

Сортування полімерних пляшок із використанням елементів «технічного зору»

М.В. Якимчук, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н., А.П. Беспалько, к.т.н., К.В. Пащенко, Національний університет харчових технологій, м. Київ
Закінчення. Початок у № 2 (С. 48–52), 2015

Метод «технічного зору»

Більш дешевим способом сортування полімерних пляшок є сортування за допомогою сканування спеціального коду. Метод базується на «читанні» універсального товарного коду полімерної пляшки, за допомогою якого ідентифікується матеріал полімеру. Такий спосіб сортування вперше був запатентований у США. Для визначення матеріалу полімерної пляшки застосовуються спеціальні сканери



коду [1]. Вони можуть працювати на основі рентгенівського або інфрачервоного випромінювання. Зчитування коду здійснюється за допомогою фототехніки.

Сканери коду — це стаціонарні або переносні пристрої для зчитування інформації з маркування товару. Вони декодують інформацію про товар і передають її до електронної системи керування. Такі системи сканування є малодослідженими, а інформація щодо їх технічних і технологічних параметрів роботи є недостатньою для подальшого їх використання.

Метою виконаних досліджень є встановлення можливості використання елементів «технічного зору» в лініях сортування полімерних пляшок за матеріалом.

Масове впровадження систем «технічного зору» в лініях сортування обмежується недостатньою якістю отриманого зображення або його спотворенням, яке втрачається через незадовільні умови освітлення, недосконалість системи передачі відеоінформації тощо. Тому важливим завданням для отримання якості зображень є створення нових підходів щодо схем використання «технічного зору», що забезпечить більшу точність, кращі якість та чіткість зображення.

Загальновідомі методи підвищення чіткості зображення з можливістю виділення його контуру не завжди дають очікувані результати [2]. Наприклад, при виділенні контура зображення відомими методами контурні лінії є широкими, а зображення — розмитим. У таких зображеннях унаслідок дії додаткових зовнішніх факторів спотворюється розташування контурних ліній, координати яких не відповідають дійсності або є взагалі несправжніми.

У проведених дослідженнях була використана математична модель [2], що описує шляхи підвищення різкості мало-контрастних цифрових зображень. Ця модель базується на обробці зображення рухомим вікном, що є маскою з плаваючими ваговими коефіцієнтами. У математичній моделі вагові коефіцієнти обчислюються окремо для кожного пікселя шляхом порівняння значення його інтенсивності з інтенсивністю центрального пікселя, яка визначається як середнє значення інтенсивності по вікню. Такий підхід дає можливість отримати перепад яскравості шириною в один піксель. При цьому розміри маски мають відповідати ширині перепадів яскравості між фоном та об'єктом.

У математичній моделі точка максимальної чіткості визначається шляхом введення індикатора k_{wh} , який приймає значення 0 чи 1 залежно від того, на якому рівні знаходиться яскравість поточного пікселя відносно яскравості центрального пікселя. При розмірності маски, що відповідає ширині перепадів яскравості в області їх перепаду, спостерігатиметься одноразовий перехід індикатора k_{wh} від 0 до 1 чи навпаки, який визначатиметься за рівняннями:

$$k_{wh} = 1, \text{ якщо } I_{ij} \geq \frac{\sum_{w=i-(n-1)/2}^{i+(n-1)/2} \sum_{h=j-\frac{n-1}{2}}^{j+\frac{n-1}{2}} (I_{wh})}{n^2}; \quad (1)$$

$$k_{wh} = 0, \text{ якщо } I_{ij} < \frac{\sum_{w=i-(n-1)/2}^{i+(n-1)/2} \sum_{h=j-\frac{n-1}{2}}^{j+\frac{n-1}{2}} (I_{wh})}{n^2}, \quad (2)$$

де n — розмірність маски; $I_{ij} = 0$ — вхідне значення яскравості поточного пікселя.

Впровадження математичної моделі прописує підвищення чіткості у систему керування «технічним зором», забезпечує посилення перепадів яскравості зображення у спосіб зміни яскравості пікселів. Порівняння стану яскравості навколишніх пікселів з центральним приводить до формування коефіцієнта яскравості z_{wh} типу:

$$z_{wh} = 1, \text{ якщо } I_{wh} \geq I_{ij}; \quad (3)$$

$$z_{wh} = 0, \text{ якщо } I_{wh} < I_{ij}, \quad (4)$$

де I_{wh} — значення яскравості пікселів навколо основного пікселя.

Індикатор набуває значення 1 у відповідному місці маски у разі, коли вагові коефіцієнти набувають значення $z_{wh} = 1$ і $k_{wh} = 1$ або $z_{wh} = 0$ і $k_{wh} = 0$. Таким чином, вагові коефіцієнти обчислюються як сума по модулю двох коефіцієнтів z_{wh} і k_{wh} .

Узагальнена математична модель, що описує підвищення чіткості має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} I'_{ij} = \frac{\sum_{w=i-(n-1)/2}^{i+(n-1)/2} \sum_{h=j-\frac{n-1}{2}}^{j+\frac{n-1}{2}} (I_{wh} (k_{wh} + z_{wh}))}{\sum_{w=i-(n-1)/2}^{i+(n-1)/2} \sum_{h=j-\frac{n-1}{2}}^{j+\frac{n-1}{2}} (k_{wh} + z_{wh})} \\ k_{wh} = 1, \text{ якщо } I_{ij} \geq \frac{\sum_{w=i-(n-1)/2}^{i+(n-1)/2} \sum_{h=j-\frac{n-1}{2}}^{j+\frac{n-1}{2}} (I_{wh})}{n^2}, \\ k_{wh} = 0, \text{ якщо } I_{ij} < \frac{\sum_{w=i-(n-1)/2}^{i+(n-1)/2} \sum_{h=j-\frac{n-1}{2}}^{j+\frac{n-1}{2}} (I_{wh})}{n^2} \\ z_{wh} = 1, \text{ якщо } I_{wh} \geq I_{ij} \\ z_{wh} = 0, \text{ якщо } I_{wh} < I_{ij} \end{array} \right. \quad (5)$$

де n — розмір маски; I_{ij} — вхідне значення яскравості поточного пікселя; I'_{ij} — вихідне значення яскравості поточного пікселя.

Для перевірки адекватності аналітичних результатів математичних моделей реальним процесам була розроблена і виготовлена експериментальна установка.

Загальний вигляд експериментальної установки для сортування використаних полімерних пляшок за допомогою «технічного зору» наведено на рис. 1.

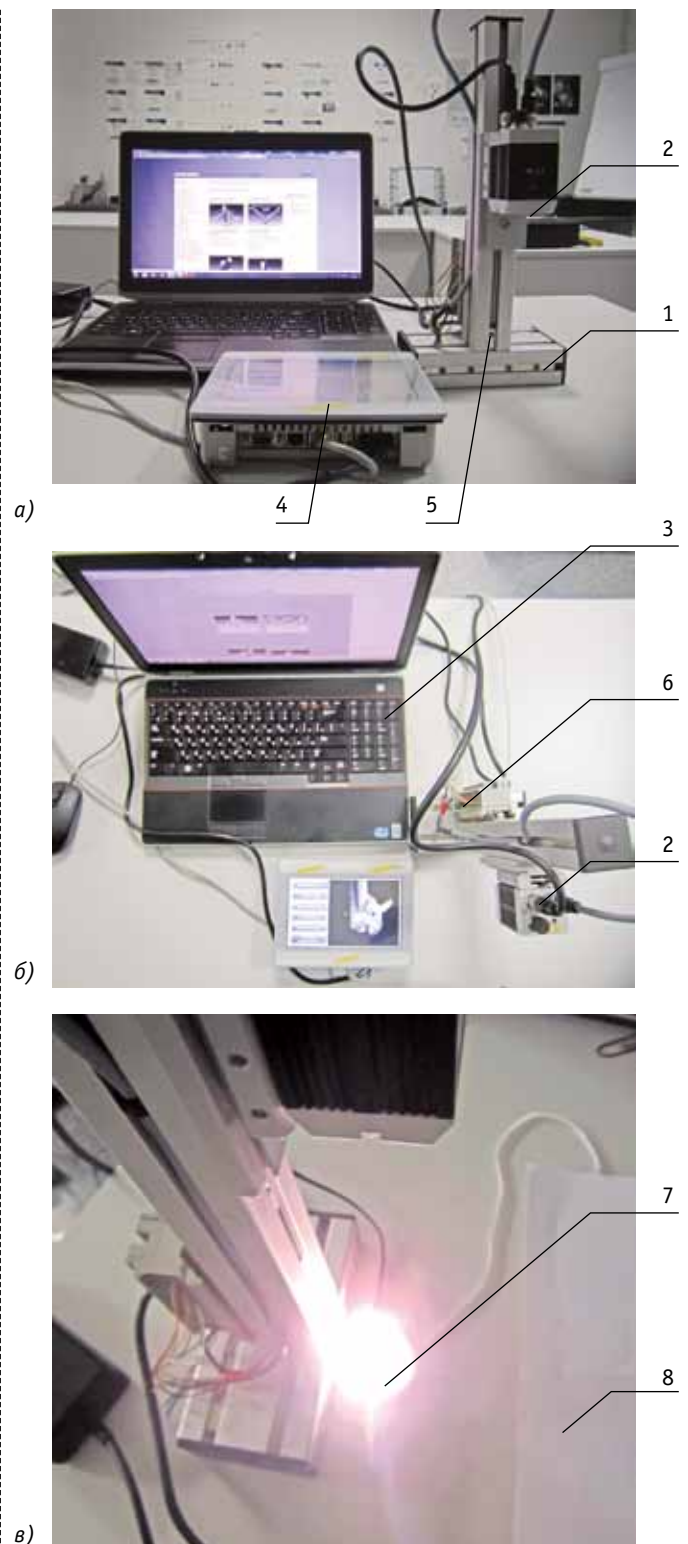
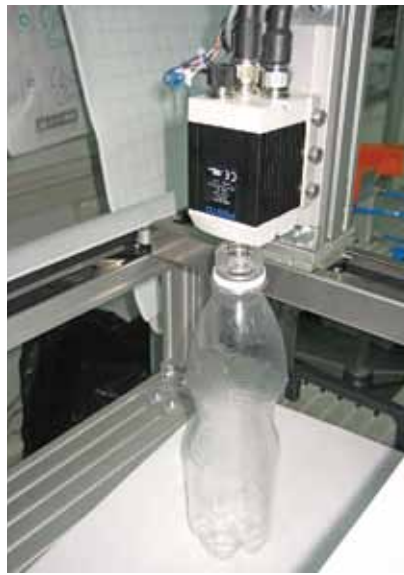


Рис. 1. Експериментальна установка для визначення матеріалу використаних полімерних пляшок за допомогою «технічного зору»: а) загальний вигляд експериментальної установки; б) підключення панелі керування; в) розміщення екрана відносно системи освітлення; 1 — станина; 2 — камера «технічного зору» компанії Festo SBO-Q; 3 — комп'ютер; 4 — панель керування CDPX; 5 — регулятор положення камери; 6 — канал підключення камери до комп'ютера; 7 — система освітлення; 8 — відображаюча поверхня (екран)



Рис. 2. Результати сканування універсального товарного коду з поверхні екрана



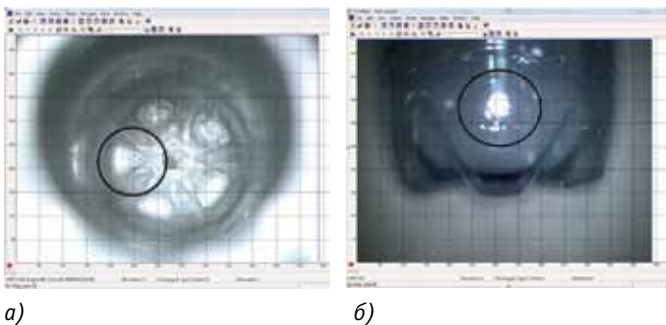
а)



б)

Рис. 3. Сканування універсального коду у статичному (а) та динамічному (б) режимах роботи системи

Експериментальна установка складається зі станини 1, на якій закріплена камера «технічного зору» 2, положення якої регулюється за допомогою регулятора 5. Система освітлення 7 розташована на протилежній стороні від камери. Між камерою та системою освітлення встановлений екран 8. Камера «технічного зору» 2 сканує зображення з екрану 8, обробляє його та передає інформацію через канали підключення на панель керування CDPX 4 та на комп'ютер 3. Камера «технічного зору» 2 відноситься до класу інтелектуальних камер і відрізняється від звичайних наявністю в її корпусі системи керування, яка складається з програмного забезпечення обробки зображень. Початок роботи камери відбувається за сигналом датчика наявності полімерної пляшки в місці сканування. Робота камери синхронізована з системою освітлення, яке забезпечує оптимальний контраст між екраном і площиною поверхні пляшки. Результат сканування експериментальною установкою універсального товарного коду (петлі Мебіуса) з екрана показано на рис. 2.



а)

б)

Рис. 4. Результати зображення відсканованої області пляшки у динамічному режимі роботи системи при вертикальному (а) та горизонтальному (б) розташування полімерної пляшки

Дослідження проводились як у статичному, так і у динамічному режимах роботи системи сканування (рис. 3). Динамічний режим забезпечувався переміщенням камери відносно полімерної пляшки з різними швидкостями за допомогою спеціальних приводних напрямних (рис. 3).

Результати дослідження визначення універсального товарного коду у динамічному режимі наведені на рис. 4.

Аналіз результатів досліджень дає можливість визначити основні фактори, які суттєво впливають на якість зображення, а аналіз джерел науково-технічної літератури — межі їх зміни: $x_1(l_1)$ — відстань пляшки до екрана, мм; $x_2(E)$ — яскравість освітлення, lux; $x_3(l_2)$ — відстань від екрана до камери «технічного зору», мм. Для визначення значимості впливу перерахованих факторів був проведений багатofакторний експеримент, та за його результатами була розроблена математично-статична модель залежності якості зображення універсального коду полімерної пляшки від основних параметрів процесу у вигляді поліному: $t = 282,507 - 1,52E + 0,000026l_2 - 0,052El_2$.

Таким чином, отримані результати проведених аналітичних та експериментальних досліджень щодо можливості використання систем «технічного зору» для сортування полімерних пляшок за матеріалами дають можливість дійти таких висновків:

- системи «технічного зору» можуть бути ефективно використані для сортування полімерних виробів шляхом визначення універсального товарного коду;
- розпізнавання системою оброблення сканованої інформації товарного коду залежить від чіткості отриманого зображення;
- для підвищення чіткості зображення потрібно між камерою та поверхнею полімерної пляшки встановити спеціальний екран;



- встановлено основні фактори та їхній вплив на якість зображення, серед яких основним є яскравість освітлення;
- підтвержені існуючі рекомендації, що додаткова система освітлення суттєво збільшує якість зображення;
- встановлено, що основним недоліком запропонованого способу сортування є отримання неякісного зображення товарного коду через використання полімерних пляшок із забрудненими поверхнями та неконтрольований вплив зовнішнього освітлення під час операції сканування;
- експериментально встановлено, що колір полімерних пляшок не впливає на якість зображення універсального товарного коду за умови встановлення додатково освітлення та спеціальних фільтрів;
- застосування систем «технічного зору» в лініях сортування полімерних виробів потребує подальших досліджень їх роботи в умовах реальних до виробничих.

Література

1. Форсайт Дэвид А. Компьютерное зрение. Современный подход: пер. с англ. / Дэвид А. Форсайт, Жан Понс. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. — 928 с.

2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. Л.И. Рубанова, П.А. Чочиа; под ред. П.А. Чочиа. — Москва: Техносфера, 2005. — 1072 с. *Ж*

Сортировка полимерных бутылок с использованием элементов «технического зрения»

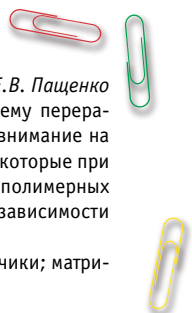
Якимчук Н.В, к.т.н., А.Н. Гавва, д.т.н., А.П. Беспалько, к.т.н., Е.В. Пащенко
Авторы затрагивают актуальную на сегодняшний день проблему переработки отходов полимерных бутылок. В статье акцентировано внимание на сортировке бутылок, рассмотрены разные системы и приборы, которые при этом используются. Проанализировано способы сортировки полимерных бутылок и технологий их разделения по цвету и материалам, в зависимости от физических эффектов.

Ключевые слова: полимерные бутылки; линии сортировки; датчики; матрица датчика; инфракрасные лучи.

Sort polymer bottles with elements of «technical view»

N.V. Yakymchuk, Ph.D., A.N. Gavva, Dr., A.P. Bepalko, Ph.D., E.V. Pashchenko
The authors affect actual problem - recycling plastic bottles. The article also is focused on sorting bottles. It is considered different systems and devices that are used at the same time. The authors analyzed different methods of sorting polymeric bottle and techniques its separation by color and materials depending on the physical properties.

Keywords: plastic bottles; sorting line; sensors; matrix sensor; infrared rays.






INTAREMA®

Новое поколение системы от EREMA.

Требуется меньше. Дает Вам больше.









ФАКУМА / Фридрихсхафен / Германия
13.-17.10.2015
Павильон А6 / Стенд А6-6314



PLASTIC RECYCLING SYSTEMS

CHOOSE THE NUMBER ONE.