

## 一种基于轮廓线的形状描述与匹配方法

王斌<sup>①</sup> 舒华忠<sup>①</sup> 施朝健<sup>②</sup> 罗立民<sup>①</sup>

<sup>①</sup>(东南大学计算机科学与工程学院 南京 210096)

<sup>②</sup>(复旦大学计算机科学与工程系 上海 200433)

**摘要:** 该文提出了一种新的基于目标轮廓线的形状描述与匹配方法。该方法将两个待匹配的目标的轮廓线等弧长地分割成相同数目的弧段,用直线段连接相邻的割点构成对轮廓线的多边形近似,用多边形的顶点到形状的几何中心的距离和其两个后继顶点的距离构成的3个距离串来描述形状,形状之间的相似度用它们的3个距离串的欧氏距离和来计算。这种描述方法满足惟一性、紧致性和不变性,而且计算简单,对形状的全局特征和局部特征都能很好地描述。实验结果表明,将该方法用于形状匹配具有较高的精度和可靠性。

**关键词:** 形状描述; 等弧长分割; 多边形近似; 形状匹配

**中图分类号:** TP391.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-5896(2008)04-0949-04

## A Contour-Based Shape Description and Matching Method

Wang Bin<sup>①</sup> Shu Hua-zhong<sup>①</sup> Shi Chao-jian<sup>②</sup> Luo Li-min<sup>①</sup>

<sup>①</sup>(College of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

<sup>②</sup>(Department of Computer Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** A novel contour-based shape description and matching method is proposed. It equally segments the contours of the two objects into same numbers of arcs, an approximating polygon is then constructed with connecting the neighbor segmenting points using line segments. The three distance strings which are formed with the distance from the vertexes to the center of shape and the distances from the vertexes to the two subsequence vertexes are used to describe the shape, and the sum of the distances between their three distance strings is used to measure the difference between them. This method possesses uniqueness, compactness and invariance. Furthermore, this method is very simple to compute and can reflect both the global feature and the local feature of the shape. Experiment results show that the proposed method is accurate and reliable for matching shapes.

**Key words:** Shape description; Equal-arc-length partitions; Polygonal approximation; Shape matching

### 1 引言

形状匹配是计算机视觉与模式识别研究领域中的一个热点问题,已被广泛应用于字符识别、医学诊断、染色体识别、工业产品检测等应用领域。形状匹配的根本任务是按照某种度量准则来比较两个形状的相似程度,而形状描述则是通过某种方法生成一个数值化的描述子来刻画形状的特征,它是有效完成形状匹配任务的关键。一个适宜于形状匹配的描述应该满足:(1)具有平移、旋转和缩放不变性;(2)惟一性,即不同的形状应该具有不同的描述;(3)对形状的全局特征和局部特征都能进行刻画;(4)紧致性和较低的计算复杂性。因为目标的轮廓线含有大量的形状信息,所以本文的工作着眼于研究基于轮廓线的形状描述与匹配方法。

一个目标的形状往往是复杂的,对其进行简化以易于描述是一种主要的形状分析策略。将一个二维的形状表示成一

个一维的轮廓线函数是一种常用的简化形状分析过程的方法<sup>[1]</sup>。曲率函数<sup>[2]</sup>、中心距离函数<sup>[3]</sup>是几种常见的形状描述方法。更多的轮廓线函数描述方法可以参见文献<sup>[4]</sup>。这类方法一般能重构原来被描述的形状,因而具有惟一性。但这种条件不是总能满足,如中心距离函数是将轮廓线上的点到形状几何中心的距离描述成中心角度的函数,当形状的几何中心位于形状区域之外时,一个中心角就可能对应多个中心距离,为能将二维形状表示成一维函数,通常取它们的最大值、最小值或平均值,但无论怎样取值,都造成了形状信息的损失而不能重构形状,因而不满足惟一性。此外,轮廓线函数描述方法通常不满足紧致性,而且只能从全局或局部特征的一个方面去描述形状而不能作到二者兼顾。

将目标的轮廓线分割成一些容易描述的片段以获得形状的描述子,是另外一种普遍采用的形状分析方法。这类方法的最大优点是能够获得一个非常紧致的描述子。多边形近似<sup>[5,6]</sup>是一种常用的基于轮廓线分割的形状描述方法,它用直线段近似分割的弧段。但多边形近似的获取非常困难,通常

2006-09-26 收到, 2007-05-21 改回

国家自然科学基金(60275010)和长江学者创新团队发展计划和教育部新世纪优秀人才计划(NCET-04-0477)资助课题

被转化成一个复杂的组合优化问题<sup>[1]</sup>。而且，由于通常获得的两个形状的近似多边形的边数是不相同的，在用于形状匹配时，获取他们的边或顶点间的映射关系也是非常困难的。为了方便形状匹配，文献[7]提出了另外一种基于轮廓线分割的形状描述方法——夹角链码。它要求近似两个形状的直线段的个数是相同的，而且近似每个形状的直线段的长度都是相等的，这样只需用相邻线段之间的夹角来进行形状匹配。这种方法满足不变性和唯一性，但是由于要求近似的直线段的长度必须相等，使得精确计算形状的描述子非常困难。此外，直线段之间的夹角只能刻画形状的局部特征，但不能描述形状的全局特征。

为了克服上述方法的缺点，本文提出了一种新的基于轮廓线分割的形状描述方法。其主要思想是：通过等弧长的分割轮廓线，来构建轮廓线的多边形近似，用多边形的顶点到形状的几何中心的距离和其两个后继顶点的距离构成的3个距离串来描述形状。相对于前述方法，本文提出的方法具有：

## 2 基于等弧长分割轮廓线的形状描述

### 2.1 描述方法

一个二维形状的轮廓线可以形式化地表示为一个沿逆时针方向的点的有序集  $C = \{p_i = (x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, N\}$ 。这里  $(x_i, y_i)$  是在点  $p_i$  平面坐标系中的坐标， $p_{i+N} = p_i$ ， $N$  轮廓线上的点的个数。其几何中心  $p_c = (x_0, y_0)$  定义为：

$$\left( \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}, \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \right)$$

其直径定义为

$$D = \max_{i,j \in \{1, \dots, N\}} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

**定义 1** 以轮廓线  $C$  上的一点  $p_i$  为始点，沿轮廓线，按逆时针方向将轮廓线分割成  $M$  相同长度的弧段： $\widehat{s_0 s_1}, \widehat{s_1 s_2}, \dots, \widehat{s_{M-1} s_M}$ ，这里  $s_i$  为割点，且  $s_0 = s_M = p_i$ ，弧段  $\widehat{s_i s_{i+1}}$  表示从点  $s_i$  出发，沿轮廓线，按逆时针方向到达点  $s_{i+1}$  所经过的轮廓线上的点的有序集，其长度为集合中相邻点的欧氏距离的和。那么，顺序连接这些割点所形成的线段的集合  $V_{p_i} = \{\overline{s_0 s_1}, \overline{s_1 s_2}, \dots, \overline{s_{M-1} s_M}\}$  成了一个与始点  $p_i$  有关的基于等弧长分割的近似轮廓线  $C$  的多边形，其近似误差定义为

$$E(V_{p_i}) = \max_{i=1, \dots, M-1} \max_{pt \in \overline{s_i s_{i+1}}} d_p(p_i, \overline{s_i s_{i+1}}) \quad (1)$$

这里  $d_p(p_i, \overline{s_i s_{i+1}})$  表示点  $p_i$  到直线段  $\overline{s_i s_{i+1}}$  的投影距离。

**定义 2** 对于一个二维形状的轮廓线  $C = \{p_i = (x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, N\}$ ，给定分割的段数  $M$ 。因为以轮廓线上不同的点为始点，将会得到不同的对轮廓线的等弧长分割，因而得到的近似多边形也不相同。设轮廓线上的  $N$  个点中，到形状几何中心的欧氏距离最大的点构成的集合为

$\{p_{v(1)}, p_{v(2)}, \dots, p_{v(k)}\}$ 。本文选取这些点为候选始点，然后分别以它们为始点对轮廓线进行等弧长分割，设所得到的近似多边形的集合为  $\psi = \{V_{p_{v(1)}}, V_{p_{v(2)}}, \dots, V_{p_{v(k)}}\}$ 。那么，选取集合  $\psi$  中近似误差最小的多边形  $P \in \psi$  作为基于等弧长分割轮廓线的近似多边形，即  $P$  满足：

$$E(P) = \min_{V_{p_{v(i)}} \in \psi} E(V_{p_{v(i)}}) \quad (2)$$

**定义 3** 对于一个二维形状的轮廓线  $C$ ， $p_c$  为其形状的几何中心， $D$  为其直径。 $P = \{\overline{s_0 s_1}, \overline{s_1 s_2}, \dots, \overline{s_{M-1} s_M}\}$  为基于等弧长分割的近似轮廓线  $C$  的多边形。那么，3 个归一的距离串  $\lambda_1 = \{\alpha_i = d(s_i, p_c)/D, i = 0, \dots, M-1\}$ ， $\lambda_2 = \{\beta_i = d(s_i, s_{i+1})/D, i = 0, \dots, M-1\}$  与  $\lambda_3 = \{\gamma_i = d(s_i, s_{i+2})/D, i = 0, \dots, M-1\}$  构成对形状  $C$  的描述，这里  $d(\cdot)$  表示平面上两点的欧氏距离，图 1 给出了 3 个距离  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  的示意图。

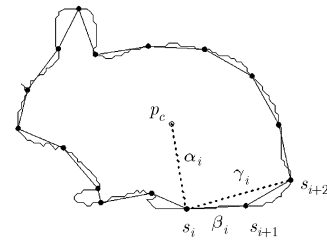


图 1 用来描述形状的和割点  $s_i$  有关的 3 个距离  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$

### 2.2 惟一性

一种理想的形状描述方法应该满足惟一性。下面证明我们提出的描述方法满足这种特性。

**引理 1** 设  $A, B, C$  为平面上不在同一直线上 3 点。如果已知一个点  $D$  到这 3 个点的距离  $\alpha = d(D, A)$ ， $\beta = d(D, B)$ ， $\gamma = d(D, C)$  那么点  $C$  在该平面上的位置被惟一确定(如图 2(a)所示)。

**证明** 因为点  $D$  到  $A, B$  两点距离分别为  $\alpha$  和  $\beta$ ，所以点  $D$  一定是分别以  $A, B$  为圆心，以  $\alpha$  和  $\beta$  为半径的两个圆的交点。如果这两个圆只有一个交点，则点  $D$  的位置被惟一确定。若有两个交点(设为  $D_1$  与  $D_2$ )，假设  $d(D_1, C) = d(D_2, C)$ ，那么  $C$  点一定在线段  $D_1 D_2$  的垂直平分线上，所以  $A, B, C$  将在同一条直线上(如图 2(b)所示)，与前提条件矛盾，所以  $d(D_1, C) \neq d(D_2, C)$ 。那么，也就是说  $D_1, D_2$  中，只有一个点(不妨设为  $D_1$ )满足  $d(D_1, C) = \gamma$ ，该点即是要确定的  $D$  点。所以，引理成立。

**定理 1** 给定一个二维形状的 3 个距离串描述： $\lambda_1 = \{\alpha_i, i = 0, \dots, M-1\}$ ， $\lambda_2 = \{\beta_i, i = 0, \dots, M-1\}$  与  $\lambda_3 = \{\gamma_i, i = 0, \dots, M-1\}$ 。那么，可以惟一地构造一个多边形  $P = \{\overline{s_0 s_1}, \overline{s_1 s_2}, \dots, \overline{s_{M-1} s_M}\}$ ，使得存在一个点  $p_c$ ，对于一切  $i \in \{0, \dots, M-1\}$  满足  $d(s_i, p_c) = \alpha_i$ ， $d(s_i, s_{i+1}) = \beta_i$ ， $d(s_i, s_{i+2}) = \gamma_i$ ，这里  $s_{i+M} = s_i$ 。

**证明** 将 3 个距离值  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$  作为 3 条边的长度，可以惟一地确定一个三角形  $\Delta p_c s_0 s_1$  并放置在一个平面坐标系

中, 使得  $d(s_0, p_c) = \alpha_0$ ,  $d(s_1, p_c) = \alpha_1$ ,  $d(s_0, s_1) = \beta_0$ 。根据引理 1, 由 3 个距离值  $\alpha_2, \beta_1, \gamma_0$ , 可以惟一确定一个点  $s_2$  使得  $d(s_2, p_c) = \alpha_2$ ,  $d(s_2, s_1) = \beta_1$ ,  $d(s_2, s_0) = \gamma_0$ 。同理, 由确定的  $p_c, s_1, s_2$  3 个点以及 3 个距离值  $\alpha_3, \beta_2, \gamma_1$ , 可以惟一确定点  $s_3$  使得  $d(s_3, p_c) = \alpha_3$ ,  $d(s_3, s_2) = \beta_2$ ,  $d(s_3, s_1) = \gamma_1$ 。以此类推, 当  $s_i$  被确定后, 由确定的  $p_c, s_{i-1}, s_i$  3 个点以及 3 个距离值  $\alpha_{i+1}, \beta_i, \gamma_{i-1}$ , 可以惟一确定点  $s_{i+1}$  使得  $d(s_{i+1}, p_c) = \alpha_{i+1}$ ,  $d(s_{i+1}, s_i) = \beta_i$ ,  $d(s_{i+1}, s_{i-1}) = \gamma_{i-1}$ 。这样一个点的序列  $s_0, s_1, \dots, s_{M-1}$  被惟一确定, 即唯一构造了一个多边形  $P = \{\overline{s_0s_1}, \overline{s_1s_2}, \dots, \overline{s_{M-1}s_M}\}$  并满足  $d(s_i, p_c) = \alpha_i$ ,  $d(s_i, s_{i+1}) = \beta_i$ ,  $d(s_i, s_{i+2}) = \gamma_i$ , 这里  $s_{i+M} = s_i$ 。所以结论成立。

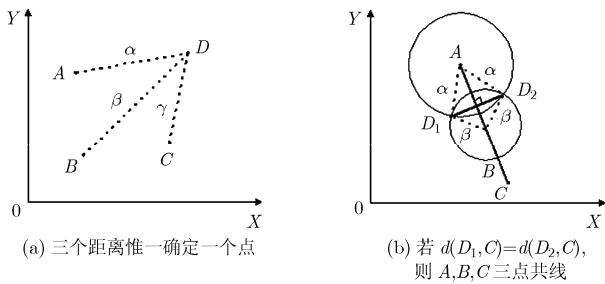


图 2

由定理 1, 3 个距离串描述可以惟一重构原来被描述的多边形, 所以, 这种描述满足惟一性。而文献[3]提出的基于中心距离函数的描述方法, 当形状的几何中心位于形状区域以外时, 造成一个中心角对应于多个中心距离值, 因而存在无法表示成一维函数的问题, 而取它们的最大值、最小值或平均值又造成形状信息的损失, 而不能重构形状, 不满足惟一性。

2.3 描述能力

由定义 3 可知, 中心距离串和中心距离函数一样利用了轮廓线上的点到形状的几何中心的距离(图 1 中的距离  $\alpha_i$ )来刻画形状, 而形状的几何中心是形状的全局特征点, 因而对形状的全局特征具有一定的描述能力。轮廓线上的一段弧的弯曲程度是形状的局部特征, 文献[7]用两个相邻的直线的夹角来描述这一特征。而本文提出的方法用弦长同样能刻画这一特征。因为对于两个相同弧长的弧段, 一般来说, 对应的弦长短的弧段的弯曲的程度更大。而轮廓线被等弧长的分割成若干个弧段, 所以可以用弦长, 即多边形的顶点到其两个后继顶点的距离(图 1 中的距离  $\beta_i, \gamma_i$ )来描述轮廓线的局部弧段的弯曲程度。因而对形状的局部特征也进行了描述。文献[3]提出的方法仅用中心距离描述形状的特征, 因而对形状的局部特征描述较弱。而文献[7]提出的方法则用相邻直线的夹角刻画形状的局部特征, 因而对形状的全局特征描述不够。本文提出的方法用 3 个距离串对形状的全局和局部的特征都作了很好的描述。

2.4 不变性

一个好的适宜于匹配的形状描述还应该满足平移、缩放

和旋转不变性, 因为这些几何变换并不改变目标的形状。因为本文将目标的轮廓线用基于等弧长分割的多边形来近似, 而平移和旋转目标并不会使等分割点即多边形的顶点在轮廓线上发生移动。所以近似多边形的每一个顶点到其两个后继顶点的距离不会发生改变。又平移和旋转并不改变轮廓线上的每一个点到形状几何中心的距离。所以定义 3 中 3 个距离串描述满足平移和旋转不变性。当目标发生缩放时, 近似多边形的每一个顶点到其两个后继顶点的距离以及到形状几何中心的距离都会发生相同倍数的缩放。在定义 3 中, 用轮廓线的直径来标准化距离, 所以 3 个距离串描述满足缩放不变性。

3 匹配方法

前面, 用基于等弧长分割的多边形来近似轮廓线, 用多边形的顶点到其两个后继顶点的距离以及到形状的几何中心的距离所构成的 3 个距离串来描述形状。那么, 两个目标 A 和 B 的形状差异可以用它们的 3 个距离串的距离来度量。设 A 的 3 个距离串描述为:  $\lambda_1^{(A)} = \{\alpha_i^{(A)}, i = 0, \dots, M-1\}$ ,  $\lambda_2^{(A)} = \{\beta_i^{(A)}, i = 0, \dots, M-1\}$ , 与  $\lambda_3^{(A)} = \{\gamma_i^{(A)}, i = 0, \dots, M-1\}$ 。B 的 3 个距离串描述为:  $\lambda_1^{(B)} = \{\alpha_i^{(B)}, i = 0, \dots, M-1\}$ ,  $\lambda_2^{(B)} = \{\beta_i^{(B)}, i = 0, \dots, M-1\}$ ,  $\lambda_3^{(B)} = \{\gamma_i^{(B)}, i = 0, \dots, M-1\}$ 。因为目标的轮廓线是闭合的, 所以得到的距离串是环形的, 计算两个环形串的距离, 首先要确定串的匹配的起始位置, 所以我们用偏移量  $t$  来代表匹配的起始位置,  $t$  的取值为  $0, 1, \dots, M-1$ , 对于  $t$  的每一个取值, 完成一次串的匹配即计算两个串的距离, 在  $M$  次串的匹配中, 取最小距离作为形状差异的度量。所以目标 A 和 B 的形状差异度定义为

$$\text{diff}(A, B) = \min_{t=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{M-1} ((\alpha_i^{(A)} - \alpha_{i+t}^{(B)})^2 + (\beta_i^{(A)} - \beta_{i+t}^{(B)})^2 + (\gamma_i^{(A)} - \gamma_{i+t}^{(B)})^2) \quad (3)$$

这里  $\alpha_{i+M} = \alpha_i$ ,  $\beta_{i+M} = \beta_i$ ,  $\gamma_{i+M} = \gamma_i$ 。

以上计算形状差异度的公式可以得出, 完成两个形状的匹配的时间复杂度为  $O(M)^2$ , 这里  $M$  是距离串的长度。

4 实验结果和讨论

本文用文献[8]提供的 99 个形状构成的测试集(图 3)来评估本文提出的方法的性能, 并与文献[3]采用的中心距离函数方法和文献[7]提出的方法进行对比。实验平台是一台 Pntium IV /1.8GHz, 运行 Windows XP 操作系统的计算机。图 3 给出了一个由 99 个形状的二值图像组成的测试集, 它们分属于 9 个不同的类别, 每类有 11 个形状, 图像的大小约为  $125 \times 125$  像素。这些形状中, 同类的形状不仅有局部的变形, 而且有的还发生了局部的遮挡, 有的不同类的形状还具有全局特征的相似性, 如鱼和工具都具有长扁的形状, 这些都给形状匹配带来很大的困难。测试集中的每一个形状被作为模板与测试集中的所有的形状进行匹配, 所以总共要进行 9801 次形状比较。理想情况下, 对于每一个形状作为模板在与所有的 99 个形状匹配后, 最好匹配的 11 个形状应该与模板都属于

同一类, 进入前 11 个最好匹配的形状如果和模板属同一类, 则表明是一个正确的匹配。我们用一个二维数组  $Result(i, j)_{9 \times 11}$  来统计正确匹配的次数, 这里  $i$  表示形状所属的类,  $j$  表示第  $j$  个最好的匹配。 $Result(i, j)$  初始设为 0, 对于每一个形状(设其属于第  $i$  类)将其作为模板, 跟所有的 99 个形状进行匹配, 然后按照差异度(由公式(3)计算)由小到大对 99 个形状进行排序, 排在第  $j(1 \leq j \leq 11)$  个位置的形状如果与模板属于同一个类, 则  $result(i, j) + 1 \rightarrow result(i, j)$ 。因为每一类有 11 个形状, 所以  $0 \leq result(i, j) \leq 11$ 。本文用公式  $p_j = \left( \sum_{i=1}^9 result(i, j) / 99 \right) \times 100\%, j = 1, \dots, 11$ , 统计第  $j$  个最好匹配的正确率(%)。

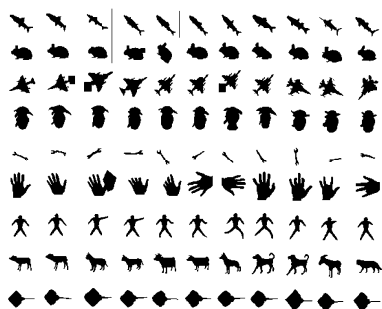


图3 用作测试实例的 99 个形状

需要指出的是与文献[7]提出的方法一样, 分割的段数是算法的唯一参数, 分割的段数越多, 获得的近似多边形对形状的近似效果越好, 但段数过多一方面会使计算量增大, 另一方面也会降低算法的抗干扰能力。所以我们依经验将分割的段数取为 50。表 1 给出了本文提出的方法和文献[3, 7]提出的方法进行形状匹配的实验结果的对比( $p_i$  的值)。结果表明用本文提出的方法进行形状匹配的正确率要远高于文献[3, 7]提出的方法。为了验证本文提出方法的不变性, 我们将图 3 中的每一个形状的图像放大到 400% 并且旋转  $90^\circ$  得到 99 个新的形状, 并将原来的 99 个形状中的每一个形状作为模板与这 99 个形状进行匹配, 按照上面的同样的方法统计匹配的结果(见表 1 的最后一行)。统计结果表明, 匹配的结果基本没有发生变化, 表明这种描述方法的不变性。

表 1 用本文提出的方法与文献[3,7]提出的方法进行形状匹配的实验结果的对比

方法	第 $n$ 个最好匹配的正确识别率										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
文献[3]	100.0	93.9	85.9	70.7	53.5	25.3					
		98.0	92.9	76.8	65.7	37.4					
文献[7]	100.0	67.7	58.6	38.4	37.4	19.2					
		83.8	70.7	58.6	34.3	25.3					
本文方法	100.0	97.0	90.0	82.8	78.8	46.5					
		97.0	92.9	87.9	77.8	63.6					
本文方法 (90%&400%)	100.0	97.0	88.0	84.9	71.7	40.4					
		97.0	90.0	85.9	83.8	65.7					

## 5 结束语

本文提出了一种新的基于目标轮廓线的形状描述和匹配方法。它通过等弧长的分割目标的轮廓线来获取形状的描述。这种描述方法满足惟一性、紧致性和不变性, 而且计算非常的简单, 对形状的全局特征和局部特征都能进行很好的描述。将本文提出的方法用公用的测试集进行测试并与其它两种具有某种相似性的形状描述方法进行了对比, 实验结果表明, 本文提出的方法用于形状匹配更精确、更可靠而且具有较高的效率。

## 参考文献

- [1] Gonzalez R C and Woods R E. Digital Image Processing [M]. America, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall. Second Edition, 2002: 648-649.
- [2] Morkhrarian F S. Silhouette-based occluded object recognition through curvature scale space [J]. *Mach. Vision Appl.*, 1997, 10(3): 87-97.
- [3] Bernier T and Landry J-A. A new method for representing and matching shapes of natural objects [J]. *Pattern Recognition*, 2003, 36(8): 1711-1723.
- [4] Kindratenko V V. On using functions to describe the shape [J]. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 2003, 18(3): 225-245.
- [5] Tsai W H and Yu S S. Attributed string matching with merging for shape recognition [J]. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1985, 7(4): 453-462.
- [6] Groskey W I and Mehrotra R. Index-based object recognition in pictorial data management [J]. *Comput. Vision Graphics Image Process*, 1990, 52(3): 416-436.
- [7] 赵宇, 陈雁秋. 曲线描述的一种方法: 夹角链码 [J]. *软件学报*, 2004, 15(2): 300-307.
- [8] Sebastian T B, Klein P N, and Kimia B B. Recognition of shapes by editing shock graphs[C]. Eighth IEEE International Conference on Computer Vision, Vancouver, Canada, 2001, 1: 755-762.

王 斌: 男, 1969 年生, 博士后, 研究方向为模式识别、图像处理。  
舒华忠: 男, 1965 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为模式识别、图像处理处信号处理  
施朝健: 男, 1957 年生, 博士生、教授, 研究方向为模式识别、计算机视觉。  
罗立民: 男, 1956 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为图像处理、计算机辅助医学诊断和治疗。