

Локалізація та захоплення поштового індексу

Загребнюк В.І., Следнева Н.М.

Кафедра інформатизації та управління, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова, УКРАЇНА, м.Одеса, вул.Ковальська, 1, E-mail: kafedra.iu@onat.edu.ua

Abstract – The method, the algorithm and the application for the zip code localization and capture are developed for binarized images of postal envelopes. The covariance matrix is used as the essential signs set of zip code.

Ключові слова – binarization, essential signs, zip code.

I. Вступ

В Україні сортування письмової кореспонденції на рівні обласних центрів здійснюється у ручну. При цьому, за даними Держкомстату обсяги сортування, якщо не враховувати регіональні особливості, можуть у середньому складати 40 тис. одиниць на добу. За умови забезпечення встановлених показників якості поштового зв'язку, для сортування необхідно залучати висококваліфікованих працівників, які в змозі сортувати близько 2 тис. листів на годину. На практиці, за високої плинності персоналу, встановлений для сортувальника норматив не виконується, а використання існуючих автоматичних листосортувальних машин (вартість однієї такої машини складає близько 3 млн. євро), на рівні обласних центрів є не рентабельним [1]. Тому актуальною є задача розробки недорогих пристроїв та відповідного програмного забезпечення для автоматизації сортування письмової кореспонденції. Упровадження таких пристроїв не тільки суттєво зменшить частку ручної праці, а також дозволить залучати некваліфікованих працівників та забезпечити при цьому виконання встановлених нормативних показників сортування.

Програмне забезпечення такого програмно-апаратного комплексу, яке виконує функцію розпізнавання поштового індексу, повинно складатись з наступних основних компонент: локалізація та захоплення поштового індексу, виділення цифр поштового індексу, розпізнавання індексу.

Одна з проблем, яка на сьогодні ще не має остаточного вирішення у контексті проблематики аналізу зображень, полягає у розробці методів, алгоритмів та застосувань щодо пошуку, локалізації та захоплення певних об'єктів на зображенні. Існуючі методи, а також алгоритми пошуку та локалізації заданих об'єктів на зображенні розробляються з урахуванням того, що об'єкт має попередньо відомі інваріантні характеристики. Наприклад, в системах ідентифікації особистості використовуються методи, які враховують інваріантні характеристики кольору обличчя та його деякі геометричні властивості [2-6]. В системах аналізу аерокосмічних зображень у якості інваріантних ознак використовуються спектральні ознаки [7], текстурні ознаки [8], для виділення яких найбільш часто використовуються фільтри Габора, а також характеристики форми об'єкту [9-12]. В

системах оптичного розпізнавання текстової інформації рядки тексту та його символи локалізуються, переважно гістограмним методом [13]. Що стосується безпосередньо поштового індексу, то для нього, по-перше, є характерною відсутність очевидних інваріантних характеристик, а, по-друге, в існуючих технологіях автоматичного сортування передбачено, що лист орієнтується таким чином щоб пройти безпосередньо перед фоторегістратором, тому задача локалізації та захоплення поштового індексу в межах зображення листа, при розробці потужних листосортувальних машин, не розглядалась.

II. Вибір суттєвих ознак

Розглянемо ковариційну матрицю поштового індексу Σ_I елементи якої будемо обчислювати по формулі:

$$\sigma_{ij} = \sum_k (x_{ik} - \hat{x}_i)(x_{jk} - \hat{x}_j) \quad (1)$$

де x_{ik} - i -та координата k -го пікселя, що належить зображенню індексу, величини \hat{x}_i - це відповідні середні значення або координати центру мас індексу.

Цю матрицю можна подати у вигляді суми ковариційних матриць: рамки поштового індексу Σ_r та його цифр Σ_c , тобто

$$\Sigma_I = \Sigma_r + \Sigma_c \quad (2)$$

Можна показати, що відмінність ковариційних матриць поштових індексів переважно зумовлена відмінністю цифр у його написанні.

Виконаємо оцінку власних значень ковариційної матриці. З урахуванням співвідношення (1) отримуємо, що

$$\lambda_i \leq \left(|\sigma_{xx}^{(r)}| + |\sigma_{xy}^{(r)}| \right) + \left(|\sigma_{xx}^{(c)}| + |\sigma_{xy}^{(c)}| \right) \quad (3)$$

Аналогічним чином, для оцінки середніх значень власних чисел $\hat{\lambda}_i$ отримаємо

$$\hat{\lambda}_i \leq \left(|\hat{\sigma}_{xx}^{(r)}| + |\hat{\sigma}_{xy}^{(r)}| \right) + \left(|\hat{\sigma}_{xx}^{(c)}| + |\hat{\sigma}_{xy}^{(c)}| \right) \quad (4)$$

Тоді, з урахуванням (2), отримаємо

$$\left| \lambda_i - \hat{\lambda}_i \right| \leq \left| \left(|\sigma_{xx}^{(c)}| + |\sigma_{xy}^{(c)}| \right) - \left(|\hat{\sigma}_{xx}^{(c)}| + |\hat{\sigma}_{xy}^{(c)}| \right) \right| \quad (5)$$

Звідси для власних значень буде виконуватись умова

$$\arg \min_j \sum_j \left\| \Lambda_i^{(j)} - \hat{\Lambda}_i \right\|^2 \approx \arg \min_j \sum_j \left\| \Lambda_c^{(j)} - \hat{\Lambda}_c \right\|^2 \quad (6)$$

де $\hat{\Lambda}_i$ - матриця середніх значень власних чисел поштових індексів.

Крім цього, оскільки $\hat{\lambda}_i > 0$, буде мати місце співвідношення

$$\frac{|\lambda_i - \hat{\lambda}_i|}{\hat{\lambda}_i} \leq \frac{(|\sigma_{xx}^{(c)}| + |\sigma_{yy}^{(c)}|) - (|\hat{\sigma}_{xx}^{(c)}| + |\hat{\sigma}_{yy}^{(c)}|)}{\hat{\lambda}_i} = \varepsilon < 1 \quad (7)$$

Виходячи з цього, у якості суттєвих ознак поштового індексу оберемо власні значення його ковариаційної матриці.

III. Метод локалізації поштового індексу

Метод локалізації та виділення поштового індексу буде полягати в наступному. В межах навчальної вибірки обчислимо власні числа ковариаційної матриці

$$\lambda_{1,2} = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2} \pm \sqrt{\frac{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2}{4} + \sigma_{xy}^2 - \sigma_{xx}\sigma_{yy}} \quad (8)$$

та знайдемо матрицю $\hat{\Lambda}_I$, яка буде визначати еталонні суттєві ознаки поштового індексу. Зображення конверту сканується маскою D розміром $n \times m$ пікселів. Розміри маски слід обрати так щоб індекс цілком розміщувався в ній. Зображення конверту сканується маскою. В межах маски розраховуються власні значення ковариаційної матриці $\Lambda_D^{(j)}$. Для визначення подібності між $\Lambda_D^{(j)}$ та $\hat{\Lambda}_I$ оберемо Евклідову норму. З метою економії обчислювальних ресурсів уведемо процедуру попереднього відбору D_j підозрілих на те що в них міститься індекс. Для цього в межах навчальної вибірки розрахуємо середнє значення щільності пікселів $\hat{\rho}_I$. Враховуючи (7), будемо вважати що в D_i можливо міститься індекс, якщо виконується умова

$$\frac{\sqrt{(\lambda_{D,1}^{(i)} - \hat{\lambda}_{I,1})^2 + (\lambda_{D,2}^{(i)} - \hat{\lambda}_{I,2})^2} + (\rho_{D,i} - \hat{\rho}_I)^2}{\|\hat{\Lambda}_I\|} < \varepsilon, \quad (9)$$

де параметр $\varepsilon > 0, \varepsilon < 1$ обирається експериментально. Після того як проскановане все зображення конверту, з множини $\{D_i\}$ обираємо ту D_k , що задовольняє умові

$$\Lambda_D^k = \min_j \|\Lambda_D^j - \hat{\Lambda}_I\| = \min_j \left(\sqrt{(\lambda_{D,1}^j - \hat{\lambda}_{I,1})^2 + (\lambda_{D,2}^j - \hat{\lambda}_{I,2})^2} \right) \quad (10)$$

При цьому координати розташування індексу визначаються координатами лівого верхнього кута маски D_k .

IV. Алгоритм локалізації поштового індексу

Алгоритм локалізації та захоплення поштового індексу складається з наступних кроків (вважаємо що $\hat{\Lambda}_I, \hat{\rho}_I$ та ε відомі):

Здати початкове положення маски на зображенні конверту, а саме координати її лівого верхнього кута (x_i, y_i) .

В межах маски $D(x_i, y_i)$ обчислити власні значення $\lambda_{1,2}^{(i)}$ та ρ_i .

Якщо виконується умова (13) запам'ятати $\lambda_{1,2}^{(i)}$ та положення маски (x_i, y_i) : $\lambda_{1,2}^{(k)} = \lambda_{1,2}^{(i)}$, $(x_k, y_k) = (x_i, y_i)$. Збільшити k на одиницю.

Якщо проскановано ще не увесь конверт збільшити i на одиницю та визначити нове положення маски, тобто координати x_i, y_i (при зміні положення маски використовуються приращення координат $\Delta x, \Delta y$ значення яких складають 10 пікселів). Перейти до кроку 2.

Знайти таке r для якого $\Lambda_D^r = \min_k \|\Lambda_D^k - \hat{\Lambda}_I\|$. Тоді індекс локалізований у масці яка розташована на зображенні конверту у положенні (x_r, y_r) .

V. Апробація методу

На підґрунті запропонованих методу та алгоритму було розроблене застосування щодо локалізації та захоплення поштового індексу. На першому етапі, з метою встановлення еталонних ознак оброблялись виділені у ручну індекси. При цьому розмір зображення індексу співпадав з розмірами маски: 280×80 пікселів.

У Таблиці 1 наведені окремі результати обробки 60 зображень поштових індексів, для кожного з яких були розраховані ковариаційна матриця, власні значення та щільність чорних пікселів.

ТАБЛИЦЯ 1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЕТАЛОННИХ ОЗНАК

№	λ_1	λ_2	ρ
1	5726.765	342.685	0.114
2	6620.983	355.293	0.077
3	5981.063	309.570	0.081
4	6303.626	247.176	0.120
5	5976.008	309.855	0.081
6	6896.785	340.668	0.072
7	7550.370	340.451	0.053
8	6476.314	271.616	0.119
9	6205.145	239.331	0.106
10	6958.575	410.321	0.042

Як свідчать наведені дані, власні значення та щільність змінюються у проміжках $\lambda_1 \in [5726.765, 7550.37]$, $\lambda_2 \in [239.331, 410.321]$, $\rho_p \in [0.042, 0.12]$, причому подальше збільшення обсягу вибірки поштових індексів не приводить до суттєвих змін отриманих результатів. Тому будемо вважати що результати обробки 60 поштових індексів є репрезентативною вибіркою.

Виходячи з отриманих даних було розраховані математичні очікування власних значень $\bar{\lambda}_1 \approx 6577.62$ $\bar{\lambda}_2 \approx 295.37$ та їх середньоквадратичні відхилення $\sigma_1 \approx 381.086$ $\sigma_2 \approx 37.322$.

Середнє значення щільності та її середньоквадратичне відхилення складають: $\bar{\rho}_p = 0.085$ $\sigma_p = 0.015$. Крім цього в межах репрезентативної вибірки було встановлено діапазон в якому змінюються значення

$$R_i = \frac{\sqrt{(\lambda_{D,1}^{(i)} - \hat{\lambda}_{I,1})^2 + (\lambda_{D,2}^{(i)} - \hat{\lambda}_{I,2})^2} + (\rho_D^i - \hat{\rho}_I)^2}{\|\hat{\Lambda}_I\|} \quad (11)$$

У випадку, коли в масці міститься поштовий індекс $R_i \in [0.006, 0.148]$.

На другому етапі в результаті обробки зображень конвертів з поштовим індексом було встановлене значення параметру $\epsilon = 0.16$. При цьому враховувалося, що в множині $\{D_i\}$ є поштовий індекс якщо $R_i^{\max} < \epsilon < 1$. Зображення конвертів скануються маскою. На Рис. 1 наведена множина $\{D_i\}$ серед елементів якої є індекс.



Рис.1 Області зображення конверту «схожі» на індекс.

Для того щоб, остаточно локалізувати, в межах зображення конверту, а потім захопити поштовий індекс аналізується $\{D_i\}$, з використанням умови (14), та встановлюється положення індексу.

На Рис.2 наведено результат локалізації та захоплення поштового індексу з використанням розробленого застосування.

Експериментальна перевірка локалізації та захоплення області з поштовим індексом проводилась на множині трьох сотень реалістичних зображень конвертів. При цьому у 99.5% випадків було правильно локалізовано та захоплено поштовий індекс. Помилки в локалізації індексу були зумовлені завадами на оригіналі – неповністю пропечатана рамка поштового індексу, а також наявністю радіометричних спотворень.

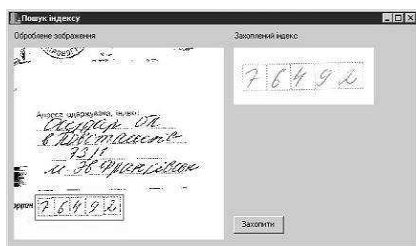


Рис.2 Остаточна локалізація та виділення індексу.

ВИСНОВОК

За результатами виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

- власні значення коваріаційної матриці та щільність чорних пікселів відображають ознаки характерні для рукописного поштового індексу;

- середні значення власних чисел коваріаційної матриці визначають еталонні ознаки поштового індексу;

- для локалізації та захоплення поштового індексу слід використовувати умову (10), що забезпечує правильну локалізацію та захоплення рукописного поштового індексу у 99.5% випадків;

- розроблене застосування щодо локалізації та захоплення поштового індексу може використовуватись у якості компоненти системи розпізнавання поштових індексів.

Слід зазначити, що в даному випадку не враховувалась наявність завад, які, в основному, можуть бути зумовлені поганою якістю оригіналу. Тому подальші роботи, щодо удосконалення отриманих результатів, необхідно виконати з метою підвищення завадостійкості програми локалізації та захоплення поштового індексу.

- [1] Яшук О.Л. Аналіз передумов упровадження систем автоматизованого оброблення письмової кореспонденції в Україні. // Зв'язок №1, 2008, С. 34-39.
- [2] В. Дзюба, П. Яганов Интеллектуальные системы распознавания образов. "F+S", № 4, 2003, С. 46-47.
- [3] Chen X., Gu L., Li S.Z. and Zhang H.J. Learning representative local features for face detection., Proc. IEEE CVPR, 1126.1131 (2001).
- [4] Jain, Anil K.; Li, Stan Z. (Eds.). Handbook of Face Recognition. 2004, Approx. 400 p. 210 illus., Hardcover, ISBN: 0-387-40595-X
- [5] Terrillon J.C. and Akamatsu S. Comparative performance of different chrominance spaces for colour segmentation and detection of faces in complex scene images., Proc. ICAFG.00, 54.61 (2000).
- [6] Yang M.H., Ahuja N. and Kriegman D. Face detection using mixtures of linear subspaces., Proc. IEEE ICAFG.00, 70.76 (2000).
- [7] Янутш Д.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. – М.: Недра, 1992. – 249 с.
- [8] Андреев Г.А., Потапов А.А., Галкина Т.В., Колесников А.И., Орлова Т.И., Хлявич Я.Л. О классификации изображений по их текстурным признакам // Исследование Земли из Космоса. – 1990. – №2. – С. 91 – 96.
- [9] Lange M.M., Ganebnykh S.N. Tree-like Data Structures for Effective Recognition of 2-D Solids // IEEE Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR- 2004). Cambridge, UK, 2004. Vol. 1. P. 592-595.
- [10] Soifer V.A., Khranov A.G., Korepanov A.O. Fuzzy Direction Field Method for Fringe and Tree-like Patterns Analysis // IEEE Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR-2004). Cambridge, UK, 2004. Vol. 2. P. 779-782.
- [11] Soifer V.A., Kotlyar V.V., Khonina S.N., Khranov A.G. The Method of the Directional Field in the Interpretation and Recognition of the Images with Structure Redundancy // Pattern Recognition and Image Analysis, 1996. Vol. 6. No. 4. P. 710-724.
- [12] Voss K., Suesse H. Invariant Fitting of Planar Objects by Primitives // IEEE Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition. ICPR-1996. P. 508-512.
- [13] Соифер В.А. Методы компьютерной обработки изображений. – Москва: Физматлит, 2003. – 782 с.