

一种新型指纹图像分割算法

黄 斌

(浙江工业大学 信息工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对传统分割算法在含污迹较多的指纹识别应用中分割效果较差的问题,首先介绍了指纹图像分割的基本概念;然后对分割算法在输入指纹图像携带一定污迹、杂质等噪声环境下的鲁棒性进行了重点研究;最后,提出了一种新的基于最大类间方差法和传统方差法的分块处理的分割算法,并通过自适应滤波进一步平滑指纹图像的脊线及边界轮廓。实验结果表明,该方法较传统的分割算法能更好地完成实际应用中含污迹杂质较多的指纹的分割处理。

关键词:指纹识别;图像分割;图像预处理

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)07-0078-03

A new segmenting algorithm for fingerprint images

HUANG Bin

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at the problem that the traditional segmenting algorithms can not be effectively used in the fingerprint identification while the finger contain many impurities, firstly, the basic concepts of segmenting algorithms were introduced. The robustness of the segmenting algorithms to the noises attached to the input fingerprint images, such as dirt, impurities and low contrast was analyzed. A new method to segment the fingerprint images was proposed based on the maximum between-class variance and sub-block processing of the traditional variance segmenting. And the adaptive filtering was used to smooth the ridge and boundary contours of fingerprint images in this method. The test results indicate that, compared with the traditional segmenting algorithms, the proposed method can segment better the fingerprint images that contain many impurities and stains in practice.

Key words: fingerprint identification; image segmentation; image pre-processing

0 引 言

由于指纹所具有的惟一性以及将其应用实现相对简单并且不可复制的特点,越来越成为当今身份识别应用的主流生物识别技术。在实际应用中,由于采集器本身的不理想、用户对采集器的使用方法不够正确或者手指表面的皮肤带有污垢杂质等都会使采集到的指纹图像存在较大误差,因此,为了更好地提取后续指纹识别处理所需的指纹特征点,就需要在提取指纹特征前对采集的图像进行预处理,图像分割就是图像预处理中最重要的环节^[1-2]。

一般指纹采集器采集的都是指纹的灰度图像,因此可以把常用的指纹图像分割为两类:第1类是将输入指纹的有用的纹线区域(图像处理通常称为图像前景)提取出来,而将无用的非指纹背景除去,这样就可

保证后续特征提取只在前景部分操作,避免了无用背景噪声的引入,传统的方差法分割^[3]就是其中具有代表性的典型算法;第2类为指纹图像分割,就是只将前景中的指纹的脊线提取出来的分割,其中最具有代表性的便是二值化。考虑到实际指纹识别都是应用在嵌入式环境下,对算法的快速高效有很高的要求,因此,需要预处理时最终输出二值化分割后的指纹图像以尽可能减少后续特征提取与比对时处理的数据量及其动态范围。将原本多级灰度图像分割为二值图像,核心算法就是确定分割的阈值,目前主要有全局灰度阈值、局部动态灰度阈值^[4]和经典的最大类间方差法^[5]提取的阈值。

一般来说,第2类指纹分割的好坏将直接决定分割后输出的二值图像的质量。在图像质量较好的情况下多数第2类指纹分割都能非常有效地提取出指纹的脊线,但在“采集的指纹存在明显的纹线污迹杂质”的

情况下不仅不能准确提取有用的指纹脊线部分,反而会进一步增大噪声干扰。

本研究提出一种新的分割方法,即在方差法除去指纹图像边缘背景的前提下,通过对局部子块求取最大类间方差来提取出指纹脊线,实现图像的二值化,并利用该方法对实际指纹进行了分割实验;实验结果表明,相对传统的方差法与局部动态灰度分割,本研究提出的综合分割方法针对输入指纹图像携带一定污迹、杂质等噪声时的识别更为准确,而且在运算速度上并未过多增加,适合实际嵌入式指纹识别应用的实时处理。

1 一种新型的分割算法

假设一副指纹图像的行和列数分别为: $L_r = M \times k$, $L_c = N \times k$, 则该图像可分为 $M \times N$ 个 $k \times k$ 的图像子块。设 $g_{(m,n)}(i,j)$ 为第 (m,n) 子块的第 i 行 j 列的像素的灰度值。

本研究将传统方差法与最大类间方差法相结合,以实现对存在明显污迹的输入指纹图像的指纹脊线提取的分割预处理。即首先将采集的指纹图像分成 $k \times k$ 子块,通过方差法提取出指纹的有效前景区域,然后对前景区域内的所有子块都使用最大类间方差提取出块内指纹的脊线,最后将分割后的纹线及图像边缘进行滤波平滑。

1.1 方差法分割

方差法属于第一类指纹分割,其基本思想是根据“指纹前景区脊线和谷线由于灰度变化剧烈,其方差远大于灰度变化很小的背景区的方差”的思想,并分别计算每块的局部方差,并将每个子块逐一二分为前景和背景两部分。

其算法步骤如下:

- (1) 将整个指纹分成 $k \times k$ 的子块。
- (2) 计算每一子块的平均灰度值:

$$aveg(m,n) = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k g_{(m,n)}(i,j)}{k \times k}, m = 1, \dots, M; n = 1, \dots, N \quad (1)$$

- (3) 计算每一子块的灰度方差:

$$var(m,n) = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k [g_{(m,n)}(i,j) - aveg(m,n)]^2}{k \times k}, m = 1, \dots, M; n = 1, \dots, N \quad (2)$$

- (4) 当子块 $var(m,n)$ 大于 V_T 判别为指纹前景,否则就是背景,其中, V_T 是整幅图像的灰度方差。

1.2 最大类间方差法分割

最大类间属于第二类分割,其基本思想就是:选取一个能使指纹图像前景和背景分离度最大的值为分割阈值 t 。设 n_i 为灰度值为 i 的像素的个数, N_{all} 为指纹图像的像素总个数, L 为图像的灰度级数。

其算法步骤如下:

- (1) 求各灰度值出现的概率为:

$$p_i = \frac{n_i}{N_{all}}, N_{all} = L_r \times L_c \quad (3)$$

- (2) 求前景和背景的区域概率分别为(即阈值 t 将图像分为 $1 \sim t$ 的指纹前景区域 I 和 $(t+1) \sim L$ 的指纹背景区域 II):

$$w_1 = \sum_{i=1}^t p_i, w_2 = \sum_{i=t+1}^L p_i \quad (4)$$

- (3) 求区域 I 和区域 II 的平均灰度:

$$u_1 = \frac{\sum_{i=1}^t (i \times p_i)}{w_1} \triangleq \frac{u_t}{w_t}, u_2 = \frac{\sum_{i=t+1}^L (i \times p_i)}{w_2} \triangleq \frac{u - u_t}{w_t} \quad (5)$$

$$\text{其中, } u \text{—整幅图像的平均灰度, } u = \sum_{i=1}^L (i \times p_i) = w_1 u_1 + w_2 u_2. \quad (6)$$

- (4) 求取区域 I 和 II 的类间方差:

$$\sigma^2 = w_1 (u_1 - u)^2 + w_2 (u_2 - u)^2 = \frac{[u w_t - u_t]}{w_t [1 - w_t]} \quad (7)$$

令此方差最大的 t 就是分割前景和背景的阈值,并分别对每个子块计算 t ,当子块内像素小于 t 时,判别该点像素是脊线上的点,否则就当作指纹的背景。

1.3 维纳自适应滤波

维纳滤波是一种基于最小均方误差及最大输出信噪比准则,根据图像的局部方差来调节滤波器的输出的最佳滤波,通过滤波可以更好地提取出图像纹线和边缘的高频细节信息使纹线及边缘更加清晰。设 $S(i,j)$ 为输入图像 A 的第 (i,j) 像素的邻域,即 $S(i,j) = \{(m,n): |i-m| \leq k_1, |j-n| \leq k_2\}$, 其中, k_1 和 k_2 为给定的常数,在本研究的实验中,分别都取 1; v^2 是输入图像中噪声的方差。

其算法步骤如下:

- (1) 求图像第 (i,j) 像素的邻域模板内的平均灰度:

$$\mu_{i,j} = \frac{1}{N(i,j)} \sum_{(m,n) \in S(i,j)} a(m,n) \quad (8)$$

式中 $N(i,j)$ — $S(i,j)$ 中的像素的个数。

- (2) 求像素 $a(i,j)$ 的邻域模板内的灰度方差:

$$\sigma_{i,j} = \frac{1}{N(i,j)} \sum_{(m,n) \in S(i,j)} a^2(m,n) - \mu_{i,j}^2 \quad (9)$$

(3) 求滤波修正后图像 B , 其第 (i,j) 个像素的估计值:

$$b(i,j) = \mu_{i,j} + \frac{\sigma_{i,j}^2 - \nu^2}{\sigma_{i,j}^2} [a(i,j) - \mu_{i,j}] \quad (10)$$

(4) 使用式(10)计算得出的像素灰度的估计值来代替原输入图像内每一像素的真实灰度值。依次对整幅图像进行滤波处理。

综上所述,本研究提出的分割算法涉及到传统方差法与最大类间方差分割以及维纳自适应滤波,其具体步骤如下:

- (1) 首先根据式(2)求出整幅指纹图像的灰度方差,记作 V_T ;
- (2) 将输入的指纹图像分成 $k \times k$ 子块,分别计算每一子块的灰度方差,若该方差大于 V_T 则判断该子块为指纹背景区域,标记为 II,后续不再处理;否则即前景区域 I;
- (3) 对标记为 I 的区域的子块采用最大类间方差法求出对应该子块的块内最佳分割阈值 t ,并逐个遍历整个子块内的像素,若像素灰度小于 t 则判断该像素在脊线上;否则就是不在脊线上的像素,即谷线像素;
- (4) 由于步骤(3)提取的指纹前景边缘过于粗糙,考虑对分割后的指纹二值图像进行维纳自适应滤波,使整个指纹的前景区的脊线和边缘轮廓更加清晰,利于实际应用中后续的指纹脊线和边缘的特征提取处理。

2 实验结果与分析

本实验在 AMD 的 Core Processor 4000 + 2.11G 的 CPU,1 G 内存的计算机上进行,使用 Matlab7.0 编程实现了笔者的分割算法,大约需要 2.2 s,而先前提到的 3 种算法都在 1 s ~ 1.5 s 之间。对原始指纹(如图 1 所示)进行分割效果如图 2 所示。



图 1 输入的指纹图像 图 2 本研究提出的算法分割后的效果

另外,通过采集 200 例指纹使用上述分割算法作为指纹识别应用中的预处理分割,后续都统一使用小

波提取特征^[6-7],然后利用平滑因子为 200 的概率神经网络^[8]进行模式识别,其拒真率、误识率、准确率分别如表 1 所示。

表 1 3 种分割方法的识别正确率比较

分割预处理算法	拒真率	误识率	准确率
传统 OSTU 分割	0.875	0.11	0.327
局部灰度分割	0.583	0.125	0.592
本研究分割	0.18	0.212	0.901

由以上实验结果可以看出,在输入指纹存在严重污迹情况下,笔者提出的综合分割算法相对其余传统的分割算法在拒真率和总体的准确率上都有很大的提高。

3 结束语

本研究通过对最大类间法和方差法指纹图像分割在输入指纹存在明显污迹的情况进行分析,得出了一种基于上述两种分割算法的新型分割算法。研究结果表明,本研究得出的分割算法相对前文描述的几类传统分割算法能更有效地分割出采集图像含有较多污迹区域的脊线,极大地减小了后续特征提取的误差,在实际应用中手指污迹普遍存在的前提下,本算法是很有实际意义的;另外,虽然使用该分割算法会使指纹图像预处理的计算量有一定程度增加,但可以看到由于分割后的图像的整体灰度更加均衡,也相应减少了后续更为核心的特征点提取与比对算法的复杂度,因此整个指纹识别算法的复杂度并未增加,符合当前嵌入式实际应用中的实时性要求。

参考文献(References):

[1] PAL N R, PAL S K. A review on image segmentation technique[J]. **Pattern Recognition**,1993,26(9):1277 - 1294.
[2] 赵 磊,杨路明,吴建辉. 指纹图像预处理[J]. 计算机应用,2007,27(4):929 - 931.
[3] RATHA N, CHEN S, JAIN A. Adaptive flow orientation based feature extraction in fingerprint images[J]. **Pattern Recognition**,1995,28(1):1657 - 1672.
[4] MOAYER B, FU K. A syntactic approach to fingerprint pattern recognition[J]. **Pattern Recognition**,1975(7):1 - 23.
[5] OSTU N. A threshold selection method from gray-level histogram[J]. **IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics**, 1995,9(1):62 - 69.
[6] SEOKWON L, BOO H N. Fingerprint Recognition Using Wavelet Transform and Probabilistic Natural Network[C]//Proceeding of the International Joint Conference on Neural Networks. Washington: [s. n.],1999:3276 - 3279.
[7] TICO M, IMMONEN E, RAMO P, et al. Fingerprint Recognition using Wavelet Features[C]//The 2001 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Sydney: [s. n.],2001:21 - 24.
[8] 焦李成. 神经网络系统理论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003:13 - 15. [编辑:李 辉]