

指纹图像预处理与细节特征点提取

Preprocessing and Minutiae Extraction of Fingerprint Image

(西安邮电学院信息安全研究中心) 柴海燕 田东平 范九伦

CHAI Hai-yan TIAN Dong-ping FAN Jiu-lun

摘要: 对指纹图像的预处理与细节特征点提取提出了一套较完善的方法。在二值化后的图像中用到了平滑滤波的处理,消除了预处理过程中纹线中产生的毛刺与小孔等,并对若干幅不同质量的指纹图像进行了测试,获得了较好的效果,细节特征点提取的准确率也有所提高。

关键词: 指纹; 预处理; 细节特征点; 细节特征提取

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Abstract: One better way was brought forward to the Preprocessing and Minutiae Extraction of Fingerprint Image. Smoothing filter was used to process the image, after the binary image. Burr ridge and small holes which produced on the processing. Some different quality images were tested, and good result was obtained. The right rate of Minutiae Extraction was improved too.

Key words: fingerprint; preprocessing; Minutiae; Minutiae extraction

1 引言

在自动指纹识别过程中,指纹细节特征点的提取是很重要的,直接影响到后面的指纹匹配结果。在细节特征点的提取之前我们要先对其进行预处理。本文提出了一套较完善的预处理方法,首先对图像进行归一化,之后对归一化后的图像进行分割与 Gabor 滤波增强,二值化,使用平滑滤波器对其二值化后的图像进行滤波,用数学形态学方法对其进行细化,张英琦、张庆林等证明数学形态学用于图像预处理细化部分据算速度快简单等特点。最后在细化图像的基础上对其进行细节特征点的提取,并比较使用平滑滤波前、后的细节特征点提取图。很好地保留了原有的细节特征点,并且删除了部分在预处理过程中产生的伪细节特征。

2 预处理

2.1 归一化和分割

2.1.1 归一化

归一化的目的在于消除指纹采集过程中由于传感器自身的噪声以及因为手指压力不均而造成的灰度差异,将指纹图像的对比度和灰度调整到一个固定的级别上,为后续处理提供一个较为统一的图像规格。一般按式(1)、式(2)、式(3)进行归一化:

设指纹图像是 I , 其宽度是 W , 高度是 H , 而 $I(i, j)$ 表示在第 i 行、第 j 列的灰度值, 则整个图像的平均值是

$$M(I) = \frac{1}{WH} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} I(i, j) \quad (1)$$

$$VAR(I) = \frac{1}{WH} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} (I(i, j) - M(I))^2 \quad (2)$$

则归一化后的指纹图像 G 为

$$G(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0(I(i, j) - M(I))^2}{VAR}}, & I(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0(I(i, j) - M(I))^2}{VAR}}, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

2.1.2 分割

处理指纹图像只需要对图像的有效区域进行处理,本文采用文献中的分割方法对图像进行分割。把图像分成 NN 的非重叠小块,分别计算每一块的均值 M 和方差,通过下面的条件划分前景、背景:

- (1) 如果 $M > M_1$ 且 $\delta < \delta_1$, 则认为是背景块, 否则转到(2);
- (2) 如果 $M \leq M_1$ 且 $\delta \geq \delta_1$, 则认为是前景块, 否则待定;
- (3) 对所有小块划分完毕后, 再对待定的小块进行判决。

如果在待定块的 8 个邻域块中, 前景块数 ≥ 6 , 且其 8 个邻域块的前景变化次数 ≤ 1 , 则认为该块是前景, 否则是背景; 对于边缘块, 如果该块的 5 个邻域块中前景的块数 ≥ 3 , 且其 5 个邻域块的前景/背景变化次数 ≤ 2 , 则认为该块是前景, 否则是背景; 对于位于 4 个角上的待定块, 如果该块的 3 个邻域块中前景的块数 ≥ 2 , 且其 3 个邻域块的前景/背景变化次数 ≤ 1 , 则认为该块是前景, 否则是背景。在判决过程中, 如果邻域块为待定块, 则暂时把待定邻域块按前景对待。

其中, M_1 和 δ_1 为给定的阈值, N 的取值以 16 或 8 为宜。基于上述方法可以有效地避免了局部分割所产生的孤立小块。分割后把背景点的灰度直接设为 255。

2.2 指纹增强

Gabor 滤波器具有良好的频率选择性和方向选择性, 与指纹图像的特性相符合; 并且, 根据 Gabor 函数在 x 方向带通, 在 y 方向低通的特性, 我们对 Gabor 滤波器做一定的旋转就可以很好的去掉脊线粘连和连接中断的脊线。使用其对指纹图像中的每个点进行滤波, 可以获得增强后的指纹图像。通常的二维 Gabor 滤波算子的定义如下:

$$h(x, y, \theta, f) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x_{\theta}^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_{\theta}^2}{\sigma_y^2} \right) \right] \times \exp(j2\pi f x_{\theta}) \quad (4)$$

$$x_{\theta} = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y_{\theta} = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

其中 f 是沿 x 轴的正弦波频率, 本文使用文献中的方法来估计; δ_x^2 和 δ_y^2 为高斯核空间的参数, 均取为 4。

2.3 二值化

图像二值化是将灰度图像变成 0、1 取值的二值图像过程。它设定一个值, 当点的灰度值大于阈值时将该点设为 1, 灰度值小于阈值时将该点设为 0。这样就将整幅图像转化为由 0 和 1 组成的二值图像。由于图像之间的灰度级数不一样, 即使是同一幅图像, 它的各个部分的明暗程度也不尽相同, 所以很难确定一个固定的阈值。本文结合指纹图像的特征将平滑的思想引入到二值化方法中, 实现平滑阈值自适应算法。它根据图像中各个部分的明暗程度来分别设定阈值, 这个阈值就充分代表了所选区域的实际状况, 所以能取得较好的二值化效果。自适应阈值法将指纹图像分成若干个 1616 的子区, 先计算各子区的灰度均值, 以此均值作为相应子区的阈值。在判断该子区中各个像素点时, 若像素值大于阈值, 则置该点像素值为 1, 否则为 0。另外, 为防止背景块根据这种方法求出的阈值过低而引入噪声, 应加入一个判断条件, 即如果某块的阈值低于某一固定值, 则该块二值化的值应为 0。这样就可以保证背景块能够从前景块中分离出来。这种以区域灰度幅度为函数的自适应阈值法, 在滤波后的指纹图像中进行二值化处理是可行的, 能够适应大部分方法处理出的滤波图像。

2.4 二值化滤波

由于灰度滤波的不完全性, 而且在二值化过程中有时会引入新的噪声, 需要对图像进行滤波处理。本文采用平滑滤波的方法, 平滑技术主要用于平滑图像中的噪声, 线性低通滤波器是最常用的线性平滑滤波器。平滑滤波器的概念非常直观, 用滤波模板确定的邻域内像素的平均灰度值去代替图像中的每一个像素点的值, 这种处理减少了图像灰度的“尖锐”变化。一般平滑模板尺寸增大时, 对噪声的消除有所增强, 但同时所得的图像更加模糊, 因此在模板的选择我们要视图像而定。本文使用了 3X3 的平滑滤波模板。其模板图如 1 图所示:

$$\frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

图 1 平滑模板

2.5 细化处理

运用形态学细化的方法对二值化后的指纹图像进行细化。细化一幅图像的过程应该满足两个条件: (1) 细化过程中, 图像应该有规律地缩小; (2) 在图像逐渐缩小的过程中, 图像的连通性应保持不变。采用基于结构元素序列的方法细化指纹图像, 即设结构元素序列为: $\{M\} = \{M^1, M^2, \dots, M^8\}$, 其具体结构如图 2 所示, 则指纹 I 被这个结构元素序列的细化可以表示为:

$$I \otimes \{M\} = ((\dots((I \otimes M^1) \otimes M^2) \dots) \otimes M^8)$$

次过程是用 M^1 细化 I , 然后用 M^2 细化前一步的结果, 递推下去一直到 I 被 M^8 细化。整个过程重复进行, 直到没有进一步的变化发生为止, 此时得到的图像就是细化图像。

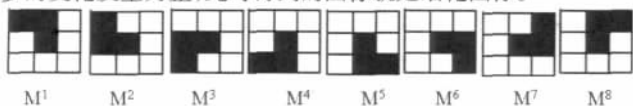


图 2 细化结构

3 细节特征点提取

指纹特征提取是指指纹细节特征点的提取, 纹线端点和分叉点是最主要的指纹细节特征点。我们用 33 细节检测模板, 如图 3 所示。设 P 点为一目标像素点, 则其周围相邻的 8 点 P_1, P_2, \dots, P_8 被称为 P 点的 8 邻点。指纹细节特征点提取算法是建立在对 8 邻点的统计分析基础之上的。定义

$$T_{\text{sum}}(P) = \sum_{i=1}^8 P_i \quad (5)$$

$$T_{\text{sub}}(P) = \sum_{i=1}^8 |P_{i+1} - P_i| \quad (6)$$

其中, $P_9 = P_1$ 。

采用式(5)或者式(6)提取细节特征点。对图像中任一目标点 P , 如果 $T_{\text{sum}}(P)$ 的值等于 1, 则该点为纹线端点; 如果 $T_{\text{sum}}(P)$ 的值等于 3, 则该点为纹线分叉点; 如果 $T_{\text{sub}}(P)$ 的值等于 2, 则该点为纹线端点; 如果 $T_{\text{sub}}(P)$ 的值等于 6, 则该点为纹线分叉点。

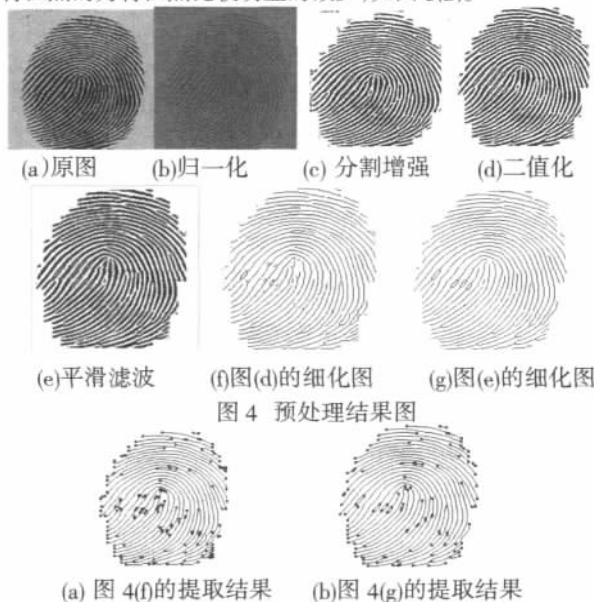
P_3	P_2	P_1
P_4	P	P_0
P_5	P_6	P_7

图 3 3X3 检测模板

4 实验结果与分析

我们用 matlab 语言在 Pentium@4.256M 内存的台式微机上, 对 FVC2000 指纹图像库中若干幅图像进行处理。分别经过归一化、增强、分割、二值化、平滑滤波、细化、细节特征提取, 其程序运行结果如图 4 和图 5 所示。

图 4(a) 是一幅原指纹图; 图 4(b) 是经过归一化处理之后的; 图 4(c) 是经过分割增强之后的; 图 4(d) 是文中二值化后的图, 一般在二值化之后对其进行细化、细节特征的提取, 而本文对二值化后的图像进行了平滑滤波处理, 图 4(e) 为滤波后的图, 可以看出比二值化后的纹线平滑流畅, 比文中直接二值化后的效果明显有所改善; 图 4(f) 是在二值化后, 未经平滑滤波直接对其进行细化的指纹图; 图 4(g) 是二值化、平滑滤波后的细化图, 从图 4(f) 和图 4(g) 可以看出来, 经过了平滑滤波后的细化图的毛刺与小孔等明显的减少。再从指纹特征提取图来看, 二值化之后没有经过平滑滤波的指纹图提取的细节特征点中的为特征点比较多, 如图 5(a); 而二值化之后经过平滑滤波的指纹图提取的细节特征点的为特征点比较明显的减少, 如图 5(b)。



(a) 图 4(f) 的提取结果 (b) 图 4(g) 的提取结果

4 小结

本文通过对常用动态聚类方法的分析后提出了一种兼顾聚类精度和效率的两阶段动态聚类算法的框架。此聚类方法的关键是数据约简过程如何获得尽可能小的候选聚类中心集,而且保持了算法的聚类精度。

本文创新点:本文提出了一种兼顾聚类精度和效率的两阶段动态聚类算法的框架。此聚类方法的关键是数据约简过程如何获得尽可能小的候选聚类中心集,而且保持了算法的聚类精度。

参考文献

- [1]C. -Y.Lee,E.K.Antonsson.Dynamic Partitional Clustering Using Evolution Strategies,In the third asia pacific conference on simulated Evolution and Learning,2000
- [2]Hall,L.O.;Ozyurt,I.B.;Bezdek,J.C.;Clustering with a genetically optimized approach.Evolutionary Computation,IEEE Transactions on,Volume:3 Issue:2,Jul 1999
- [3]Krovi,R.Genetic algorithms for clustering:a preliminary investigation.System Sciences[A],IE-EE Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences[C],1992
- [4]Karkkainen,I.;Franti,P.Dynamic local search for clustering with unknown number of clusters [A].IEEE 16th International Conference on Pattern Recognition[C],Quebec CANADA,2002
- [5]Jung -Hua Wang,Jen -Da Rau,and Wen -Jeng Liu.Two -Stage Clustering via Neural Networks [J],IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS,VOL.14,NO.3,MAY 2003
- [6]高继森,赵杰,张忠辅,张晶.一种增强的 K-means 聚类算法在入侵检测中的应用[J].微计算机信息 2008 3-3
- [7]刘勇国.基于数据挖掘的网络入侵检测研究[博士论文].重庆大学,计算机学院,2003.4.
- [8]Zhong Jiang ,Wu Zhong -Fu,Wu Kai -Gui,Yang Qiang,A Novel Dynamic Clustering Algorithm Based on Immune Network and Tabu Search,Chinese Journal of Electronics 2005,June Vol 2

作者简介:魏娜,(1981.9-),女(汉),陕西人,空军工程大学讲师,主要研究领域为计算机网络安全与数据库技术等;黄学宇,(1980.8-),男(汉),湖南人,空军工程大学导弹学院讲师,主要研究方向为雷达系统分析与仿真、计算机网络安全等;高山,(1983.11-),女(汉),山东人,空军工程大学工程学院博士生,主要研究领域为模式识别、网络安全等。

Biography: WEI Na(1981.9-),female(Han nationality),ShaanXi, lecturer of Air Force Engineering University, engaging in the safe of computer network and database technology.

(710051 陕西西安 空军工程大学) 魏娜

(713800 陕西三原 空军工程大学导弹学院) 黄学宇

(710038 陕西西安 空军工程大学工程学院) 高山

通讯地址:(710082 西安市西门外八佳路 2 号八佳花园 19 号楼 2 单元 302 号) 魏娜

(收稿日期:2009.05.13)(修稿日期:2009.06.15)

(上接第 266 页)

Biography: Ji Zhao-hui (1971.6-), male(the Han nationality), Pizhou Jiangsu Province, lecture of Huai Hai Institute of Technology, (Master's Degree, Research area: DW&OLA Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(222005 江苏连云港 淮海工学院计算机工程学院) 纪兆辉

(225009 江苏扬州 扬州大学信息工程学院) 胡孔法

通讯地址:(222005 江苏连云港市新浦区苍梧路 59 号 淮海工学院计算机工程学院) 纪兆辉

(收稿日期:2009.05.13)(修稿日期:2009.06.15)

(上接第 314 页)

5 结论

本文提出了一套较完整的指纹图像预处理及细节特征点提取的方法,在预处理过程中由于噪声的影响可能会出现毛刺与小孔等伪特征结构,本文对其进行平滑滤波处理,使得特征点的提取更精确,为后面的匹配工作打下更好的基础。

本文创新点:提出了一套较完善的指纹图像预处理与细节特征点提取的方法,在二值化之后的图像中使用了平滑滤波,对在预处理过程中由于噪声的影响,对纹线起到了很好的修复作用。

参考文献

- [1]英琦,张庆林,数学形态学应用于二值图像的细化[J],焦作工学院学报,1997,(4):38-43.
- [2]邹勇军,向健勇,李莎,指纹识别与处理方法[J],激光与红外,2006 4(36):302-304.
- [3]JANG X D ,YAU W Y ,SER W . Detecting the fingerprint minutiae by adaptive tracing the gray-level ridge [J]. Pattern Recognition, 2001,34(5):999-1013.
- [4]孙燕,秦贵和,刘元宁,何磊,指纹识别系统中的图像预处理技术[J],微计算机信息 2007 7-3 301-302.

作者简介:柴海燕,(1984-),女,陕西杨凌人,西安邮电学院硕士研究生,研究方向:信息安全,图像处理;田东平,(1955-),男,安徽泗县人,西安邮电学院信息安全研究中心,教授,博士生导师;范九伦,(1964-),男,陕西西安人,西安邮电学院信息安全研究中心,博士后,教授,博士生导师。

Biography: CHAI Hai-yan (1984-),Female,graduate student of Xi'an University of Post and Telecommunications,major in information security and image processing.

(710061 陕西西安 西安邮电学院信息安全研究中心) 柴海燕 田东平 范九伦

(Information Security Research Center,Xi'an University of Post and Telecommunications,Xi'an 710061,China)

CHAI Hai-yan TIAN Dong-ping FAN Jiu-lun

通讯地址:(710061 陕西省西安邮电学院老校区 343 号信箱)

柴海燕

(收稿日期:2009.05.13)(修稿日期:2009.06.15)

书 讯

《现场总线技术应用 200 例》
55 元 / 本 (免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》
110 元 / 本 (免邮资) 汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616(T/F)