

文章编号: 1001-5078 (2006) 04-0302-03

指纹识别预处理方法

邹勇军, 向健勇, 李 莎

(西安电子科技大学, 技术物理学院, 陕西 西安 710071)

摘 要: 文章结合指纹的方向特性, 提出了一套可行的指纹识别预处理算法, 并对前景/背景提取部分的算法进行了改进。通过算法仿真验证, 其处理结果比较理想。

关键词: 指纹识别; 预处理; 方向特性

中图分类号: TN391.4 **文献标识码:** A

Preprocessing Method for Fingerprint Recognition

ZOU Yong-jun, X IANG Jian-yong, L I Sha

(School of Technical Physics, Xidian Univ, Xi 'an 710071, China)

Abstract: A set of preprocessing method for fingerprint recognition, integrated with the direction of fingerprint and improving on foreground/background segmentation is presented. The experiment shows that is a perfect method.

Key words: fingerprint recognition; preprocessing; directional character

1 引 言

指纹识别是一种利用人体固有的生物特征进行个人身份识别的技术。指纹自动识别是将采集的指纹图像和预先存储的指纹图像模板进行特征匹配来实现的, 其工作过程一般包括对指纹图像的预处理、特征提取、特征比对等步骤。

在指纹采集的过程中, 由于手指用力不均匀所产生的形变, 手的干燥油性程度不同, 是否旋转等原因, 都会影响到指纹图像质量, 单一采用基于灰度的预处理算法往往会产生较多的伪特征。同时, 由于指纹的纹线具有一定的方向性, 结合其方向特性的方法可以在一定程度上提高预处理结果的准确性, 为特征提取和识别奠定较好的基础。整个预处理过程如图 1 示。

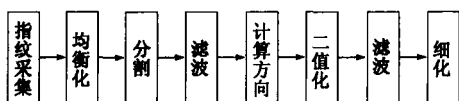


图 1 预处理过程

Fig 1 process for preprocessing method

2 指纹图像前景/背景提取

在指纹图像中, 我们感兴趣的区域是由指纹的脊线及谷线组成的清晰指纹区域, 称之为前景; 而非指纹区域或噪声严重的区域, 称之为背景。指纹图像分割就是要将指纹前景区域和背景区域分离开来, 以避免在噪声和背景区域中提取特征, 从而提高特征提取的准确性, 同时节省处理时间, 提高整个系统性能。

2.1 图像均衡化

均衡化的目的, 在于消除指纹采集过程中由于传感器自身的噪声以及因为手指压力不同而造成的灰度差异, 将指纹图像的对比度和灰度调整到一个固定的级别上, 为后续处理提供一个较为统一的图像规格。一般按下式进行规格化:

作者简介: 邹勇军 (1975 -), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为图像处理, 目标检测与识别技术, 图像传输和显示。

收稿日期: 2005-08-20; **修订日期:** 2005-10-08

$$G(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{\delta_0(I(i, j) - M)^2}{\delta}} & I(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{\delta_0(I(i, j) - M)^2}{\delta}} & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $I(i, j)$ 是点 (i, j) 的灰度值, M, δ 是原图像的灰度均值和方差, M_0, δ_0 是期望的灰度均值和方差。

2.2 平滑滤波

由于在指纹采集过程中会带有一定的噪声,因此需要对图像进行平滑处理。传统的低通滤波虽然降低了噪声,但也使图像的边缘和纹线变得模糊。为了解决这一矛盾, Tomita 和 Tsuji 提出了一种保持边界的算法^[1], 该算法采用了 5 个矩形邻域模板, 每次选择都为平滑的模板对中心像素点进行处理。由于模板单一, 当图像纹理复杂时, 处理效果并不理想。Czewinski 等提出了一种采用线形模板的多方向中值滤波器^[2], 由于模板细长, 边界保留较好, 但对过滤噪声却不理想。

在本试验中采用 Nagao 提出的一种新的保持边界平滑算法^[3], 他的算法采用了 4 个五边形模板、4 个六边形模板和 1 个四方形模板, 对前景点分别计算 9 个区域的均值和方差, 选方差最小的区域均值作为中心点的灰度, 如图 2 所示。

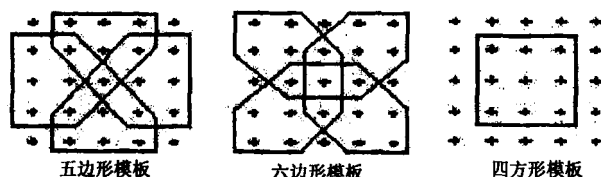


图 2 Nagao 滤波模板

Fig 2 Nagao patem for filter

该算法融入了方向概念, 不但有效消除了噪声, 还保护了边界。

2.3 指纹图像分割

把图像分成 $N \times N$ 的非重叠小块, 分别计算每一块的均值 M 和方差 δ , 通过下面的条件划分前景 / 背景:

(1) 如果 $M > M_1$ 且 $\delta < \delta_1$, 则认为是背景块, 否则转到 (2);

(2) 如果 $M \leq M_1$ 且 $\delta \geq \delta_1$, 则认为是前景块, 否则待定;

(3) 对所有小块划分完毕后, 再对待定的小块进行判决。如果在待定块的 8 个邻域块中, 前景块数 ≥ 6 , 且其 8 个邻域块的前景 / 背景变化次数 ≤ 1 ,

则认为该块是前景, 否则是背景; 对于边缘块, 如果该块的 5 个邻域块中前景的块数 ≥ 3 , 且其 5 个邻域块的前景 / 背景变化次数 ≤ 2 , 则认为该块是前景, 否则是背景; 对于位于 4 个角上的待定块, 如果该块的 3 个邻域块中前景的块数 ≥ 2 , 且其 3 个邻域块的前景 / 背景变化次数 ≤ 1 , 则认为该块是前景, 否则是背景。在判决过程中, 如果邻域块为待定块, 则暂时把待定邻域块按前景对待。

其中, M_1 和 δ_1 为给定的阈值, N 的取值以 16 或 8 为宜。基于上述方法可以有效的避免了局部分割所产生的孤立小块。分割后把背景点的灰度直接设为 255。

3 指纹图像二值化

二值化的目的是把灰度指纹图像变成 0 - 1 取值的二值图像, 目前最常用的方法是阈值法。由于不同图像的灰度变化差异较大, 即使是同一幅图像, 其各部分的明暗也有很大的差别, 因此固定阈值方法显然是不可取的。另一种方法是局部阈值法, 它能根据前景各小块的明暗来调整阈值的大小, 效果较好。

由于指纹的纹线有一定的方向性, 就局部而言, 脊线和谷线有一定的平行关系, 脊线内的点灰度变化较小, 而脊线与谷线之间的灰度变化较大, 因此可以结合其方向性及灰度阈值进行二值化处理。

3.1 计算点方向图及块方向

背景点方向设定为 0, 用 9×9 模板, 基准点位于模板中心, 水平方向记为方向 1, 按逆时针绕基准点旋转, 每隔 $\pi/8$ 角度确定一个方向, 分别记为方向 2, 3...8 (如图 3), 按照公式 (1) 计算前景点的各个方向的 D_i ($i=1, 2...8$)。由于沿纹线的切线方向灰度变化最小, 故比较 D_i 以 $D_p = \min(D_i)$ 所在的方向为该点的方向。

74		64		54		44		34
84		73	63	53	43	33		24
		83				23		
11		12		P		13		14
		22				82		
21		32	42	52	62	72		81
31		41		51		61		71

图 3 9×9 点方向图模板

Fig 3 9×9 pattem for point direction

$$D_i = \sum |I_i - I(i, j)|; i=1, 2...8, j=1, 2...4 \quad (1)$$

其中, I 为方向 i 上的灰度均值; $I(i, j)$ 为方向 i 上的

第 j 个点的灰度。

对每个前景块的点方向 D_p 进行统计,以 $\max(\sum D_p)$ 对应的方向 i 作为该块的方向,同时把该块内所有点的方向设定为与块方向一致。

3.2 二值化

采用图 4 示的 7×9 模板,待处理的前景位于模板中心,模板的方向和待处理点的方向一致。图为水平方向模板,其他方向模板可以从水平方向模板旋转得到。

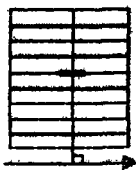


图 4 7×9 二值化处理水平模板

Fig 4 7×9 horizontal pattern for binarization

$$S_i = \sum I(i, j); i = 1, 2 \dots 9; j = 1, 2 \dots 7 \quad (2)$$

$$U = \sum S_i; i = 1, 2 \dots 9 \quad (3)$$

$$C = 9 \times S_5 \quad (4)$$

其中, S_i 为第 i 行的灰度和; U 为各行的灰度和; 如果 $C \leq U$, 则设定该点灰度为 0, 否则为 255。

3.3 二值化滤波

由于灰度滤波的不完全性,而且在二值化过程中有时会引入新的噪声,需要对图像进行滤波处理。本文采用加权中值滤波的方法,根据前景点的不同方向选用不同的权值模板进行滤波,以便于消除纹线上的孔洞和缺口。

4 细化处理

二值化后的纹线仍然有一定宽度,需要细化为单个像素宽度的骨架。本文采用文献 [6] 中的骨架提取技术,算法描述如下:目标点标记为 1,背景点标记为 0。定义边界点本身标记为 1,而其 8 个邻域中至少有 1 个标记为 0 的点。

(1) 记中心点为 P_1 , 其邻域的 8 个点顺时针绕 P_1 分别记为 $P_2, P_3 \dots P_9$, P_2 在 P_1 上方。如果同时满足以下的 4 个条件,则删除 P_1 。

$$(a) 2 \leq N(P_1) \leq 6$$

$$(b) S(P_1) = 1$$

$$(c) P_2 \cdot P_4 \cdot P_6 = 0$$

$$(d) P_4 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0$$

其中, $N(P_1)$ 为 P_1 的非零邻点数, $S(P_1)$ 为以

$P_2, P_3 \dots P_9$ 为序的点从 0 到 1 的变化次数。遍历所有边界点,将满足条件的点删除。

(2) 同 (1), 仅将条件 (c) 改为 $P_2 \cdot P_4 \cdot P_8 = 0$, 将条件 (d) 改为 $P_2 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0$, 同样遍历所有边界点,将满足条件的点删除。

由上述两步构成一次迭代,直到再没有点满足删除条件为止,此时剩下的点组成纹线的骨架。

5 实验结果与结束语

本文实验图像通过 Digital Persona 的 U.are U2000 指纹采集器采集,用 C++ Builder 实现仿真程序,实验结果如图 5 所示。本文结合指纹纹理方向特性和图像处理技术,就图像分割、灰度滤波、二值化及细化等环节提出了一套指纹预处理方法。实验结果表明,这是一套实用性较强的方法,有利于提高指纹识别的准确性和效率。

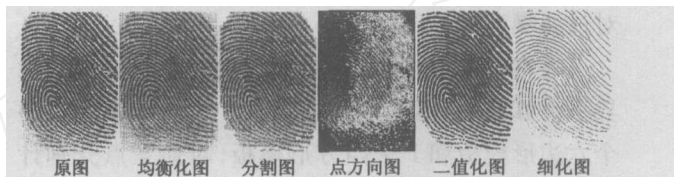


图 5 实验结果图

Fig 5 resulting images in experiment for preprocessing method

参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像分割 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [2] Amit c, Lawrence HS, James SD. Deformable boundary finding in medical images by integrating gradient and region information [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1996, 15 (6), 859 - 870.
- [3] Otsu N. Discriminant and least square threshold selection [A]. Proc. 4th ICPR [C], 1978, 592 - 596.
- [4] B M Mehtre, et al. Segmentation of fingerprint images using the directional image [J]. Pattern Recognition, 1987, 492 - 435.
- [5] B M Mehtre, et al. Segmentation of fingerprint images - a composite method [J]. Pattern Recognition, 1989, 381 - 385.
- [6] 章毓晋. 图像处理和分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999, 224 - 226.
- [7] 苏彦华, 等. Visual C++ 数字图像识别技术典型案例 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.