УДК 631.56.001.37:634.11

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИСТРОЮ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК ШЛЯХОМ РОЗПІЗНАВАННЯ ЇХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цвіркун Л. О., к.п.н.
Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг
Тел. (056)409-77-90
Цвіркун С. Л., к.т.н.
Криворізький коледж Національного авіаційного університету

Анотація **– у статті розглянуто підвищення ефективності функціонування пристрою сортування яблук шляхом розпізнавання їх характеристик. Пропонується здійснювати розпізнавання контурів об'єктів при їх появі у кадрі, а надалі їх відеоспостереження за унікальними особливими точками зображення.**

Ключові слова **– пристрій сортування, розпізнавання об'єктів, метод SIFT, метод FAST, яблука.**

Постановка проблеми. В умовах сьогодення надзвичайно важливого значення набувають проблеми удосконалення процесів та апаратів харчових виробництв. Так, О. Терешкін, зазначає, що продуктивність праці на вітчизняних підприємствах харчового виробництва, в 2-4 рази нижча, ніж на аналогічних підприємствах розвинених країн світу, бо близько 50% трудомістких операцій виконуються вручну і лише 20% діючого обладнання працює в автоматичному режимі [1]. Якість продуктів та витрати на їх виробництво багато в чому залежать від ефективності технологій, процесів та апаратів, рівня їх механізації та автоматизації, що забезпечує інтенсифікацію розвитку харчової промисловості.

Аналіз останніх досліджень. Однією з головних операцій післязбиральної обробки яблук є їх сортування за якістю. Зовнішні пошкодження, наприклад, забиті місця, вдавлення, опіки знижують товарну якість плодів і зменшують термін зберігання. Останнім часом для вирішення цієї проблеми удосконалюються відеодатчики, а також електронні засоби обробки відеосигналів. Системи розпізнавання для сортувальних пристроїв набувають все більш актуального значення.

Під час знаходження та розпізнавання яблук доцільно

© Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л.
DOI: 10.31388/2078-0877-19-1-125-131

використовувати характерні особливості зображень [2]: геометричні, радіометричні, текстурні, топологічні, динамічні, часові. У даний час існує велика кількість алгоритмів вибору особливих точок зображень, які передають інформації про певні особливості зображення.

Згідно з методом Харріса особливими точками є кутові точки перепаду яскравості [3]. Застосування даного методу передбачає виконання достатньої ресурсоємної операції розрахунку власних значень матриці. Також, як відзначається в роботі [2] застосування методу недоцільно в умовах зміни масштабу зображення і повороту, які характерні для зображень об'єктів, що рухаються на конвейєрній стрічці.

Розглядаючи метод SURF [4] пошук особливих точок здійснюється на основі розрахунку матриці Гессе. Крім того, як показано в роботі [4] зображення з однорідною текстурою, до яких відносяться зображення об'єктів, метод SURF демонструє низьку точність співставлень особих точок. Запропонований в роботі [5] метод FAST (Features from Accelerated Test) передбачає побудову дерев рішень для класифікації пікселів зображення потоку.

Метод SIFT запропонований в роботі [6] є повністю інваріантним до масштабування, повороту і переміщення, а також частково – до афінних перетворень і зміни освітленості. Характерні особливості виділяються на різних масштабах зображення шляхом фільтрації, що дозволяє знаходити розмиті градієнти зображення з різною локальної орієнтацією.

Згідно з методом SURF [4] пошук особливих точок здійснюється на основі обчислення матриці Гессе, як згортки значень пікселів зображення об'єкта потоку з лапласіаном гауссіана. Слід зазначити, що гессіан інваріантний до повороту, але не є інваріантним до масштабу. Крім того, як показано в роботі [2] зображення з однорідною текстурою, до яких відносяться і зображення об'єктів, метод SURF демонструє низьку точність зіставлення особливих точок.

Постановка завдання. Метою роботи є підвищення ефективності функціонування пристрою сортування яблук шляхом розпізнавання їх характеристик.

Основна частина. У зв'язку з підвищенням вимог до продуктивності системи супроводження об'єктів в потоці, зокрема на пристроях сортування яблук доцільно здійснювати розпізнавання контурів об'єктів при їх появі у кадрі, а надалі їх відеоспостереження за унікальними особливими точками зображення. Для цього кадр відеопотоку розділюється умовною горизонтальною лінією відповідно до рис.1, що проходить через строку з індексом M_S на два фрагменти

$$f(x,y,t) \Rightarrow \left(f_{\alpha}(x,y,t) \mid x = \overline{0,M_S - 1}\right) \cup \left(f_{\beta}(x,y,t) \mid x = \overline{M_S, M-1}\right), \quad y = \overline{0,N-1} \tag{1}$$

Яблука, що знаходяться на конвеєрній стрічці, будуть рухатися по напрямку з верхньої частини кадра до нижньої частини.

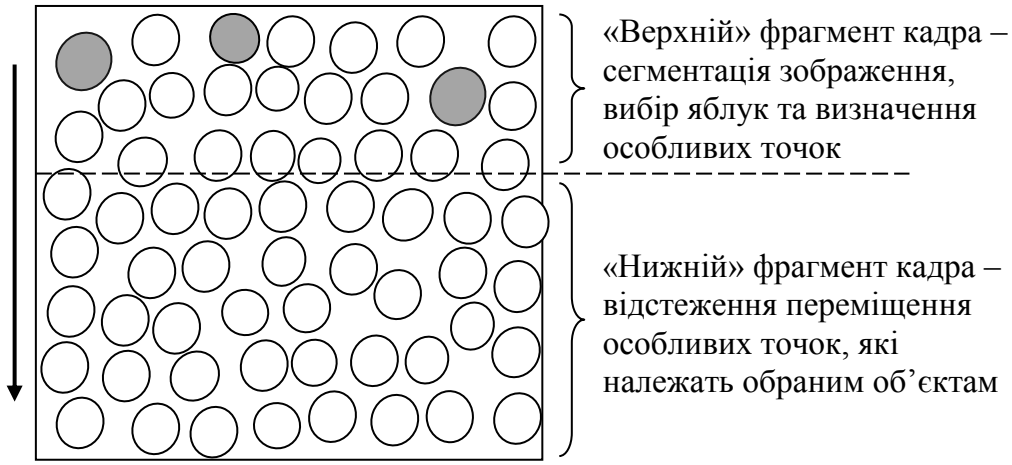

Рис. 1. Принцип обробки зображення потоку яблук.

При обробці верхнього фрагменту кадра $f_{\alpha}(x, y, t)$ виконується визначення контурів яблук та їх візуальні характеристики: розмір (d), вага (m), колір (g). На даному етапі здійснюється пошук особливих точок на всьому зображенні й розрахунок їх дескрипторів. Унікальні дескриптори тих особливих точок, які належать обраним об'єктам, запам'ятовуються і надалі згідно їх розташуванню в нижньому фрагменті кадру $f_{\beta}(x, y, t)$ оцінюється розташування відповідних яблук, що підлягають відбору.

Обмежена швидкодія виконавчого сортувального механізму не дозволяє скидати яблука, розташовані досить тісно на одній лінії по ходу руху конвеєрної лінії. Тому проводиться оцінка відстані між групами розташованих тісно об'єктів і методом багатокритеріального вибору, здійснюється виключення яблук, які мають найгірші показники, з множини варіантів, які підлягають відбору із загального потоку: мінімальний розмір, не належний зовнішній стан та колір. Здійснюється виведення із загального потоку яблук, які можуть бути спрямовані в промисловий переділ за такими характеристиками: розмір (d), вага (m), колір (g).

При наявності, в загальному випадку N об'єктів $\overline{\Theta} = \{\Theta_i | 1...N\}$, із яких здійснюється вибір, маємо наступні характеристики: $\overline{d} = \{d_i | i = 1...N\}$, $\overline{m} = \{m_i | i...N\}$, $\overline{g} = \{g_i | i = 1...N\}$. До об'єкта з індексом i відноситься множина характеристик з такими ж індексами $\Theta_i = \{d_i, m_i, g_i\}$. У загальному випадку під час вибору одного елемента

з множини $\overline{\Theta} = \{\Theta_i | 1...N\}$ необхідно забезпечити максимальне наближення значень характеристик елемента до деяких заданих значень «ідеального зразка» $\Theta^* = \{d^*, m^*, g^*\}$.

На початковому етапі здійснюються сканування певних областей зображення, що містять яблука за означеними характеристиками відповідно до рис. 2.

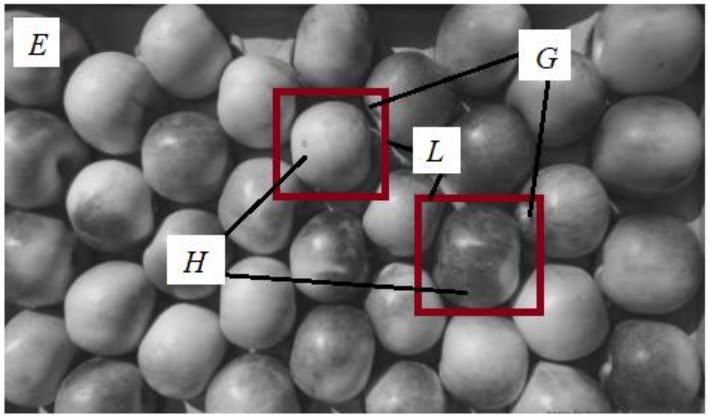

Рис. 2. Фрагменти зображення потоку яблук, що містять шукані об'єкти.

Прийнято наступні позначення: E – вихідне зображення, L_n – множина точок спостережуваних фрагментів зображення; H_n, G_n –безліч точок із потоку яблук і точок фону в спостережуваних фрагментах зображення. При цьому, центри фрагментів зображення розташовуються в точці, що відповідає прогнозованим координатам заданих об'єктів $(\overline{\lambda}_{hx}(n), \overline{\lambda}_{hy}(n))$.

З урахуванням шуму, внесеного відеокамерою модель спостереження послідовності зображень потоку яблук [7]

$$L(n) = R(n)H(n) + (1 - R(n))G(n) + \Xi(n), \quad (2)$$

де $L(n)$ – спостережуване зображення, представлене у формі вектору;

$H(n)$ – вектор, що відповідає зображенню H_n;

$G(n)$ – вектор, шо відповідає зображенню фону G_n;

$\Xi(n)$ – вектор шуму;

$R(n)$ – квадратна діагональна матриця, діагональні елементи якої $r_n = \{1,0\}$; 1 – одинична матриця.

Для вирішення задачі пов'язаної з визначення особливих точок зображень яблук були досліджені залежності базового алгоритму SIFT і його модифікацій DSIFT [6] і FastDSIFT [8]. Встановлено, що помилка визначення дескрипторів з використанням методу FastDSIFT при різних значеннях кількості (bin) дескриптора перевищує

аналогічний показник DSIFT відповідно до рис. 3. Використання модифікацій методу FastDSIFT дозволяє значно підвищити швидкість роботи підрозділів визначення базового методу SIFT, швидкість роботи якого прийнята рівною одиниці відповідно до рис. 4.

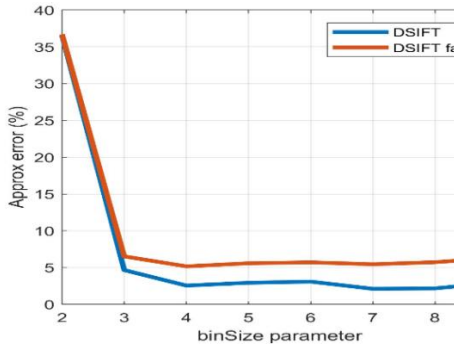

Рис. 3. Величина помилки визначення дескрипторів фрагмента зображення потоку об’єктів.

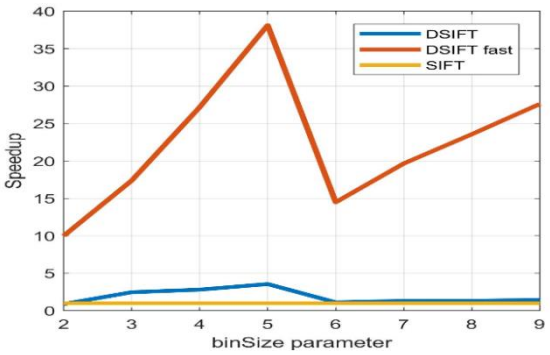

Рис. 4. Збільшення швидкості роботи підсистеми визначення дескрипторів фрагмента зображення потоку об’єктів.

У результаті дослідження алгоритмів SIFT і його модифікацій DSIFT і FastDSIFT для вирішення завдання визначення особливих точок зображень встановлено, що помилка визначення дескрипторів за допомогою методу FastDSIFT при різних значеннях кількості регіонів (bin) дескриптора перевищує аналогічний показник DSIFT незначно. Разом з тим, використання методу FastDSIFT дозволило значно підвищити швидкодію підсистеми визначення дескрипторів, що дозволяє зробити висновок про доцільність його застосування в умовах харчової промисловості. Оскільки, в даному випадку, більш важливим фактором є точність роботи системи відеосупроводу об'єктів в потоці, значення параметра binSize було вибрано рівним 4, що відповідає збільшенню швидкості роботи в середньому в 26-27 разів.

Висновки. Отже, для підвищення ефективності функціонування пристрою сортування яблук доцільно здійснювати розпізнавання контурів об’єктів при їх появі у кадрі, а надалі їх відеоспостереження за унікальними особливими точками зображення. При обробці верхнього фрагменту кадра $f_{\alpha}(x, y, t)$ виконується визначення контурів яблук та їх візуальні характеристики: розмір *(d)*, вага *(m)*, колір *(g)*, здійснюється пошук особливих точок на всьому зображенні й розрахунок їх дескрипторів. Унікальні дескриптори тих особливих точок, які належать обраним об’єктам, запам’ятовуються і надалі згідно їх розташуванню в нижньому фрагменті кадру $f_{\beta}(x, y, t)$ оцінюється розташування відповідних яблук, що підлягають відбору.

Для дотримання умови достовірності виявлення встановлено, що поріг для величини взаємної кореляції повинен мати значення не

менше 0,985. Перспективними напрямками наступних етапів досліджень є методи обробки зображень відеопотоку з метою підвищення якості розпізнавання шляхом усунення спотворень, викликаних рухом потоку об’єктів спостереження щодо відеокамери.

Література:

1. *Терешкін О. Г.* Наукове обґрунтування комбінованих процесів та розробка ресурсозберігаючого устаткування для очищення овочевої сировини : дис. … д-ра тех. наук : 05.18.12. Харків, 2014. 345 с.

2. *Медведев М. В.* Информационно-измерительная система обнаружения и распознавания объектов на изображениях бортового оптико-электронного модуля беспилотного летательного аппарата на основе вейвлет-преобразования : дис. канд. техн. наук : 05.11.16. Казань, 2014. 129 с.

3. *Harris C. A., Stephens M.* Combined corner and edge detector // AlveyVision Conference. 1988. № 6. P. 147-151.

4. *Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L.* SURF: Speeded up robust features // Proceedings of the European Conference on Computer Vision. 2006. № 2. P. 404-407.

5. *Rosten E., Drummond T.* Machine learning for high-speed cornerdetection // Proceedings of the European Conference on Computer Vision. P. 430–443.

6. *Lowe G. D.* Distinctive Image Featuresfrom Scale-Invariant Keypoints // International Journal of Computer Vision. 2004. № 1. P. 1-28.

7. *Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е.* Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. Москва: Радиотехника, 2008. 176 с.

8. *Vedaldi A.* Dense Scale Invariant Feature Transform (DSIFT). URL : http://www.vlfeat.org/api/dsift.html (дата звернення: 20.11. 2018).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА СОРТИРОВКИ ЯБЛОК ПУТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цвиркун Л. О., Цвиркун С. Л.

Аннотация **– в статье рассмотрено повышение эффективности функционирования устройства сортировки яблок путем распознавания их характеристик. Предлагается осуществлять распознавание контуров объектов при их появлении в кадре, а в дальнейшем их видеонаблюдение по уникальным особым точкам изображения.**

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF THE APPAREL SORTING DEVICES BY RECOGNITION OF THEIR CHARACTERISTICS

L. Tsvirkun, S. Tsvirkun

Summary

The article describes the increase in the efficiency of the device for sorting apples by recognizing their characteristics. It is proposed to recognize the contours of objects when they appear in the frame, and further their video surveillance using unique special points of the image. When processing the upper fragment of the $f_\alpha (x, y, t)$ frame, the contours of apples and their visual characteristics are determined: size *(d)*, weight *(m)*, color *(g)*, search for special points on the entire image and calculation of their descriptors. The unique descriptors of those special points belonging to the selected objects are remembered and, according to their location in the lower fragment of the frame $f_\beta (x, y, t)$, the location of the corresponding apples to be selected is evaluated.

When forming an automated control over the process of sorting apples, it is advisable to select several samples with better characteristics if their location on the conveyor line does not allow all objects to be taken from the flow. The process of sorting apples is advisable to carry out on the basis of contactless measurement of such characteristics as size, weight, color.

It was determined that when managing the process of sorting objects on a conveyor line in the food industry, it is advisable to monitor the video signal on the basis of a paired analysis of sequential frames. At the same time, the trajectory of moving objects in the stream should be tracked based on the calculation of the similarity function between the reference image on the previous one and one of the many fragments lying in the search area on the next frame.