

¹В. Загребнюк, ²А. Кидисюк, ¹С. Кріль, ¹Н. Следнева
¹Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
²Львівська дирекція УДППЗ “Укрпошта”

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБЛЕННЯ ПИСЬМОВОЇ КОРЕСПОНДЕНЦІЇ

© Загребнюк В., Кидисюк А., Кріль С., Следнева Н., 2008

Розглянуто розроблення програмно-апаратного комплексу для напівавтоматичного сортування листів. Наведено склад апаратної частини та застосувань щодо розпізнавання поштового індексу. Упровадження такого комплексу дасть змогу істотно зменшити кількість помилок та витрати ручної праці при сортуванні листів.

The development of software and hardware complex for the semi-automatic sorting of letters is overviewed in the paper. The composition of hardware and applications for recognition of zip code are given. The introduction of such complex will allow to decrease substantially errors count and expenses of sorting letters hand labor.

Вступ

Сортування письмової кореспонденції – основний виробничий процес поштового зв'язку, який характеризується домінуючою часткою ручної праці. Єдиним шляхом істотного зменшення обсягів ручного сортування є упровадження автоматичних листосортувальних машини за умови, що концентрація поштових потоків є достатньою для їх ефективного використання [1]. Необхідної концентрації поштових потоків може бути досягнуто за умови централізації сортування письмової кореспонденції, оскільки обсяги сортування на рівні обласних центрів поштового зв'язку є недостатніми для того, щоб забезпечити рентабельність використання листосортувальних машин (час їх корисної роботи повинен бути не менше 16 годин на добу [1]).

За даними Держкомстату України в мережу поштового зв'язку надходить у середньому близько одного мільйона листів на добу. Отже, якщо не враховувати регіональні особливості, обсяг листів, що надходить в мережу на рівні обласних центрів поштового зв'язку, у середньому може становити близько 40 тис. одиниць на добу. Для того, щоб сортувати такі обсяги письмової кореспонденції, необхідні висококваліфіковані працівники, які в змозі сортувати близько 2 тис. листів на годину. На практиці за високої плинності персоналу сортувальників цього показника не досягають. Тому є доцільним упровадження засобів автоматичного сортування і на рівні обласних центрів.

У Росії, зважаючи на високу вартість зарубіжних листосортувальних машин, проблема автоматизації сортування письмової кореспонденції вирішується шляхом модернізації машин МАП-3, яка полягає в заміні програмного забезпечення щодо розпізнавання індексів [2, 3] на сучасне, що дає змогу обробляти рукописні поштові індекси. Причому, як правило, ці сортувальні машини встановлені в спеціалізованих зональних центрах оброблення поштової кореспонденції, тобто проблема автоматизації сортування листів на рівні обласних центрів залишається не вирішеною.

Тому актуальним є завдання розроблення недорогих пристроїв та відповідних програмних застосувань для автоматизації сортування письмової кореспонденції на рівні обласних центрів поштового зв'язку. Упровадження таких пристроїв не тільки зменшить частку ручної праці, а також дасть змогу залучати для обслуговування цих пристроїв некваліфікованих працівників для безпомилкового сортування.

Постановка задачі

Отже, метою роботи є розроблення програмно-апаратного комплексу для автоматизації процесу сортування письмової кореспонденції на рівні обласних центрів.

Виходячи з технічних умов сортування поштової кореспонденції, було розроблено систему напівавтоматичного сортування листів, узагальнену структуру якої наведено на рис. 1.



Рис. 1. Структура системи напівавтоматичного сортування

Оскільки детальний розгляд усіх застосувань та компонент апаратної частини за обсягом далеко виходить за межі даної статті, надалі обмежимося тільки загальною характеристикою складових системи.

Апаратна частина системи складається з таких компонент. Як пристрій, що зчитує лист, використовується Web-камера, під'єднана до персонального комп'ютера через USB-порт та встановлена в листоутримуючому пристрої, яка використовується для локалізації та захоплення поштового індексу. Обмін даними між сортувальною шафою й комп'ютером здійснюється через паралельний LPT-порт, до якого під'єднано керуючий дешифратор. Дешифратор розроблений з використанням мікросхем 74LS245N (КР1533АП6), 74ALS138N (КР1533ИД7) та 74НСТ04N (КР1533ЛН1). Після захоплення та розпізнавання поштового індексу його код через LPT-порт подається на дешифратор, який інтерпретує та перетворює його у сигнал для вмикання світлодіоду на відповідній комірці сортувальної шафи. Кожна комірка сортувальної шафи оснащена фотодіодом. Коли сортувальник вкладає лист у комірку, спрацьовує фотодіод. Сигнал із фотодіоду надходить на вхід керуючого дешифратора, який генерує сигнал управління та передає його через LPT-порт у програму розпізнавання. Цей сигнал ініціює розпізнавання наступного поштового індексу.

Програмне забезпечення щодо розпізнавання поштового індексу складається з таких компонент.

Головне застосування програмного забезпечення – це розпізнавання друкованих та рукописних цифр. На практиці для розпізнавання друкованих та рукописних цифр розробляються застосування, засновані на різних методах. Для розпізнавання друкованих цифр використовуються методи порівняння з еталоном, а для рукописних – методи, засновані на аналізові структурних характеристик цифр. Основною відмінністю розробленого методу розпізнавання є те, що в ньому використовується одна і та сама множина еталонів (див. рис. 2) для розпізнавання як рукописних, так і друкованих цифр.

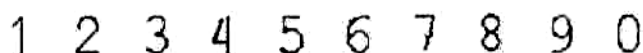


Рис. 2. Еталонні зображення цифр

Множина еталонних ознак формується як масив координат пікселів зображення окремої цифри відносно її центру ваги. До множини еталонних ознак також входить кількість пікселів у зображенні кожної цифри.

Зображення, яке надходить із WEB-камери, має такий вигляд (див. рис. 3).

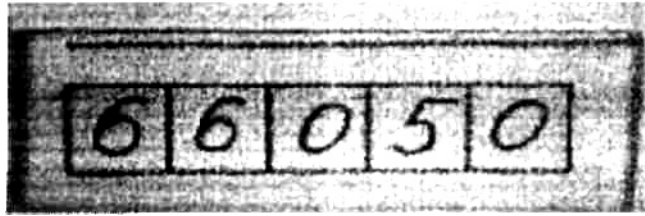


Рис. 3. Зображення поштового індексу

Опис алгоритму

Для забезпечення високої надійності розпізнавання це зображення проходить попередню обробку, яка полягає у його перетворенні у бінаризовану форму, тобто зображення має тільки два кольори – білий (тло) та чорний – поштовий індекс. Для перетворення зображення у бінаризовану форму було розроблено відповідні алгоритм та застосування. У загальних рисах алгоритм бінаризації полягає в наступному. За допомогою алгоритму кластеризації, який побудований на підґрунті алгоритму K -середніх, у просторі RGB виділяється п'ять кластерів. Кожен кластер K_m має колір

$$L_{K_m} = \frac{1}{n_{K_m}} \sum_{l(i,j) \in K_m} l(i,j),$$

де $l(i,j)$ – колір пікселя з координатами: (i,j) , n_{K_m} – кількість пікселів у кластері K_m . Нові кольори пікселів $\tilde{l}(i,j)$, що належать кластеру K_m , обчислюються за формулою

$$\tilde{l}(i,j)_{K_m} = \sum_{l(i,j) \in K_m} [l(i,j) + L_{K_m}], \forall K_m. \quad (2)$$

На перетвореному зображенні колір кожного кластера, який має колір, відмінний від білого, замінюється на чорний. У бінаризованому зображенні за допомогою розробленого застосування здійснюється локалізація та захоплення безпосередньо поштового індексу. Зображення листа сканується маскою розміром 280×80 пікселів. У межах маски обчислюються власні значення матриці коваріацій та щільність чорних пікселів. З отриманих значень формується вектор $I_k = \{\lambda_1, \lambda_2, \rho_p\}$, де λ_1, λ_2 – власні значення матриці коваріацій координат пікселів поштового індексу, а ρ_p – їхня щільність. На підґрунті статистичного аналізу різних індексів формується еталонний вектор поштового індексу I_E . Його компоненти – математичні очікування власних значень та щільності. У ході сканування індекс захоплено, якщо виконується умова

$$\frac{|I_E - I_k|}{|I_E|} \leq \varepsilon, \quad (3)$$

де $\varepsilon \ll 1$, $\varepsilon > 0$ – параметр, який визначається на підставі статистичної обробки експериментальних даних. У межах цієї роботи для параметра ε отримано значення 0,15. Індекс вважається локалізованим при виконанні умови

$$d = \min_k |I_E - I_k|. \quad (4)$$

Експериментальна перевірка показала, що виконання умов (3,4) забезпечує практично безпомилкове виділення поштового індексу на зображенні конверту.

На підставі аналізу гістограми поштового індексу відокремлюється його рамка. В кінцевому випадку отримуємо лише рукописні цифри поштового індексу, що зображені на рис. 4.



Рис. 4. Цифри поштового індексу

Ознаки отриманих рукописних цифр формуються так само, як і ознаки еталонів.

Розпізнавання рукописних цифр поштового індексу здійснюється шляхом порівняння символу з еталоном. Для цього обчислюється матриця усіх відстаней d_{ij}^{pq} між пікселями p -го символу та q -го еталону. Як міру подібності між цифрою та еталоном використовується мінімальне значення функції:

$$\bar{A}_{pq} = \min_k \left(\sum_{i,j} d_{ij}^{pq} X_{ij}^{pq} \right),$$

де X_{ij}^{pq} – кількість n_s пікселів p -го символу, які необхідно перемістити до q -го еталону на відстані d_{ij}^{pq} .

Ця функція обчислюється для всієї множини еталонів E . Відповідність p -го символу еталоніві k визначається з умови

$$A_{pk} = \min_{q \in E} (\bar{A}_{pq}).$$

Висновки

Аналіз результатів розпізнавання поштових індексів 300 листів, в яких написання поштових індексів здійснювалось різними людьми, показав, що за умов, коли характерні відхилення ознак рукописних цифр (товщина лінії, розмір, нахил, спотворення форми) від еталонних не перевищують у середньому 20 %, то розроблений програмно-апаратний комплекс забезпечує практично 100% розпізнавання.

Отже, за результатами цієї роботи можна зробити такі висновки:

- розроблені застосування забезпечують практично безпомилкове виділення та розпізнавання поштового індексу за умови, що характерні відхилення ознак рукописних цифр (товщина лінії, розмір, нахил, спотворення форми) від еталонних не перевищують у середньому 20 %;
- апаратна частина комплексу складається з недорогих компонент та може бути використана як пілотний зразок для розроблення обладнання щодо автоматизації сортування поштової кореспонденції на рівні обласних центрів зв'язку.

1. Яцук О.Л. Аналіз передумов упровадження систем автоматизованого оброблення письмової кореспонденції в Україні. Зв'язок №1, 2008. – С. 34–39. 2. Соїфер В.А. Письма в нейронных сетях. 3. http://www.informnauka.ru/rus/2004/2004-05-07-041_90_r.htm. 4. Научно-технический отчет Института систем обработки изображений РАН за 2004 год <http://www.ipsi.smr.ru/research/publication/Otchet/OTCH-2>.