

一种新的残留指纹图像分割方法

范国娟 尹义龙

(山东大学计算机科学与技术学院, 济南 250100)

摘要 指纹图像分割主要是去除非脊线区域、不可恢复的脊线区域和残留脊线区域,提高特征提取的准确率和减少图像处理的时间。一般说来,残留脊线具有清晰的脊线结构,单单采用基于指纹图像的特征参数很难将其有效分割。本文提出了两级分割的方法,首先通过面积参数去除分离的残留脊线区域;然后在二级分割中利用形状参数将粘连的残留脊线区域分割掉。实验结果表明,基于本文方法的细节点检测的准确率更高。

关键词 指纹 图像分割 残留脊线 线段编码 链码

中图分类号: TP391.41 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2007)10-1893-04

A New Segmentation Method of Fingerprint Images Including Remaining Ridges

FAN Guo-juan, YIN Yi-long

(School of Computer Science and Technology, Shandong University, Jinan 250100)

Abstract The fingerprint segmentation is aimed to exclude non-ridge regions and unrecoverable ridge regions and remaining ridges as background. This could improve the fingerprint recognition accuracy and image processing speed. In general, remaining ridges are of clear structure. Which makes it difficult to identify remaining ridges from the interested regions merely by characteristic parameters of fingerprint image. The paper proposes two steps for fingerprint segmentation aiming at removing remaining ridges from background. If the remaining and the real ridge regions are separate to each other, the area parameter is used to remove remaining ridges in the first step. In the case of conglutination, the shape features of the fingerprint image are aiming to find the optimal segmentation point in the second step. The experimental results show that the proposed method leads to adequate accuracy of minutiae detection.

Keywords fingerprint, image segmentation, remaining ridges, line label, chain code

1 引言

近年来,以指纹为代表的生物特征识别已成为一个研究热点。准确、可靠地将指纹图像从背景区域中分割出来,使得后继的过程只针对有效指纹区域进行处理,则对于提高特征提取的准确率、减少图像处理的时间都具有重要的意义。

现有的指纹图像分割方法主要分为基于块水平和基于像素水平两大类^[1,2],它们都是利用指纹图

像固有的特征参数来进行分割的,如灰阶统计特征、纹线方向、投影信号等。这些方法可以有效地去除非脊线区域和不可恢复的脊线区域。但对于残留指纹图像(即含前一次指纹采样留下的残留脊线的指纹图像)而言,其中的残留脊线区域会产生大量的伪细节点,且往往具有清晰的脊线结构,单单采用基于指纹图像的特征参数很难将其有效分割。

文献[3]中利用了真正脊线和残留脊线的两个区别,一是残留脊线块的像素灰度值通常比真正的脊线块大;二是残留脊线块的脊谷间的灰度

基金项目:山东省科技攻关项目(2005GG3201089);山东省优秀中青年科学家科研奖励基金计划项目(2006BS01008)

收稿日期:2007-07-05;改回日期:2007-07-25

第一作者简介:范国娟(1974~),女,讲师。现为山东大学计算机应用专业在读硕士研究生。主要研究兴趣为生物特征识别、数字图像处理。E-mail:fgjmqs@163.com

差别比真正脊线块小。但这两点区别并不是残留脊线固有的特征,很多情况下在同一幅指纹图像中两者的灰度值和脊谷间的灰度差别并不大,如图 1 所示,用文献[3]中的线性分类器的分割效果并不理想。



图 1 含残留脊线的指纹图像

Fig. 1 A fingerprint image including remaining ridges

残留脊线与真正脊线区域的位置关系可以分为以下两类:

(1) 很多情况下,残留脊线与真正脊线区域是分离的,残留指纹往往容易形成一个或多个孤立区域,而这些孤立区域面积一般比指纹区域小得多。

(2) 正常情况下采集的指纹图像的边界呈凸性,当残留脊线与真正脊线区域粘连时,残留指纹图像边界的形状相对异常,理想的分割点应出现在凹角点处。

基于以上分析,提出了两级分割的方法,首先使用基于像素水平的指纹分割方法^[4]进行一级分割,通过求取各连通脊线区域的面积来分割分离的残留脊线区域;然后在二级分割中利用形状参数将粘连的残留脊线区域分割掉。

2 基于像素水平的一级分割

首先使用方向一致性(C)、局部灰度方差(V)和局部灰度均值(M)3个指标描述各像素点的特征。根据指纹前景和背景点的空间分布,建立二次曲面的分割模型,将指纹图像的像素点分为前景和背景。然后对前景像素计算各连通区域的面积。

2.1 基于二次曲面模型的分割

分别定义各像素点的C、M、V特征参数^[5],建立二次曲面的分割模型,采用BP神经网络训练得到有关系数,假定用 ω_0 表示像素点属于前景, ω_1 表示像素点属于背景, ω 表示一个像素点所属的类别,d

表示神经网络的输出,则图像分割的决策函数为

$$\omega = \begin{cases} \omega_0, & d > 0 \\ \omega_1, & d \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

2.2 对前景像素计算各连通区域的面积

采用线段编码标记法^[6],通过扫描基于二次分割后的图像得到各连通区域的线段表,求得各连通区域的面积,保留面积最大的指纹区域,将多个分离的残留脊线区域分割掉。

线段编码标记法的步骤如下:

(1) 对前景像素逐行扫描得到初始线段表 $tab[k]$ 。

(2) 当前线段依次与上面的线段进行八向连通检测,并赋予相同的标记。

(3) 整个线段表按标记的大小重新进行排序。

这样图像中的各个连通区域对应线段表中连接在一起的一段,每个区域的面积可由下式得到

$$area = \sum_{i=1}^n tab[k].x_2 - tab[k].x_1 + 1 \quad (2)$$

其中,n为该连通区域的线段数, x_1 、 x_2 分别为第k条线段两端点的x坐标。

2.3 分割结果

读入图 1 的指纹图像,经一级分割后的图像如图 2 所示。

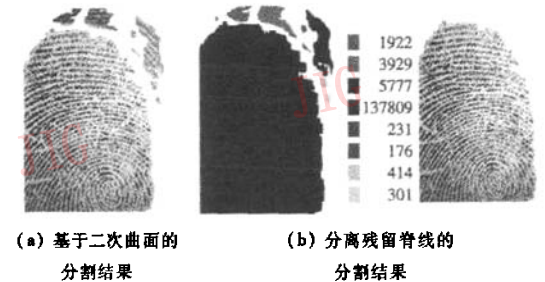


图 2 一级分割的结果

Fig. 2 Result by the first segmentation

3 基于边界链码的二级分割

经过一级分割后,分离的残留脊线区域被去除,当存在残留脊线与真正脊线区域粘连时,相对正常情况下采集的指纹图像而言,其图像边界的形状相对异常,理想的分割点应出现在边界的凹角点处。首先通过边界跟踪得到轮廓曲线,然后进一步分析其形状特征,完成粘连残留脊线区域的分割。

3.1 边界形状参数

(1) 边界斜率、曲率曲线

根据边界点的连通性,逐点跟踪得到区域边界点的坐标和链码。由于边界的一个局部可以近似看作直线,所以边界上三点链码和 $Sum(i)$ 可以近似地表示该处的斜率,而链码差 $Diff(i)$ 是指离开与进入此点的三点链码和之差,是一个与曲率成正比的量,可用于找出边界上的角点,如图 3 中所示^[7]。图中 $A(i)$ 为绝对链码,是指从起始点开始相对链码 $R(i)$ 的累加值,相对链码 $R(i)$ 是指当前点的链码 $C(i)$ 和前一点的链码 $C(i-1)$ 的相互关系,如式(3)所示:

$$R(i) = (C(i) - C(i-1) + 8) \text{ MOD } 8 \quad (3)$$

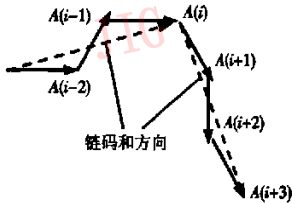


图 3 链码和与链码差

Fig. 3 Chain code sum and chain code difference

(2) 弧弦比

边界上两点之间弧的长度与它们的距离之比称为弧弦比。粘连部分分离的最佳位置除了它们的曲率较大外,弧弦比也应为局部极大值,引入弧弦比还可以使边界上曲率较大而弧弦比较小的凹陷部分不被分割掉。

3.2 分割实现

如图 4(a) 所示的残留指纹图像,经一级分割后得到含粘连残留脊线区域的图像,顺时针边界跟踪后得到轮廓、斜率、曲率曲线,如图 4(b)~(d) 所示。

图 4(d) 曲率曲线中凹角点的差值为正,凸角点的差值为负,理想的分割位置应取在曲率较大的凹角点处,本文分割位置的凹角点阈值为 4(经验值),且弧弦比为局部极大值,两分割点间的弧线段跟前前后后曲线的连接是满足二阶几何连续的,其曲率等效半径可由前后的光滑曲线段求得,实验中前后各取 20 个边界点分别计算等效半径,如果二者相差小于 2,则用前段弧线的半径绘出两分割点间的弧线,否则取前后两弧线半径的平均作为两分割点的半径。分割结果如图 4(f) 所示。

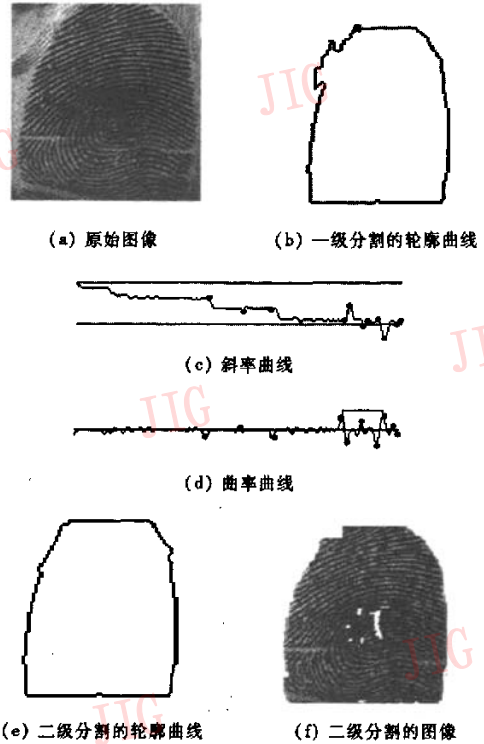


图 4 轮廓曲线及分割图像

Fig. 4 Contour curve and the segmentation image

4 实验结果

为进一步验证本文提出的方法,从公开数据集 FVC2000 和 FVC2004 中选取了 30 幅带有残留痕迹的指纹图像进行了分割,从时间上看,残留脊线区域分割的平均耗时为 45ms,文献[3]中没有给出残留脊线区域分割的平均耗时,无法比较。图 5 列出了几幅典型的残留指纹图像,并同文献[3]的方法进行了对比实验,本文方法是基于像素水平的分割,为便于直观上与原图对比,基于本文方法的分割为没有增强的图像。

指纹图像分割主要是去除背景,提高细节点检测的准确率和降低耗时。细节点检测的准确率可用 EI 来表征, $EI = (a + b) / t$, 其中, a 为图像中丢失的细节点数, b 为产生的伪节点数, t 为总的细节点数,通常由手工标定。 EI 值越小,细节点检测的准确率越高。图 5 中两种分割方法的 EI 值如表 1 所示,其中 g 表示分割后检测到的真正细节点个数,从表中可以看出,本文方法的 EI 值明显比文献[3]的低。

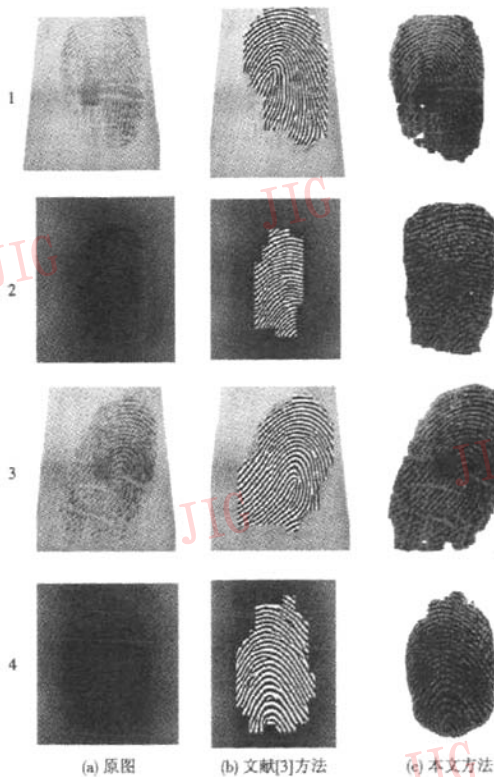


图 5 本文方法和文献[3]方法的分割结果

Fig. 5 Segmentation results by the proposed method and the method in [3]

表 1 EI 比较
Tab.1 EI comparison

图像	手工标记 (t)	文献[3]方法				本文方法			
		g	a	b	EI	g	a	b	EI
1	29	26	3	2	0.17	28	1	1	0.07
2	17	9	8	4	0.71	12	5	2	0.41
3	12	11	1	1	0.17	11	1	0	0.01
4	17	10	7	7	0.82	13	1	1	0.12
平均	19	14	5	4	0.47	16	2	1	0.15

5 结 论

根据残留脊线与真正脊线区域的位置关系,提出了两级分割的方法,首先使用基于像素水平的指纹分割方法,去除非脊线和不可恢复的脊线区域及分离的残留脊线区域;然后在基于边界链码的二级分割中将粘连的残留脊线区域分割掉。对比实验结果表明,基于本文方法的指纹图像分割可有效地去除残留脊线区域,细节点检测的准确率更高。

参考文献 (References)

- Mehetre B M, Chatterjee B. Segmentation of fingerprint images-a composite method[J]. Pattern Recognition, 1989, 22(4): 381 - 385.
- Bazen A M, Gerez S H. Directional field computation for fingerprints based on the principal component analysis of local gradients[A]. In: Proceedings of ProRISC2000, 11th Annual Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing [C], Veldhoven, the Netherlands, 2000: 215 ~ 222.
- Zhu En, Zhang Jian-ming, Yin Jian-ping, et al. Removing the remaining ridges in fingerprint segmentation[J]. Journal of Zhejiang University(Science A), 2006, 7(6): 976 ~ 983.
- Yin Yi-long, Wang Yan-rong, Yang Xiu-kun. Fingerprint image segmentation based on quadric surface model[A]. In: Proceedings of Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication: 5th International Conference (AVBPA '2005) [C], Hilton Rye Town, NY, USA, 2005: 647 ~ 655.
- Bazen A M, Gerez S H. Segmentation of fingerprint images[A]. In: Proceedings of ProRISC2001, 12th Annual Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing [C], Veldhoven, the Netherlands, 2001: 276 ~ 280.
- Lu Zong-qi, Jin Deng-nan. Visual C++ .NET Image Processing Programming[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 359 ~ 367. [陆宗骥, 金登南. Visual C++ .NET 图象处理编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 359 ~ 367.]
- Lu Zong-qi, Tong Tao. The application of chain code sum in the edge form analysis[J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 12(7): 1323 ~ 1328. [陆宗骥, 童韬. 链码和在边界形状分析中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2002, 12(7): 1323 ~ 1328.]