

一种新的掌纹轮廓特征点提取算法

李艳, 吴贵芳, 戴高乐, 李继杰

(河南科技大学 电子信息工程学院, 河南 洛阳 471003)

摘要: 提出了一种对掌纹轮廓特征点进行提取的方法, 该方法首先沿着掌纹边缘线做多个彼此相切的外切圆, 然后通过判断外切圆与掌纹边缘线交点个数来定位角点的大致位置, 最后结合轮廓线近似直线的性质, 得到掌纹轮廓特征点的准确位置. 在定位角点位置的基础上, 为每一幅掌纹图像获得一个 ROI(感兴趣区域), 并通过计算每个区域的特征向量值对数据库中掌纹图像进行匹配. 实验结果表明, 该算法具有较高的效率和匹配精度.

关键词: 角点检测; 生物识别; 轮廓点; 特征提取

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)05-0090-05

A New Algorithm to Extract Contour Feature Points of Palmprint

LI Yan, WU Gui-fang, DAI Gao-le, LI Ji-jie

(College of Electronic Information Engineering, Henan Univ. of Sci. & Tech., Luoyang 471003, China)

Abstract: A method to extract contour feature points of palmprint is proposed. Firstly, a lot of excircles were made along the edge of palmprint, then the approximate corner positions of palmprint can be located by calculating the intersection number of palmprint edges and the excircles, and lastly the accurate corner positions can be achieved by combining the approximate line character of contour. On the basis of corner positions, a consistent ROI (Region of Interest) can be extracted for each palmprint, and feature vectors can be calculated for each ROI to match all the palmprint images in the database. The experimental results show that the method here is more effective and higher in matching precision than traditional methods.

Key words: corner detection; biological identification; contour points; feature extraction

1 引言

生物识别技术已经成为现代生活中一种必不可少的身份鉴别技术. 掌纹作为一种新的识别技术的生物特征, 它相对于其他生物特征有着其自身的优点, 具体表现如下: (1) 掌纹主线具有终身不变性和唯一性; (2) 可以非接触式采集, 操作简单, 易于被用户接受; (3) 具有丰富且稳定的信息来识别个体; (4) 由于是基于低分辨率图像的掌纹识别, 其系统所需要的设备比其他人体特征识别所需要的设备成本低. 因此掌纹识别技术更能满足身份鉴别系统的要求(如: 防伪性、普遍性、抗噪性、低成本性等), 成为身份识别领域中的一种重要方法, 并可在许多领域

内得到应用, 如: 犯罪调查、国家机密数据库、银行密码识别、员工出勤监控等.

在掌纹识别过程中, 如何进行角点的定位和 ROI 区域的选取在很大程度上决定了匹配结果的准确程度. 目前现有的角点定位方法有以下几种: (1) 利用掌纹边缘线到一定点的距离来判断角点的位置; (2) 根据以轮廓点为中心的圆盘内目标及背景所占面积的太小来提取轮廓特征点; (3) 根据区域中灰度的变化来自动获取角点的方法^[1]; (4) 利用附近轮廓点的方向变化来定位角点^[2-3]. 但这些方法运算量较大, 并且对于欠采样的掌纹图像往往达不到理想的效果.

为了满足掌纹识别系统的实时性要求, 提出了

收稿日期: 2009-03-30; 修回日期: 2009-05-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(50074010); 河南科技大学人才科学研究基金项目(09001121)

一种新的角点自动定位算法,该算法是在手掌的边缘线上做多个滚动圆,再通过判断滚动圆与掌纹边缘线的交点个数对角点进行定位.该算法不仅能缩短检测时间,而且能有效地提高角点定位的准确性.

2 掌纹图像的采集

目前采用的掌纹图像,大多是用专用掌纹采集设备直接获取,采集方法简单,图像质量相对比较稳定.图1为在线掌纹样本实例,这种采集方式能得到大量的纹线特征及细节特征,如:主线、皱纹线、乳突纹、点特征等.其中掌纹中的皱纹线和屈肌线在手掌中形状、分布和数量具有终生不变性和唯一性,所以对在线掌纹的分析与研究将成为掌纹识别系统的主要方向.



图1 掌纹原图

3 掌纹图像轮廓的选取

如何得到平滑的轮廓线是准确定位角点的关键.为了解决未经过预处理的掌纹图像含有过多噪声的问题,满足精确定位角点的要求.将先对掌纹图像进行中值滤波,再对二值化图像进行形态学的膨胀的腐蚀处理,实现掌纹区域与背景的分离,得到二值化的掌纹图像,然后利用灰度形态学梯度提取掌纹的轮廓线.

3.1 掌纹图像二值化

图1是由公共数据库中所获得的一幅图像,为原始的256灰度级图像.采用先对图像进行中值滤波的基础上,再利用灰度图像的直方图^[4],如图2所示,求得阈值.阈值设定为10到150之间的局部最小值.由于掌纹图像中的掌纹和背景的颜色相对比较固定,所以可以由直方图的图像决定,将阈值确定为32,然后采用阈值分割法把灰度图像二值化得到

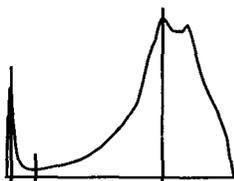


图2 灰度直方图

二值图像如图3所示.

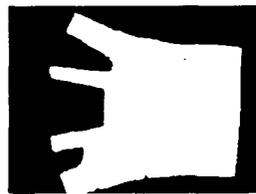


图3 二值化图像

3.2 基于形态学边界的轮廓线提取方法

数学形态学边缘检测方法^[5]主要利用形态学梯度完成图像边缘检测,开运算滤波器在处理图像中仅能通过与结构元素形状一致的图像部分.形态学边缘检测算子是一种非线性差分算子,若将形态学的腐蚀、膨胀、开运算,以及闭运算等基本运算用于图像处理,可构造出形态学梯度算子,用于数字图像的边缘检测.

形态学梯度是形态膨胀运算和腐蚀运算之差,相应的膨胀运算和腐蚀运算如式(1)所示:

$$\begin{cases} (J \oplus B)(x, y) = \max\{J(x-s, y-t) + B(s, t)\} \\ (J \ominus B)(x, y) = \max\{J(x-s, y-t) - B(s, t)\} \end{cases} \quad (1)$$

式中, J 为图像的灰度值, B 为以原点为中心的结构元素的灰度值.

对图3进行形态梯度阈值化,可提取出轮廓线,再进行细化的结果如图4所示.

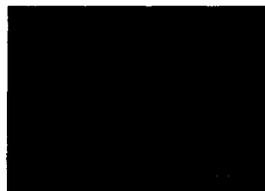


图4 边缘提取图像

4 角点提取和 ROI 定位

4.1 掌纹轮廓角点检测

由图4可以看出掌纹图像的轮廓线里,食指与中指之间,中指与无名指之间,无名指与小拇指之间,轮廓线之间的距离较短,方向变化较快,容易产生夹角.如果将手指的两侧及手掌的边缘假设为直线的话,容易与一定半径的圆,产生交点;而其他范围内方向变化缓慢,甚至没有相邻的边缘线.下面利用这些特征提出一种新的角点检测算法,该算法主要是在掌纹边缘线上做多个彼此相切的圆(与掌纹边缘线相切的外切圆),然后通过判断外切圆与掌纹边缘线交点个数来定位角点的位置.

具体算法描述如下:

(1) 从掌纹图像中搜索右下方的一个点 $Q(X,$

Y),将该点认为是一个起始切点,再在掌纹的边缘线上找到一个点 $P(X_1, Y_1)$,使该点到 Q 点的距离为 5,并将该点记录下来。

(2) 连接当前切点 Q 与前一个切点 P ,求得该线段的斜率为 M ,再过 Q 点在 PQ 线段的垂直线上找到一点 R ,使其到 Q 点的距离为 10,则该点即为圆 Q 的圆心为 $Q_c(X_c, Y_c)$. 相应公式描述如式(2)所示:

$$\begin{cases} \frac{Y_c - Y}{X_c - X} = -\frac{1}{M} \\ \sqrt{(X_c - X)^2 + (Y_c - Y)^2} = 10 \end{cases} \quad (2)$$

式中, (X_c, Y_c) 是圆心的坐标, (X, Y) 是 Q 点坐标, $-\frac{1}{M}$ 是 QR 线段的斜率。

(3) 以求得的圆心点做一半径为 10 的圆,然后判断该圆与掌纹边缘线存在的交点个数(包括切点),一个则继续查找,否则就判断该点与切点分别与圆心相连,所形成的夹角落在哪个范围.如果小于 45° ,则继续向下查找.如果大于 120° ,则将该切点和交点的坐标记录下来,(对于具有三个交点的情况,则把能得到上述角度较大的交点坐标记录下来),作为角点搜索的大致范围,并将圆的半径缩小一半.其中记录下来的交点坐标将被作为检测下一个角点的起始切点。

(4) 利用当前半径的值和前一个圆心点 Q_c 来求取切点.在掌纹线上找寻一点 Q 到 Q_c 点坐标的距离为 d 的点,则 Q 即为所求切点,如式(3)所示:

$$\begin{aligned} \sqrt{(R+r)^2 + r^2} &= \\ \sqrt{(X-X_1)^2 + (Y-Y_1)^2} &= d \end{aligned} \quad (3)$$

当 $R > 1$ 时, $R = R/2^n, r = R/2^{n+1}; n = 0;$

当 $R \leq 1$, $R = R - 0.05n, r = R - 0.05(n+1); n = 0.$

其中 (X_1, Y_1) 是切点 Q_c 的坐标. (X, Y) 是 Q 点坐标, R 为前一个圆的半径, r 为所寻找圆的半径。

(5) 把所求的切点作为当前切点,重复(2)~(4)的操作,直到在角点搜索的大致范围内出现两个以上的切点,假设 P 为角点,就必须考察其前一个切点 P_a 和后一个切点 P_b ,把 P_a 到 P 线段的斜率设为 M_1 , P 到 P_b 线段的斜率设为 M_2 ,然后根据的斜率来判断 P 是否为角点或者角点落在哪个区间内。

具体判断标准如下:

① 当 $M_1 \times M_2 < 0$ 时,说明角度上有一个巨大

的变化,则两点之间必有一个波谷。

② 当 $M_1 \leq 0$ 且 M_2 是垂直的,则角点一定落在 P_a 到 P 之间.其中,当相邻的两个切点同时落在手指或掌纹的同一侧时,则两点之间线段的 M 视为垂直。

③ 当 $M_1 \leq 0$ 且 M_1 是垂直的,则角点一定落在 P_b 到 P 之间。

(6) 利用(5)找到精确的范围或者判断得到 r 小于 1,则将半径每次减少 0.05,继续滚动,重复上述操作,一直找到圆与边缘线有一个以上的交点,且其与圆心的连线所形成的夹角落在 $(85^\circ, 95^\circ)$ 之间或判断得到 $r < 0.5$ 为止,结束循环,并把该切点记录下来,则该切点就是所要寻找的角点,角点定位结果如图 5 所示。

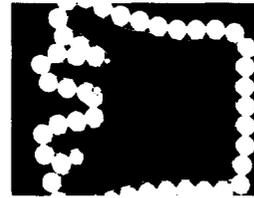


图 5 角点定位图

4.2 ROI 的定位

采用上述方法所寻找的角点中,将会出现四个角点,但由掌纹图像的特点可知,只需采用两端的两个角点,它们分别为食指与中指之间的角点 C 和无名指与小拇指之间的角点 D ,以 C 和 D 的连线为 X 轴,过其中点 M 作垂直于 X 轴的直线为 Y 轴,以此做出掌纹图像的坐标系,然后沿着 Y 轴,在距 X 轴为 30 的位置做一个边长为 160,并且关于 Y 轴对称的正方形,最后在正方形内求最大内接圆的圆形区域,这样,含有掌纹线特征的主要区域便被提取了出来.如图 6 所示。

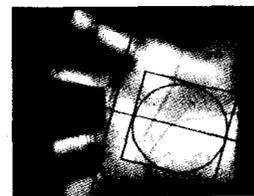


图 6 ROI 提取图

5 特征提取和识别

特征提取在掌纹的识别中起着重要的作用.能否有效地进行特征提取,直接关系到下一步掌纹识别的正确率.目前的特征提取算法大多是从整体上对掌纹的纹理特征进行提取,典型的算法有小波变

换的特征提取,不变矩的特征提取和基于 Gabor 滤波器的特征提取等.由于小波变换的方法方向性不强,容易引起细节的丢失;而不变矩的特征提取方法计算量过大,不符合生物识别系统的要求.在这里采用 Gabor 小波分解^[6]来提取出掌纹特征向量.

一般来说,如果把 Gabor 函数形成完全非正交的基底函数,然后用这个基底扩展的信号提供局部频域描述一类自相似的函数,被称作 Gabor 小波.让 $g(x, y)$ 作为母小波, Gabor 小波变换则可以利用母函数的膨胀和旋转来获得,如式(4)所示:

$$g_{mn}(x, y) = a^{-m}g(x', y'), \alpha > 1, m, n \in N \quad (4)$$

$$x' = a^{-m}(x \cos \theta + y \sin \theta)$$

$$y' = a^{-m}(-x \sin \theta + y \cos \theta)$$

式中, $\theta = n\pi/k$, k 是 Gabor 总的方向数, a^{-m} 为尺度因子.

用上述小波基来构造 Gabor 滤波器,具体如下:

把预处理后的掌纹图像 $I(x, y)$ 分别与第 m 个尺度第 n 个方向 Gabor 滤波器 $g_{mn}(x, y)$ 进行卷积计算,这样便得到了该图像 $m \times n$ 个不同的 Gabor 小波变换,由式(5)得到

$$W_{mn}(x, y) = \sum_{i=1}^M \left(\sum_{j=1}^N I(i, j) g_{mn}(x - i, y - j) \right) \quad (5)$$

式中, U_{mn} 和 σ_{mn} 的大小是按式(6)提取 $W_{mn}(x, y)$ 的均值与方差,作为掌纹的特征向量.

$$\begin{cases} U_{mn} = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |W_{mn}(i, j)| \\ \sigma_{mn} = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (W_{mn}(i, j) - U_{mn})^2} \end{cases} \quad (6)$$

式中, m, n 的值: $m = 0, 1, 2, 3; n = 0, 1, 2, 3, 4, 5$.

因此用 U_{mn} 和 σ_{mn} 组合而成特征向量应为一个 48 维的 T , 具体如式(7)所示.

$$T = [T_0, T_1, \dots, T_i, \dots, T_{46}, T_{47}] \quad (7)$$

其中,

$$\begin{cases} T_{10m+2(n+m)} = U_{mn} \\ T_{10m+2(n+m)+1} = \sigma_{mn} \end{cases}$$

$$(m = 0, 1, 2, 3; n = 0, 1, 2, 3, 4, 5)$$

进行分类决策时,利用方差及协方差的概念,采用式(8),计算出其相关系数:

$$R_{s_1s_2} = \frac{l_{s_1s_2} \times l_{s_1s_2}}{l_{s_1s_1} \times l_{s_2s_2}} \quad (8)$$

其中,

$$\begin{cases} l_{s_1s_2} = \sum_{i=1}^n (S_1 - \overline{S_1})(S_2 - \overline{S_2}) \\ l_{s_1s_1} = \sum_{i=1}^n (S_1 - \overline{S_1})^2 \\ l_{s_2s_2} = \sum_{i=1}^n (S_2 - \overline{S_2})^2 \end{cases}$$

计算两幅掌纹图像的细节特征向量的距离 $D_{s_1s_2}$, 使用样本库测定的阈值 T , 当 $D < T$ 时,判断两个手掌是同一个人的.否则,舍弃.

6 实验结果与分析

实验所采用的掌纹图像是为香港理工大学提供的标准掌纹数据库,该数据库中共有 250 张掌纹图片,其中包括各类人的手掌.每幅图像的分辨率为 75dpi,大小为 384×284 .

设第 i 个人第 j 幅掌纹图片的特征为 p_{ij} , 其中 $i = 0, 1, \dots, 49; j = 0, 1, \dots, 4, 5$. 计算 p_{ij} 与其余的图像的特征向量距离.找出其中最小距离所对应的特征向量 p_{kl} , 判断是否为一个人,如果是同一个人,则认为正确.以此类推,计算出整个系统的检索识别率.

为了证明该算法的有效性,我们对采用四种不同的角点定位算法所获得的 ROI 区域特征进行识别.各种算法的测试结果比对如表 1 所示.

表 1 各种定位方法的匹配结果

方法	图像数量	定位时间/s	识别率/%
欧式距离法	200	5.3	98.0
背景灰度面积法	200	5.0	97.5
边缘线似直线法	200	4.8	98.5
本文方法	200	4.3	98.5

表 1 是在不同角点定位算法下,各取 200 个测试样本所得到的结果.从表 1 可以看出,文中算法比前两种算法具有更高的识别率和识别速度,并且在识别率相等的情况下,比第三种定位算法在时间上缩短了 0.5s.因此,无论从时间方面还是识别效率方面,文中算法都更能满足掌纹识别系统的要求.

但是,对于在采集过程中没有任何要求的掌纹图像,该方法的优势并不明显,尤其对于手指张合程度过小的掌纹图像,得到的结果与上述三种算法相比,没有太大的提高.因此,在将来的研究中,应尽可能在掌纹图像的采集过程中,对其加以控制,防止类似的情况出现,从而提高后期的匹配率.当然,目前流行的定位角点的方法有很多,将来的工作也可以把几种思想结合起来,填补每一种方法所带来的缺

陷,来减少类似的情况对其的限制,真正达到身份识别系统的要求.

7 结束语

为了解决角点定位不准和计算量过大而导致的定位时间过长等问题,提出了一种新的角点定位方法,该方法采用外切圆滚动的方式,通过判断外切圆与掌纹边缘线的交点个数,对角点的大致位置进行几次筛选,最终确定角点的精确位置,并在此基础上建立坐标系.最后以正方形内接圆的方式来提取 ROI 区域,结合掌纹特征及相关知识对纹线特征进行提取和匹配.实验的结果表明该角点检测算法不但能快速准确地对角点进行定位,而且能有效地提高匹配效率.

参考文献:

- [1] 王萌,阮秋琦.掌纹图像的获取及其预处理[J].计算机应用研究,2007,24(6):161-163.
- [2] 张磊,冯贵玉.一种新的掌纹图像感兴趣区域提取算法[J].计算机工程与应用,2007,43(8):40-42.
- [3] Nirupama Srinivasan. Evangelia micheli-tzanakou. palm print recognition: a new algorithm for corner detection using palm anatomy features[C]//International Workshop on

Measurement Systems for Homeland Security, Contraband Detection and Personal Safety. Alexandria, VA, United States: IEEE Press, 2006, 10(18/19): 6-9.

- [4] Kim Myoungcho, Kim Min, Lee Kwaehi. Localization method using vector histogram[C]//International Conference on Smart Manufacturing Application, Gyeonggi-do, South Korea: IEEE Press, 2008: 581-584.
- [5] Wang zhong, Hao Yan-Ling. Bisectional edge extraction algorithm based on mathematical morphology[J]. Journal Of Harbin Engineering University (S1006-7043), 2007, 28(10): 1116-1121.
- [6] Doublet Julien, Lepetit Olivier, Revenu Marinette. Contactless palmprint authentication using circular gabor filter and approximated string matching[C]//International Conference on Signal and Image Processing. Honolulu, United States: IEEE Press, 2007: 511-516.

作者简介:

李艳女,(1983-),硕士研究生.研究方向为数字图像处理、模式识别.

吴贵芳男,(1978-),博士,副教授.研究方向为数字图像处理、模式识别.

戴高乐男,(1985-),硕士研究生.研究方向为虚拟现实.

李继杰男,(1984-),硕士研究生.研究方向为图像处理.

(上接第 89 页)

性改进算法并在 FPGA 硬件平台上实现,为后续图像处理提供了基础.实验结果表明,该系统能够实时实现改进的直方图均衡化算法,验证了 MATLAB 前期仿真结果,达到了预期目标.

文中提出利用视频图像相邻两场直方图的高度相似性特点完成直方图均衡化算法的思想简化了系统结构和逻辑设计复杂度,节省了运算时间和 30% 的硬件成本.这一思想也可适用于与直方图相关的视频图像处理算法.

参考文献:

- [1] 李旭辉,慈林林,胡双演,等.低对比度图像增强算法研究[J].微电子学与计算机,2008,25(6):71-73.
- [2] 许廷发,秦庆旺,倪国强.基于 DM642 融合系统的 A Trous 小波实时图像融合算法[J].光学精密工程,2008,16(10):2045-2050.
- [3] 章毓晋.图像工程(上册)图像处理[M].2版.北京:清华大学出版社,2006:90-93.

[4] 周鲜成,申群太,王俊年.基于微粒群的图像增强算法研究[J].微电子学与计算机,2008,25(4):42-44.

[5] 吉伟,黄巾,杨靓,等.基于 FPGA 的 32 位浮点加法器设计[J].微电子学与计算机,2008,25(6):209-211.

[6] 童超,金庆辉,赵建龙.一种用于 POCT 的嵌入式实时图像采集处理系统[J].光学精密工程,2008,16(4):720-725.

[7] Amos Talmi. FarAway(r)-shoot video through haze, mist and smoke[J]. SPIE, 2005(5811):67-74.

[8] 贺明,王新赛. Nios II 的红外图像实时跟踪系统设计[J].电光与控制,2008,15(3):93-96.

作者简介:

王德俊男,(1984-),硕士研究生.研究方向为数字图像处理.

王建立男,(1971-),博士,研究员,博士生导师.研究方向为电跟踪控制技术.

阴玉梅女,(1960-),副研究员,高级实验师.研究方向为电磁兼容性.

王鸣浩男,(1981-),博士研究生.研究方向为数字图像处理.