

ПОШУК ОБ'ЄКТА ЗА КОЛЬОРОМ В СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

М.В. Ярош-Іванов

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: mykyta.iarosh-ivanov@nure.ua

Анотація: В роботі розглянуто окремі питання пов'язані з розробкою системи управління сортувальним роботом із застосуванням технології комп'ютерного зору, здатної без участі людини знаходити виріб в просторі і проводити його класифікацію за заданими заздалегідь ознаками. Створено програмне забезпечення, яке реалізує метод пошуку виробу за кольором.

Ключові слова: технічний зір, сортувальний робот, колір виробу, простор HSV, програмування.

SEARCH OF THE OBJECT BY COLOR IN THE SYSTEM OF TECHNICAL VISION

M.V. Yarosh-Ivanov

Kharkiv National University of radio electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave

E-mail: mykyta.iarosh-ivanov@nure.ua

Abstract: The paper considers individual issues related to the development of a sorting robot control system using computer vision technology, capable of finding a product in space without human intervention and classifying it according to predetermined characteristics. Created software that implements the method of product search by color.

Keywords: technical vision, sorting robot, product color, HSV space, programming.

На сьогоднішній день велику популярність набувають СТЗ як пристрої визначення положення координат корисного вантажу при роботі з маніпуляційними роботами. Прості представники подібних систем дозволяють визначати декартові координати x і y , а також кут орієнтації R корисних вантажів, що знаходяться в одній площині робочого простору маніпуляційного робота, причому параметри цієї площини повинні бути заздалегідь відомі. Більш складні рішення дозволяють визначити три координати x , y і z у робочому просторі. Комплексні рішення дозволяють визначити всі шість координат x , y , z , φ , θ , ψ , але такі рішення вимагають особливих умов функціонування, тому їх сфера застосування сильно обмежена; крім того, у багатьох технологічних процесах відсутня необхідність визначення повного набору координат корисних вантажів, тому вартість і функціонал, що використовується, для таких систем будуть невиправданими.

СТЗ дозволяють без значних витрат переконафігурувати робоче місце, оскільки система визначення положення в значній мірі налаштовується на програмному рівні. Як правило, однієї камери, що входить до складу СТЗ, достатньо для отримання даних про робочий простір великої площі [1, 2]. У разі зміни технологічного процесу цю камеру можна використовувати для визначення положення корисних вантажів в нових умовах без необхідності втручання в її конструкцію або електричну схему.

Функціональні задачі СТЗ, характерні для роботехнічних комплексів, умовно поділяються за рівнем їх відносної складності. До простих задач можна віднести: виявлення наявності якогось об'єкта, вимірювання відстані до нього, обчислення його лінійних та кутових переміщень, швидкості; вимірювання геометричних параметрів об'єкта (лінійні та кутові розміри, площа),

визначення фізичних характеристик випромінювання від об'єкта, підрахунок числа об'єктів у кадрі [3, 4].

Більш складні задачі виконує система, яка надає маніпулятору інформацію, необхідну для захвату неупорядкованих об'єктів. До цих задач відносять: огляд робочого простору для пошуку об'єкта, що цікавить, який може бути одиночним або одним з декількох або його місцезнаходження може бути ізольовано, перекриватися іншими об'єктами. При цьому об'єкти, що спостерігаються, можуть відрізнятися не тільки формою і розміром, але і кольором, текстурою і т.д., знаходиться в русі або в спокої.

У цій роботі буде розглянуто СТЗ в системі управління сортувальним роботом (рисунок 1), сортування здійснюється за кольором виробу.

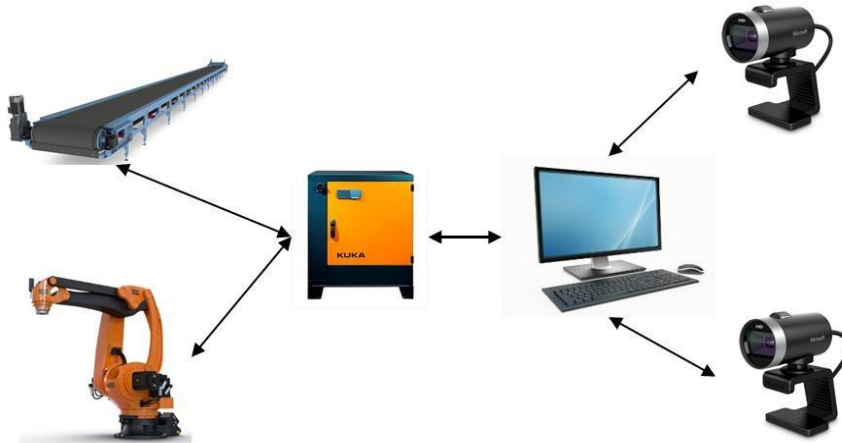


Рисунок 1 – Функціональна схема системи управління сортувальним роботом

Основними задачами технічного зору у цій системі є:

- визначення положення виробу на стрічці конвеєра. Необхідно визначення лише двох координат, тому що конвеєр знаходиться на постійній висоті;
- визначення орієнтації виробу на стрічці конвеєра. На який кут воно повернуто, щоб маніпулятор міг вирівняти її під час здійснення сортування;
- визначення кольору виробу. Для наочності їх буде три: червоний, синій та зелений.

Як очевидно з представлених вище цілей технічного зору, у цій роботі функціональні завдання технічного зору швидше можна віднести до простих.

Постановка завдання сортування майже сходиться з постановкою проблеми розпізнавання образів за умов попередньої невизначеності, а місцезнаходження та орієнтації предметів можна розцінювати як оцінки зображень предметів, фіксованих на тлі завад. Створення результативних алгоритмів та програм, які забезпечать автоматичний аналіз та обробку зображень для оцінки параметрів зображень та розпізнавання образів об'єктів, вважається значним напрямком покращення СТЗ у промислових роботехнічних комплексах.

Найпоширеніший спосіб виділити об'єкт – це колір. Колір – це властивість тіл відбивати або випромінювати видиме випромінювання певного спектрального складу та інтенсивності [5,6]. Скрізь і всюди нас оточують колірні індикатори. Світлофори, білі та жовті лінії дорожньої розмітки, корпоративні кольори продуктів, дорожні покажчики та різні індикатори.

Однією з важливих проблем пошуку за кольором – це вплив багатьох факторів. Наприклад, освітленість. Не можна також забувати, що видимий колір – це результат взаємодії спектра світла, що випромінюється, і поверхні. Тобто, якщо білий лист освітлюватиме світлом червоної лампочки, то й лист здаватиметься червоним.

Вибір кольору для наступного пошуку об'єкта з таким кольором зводиться до виділення певної цільової області в колірному просторі. Передбачається, що об'єкт, що шукається, повинен володіти кольорами, що відповідають точкам з цієї цільової області. Тут можливі дві ситуації:

- цільова область заздалегідь виділяється у колірному просторі;
- цільова область визначається вказівками користувача, наприклад, описується колірними термінами природної мови людини: "синій", "червоний", "яскраво-жовтий", "темно-зелений" і т.п.

Перша ситуація реалізується у разі пошуку об'єктів заздалегідь відомих кольорів, наприклад, у задачах прямування за дорогою, стеження за жестами людей тощо. Друга ситуація виникає при взаємодії з людиною, коли вона, наприклад, дає команду роботу у вигляді фрази «принеси червоний кухоль». Інший приклад – це пошук за базою зображень із зазначенням кольору об'єкта або особливостей його композиції.

Задача побудови відповідностей між колірними термінами природної мови та областями колірного простору відома давно. Існує безліч методик вирішення цієї задачі.

Одна точка на шкалі H визначає двовимірну область з різними значеннями S і V (насиченість та значення). Але підходять не всі точки цієї області. Наприклад, якщо вибрано значення H для червоного тону, то при $S = 0$ і будь-якому V отримуємо відтінки, що відносяться до градацій сірого, а при малих V і будь-яких S отримуємо дуже темні відтінки, близькі до чорного кольору. Тому для заданого H цільову область на цій двовірній ділянці визначаємо умовою: $V > V_{\min}$ та $S > S_{\min}$, де $V_{\min}$, $S_{\min}$ – деякі константи.

Якщо обмежуватися лише одним значенням H , цільова область буде двовимірною областю, і будь-які, навіть незначні зміни колірного тону виводять за межі цієї області. Тому в загальному випадку людина вибирає цільовий діапазон на шкалі H , вказуючи два значення: $H_{\min}$ та $H_{\max}$.

При цьому для кожного H з діапазону $[H_{\min}, H_{\max}]$ формується двовимірна область, подібна до вищезазначеної. Таким чином, як цільова область формується тривимірною областю у просторі HSV. І ця область однозначно визначається вибором лише двох значень за шкалою H , а саме $H_{\min}$ та $H_{\max}$.



Рисунок 2 – Шкала тонів кольору H моделі HSV

Було вирішено вибирати два значення $H_{\min}$ і $H_{\max}$. Дивлячись на шкалу тонів кольорів (H) моделі HSV (рисунок 2), стає зрозумілим, що величина такого діапазону допустимих відхилень повинна бути змінною в залежності від значення H . Наприклад, діапазон тонів, що сприймаються як зелений колір, ширший за діапазон тонів, що сприймаються, як жовтий колір. Крім того, для різних людей довжини цих діапазонів відрізнятимуться через індивідуальні особливості розуміння колірних термінів.

Для визначення даних параметрів було написано програму, що допомагає виділити певний колір у кадрі.

Завдяки написаній програмі була знайдена маска для кожного кольору виробу з зображення з камери №1. Результати роботи даної програми представлені на рисунках 3-6.



Рисунок 3 – Початкове зображення сцени



Рисунок 4 – Отримана маска для синього кольору

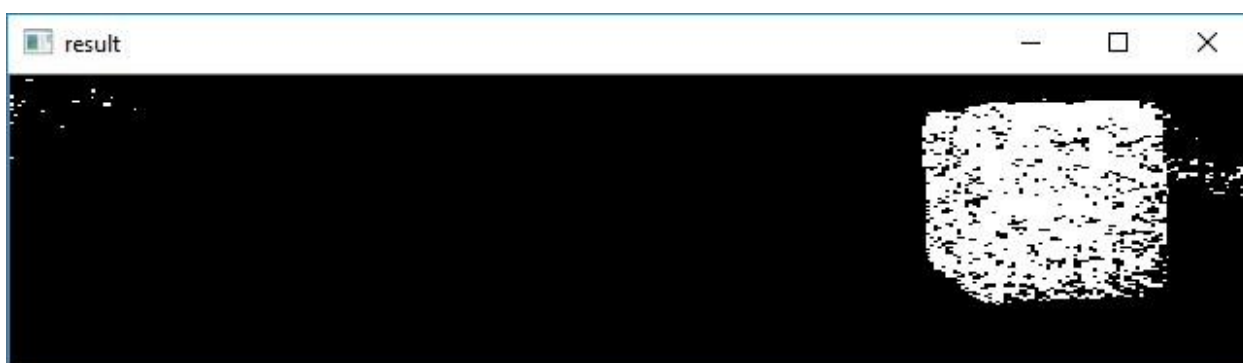


Рисунок 5 – Отримана маска для червоного кольору



Рисунок 6 – Отримана маска для зеленого кольору

Камера №2 служить для визначення кольору виробу, що досягається за рахунок білого заднього фону тому для неї було обчислено маску всіх трьох кольорів (рис. 7).

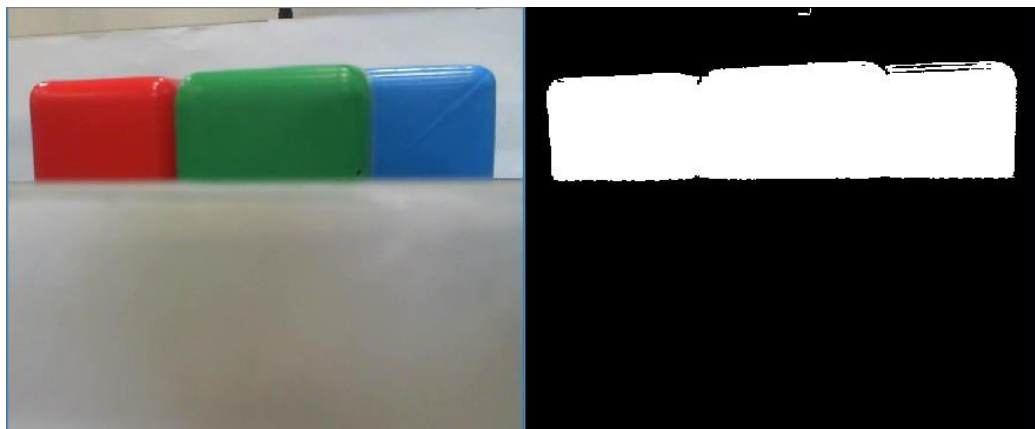


Рисунок 7 – Маска для вирахування білого фону із зображення камери №2

За отриманими значеннями можна програмно виділити об'єкт потрібного кольору, використовуючи функцію для вибірки тих пікселів зображення, які лежать в заданому інтервалі значень. Це функція `inRange (Mat src, Mat/Scalar lower, Mat/Scalar upper, Mat dst)`, вона проводить поелементну перевірку елементів масиву (пікселів) та перевіряє, чи лежать значення масиву між значеннями елементів двох інших масивів або скалярів.

За формулою:

$$dst(idx) = lower(idx) \leq src(idx) < upper(idx),$$

де `src` – вихідний масив;

`lower` – масив або скаляр з нижньою межею (включаючи), якщо це скаляр (`Scalar (x, y, z)`), то пікселі, значення яких нижче, ніж `x`, `y` та `z` для `HUE`, `SATURATION` і `VALUE` вважаються чорними пікселями в результуючому зображенні `dst`;

`upper` – масив або скаляр з верхньою межею (не включаючи), якщо це скаляр (`Scalar (x, y, z)`), то пікселі, значення яких вище або рівні `x`, `y` і `z` для `HUE`, `SATURATION` та `VALUE` вважаються чорними пікселями в результуючому зображенні `dst`;

`dst` – масив для зберігання результату.

Результат цього перетворення – чорно-біле зображення з виділеними об'єктами, які підходять під задані в аргументах умови.

ВИСНОВКИ. В результаті створено програмне забезпечення для системи управління промисловим роботом із застосуванням технології комп'ютерного зору, здатної без участі людини здійснювати сортування виробів за заданими заздалегідь ознаками (кольором).

ЛІТЕРАТУРА

1. Borisov O.I., Gromov V.S., Pyrkin A.A., Bobtsov A.A., Nikolaev N.A., Robotic Boat Setup for Control Research and Education. IFAC PapersOnLine. 2016, V. 49, N. 6, P. 256-261.
2. Borisov O.I., Gromov V.S., Pyrkin A.A., Vedyakov A.A., Petranovsky I.V., Bobtsov A.A., Salikhov V.I., Manipulation Tasks in Robotics Education. IFAC-PapersOnLine. 2016, V. 49, N. 6, P. 22-27.
3. What is Machine Vision? Режим доступу: <https://machinevision.co.uk/machine-vision-products/vision-hardware/> (дата звернення 11.09.25).
4. Очима робота: що таке «машинний зір». Режим доступу: <https://www.popmech.ru/technologies/238704-glazami-robota-chto-takoe-mashinnoe-zrenie/> (дата звернення 12.09.25).

5. Основи роботи з кольоровими зображеннями в OpenCV. Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/programming/vision/opencv-basis.html> (дата звернення 6.10.25).
6. Ткачук А., Безвесільна О., Добржанський О., Павлюк Д. Ідентифікація об'єкта з використанням кольорового діапазону в схемі HSV. The scientific heritage. 2021, № 74. С. 50-56.
7. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. Computational intelligence and neuroscience, 2022, 3046116.
8. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., & Ahmad, M. A. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive Cyber-Design CPPS Development. Advances in Dynamical Systems and Applications, 16(2), 441-455.
9. Mustafa, S. K., Yevsieiev, V., Nevliudov, I., & Lyashenko, V. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. SSRG International Journal of Engineering Trends and Technology, 70(1), 139-145.
10. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2025). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. International Journal of Crowd Science, 9(1), 29-43.
11. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2025). Remote Monitoring System of Patient Status in Social IoT Environments Using Amazon Web Services Technologies and Smart Health Care. International Journal of Crowd Science, 9(2), 110-125.
12. Lyashenko, V., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., & Maksymova, S. (2023). Automated Monitoring and Visualization System in Production. International Research Journal of Multidisciplinary Technovation, 5(6), 9-18.
13. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. J. Math. Comput. Sci., 11(1), 520-542.
14. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, 5866922.
15. Невлюдов, І., Євсєєв, В., Максимова, С., & Артюх, Р. (2025). Математична модель адаптивного ієрархічного високорівневого керування триланкового колаборативного робота-маніпулятора. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, (2 (32)), 58-68.
16. 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.
17. Yevsieiv V. Mathematical Model of Adaptive Control of a Collaborative Mobile Manipulator in a Shared Working Environment / V. Yevsieiv // Manufacturing & Mechatronic Systems 2025 : Theses of Reports of IX-st International Conference, October 25-26, 2025. - Kharkiv, 2025. - P. 22-25.

Науковий керівник: Фролов Андрій Віталійович, доц. каф. КІТАР, Харківського національного університету радіоелектроніки