

- 1997г., Минск. - Том 2). - Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1997. - С.160-167.
6. Фу К. Робототехника: пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 620 с.
  7. Фу К. Структурные методы в распознавании образов - М.: Мир, 1977.

УДК 681.323:519.246

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И УСТРАНЕНИЕ РАЗРЫВОВ В ЗАДАЧАХ СТРУКТУРНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ**

*Маленко О.Г.*

*Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники*

### **Введение**

Структурные методы обладают большим потенциалом при распознавании рукописных символов, так как позволяют строить классификаторы нечувствительные к таким часто встречающимся искажениям рукописных символов, как наклон, растяжение-сжатие, поворот [1,2]. Обычно при этом используют предварительную обработку с целью получения графа с помощью классических операций скелетизации и аппроксимации [3,4]. Задачей скелетизации является описание изображения тонкими линиями (для преобразования его в граф), а аппроксимация должна свести число этих линий к минимуму. Кроме того, необходимо также устранить из изображения незначимую информацию (мелкие штрихи, неровности и т.п.). К указанным проблемам необходимо добавить проблему устранения разрывов. Действительно, малозаметный разрыв на изображении символа приведет в процессе вышеописанной

#### 4. Распознавание образов и анализ изображений

обработки к графу, абсолютно не похожему на идеальный (например, к несвязному графу). Анализ такого графа машинным классификатором обречен на неудачу. В ряде работ ([5,6]), приводятся алгоритмы преобразования описания символа с разрывом таким образом, что он сходится к истинному классу. Однако применение данных алгоритмов в задачах распознавания сопряжено с большими вычислительными затратами. Поэтому актуальным представляется исследовать разрывы, характерные для рукописных символов, и разработать быстрый алгоритм их устранения.

### 1. Классификация разрывов

Любой разрыв представляет собой отсутствие соединения между двумя объектами, поэтому и классифицировать их следует в зависимости от типа этих объектов. Разрывы можно разделить на три класса:

Разрыв первого рода - разрыв между двумя конечными точками линий.

Разрыв второго рода - разрыв между конечной точкой линии и другой линией.

Разрыв третьего рода - разрыв между двумя линиями.

Эксперименты показывают, что наиболее вероятны разрывы первого и второго рода. Поэтому им следует уделить наибольшее внимание.

### 2. Устранение разрывов первого рода

Эти разрывы устраняются проще всего. Конечная точка линии в графе будет соответствовать вершине кратности 1. Поэтому надо рассчитать расстояния между всеми такими вершинами (число их в графе достаточно мало). При этом следует использовать квадрат расстояния, как наиболее быстро рассчитываемый по координатам вершин (без операции извлечения корня). Так квадрат расстояния между точками с координатами  $(x_1, y_1)$  и

$(x_2, y_2)$  будет равен  $(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2$ . Таким образом разрывом первого рода можно назвать ситуацию, когда квадрат расстояния между двумя вершинами кратности 1 меньше  $P_1$ , где  $P_1$  - некоторая константа, зависящая от реализации. Разрыв первого рода устраняется путем добавления в граф ребра.

### 3. Устранение разрывов второго рода

Назовем разрывом второго рода ситуацию, когда квадрат расстояния между вершиной кратности 1 графа и ближайшей точкой некоторого ребра, не инцидентного вершине, меньше  $P_2$ . Очевидно, что сложность задачи нахождения такого разрыва гораздо выше. При этом основная проблема - определить ближайшую к вершине кратности 1 точку заданного ребра.

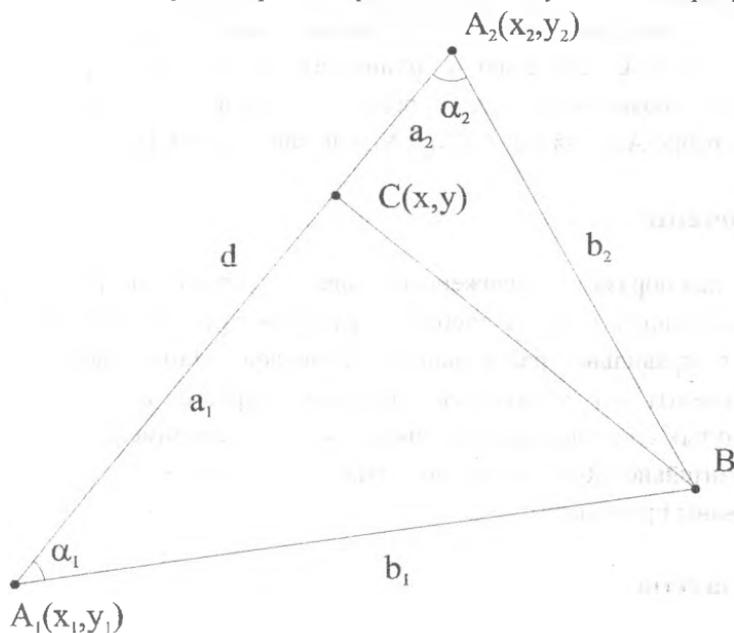


Рис. 1 Нахождение ближайшей точки

#### 4. Распознавание образов и анализ изображений

Пусть задано ребро  $A_1A_2$  (рис. 1) и есть точка  $B$ , не лежащая на нем. Требуется найти координаты  $x$  и  $y$  точки  $C$ , принадлежащей ребру и самой близкой к  $B$ . В том случае, если угол  $\alpha_1 \geq 90^\circ$ , то  $C=A_1$ . Если же  $\alpha_2 \geq 90^\circ$ , то  $C=A_2$ . Было получено:

$$C(x,y) = \begin{cases} A_1(x_1, y_1), & \text{if } d^2 - b_2^2 + b_1^2 \leq 0 \\ A_2(x_2, y_2), & \text{if } d^2 - b_1^2 + b_2^2 \leq 0 \\ \left( x = \frac{(z-1)x_2 + x_1}{z}, y = \frac{(z-1)y_2 + y_1}{z} \right), & \text{if } \begin{matrix} d^2 - b_2^2 + b_1^2 > 0 \text{ and} \\ d^2 - b_1^2 + b_2^2 > 0 \end{matrix} \end{cases}$$

Таким образом определяется ближайшая точка, и если квадрат расстояния  $BC$  меньше некоторой константы  $P_2$ , можно говорить о наличии разрыва. В случае, когда  $C$  совпадает с одним из концов ребра разрыв можно устранить добавлением нового ребра. В противном случае необходимо разбить ребро  $A_1A_2$  на два  $A_1C$  и  $CA_2$  и добавить ребро  $BC$ .

### Заключение

Таким образом предложенный подход к устранению разрывов может частично решить одну из проблем структурного распознавания, увеличив процент правильно распознанных символов. Нами были проведены эксперименты по устранению разрывов первого и второго рода в отвергнутых классификатором символах. Эти эксперименты показали, что приблизительно 80% символов с разрывом после его устранения были распознаны правильно.

### Литература

1. К.С.Фу. Структурные методы в распознавании образов -М.:Мир, 1977.

2. F. Ali and T. Pavlidis, Syntactic Recognition of Handwritten Numerals. IEEE Trans. Sys. Man and Cyber. vol. SMC-7, no. 7, July, 1977, p. 537-541.
3. Steven S. O. Choy, Clifford Sze-Tsan Choy, Wan-Chi Siu, New single-pass algorithm for parallel thinning, Computer Vision and Image Understanding, vol. 62, no. 1, July, 1995, p. 69-77.
4. Louisa Lam, Ching Y. Suen, An evaluation of parallel thinning algorithms for character recognition, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 17, no. 9, september 1995, p. 914-919.
5. H.Nishida and S.Mori, An algebraic approach to automatic construction of structural models, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. vol. 15, 1993, p. 1298-1311.
6. H.Nishida, Structural feature extraction using multiple bases, Comp. and Vision Image Underst. vol. 62, no. 1, July, 1995, p. 78-89.