

УДК 004.932.721

О.А. Мокрінцев

Державний університет телекомунікацій, Київ

ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОДНОВИМІРНИХ ШТРИХ-КОДІВ

Одновимірні або лінійні штрих-коди отримали широке розповсюдження у логістиці, медицині, торговій сфері та інших областях. У статті розглянуто сучасні тенденції та підходи до розробки методики та алгоритмів попередньої обробки зображень для автоматичного розпізнавання одновимірних штрих-кодів. Попередня підготовка потрібна для поліпшення умов зчитування кодів та дозволяє привести зображення до уніфікованого вигляду, необхідного для подальшого декодування. Також наведені методи локалізації штрих-кодів у зображеннях.

Ключові слова: одновимірний штрих-код, цифрова обробка зображень, конвертація у відтінки сірого, методика розпізнавання штрих-кодів.

Вступ

Штрих-код є оптичним представленням даних, що пристосоване до розпізнавання автоматичними пристроями. Історично, спочатку штрих-коди кодувалися шляхом варіювання ширини і інтервалу у послідовності паралельних ліній (штрихів). Такі штрих-коди називаються лінійними або одновимірними [1]. Пізніше вони еволюціонували в прямокутники, точки, шестикутники та інші геометричні двовимірні форми (2D). Не зважаючи на те що 2D системи можуть складатися з різних геометричних фігур, не тільки ліній, зазвичай вони також мають назву штрих-кодів. Двовимірні коди є найбільш сучасним напрямком бурхливого розвитку оптичного кодування даних. Але все ж найбільш поширеними і найчастіше вживаними є класичні одновимірні або лінійні штрих-коди. Далі ми будемо розглядати методи та алгоритми розпізнавання саме таких методів оптичної репрезентації даних.

Результати досліджень

1. Проблематика розпізнавання штрих-кодів.

Спочатку одновимірні штрих-коди можна було сканувати переважно лише за допомогою лазерних сканерів. На фізичному рівні у якості первинних даних такі сканери дозволяли отримувати відбиток лінії (або ж сукупність різнонаправлених ліній). Пізніше, з розвитком та широким розповсюдженням кишенькових комп'ютерів і смартфонів постала проблема розпізнавання кодів знятих за допомогою цифрових камер, якими зазвичай комплектувалися ці пристрої. На відміну від розпізнавання ліній, стало потрібно знаходити та розпізнавати коди у двовимірному фотозображенні. До того ж, завдяки вадам освітлення, фокусування та загальної технічної недосконалості бюджетних мінікамер, ця задача отримала додаткові складнощі. Зазвичай, найбільш узагальнений процес розпізнавання одновимірних штрих-кодів складається з наступних кроків:

- попередня обробка зображення
- локалізація областей, що містять штрих-код, визначення його орієнтації
- сегментація або виділення (сканування) меж ліній штрих-кодів
- декодування і перевірка коду

У різних програмних реалізаціях деякі з цих кроків можуть бути скасовані. Але у найбільш загальних випадках ми маємо застосовувати усі пункти. Також слід зазначити, що наведена послідовність може бути змінена та/або деякі операції можуть бути застосовані у довільному порядку. Але перші два етапи можна виділити як підготовку зображення до сканування.

2. Попередня обробка зображення. Попередня обробка зображень може включати різні методи перетворень для поліпшення умов зчитування кодів та фільтраційних заходів для видалення шумів. На виході ми маємо отримати теж картинку, але в дещо удосконаленій для розпізнавання формі.

Наведемо основні види перетворень що можуть бути застосовані на даному етапі:

- **конвертація кольорового зображення у чорно-біле (або у відтінки сірого)**

Найбільш простим і поширеним рішенням є застосування формули згідно з рівнями освітлюваності по кожній базовій кольоровій компоненті [2]. Отже, беручи кольорове вхідне зображення, маємо:

$$i[m, n] = 0.299 \times r[m, n] + 0.587 \times g[m, n] + 0.114 \times b[m, n],$$

де r , g і b - червоні, зелені і сині компоненти вхідного сигналу, відповідно і $i[m, n]$ є інтенсивністю яскравості в точці зображення $[m, n]$. Також у деяких спрощених випадках або як фінальна операція попередньої обробки використовується «бінарізація» або пряма конвертація зображення у чорно біле. Але слід зауважити що у загальному випадку при цьому втрачається частка вхідної графічної інформації, що може негативно позначитися на процесі розпізнавання коду в цілому.

- інвертування зображення

Інвертування кольорів зображення допомагає розпізнавати не тільки штрих-коди, що нанесені чорним по білому, але й ті коди, в яких стовпчики мають відносно світліший колір ніж колір фону (білі штрихи по чорному полю).

- усунення перекосів

Внаслідок перекосу камери або нанесення штрих-кодів на профільовані поверхні можуть виникати перекоси та інші візуальні деформації вихідної області штрих-кодів. У таких випадках може бути застосовано аналіз деформації контуру областей що містять штрих-код або внесення «ручних» поправок ззовні користувачем.

- видалення «пилу»

На цьому етапі здійснюється фільтрація дрібних шумових явищ (або «пилу») перед подальшою обробкою зображення. Усуваються усі чорні плями, розмір яких менший деякого порогового значення [3] (рис. 1).

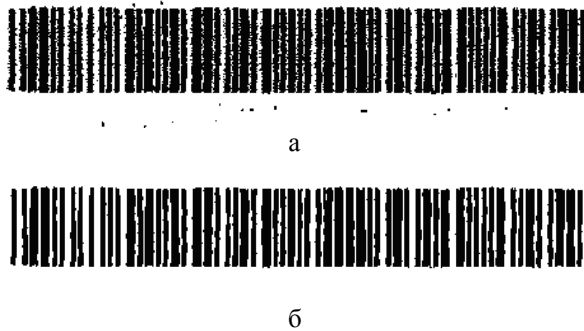


Рис. 1. Приклад зображення штрих-коду, спотвореного дрібним «пиллом» до (а) та після (б) обробки

- згладжування (видалення дрібних проміжків)

За допомогою зазначеної операції розмиваються усі чорні об'єкти у горизонтальному та вертикальному напрямку на задану глибину. Тобто видаляються плями аналогічно видаленню пилу, але цього разу білого кольору. Таким чином усуваються похибки сканування і потертості вихідного зображення та відновлюється візуальна структура стовпчиків штрих-коду (рис. 2).

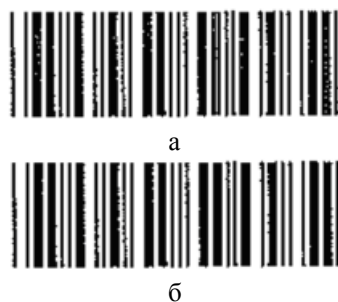


Рис. 2. Приклад видалення дрібних проміжків у зображенні до (а) та після (б) обробки

3. Локалізація областей що містять штрих-код. У деяких системах розпізнавання цей етап може бути пропущений. Можна просто сканувати зображення уздовж ліній що розташовані паралельно у деякому напрямку з однаковим відступом. Такий підхід може бути виправданим якщо:

- потрібно розпізнавати лише один-два типу штрих-коду

- зображення, що містить штрих-код відносно невелике за розміром

Якщо ці критерії не виконуються, доцільно попередньо визначити області, що потенційно містять код. Можуть бути застосовані такі методи:

- виділення у зображенні набору штрихів

Спочатку, за допомогою, наприклад, рандомізованого перетворення Хафа [4] на зображенні виділяються усі можливі лінії (рис. 3). Далі потрібно їх проаналізувати. Для покращення процесу локалізації можна взяти додаткові заходи. Наприклад, якщо два відрізки розташовані на одній лінії з невеликим розривом, їх потрібно «склеїти». Після кожної склейки усі лінії потрібно проаналізувати заново.

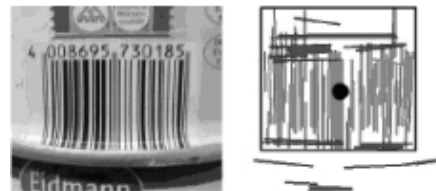


Рис. 3. Застосування рандомізованого перетворення Хафа до зображення з штрих-кодом

Далі потрібно виділити набори штрихів що розташовані паралельно, та без суттєвих проміжків у деякій обмеженій компактній області. Відкинувши невеликі області з малим числом штрихів остаточно отримуємо потрібний результат.

Хоча цей метод і має деякі плюси (так, одночасно ми отримуємо направлення штрих-коду), в цілому цей підхід потребує значних обчислювальних ресурсів. Крім цього, він відносно складний алгоритмічно та у площині практичної реалізації.

- градієнтний аналіз

Штрих-код утворює зображення у якому фактор освітлення є таким, що різко та багатократно змінюється у обмежених за розміром областях. Значимо, що такі ж самі властивості має, наприклад, і звичайний текст, але на відміну від тексту ця зміна має досить чітку монотонність направлення уздовж штрихів.

Це дає змогу локально аналізуючи властивості текстури зображення виділяти штрих-коди згідно односпрямованості градієнтів яскравості у обмеженій області. [5, 6, 7].

Величина і фаза градієнта зображення у кожній точці зображення обчислюється за допомогою маск Собеля 3×3 :

$$S_h = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, S_v = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}; G_h = I \otimes S_h; \\ G_v = I \otimes S_v,$$

де S_h і S_v , є горизонтальні і вертикальні маски Собеля, відповідно G_h і G_v є горизонтальні і вертикальні градієнтні карти, а \otimes є оператором згортки.

Як варіант можуть бути використані альтернативні матриці обчислень, наприклад, оператор Щарра:

$$S_h = \begin{bmatrix} 3 & 10 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -3 & -10 & -3 \end{bmatrix}, S_v = \begin{bmatrix} 3 & 0 & -3 \\ 10 & 0 & -10 \\ 3 & 0 & -3 \end{bmatrix}.$$

Для аналізу штрих-кодів що розташовані під кутом приблизно 45 та 135 градусів можуть бути використані такі матриці:

$$S_{d1} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{4} & 0 \\ \frac{1}{4} & 0 & -\frac{1}{4} \\ 0 & \frac{1}{4} & 0 \end{bmatrix}; S_{d2} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{4} & 0 \\ \frac{1}{4} & 0 & \frac{1}{4} \\ 0 & -\frac{1}{4} & 0 \end{bmatrix}.$$

Продукт фільтрації вихідного зображення з фільтруючими матрицями являє собою контурний малюнок з контурними лініями, що перпендикулярні напрямку диференціювання. Щоб отримати цілісну область треба «розмити» отриману градієнтну карту, наприклад, шляхом усереднення значень градієнтів на деякій площі, значно меншій розмірів штрих-коду та дещо більшої за розміром його елементів. Або можна використати алгоритм зворотної тесселяції. Відкинувши області, що не задовольняють мінімальним розмірам або містять забагато проміжків, врешті отримаємо результат.

Висновки

Для підвищення надійності розпізнавання штрих-кодів у сканованих зображеннях потрібна попередня

цифрова обробка, до якої відносять конвертацію кольорового зображення у відтінки сірого, інвертування зображення, усунення перекосів видалення пилу та згладжування (видалення дрібних проміжків). Звичайно, використання кожного з методів залежить від специфіки ситуації з вхідними даними.

Для подальшого прискорення процесу розпізнавання доречно використовувати локалізацію областей зайнятих штрих-кодами. Для цього можуть бути використані виділення у зображенні набору штрихів (методом Хафа) або градієнтний аналіз.

Список літератури

1. T. Pavlidis, J. Swartz, and Y. P. Wang, "Fundamentals of bar code information theory," *Computer*, vol. 23, no. 4, pp. 74-86, Apr. 1990.
2. C. Saravanan, "Color Image to Grayscale Image Conversion," *Computer Engineering and Applications (ICCEA), 2010 Second International Conference on, Bali Island, 2010*, pp. 196-199.
3. Kumawat, Deepika; Singh, Ranjeet Kumar; Gupta, Deepak; Gupta, Shikha. "Impact of Denoising using Various Filters on QR Code" *International Journal of Computer Applications* 63.5 (2013).
4. Muniz R, Junco L, Otero A. A. "A robust software barcode reader using the Hough transform". *International Conference on Information Intelligence and Systems; 1999*. pp. 313-319.
5. N. Normand, and C. Viard-Gaudin, "A Two-Dimensional Bar Code Reader," *Pattern Recognition, Vol. 3*, pp. 201-203, 1994.
6. C. Viard-Gaudin, N. Normand, and D. Barba, "Algorithm Using a Two-Dimensional Approach," *Proc. of the Second Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, No. 20-22, pp. 45-48, October 1993*.
7. A.A. Krasnobaev, "Barcodes Recognition Algorithms", *Inst. Appl. Math., The Russian Academy of Science, Moscow 2004*.

Надійшла до редколегії 22.12.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ШТРИХ-КОДОВ

А.А. Мокринцев

Одномерные или линейные штрих-коды получили широкое распространение в логистике, медицине, сфере торговли и других областях. В статье рассматриваются современные тенденции и подходы в разработке методики и алгоритмов предварительной обработки изображений для автоматического распознавания одномерных штрих-кодов. Предварительная подготовка необходима для улучшения условий считывания кодов и позволяет привести изображение к унифицированному виду, необходимого для дальнейшего декодирования. Также, приводятся методы локализации штрих-кодов в изображениях.

Ключевые слова: одномерный штрих-код, цифровая обработка изображений, сегментация изображений, декодирование штрих-кодов.

DIGITAL IMAGE PREPROCESSING IN AUTOMATIC LINEAR BARCODE RECOGNITION

O.A. Mokrintsev

One-dimensional or linear barcodes are widely utilized in logistics, medical diagnostic, retail and other areas. The work covers latest tendencies and approaches in development of methods and algorithms for digital image preprocessing for linear barcodes recognition. Preprocessing is necessary to improve the code reading conditions and allows transforming images to a unified state, required for further decoding. Also, covered some methods of barcodes localization in digital images.

Keywords: one-dimensional barcode, digital image processing, image grayscale conversion, barcode-decoding methods.