

基于多特征的指纹图像分割算法^①

Segmentation Algorithm of Fingerprint Image Based on More Characteristics

张焰林 朱 敏 (温州职业技术学院 计算机系 浙江 温州 325035)

摘 要: 介绍了一种基于指纹多特征的指纹图像分割方法。首先简述了三种基于单一特征的指纹图像分割方法:基于灰度方差的指纹图像分割、基于方向信息的指纹图像分割和基于角部灰度均值的指纹图像分割的适用情况及利弊,然后介绍了将方向图法和灰度法两种分割方法合理结合起来的基于多特征的指纹图像分割方法,该方法首先将图像划分成多个不重叠的块并计算各子块的灰度方差与均值,再根据各个图像块的灰度方差值与方差阈的关系确定各子块是采用方向图法还是采用灰度法继续进行图像分割。实践证明,基于多特征的指纹图像分割方法充分利用了指纹图像的特征,避免了单一特征的缺陷,从而能获取更加清晰质量更好的指纹图像,为指纹的进一步识别提供了更好的条件。

关键词: 指纹 图像分割 方向图 灰度 指纹识别

1 引言

自古至今人类中还没有发现不同的人具有相同的指纹,并且同一指的指纹形态和细节特征在一个人的一生中都保持不变。因此,指纹一直被当作人的身份鉴定的可靠手段。

随着数字图像处理技术的不断发展以及图像处理必须具备的条件日益得到满足,数字图像处理在计算机科学、信息学科、生物科学、医学等领域里得到广泛的重视和应用。其中,生物识别技术正越来越多地影响着人们的日常生活。通过取代个人识别码和口令,生物识别技术不仅可阻止非授权访问,还能防止盗用 ATM 卡、蜂窝电话、桌面 PC、工作站以及计算机网络。生物识别技术可在电话、网络进行金融交易时进行身份认证,或在办公场所取代现有的钥匙、证件、印章等。由于指纹具有惟一性、永久性、可采集性等突出优点,相对于其他身份识别技术而言,自动指纹识别技术是一种理想的身份确认技术,指纹识别技术是生物识别技术中使用率较高的新型技术。

2 指纹图像分割技术

指纹识别的目的主要是确定两枚指纹是否相同,

判断两枚指纹是否一致主要是判断指纹细节特征即纹线的突然终止点和分叉点是否匹配。目前,绝大多数的自动指纹识别技术都是通过对脊线和谷线的细节特征点的提取来实现指纹匹配和认证的,这些细节特征点主要包括两种:脊线端点(Ridge ending)和脊线分叉点(Ridge bifurcation)。在自动指纹识别系统中,输入的指纹图像要经过大量的处理步骤,如图像增强、滤波去噪、二值化、细化和特征提取等,最后得到指纹的细节特征。指纹图像分割的目的就是要将有效的指纹区域(即前景区)同背景区域以及质量很差、在后续处理中很难恢复的模糊区域分离开来,使后续处理能够集中于有效指纹区域,以避免在噪声和背景区域中提取特征,提高特征提取的准确性,同时节省处理时间,从而提高整个系统性能。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。

2.1 基于单一特征的指纹图像分割方法

目前大多数指纹识别仪中较常用的指纹图像的分割方法基本上是结合指纹图像的某个单一特征的,有的是基于图像的灰度方差的,有的是基于图像的方向信息的,有的是基于图像的灰度均值的等。指纹图像

^① 基金项目 温州职业技术学院院级科研项目(wzy2007015)

的单一特征如指纹的纹理方向、指纹的灰度值等,与指纹图像的质量有密切关系,不同质量的指纹,它的单一特征的效果表现各不相同。

2.1.1 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和背景区域组成。前景区域由指纹脊线和谷线组成,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,对于质量较好的高对比度图像这种分割效果较好,但对于低对比度或噪声图像,由于不能检测出图像中的噪声区域,因此其分割效果不够理想。

2.1.2 基于方向信息的指纹图像分割

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,因此利用方向图对指纹图像进行分割是一种常用的方法。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,这种分割方法称作方向图分割法。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。

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,而且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的提取出来,而当指纹图像不够清晰时方向图法可能就会无效。

2.1.3 基于角部灰度均值的指纹图像分割

图像分割的关键是阈值的确定,在对实际应用的指纹采集中研究发现,手指与指纹传感器未接触区多在传感器的四个角落,因此可以用这四个角落的灰度均值作为分割背景和前景的阈值。基于四个角部均值进行分割的算法是采用四个角部的灰度均值作为阈值进行分割得到分割模板,并使用简单的像素统计对分割模板进行处理,因此处理速度很快。

基于图像灰度方差的图像分割方法不适合于低对

比度或增强后的图像,而基于方向信息的指纹图像分割方法的分割效果依赖于所求点方向图及块方向图的可靠性,对图像对比度的高低并不敏感。但是对于纹线不连续、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。而基于角部灰度均值的指纹图像分割虽然处理速度很快但分割不够全面。

总之,目前常用于指纹分割的指纹的单一特征各有利弊,采用单一特征的指纹分割难以达到理想的分割效果,要提高分割精度与效果,必须将指纹的多种特征结合起来使用。本文采用一种结合方向分割与方差分割的改进算法,即采用一种基于方向图和灰度值的复合特征的分割方法,来实现指纹图像有效区域与背景区域和模糊区域的分割。这种方法充分利用了指纹图像特有的方向性和灰度特性,在一定程度上改进了单一灰度区域的分割效果,从而提高了分割的精确度。

2.2 基于指纹多特征的图像复合分割方法

复合分割方法将方向图法和灰度法两种分割方法合理结合起来,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。假设图像的大小为 $M \times N$,则该方法实施的具体步骤如下:

(1) 首先将输入的指纹图像划分为互不重叠的大小为 $w \times w$ 的子块,然后分别按公式(1)和(2)计算每一图像子块的灰度均值和方差。

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

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

此处 $\alpha(i, j)$ 是子块 $M(k, l)$ 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 和 B 分别是一幅指纹图像经过方向图法和角部灰度均值法分割后得到的图像, C 是用复合分割方法得到的分割图像,则有:

$$\alpha(k, l) = \begin{cases} B(k, l) & \text{当 } V(k, l) < T_1 \text{ 时} \\ A(k, l) & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

公式中 $V(k, l)$ 为图像子块 $B(k, l)$ 的角部灰度方差值, T_1 为方差阈值。当灰度方差值小于阈值 T_1 时, 则采用步骤 (3) 中所述的基于角部灰度均值的方法进行图像分割, 其它情况则采用步骤 (4) 中所述的基于方向图的方法进行分割。

(3) 基于角部灰度均值的分割具体步骤:

将图像分为左上角、右上角、左下角和右下角四个方向并分别求其灰度均值, 公式如 (4) (5) (6) (7) 所示:

$$M_{LH} = \frac{1}{wl \times wl} \sum_{j=1}^{wl} \sum_{i=1}^{wl} \alpha(i, j) \quad (4)$$

$$M_{RH} = \frac{1}{wl \times wl} \sum_{j=M-wl+1}^M \sum_{i=1}^{wl} \alpha(i, j) \quad (5)$$

$$M_{LL} = \frac{1}{wl \times wl} \sum_{j=1}^{wl} \sum_{i=N-wl+1}^N \alpha(i, j) \quad (6)$$

$$M_{RL} = \frac{1}{wl \times wl} \sum_{j=M-wl+1}^M \sum_{i=N-wl+1}^N \alpha(i, j) \quad (7)$$

$$T = \frac{M_{LH} + M_{RH} + M_{LL} + M_{RL}}{4} \quad (8)$$

$$S(i, j) = \begin{cases} 0 & \alpha(i, j) \geq T \\ 1 & \alpha(i, j) < T \end{cases} \quad (9)$$

其中 $wl \times wl$ 为角部的大小, M_{LH} 、 M_{RH} 、 M_{LL} 、 M_{RL} 分别为左上角, 右上角, 左下角和右下角的灰度均值, T 表示这四个角落的灰度均值, $S(i, j)$ 为得到的分割模板, 其值为 0 和 1。由于噪声的存在以及指纹区域中部分谷线的灰度值较大, 因此在背景区会出现个别的亮点, 前景区会出现细黑条。针对这种现象, 我们采用统计分割模板中像素值的方法去掉这些亮点。首先把分割模板分成互不重叠的小块 $w \times w$, 分割模板中像素值取 0 或 1, 计算每小块像素之和。如果该小块内的像素值之和大于设定阈值 T , 则认为该块为前景区, 在分割模板内将该块的像素值全部设为 1, 然后依据分割模板对指纹图像进行分割。

(4) 基于方向图的分割的具体步骤:

① 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 $D(x, y)$ 。

② 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。

③ 计算每一子块的方向直方图。

④ 按下列规则对指纹图像进行分割:

* 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;

* 如果方向直方图中峰值差值即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, 相应的子块区域被割除, 并在以后的处理中不再考虑;

* 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, 否则, 该区域定为背景区。

由于方向图法的总体特性较好, 复合分割方法主要依赖于方向图法。只有当图像中方向信息不能准确提取时, 才采用角部灰度均值法进行分割。该复合算法的优点是充分利用了指纹图像特有的方向性和灰度特性, 能准确地将背景区域从指纹图像中分离出来, 从而提高分割的精确度。

3 实验结果分析

下图分别为用方向图法、方差法、角部灰度均值法和本文提出的新的复合法对指纹图像进行图像分割后的不同效果图。



图 1 采集的指纹源图像



图 2 方向图法分割效果图



图 3 灰度方差法分割效果图



图 4 角部灰度均值法分割效果图



图 5 复合法分割效果图

通过实验发现,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;灰度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;角部灰度均值法分割较为准确,而且处理速度很快。复合法结合了方向图和角部灰度均值两种方法的优点,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。

4 总结

本文提出了一种新的基于方向图和角部灰度均

值的复合分割方法。本算法的优点是充分利用了指纹图像特有的方向性和灰度特性,对于方向图法和方差方法单独应用时无效的情况都适用,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。实验结果表明,本算法分割图像较为彻底全面,为指纹的进一步识别提供条件,具有较强的可靠性和实用性。

参考文献

- 1 尹桂萍. 指纹识别技术中预处理技术各算法特点比较. 福建电脑, 2006(11), 51 - 52.
- 2 詹小四, 尹义龙. 一种改进的指纹图像分割算法. 广西师范大学学报, 2006, 24(4): 207 - 210.
- 3 陈明. 一种指纹图像分割方法. 计算机技术与应用进展, 2004.
- 4 祁兵, 景晓军等. 基于三角模融合算子的指纹图像分割方法. 计算机工程, 2004.

(上接第 35 页)

- In: Proceeding of the 2000 ACM - SIGMOD International Workshop Data Mining and Knowledge Discovery (DMKD00). Dallas, 2000. 11 - 20.
- 3 Zaki, Hsiao. CHARM: An efficient algorithm for closed itemset mining. In: Proceeding of the 2002 SIAM International Conference on Data Mining (SDM'02). Arlington, 2002. 457 - 473.
 - 4 J Wang, J Han, J Pei. CLOSET +: Searching for the best strategies for mining frequent closed Itemsets. In: Proceeding of the 2003 ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD03). Washington, 2003. 236 - 245.
 - 5 Wang J, Han J, Lu Y, Tzvetkov P. TFP: An Efficient Algorithm for Mining Top - K Frequent Closed Itemsets. IEEE Trans Knowl Data Eng, 2005, 17(5): 652 - 664.
 - 6 崔立新, 苑森淼, 赵春喜. 约束性相联规则发现方法及算法. 计算机学报, 2000, 23(2): 216 - 220.