

结合方差及方差梯度的指纹图像改进分割算法

蔡秀梅¹,范九伦¹,高新波²,张永健³

CAI Xiu-mei¹,FAN Jiu-lun¹,GAO Xin-bo²,ZHANG Yong-jian³

1.西安邮电学院 信息与控制系,西安 710061

2.西安电子科技大学 电子工程学院,西安 710071

3.西安电力电子技术研究所,西安 710061

1.Department of Information and Control,Xi'an Institute of Post and Telecommunications,Xi'an 710061,China

2.School of Electronic Engineering,Xidian University,Xi'an 710071,China

3.Xi'an Power Electronics Research Institute,Xi'an 710061,China

E-mail:caixiumei@xiyou.edu.cn

CAI Xiu-mei,FAN Jiu-lun,GAO Xin-bo,et al.Improved algorithm for fingerprint segmentation based on variance and its gradient.Computer Engineering and Applications,2010,46(1):177-179.

Abstract: After the analysis of the fingerprint segmentation algorithm based on variance and its gradient,an improved algorithm is proposed.The fingerprint image is partitioned into blocks,and then the variance and its gradient of each block are calculated. Then two thresholds are computed adaptively.After segmentation,the isolated image blocks are wiped off to get the segmented result.The experimental results show that this algorithm runs quickly and can be programmed easily.It can remove the fuzzy areas more effectively and reserve the clear areas at the same time.

Key words: fingerprint segmentation;variance;gradient of variance

摘要:通过对基于方差及方差梯度的指纹图像分割算法的分析,提出一种改进算法。将指纹图像分块,结合各块方差及其梯度信息,自适应选取两个分割阈值,分割后去除孤立图像块,得到最终分割结果。实验表明,该算法简单快速,能够更有效地去除图像中的局部模糊区域,同时更完整地保留有效指纹区。

关键词:指纹分割;方差;方差梯度

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2010.01.052 文章编号:1002-8331(2010)01-0177-03 文献标识码:A 中图分类号:TP391.41

1 引言

在图像处理中,通常要把感兴趣的区域与其他部分区分开来,这称为前景与背景分割。指纹图像的前景是指图像中清晰的指纹部分,背景是指图像中无纹线和纹线非常模糊而在后续处理中很难恢复的图像部分。指纹图像分割通常位于预处理的前端,其目的是把指纹图像的背景与有效的前景区分开,使后续处理能够集中于有效区域,以避免在噪声和背景区域中提取特征,同时也利于提高特征提取的精确度,减少提取到的伪特征点。指纹图像分割还能大大减少指纹预处理的时间,因此是指纹图像处理中的重要组成部分。它不仅要求尽可能地去除无效区域,还要尽可能完整地保留有效区域。

国内外很多学者对指纹分割进行了深入的研究并提出了很多方法。这些方法大致可以归结为三大类:一类是基于块的指纹图像分割方法^[1],这类方法通常将指纹图像分成大小固定

的小块,根据每一小块的特性确定该块是前景还是背景;一类是基于像素的指纹图像分割方法^[2],这类方法结合指纹方向信息或采用分类器等判断每个像素点属于前景或背景的情况;第三类是提取指纹外轮廓的分割方法^[3],此类方法通常是对指纹图像进行处理,得到指纹前景边缘信息点集,再根据该点集计算出指纹图像的凸壳。

最近,文献[4]提出一种基于方差及其梯度的自适应选取阈值的指纹分割算法,首先将指纹图像分块,选取小于脊线宽度的图像块尺度,提取各图像块的方差及梯度;然后以其乘积作为块特征,选取适当的阈值进行分割;最后应用形态学后处理方法得到最终结果。该算法计算复杂度不高,实现简单有效。但该算法分割后存在一些被误分的图像子块,该文在文献[4]基础上对分割参数做了调整,同时改变了后处理算法,并对改进前后算法的仿真结果做了比较,结果表明,该文算法速度更快,误分的图像子块更少。

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60572133)。

作者简介:蔡秀梅(1975-),女,博士生,讲师,主要研究方向为模式识别、图像处理、测控技术与仪器;范九伦(1964-),男,博士,教授,主要研究方向为模式识别与智能系统、信息安全;高新波(1972-),男,博士,教授,主要研究方向为信号与信息处理、模式识别与智能系统、图像处理;张永健(1974-),男,工程师,主要从事智能控制研究。

收稿日期:2009-01-08 **修回日期:**2009-03-17

2 基于方差和方差梯度的指纹图像自适应分割算法

2.1 算法描述

(1)将指纹图像分成大小为 $r \times r$ 的子块,其中 r 小于脊线平均宽度(文献[4]中取3),共分成 $M \times N$ 块,计算各子块方差,第 (m, n) 块的方差 $var_B(m, n)$ 按式(1)计算:

$$var_B(m, n) = \frac{\sum_{i=0}^{r-1} \sum_{j=0}^{r-1} (f(i+m \times r, j+n \times r) - aveg_B(m, n))^2}{r \times r} \quad (1)$$

$$aveg_B(m, n) = \frac{\sum_{i=0}^{r-1} \sum_{j=0}^{r-1} f(i+m \times r, j+n \times r)}{r \times r}$$

(2)计算各块方差梯度,利用一阶差分近似一阶导数,得到

$$\frac{\partial var_B(m, n)}{\partial m} = \frac{var_B(m+1, n) - var_B(m-1, n)}{2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial var_B(m, n)}{\partial n} = \frac{var_B(m, n+1) - var_B(m, n-1)}{2}$$

取方差梯度向量模得到第 (m, n) 块的方差梯度

$$DVI(m, n) = \sqrt{\left(\frac{\partial var_B(m, n)}{\partial m}\right)^2 + \left(\frac{\partial var_B(m, n)}{\partial n}\right)^2} \quad (3)$$

(3)定义组合新特征

$$F(m, n) = var_B(m, n) * DVI(m, n) \quad (4)$$

(4)选取分割阈值

$$T = \alpha * median(F) + \beta * mean(F) \quad (5)$$

其中 $\alpha + \beta = 1$, $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$, 文献[4]中取 $\alpha = 0.9$, $\beta = 0.1$ 。函数 $median(\cdot)$ 和 $mean(\cdot)$ 分别表示取中值和均值。

(5)分割及后处理,第 (m, n) 块的组合特征为 $F(m, n)$,分割后块输出为 $S(m, n)$ 。

$$S(m, n) = \begin{cases} 1, & F(m, n) \geq T \\ 0, & F(m, n) < T \end{cases}$$

其中1代表前景区域,0代表背景区域。对 $M \times N$ 的矩阵 $S(m, n)$ 运用形态学的闭操作和开操作进行处理,最后根据标志 $S(m, n)$ 显示被分割为前景块的图像子块,得到分割结果。

2.2 算法分析

图1是根据上述算法得到的图像子块的方差、方差梯度和组合特征。图2是利用组合特征分割以及经过后处理的分割结果,其中图2(a)是根据组合特征直接分割的结果,图2(b)是对分割标志 $S(m, n)$ 做闭运算及开运算后的结果,图2(c)是文献[4]给出的最终分割结果。

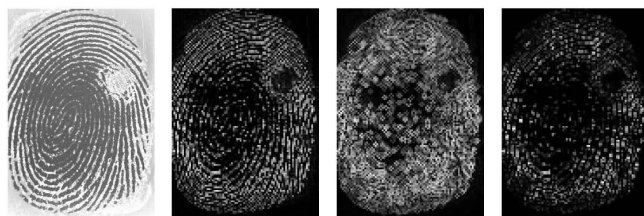


图1 指纹图像的不同特征图

从图1看出,指纹背景区的方差和方差梯度都很小,由于指纹分块尺度小于脊线平均宽度,因此前景区某些子块可能只包含脊线或谷线,这些图像块方差和背景区相差也不大,但这些子块方差梯度一般会比较小。因此前景区图像块的方差和方差梯度中一般至少有一个会比较大,但方差梯度数量级较小,对于方差小而方差梯度较大的图像块,文献[4]算法选取的方差

和方差梯度乘积作为分割特征,并不能明确地与指纹的前景区区分开。

利用该组合特征分割指纹图像,即使经过形态学后处理依然有很多图像子块被错分(如图2(b)所示)。图2(c)中文献[4]给出的最终分割结果,是在形态学闭运算和开运算基础上对图像进行了填充及移除小区域处理,即将被前景包围的区域都处理成前景,同时将背景区中独立的小前景区域都处理为背景。这种处理方式可以得到相对完整的指纹区域,但同时也可能把一些指纹内部的模糊区错分为前景,从而给特征提取造成影响(如图2(c)画线区域所示)。



图2 利用组合特征分割结果

3 基于方差及方差梯度的指纹图像改进分割算法

考虑到指纹前景区图像子块方差和方差梯度中至少有一个比较大,因此可以选取这两个参数同时作为分割特征。对文献[4]算法做了改进,先将指纹图像分块,计算各图像子块方差和方差梯度,采用块方差及方差梯度作为组合参数进行分割,分割后去除孤立图像块得到最终分割结果。具体过程如下:

(1)将指纹图像分成大小为 $r \times r$ 的子块,其中 r 小于脊线平均宽度(文中取3),为了使图像能整分,需要重定义图像大小,此处将图像大小重定义为可以整分的最接近的尺寸。重定义后的图像共分成 $M \times N$ 块,按照式(1)~(3)计算各子块方差 $var_B(m, n)$ 及方差梯度 $DVI(m, n)$ 。

(2)参照式(5)分别选取方差及方差梯度对应的两个分割阈值:

$$T_1 = \alpha * median(var_B) + \beta * mean(var_B)$$

$$T_2 = \alpha * median(DVI) + \beta * mean(DVI)$$

(3)按以下规则分割图像

$$S(m, n) = \begin{cases} 1 & var_B(m, n) \geq T_1 \text{ 或 } DVI(m, n) \geq T_2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

其中1表示前景区域,0表示背景区域。

(4)去除孤立图像块。经分块分割后的图像,指纹前景区与不包含指纹的背景区域已经基本分离,但在处理过程中可能会出现一些孤立的图像块,为防止这些孤立块对后续处理造成影响,该文经过后处理来去除这些孤立块。

去除孤立块的规则为:对所有分块进行基于块水平的 3×3 平滑处理,即若某一图像块被标记为背景块,且其周围八邻域中前景块多于4个,则将该图像块修改为前景块;另外消除被标记为前景的独立小区域。

4 实验结果

对FVC2000、FVC2002和FVC2004标准数据库中的指纹图像进行了分割测试。文献[4]算法及该文算法在Matlab7.0环境下编程实现,为说明两种算法的分割及后处理方法效果差异,做了对比实验,图3是文献[4]算法与该文算法的对比结果,其中图3(a)是原图(FVC2000_DB2_B中的指纹图像101_1。

表1 文献[4]算法与该文算法在FVC不同数据库上耗时

FVC2000			FVC2002			FVC2004		
文献[4]算法	该文算法		文献[4]算法	该文算法		文献[4]算法	该文算法	
Db1	5.26	4.26	Db1	8.58	7.72	Db1	18.17	16.37
Db2	5.47	4.86	Db2	10.14	9.16	Db2	7.02	6.23
Db3	12.84	11.38	Db3	5.32	4.71	Db3	8.59	7.68
Db4	4.58	4.07	Db4	6.61	5.85	Db4	6.58	5.86
平均	7.04	6.14	平均	7.66	6.86	平均	10.09	9.04

tif),图3(b)是文献[4]算法初级分割(即未加后处理)结果,图3(c)是该文算法初级分割结果,图3(d)是文献[4]算法分割并做形态学后处理结果,图3(e)是利用该文算法分割并做形态学后处理结果,图3(f)是利用文献[4]算法分割并用该文后处理算法处理结果,图3(g)是利用该文算法分割并用该文后处理算法处理结果;图3(h)是文献[4]给出的最终结果。

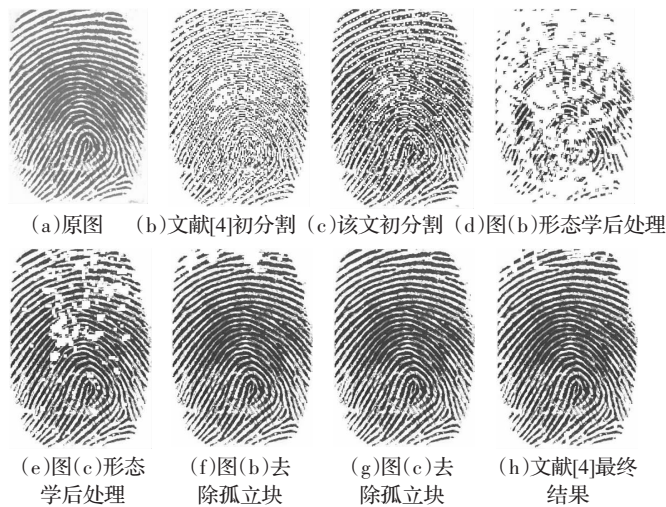


图3 文献[4]算法与该文算法对比实验

指纹分割算法的效果不应过多依赖后处理,因此算法直接分割后应该只允许有少量图像区域被误分,从图3(b)和图3(c)可以看出该文选取的参数误分的块数要比文献[4]误分块数少得多。由此说明该文选取块方差与方差梯度相结合作为分割参数比文献[4]选块方差与方差梯度乘积作为分割参数效果更好。图3(d)和图3(e)分别是文献[4]方法与该文方法分割后,利用文献[4]后处理方法得到的结果;图3(f)和图3(g)分别是文献[4]方法与该文方法分割后,利用该文后处理方法得到的结果;从这两组对比可以看出,无论是用文献[4]的后处理方法还是该文的后处理方法,该文算法结果都优于文献[4]算法,能够更完整地保留指纹前景区域,这一点进一步说明该文分割算法更为有效。另外,两种后处理算法的对比也说明不管是对文献[4]初分结果的后处理还是该文算法初分结果的后处理,该文后处理方法都能保留更多有效指纹区域,因此,该文后处理方法更实用。图3(h)是文献[4]给出的最终结果,与该文最终结果图3(g)相比,仍有一些图像块被错分。从以上对比可以看出,该文的分割算法及后处理算法都较文献[4]方法效果好,因此该文所做的算法改进是有效的。

图4~图6为文献[4]算法与该文算法在FVC不同数据库上的分割结果。实验表明,该文算法能够更有效地去除图像中的局部模糊区域,同时更完整地保留有效指纹区。另外,从表1结果看,该文算法比文献[4]算法时间代价要小。需要说明的是算法的时间性能与程序实现及计算机的软硬件环境有关。在优化程序设计和优化编译的情况下程序的运行速度可以进一步提高。表1的时间性能对比可以定性地给出文献[4]算法与该文

算法的时间性能比较。



图4 FVC2000 DB3_B中 102_6.tif 分割结果



图5 FVC2002 DB3_B中 108_5.tif 分割结果



图6 FVC2004 DB3_A中 1_4.tif 分割结果

5 结论

在文献[4]提出的基于方差及方差梯度的指纹图像分割算法上做了改进。将指纹图像分块后计算各图像块的方差及其梯度,自适应地选取两个阈值 T_1 和 T_2 ,当图像块方差大于 T_1 或方差梯度大于 T_2 时该块确定为前景块,分割后经后处理去除孤立图像块,得到最终分割结果。在FVC2000、FVC2002和FVC2004数据库上的实验表明,算法简单快速,能够更有效地去除图像中的局部模糊区域,同时更完整地保留有效指纹区,是一种有效的指纹图像分割算法。

参考文献:

- [1] 耿茵茵,唐良瑞.指纹图像分级分割算法[J].北方工业大学学报,2000,12(3):21-26.
- [2] Zhu E, Yin J P, Hu C F, et al. A systematic method for fingerprint ridge orientation estimation and image segmentation [J]. Pattern Recognition, 2006, 39(8): 1452-1472.
- [3] 杨德英.一种具有平滑轮廓的指纹图像分割算法[J].电子科技,2004(8):29-31.
- [4] 樊冬进,孙冰,封举富.基于方差及方差梯度的指纹图像自适应分割算法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2008,20(6):742-747.
- [5] Maltoni D, Maio D, Jain A K, et al. Handbook of fingerprint recognition[M]. New York: Springer-Verlag, 2003.