

УДК 519.68

Н.М. Следнева

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР В ПОЧТОВЫХ ИНДЕКСАХ

Разработан метод шрифто-зависимого распознавания рукописных цифр в почтовых индексах, основанный на вертикальном выравнивании и нормировании по ширине и высоте символа и нормировании ширины линий с последующим сравнением с накапливаемой базой данных. Показано, что с использованием данного подхода вероятность распознавания рукописных шрифтов составляет не менее 0,97.

Ключевые слова: распознавание рукописных шрифтов, нормирование символов, почтовый индекс.

N.M. Sledneva

COMBINED METHOD OF RECOGNITION OF HANDWRITTEN NUMBERS IN ZIP CODES

The method of font dependent recognition of the handwritten numbers in zip codes is worked out. The method is based on the vertical smoothing and setting of norms after a width and height of symbol and setting of norms of line-width with the subsequent comparing to the accumulated database. It is shown that with the use of this method with probability 0,97 the handwritten numbers are recognized.

Keywords: recognition of cursives, setting of norms of symbols, zip code.

Н.М. Следнева

КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ЦИФР В ПОШТОВИХ ІНДЕКСАХ

Розроблено метод шрифто-залежного розпізнавання рукописних цифр в поштових індексах, заснований на вертикальному вирівнюванні і наступному нормуванні ширини і висоти символу і нормуванні ширини ліній з наступним порівнянням з накопичуваною базою даних. Показано, що з використанням цього підходу з вірогідністю не гірше 0,97 розпізнаються рукописні цифри.

Ключові слова: розпізнавання рукописних шрифтів, нормування символів, поштовий індекс.

В соответствии с современными нормами оформления почтовых конвертов индексы могут записываться в произвольной форме, но в рамках заранее заданного поля определенного размера (отдельные ячейки для каждой цифры). Для автоматизации процесса сортировки писем почтовые индексы необходимо распознать. Поле индекса на конверте является единственным ограничением, но именно оно может быть взято за основу для унификации распознаваемых цифр.

На протяжении последних десятилетий интенсивно развиваются методы распознавания текстов, условно разделяемые на две группы – шрифто-зависимые и шрифто-независимые [1, 2]. Шрифто-независимые методы анализируют структурные признаки, присущие символам, но, особенно при невысоком разрешении отсканированного изображения, добиться высокой точности распознавания невозможно.

Шрифто-зависимые алгоритмы основываются на сопоставлении идентичных элементов в известных шрифтах и распознаваемых символах [3, 4]. Форма и соотношение размеров основных элементов одинаковых цифр в различных почерках различаются, хотя и не настолько, чтобы не признать их в первом приближении одинаковыми. Некоторые одинаковые цифры в различных почерках могут различаться наличием или отсутствием небольших элементов, но это также существенно не меняет основной характер их написания. Это дает возможность во многих алгоритмах использовать печатные шрифты в качестве эталонных. Однако эффективное распознавание в таких алгоритмах возможно при незначительных отклонениях рукописного шрифта от эталона [5].

Целью работы является разработка быстрого алгоритма унификации изображений рукописных цифр на основании использования в качестве эталонных некоторых из накапливаемой базы рукописных шрифтов.

© Следнева Н.М., 2012

В качестве параметров, определяющих произвольность записи цифр в рамках заданного поля, можно выделить следующие:

- наклон цифры;
- размер цифры;
- толщина линии контура цифры.

Для унификации цифр стандартное поле, в рамках которого производится запись, покрывается сеткой с разрешением n ячеек по горизонтали и m по вертикали. Выполняется бинаризация записанной цифры, при которой каждый пиксель принимает значение 0 (белый) и 1 (черный).

На рис. 1 показан результат бинаризации нескольких шрифтов.

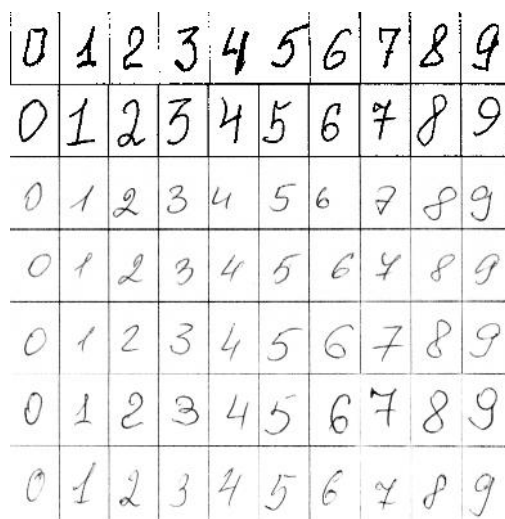


Рис. 1. Отсканированные (строки внизу) и бинаризованные (2-е верхние строки) рукописные шрифты

Смещением строк сетки в горизонтальном направлении производится выравнивание изображения (перевод из возможного наклонного положения в вертикальное) без нарушения целостности контура цифры и изменения его толщины.

Далее в пределах имеющейся сетки $n \times m$ производится максимально возможное пропорциональное увеличение изображения с пропорциональным увеличением толщины линии контура. Таким образом, производится унификация изображения всех цифр, но пока без учета разницы толщины линий контура.

На рис. 2 показаны результаты обработки некоторых цифр верхней строки рис. 1.

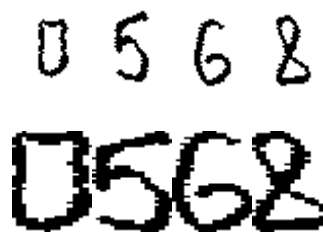


Рис. 2. Выравнивание и масштабирование цифр

Далее производится обработка унифицированных изображений цифр имеющихся образцов почерков для получения их индивидуальных характеристик.

С этой целью подсчитывается количество черных пикселей в каждом из столбцов $x_i (i=1...n)$ и строк $y_j (j=1...m)$ изображения. Полученные значения во многом зависят от толщины контура цифр. Для исключения влияния этого параметра выполняется нормирование с помощью общего количества черных пикселей для изображения рассматриваемой цифры и соответствующего почерка

$$\bar{x}_i = x_i / \sum_{h=1}^n x_h, \quad (1)$$

$$\bar{y}_j = y_j / \sum_{w=1}^m y_w.$$

При этом очевидно

$$\sum_{h=1}^n x_h = \sum_{w=1}^m y_w, \quad (2)$$

и, соответственно, $\sum_{i=1}^n \bar{x}_i = 1, \sum_{j=1}^m \bar{y}_j = 1.$

Векторы $\bar{x}^{p,l}$ и $\bar{y}^{p,l}$, элементами которых, являются нормированные величины \bar{x}_i и \bar{y}_j , выступают в качестве характеристик соответствующих цифр. Верхний индекс $p = 0, 1, 2, \dots, 9$ отмечает принадлежность вектора к соответствующей цифре, а индекс $l = 1, 2, \dots$ – к соответствующему почерку.

Выработка эталона для распознавания (обучение системы) производится путем ус-

реднения элементов векторов \bar{x} и \bar{y} для каждой цифры при заданном количестве почерков. Так, например, элемент эталонного (усредненного) вектора \bar{x} для цифры «0» по пяти почеркам определяется из соотношения

$$\bar{x}_i^{-0,5} = \left(\sum_{l=1}^5 x_i^{-0,l} \right) / 5. \quad (3)$$

Аналогично вычисляются $\bar{y}_j^{-0,5}$.

Распознавание цифры производится в следующем порядке.

1. Считывание цифры.
2. Бинаризация изображения.
3. Нормирование изображения.
4. Получение индивидуальной характеристики цифры (векторы \bar{x} и \bar{y}).

5. Поочередное сравнение индивидуальной характеристики цифры с эталонными характеристиками всех цифр.

Поиск максимального совпадения производится путем нахождения рассогласований между индивидуальной характеристикой распознаваемой цифры и эталонными характеристиками всех цифр и выбора минимального из них. Определяются рассогласования отдельно для векторов \bar{x} и \bar{y} и в качестве третьего параметра вычисляется их сумма:

$$\begin{aligned} \Delta_x &= \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i^{-p,l} - \bar{x}_i)^2, \\ \Delta_y &= \sum_{j=1}^m (\bar{y}_j^{-p,l} - \bar{y}_j)^2, \\ \Delta &= \Delta_x + \Delta_y. \end{aligned} \quad (4)$$

Для облегчения анализа результатов при тестировании все полученные для какой-либо распознаваемой цифры величины Δ_x нормируются с помощью $\Delta_{x \min}$, Δ_y – с помощью $\Delta_{y \min}$, а Δ – с помощью Δ_{\min} .

В этом случае минимальные значения нормированных $\bar{\Delta}_x, \bar{\Delta}_y, \bar{\Delta}$ равны единице и могут быть легко выделены. Рассматриваемая цифра считается распознанной при выполнении одного из логических выражений к

величинам (4) эталонной характеристики какой-либо цифры:

$$(\bar{\Delta}_x = 1) \wedge (\bar{\Delta}_y = 1) \wedge (\bar{\Delta} = 1), \quad (5)$$

$$\left((\bar{\Delta}_x = 1) \vee (\bar{\Delta}_y = 1) \right) \wedge (\bar{\Delta} = 1). \quad (6)$$

Было проведено тестирование для 37 образцов различных почерков, часть из которых показана на рис. 1.

Стандартное поле для записи цифры покрывалось сеткой размером 40×50 ($i = 1 \dots 40, j = 1 \dots 50$).

В таблице приведены результаты распознавания цифр «3», «4», «5» из верхней строки рис. 1 (первая колонка таблицы) по эталонным шрифтам, собранным из пяти нижних строк рис. 1. Видно, что для цифр «3» и «4» выполнено условие (6), а для цифры «5» – условие (5).

Результаты распознавания цифр

		Эталонные цифры									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
«3»	$\bar{\Delta}_x$	5,7	2,2	3,5	1	6,6	2,9	5,2	3,9	2,2	2,2
	$\bar{\Delta}_y$	1,1	1,7	1	1,2	3,2	1,6	2,0	1,8	1,4	1,6
	Δ	1,9	1,5	1,3	1	3,4	1,6	2,4	2,0	1,3	1,5
«4»	$\bar{\Delta}_x$	2,9	4,3	4,3	2,8	1,9	1,9	3,6	5,1	3,3	1
	$\bar{\Delta}_y$	3,5	2,9	6,0	5,1	1	4,5	4,8	2,3	2,7	4,0
	Δ	1,9	2,3	3,1	2,3	1	1,8	2,5	2,5	1,9	1,3
«5»	$\bar{\Delta}_x$	7,9	17	10	8,2	10	1	5,6	16	5,6	5,8
	$\bar{\Delta}_y$	1,3	1,7	1,9	1,3	3,6	1	2,7	3,0	1,4	1,5
	Δ	2,2	4,0	3,2	2,3	4,6	1	3,1	4,9	2,0	2,1

Были определены три варианта эталонных характеристик цифр:

- с использованием 5-ти почерков;
- с использованием 15-ти почерков;
- с использованием всех 37-ми почерков.

Реализация теста заключалась в распознавании всех цифр рассматриваемого по-

черка с использованием одного из вариантов эталонных характеристик. Таким образом, выполнено 111 реализаций тестирования с распознаванием 1110 цифр.

В результате получено:

за исключением цифр "2" и "8" все остальные распознаются практически однозначно;

с использованием второго логического выражения к величинам (4) цифры «2» и «8» распознаны в 60 % случаев;

в 5-ти случаях (из 1110) не распознаны другие цифры;

использование при определении эталонных характеристик более 5-ти почерков не выявило значимого изменения качества распознавания.

Выводы

На основании выполненной работы получены следующие результаты.

1. Предлагаемый метод позволил с вероятностью ~ 0.97 распознать рукописные цифры.

2. В 2,5 % однозначно определено, что цифра не распознана, не выполнено ни одно из логических выражений (5) к величинам (4). Это всегда относилось к цифрам «2» и «8», что сужает круг дополнительного поиска и облегчает использование других методов распознавания, ориентированных именно на эти цифры.

3. Только в 0,5 % случаев происходит ошибочное распознавание.

Это позволяет рекомендовать предложенный метод для распознавания рукописных цифр, в том числе в почтовых индексах.

Список использованной литературы

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Стокман Дж – М.: Бином, 2006. – 752 с.

2. Соифер В. А. Методы компьютерной обработки изображений / В. А. Соифер – М.: Физматлит, 2003. – 782 с.

3. Исследование подходов к построению систем автоматического считывания симво-

льной информации / А. В. Бондаренко, В. А. Галактионов, В. И. Горемычкин, А. В. Ермаков, С. Ю. Желтов – М.: – 2003, № 46. – 18 с.

4. Lam L. An Evaluation of Parallel Thinning Algorithms for Character Recognition / L. Lam, C. Y. Suen // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1995. – Vol. 17. – № 9. – P. 914–919.

5. Загребнюк В. И. Распознавание печатных и рукописных цифр / В. И. Загребнюк, Н. М. Следнева // Электроника и связь. – К.: – 2008. – № 6. – С. 24–27.

Получено 25.05.2012

References

1. Shapiro L. Computer sight / L. Shapiro, G. Stockman. – Moscow: Binom, 2006. – 752 p. [in Russian].

2. Soifer V. A. Methods of the computer processing of images / V.A. Soifer. – Moscow: Fizmatlit, 2003. – 782 p. [in Russian].

3. Bondarenko A. V. Research of going near the construction of the systems of self-scan of symbol information / A.V. Bondarenko – Moscow: – 2003 – № 46, 18 p. [in Russian].

4. Lam L. An Evaluation of Parallel Thinning Algorithms for Character Recognition / L. Lam, C. Y. Suen // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1995. – Vol. 17, № 9. – P. 914–919 [in English].

5. Zagrebnyuk V. I. Recognition of printed and handwritten numbers / V. I. Zagrebnyuk, N. M. Sledneva // Electronics and communications. – Kiev: – 2008. – № 6. – С. 24–27 [in Russian].



Следнева
Наталья Михайловна,
ст. преп. каф. компьютерно-интегрированных технологич. процессов и производств Одесск. нац. академии связи,
т. 067-706-08-72,
e-mail: nat.sled@rambler.ru