

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -40-1-46-51
УДК 621.325.5

Цвіркун Л. О., канд. пед. наук¹
Цвіркун С. Л., канд. техн. наук²
Гейєр Г. В., д-р екон. наук, професор¹
Поплавський Д. Є., студент¹

- ¹ Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua
² Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: tserg30@ukr.net

АВТОМАТИЧНА ФІЛЬТРАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ ПОТОКУ ЯБЛУК НА КОНВЕЄРНІЙ ЛІНІЇ В СИСТЕМІ РОЗПІЗНАВАННЯ ЇХ РІЗНОВИДІВ

UDC 621.325.5

Tsvirkun L. A., PhD in Pedagogical sciences¹
Tsvirkun S. L., PhD in Engineering sciences²
*Heiter H. V., Grand PhD in Economy sciences,
Professor¹*
Poplavsky D. E., Student¹

- ¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua
² Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: tserg30@ukr.net

AUTO FILTERING OF APPLE FLOW ON THE CONVEYOR LINE IN THE VARIETY RECOGNITION SYSTEM

Мета — дослідити фільтрацію зображення потоку яблук на конвеєрній лінії в системі розпізнавання їх різновидів.

Методи. У роботі для підвищення ефективності розпізнавання різновидів яблук у потоці було застосовано методи просторової та частотної фільтрації зображень.

Результати. Розглянуто схему автоматизованого управління процесом сортування яблук, що включає в себе систему розпізнавання характеристик яблук, а саме розмір d , вагу t , колір g , автоматизовану систему управління (АСУ) процесом сортування яблук, виконавчий механізм. Зазначено, що система розпізнавання різновидів яблук на основі низки фотографічних зображень, а також інформації про розмір, вагу і колір яблук у потоці на конвеєрній лінії визначає місце розташування та відстежує переміщення яблук певного різновиду. На основі отриманої інформації АСУ формує керуючий вплив виконавчого механізму, який відокремлює яблука шуканого різновиду із загального потоку. Яблука, що залишилися, направляються в промисловий переділ для виробництва соку або яблучної сировини у вигляді повидла або джему. Досліджено, що ефективність розпізнавання різновидів яблук у потоці залежить від якості її фотографічних зображень, а спотворення зображення і наявність шумів знижують якість визначення контурів і, як наслідок, характеристик окремих об'єктів. Виникнення перешкод може бути викликано як зміною характеристик яблук і повітря, так й іншими технологічними чинниками. Короткострокові перешкоди, пов'язані з тривалістю порівняння фіксації кадрів відеокамерою, доцільно усувати усередненням декількох послідовних кадрів. Зазначено, що яблука, які знаходяться в потоці на конвеєрній лінії, спричиняють деяке зниження контрасту зображення, спотворюючи розподіл потоку. Проте часткове поглинання і розсіяння світлового випромінювання призводить до зменшення різкості отриманого фотографічного зображення. Було встановлено, що для відновлення фотографічних зображень в

Надійшла до редакції 16.03.2019 р.

© Л. О. Цвіркун, С. Л. Цвіркун, Г. В. Гейєр,
Д. Є. Поплавський, 2020

умовах випадкових перешкод, викликаних зміною вологості, рухом яблук щодо конвеєрної лінії й датчика відеосигналу, а також зовнішніми параметрами навколишнього середовища доцільно здійснювати з використанням методів просторової і частотної фільтрації зображень.

Ключові слова: конвеєрна лінія, процес сортування, фотографічне зображення, характеристики яблук, оператор Лапласа, метод Річардсона-Люсі, яблука.

Постановка проблеми. Ефективність розпізнавання різновидів яблук у потоці на конвеєрній лінії істотно залежить від якості фотографічних зображень. Спотворення зображення і наявність шумів призведе до неправильного визначення характеристик яблук. Виникнення перешкод може бути викликано зміною повітря або іншими технологічними чинниками. Короткострокові перешкоди, пов'язані з тривалістю порівняння фіксації кадрів відеокамери, доцільно усувати усередненням декількох послідовних кадрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення завдання підвищення якості зображення потоку яблук на конвеєрній лінії потребує дослідження методів просторової і частотної фільтрації зображень. Яблука, що знаходяться в потоці на конвеєрній лінії, викликають зниження контрасту зображення, спотворюючи розподіл потоку, хоча потік у зображенні в цілому зберігається. Для усунення цього недоліку під час оброблення зображення може бути використаний оператор Лапласа [1]. Слід зазначити, що через диференціальний характер оператора Лапласа, ділянки фотографічного зображення з постійним значенням яскравості переводяться в нуль. Часткове поглинання і розсіяння світлового випромінювання призводить до зменшення різкості отриманого фотографічного зображення. Застосування алгоритму Річардсона-Люсі є ітераційним і подібним до методу максимальної правдоподібності, у якому зображення моделюється у вигляді статистик Пуассона [1, 2].

Мета статті — дослідження фільтрації зображення потоку яблук на конвеєрній лінії в системі розпізнавання їх різновидів.

Виклад основного матеріалу дослідження. На рис. 1 подано схему автоматизованого управління процесом сортування яблук, що включає в себе систему розпізнавання характеристик яблук, а саме розмір d , вагу m , колір g , АСУ процесом сортування яблук, виконавчий механізм. Система розпізнавання різновидів яблук на основі серії фотографічних зображень, а також інформації про розмір, вагу і колір яблук у потоці на конвеєрній лінії визначає місце розташування та відстежує переміщення яблук певного різновиду. На основі отриманої інформації АСУ формує керуючий вплив виконавчого механізму, який відокремлює яблука шуканого різновиду із загального потоку. Яблука, що залишилися, спрямовуються в промисловий переділ для виробництва соку або яблучної сировини у вигляді повидла або джему.

Важливою характеристикою в даному випадку є розмір яблук, визначення якого доцільно здійснювати з використанням автоматичних засобів візуального спостереження. Це дозволить також здійснювати відстежування переміщення яблук потоці на конвеєрній лінії та їх подальше сортування.

Ефективність розпізнавання різновидів яблук у потоці залежить від якості її фотографічних зображень. Спотворення зображення і наявність шумів знижують точність визначення контурів і, як наслідок, характеристик окремих об'єктів. Виникнення перешкод може бути викликано як зміною характеристик яблук та повітря, так і технологічними чинниками.

Як зазначалося вище, яблука, що знаходяться в потоці на конвеєрній лінії, викликають зниження контрасту зображення, спотворюючи розподіл потоку, хоча потік у зображенні загалом зберігається. Для усунення цього недоліку під час оброблення зображення був використаний оператор Лапласа [1], який для зображення $f(x, y)$ задається за формулою

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}. \quad (1)$$

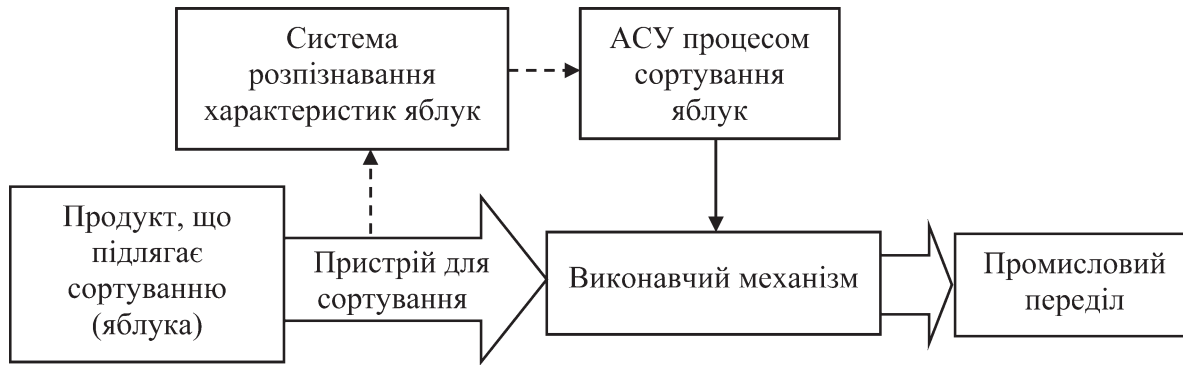


Рисунок 1 — Система управління процесом сортування яблук

Як чисельну наближення похідних другого порядку використовують

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y); \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y). \quad (3)$$

У результаті підстановки (1), (2) у (3) отримаємо:

$$\nabla^2 = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y). \quad (4)$$

Підвищення якості фотографічного зображення з використанням оператора Лапласа здійснюють за формулою

$$g(x, y) = f(x, y) + c \nabla^2 f(x, y), \quad (5)$$

де $f(x, y)$ — вихідне зображення; $g(x, y)$ — покращене зображення; c — параметр, що дорівнює 1, якщо центральний коефіцієнт маски є позитивним [3], в іншому випадку дорівнює -1 .

Через диференціальний характер оператора Лапласа ділянки фотографічного зображення з постійним значенням яскравості переводяться в нуль. Для відновлення тональності таких ділянок до перетвореного зображення було додано вихідне.

Прикладом результату застосування оператора Лапласа є фотографічне зображення, подане на рис. 2.

Підвищення різкості було досягнуто застосуванням високочастотної фільтрації, яка послаблює низькі частоти і залишає високі частоти перетворення Фур'є відносно незмінними. Передавальну функцію високочастотного фільтра отримують за відповідною функцією низькочастотного фільтра [4, 6, 7, 8]

$$H_{hp}(u, v) = 1 - H_{lp}(u, v). \quad (6)$$

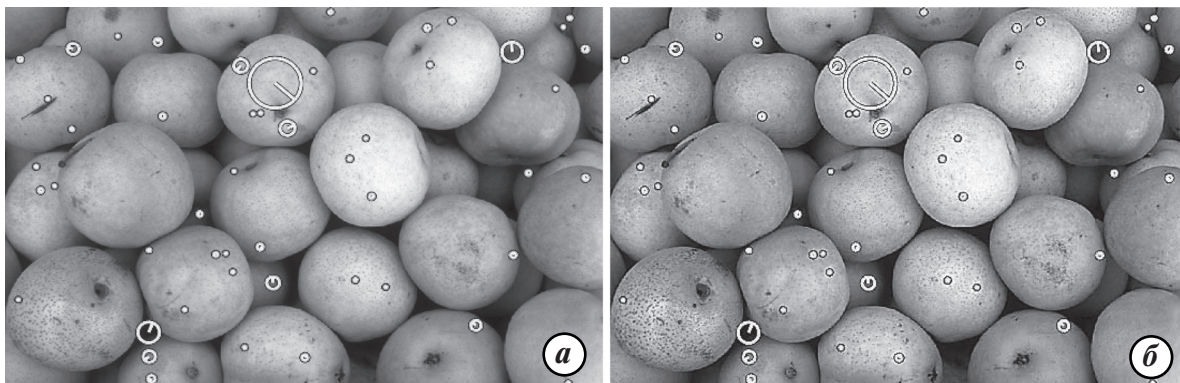


Рисунок 2 — Застосування оператора Лапласа до фотографічного зображення:
а — початкове зображення; б — перетворене зображення

До зображень потоку яблук на конвеєрній лінії були застосовані високочастотні фільтри, отримані з ідеального фільтра низьких частот і фільтра Гаусса. Ідеальний низько-частотний фільтр має передавальну функцію

$$H(u,v) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } D(u,v) \leq D_0; \\ 0, & \text{якщо } D(u,v) > D_0 \end{cases} \quad (7)$$

де D_0 — задане невід'ємне число; $D(u, v)$ — відстань від центру фільтра до точки (u, v) .

Геометричним місцем точок, для яких $D(u, v) = D_0$ є колом, тобто ідеальний фільтр множить на нуль усі компоненти двовимірного дискретного перетворення Фур'є фотографічного зображення $F(u, v)$, які виходять за межі кола, а всі компоненти всередині та на кордоні кола залишає незмінними (множить на одиницю).

У процесі руху конвеєра спостерігається переміщення окремих яблук щодо конвеєрної стрічки, викликане вібрацією стрічки і явищем сегрегації.

Після проведення досліджень встановлено, що кращим результатом з відновлення фотографічного зображення об'єкта є фільтрація згідно з методом Річардсона-Люсі [1, 2, 5, 9, 10]. Максимізація функції правдоподібності моделі приводить до рівняння, яке виконується за умови збіжності таких ітерацій

$$\hat{f}_{k+1}(x, y) = \hat{f}_k(x, y) \cdot \left[h(-(x, -y)) \cdot \frac{g(x, y)}{h(x, y) \cdot \hat{f}_k(x, y)} \right]. \quad (8)$$

Таким чином, відновлення фотографічних зображень в умовах випадкових шумів і перешкод, викликаних зміною вологості та рухом яблук щодо конвеєрної лінії й датчика відеосигналу, а також зміною параметрів навколишнього середовища, доцільно здійснювати з використанням методів просторової і частотної фільтрації зображень.

Висновки. Отже, система розпізнавання різновидів яблук на основі серії фотографічних зображень, а також інформації про розмір, вагу і колір яблук у потоці на конвеєрній лінії визначає місце розташування та відстежує переміщення яблук певного різновиду. Для цього було досліджено схему автоматизованого управління процесом сортування яблук, що включає в себе систему розпізнавання характеристик яблук, а саме розмір d , вагу m , колір g , автоматизовану систему управління процесом сортування яблук, виконавчий механізм. Доведено, що відновлення фотографічних зображень в умовах випадкових шумів і перешкод, викликаних зміною температури, вологості, руху щодо конвеєрної лінії й фіксуючого пристрою, а також зміною параметрів навколишнього середовища, доцільно здійснювати з використанням оператора Лапласа і алгоритму Річардсона-Люсі.

Список літератури

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М. : Техносфера, 2014. 616 с.
2. Parker, J., James, R. (2001). Algorithms for Image Processing and Computer Vision. Indiana, Wiley Publishing, 480 p.
3. Грузман И. С., Киричук В. С., Косых В. П. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 352 с.
4. Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М. : Радиотехника, 2008. 176 с.
5. Журавель И. М. Краткий курс теории обработки изображений. URL : <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/index.php>.
6. Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М. : Радиотехника, 2008. 176 с.
7. Прэрт У. Цифровая обработка изображений. М. : Мир, 2002. 312 с.

8. Lim Jae, S. (2007). Two-Dimensional Signal and Image Processing. *Englewood Cliffs*. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 694 p.
9. Rosten, E., Drummond, T. (2012). Machine learning for high-speed corner detection. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*, pp. 430–443.
10. Bay, H., Tuytelaars, T., Van Gool, L. (2006). SURF: Speeded up robust features // *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*. no. 2, pp. 404–407.

References

1. Gonsales, R., Vuds, R., Eddins, S. (2014). *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v srede MATLAB* [Digital image processing in MATLAB]. Moscow, Tekhnosfera, 616 p.
2. Parker, J., James, R. (2001). Algorithms for Image Processing and Computer Vision. Indiana: Wiley Publishing, 2001. 480 p.
3. Gruzman, I., Kirichuk, V., Kosykh, V. (2002). *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v informatsionnykh sistemakh* [Digital image processing in information systems]. Novosibirsk, NSTU Publ., 352 p.
4. Alpatov, B., Babayan, P., Balashov, O. (2008). *Metody avtomaticheskogo obnaruzheniya i soprovozhdeniya ob»yektov. Obrabotka izobrazheniy i upravleniye* [Methods for automatic detection and tracking of objects. Image Processing and Management]. Moscow, Radio engineering, 176 p.
5. Zhuravel', I. M. (2015). *Kratkiy kurs teorii obrabotki izobrazheniy, available at* [A short course in image processing theory]. Access mode : <http://matlab.exponenta/book2/index.php>.
6. Alpatov, B., Babayan, P., Balashov, O. (2008). *Metody avtomaticheskogo obnaruzheniya i soprovozhdeniya ob»yektov. Obrabotka izobrazheniy i upravleniye* [Methods for automatic detection and tracking of objects. Image Processing and Management] . Moscow, Radio engineering, 176 p.
7. Prett, U. (2002). *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy* [Digital image processing]. Moscow, Peace, 312 p.
8. Lim Jae, S. (2007). Two-Dimensional Signal and Image Processing. *Englewood Cliffs*. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 694 p.
9. Rosten, E., Drummond, T. (2012). Machine learning for high-speed corner detection. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*, pp. 430–443.
10. Bay, H., Tuytelaars, T., Van Gool, L. (2006). SURF: Speeded up robust features // *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*. no. 2, pp. 404–407.

Objective. *The aim of the article is to study the auto filtering of apple flow on the conveyor line in the variety recognition system.*

Methods. *In this work, methods of spatial and frequency filtering of images were applied to increase the recognition efficiency of varieties of apples in a stream on a conveyor line.*

Results. *A scheme of automated control in the process of sorting apples is considered, which includes a system for recognizing the characteristics of apples, namely size (d), weight (m), color (g), an automated control system (ACS) for the process of sorting apples, and an actuator. It is noted that the apple varieties recognition system based on a series of photographic images, as well as information about the size, weight and color of apples in the stream on the conveyor line, determines the location and tracks the movement of apples of a certain type. Based on the information received, the ACS generates the control action of the actuator, which separates the apples of the desired type from the general stream. Apples that remain are sent to the industrial redistribution for the production of juice or apple raw materials in the form of jam or jam. It is proved that the recognition efficiency of apple varieties in a stream depends on the quality of its photographic images, and image distortion and the presence of noise will reduce the accuracy of determining the contours and, as a result, the characteristics of individual objects. The occurrence of interference can be caused by a change in the characteristics of apples and air, as well as technological factors. Short-term obstacles associated with the duration of the comparison of frame fixation with a video camera should be eliminated by averaging several consecutive frames. It is emphasized that for apples located in the flow on the conveyor line, they cause a*