

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-48-19>

УДК 004.932

Юхта Олександр Андрійович<sup>1</sup>, студент

<https://orcid.org/0000-0002-4057-3052>

Ройко Олександр Юрійович<sup>2</sup>, к.т.н., викладач

<https://orcid.org/0000-0001-8642-7707>

<sup>1</sup>Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна

<sup>2</sup>Відокремлений структурний підрозділ «Волинський фаховий коледж Національного університету харчових технологій», м. Луцьк, Україна

## АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ШТРИХ-КОДІВ НА БАЗІ КАМЕРИ

**Юхта О.А., Ройко О.Ю.** Алгоритмічне забезпечення розпізнавання штрих-кодів на базі камери.

Представлено огляд алгоритмів виявлення та декодування штрих-кодів на прикладі одновимірних штрих-кодів. Запропоновано алгоритм, що забезпечує розпізнавання за допомогою камери та розшифрування штрих-кодів для подальшої роботи з асоційованими з ними даними.

**Ключові слова:** штрих-код, камера, локалізація, декодування, розшифрування, Code 128.

**Yukhta O., Roiko O.** Algorithmic support for camera-based barcode reading. An overview of the algorithms for detecting and decoding barcodes on the example of one-dimensional barcodes is presented. An algorithm that provides camera-based recognition and decoding of barcodes for further work with the data associated with them is proposed.

**Keywords:** barcode, camera, localization, decoding, decryption, Code 128.

**Постановка наукової проблеми.** Незважаючи на те, що технологія штрих-кодів існує з 1960-х років, декодери на основі камер додають нових викликів в процес їх декодування. Наприклад, тепер ми повинні подбати про роздільну здатність зображення. Хоча сучасні камери є багатопіксельними, штрих-код на захопленому зображенні зазвичай насправді міститься в невеликій підобласті області зображення. Таким чином, роздільна здатність може бути обмежена, якщо ніхто навмисно не максимізує її, що зазвичай не є доцільним на практиці. Зчитування штрих-кодів на великих відстанях є ще однією проблемною ділянкою, де має значення роздільна здатність. Крім того, ще однією перешкодою для зчитування може бути шум від спотворення зображення штрих-коду. Такі викривлення та дефекти можуть бути результатом різноманітних умов навколишнього середовища, включаючи нерівномірне освітлення, кут камери під час зйомки зображення і фізичну поверхню, наприклад, вигнуті або відбиваючі. Під час пошуку штрих-коду на зображенні виникає багато ускладнень – ця проблема відома як локалізація. Тому додатково необхідно приділити увагу проблемі ідентифікації початкової та кінцевої послідовностей штрих-коду для того, щоб мати опорні точки для його декодування. [1]

Нарешті, для роботи слід мати та використовувати практичний алгоритм. Навіть для найкращих умов щодо якості та чіткості вихідного зображення, за яким буде відбуватися зчитування штрих-коду, існує великий попит на швидкі та ефективні алгоритми. Практичність і функціональність вимагають того, щоб штрих-коди можна було сканувати та декодувати протягом кількох мілісекунд.

У цій роботі вивчаються алгоритми виявлення, зчитування та декодування штрих-кодів для їх адаптації під вирішення практичних задач.

**Аналіз досліджень.** Зчитування штрих-кодів досліджується десятиліттями. Після постійного вдосконалення тепер воно представлене усталеними промисловими стандартом. Донедавна зчитування штрих-кодів виконувалося майже виключно за допомогою спеціального обладнання. Незважаючи на те, що використання зчитувачів на основі камери зростає, більшість проблем, пов'язаних із цим методом, ще належить вирішити. Комерційні сканери, які використовуються в супермаркетах, освітлюють штрих-код смугою імпульсного світла та записують інтенсивність його відображення. Оскільки сканер використовує активне освітлення, він робить штрих-коди практично нечутливими до змін навколишнього освітлення. Крім того, їх структура часто вимагає, щоб штрих-коди були відносно близько до сканера, щоб успішно сканувати їх. Загалом ці спеціальні пристрої створюють високоякісний сигнал, який дозволяє надійно зчитувати штрих-код. З іншого боку, читання штрих-кодів за допомогою камер створює нові проблеми. Основною проблемою є низька якість зображення через шум або низький контраст. [2,6]

Ораціо Галло і Роберто Мандучі запропонували новий підхід до декодування штрих-кодів, який обходить процес бінаризації. Їх метод заснований на шаблонах, що деформуються, при цьому використовуючи всю інформацію про градації сірого кожного пікселя. Вони використали символ штрих-коду UPC-A та представили новий алгоритм декодування штрих-коду (локалізація та зчитування), який може працювати з розмитими зображеннями з шумом і низькою роздільною здатністю. [4]

Люпін Фан і Хао Ксі представили алгоритм, який може виявляти підобласть штрих-коду навіть на складному фоні за допомогою аналізу зображення на основі області. На відміну від традиційного аналізу зображень на основі області, алгоритм обробляється з інтегральним зображенням. Він може працювати з зображеннями, які розмиті, містять похило розташовані області штрих-коду та зняті при різному освітленні. [5]

Сяньон Фан запропонував швидкий і надійний метод розпізнавання штрих-коду Code 39, що містить шум. Запропонований метод складається з двох етапів: пошуку та декодування. На першому кроці всі зірочки на зображенні виявляються рівномірно визначеними лініями сканування, а потім ці лінії з однаковими напрямками зіставляються разом, щоб отримати дійсну область штрих-коду. На другому кроці для усунення шуму в області штрих-коду застосовується локальний метод усунення шуму. Крім того, для декодування штрих-коду використовується фільтр середньої смуги. Цей метод також має певні недоліки. Для зображень, роздільна здатність яких значно відрізняється від 2400x3500, цей підхід не може успішно розпізнати штрих-код автоматично, оскільки багато граничних значень потрібно встановити знову, наприклад, локальний поріг шумозаглушення. [6]

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** У багатьох напрямках сфери обслуговування спостерігається сильний рух від традиційного лазерного сканування та декодування до декодування на основі камери, зокрема і з допомогою камери мобільних пристроїв. Замість проходження лазером по штрих-коду, штрих-код фіксується камерою, що дозволяє потенційно більше надійне декодування зашифрованої у ньому інформації.

Штрих-коди можуть бути одновимірними (лінії чорних і білих смуг) або двовимірними (концентричні кільця або квадрати модулів) і існувати в різних формах та розмірах з різною ємністю та можливістю виправлення помилок. Ми визначаємо символіку як представлення будь-якого символу ASCII послідовністю нулів та одиниць. Щоб перетворити це на зображення штрих-коду, «0» та «1» замінюються білими та чорними модулями відповідно певного фіксованого розміру. [1]

Оскільки деякі символіки підходять певним програмам краще, ніж інші, існує багато різних застосувань штрих-кодів. Штрих-коди використовуються для інвентаризації, програм охорони здоров'я, продажів, виробництва, поштових застосувань, складування, доставки, віртуальних квитків та багатьох інших програм. Незважаючи на те, що розробляються нові технології, які виконують подібні функції, штрих-коди залишаються широко використовуваними сьогодні завдяки своїй недорогій вартості, гнучкості та надійності.

Оскільки проблема, для якої планується застосувати спроектований алгоритм, передбачає роботу з одновимірними штрих-кодами, то результати будуть описані саме для них.

Система зчитування штрих-кодів на основі камери передбачає два етапи автоматичного сканування всіх штрих-кодів:

1. Знайти положення штрих-коду.
2. Розшифрувати штрих-код.

Більш детально, процес декодування штрих-коду за допомогою камери починається із захоплення зображення, що містить штрих-код. Штрих-код локалізується та виявляються його межі. Особливості, характерні для символіки, визначаються та використовуються для визначення параметрів камери. Коли матриця камери відома, двійковий код відновлюється шляхом запуску жадібного алгоритму для локалізованого зображення. Вхідне зображення можна додатково спростити до простої смужки з  $N$  пікселів, яка зчитує послідовність значень, що представляють інтенсивність зображення в пікселях. [3, 9]

У цій системі запропонований алгоритм виявляє область штрих-коду за допомогою методу градієнта, а потім цю область обрізає. Модуль попередньої обробки зображення перетворює обрізане зображення штрих-коду в попередньо оброблене зображення у градаціях сірого, а потім зменшує шум і покращує контраст між смугами та пробілами в цьому попередньо обробленому зображенні. Потім це попередньо оброблене зображення передається в алгоритм декодування для

вилучення номера зі штрих-коду. Порівняння цього числа з відповідним полем бази даних дозволяє знайти та отримати запис з потрібною інформацією.

Було виявлено, що простий і швидкий алгоритм, представлений Ораціо Галло та Роберто Мандучі, забезпечує чудові результати навіть у складних ситуаціях. Цей алгоритм локалізації припускає, що зображення штрих-коду фіксується орієнтованою на камеру системою таким чином, що його вертикальна вісь приблизно паралельна смугам, як показано на рис. 1. Це зображення далі перетворюється на зображення у відтінках сірого, як показано на рис. 1. Таким чином, щодо штрих-коду слід очікувати розширену область, представлену сильними горизонтальними градієнтами та слабкими вертикальними градієнтами. [8]



Рис. 1. Оригінальне зображення та зображення у відтінках сірого

Відповідно, ми обчислюємо горизонтальні та вертикальні похідні  $I_x(n)$  та  $I_y(n)$  для кожного пікселя  $n$ . Потім ми об'єднуємо їх нелінійним способом, заданим як  $I_e(n) = |I_x(n)| - |I_y(n)|$ . Доцільно припустити, що багато точок у штрих-коді повинні мати велике значення  $I_e(n)$ . Ми запускаємо блоковий фільтр над  $I_e(n)$ , отримуючи згладжену карту  $I_s(n)$ .

У разі декодування на основі попередньо виявленої кінцевої точки рядка сканування просторове розташування обчислюється для кожного сегмента цифри в штрих-коді.

Розмір фільтра було обрано на основі діапазону розмірів вхідних зображень штрих-коду та мінімального розміру штрих-коду, який можна зчитувати нашим методом. Зауважте, що фільтрація блоків може бути реалізована настільки ефективно, щоб вимагалось лише кілька операцій на піксель. Зрештою, ми бінаризуємо  $I_s(n)$  з одним порогом, який вибираємо за допомогою методу, запропонованого Оцу, і вихідне зображення виглядає як показано на рис. 2. [7]



Рис. 2. Зображення з застосування фільтру Гауса

Ця бінаризація використовується лише для локалізації штрих-коду, тоді як декодування виконується на зображенні в градаціях сірого. Через порогове значення карта  $I_s(n)$  може містити більше одного двійкового блоба. Замість обчислення пов'язаних компонентів порогової карти просто вибирається піксель  $N_0$ , який максимізує  $I_s(n)$ , з припущенням, що правильний блоб (той, що відповідає штрих-кодові) містить такий піксель. Потім розгортаємо вертикальну та горизонтальну лінії від  $N_0$  та формуємо прямокутник зі сторонами, паралельними осям зображення штрих-коду та що містить точки перетину цих ліній, із краєм блоба. Слід зауважити, що тиха зона, тобто біла область навколо штрих-коду, яка полегшує локалізацію, межує з крайньою лівою та правою смугами штрих-коду. Тиха зона та великий розмір блок-фільтра гарантують, що вертикальні сторони прямокутника виходять за межі області штрих-коду принаймні на кілька пікселів, як показано на рис.3.



Рис. 3. Зображення зони штрих-коду

Коли зображення береться для сканування, разом із штрих-кодом також додається інша непотрібна інформація, наприклад літери та слова, що оточують штрих-код. Таким чином, дуже важливо видалити шум і отримати лише область штрих-коду для належного сканування та декодування. Після локалізації штрих-коду видно лише область штрих-коду, а навколишня інформація видаляється шляхом встановлення всіх інших пікселів рівними 0. Потім ми виконуємо кадрівання, спостерігаючи за інтенсивністю кожного пікселя та вилучаючи рядки штрих-коду, тобто пікселі з інтенсивністю більше 0.

У зображенні штрих-коду в реальному часі контраст між білими та чорними смугами низький через розмитість. Отже, необхідно покращити контрастність зображення, щоб розрізнити смуги. Це виконується, роблячи чорні смуги на один відтінок темнішими в градаціях сірого порівняно з білими смугами, як показано на рис. 4.



Рис. 4. Відкадроване та покращене за контрастністю зображення штрих-коду

Зображення з посиленням контрасту спочатку піддається бінаризації. Але через отримання в реальному часі це зображення спотворюється. Щоб перетворити його на ідеальне зображення, кожен стовпець сканується та перевіряється на максимальну кількість пікселів інтенсивності 0 або 1. Якщо певний стовпець містить більше пікселів з інтенсивністю 1, ніж 0, тоді весь стовпець перетворюється до пікселів з інтенсивністю 1. На рис. 5 показано ідеальне зображення штрих-коду.



Рис. 5. Ідеальне зображення штрих-коду

Межа – це піксель, у якому відбувається раптова зміна інтенсивності. Створюється масив таких пікселів, який формує межі смужок зображення штрих-коду. Ширина смуги обчислюється шляхом віднімання послідовних елементів масиву вершин, що відповідають за межі. Ці ширини смуг надаються як вхідні дані для алгоритму декодування. [9]

Даний алгоритм локалізації та розпізнавання може бути застосований для будь-якого типу штрих-коду на вході. Подальші процеси бінаризації та декодування залежать від конкретного типу штрих-коду. Для прикладу розглянемо роботу алгоритму для штрих-коду Code 128, який використовується для багатьох документів посвідчення особи, зокрема і для студентських квитків.

Номер штрих-коду розшифровується за допомогою масиву значень ширини штрихів. Таким чином, кодування штрих-коду включає чорні та білі лінії, що чергуються, змінної ширини від 1 до 4. Код починається з Start-символу і закінчується End-символом, між якими розташовуються зашифровані символи, кожен представлений 6 смужками (3 чорними та 3 білими). Розшифровка вимагає виконання зчитування смуги відповідно до стандарту EAN-128. Наприклад, штрих-код містить необроблене повідомлення 21121412241112214221114221114134111131222231112. Перевіряємо перші 6 цифр, що відповідають першим 3 чорним смугам і 3 білим смугам. У нашому прикладі 211214 означають Start-символ для Code 128B, отже розшифрування буде відбуватися відповідно до цього стовпця таблиці символів Code 128. Розділяємо повідомлення на блоки по 6

символів і розшифруємо їх. Послідовність 122411 за таблицею відповідатиме символу «h», 112214 – символу «e» і т.д. Повідомленням, що міститься в штрих-кодi, є слово «hello».

Також цей масив може бути перетворений до послідовності формату  
1101001000010011000010101100100001100101000011001010000100011110101000  
10011001100011101011

Процес декодування полягатиме в тому, що масив розбивається на 11-бітні блоки і повідомлення отримується посимвольно, оскільки у штрих-кодi Code 128 відповідно до кодування – типу А, В або С – набором з 11 бітів можуть бути літери або числа від 00 до 99. У представленій послідовності теж зашифровано слово «hello».

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Використавши розглянуті адаптовані та модифіковані алгоритми можна реалізувати систему ідентифікації та обліку студентів навчального закладу за їх студентськими квитками, на яких міститься штрих-код, за допомогою камери. У штрих-кодi зашифрований номер квитка, що складається лише з цифр. Після його зчитування та декодування за розшифрованим номером можна отримати інформацію про студента з існуючої бази даних та провести дії з запису певних даних, за якими будуть вестись статистика та формуватися звіти для керівництва.

#### Список бібліографічного опису

1. Roger C. Palmer. The Bar Code Book. Trafford Publishing, 2007.
2. Bhaskar Raj, Barcodes Technology and implementation, McGraw-Hill Education (India) Pvt Limited, 346 p.
3. Chai D, Hock F, "Locating and Decoding EAN-13 Barcodes from Images Captured by Digital Cameras," Information, Communications and Signal Processing, 2005 Fifth International Conference, pp.1595-1599.
4. Gallo, O., Manduchi, R., "Reading 1D Barcodes with Mobile Phones Using Deformable Templates," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, vol.33, no.9, pp.1834,1843.
5. Luping Fang; Chao Xie, "1-D Barcode Localization in Complex Background," Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE), 2010 International Conference, pp.1,3.
6. Xianyong Fang, FuLi Wu, Bin Luo, Haifeng Zhao and Peng Wang, "Automatic Recognition of Noisy Code-39 Barcode," Artificial Reality and Telexistence-Workshops, 2006. (ICAT '06), pp.79,82.
7. N. Otsu, "A Thresold Selection Method from Gray-Level Histograms" IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, vol.9, no.1, pp.62-66.
8. Thomas, V.M., "A Universal Code for Lifecycle Management of Products," Electronics & the Environment, Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium, pp.180,183.
9. Sampada S. Upasani, Adarsh N. Khandate, Ankita U. Nikhare, Rupali A. Mange, R.V.Tornekar. Robust Algorithm for Developing Barcode Recognition System using Web-cam. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 7, Issue 4, pp. 82-86.

#### References

1. Roger C. Palmer. The Bar Code Book. Trafford Publishing, 2007.
2. Bhaskar Raj, Barcodes Technology and implementation, McGraw-Hill Education (India) Pvt Limited, 346 p.
3. Chai D, Hock F, "Locating and Decoding EAN-13 Barcodes from Images Captured by Digital Cameras," Information, Communications and Signal Processing, 2005 Fifth International Conference, pp.1595-1599.
4. Gallo, O., Manduchi, R., "Reading 1D Barcodes with Mobile Phones Using Deformable Templates," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, vol.33, no.9, pp.1834,1843.
5. Luping Fang; Chao Xie, "1-D Barcode Localization in Complex Background," Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE), 2010 International Conference, pp.1,3.
6. Xianyong Fang, FuLi Wu, Bin Luo, Haifeng Zhao and Peng Wang, "Automatic Recognition of Noisy Code-39 Barcode," Artificial Reality and Telexistence-Workshops, 2006. (ICAT '06), pp.79,82.
7. N. Otsu, "A Thresold Selection Method from Gray-Level Histograms" IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, vol.9, no.1, pp.62-66.
8. Thomas, V.M., "A Universal Code for Lifecycle Management of Products," Electronics & the Environment, Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium, pp.180,183.
9. Sampada S. Upasani, Adarsh N. Khandate, Ankita U. Nikhare, Rupali A. Mange, R.V.Tornekar. Robust Algorithm for Developing Barcode Recognition System using Web-cam. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 7, Issue 4, pp. 82-86.