

УДК 62-522.7

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2020.3.9>

Л.П. ГОЛУБЕВ

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»

ORCID: 0000-0002-2980-8017

Є.І. РЯБОКОНЬ

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

*У статті розглянуті питання застосування комп'ютерного зору в системі контролю якості продукції. Бібліотека «OpenCV» є ефективним програмним продуктом, застосовуваним в області комп'ютерного зору і розпізнавання образів. Дана бібліотека є бібліотекою з відкритим програмним кодом, що істотно збільшує можливості її застосування. Досліджено методи «Computer Vision» які використовуються для контролю якості продукції. Запропоновано новий метод контролю якості продукції, заснований на використанні засобів «Computer Vision». Характерною особливістю розробленого методу є знаходження бракованого виробу по його кольорному параметру. Алгоритм методу включає в себе захват відеоінформації з web-камери, обробку отриманої відеоінформації засобами бібліотеки OpenCV і аналіз відеоінформації. Якщо комп'ютер виявляє відхилення контрольованих параметрів у виробі, (відмінність за кольором) система зупиняє конвеєр і видає сигнал оператору про необхідність відібрати браковані вироби. Розроблено систему комп'ютерного зору, яка побудована на базі Web-камери Logitech C170. Обробка відеоінформації здійснюється міні-комп'ютером OrangePi PC. Розроблені алгоритми дозволяють стежити за продукцією, що випускається і знаходити вироби, кольорні параметри яких відрізняються від заданих значень. Запропонована технічна конфігурація має істотну перевагу в порівнянні з існуючими системами - найнижчу ціну. Практична реалізація розроблених алгоритмів показала високу ефективність запропонованого методу контролю якості продукції.*

*Ключові слова:* комп'ютерний зір, міні-комп'ютер, WEB-камера, контроль якості.

Л.П. ГОЛУБЕВ

Национальный технический университет Украины «КПИ им. И. Сикорского»

ORCID: 0000-0002-2980-8017

Е.И. РЯБОКОНЬ

Киевский национальный университет технологий и дизайна

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

*В статье рассмотрены вопросы применения компьютерного зрения в системе контроля качества продукции. Библиотека «OpenCV» является эффективным программным продуктом, применяемым в области компьютерного зрения и распознавания образов. Данная библиотека является библиотекой с открытым программным кодом, что существенно увеличивает возможности ее применения. Исследованы методы «Computer Vision» которые используются для контроля качества продукции. Предложен новый метод контроля качества продукции, основанный на использовании средств «Computer Vision». Характерной особенностью разработанного метода является нахождение бракованного изделия по его цветовому параметру. Алгоритм метода включает в себя захват видеoinформации с web-камеры, обработку полученной видеoinформации средствами библиотеки OpenCV и анализ видеoinформации. Если компьютер обнаруживает отклонение контролируемых параметров в выпускаемых изделиях, (отличие по цвету) система останавливает конвейер и выдает сигнал оператору о необходимости отобрать бракованные изделия. Разработана система компьютерного зрения, построенная на базе Web-камеры Logitech C170. Обработка видеoinформации осуществляется мини-компьютером OrangePi PC. Разработанные алгоритмы позволяют следить за выпускаемой продукцией и находить изделия, цветовые параметры которых отличаются от заданных значений. Предложенная техническая конфигурация имеет существенное преимущество по сравнению с существующими системами – более низкую цену. Практическая реализация разработанных алгоритмов показала высокую эффективность предложенного метода контроля качества продукции.*

*Ключевые слова:* компьютерное зрение, мини-компьютер, WEB-камера, контроль качества.

L.P. GOLUBEV

National Technical University of Ukraine "KPI named after I. Sikorsky"

ORCID: 0000-0002-2980-8017

E.I. RYABOKON

Kiev National University of Technology and Design

## APPLICATION OF COMPUTER VISION IN PRODUCT QUALITY CONTROL SYSTEM

*The article deals with the application of computer vision in the product quality control system. The OpenCV library is an efficient software product used in the field of computer vision and pattern recognition. This library is an open source library, which significantly increases the possibilities of its use. The methods of "Computer Vision" which are used to control the quality of products have been investigated. A new method of product quality control based on the use of "Computer Vision" tools is proposed. A characteristic feature of the developed method is finding a defective product by its color parameter. The algorithm of the method includes capturing video information from a web camera, processing the received video information using the OpenCV library, and analyzing video information. If the computer detects a deviation of the controlled parameters in the manufactured products (difference in color), the system stops the conveyor and gives a signal to the operator to select the defective products. A computer vision system based on the Logitech C170 web camera has been developed. Video information processing is carried out by the OrangePi PC minicomputer. The developed algorithms allow you to monitor the output and find products whose color parameters differ from the specified values. The proposed technical configuration has a significant advantage over existing systems - a lower price. The practical implementation of the developed algorithms has shown the high efficiency of the proposed method of product quality control.*

*Key words: computer vision, mini-computer, WEB-camera, quality control.*

### Постановка проблеми

Дуже часто в конвеєрному виробництві, на фасувальних і пакувальних лініях, а також технологічних лініях з безперервними потоками сировини та готової продукції, для контролю якості продукції використовують безперервний людський візуальний контроль. І, дуже часто, не існує датчика, який може дистанційно зчитати інформацію з об'єкта, наприклад, його, колір, форму, правильність положення або текст, тобто ті параметри, які говорять про якість об'єкта або відповідно його вимогам виробництва. При цьому операції, що виконуються людиною характеризуються інтенсивністю, монотонністю і стомлюваністю [1-3].

Контроль якості на таких виробництвах може стати серйозною проблемою. Саме для усунення подібних проблем і використовуються системи комп'ютерного зору.

За рахунок застосування автоматизованих систем візуального контролю і аналізу відео зображень можуть бути успішно вирішені завдання:

- побудови систем візуального контролю якості продукції, що забезпечують швидке і точне виконання вимірювань,
- перевірку правильності складання і повноти комплектації виробів.

При цьому, візуальному контролю можуть підлягати вироби навіть мінімальних розмірів, наприклад, кристали напівпровідникових мікросхем;

Візуальний контроль та ідентифікація виробів в процесі виробництва підвищують якість продукції і скорочують час її виготовлення.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сучасних підприємствах вже почали використовувати передові технології контролю якості виробів, засновані на застосуванні комп'ютерного зору. Провідні західні фірми розробляють і виробляють системи машинного зору, використовуються для контролю якості [4-6]. Так, провідною в цій області є фірма Siemens, яка розробила лінійку SIMATIC.

SIMATIC Machine Vision-група виробів фірми SIEMENS для вирішення завдань аналізу відеозображень, що об'єднує в своєму складі інтелектуальні відео датчики двох сімейств:

- SIMATIC VS100 – відео-датчики для виконання операцій візуального контролю деталей, зчитування матричних або буквено-цифрових кодів;
- SIMATIC VS720 - інтелектуальні відео-датчики, що відрізняється найбільш широкими функціональними і комунікаційними можливостями.

Типовими областями застосування датчиків SIMATIC VS720 є системи машинного зору промислових роботів; контролю позиціонування об'єктів; виміру розмірів різних об'єктів; збірки; колірної ідентифікації; контролю форми об'єктів; ідентифікації кодів 1D і 2D; розпізнавання буквено-цифровий інформації.

Використання для цих цілей систем комп'ютерного зору дозволяє: знизити число бракованих виробів; здійснювати поставки тільки повністю перевіреної продукції.

Найбільший економічний ефект і точність роботи системи машинного зору дозволяють отримати в тих випадках, коли:

- можливо однозначне визначення кольору, форми і габаритів виробу;
- можливо використовувати обмежений набір характеристик для опису виробу;
- візуальний контроль виконується в обмеженому обсязі;
- розміри виробу допускають використання візуального контролю;
- існує чіткий контраст між виробом і фоном.

#### Формулювання мети дослідження

Однак, розглянуті вище системи комп'ютерного зору, мають істотний недолік - досить високою вартістю.

Дуже часто в процесі виробництва необхідно контролювати робили чи про готову продукцію за їх кольором. Це може бути контроль кольору, що випускається (в харчовому або полімерному виробництві) або контроль наявності на виробі ділянок заданого кольору.

Ці завдання відносяться до класу задач розпізнавання образів. Так, багато об'єктів можна класифікувати в залежності від їх кольору: вони або постійно мають певне забарвлення, або в деякі моменти їх забарвлення може бути регламентована досить чітко. Більш того, в зв'язку з тим, що існує безліч базисів уявлення колірних компонент (RGB, YUV, YCrCb, HSV і т. д.), нерідкі випадки, коли в тому чи іншому базисі даний об'єкт можна класифікувати практично безпомилково.

В даний час розроблені програмні засоби, що реалізують функції комп'ютерного зору. Найперспективнішим, на наш погляд, є використання бібліотеки з відкритим вихідним кодом - OpenCV.

Тому виникає завдання розробити просту, надійну і недорогу систему комп'ютерного зору для контролю якості продукції засновану алгоритмах, методах і засобах бібліотеки OpenCV.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) являє собою бібліотеку програмного забезпечення для комп'ютерного зору з відкритим вихідним кодом і машинного навчання.

OpenCV створений для забезпечення загальної інфраструктури додатків заснованих на комп'ютерному зорі для спрощене використання напрацювань і рішень великої кількості розробників в готових продуктах.

У бібліотеці є понад 2500 оптимізованих алгоритмів, які включають в себе повний набір класичних і сучасних алгоритмів комп'ютерного зору і машинного навчання.

Бібліотека OpenCV включає в себе наступні алгоритми:

- Розпізнавання об'єктів в потоці.
- Усунення спотворень картинки.
- Виявлення подібності та форми об'єктів.
- Стеження за переміщенням об'єкта.
- Розпізнавання рухів, жестів і багато іншого.
- Розпізнавання друкованого і рукописного тексту.

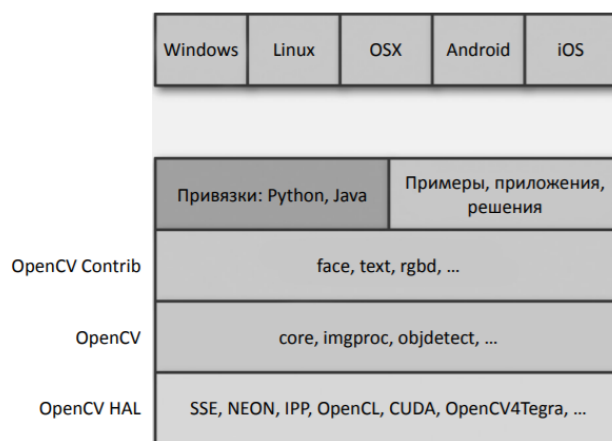


Рис. 1 Архітектура бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV

Для спостереження над ТП і отримання відео інформації використовувалася Web-камера Logitech C170. Обробка графічної інформації виконувалася на міні-комп'ютер OrangePi.

Схема включення системи контролю якості з використанням засобів Computer Vision в виробничий процес приведена на рис. 2.



Рис.2 Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи контролю якості

Перед початком роботи необхідно запрограмувати відео системи, яка включає в себе калібрування камери.

Алгоритм роботи системи складається з наступних кроків:

1. Захват відео інформації з web-камери;
2. Обробка отриманої з камери відеоінформації засобами бібліотеки OpenCV.
3. Аналіз відеоінформації і, якщо, комп'ютер виявляє відхилення контрольованих параметрів у виробках, що випускаються (відміну за кольором) система зупиняє конвеєр і видає сигнал оператору про необхідність відібрати браковані вироби.

Розроблений алгоритм контролю якості продукції з її кольору реалізований в комп'ютерно-інтегрованій системі комп'ютерного зору і використовує класи і методи бібліотеки OpenCV:

Далі наведемо фрагмент програмного коду, який реалізує алгоритм детектування виробів за кольором з коментарями.

```

    відкриваємо камеру:
capture.open(1);
if(!capture.isOpened()){
    cout << "Камера не може бути відкрита." << endl;
    exit(1);
}
// організуємо безконечний цикл
for(;;){
// захват відеозображення з камери
    capture >> frame;
// перетворення кольорового кадру зображення з RGB-формату у VSH
    cvtColor(frame, HSV, COLOR_BGR2HSV);
// розмиття зображення
    medianBlur(HSV, blurred, 21);
// виділення об'єкта з заданими параметрами VHS
    inRange(blurred, Scalar(hmin, smin, vmin), Scalar(hmax, smax, vmax),
threshold);
    for(int y = 0; y < threshold.rows; y++){
        for(int x = 0; x < threshold.cols; x++){
            int value = threshold.at<uchar>(y, x);
            if(value == 255){
                Rect rect;
                int count = floodFill(threshold, Point(x, y),
Scalar(200), &rect);
                if(rect.width >= min && rect.width <= max
&& rect.height >= min && rect.height <= max){
// малювання прямокутника
                    rectangle(frame, rect, Scalar(255, 0, 255,
4));
                }
            }
        }
    }
}
// виведення вікон на екран
    imshow(mainWindow, frame);
    imshow(thresholdWindow, threshold);
  
```

```
// очікування натискання клавіші
    if(waitKey(33) == 27) break;
}
```

У нескінченному циклі for () спочатку перетворимо кадр з формату RGB в HSV. Для усунення дрібних дефектів зображення робимо розмиття medianBlur (). Функція inRange () здійснює пошук кольору в форматі HSV в заданому діапазоні, тобто від якого до якого кольору їй виділяти пікселі. Далі обробляється кожен піксель кадру, якщо піксель білого кольору, то заливаємо його сірим. З допомогою функції rectangle () виділяємо об'єкт, малюючи прямокутник навколо знайденого об'єкта.

Якщо виявлений об'єкт, колір якого знаходиться в заданому діапазоні, то це свідчить про наявність бракованого виробу (дефекту за кольором), далі виконується автоматична зупинка конвеєра і видалення оператором знайдений бракованих виробів в контейнер для браку.

#### Висновки

Розроблена комп'ютерно-інтегрована система контролю якості виробів за кольором показала високу ефективність. Проведені експерименти показали чутливість використовуваних алгоритмів розпізнавання до освітленості і завантаженості сцени.

Як подальшого розвитку системи можна запропонувати автоматичне визначення координат бракованих виробів з подальшим автоматичним їх видаленням в контейнер для браку.

#### Список використаної літератури

1. Хоккинс Д. Об интеллекте // Д.Хоккинс М.:Издательский дом «Вильямс», 2007, 240 с.
2. Д. Форсайт, Ж. Понс Компьютерное зрение. Современный подход. : Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. - 928 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
4. Клячкин В.Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии / В.Н. Клячкин. – Москва: Финансы и статистика, Инфра-М, 2009. – 304 с.
5. Шапиро Л. Компьютерное зрение: Учеб. пособие для вузов/ Л. Шапиро, Дж. Стокман. –Пер. с англ. –БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. –752
6. Келер А. Изучаем OpenCV 3 / Келер Адриан, Брэдки Гэри :пер. з англ./ Слинкин А. А. - ДМК Пресс, 2017. – 826 с.

#### References

1. Khokkins D. Ob intellekte [About intelligence] Moscow, Williams Publishing House, 2007. 240 p.
2. D. Forsayt & Zh. Pons (2004) Kompyuternoe zrenie. Sovremennyy podkhod.[ Computer vision. Modern approach] Moscow, Williams Publishing House, 2004. 928 p.
3. Gonsales R.& Vuds R. (2005) Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy. [Digital imaging] Moscow, Technosphere, 2005.1072 p.
4. Klyachkin V.N Statisticheskie metody v upravlenii kachestvom: kompyuternye tekhnologii [Statistical Methods in Quality Management: Computer Technologies] Moscow, Finance and statistics, 2009. 304 p.
5. Shapiro L. & Dzh. Stokman Kompyuternoe zrenie [Computer vision] Moscow, BINOM, 2006. 752 p.
6. Keler A. Izuchaem OpenCV 3 [Learning OpenCV 3], Moscow, DMK Press, 2017. 826 p.