

# 一种新的指纹图像合成分割法<sup>\*</sup>

王玉杰,徐荣青,王斌斌,关丽,潘欣艳,崔媛媛  
(南京邮电大学 光电学院,江苏 南京 210046)

**摘要:** 在研究和分析传统方差法和最大类间方差法的基础上,提出了一种传统方差法和最大类间方差法相结合的分块处理分割算法。该算法首先求出整个指纹图像的方差,然后计算每一子块的方差。若方差小于整个图像的方差则用方差法对图像进行分割,否则用最大类间方差法进行分割。最后再对图像进行平滑处理。实验结果表明,相对于传统分割方法,该方法无需根据经验选取阈值,能较准确地分割出前景和背景,抗噪能力强,对高对比度和低对比度的图像均具有很好的分割效果。

**关键词:** 指纹图像分割;灰度方差;最大类间方差

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)21-0037-03

## A new compound segmenting method on fingerprint image

Wang Yujie, Xu Rongqing, Wang Binbin, Guan Li, Pan Xinyan, Cui Yuanyuan

(College of Opto-Electronic Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** After investigating and analyzing the traditional variance method and the maximum between-cluster variance, this paper presents a new approach to segment the fingerprint images based on the maximum between-cluster variance and sub-block processing of the traditional variance segmenting. The method firstly calculates the variance of the fingerprint image and each sub-block. Traditional variance is used to segment the image if the variance of each sub-block is less than the variance of the entire image. Otherwise, the OTSU method is used and finally smooth the fingerprint image. The experimental results indicate that this method does not need to choose the threshold with the experience compared with the traditional methods, and the can accurately separate the prospects from context. This method performs well on both of the fingerprint images with high and low contrast. The segment algorithm not only provides good segment result but also is robust to reduce noise.

**Key words:** fingerprint images segmentation; gray variance; MBV

在所有的生物识别技术中,指纹识别技术是应用最早的技术。指纹具有唯一性、稳定性、应用实验简单和不可复制的特点,同时指纹采集简单,采集设备种类多,价格低廉,已经成为生物识别技术的重要手段。目前,指纹识别技术被广泛应用于机场、银行和各种网络系统等需要验证个人身份的地方<sup>[1]</sup>。

自动指纹识别系统由指纹采集、指纹预处理、特征提取、指纹分类、特征匹配和指纹库六大模块构成。指纹图像分为前景和背景两部分,前景是具有清晰纹线的部分,也是感兴趣区域;背景是无纹线或者纹线模糊的指纹图像部分,是要去除的区域。分割是指纹图像预处理中的重要组成部分<sup>[2-3]</sup>。有效的指纹图像分割不仅能提

高特征提取的精确度和可靠度,而且还能大大减少后续处理所需的时间和空间。用于指纹分割的算法有很多种,如传统方差法、方向图法和 OSTU 算法。但是实验表明,单独使用这些算法对图像进行分割,效果都不理想。本文在分析以上几种方法后,提出了一种结合最大类间方差法和传统方差法的新的指纹分割方法。实验结果表明,本文算法不仅适用于质量高的图像而且适用于质量低的图像,特别适用于含噪声较严重的图像。

### 1 指纹分割算法

#### 1.1 传统方差分割法<sup>[4]</sup>

传统方差法是一种较简单的分割方法。指纹图像由前景区域和背景区域组成,前景区域由指纹的脊线和谷线组成,是本文所关心的区域,背景区域主要包含一些

\* 基金项目:国家自然科学基金项目(60778007)

噪声和无用的信息。由于前景区中脊线和谷线交替出现,局部灰度方差较大,背景区域除了噪声外像素值大小比较一致,灰度变化不大,方差较小,因此可以根据指纹图像的这一特点,根据经验选取某一合适阈值,若某一指纹块的灰度方差大于所选取的阈值则此块属于前景区,否则属于背景区。

算法具体步骤如下:

(1) 将选取的指纹图像分成  $w \times w$  的互不重叠的小块,一般情况下取  $w$  的值为 16 即一个指纹周期的大小。利用式(1)计算每一小块的均值:

$$\text{mean}(k, l) = \frac{1}{w \times w} \sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^w g(m, n) \quad (1)$$

其中,  $k=1, \dots, M, l=1, \dots, N, M, N$  由图像大小和  $w$  决定,  $g(m, n)$  为子块第  $m$  行  $n$  列图像元素的灰度值。

(2) 利用式(2)计算每一小块的方差:

$$\text{Var}(k, l) = \frac{1}{w \times w} \sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^w [g(m, n) - \text{mean}(k, l)]^2 \quad (2)$$

$k=1, \dots, M, l=1, \dots, N$

(3) 若每一子块的方差大于预定义的阈值  $V$ , 则这一子块为前景块, 否则为背景块。实验表明, 方差法算法简单, 运算速度较快, 对于质量较好、高对比度的指纹图像的分割效果较好, 但对于低对比度图像和含有噪声的图像分割效果不理想。

## 1.2 最大类间方差法<sup>[5]</sup>

最大类间方差算法由 OTSU 在 1979 年提出, 该算法运算速度快, 适合对图像进行实时处理。因为方差是灰度分布均匀性的一种量度, 方差值越大, 说明指纹图像的两部分差别越大, 当部分前景错分为背景或部分背景错分为前景, 都会导致两部分差别变小, 因此使类间方差最大的分割意味着错分概率最小。该算法基本思路为: 求出指纹图像的最大类间方差, 当前景和背景的分异性达到最好时, 此方差即为图像分割的最佳全局阈值  $th$ 。具体步骤如下:

(1) 设  $N_i$  为图像灰度值为  $i$  的像素数,  $L$  为图像的灰度等级, 则图像总的像素为  $N = \sum_i N_i$ , 各级灰度出现的概率为  $p(i) = N_i / N$ ;

(2) 以灰度门限  $th$  将图像分成  $B_1$  和  $B_2$  两部分区域, 其中  $B_1$  区中像素的灰度值在  $1 \sim th$  之间,  $B_2$  区中像素的灰度值在  $th+1 \sim L$  之间, 则  $B_1$  类的概率为  $P_1 = \sum_{i=1}^{th} P(i)$ , 均值

为  $u_1 = \sum_{i=1}^{th} iP(i) / P_1$ ,  $B_2$  类的概率为  $P_2 = \sum_{i=th+1}^L P(i)$ , 均值为  $u_2 =$

$\sum_{i=th+1}^L iP(i) / P_2$ , 则整个图像的均值为  $u = \sum_{i=1}^L iP(i) = P_1 u_1 +$

$P_2 u_2$ ; 利用式(3)求最大类间方差, 从  $1 \sim L$  改变  $th$ , 最佳阈

值  $th$  即为  $\sigma^2$  取最大值时的值

$$\sigma^2 = p_1(u-u_1)^2 + p_2(u-u_2)^2 = \frac{uP_{th}-u_{th}}{p_{th}(1-p_{th})} \quad (3)$$

(4) 如果图像的每一子块像素值大于  $th$ , 则此块属于前景区, 否则该子块属于背景区。

实验表明, 此算法适用性较强、计算简单, 无需根据经验选取阈值, 运算速度比传统分割方法更快, 稳定有效。但是采用全局阈值对图像进行分割时, 当光照不均、有突发噪声或背景灰度变化较大时, 图像分割没有合适的单一门限, 分割效果不好。

## 1.3 本文算法

本文在分析了上述分割方法后提出了一种新的分割方法, 即结合方差法和最大类间方差法对图像进行分割。该方法克服了单一方法不能很好地分割图像的缺点, 能准确地将图像前景分割出来。采用该方法时, 首先将图像分成  $w \times w$  块, 然后利用组合方法对图像进行分割, 最后再对图像进行平滑处理。具体算法步骤如下:

(1) 根据式(2)和式(3)求出整个指纹图像的灰度方差  $V$  和最佳分割阈值  $th$ ;

(2) 将选取的指纹图像分成  $w \times w$  小块, 本文选取  $w=16$ , 利用式(1)和式(2)计算每一小块的均值  $m$  和方差  $u$ ;

(3) 若每一小块的方差  $u < \alpha V$  ( $\alpha$  为修正系数, 取值为  $(0 \sim 1)$ ), 则该块为背景区, 不再对此块进行处理; 若  $u \geq \alpha V$ , 则认为该块大部分为指纹前景区, 对于指纹前景区用最大类间方差法对这一部分图像再进行处理;

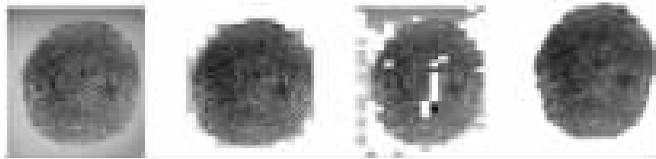
(4) 若每一小块的均值  $m > \beta \times th$  ( $\beta$  为修正系数, 取值为  $(1 \sim 2)$ ), 则该块为背景块, 否则认为该块为前景块;

(5) 平滑孤立块, 消除孤立的前景块和背景块, 具体方法为: 如果某一块被标记为前景块, 且其周围八邻域中前景块的数目不大于 3, 则该块为背景块; 如果某一子块被标记为背景块, 且其周围八邻域中前景块的个数大于 3, 则将将该块标记为前景块, 然后再利用开闭运算对边缘进行平滑。

## 2 实验结果与分析

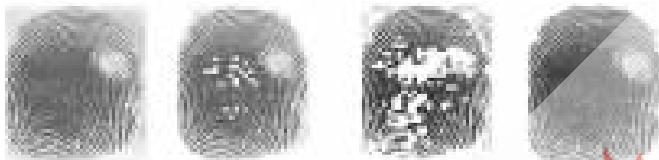
本文从指纹图像库中选取了三种质量不同的指纹图像, 并利用传统指纹分割算法(方差法、方向图法)和本文的新算法对其进行分割, 观察其分割效果并对其进行比较。本实验在 CPU 为 Intel(R)Core(TM)2 Duo 2.1 GHz、内存为 2 GB 的计算机上, 利用 Matlab 7.0 编程工具实现了上述算法。实验结果如图 1~图 3 所示。从仿真结果可以看出, 当利用方差法对图像进行分割时, 对于质量较好的指纹图像, 分割效果较好, 但对于质量较差或含噪声的图像, 当选取的分割阈值较大时往往将一些有用的信息点分割掉; 若选取的阈值较小, 分割不彻底, 有些噪声不能去除。当用方向图法对指纹进行分割时, 分割效果最差, 并且算法比较复杂。相对于前几种算法, 利用本文算法不仅可以前景准确地分割出来, 而且图像边

缘比较平滑不含有任何背景噪声,效果比较好。本文算法对噪声区域的分割结果更加准确,抵抗噪声干扰的能力相对于基于灰度方差和方向图的分割结果更为精确,尤其适合对噪声较严重的图像进行分割。虽然相对于方差法计算量有所增加,但由于分割后的图像完全去除了无用的信息点,分割比较彻底,减少了后续处理的时间,因此整个指纹识别的复杂度并未增加。



(a)指纹图像原图 (b)方差法 (c)方向图法 (d)本文算法

图1 质量较好指纹图像的几种算法分割结果比较



(a)指纹图像原图 (b)方差法 (c)方向图法 (d)本文算法

图2 质量较差指纹图像的几种算法分割结果比较



(a)指纹图像原图 (b)方差法 (c)方向图法 (d)本文算法

图3 污迹分布不均匀指纹图像的几种算法分割结果比较

为了有效说明三种算法的实际分割效果,本文采用错误背景率  $FBR$  (是指将前景区域错误地分割为背景区域的比率)、错误前景率  $FPR$  (是指将背景区域错误地分割为前景区域的比率)和两种误分的平均概率三种性能指标对图像进行分析。对照所选取的三种指纹图像,实际性能指标如表1所示。

图像的分割是指纹图像预处理的重要一步,正确地分割为指纹的后续处理节省了大量的时间和空间。本文

表1 三种算法对三幅指纹图像的实际分割性能

	方差法	方向图法	本文算法
错误背景率/%	0.75	1.32	0.05
错误前景率/%	1.25	2.78	0.00
平均概率/%	1.00	2.05	0.02

研究和分析了方差法和最大类间方差法,并针对其单独使用时的缺点,提出了一种将这两种方法结合起来使用的新方法。利用 Matlab7.0 编程工具对多幅指纹图像进行分割后证实,本算法不仅适合高对比度图像和低对比图像,尤其是对含噪声较严重的图像分割效果很好。相比于传统分割方法无需根据经验选取阈值,在利用方差法进行初步分割时提出了一个修正系数  $\alpha$ ,  $\alpha$  取值为  $(0, 1)$ , 修正系数的选取降低了将部分前景错分为背景的概率,提高了分割准确率。

#### 参考文献

- [1] 田捷,杨鑫.生物特征识别技术理论与应用[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [2] METHRE B M, MURTHY N N, KAPOOR S, et al. Segmentation of fingerprint images using the directional images[J]. Pattern Recognition, 1995, 28(3): 1678-1683.
- [3] MALATHI S, UMA MAHESWARI S, MEENA C. Rolled fingerprint segmentation [J]. Global Journal of Computer Science and Technology, 2010, 9(5): 107-109.
- [4] RATHA N, CHEN S, JAIN A. Adaptive flow orientation based feature extraction in fingerprint images [J]. Pattern Recognition, 1995, 28(1): 1657-1672.
- [5] OSTU N. A threshold selection method from gray-level histogram [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1995, 9(1): 62-69.

(收稿日期:2011-08-19)

#### 作者简介:

王玉杰,女,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:自动指纹分类算法的研究。

徐荣青,男,1966年生,教授,博士后,主要研究方向:光电信息检测与指纹处理。