УДК 658.512

МЕТОДИ КОЛЬОРОВОГО СОРТУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ КОНТУРНОГО ВИДІЛЕННЯ ЗВИЧАЙНОЮ ОПТИЧНОЮ КАМЕРОЮ У ВИДИМОМУ СПЕКТРІ СИРОВИНИ НА КОНВЕЄРНИХ ВИРОБНИЦТВАХ

К.О. Левченко
Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: kyrylo.levchenko1@nure.ua

Анотація: у роботі розглянуто метод сортування сировини за кольоровою ознакою шляхом виділення контуру методами комп'ютерного зору з бібліотеки CV2. Розглянути основний алгоритм дій та етапи виділення контуру, а також основні проблеми отримання якісного зображення та методі фільтрації кінцевого зображення для ефективної роботи з ним. Розглянуто компонентну базу та основні вимоги до неї.

Ключові слова: Комп'ютерній зір, технічний зір, кольорове сортування, CV2, автоматичне сортування.

METHODS OF COLOR SORTING USING CONTOUR SELECTION WITH A BASIC OPTICAL CAMERA IN THE VISIBLE SPECTRUM OF RAW MATERIALS IN CONVEYOR FACILITIES

K. Levchenko
Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14
E-mail: kyrylo.levchenko1@nure.ua

Annotation: The work considers a method of sorting raw materials by color by selecting a contour using computer vision methods from the CV2 library. Consider the basic algorithm of actions and stages of contour selection, as well as the main problems of obtaining a high-quality image and methods of filtering the final image for effective work with it. The component base and the main requirements for it are considered.

Key words: Computer vision, technical vision, color sorting, CV2, automatic sorting.

Сортування сировини чи продукти є невід'ємною частиною будь-якого виробництва, адже саме відсортований продукт має найвищу цінність та дозволяє підлаштовуватися під потреби користувача, особливо це важливо при сортуванні сміття або вторинної сировини, так як не вся сировина підходить для подальшого використання, а її точне та якісне сортування дозволяє підвищити ефективність та зменшити собівартість.

Існує багато методів сортування за кольором, починаючи з ручного сортування, яке є найменш ефективним та повільним, закінчуючи високоякісним але в той час дорогим сортування за допомогою оптичних датчиків кольору або спеціалізованих камер. Таке сортування дійсно доволі ефективне та якісне, але ціна такого сортування часто є дуже високою, отже не всі виробництва можуть собі це дозволити.

Альтернативний варіант використання звичайних камер та методів комп'ютерного зору, а саме бібліотеки CV2, для вирішення таких задач. Саме один з таких методів в реалізації автора буде описаний в статі.

Для початку слід визначитися в якій кольоровій моделі працювати. Найпопулярніша модель це RGB, яка використовую комбінацію трьох основних кольорів для отримання потрібного кольору, але для задачі сортування вона підходить не найліпшим чином, адже існують

практичні моменти коли колір може бути не таким яскравим (бруд, деформація, вицвітання) і ця модель не буде давати бажаного результату.

Наша задача потребує використання HSV моделі. Ця модель використовує теж три координати кольору:

1) Hue – сам колір від 0 до 360 °C;
2) Saturation – насиченість кольору;
3) Value – яскравість.

Особливо важливі параметри 2 та 3, так як колір не завжди буде добрий та насичений, встановлення діапазону для цих параметрів, вирішую проблеми тусклих кольорів, тобто забруднених елементів сировини. Отже зображення с камери треба перевести в HSV форма за допомогою вбудованих засобів CV2.

Попередньо корисно додатково опрацювати зображення для більш кращого виявлення кольорів шляхом налаштування яскравості на контрасту. За допомогою вбудованих методів CV2 слід налаштувати зображення так, щоб кольори були максимально насичені та максимально контрастували з фоном рисунок 1.

Рисунок 1 – Попереднє налаштування зображення

Після чого треба підібрати потрібні діапазони для HSV параметрів, під конкретну задачу сортування, для цього краще використовувати практичний підхід, в якому ми беремо конкретний об’єкт, який буде сортуватися, дивимося які значення він видає у кожній своїй точці та наш діапазон це буде мінімальне та максимальне HSV серед всіх точок об’єкту.

Налаштування зображення залежить від типу та кольору сировини яку треба сортувати. Особливість прозорих пляшок, такі як на рисунку 1, полягає у їх прозорості для камери. Коли пляшка доволі чиста камера не бачить її а бачить скрізь її, тобто транспортер. Для вирішення цієї проблеми можно засвітити зображення щоб прозора пляшка була майже біла на камері, що означає що параметр яскравості буде максимальним.

Найкраще мати пляшку, яка була зім’ята, це дає змогу світлу відбиватися всередині та дає чіткий, хоча трохи тусклий білий колір.

Важливим фактором конкретно в сортуванні пляшок є наявність етикетки. Етикетка найчастіше контрастує с кольором пляшки, а отже не потрапляє в потрібний діапазон, що в результаті дає величезну прогалину в подальшому на кадрі, важливо прибирати етикетку завчасно до потрапляння на транспортер.

Транспортер в свою чергу має бути матовим та не відбивати світло щоб не засвічувати камеру. Для цього пляшка не повинна потрапляти мокрою або забрудненою мастилами, які будуть псувати матовість транспортеру

На другому етапі зображення переводиться в бінарне. Перевід в бінарне зображення відбувається шляхом перевірки чи потрапляє кожен окремий піксель в заданий діапазон, якщо такий піксель попадає, то він стає білим, а якщо ні, то чорним рисунок 2.

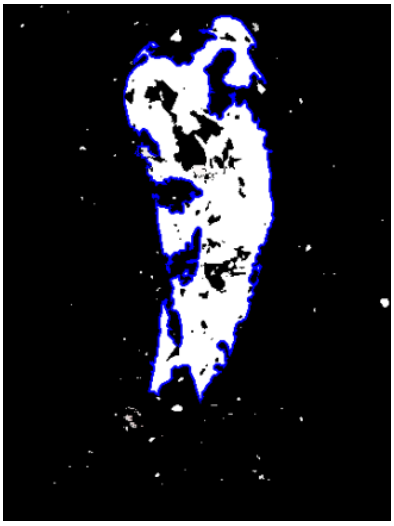

Рисунок 2 – Виділення білої пляшки в відповідному діапазоні

В реальних умов майже ніколи не зустрічається ідеальні контури, тобто контури без шумів або дірок. В нашому прикладі пластмасова пляшка може бути забруднена, таке забруднення дасть певні прогалини в контурі, як на рисунку 2. Для вирішення цього питання існують декілька методів.

По-перше для відкидання спонтанних шумів, наприклад забруднення на стрічки, контури фільтруються за площею. Маленькі за площею контури скоріш за все забруднення, або сміття, яке залишилось на стрічки, або дефект світла, отже їх не слід виділяти.

По-друге для заповнення тих самих пробілів, які можуть впливати на якість фінального зображення слід використовувати функцію дилатація. Ця функція дозволяє розширити наше виділене зображення зробити його більшим та позбутися дірок.

Дилатація працює шляхом виявлення чи є білі пікселі в заданій матриці, якщо в заданій матриці є білі пікселі то центр такої матриці буде білим, дилатація працює за наступною формулою [1].

$$\begin{matrix} 0 & 255 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} 0 & 255 & 0 \\ 0 & 255 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix} \quad (1)$$

Ерозія – функція схожа на дилатацію, але робить обернене, якщо в матриці присутні пікселі чорного кольору, то центр такої матриці буде чорний, ерозія працює за наступною формулою.

$$\begin{matrix} 0 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} 0 & 255 & 255 \\ 255 & 0 & 255 \\ 255 & 255 & 255 \end{matrix} \quad (2)$$

Для заповнення більших прогалин можливо повне заповнення зображення в середині виділеного контуру, та заповнення внутрішніх контурів.

Для заповнення прогалин у зовнішньому контурі можна використати метод з'єднання дальніх точок контуру, але такий метод може давати деякі погрішності та створювати неправильні форми, які в подальшому можуть впливати на якість сортування.

Слід пам'ятати що при швидкісному сортування важливо обробляти кожен кадр швидко та ефективно, а будь-який метод навантажує та сповільнює систему. Фільтрувати зображення потрібно не до ідеалу, а до моменту коли зображення буде чітко відображати геометричні форми об'єкту та буде правильно виділяти кольори.

Отже після впровадження всіх фільтрів та додаткових операція, отримуємо зображення з яким зручно працювати та яке може бути використано для подальшому процесу сортування рисунок 3.

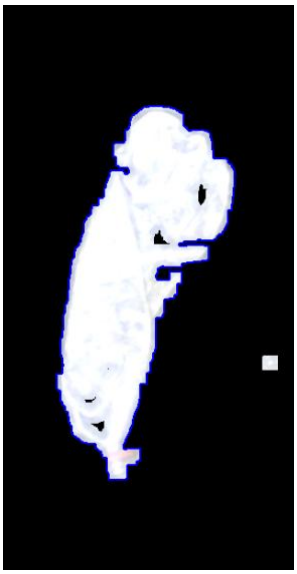

Рисунок 3 – Результат після фільтрацій

Для отримання правильного результати надзвичайно важливо мати ефективну програму, яка може виконуватися швидко, адже існують конвеєри рух сировини по яким відбувається на високих швидкостях, отже програма має буди швидкою.

Для впровадження швидкості програми не слід використовувати зайвих важких функцій, які можуть вплинути на швидкодію. Окрім цього не потрібно обробляти все зображення з камери, це займає багато ресурсів, слід вибрати вузький проміжок в якому ми і будемо обробляти зображення. Це проміжок має бути ближче до елементів сортування, тому що на початку конвеєру сировина може знаходитися в русі і з часом змінити своє положення на стрічці, що може дати хибний результат.[3-6]

Сортування після виділення потрібного об'єкту відбувається в залежності від компонентної бази. В даному випадку сортування відбувається за допомогою клапанів. Для реалізації такого сортування картинка ділиться на певну кількість уявних ліній, яка відповідає кількості клапанів, після чого перевіряємо які лінії лежать в середні контуру, це і будуть наші клапани які мають спрацювати з відповідною затримкою та часом спрацювання.

Компонента база ще один важливий компонент проекту. Камера має бути досить швидкісною, існують спеціальні камери для динамічних зйомок, також слід обирати камеру з широким кутом огляду, тобто маленькою фокусною відстанню, для того щоб камера була близько до транспортеру та захоплювала всю його площу.[7-10]

Освітлення може бути закритого типу або відкритого. Найкращій вибір, якщо дозволяють ресурси та обладнання зроби спеціальний бокс з розсіяним світлом, щоб мінімізувати вплив зовнішнього освітлення на процес. Для реалізації такого боксу важливо щоб камера була якомога ближче до стрічки, для отримання правильних геометричних розмірів боксу. Цей варіант є пріоритетним, адже з часом освітлення в приміщенні може змінюватися, вмикатися чи вимикатися. Важливо щоб світло не засвічувало камеру.

Стрічка також має відповідати кожній конкретній задачі. Наприклад для сортування світлої сировини стрічка має бути темною, щоб давати максимальний контраст на камері, а для чорних кольорів навпаки.

ЛІТЕРАТУРА

1. OpenCV [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: https://opencv.org/

2. Computer Vision: Algorithms and Applications 2nd Edition : [учеб. пособие] / Richard Szeliski; The University of Washington : 2022. – 1232 с.

3. Невлюдов, І., Клименко, О., Євсєєв, В., & Максимова, С. (2025). IMPROVEMENT OF THE ENCODING INFORMATION METHOD FOR PHARMACEUTICAL PRODUCTS QR-CODES DURING SORTING ON A ROBOTIC CONVEYOR LINE. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні, (1 (11)), 128-134.

4. Maksymova, S., Yevsieiev, V., Chala, O., & Ababneh, J. (2025). DECISION-MAKING MODEL FOR CONTROLLING A COLLABORATIVE ROBOT-MANIPULATOR BASED ON THE SENSOR FUSION METHOD AND THE RULES OF RULE-BASED SYSTEMS. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 5(6), 526-538.

5. Maksymova, S., Yevsieiev, V., & Abu-Jassar, A. (2025). Microchip Marking Recognition and Identification Using a Computer Vision System Mathematical Model. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 5(4), 321-330.

6. Невлюдов, І. Ш., Євсєєв, В. В., & Гурін, Д. В. (2025). Model development of dynamic representation a model description parameters for the environment of a collaborative robot manipulator within the industry 5.0 framework. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць, 1(79), 42-48.

7. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Demska, N. (2025). Development of a model for recognizing various objects and tools in a collaborative robot workspace. ACUMEN: International journal of multidisciplinary research, 2(1), 224-239.

8. Chebanchyk D. Analysis of Object Identification Methods for FPV Drones / D. Chebanchyk, V. Yevsieiv // Manufacturing & Mechatronic Systems 2025 : Thesises of Reports of IX-st International Conference, October 25-26, 2025. - Kharkiv, 2025. - P. 30-33.

9. Yevsieiev V. Features of the Development of a Humanoid Robot Control System on ESP8266MOD(12F) / V. Yevsieiev, S. Maksymova // Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs, MC&FPGA-2025 : VII International Scientific and Practical Conference, June 27-28, 2025. – Kharkiv : NURE. – P. 12-16.

10. Methods for Optimizing the Building of Collaborative Robot Routes in a Dynamic Environment / I. Nevliudov, Murad Anver oglu Omarov, V. Yevsieiev, Elgun Jabrayilzade // Current issues of science, prospects and challengesn : IX International Multidisciplinary Scientific and Theoretical Conference , September 12, 2025. - P. 48-51. - DOI : https://doi.org/10.36074/scientia-12.09.2025.

Науковий керівник: *Разумов-Фризюк Євгеній Анатолійович, доцент кафедри КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки.*