекту.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.

58





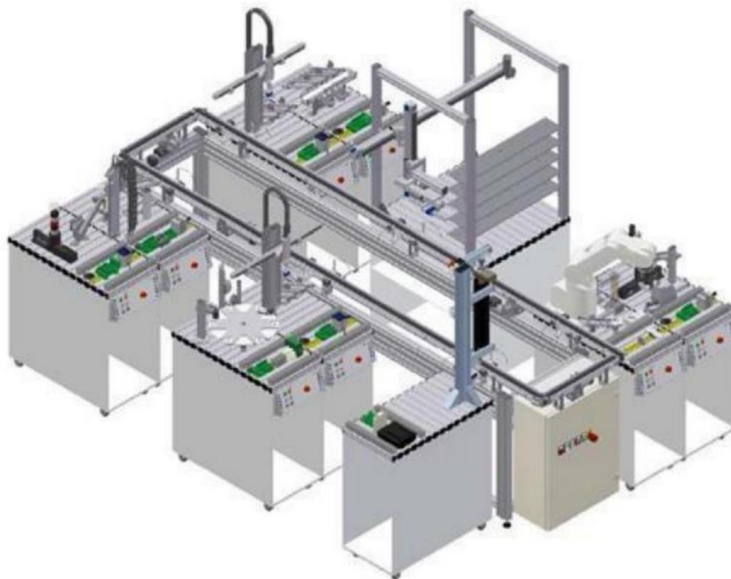
a)



б)



в)



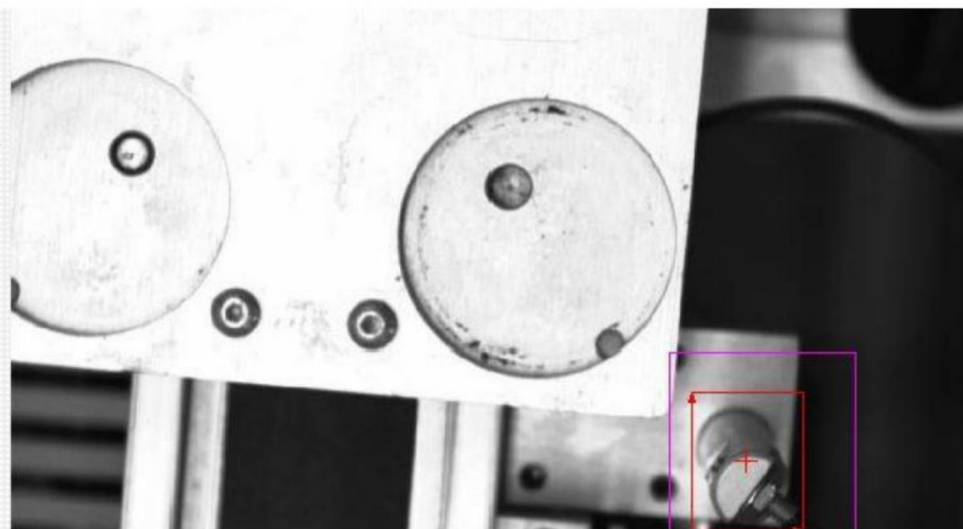
Загальний вигляд
автоматизованої
складальної лінії
MPS500 фірми Festo

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

Арк.
60

Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу



Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу

NI Calibration Training Interface - New Calibration *

Step 4 - Specify Real-World Distances

Specify a different scale for the Y axis if your sensor has rectangular pixels, or if you want to account for scaling in only one direction. Click Next to define values for the Y axis.

Specify a different scale for the Y axis

Select 2 points by clicking the image, then define the distance between the points in real-world units. Select the point in the list to adjust X and Y coordinates.

Points	X	Y
<input checked="" type="checkbox"/> 1-User Point 1	451	447
<input checked="" type="checkbox"/> 2-User Point 2	479	410

Distances

Image Length: 46,40

Real World Length: 10

Unit: pixels / millimeter

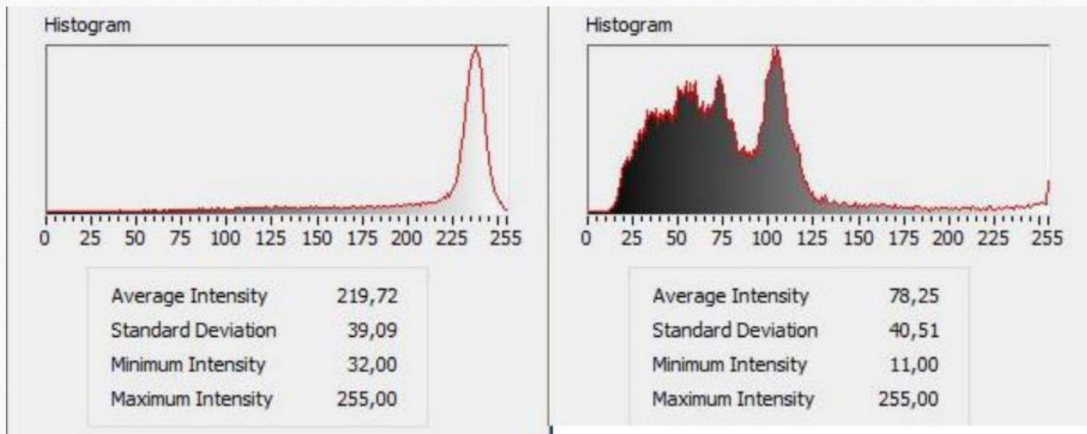
605x455 4X (452,373)

OK Cancel Help

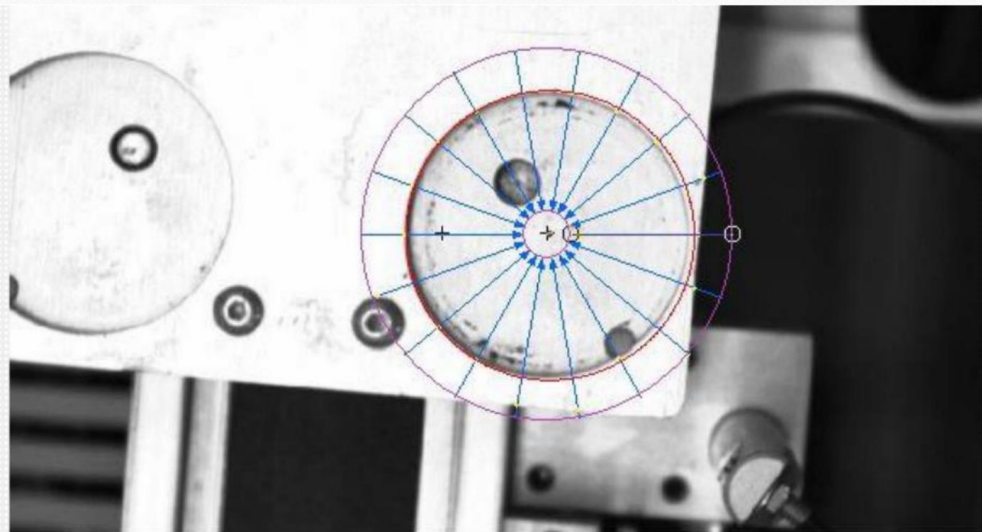
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

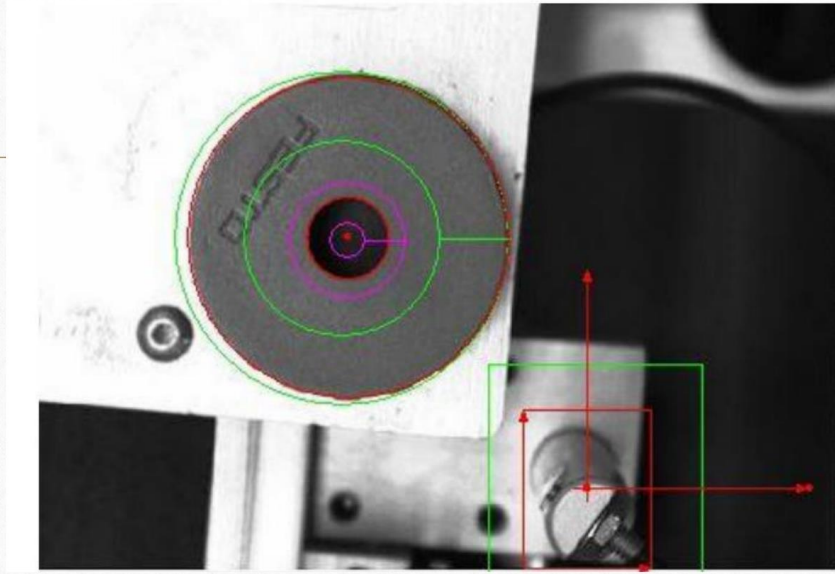
Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу



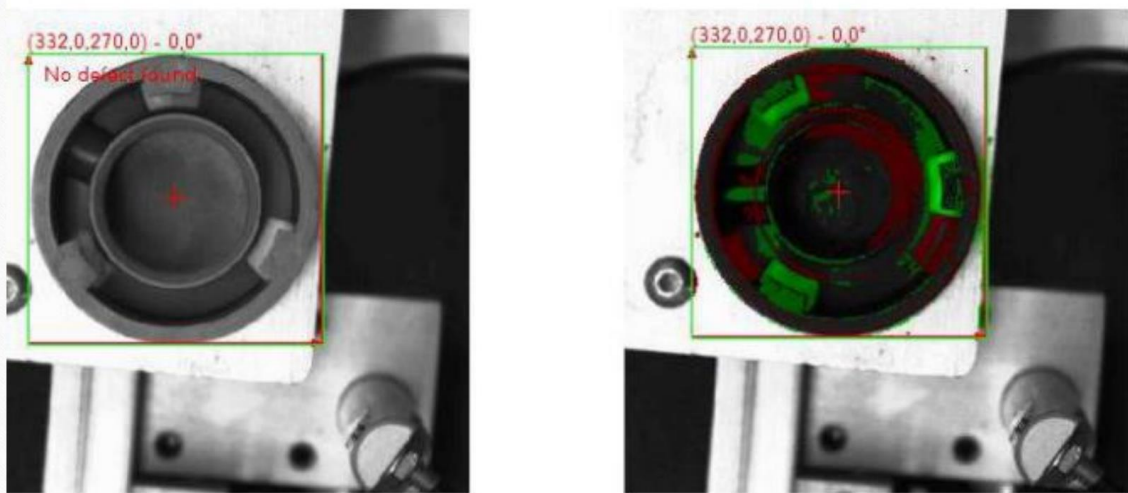
Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу



Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу



Розробка алгоритму автоматизованої системи візуального контролю якості виробу



Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

					<i>КВРАКІТ.2021052.01.05 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Катанов Ігор Володимирович

Тема: Автоматизація системи візуального контролю якості виробів

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 13 Кількість сторінок записки 57

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: вирішення проблеми автоматизованого візуального контролю якості виробів складального виробництва

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

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі виконано коротку характеристику використання комп'ютерного зору в технологічних процесах. Описано склад типової системи комп'ютерного зору що використовується на автоматизованому виробництві. Створено алгоритм виконання автоматизованого візуального контролю виробу з використанням системи комп'ютерного зору. У другому розділі охарактеризовано проблематику використання сучасних систем автоматизованого візуального контролю якості виробів на виробництві. Проведено класифікацію існуючих систем комп'ютерного зору для виконання автоматизованого візуального контролю виробів. У третьому розділі створено апаратну базу автоматизованої системи візуального контролю якості виробів на основі виробничої системи MPS 500 фірми Festo. Розроблено програму автоматизованого візуального контролю якості виробу на ленті конвеєра та алгоритм автоматизованої системи візуального контролю якості виробу.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: доцільно було б виконати натурні експериментальні дослідження створеної системи автоматизованого візуального контролю якості виробів складального виробництва

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

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

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (3,75/с)

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

Майдан Павло Сергійович, доцент каф. МАЕЕС ХНУ

"18" 06 2024 р.

Майдан (підпис)

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

Катанов І.В.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТс-21 -1

ЗАЯВА

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

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

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

03.06.2024

дата



підпис

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

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

Назва: Автоматизація системи візуального контролю якості виробів

Автор: Ігор КАТАНОВ

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

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

Науковий керівник: к.т.н., доц. Людмила КОРЕЦЬКА

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

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

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

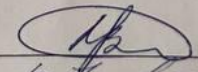


3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 12% і адресується до 67 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Людмила КОРЕЦЬКА

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 2.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 9%

ID: 130763 Назва: БКР Автоматизація системи візуального контролю якості виробів Додано в БД: 2024-06-16 Автора: Ігор КАТАНОВ Керівник: Людмила КОРЕЦЬКА Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	58626	893	1736 (3%)	20 (2%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1016363709

Дата перевірки:
15.06.2024 19:12:23 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
16.06.2024 10:06:18 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: Катанов_антиплаг (1)

Кількість сторінок: 57 Кількість слів: 9920 Кількість символів: 74709 Розмір файлу: 1.28 MB ID файлу: 1016169199

1134 слова позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

12% Схожість

Найбільша схожість: 9.86% з Інтернет-джерелом (<http://bigbro.com.ua/systema-tehnichnogo-zoru-osoblivosti-zavdannya>).

10.5% Джерела з Інтернету

67

Сторінка 59

1.88% Джерела з Бібліотеки

42

Сторінка 59

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0% Вилучення з Інтернету

1

Сторінка 60

0% Вилученого тексту з Бібліотеки

1

Сторінка 60

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

1