

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК

Цвіркун Л. О., к.п.н.

ORCID: 0000-0002-1879-0608

Донецький національний університет економіки і торгівлі

ім. Михайла Туган–Барановського

Тел. (056) 409-77-90

Цвіркун С. Л., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5430-3427

Криворізький Національний університет

Постановка проблеми. На сьогоднішній день досить важко уявити функціонування будь-якого технологічного об'єкту без автоматизованої системи управління, в тому числі і процесів сортування продуктів харчування. Підприємства змушені не тільки забезпечувати безпеку і стійкість ведення технологічних процесів, а й постійно підвищувати їх економічну ефективність.

Безумовно, одним з основних шляхів підвищення ефективності технологічних процесів є удосконалення технологічних схем, апаратного оформлення технології та режимів технологічних процесів [1]. Значний ефект може бути отриманий за рахунок вдосконалення автоматизованих систем управління технологічними процесами з включенням в структуру системи інтелектуальної складової математичного апарату, який працює на підставі алгоритмів нечіткої логіки, нейронних мереж тощо. Для отримання алгоритму управління процесом сортування яблук необхідно провести аналіз технологічного процесу, визначити місце математичного апарату в структурі АСУТП.

Аналіз останніх досліджень. Здійснення оцінки між групами щільно розташованих об'єктів, які мають відповідати показникам якості досить складно. Тому доцільно методами багатокритеріального вибору, здійснити вилучення яблук, з множини варіантів, які підлягають відбору із загального потоку. Вибір оптимального варіанту потребує розгляду відповідних підходів до вирішення задачі сортування яблук, серед яких: лексикографічний, ідеальної точки, метод аналізу ієрархій, виділення головного критерію, згортки частинних критеріїв тощо [10].

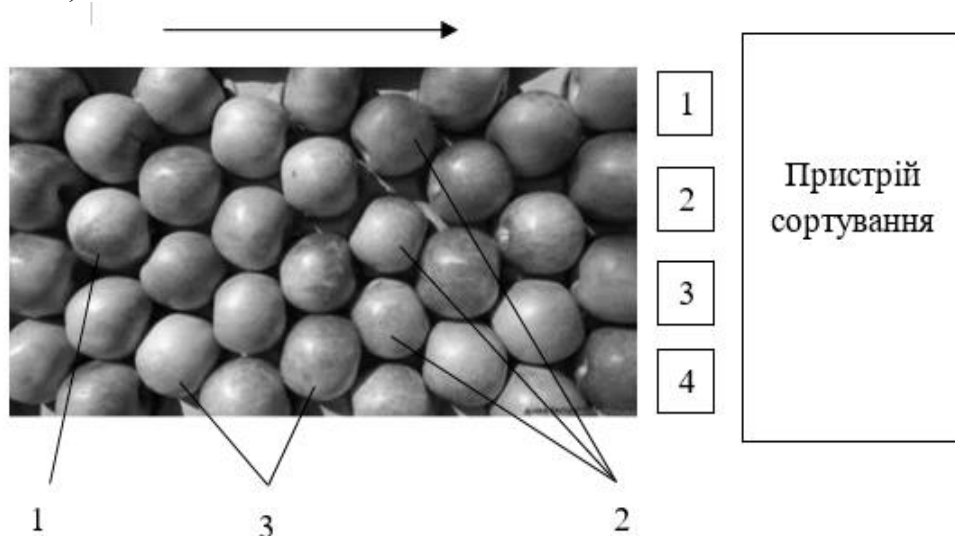
Відповідно до лексикографічного підходу в задачах багатокритеріальної оптимізації, як в чіткій [2], так і в нечіткій [3] постановці, спочатку здійснюють упорядкування частинних критеріїв за ступенем їх важливості, а потім виконують послідовну оптимізацію кожного окремого критерію від найбільш важливого до найменш

значущого. Недоліком даної групи методів є можливість врахування тільки факту переваги одного критерію над іншим, проте ступінь превалювання в даному випадку не враховується, що може привести до невиправданого звуження множини альтернатив.

Застосування методу виділення головного критерію [4] доцільно в разі, коли один з частинних критеріїв за важливістю значно перевершує інші. У такому випадку головний критерій вважають єдиним, а решту перетворюють на обмеження. Використання даного підходу при формуванні управління процесу сортування яблук не доцільне через відсутність досить істотних переваг частинних критеріїв, а також необхідністю застосування спеціальних методів для обґрунтування граничних значень частинних критеріїв у процесі перетворення їх до виду обмежень.

Постановка завдання. Оптимізація параметрів енергоефективного керування процесом сортування яблук на конвеєрній лінії.

Основна частина. Методи автоматичного сортування засновані на формуванні системи відбору відповідних параметрів для вирішення задачі розпізнавання об'єктів. При формуванні якісно-кількісної оцінки критерію інтерфіксації та відбору яблук на транспортері враховуються такі ознаки: розмір (d), вага (m), колір (g), (відповідно до рис. 1).

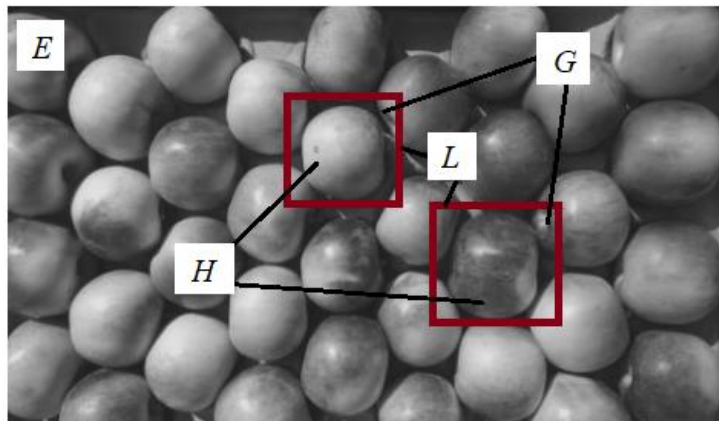


1 – яблуко, що підлягає відбору; 2, 3 – варіанти розташування.

Рис. 1. Особливості сортування яблук на конвеєрній лінії.

Обмежена швидкодія виконавчого сортувального механізму не дозволяє скидати яблука, розташовані досить щільно на одній лінії по ходу руху конвеєрної лінії. Тому проводиться оцінка відстані між групами розташованих щільно 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 [10]. Здійснюється сканування певних областей зображення, що містять яблука за означеними характеристиками відповідно до рис. 2.



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.

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

При цьому, центри фрагментів зображення розташовуються в точці, що відповідає прогнозованим координатам заданих об'єктів. Розпізнавання яблук здійснюється за допомогою дискримінантних функцій. Нехай $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ позначимо n -вимірний вектор ознак яблук.

Маючи W класів образів w_1, w_2, \dots, w_w задачу розпізнавання можна сформулювати наступним чином: потрібно знайти W вирішуючих функцій $d_1(x), d_2(x), \dots, d_w(x)$, які мають такі властивості, як і образ x , що належить до класу w_i , тоді

$$d_i(x) > d_j(x), \text{ при всіх } j = 1, 2, \dots, W, j \neq i. \quad (1)$$

Відповідно, невідомий образ x відносять до i -го класу, якщо під час підстановки x у всі дискримінантні функції найбільше значення має величина $d_i(x)$ [5]. Розподіляючою поверхнею між класами w_i і w_j є множина значень x , для яких $d_i(x) = d_j(x)$, або множина векторів x для яких $d_i(x) - d_j(x) = 0$. Розподіляюча поверхня між двома класами може бути описана єдиною функцією

$$d_{ij}(x) = d_i(x) - d_j(x) = 0 \quad (2)$$

$d_{ij}(x) > 0$ для образів класу w_i , а $d_{ij}(x) < 0$ для образів із класу w_j . Відшукування вирішальних функцій викликає оцінювання параметрів

образів, які є репрезентативними для даного класу. Вектори ознак можна побудувати на основі кількісних дескрипторів для областей або меж. Якщо опис межі проводиться за допомогою Фур'є-дескрипторів, то величина i -го дескриптора стає значенням x_i , тобто i -ю компонентою вектору ознак. Нехай кожен клас визначається його усереднючим вектором m_j , тобто використовується середнє значення з безлічі даного класу в якості представника (прототипу) даного класу векторів

$$m_j = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in w_j} x, j = 1, 2, \dots, W, \quad (3)$$

де N_j – кількість образів класу w_j ;
 W – кількість класів образів.

Доцільно використовувати можливість відтворення невідомого образу з вектором визнання x до деякого класу шляхом вибору того класу, що має прототип ближче всього до вектору x . У цьому випадку при використанні евклідової відстані у якості міри щільності образів завдання зводиться до розрахунку швидкості.

$$D_j(x) = \|x - m_j\|, j = 1, 2, \dots, W. \quad (4)$$

Після цього досліджуваний образ відноситься до класу w_i та має найменшу відстань $D_i(x)$. Таким чином найкращий збіг визначається з мінімальної відстані до прототипу. Якщо замість одного вектору у нас є безліч векторів ознак, представлених у вигляді рядків матриці X , то слід отримати матрицю D , елемент $D(I, J)$, який дорівнює евклідовій відстані від i -го вектору з X до j -го прототипу з M [5]. У цьому випадку для того, щоб визначити клас i -го образу з X , досить знайти номер стовпчика в рядку i матриці X , що має мінімальне значення. З цього випливає, що вибір найкоротшого відстані еквівалентний вирахування функцій

$$d_j(x) = x^T m_j - \frac{1}{2} m_j^T m_j, j = 1, 2, \dots, W \quad (5)$$

і віднесення x до класу w_i відбувається при найбільшому значенні $d_i(x)$. Розділяюча поверхня між класами w_i і w_j в разі класифікатора з мінімальної відстані задається рівнянням

$$d_{ij}(x) = d_i(x) - d_j(x) = x^T (m_i - m_j) - \frac{1}{2} (m_i - m_j)^T (m_i - m_j) = 0. \quad (6)$$

Задана цим рівнянням поверхня перпендикулярна відрізку, що

з'єднує m_i і m_j і проходить через його середину. Наведений вище алгоритм оперує з розміром, масою, кольором яблук у процесі сортування на конвеєрній лінії.

Отже, на сьогодні автоматизація процесу сортування є одним з найбільш актуальних напрямів у харчовій промисловості, з яким багато в чому пов'язується подальший прогрес в цій галузі. Однак до теперішнього часу процес сортування не розглядався з єдиної методологічної, теоретичної та технологічної позицій. Тому пропонується метод автоматичного сортування яблук є перспективним напрямком підвищення техніко-економічних показників харчового виробництва.

Висновки. Методи автоматичного сортування засновані на формуванні системи відбору відповідних параметрів для вирішення задачі розпізнавання об'єктів. При формуванні якісно-кількісної оцінки критерію інтерфіксації та відбору яблук на транспортері враховуються такі ознаки: розмір (d), вага (m), колір (g). Розроблений алгоритм оперує з розміром, масою, кольором яблук у процесі сортування на конвеєрній лінії. Запронований метод автоматичного сортування яблук є перспективним напрямком підвищення техніко-економічних показників харчового виробництва.

Література:

1. Мартиненко І. І., Головинський Б. Л., Лисенко В. П. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 2001. 224 с.
2. Подиновский В. В. Лексикографические задачи оптимизации. Москва: Академия труда и социальных отношений, 2003. 327 с.
3. Подиновский В. В., Гаврилов В. М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. Москва: Академия труда и социальных отношений, 2016. 194 с.
4. Батищев Д. И., Шапошников Д. Е. Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2001. 92 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. Москва: Техносфера, 2006. 616 с.
6. Подиновский В. В. Лексикографические задачи оптимизации. Москва: Академия труда и социальных отношений, 2003. 327 с.
7. Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л. Підвищення ефективності функціонування пристрою сортування яблук шляхом розпізнавання їх характеристик. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 125-132.
8. Lowe G. D. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*. 2004. № 1. P. 1–28.
9. Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е. Методы

автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. Москва: Радиотехника, 2008. 176 с.

10. Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л. Удосконалення процесів сортування продуктів харчування на конвеєрній лінії. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Кривий Ріг, 2018. Вип. 37. С. 126-130.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК

Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л.

Анотація

У статті пропонується для вилучення яблук, з множини варіантів, які підлягають відбору із загального потоку на конвеєрній лінії застосовувати методи багатокритеріального вибору, які засновані на формуванні системи відбору відповідних параметрів для вирішення задачі розпізнавання об'єктів. Відповідно, вважається доцільним здійснювати оптимізацію параметрів енергоефективного керування процесом сортування яблук за допомогою алгоритму, що оперує розміром (d), вагою (m), кольором (g) об'єкта, що підлягає інтенсифікації та відбору. Зазначено, що автоматизація процесу сортування яблук є одним з найбільш актуальних напрямів у харчовій промисловості. Пропонований метод автоматичного сортування яблук є перспективним напрямком підвищення техніко-економічних показників харчового виробництва.

Ключові слова: процес сортування, енергоефективне керування, автоматизація, виробничий процес, яблука.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОРТИРОВКИ ЯБЛОК

Цвиркун Л. О., Цвиркун С. Л.

Аннотация

В статье предлагается для извлечения яблок из множества вариантов, которые подлежат отбору из общего потока на конвейерной линии применять методы многокритериального выбора, которые основаны на формировании системы отбора соответствующих параметров для решения задачи распознавания объектов. Соответственно, является целесообразным осуществлять оптимизацию параметров энергоэффективного управления процессом сортировки яблок с помощью алгоритма, который оперирует размером (d), весом (m), цветом (g) объекта, подлежащего интенсификации и отбору. Отмечено, что автоматизация процесса сортировки яблок является актуальным направлением в пищевой промышленности. Предлагаемый метод автоматической сортировки яблок является перспективным направлением повышения технико-экономических показателей пищевого производства.

Ключевые слова: процесс сортировки, энергоэффективное управление, автоматизация, производственный процесс, яблоки.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF ENERGY EFFICIENT MANAGEMENT OF THE APPLE SORTING PROCESS

L. Tsvirkun, S. Tsvirkun

Summary

The article proposes to use multicriteria selection methods for extracting apples from a variety of options that are subject to selection from the general flow on a conveyor line. To select the best option, the corresponding approaches to solving the problem of sorting apples were considered, namely, the lexicographic, ideal point, method of analyzing hierarchies, highlighting the main criterion, convolving particular criteria, and the like.

It is proposed to optimize the parameters of energy-efficient control of the apple sorting process using an algorithm that operates on the size (d), weight (m), color (g) of the object to be intensified and selected.

The limited speed of the executive sorting mechanism does not allow to dump apples; they are located quite tightly on one line along the conveyor line. Therefore, the distance between the groups of tightly located objects and the multi-criteria selection method is evaluated, the apples that have the worst performance are excluded from the set of options that are subject to selection from the general stream, the minimum size that does not belong to the external state and color. Scanning of certain areas of the image containing apples according to the specified characteristics is carried out.

The focus is on the fact that today it is quite difficult to imagine the functioning of any technological object without an automated control system, including food sorting processes. Enterprises are forced not only to ensure the safety and sustainability of technological processes, but also to constantly increase their economic efficiency. Therefore, the automation of the apple sorting process is one of the most promising areas of the food industry, which is largely associated with further progress in this area. The proposed method of automatic sorting of apples is a promising direction for improving the technical and economic indicators of food production.

Key words: sorting process, energy-efficient management, automation, production process, apples.