

自动指纹识别系统中指纹图像分割方法的研究

贾 则^{1,2},戴荣涛³,张 芬¹,徐荣青¹,张正言¹,权 琳^{2,4}

- (1. 江苏科技大学 电子信息学院, 江苏 镇江 212003;
2. 中国人民解放军 91439 部队 460 所, 辽宁 大连 116041;
3. 中国人民解放军 92823 部队二中队, 海南 三亚 572021;
4. 华中科技大学 电子科学与技术系, 湖北 武汉 430074)

摘 要:在研究和分析传统的指纹分割方法:方差法和方向图法的基础上,介绍了一种基于最大类间方差的指纹图像分割方法,并将它和方向图法合理结合,然后提出了一种新的基于方向图和最大类间方差的复合分割方法。该复合分割方法的优点是不仅具有良好的分割效果,而且该方法在运算速度上比传统方法更快,更适合于实时处理。

关键词:自动指纹识别系统;指纹分割;灰度方差;方向图;最大类间方差

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)08-0055-03

Research on Segmentation Method of Fingerprint Image in AFIS

JIA Ze^{1,2}, DAI Rong-tao³, ZHANG Fen¹, XU Rong-qing¹, ZHANG Zheng-yan¹, QUAN Lin^{2,4}

- (1. Sch. of Electronics and Information Eng., Jiangsu Univ. of Sci. and Techn., Zhenjiang 212003, China;
2. Unit 91439 of the PLA, Dalian 116041, China;
3. Unit 92823 of the PLA, Sanya 572021, China;
4. Dept. of Electronic Sci. and Techn., Huazhong Univ. of Sci. and Techn., Wuhan 430074, China)

Abstract: After investigating and analyzing the two traditional methods: gray variance and directional image, an approach is introduced to segment the fingerprint images based on the maximum between-cluster variance (MBV), and unit MBV and directional image reasonably, then it presents a new approach namely uses one kind based on the directional image and MBV compound segmentation method. Compared with the two traditional methods, this new method not only has the advantage in the good effect of the segmentation, but also works faster. This method is more suitable for real-time processing.

Key words: AFIS; fingerprint segmentation; gray variance; directional image; MBV

0 引 言

指纹作为人体的重要特征,因其具有唯一性和终生不变性,已经成为生物识别领域的重要手段^[1]。指纹在越来越多的领域如社会安全、办公安全、资讯安全、金融安全、家庭安全、个人安全等方面得到广泛的应用,被认为是身份辨认的物证之首。指纹识别技术是一种生物测定学技术,并且是使用最早也最为成熟的生物测定学技术,它涉及到传感器技术、数字图像处理、模式匹配等诸多学科。近年来无论是电子集成制造技术还是指纹识别算法的研究,都取得了很大的发

展。

在指纹识别中,需要对指纹图像进行一系列的预处理(图像增强、图像分割、去噪、细化等)之后,再进行指纹特征提取与匹配。指纹图像分割一般位于预处理的前端,其目的就是要将含有指纹的前景区域和不含指纹的背景区域分割出来,使预处理过程只对前景区域进行处理,这样不仅可以大大减少预处理的时间,而且还能减少背景伪特征对后续处理的干扰,从而提高整个系统的性能。因而图像分割是指纹图像预处理的重要内容,通常位于指纹预处理的前端,是指纹图像预处理过程的首要部分^[2]。图像分割的一般方法是基于图像灰度方差的^[3],但这种方法不适合于低对比度或增强后的图像。指纹纹理具有较强的方向性,因此利用方向图对指纹图像进行分割是一种常用的方法^[4]。这种方法的分割效果依赖于所求点方向图及块

收稿日期:2006-10-31

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK2001056)

作者简介:贾 则(1983-),男,河南洛阳人,硕士研究生,研究方向为图像处理与模式识别,智能信息处理;徐荣青,博士,副教授,主要研究方向为光电检测、信号处理。

方向图的可靠性,而对图像对比度的高低并不敏感。但是对于纹理不连续、单一灰度等方向难以正确估计的区域以及奇异点(核心点和三角点)附近方向变化剧烈的区域,基于方向图的指纹分割往往难以取得令人满意的效果。

总之,目前用于指纹分割的特征各有利弊,采用单一特征的指纹分割难以达到理想的分割效果,要提高分割精度,必须把多种方法结合起来使用。笔者采用一种结合方向分割与最大类间方差分割的改进算法,即采用一种基于方向图和最大类间方差的复合分割方法,来实现指纹图像有效区域与背景区域和模糊区域的分割。

1 三种典型的指纹图像分割方法简介

1.1 基于灰度方差的指纹图像分割

一幅指纹图像通常是由前景区域(由指纹脊线和谷线组成)和背景区域组成。一般来说,前景区域中指纹脊和谷的灰度差是较大的,因而其灰度统计特性中局部灰度方差是很大的,而对于指纹背景区域,局部灰度方差是很小的。基于这一特性,可利用图像的局部方差对指纹图像进行分割,这种方法可称为局部灰度方差分割法。实验表明,该方法对于质量较好的高对比度图像分割效果较好,但它不适合于低对比度或噪声图像,因为它不能检测出图像中的噪声区域。

1.2 基于方向信息的指纹图像分割

在方差法中,只考虑了其灰度分布的情况,为了得到更好的结果,需要进一步结合指纹图像的特点进行分割。指纹图像是由局部平行的脊线和谷线构成的一种方向模式,方向信息是指纹图像的重要信息之一。因此考虑利用指纹的方向信息进行分割,而指纹方向图中对应于前景/背景区域的块级直方图为区域分割提供了有效的方法,这种分割方法可叫做方向图分割法。其基本原理是,如果某一区域的方向直方图中存在峰值,则表明该区域为前景区域,因为前景区中脊线和谷线有着相同的方向,使得方向直方图在这一方向上会产生明显峰值;而背景区域中各个方向出现的概率几乎相等,因而其方向图中无明显峰值出现^[5]。

方向图法能去掉图像中绝大部分背景信息,且能检测出图像中噪声严重的区域,并将其从图像中分离出来。它不仅适合于质量较好的图像,还适合于低对比度图像和噪声图像。但是该方法的前提是图像中的方向信息能准确地提取出来,而在某些情况下,该条件不一定成立,这时方向图法可能就会无效。

1.3 基于最大类间方差的指纹图像分割

最大类间方差算法^[6]是由 Otsu 在 1979 年提出的

一种受到广泛关注的阈值选取方法。基本思路是:选取最佳阈值,使得不同类间的分离性最好。该判决准则基于灰度直方图的一阶统计特性,运算速度快,非常适用于实时处理。

2 一种新的基于方向图和最大类间方差的复合分割方法

复合分割方法是将方向图法和最大类间方差法两种分割方法合理的结合,该算法充分利用了指纹图像特有的方向性和灰度特性,克服了两种方法所存在的缺点,能准确地将背景区域从指纹图像中分离出来,从而提高了分割的精确度。该方法的具体步骤如下:

(1) 首先将输入指纹图像划分为互不重叠的大小为 $w \times w$ 的子块,计算每一图像子块的灰度均值和方差:

$$M(k, l) = \frac{1}{w \times w} \sum_{j=1}^w \sum_{i=1}^w G(i, j) \quad k = 1, \dots, M; l = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$V(k, l) = \frac{1}{w \times w} \sum_{j=1}^w \sum_{i=1}^w G(i, j) - M(k, l)^2 \quad k = 1, \dots, M; l = 1, \dots, N \quad (2)$$

这里 $G(i, j)$ 是子块 (k, l) 中第 i 行第 j 列的图像元素的灰度值, M, N 由图像大小及 w 的取值决定。

(2) 设 A, B 分别是一幅指纹图像经过方向图法和最大类间方差法分割后得到的图像, C 为用复合分割方法得到的分割图像,则

$$C(k, l) = \begin{cases} B(k, l), & \text{当 } V(k, l) < T_5 \text{ 时} \\ A(k, l), & \text{其它} \end{cases} \quad (3)$$

这里 $V(k, l)$ 为图像子块 $B(k, l)$ 的灰度方差值, T_5 为方差阈值。当灰度方差值小于阈值 T_5 时,则采用下面(3)中所述的基于最大类间方差的方法进行图像分割;其它情况则采用下面(4)中所述的基于方向图的方法进行分割。

(3) 基于最大类间方差分割的具体步骤。

设图像 f 中,灰度值为 i 的像素的数目是 n_i , 图像的灰度等级为 L , 则总像素数为: $N = \sum_{i=1}^L n_i$, 各灰度出现的概率为: $p_i = \frac{n_i}{N}$ 。

设以灰度 k 为门限将图像分成两个区域,灰度为 $1 \sim k$ 的像素属于前景区域,记为 A , 灰度为 $k+1 \sim L$ 的像素属于背景区域,记为 B , 则区域 A 和区域 B 的概率分别为: $\omega_A = \sum_{i=1}^k p_i$, $\omega_B = \sum_{i=k+1}^L p_i$ 。为简便起见,定义 $\omega_A = \omega(k)$ 。

区域 A 和区域 B 的平均灰度为:

$$\mu_A = \frac{1}{\omega_A} \sum_{i=1}^L (i \times p_i) \triangleq \frac{\mu(k)}{\omega(k)}$$

$$\mu_B = \frac{1}{\omega_{B \neq k+1}} \sum_{i=1}^L (i \times p_i) \triangleq \frac{\mu - \mu(k)}{\omega(k)}$$

其中, u 为图像 f 的平均灰度, $u = \sum_{i=1}^L (i \times p_i) = \omega_A \mu_A$

+ $\omega_B \mu_B$ 。

则前景区域 A 和背景区域 B 的类间方差为:

$$\sigma^2 = \omega_A (\mu_A - \mu)^2 + \omega_B (\mu_B - \mu)^2$$

$$= \frac{[\mu \omega(k) - \mu(k)]}{\omega(k)[1 - \omega(k)]}$$

按照最大类间方差准则,从 1 至 L 改变 k ,并计算类间方差 σ^2 ,使上式最大的 k 即是区域分割的门限。

(4) 基于方向图的分割的具体步骤。

a. 计算指纹点方向图,再分别对指纹图像中每一个像素点进行处理,便可得到指纹的点方向图 $D(x, y)$ 。

b. 将计算出的指纹点方向图 $D(x, y)$ 划分为互不重叠的 $w \times w$ 的子块。

c. 计算每一子块的方向直方图。

d. 按下列规则对指纹图像进行分割:

① 如果方向直方图峰值超过某一阈值 T_2 ,则该区域定为前景区;

② 如果方向直方图中峰值差值(最大值与最小值之差)小于某一阈值 T_3 ,则该区域定为背景区,相应的子块区域被剔除,并在以后的处理中不再考虑;

③ 如果方向直方图的方差大于某一阈值 T_4 ,则该区域定为前景区;

④ 否则,该区域定为背景区。

3 实验结果及性能分析

为了验证上述算法的有效性,本实验在计算机上运用 MATLAB 7.1 编程工具实现了上述算法。分别用方差法、方向图法、最大类间方差法和文中提出的新的复合法对指纹图像进行了图像分割实验,实验结果如图 1 所示。

通过实验发现,方差法对于高对比度图像有较好的效果,但对于低对比度或增强后的图像则不适用;方向图法在绝大多数情况下都很有效,但当图像中方向信息不能准确提取时,则会失去作用;最大类间方差法

分割效果较好,运算速度也较快;复合法结合了方向图和最大类间方差两种方法的优点,不仅具有良好的分割效果,而且该方法在运算速度上比传统方法更快,可以快速有效地对指纹图像分割,与人的视觉分割要求接近,具有较强的稳定性和较高的分割正确率。

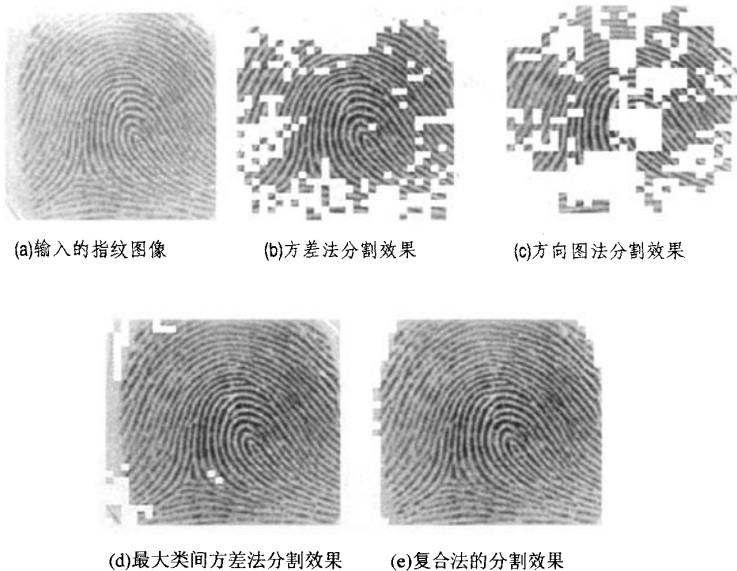


图 1 实验结果

4 结 论

将方向图法与最大类间方差法合理地结合起来,提出一种新的基于方向图和最大类间方差的复合分割方法。该复合分割方法与传统的分割方法相比较,其优点是不仅具有更好的分割效果,而且该方法运算速度更快,更适合于实时处理。

参考文献:

- [1] Lin Hong, Wan Yifei, Jain A. Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation[J]. IEEE PAMI, 1998, 20(8): 777-789.
- [2] Mehtre B M, Chatterjee B. Segmentation of fingerprint image: a composite method[J]. Pattern Recognition, 1989, 22(4): 381-385.
- [3] Pal N R, Pal S K. A review on image segmentation techniques[J]. Pattern Recognition, 1993, 26(9): 1277-1294.
- [4] Mehtre B M, Murthy N N, Kappoor S. Segmentation of fingerprint images using the directional image[J]. Pattern Recognition, 1987, 20(4): 429-435.
- [5] 张建伟, 陆亨立. 指纹自动识别中图像分割方法的研究[J]. 微型电脑应用, 1999, 15(12): 20-22.
- [6] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histogram[J]. IEEE Trans SMC, 1979, 9(1): 62-66.