

УДК 004.932:681.5

Д. Дейна, студент гр. ПК-21; к.т.н., доц. Лисенко Ю.Ю.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЯВЛЕННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ДЕФЕКТІВ

Анотація. У статті розглядається розробка автоматизованої системи для виявлення візуальних дефектів продукції, описано структуру системи та її ключові блоки, а також принцип збору, обробки та аналізу візуальних даних у режимі реального часу. Також приділено увагу вибору цільової платформи, так як цей параметр є ключовим для забезпечення стабільної та точної роботи автоматизованої системи. Розроблено структурну схему системи з п'яти функціональних модулів; обґрунтовано вибір Raspberry Pi 5 як обчислювальної платформи.

Ключові слова: автоматизація, комп'ютерний зір, приладобудування, обробка даних, інтелектуальні системи

ВСТУП

Стрімкий розвиток технологій та впровадження сучасних підходів до організації виробництва зумовлюють необхідність переходу до більш ефективних та автоматизованих систем контролю.

Наявні методи перевірки продукції, що ґрунтуються на безпосередній участі людини у даному процесі, не здатні забезпечити необхідного рівня об'єктивності та стабільності результатів. Вони є обмеженими за швидкістю виконання, та значною мірою залежні від людського фактора, що у свою чергу підвищує ймовірність допущення помилок.

В умовах сучасного виробництва особливої важливості набувають автоматизовані системи, що здатні виконувати візуальний контроль продукції без прямої участі людини. Такі системи здатні забезпечувати достатньо високу швидкодію, точністю аналізу та можливість безперервної роботи в умовах застосування на виробничих лініях.

Ефективним підходом до реалізації подібних систем є використання методів машинного навчання та комп'ютерного зору, які дозволяють автоматично аналізувати зображення та виявляти відхилення від норми з прийняттям рішень про відбракування.

Тому розробка та практична реалізація системи автоматизованого виявлення дефектів продукції з використанням методів комп'ютерного зору є важливим і практично значущим завданням для сучасних виробничих процесів, що і визначає мету даної роботи.

ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ

Існуючі підходи до забезпечення контролю якості продукції, що ґрунтуються на візуальному огляді або застосуванні спеціальних технічних засобів, характеризуються рядом суттєвих недоліків, до яких можна віднести: значні витрати на реалізацію та інтеграцію; складність масштабування; обмеження швидкодії тощо. Тому є актуальним використання технологій комп'ютерного зору, які надають можливість автоматизувати процес аналізу візуальної інформації та підвищити ключові показники контролю якості [1-3].

При розробці таких систем особливу увагу варто приділяти забезпеченню оптимального співвідношення між точністю системи, швидкодією обробки

даних та ефективністю використання обчислювальних ресурсів. Це є важливою умовою для подальшої інтеграції такої системи у виробничі лінії для роботи в режимі реального часу.

Запропонована система орієнтована на автоматизоване виявлення дефектів продукції шляхом аналізу її візуального стану за переліком відповідних характеристики. Основною метою цієї системи є підвищення ефективності та надійності процесу контролю якості. До основних функцій описаної системи належать:

- отримання зображення в реальному часі;
- попередня обробка візуальних даних;
- виявлення досліджуваних об'єктів у кадрі;
- аналіз об'єктів щодо наявності відхилень від заданих параметрів;
- формування результатів контролю;
- прийняття рішення щодо пропуску чи відбракування продукції;
- передача отриманих результатів до центральної системи для збору даних.

Нижче зображено структурну схему запропонованої автоматизованої системи виявлення дефектів методами комп'ютерного зору (рис. 1).

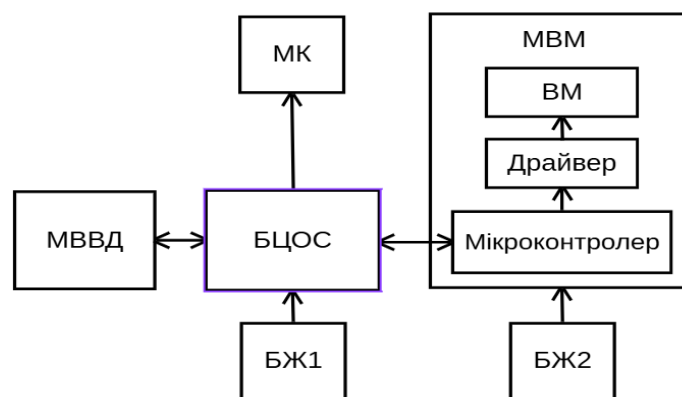


Рис. 1. Структурна схема система автоматизованого виявлення дефектів методами комп'ютерного зору

Автоматизована система виявлення дефектів складається з сукупності поєднаних функціональних модулів, які забезпечують повний цикл обробки - від отримання вхідних даних до прийняття остаточного рішення про відбракування об'єкта з виробничої лінії.

Ключовим елементом системи є центральний обчислювальний блок (БЦОС), який виконує функції координації роботи всіх складових модулів, обробки вхідних даних та формування сигналів керування. Як апаратну основу для реалізації даного блоку може бути використано мікрокомп'ютер достатньої обчислювальної потужності.

Важливу роль у системі відіграє модуль камери (МК). Даний модуль відповідає за формування вхідного відеопотоку та передачу до обчислювальної системи. Якість результатів роботи значною мірою залежить від характеристик камери, зокрема роздільної здатності та способу передачу даних.

Для виконання дій над об'єктами, зокрема видалення дефектної продукції з виробничої лінії, у складі системи передбачено модуль виконавчих механізмів

(MBM). Він функціонує під управлінням центральної обчислювальної системи та може бути реалізований з використанням окремого мікроконтролера, драйвера керування та відповідних виконавчих механізмів.

З метою забезпечення взаємодії користувача із системою передбачено модуль введення та виведення інформації (МВВД). Даний модуль забезпечує можливість виконувати налаштування, а також контролювати статус системи безпосередньо на місці. Даний блок можна реалізувати використовуючи модуль клавіатури та дисплей.

Для забезпечення стабільного функціонування системи передбачено роздільне живлення (БЖ1 та БЖ2), а саме окремо для обчислювального блоку та для блоку виконавчих механізмів. Такий підхід дозволяє уникати впливу високих навантажень з боку виконавчих пристроїв на роботу обчислювального блоку, що у свою чергу підвищує загальну надійність системи та знижує ризик пошкодження обладнання.

Окрім того в системі передбачається інтерфейс для можливості підключення до персонального комп'ютера, який може бути використаний для налаштування, моніторингу роботи та аналізу отриманих результатів.

ВИБІР ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ЯДРА

Обчислювальний блок є центральним елементом системи, що забезпечує виконання основних функцій, зокрема: керування; збір; аналіз даних. У зв'язку з цим вибір апаратної платформи повинен здійснюватись з урахуванням відповідності її технічних характеристик вимогам поставленої цільової задачі.

Оскільки у межах даної автоматизованої системи передбачається реалізації алгоритмів розпізнавання дефектів із застосуванням методів комп'ютерного зору, обчислювальна платформа повинна забезпечувати достатній рівень продуктивності для обробки візуальних даних.

Одним із варіантів для апаратної реалізації даного блоку розглядається одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi (рис. 2).

Даний мікрокомп'ютер є повноцінною обчислювальною системою, яка працює на базі операційної системи Linux, або подібної, та підтримує виконання прикладного програмного забезпечення, зокрема для обробки зображень.



Рис 2. Одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 5 [4]

Ця платформа має низку характеристик, що робить її застосування зручним у задачах автоматизованої обробки даних у складі виробничої лінії, а саме [4]:

- компактні габаритні розміри та низьке енергоспоживання;
- підтримка широкого спектра інтерфейсів підключення зовнішніх модулів;
- можливість інтеграції з периферійними пристроями.

Завдяки згаданим особливостям даний мікрокомп'ютер набув широкого застосування для побудови вбудованих систем, задачах автоматизації та комп'ютерного зору, де важливими показниками є компактність, доступність і достатній рівень обчислювальної потужності.

У якості альтернативи може бути розглянуто компактну версію даного одноплатного комп'ютера - Raspberry Pi Zero W (рис. 3).



Рис. 3. Одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi Zero W [5]

Даний модуль належить до сімейства Raspberry Pi, проте відрізняється меншими розмірами та зниженим енергоспоживанням. Ця платформа орієнтована на використання у складі вбудованих систем, де важливими параметрами є компактність конструкції та можливість бездротової передачі даних.

До ключових переваг цієї платформи можна віднести [5]:

- малі розміри, що дозволяє використовувати його в умовах обмеженого простору;
- дуже низьке енергоспоживання;
- підтримку бездротових інтерфейсів зв'язку;
- можливість підключення камери через спеціалізований інтерфейс.

Водночас слід зазначити те, що дана платформа має більші обмеження обчислювальної потужності, що зумовлено використанням однопоточного процесора та невеликим обсягом оперативної пам'яті. Це значною мірою ускладнює її застосування для задач, що потребують значних ресурсів, зокрема для обробки відеопотоку в реальному часі або використання складних моделей машинного навчання.

Таким чином, дана платформа може бути доцільно використана як рішення для реалізації простих або допоміжних функцій, але для побудови повноцінної системи комп'ютерного зору доцільніше використовувати більш продуктивні апаратні платформи.

Порівняльний аналіз основних технічних характеристик розглянутих платформ наведено в табл. 1.

Табл. 1. Порівняння характеристик апаратних платформ

<i>Характеристика</i>	<i>Raspberry Pi 5</i>	<i>Raspberry Pi Zero W</i>
Процесор	Cortex-A76, 4 ядра, 2.4 ГГц	Cortex-A7, 1 ядро, 1 ГГц
Оперативна пам'ять	4 / 8 ГБ LPDDR4X	512 МБ LPDDR2
Обробка відео	4Kp60 (апарат. декод.)	1080p30 (обмежено)
Підтримка камери	2× MIPI CSI роз'єми	1× MIPI CSI роз'єм
Інтерфейси	USB 3.0, HDMI, PCIe, GPIO	micro-USB, mini-HDMI, GPIO
Бездротовий зв'язок	Wi-Fi 802.11ac, BT 5.0	Wi-Fi 802.11n, BT 4.1
Габарити	85 × 56 мм	65 × 30 мм
Енергоспоживання	~5–10 Вт	~0.5–1 Вт
Придатність для обробки сигналу в реальному часі	Повноцінна	Обмежена

З урахуванням наведеного порівняльного аналізу для реалізації обчислювального блоку описуваної системи обрано одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 5. Дана платформа забезпечує достатній рівень обчислювальної потужності для обробки відеопотоку в реальному часі та виконання алгоритмів комп'ютерного зору, підтримує необхідні інтерфейси підключення модуля камери та виконавчих пристроїв, а також має прийнятні масогабаритні показники для інтеграції у склад виробничої лінії. Raspberry Pi Zero W, попри переваги у компактності та енергоспоживанні, не забезпечує необхідного рівня продуктивності для вирішення поставленої задачі, що унеможливорює її застосування як основної обчислювальної платформи у даній системі.

ВИСНОВКИ

У статті проаналізовано сучасні підходи до автоматизації контролю якості продукції. Визначено, що традиційні методи, які ґрунтуються на безпосередній участі людини, мають суттєві обмеження щодо швидкодії та об'єктивності результатів. Обґрунтовано доцільність застосування методів комп'ютерного зору для автоматизованого виявлення дефектів, що дозволяє підвищити точність та ефективність контролю якості.

Розроблено та описано структуру системи, що складається з п'яти функціональних модулів, та яка забезпечує повний цикл обробки даних – від отримання зображення до прийняття рішення щодо відбракування об'єкта. Проведено порівняльний аналіз варіантів апаратної реалізації обчислювального блоку. Встановлено, що одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 5 є найбільш доцільним вибором для побудови повноцінної системи комп'ютерного зору завдяки достатній обчислювальній потужності та підтримці необхідних інтерфейсів.

Таким чином, запропонована система є ефективним рішенням для реалізації автоматизованого контролю якості у виробничих процесах в режимі реального часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Я. І. Проць, О. А. Данилюк, Т.Б. Лобур Автоматизація неперервних технологічних процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2008. – 239с.
- [2] Основи машинного навчання : навч. посіб. / В. О. Харченко. – Суми : Сумський державний університет, 2023. – 264 с.
- [3] Пуйда В. Я. Система технічного зору для досліджень в області дефектоскопії матеріалів та виробів // Computer Systems and Networks. – 2022. - Vol. 4, No. 1. - С. 12-128. - DOI: <https://doi.org/10.23939/csn2022.01.122>.
- [4] Raspberry Pi Ltd. Raspberry Pi 5 product brief. [Електронний ресурс]. URL: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi5/raspberry-pi-5-product-brief.pdf> (дата звернення: 07.05.2026).
- [5] Raspberry Pi Ltd. Raspberry Pi Zero W Product Brief. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpizero2/raspberry-pi-zero-2-w-product-brief.pdf> (дата звернення: 07.05.2026). [0]

Наук. керівник – к.т.н., доц. Лисенко Ю.Ю.