

REFERENCES

1. Gatehouse K. Key Issues in ESP Curriculum Development [Electronic resource] / Kristen Gatehouse. – 2001. – Access mode: <http://iteslj.org/Articles/Gatehouse-ESP.html>
2. Chenic N. The use of new technologies in teaching ESP [Electronic resource] / Nicole Chenic – Access mode: <https://asp.revues.org/4128>
3. Gherardelli P. Hands On: An Initiative for the Development of ESP Teaching and Learning [Electronic resource] / Paola Gherardelli – Access mode: <http://www.jezykangielski.org/authenticmaterialinpractise.pdf>.
4. Živković S. The ESP Technology-Supported Learning Environment [Electronic resource] / Slađana Živković – Access mode: http://lib.euser.org/res/jrm/ejser/jan_apr_16/Zivkovic.pdf

УДК 004.415.3:681.6

Л.І. Мещеряков¹, А.В. Кожевников¹, М.Г. Бердник¹, І.С. Пчеленков¹

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ШТРИХ-КОДА EAN-13 СТІЙКОГО ДО СПОТВОРЕНЬ

Анотація. Описано процес модернізації алгоритму шляхом підвищення ефективності про роботі розпізнавання штрих-кодів з наявними дефектами зображення.

Ключові слова: штрих-код, EAN-13, ПЗ, бінаризація, декодування, розшифрування, Python, PyCharm.

Вступ. Часто беручи до рук будь яку упаковку зубної пасти, шампуня, миючого засобу або прального порошку можна зустріти набір паралельно розташованих чорних ліній різної товщини та довжини. Це так званий штрих-код.

Штрих-код використовується в торгівлі, бібліотечному чи поштовому ділі, при обробці документів, на виробництві, в охоронних схемах і т.п.

На сьогоднішній день товарообіг відіграє велику роль у суспільстві. З розвитком технологій його ніяк не можливо представити без організованості, яка допомагає структурувати великі об'єми товарів, невеликою кількістю апаратних засобів. Такі апаратні засоби повинні в собі містити: мінімальні вимоги до системи, для збереження і обробки інформації про товари та сканер штрих-кодів для перевірки товару на співпадіння.

В сучасному світі майже в кожній людини є мобільний телефон. Багато мобільних пристроїв забезпечені влаштованими фотокамерами. Фотокамера дає можливість сфотографувати штрих-код товару, для подальшої обробки. Вважається штрих-код може дозволити:

- Порівнювати ціни товарів;
- Отримувати повну характеристику продукта;
- Дивитися обзори та відгуки інших покупців;
- Провіряти продукти на інгредієнти-алергени.

Постановка задачі. Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані та вирішені такі завдання:

- Викласти принципи розшифровки штрих-коду;
- Дослідити особливості пошуку штрих-кодів та їх декодування;
- Проаналізувати особливості реалізації алгоритму, які доступні в PyCharm;
- Спроекувати та розробити відповідне програмне забезпечення;
- Розрахувати витрати на розробку програми;
- Зробити висновки.

Основний зміст роботи. Для виконання поставлених завдань були використані наступні методи та інструменти:

- Методи пошуку та декодування штрих-коду;
- PyCharm, Python, OpenGL.

Штрих-коди повсюдно використовуються для ідентифікації продуктів, товарів або поставок. Навколо є пристрої для зчитування штрих-кодів у вигляді ручних зчитувачів, лазерних сканерів або світлодіодних сканерів. Зчитувачі на основі камер, як нові свого роду зчитувачі штрих-кодів, останнім часом привернули особливу увагу. Інтерес до розпізнавання штрих-кодів на основі камер заснований на тому, що вже використовуються численні мобільні пристрої, які забезпечують можливість робити знімки належної якості. У поєднанні з підключення Bluetooth або WLAN, багато програм стають можливими, наприклад миттєва ідентифікація продуктів на основі штрих-коду та онлайн-пошуку інформації про продукт. Такі програми дозволяють відображати попередження для людей з алергією, результати продукту тести або порівняння цін у ситуаціях покупок.

Зусилля щодо розпізнавання 1D штрих-кодів за допомогою камер телефонів вже зроблено. Адельман та ін. представили дві прототипні програми: відображення літературної інформації про відскановані книги та відображення інформації про інгредієнти відсканованої їжі для алергіків. Вони не повідомили про результати розпізнавання, але показали підтвердження концепції для нових застосувань. Вони ж повідомляють про рівень розпізнавання 85,6% у неопублікованій базі даних зображень. З його опису можна вважати, що алгоритм набагато менш надійний, ніж алгоритм, запропонований в представленій роботі.

Охбуч та ін. представили розпізнавач реального часу для мобільних телефонів, який базується на асемблері і зберігається дуже просто. Чай і Хок також представили алгоритм, але без уточнення результатів розпізнавання. Ранні алгоритми розпізнавання штрих-кодів (наприклад, Мінез та ін., і Йозеф та Павлідіс) та частина згаданих підходів досягають своєї мети, застосовуючи такі методи, як перетворення Хафа, локалізація штрих-коду на основі вейвлетів або

морфологічні операції. Використання таких методів призводить до обчислювально затратних реалізацій, які можуть бути не дуже вигідними для використання з мобільними пристроями.

У 1948р. у Бернарда Сільвера та Джозефа Вудланда народилася ідея штрих-коду, коли вони почули розмову між президентом мережі продуктових компаній та деканом інституту технологій університету Дрекселя, які роздумували про те, як їм створити систему, яка автоматично зчитує інформацію про продукт. Вони спробували багато варіантів, одним з яких були нанесені ультрафіолетовим чорнилом позначки, поки не натрапили на добру стару азбуку Морзе. За словами Джозефа Вудланда, він розтягнув крапки і тире і зробив їх лініями: точка – вузька лінія, тире – широка.

Штриховий код – це закодоване число з 13 цифр яке має зображення у вигляді послідовностей білих та чорних смуг. Ці коди придумані, для швидкої ідентифікації товарів. Найбільш поширені є європейська система кодування EAN та американський універсальний товарний код UPC.

Відповідно до прийнятого порядку, виробник товару наносить на нього штриховий код, що формується з використанням даних про країну місцезнаходження виробника та коду виробника. Код виробника надається регіональним відділенням міжнародної організації EAN International. Такий порядок реєстрації дозволяє виключити можливість появи двох різних товарів із однаковими кодами.

Розшифровка штрих-коду. Штрих-код містить в собі зашифровані дані про деякі характеристики товару.

Візьмемо, наприклад, цифровий код: 4820024700016. Перші дві або три цифри «482» означають країну виготовлення або продавця товару, наступні 4 або 5 в залежно від довжини коду країни «0024» – підприємство-виробник, ще п'ять «70001» ідентифікатор товару, його споживчі властивості, розміри, масу, колір. Остання цифра «6» – контрольна, для перевірки справжності товару за штрих-кодом.

До уваги представлено алгоритм розпізнавання одновимірних штрих-кодів, який працює для широко використовуваного стандарту EAN-13. Цей алгоритм використовує методи аналізу зображень та розпізнавання образів, які спираються на знання про структуру та зовнішній вигляд одновимірних штрих-кодів. Враховуючи обчислювальну потужність та якість зображення сучасних телефонів із камерою.

Мета представленого алгоритму – бути як швидким, так і надійним. В якості вхідних даних очікується зображення, що містить 1D штрих-код, який покриває центр зображення. Штрих-код не потрібно центрувати, він може бути перевернутим або мати звичайні спотворення та повороти перспективи (приблизно ± 15 градусів), які виникають під час зйомки фотографій на телефони з камерою.

Інші підходи починаються з глобального згладжування, розташування області штрих-коду на основі вейвлетів або навіть морфологічних операцій. Вважається що, такі операції є занадто трудомісткими, тому використано підхід на основі сканування. Припускаємо, що горизонтальна розгортка посередині

зображення покриватиме штрих-код. Якщо це не так, або частини штрих-коду, які лежали на лінії сканування, забруднені, закупорені або піддані сильним відображенням, необхідно виявити це на дуже ранній стадії та повторити алгоритм для альтернативних ліній сканування зверху та знизу. Не шукаючи кордонів штрих-коду, швидко бінаризуються всі пікселі на лінії сканування, починаючи з початкової точки в середині. Для бінаризації потрібен динамічний поріг, щоб він був стійкий до бруду, погано надрукованих штрих-кодів або зміни освітлення. Спочатку згладжуються пікселі лінії сканування та обчислюється значення яскравості $Y(x) \in [0..1]$ для кожної позиції x на лінії сканування вираховується за формулою (1):

$$Y(x) = 0,299R(x) + 0,587G(x) + 0,114B(x). \quad (1)$$

Потім виконується пошук локальних мінімуму та максимуму вздовж лінії сканування, щоб сусідні мінімуми та максимуми мали різницю яскравості $\Delta Y \geq 0,01$. Останнім кроком перед обчисленням порогового значення є етап обрізання, де видаляються незвичайно темні максимуми, а також незвичайно світлі мінімуми. Для кожної позиції x від середини лінії сканування до межі зображення поріг $t(x)$ для бінаризації обчислюється шляхом оцінки функції залежно від останніх семи мінімумів/максимумів. Не враховуються зовнішні мінімуми/максимуми, оскільки не хочемо, щоб регіони за межами штрих-коду впливали на пороги в області штрих-коду. Оцінювана функція усереднює значення яскравості другого найнижчого максимуму та другого найвищого мінімуму для досягнення хорошої стійкості до локальних помилок, таких як бруд або сильний шум.

В наступному кроці використано деякі знання про штрих-код UPC-A/EAN-13/ISBN-13. Ці штрих-коди складаються з 13 цифр. Остання цифра є контрольною сумою, яка обчислюється з перших 12 цифр.

Штрих-код починається лівою захисною смугою А (чорно-біло-чорна) і закінчується правою захисною смугою Е (чорно-біло-чорна). Між захисними смугами є два блоки В і D по 6 кодованих цифр у кожному, розділені центральною смугою С (білий-чорний-білий-чорний-білий).

Модуль – це найменша одиниця. Смуги та пробіли можуть охоплювати від одного до чотирьох модулів одного кольору. Кожна цифра кодується за допомогою семи модулів (дві смуги і два пробіли із загальною шириною 7 модулів). Ширина повного штрих-коду EAN-13 становить 59 чорно-білих областей ($3 + 6 * 4 + 5 + 6 * 4 + 3$), які складаються з 95 модулів ($3 + 6 * 7 + 5 + 6 * 7 + 3$). Для кодування цифри можна використовувати два алфавіти, парний або непарний алфавіт. Хоча останні 12 цифр кодуються безпосередньо за допомогою цих двох алфавітів, перша з 13 цифр визначається алфавітами, які були використані для кодування перших шести цифр. Таким чином, перша цифра називається метачислом або індукованою цифрою.

Виявлення кордонів штрих-коду також починається з початкової точки в середині лінії профілю. Початкове положення має бути бар-піксель, тому або початкова точка чорна ($Y(x) < t(x)$), або треба починати з найближчої точки

ліворуч або праворуч, яка є чорною. З цього стартового рядка послідовно додаються пробіли і рядок ліворуч і праворуч. Додаючи спочатку менші пари пробілів, не допускається додавання областей без штрих-коду. Запам'ятовуючи розміри dodаних блоків, можливо визначити кандидатів на захисні смуги. Тут знаходяться захисні решітки, якщо кількість штрихів і пробілів між ними дорівнює 59.

Смуги та пробіли, знайдені на попередньому кроці, мають бути класифіковані як цифри. Як уже згадувалося, є два алфавіти по 10 цифр кожен, що призводить до 20 класів. Кожна цифра s кодується за допомогою двох чорно-білих областей загальною шириною 7 модулів.

Під час підготовки до класифікації створено специфічний прототип для кожного класу. Для цього досліджено дві захисні планки зліва і справа, а також центральну планку. Оскільки відомо, що їх чорно-білі області мають ширину в один модуль кожна, можливо обчислити середню ширину окремих чорно-білих модулів. На основі ширини одиничних модулів обчислено ширину подвійних, потрійних і чотириразових модулів. Двійкова область подвійного модуля є не вдвічі більше, ніж площа окремого модуля. Ширина окремого чорного модуля не є загальною шириною штрих-коду, поділеною на 95. Через більш яскраве або темне освітлення ширина окремих білих модулів $ww1$ і чорного $wb1$ може відрізнятись на величину, що вираховується за формулою (2):

$$\Delta wb1 = ww1 - wb1. \quad (2)$$

Це необхідно враховувати для розрахунку ширини подвійних, потрійних і чотиримісних модулів і вимагає окремого визначення ширини чорних і білих одинарних модулів.

На основі ширини смуг і пробілів в захисних і центральних смугах обчислено опорний шаблон rk для кожного класу ck . Цифри s зі штрих-коду потім представляються класифікатору на основі відстані, який призначає нормовані значення подібності $p(ck, s)$ для всіх класів ck .

Оскільки кожна цифра кодується чотирма чорними та білими областями, шаблон r представлено у вигляді 4-х кортежів $r \in IR^4$. Подібність $p(ck, s)$ заснована на квадраті відстані $d(rk, rs)$ між відповідним шаблоном

Наступним етапом є пошук найбільш схожого коду, для кожної цифри s з кожним класом ck . Комбінуючи результати дванадцяти кодованих цифр $s(1), s(2), \dots, s(12)$ послідовно генерується гіпотеза коду $(m, c(1), c(2), \dots, c(12))$, m – це індукційне мета-число, закодований вибором алфавітів, що використовуються для кодування цифр $s7, \dots, s13$. Якщо вважати значення подібності цифр незалежними одна від одної та подібними до ймовірності, вважається ймовірність гіпотези такою, вираховується за формулою (3):

$$p(c(1), \dots, c(12) | s(1), \dots, s(12)) = \prod_{i=1}^{12} p(c(i) | s(i))^{1/12} \quad (3)$$

Починаючи з гіпотези коду, яка складається з найбільш подібних класів для кожної цифри, послідовно досліджуються гіпотези зі спадною ймовірністю. Для зображень хорошої якості перша гіпотеза є правильною. У разі сильних викривлень перші гіпотези можуть бути помилковими. Цифра $s/3$ – контрольна сума, яка дозволяє виявити та відхилити неправильні гіпотези.

Наукова новизна полягає в розробці нового підходу до розпізнавання та декодування штрих-кодів. Цей підхід обґрунтований вибором декодуючого рядку даних, і він дозволяє прискорити розшифрування на спотворених зображеннях.

Висновки. В ході роботи було досліджено предметну область та проаналізовано актуальність даної розробки.

У цій роботі представлено алгоритм розпізнавання 1-D штрих-коду EAN-13 на реальних зображеннях. Були проведені експерименти з великою базою даних, використовуючи реалізацію мовою Python. Результати показують, що алгоритм дуже надійний і до того ж дуже швидкий. При порівнянні з аналогом було виявлено, що алгоритм представлений в роботі справився краще. Наступним кроком буде можливість використовувати мережеве підключення поточних телефонів із камерою або КПК, щоб дозволити використовувати корисні програми. Крім того, можливо розширити базу даних штрих-кодів, отриманих за допомогою телефонів із камерою та КПК.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. R. Adelman, M. Langheinrich, C. Florkemeier: " Toolkit for Bar Code Recognition and Resolving on Camera Phones – Jump Starting the Internet of Things. Workshop on Mobile and Embedded Interactive Systems (MEIS'06) at Informatik, GI LNI, 2006.

2. D. Chai, F. Hock: Locating and Decoding EAN-13 Barcodes from Images Captured by Digital Cameras. 5th Int. Conf. on Information, Communications and Signal Processing, 1595–1599, 2005.

3. E. Joseph, T. Pavlidis: Bar Code Waveform Recognition Using Peak Locations. IEEE Trans. On PAMI, 16(6):630–640, 1998.

4. E. Ohbuchi, H. Hanaizumi, L. A. Hock: Barcode Readers Using the Camera Device in Mobile Phones. In Proc. of the Int. Conf. on Cyberworlds, 260–265, 2004.

5. R. Muniz, L. Junco, A. Otero: A Robust Software Barcode Reader Using the Hough Transform. In Proc. of the Int. Conf. on Information Intelligence and Systems, 313–319, 1999.

6. S. Wachenfeld, S. Terlunen, X. Jiang/ URL: <http://cvpr.uni-muenster.de/research/barcode>. дата звернення: 1.11.2021.

7. K. Wang, Y. Zou, H. Wang: Bar Code Reading from Images Captured by Camera Phones. 2nd Int. Conf. on Mobile Technology, Applications and Systems, 6–12, 2005.

8. K. Wang, Y. Zou, H. Wang: 1D Bar Code Reading on Camera Phones. Int. Journal of Image and Graphics, 7(3):529–550, 2007.

9. Як читати штрих-код / URL: <https://hmarka.ua/ru/articles/kak-chytat-shtryh-kod/>. дата звернення: 4.11.2021.

10. Штрих-код товарів та їх розшифровка / URL: <https://mozp.org/main/spravochnik-potrebitelya/shtrix-kod-produktov>. дата звернення: 4.11.2021.

11. Код країни виробника / URL: <https://pzik.ru/uk/barcoding-of-goods-item-code-in-the-invoice/>. дата звернення: 4.11.2021.

12. Товарні коди країн-виробників. Стандартизація та сертифікація продукції / URL: <https://videoplays.ru/uk/online-services/commodity-codes-of-producer-countries-standardization-and-certification-of-products/>. дата звернення: 4.11.2021.

13. Маркування штрих-кодів по країнах. Країна походження товару: обов'язкове маркування, штрих-коди / URL: <https://technologyyoung.ru/barcode-labeling-by-country-country-of-origin-mandatory-marking-bar-codes.html>. дата звернення: 4.11.2021.

УДК 502.36

S. Kostrytska¹, K. Rodna¹, O. Shevtsova¹, Y. Martynenko¹

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

DIRECT AIR CAPTURE TECHNOLOGY FOR CARBON REMOVAL

Abstract. Air pollution caused by harmful gases is a global problem. Direct Air Capture invention created by Carbon Engineering company is a promising method of cleaning air from toxic gas. The efficient DAC CO₂ recycling technology is presented.

Keywords: *poisonous gases, greenhouse effect, industrial processes, global warming, Direct Air Capture technology, carbon engineering, capturing emissions, CO₂ molecules.*

Introduction. Gases pollute the atmosphere because they are produced too quickly to be cleared away naturally by rain, winds, oceans or plants. These poisonous gases come from several sources such as oil producers, industries which burn fuel, and motor vehicles. Some gases are caught by rain clouds and fall as acid rain. Increasing amounts of carbon dioxide leads to a greenhouse effect. Humanity needs to protect the planet from harmful gases.

Scientists from over the world are trying to find the solution to the problem of greenhouse effect. They have already suggested the wide range of ideas, for example, using environmentally friendly resources or installing sewage treatment plants. The new way of air purification from toxic gases is proposed by the Canadian company Carbon Engineering.

It has developed a special Direct Air Capture technology, which removes CO₂ from the air at megaton-scale. Unlike capturing emissions from industrial flue stacks, this carbon removal technology captures carbon dioxide – the primary greenhouse gas responsible for climate change – directly out of the surrounding air. This can help