

掌纹 ROI 分割算法的研究与实现

张秀峰¹ 张真林² 谢 红²

(大连民族大学机电工程学院 大连 116600)¹ (哈尔滨工程大学信息与通信工程学院 哈尔滨 150001)²

摘 要 掌纹感兴趣区(ROI)分割是掌纹识别的关键步骤,目前掌纹分割方法主要存在定位点不易确定和同类图像 ROI 提取偏移度较大等问题,为改善这些问题,提出一种新的 ROI 分割算法。首先确定手掌图像中的两个指谷点;然后利用手掌轮廓特定区域边界点拟合直线,以该直线为基准,以固定角度的方式建立直角坐标系,利用指谷点找到掌纹信息丰富的区域,确定掌纹的 ROI,最后提取特征矢量进行匹配识别。实验结果表明,该算法分割掌纹 ROI 的准确度高、速度快,对同类图像分割的偏移度更小,掌纹 ROI 的提取率达 98.2%,掌纹正确识别率提高了 3%左右,为基于掌纹的身份认证系统的实现提供了理论和实验依据。

关键词 掌纹识别,图像分割,特征定位,直线拟合,特征匹配

中图分类号 TP391.41 文献标识码 A

Research and Realization of Palmprint ROI Segmentation Algorithm

ZHANG Xiu-feng¹ ZHANG Zhen-lin² XIE Hong²

(College of Electromechanical Engineering, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)¹

(College of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)²

Abstract Palmprint region of interest (ROI) segmentation is a key step of palmprint recognition. The significant problem is that the fixed points are not easy to identify and the deviation of extracting similar image ROI is large in the recent research. So we proposed a new ROI segmentation algorithm to solve the problem. The points of two valleys in the palm are determined at first, then the fitting straight line is gotten by using the special area of palm outline. This paper presented the algorithms to find the palm print information-rich areas by using the two points, and rectangular coordinate system is setted based on the fitting line. After extracting the palmprint ROI, proper vector is matched and recognized. Experimental results show that using this algorithm can find the ROI area more accurately and rapidly, and the segmentation of the same image shift is extremely small. The ROI extraction rate is up to 98.2%, and the palm correct identification rate is increased by about 3%. So the algorithm provides a basis to develop the authentication system based on palmprint recognition.

Keywords Palmprint recognition, Image segmentation, Feature location, Straight line fitting, Feature matching

1 引言

掌纹识别是利用人的手掌掌纹图像对其身份进行认证的一种生物特征识别技术^[1-4]。与其它生物识别技术相比,它具有以下优点:1)掌纹信息量大,可采用的生物特征较多,匹配率高;2)不涉及人的敏感部位,用户易于接受;3)易与手形、指纹等其他生物特征相结合,实现多模态生物识别。

所谓掌纹感兴趣区(Region of Interest, ROI)分割,就是通过特征点定位,针对不同的手掌特点进行相应的调整,然后通过算法从手掌图像中切割出掌纹信息量最丰富的区域,作为后期特征提取的图像。因此,掌纹 ROI 分割是掌纹识别中最重要的步骤之一,其分割效果对掌纹识别系统的性能起着决定性的作用。目前掌纹 ROI 的定位分割方法主要有基于正方形的定位分割方法和基于内切圆的定位分割方法两类^[5-11]。其中后者因为需要反复搜索圆心并调整半径,预处

理时间长,复杂性高,不能用于实时系统。而前者的主要缺陷是分割定位点不易确定,掌纹 ROI 提取的准确率不高。针对基于正方形定位分割方法在实际应用中的不足,提出了一种新的掌纹 ROI 分割方法。该方法首先确定手形的特征点,再通过寻找拟合直线确定参考方向,最后以特征点和拟合直线为参考确定掌纹的 ROI。

2 图像预处理及轮廓提取

图像预处理是掌纹特征识别的前期处理阶段,所用图像为香港理工大学的标准化掌纹数据库的掌纹图像,处理过程如下。

1)图像分割。首先对掌纹图像进行灰度化处理,通过对掌纹图像的研究发现,图像背景颜色较深,目标区域颜色较浅,故采用全局阈值进行分割。绘制灰度直方图,由直方图的信息确定分割阈值。

本文受辽宁省科学技术计划项目(2013216032)资助。

张秀峰(1975—),男,博士,副教授,主要研究方向为生物特征识别、图像处理、光电检测技术与仪器, E-mail: zhxf7710@dlnu.edu.cn; 张真林(1990—),男,硕士生,主要研究方向为生物识别、图像处理; 谢红(1962—),女,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机图形学。

2) 去除噪声。采用形态学运算方法, 首先进行开运算, 去除部分噪声; 再构造结构元素对二值图进行先膨胀后腐蚀的开运算, 从而去除结构噪声。

3) 轮廓提取。根据 8 邻域边界跟踪算法获取图像边界轮廓, 处理结果如图 1 所示。

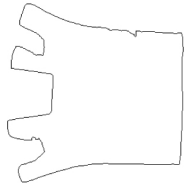


图 1 手掌轮廓图

3 特征点定位

针对图库掌纹图像特点, 同时为了使定位的谷点准确, 算法采用先确定谷点所在区域, 再在区域内运用直线距离的数学运算方法找到指谷点, 具体操作如下:

1) 区域分割, 建立坐标系。如图 2 所示, 首先确定手掌轮廓的边界线, 以图像轮廓作为边界线, 方向分别为水平和垂直, 4 条边界线在平面内相交, 形成一个封闭的矩形。以矩形中心点为坐标原点, 分别以上边界线和左边界线的方向为 y 轴和 x 轴方向建立直角坐标系。定位的谷点均分布在坐标系的第二、三象限, 为减少运算时间, 只对第二、三象限内的轮廓点进行搜索, 其余象限不作考虑。

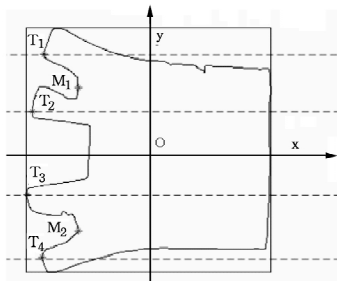


图 2 特征点定位图

2) 缩小区域, 定位谷点。在第二象限内, 可将手指的轮廓线看成连续的曲线, 计算曲线上的点到 y 轴的距离, 找到两个极大值点分别为 T_1 和 T_2 , 谷点即存在于两个极大值点之间的曲线上。在两点之间的轮廓点中搜索到 y 轴的距离最小的点, 将所有满足条件的轮廓点的横纵坐标分别存放到数组 H 和 Z 中, 取中间的点作为该区域的谷点的坐标, 由式(1)和式(2)得到谷点 M_1 的横纵坐标 x 和 y 。同理, 对第三象限内的轮廓点做同样的处理, 找到点 T_3 和 T_4 , 通过计算得到指谷点 M_2 的坐标。

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H(i) \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z(i) \quad (2)$$

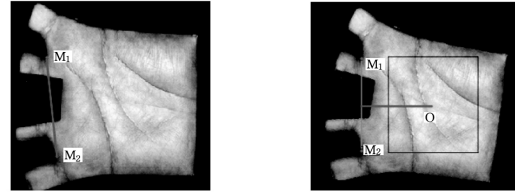
其中, n 为满足条件的点的总数。

4 掌纹 ROI 分割

4.1 传统 ROI 分割方法

在目前的研究中最常用的是基于图像旋转的掌纹 ROI 分割方法, 该方法的基本思想如下: 在图像采集时, 人手发生移动是无法避免的, 为保证同一个人同一只手分割出的掌纹 ROI 区域相同, 需要对图像进行旋转调整^[11]。在图 3(a) 中,

设特征点 M_1 和 M_2 的坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) , 如果 $x_1 = x_2$, 则图像不需要进行调整, 反之则根据特征点坐标对图像进行旋转, 使旋转后的特征点的横坐标相同, 如图 3(b) 所示。掌纹图像旋转调整后, 以点 M_1, M_2 的中点作为坐标原点, 以两点所在的直线为 y 轴, 建立直角坐标系, 如图 3(b) 所示。以坐标原点为起点, 在 x 轴的正半轴截取长度为 $\frac{3}{4} |M_1 M_2|$ 的线段, 得到点 O , 以点 O 为中心点, 截取一个与坐标轴相平行的正方形 (大小一般为 128×128), 该正方形即为掌纹的 ROI。



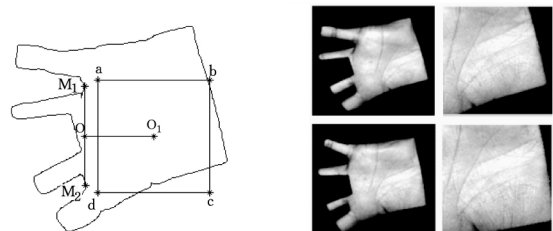
(a) 旋转前

(b) 旋转后

图 3 特征点定位图

4.2 固定角度的 ROI 分割方法

通过对上述掌纹 ROI 分割方法的大量实验和分析, 发现其存在较大的缺陷和不足。首先由于图像是离散的, 旋转后的像素点要进行插值等操作才可实现图像的旋转, 且旋转一幅图像花费时间较长, 这大大降低了系统的效率; 其次, 当两个指谷点的横坐标相差较大时, 易造成区域分割的不准确, 如图 4 为旋转图像的分割示意图和实验仿真图, 可见此种情况下掌纹 ROI 分割区域存在较大偏差。针对上述不足, 提出一种基于拟合直线固定角度的分割方法。为更好地体现算法的优势, 选取两谷点横坐标相差较大的测试者手掌图进行验证, 具体步骤如下所示。



(a) 切割原理图

(b) 实验仿真图

图 4 特殊情况下的旋转切割

4.2.1 选取拟合直线

首先在手掌轮廓线中选取一条稳定的直线作为 ROI 分割的参考基准。通过对库中大量掌纹图像的分析发现, 在采集图像时, 虽然手指张开具有随意性, 但小拇指一侧的后边缘区域的手掌轮廓线的方向几乎不变。根据这一特点, 对图 2 中第一象限轮廓线的后边缘点进行截取, 对截取点采用最小二乘法拟合出一条直线。

设直线的方程表达式为:

$$y = kx + b \quad (3)$$

其中, k 为直线的斜率, b 为直线在 y 轴上的截距, 根据手掌边缘轮廓的测量值求出 k 和 b 的最值。 (x_i, y_i) 为手掌边缘轮廓上各点的测量值的坐标, b_0 和 k_0 为 b 和 k 的近似值。令

$$b = b_0 + \delta b$$

$$k = k_0 + \delta k$$

以 y 作为因变量, 以 x 为自变量, 误差方程为:

$$v_{y_i} = [x_i \quad 1] \begin{bmatrix} \delta b \\ \delta k \end{bmatrix} + (b_0 x_i + k_0 - y_i)$$

误差方程的矩阵表达式为：

$$A\delta X=L+V$$

其中，

$$A=\begin{bmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & 1 \end{bmatrix}, L=\begin{bmatrix} b_0x_1+k_0-y_1 \\ b_0x_2+k_0-y_2 \\ \vdots \\ b_0x_n+k_0-y_n \end{bmatrix}$$

$$V=\begin{bmatrix} v_{y1} \\ v_{y2} \\ \vdots \\ v_{yn} \end{bmatrix}, \delta X=\begin{bmatrix} \delta b \\ \delta k \end{bmatrix}$$

由最小二乘法准则(min 代表最小值)得：

$$V^T V=\min$$

即

$$\sum_{i=1}^n \|bx_i - k - y_i\|^2 = \min$$

其最小二乘解为：

$$\hat{\delta X}=(A^T A)^{-1} A^T L \quad (4)$$

从而得出 k, b 的值,代入式(3)即得拟合方程,拟合直线如图 5(a)所示。

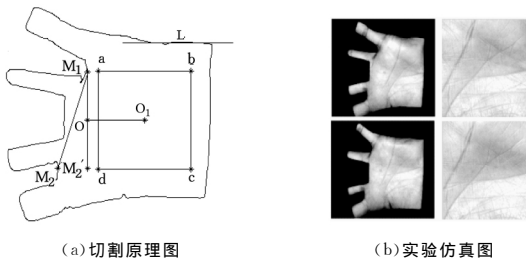


图 5 改进算法下的 ROI 分割

4.2.2 图像校正和掌纹的 ROI 分割

在图 5(a)中,以指谷点 M_1 为固定点,在点 M_2 所在行上搜索点 M_2' ,使得直线 M_1M_2' 与基准直线 L 垂直。取线段 M_1, M_2' 的中点 O 作为起点,在平行于基准直线 L 方向的直线上截取 O_1 点,使线段 OO_1 的长度 $R = \frac{5}{8} |M_1M_2'|$,则 O_1 点确定为掌纹有效区域的中点。以点 O_1 为中心点截取 128×128 的正方形,正方形的两个方向分别平行于基准直线 L 和直线 OO_1 ,则该正方形区域即为掌纹的 ROI 区域。图 5 是改进算法下特殊图像的图和实验仿真图。该算法的掌纹分割 ROI 原理如图 5(a)所示;同一人同一只手的两张掌纹图像的处理结果如图 5(b)所示,与图 4(b)对比发现采用该方法分割出的掌纹 ROI 更准确。

5 掌纹的特征提取与匹配

采用基于二维 Gabor 小波的掌纹特征提取方法,该算法的基本原理详见参考文献[12]。对一幅掌纹图像的 ROI 进行 Gabor 变换,在 5 个空间频率和 4 个方向上进行采样,共组成 20 个滤波器提取 Gabor 掌纹特征。用傅里叶变换来描述图像函数与 Gabor 核函数的二维卷积,对由变换获得的图像矩阵进行分块,分成 2×2 的小块,计算每一块的均值和标准差,用均值和标准差作为特征信息。通过对一幅图像的卷积和分块处理共获得 $20 \times 4 \times 2 = 160$ 个特征信息。由这 160 个特征信息作为特征矢量。

采用平方差来衡量不同图掌纹图像间的相似度,实现掌

纹的匹配。平方差计算公式如式(5)所示,其中, x_i 和 x_i' 分别代表两幅掌纹图像对应的特征值, $n=160$ 。 D 的值越大表明相似度越高。当相似度超过一定的阈值时则认为两幅图像为同一个人的手掌。

$$D = \sum_{i=1}^n (x_i - x_i')^2 \quad (5)$$

6 实验结果与分析

实验 1 验证本文所提出基于直线拟合的掌纹 ROI 分割算法的可行性,并与基于图像旋转的掌纹 ROI 分割算法的效果进行比较。采用香港理工大学生物识别研究中心公开的数据库中的掌纹图像作为研究对象,共选取 600 幅图像(100 个人,每人 6 幅图像),图像大小为 384×284 ,分割出的掌纹 ROI 大小为 128×128 。一般实验对象的掌纹图像在两种算法下进行的掌纹 ROI 分割效果如图 6 所示;指谷点 M_1, M_2 横坐标相差较大的实验对象的掌纹 ROI 分割效果如图 7 所示;同一实验对象的掌纹 ROI 分割效果如图 8 所示。表 1 为掌纹 ROI 分割实验统计结果。

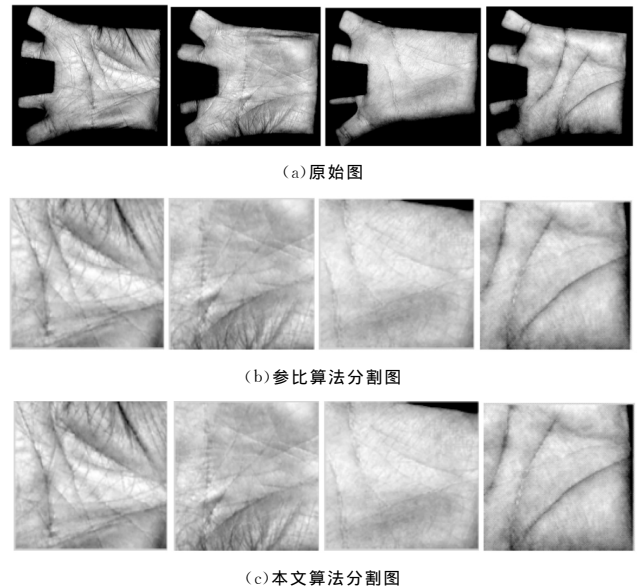


图 6 两种算法对一般掌纹图像的分割图

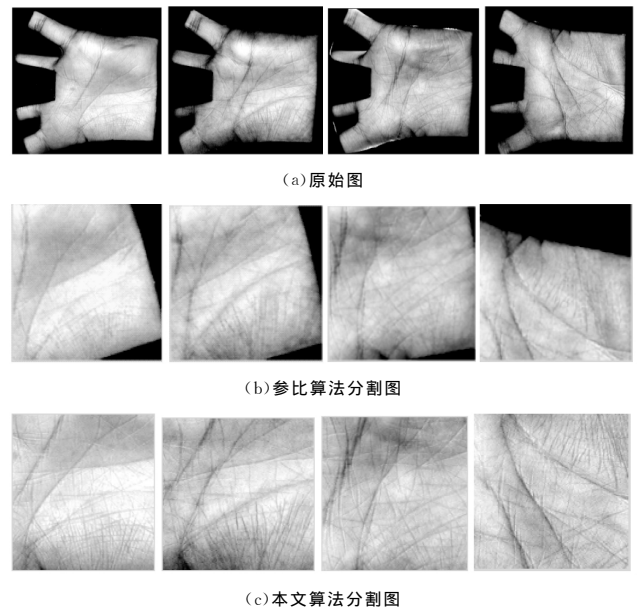


图 7 两种算法对特殊掌纹图像的分割图

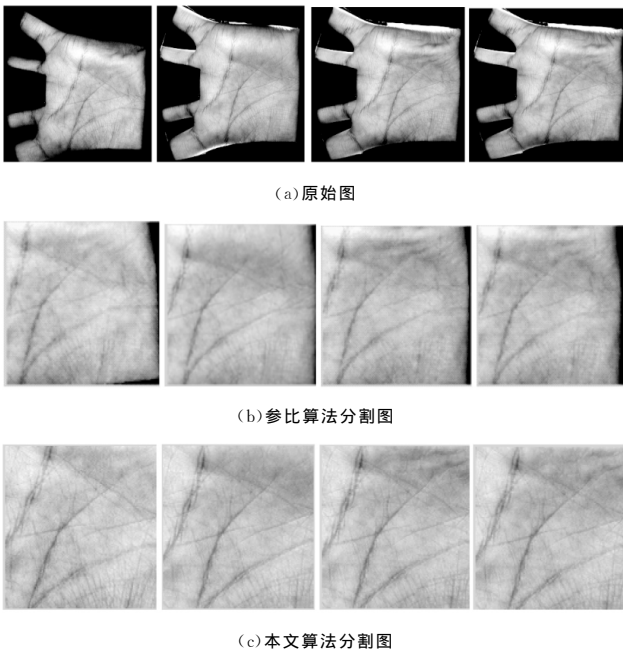


图 8 两种算法对同一个人的掌纹图像分割图

表 1 ROI 提取实验效果及匹配率

	测试 图像数	成功 提取数	准确 提取数	平均运行 时间(s)
本文算法	600	590	589	1.62
参比算法	600	590	572	3.01

由 3 组图像对比结果可知,与参比算法相比,本文提出的算法的适用范围更广且分割出的 ROI 更稳定,且当两个指谷点的横坐标相差较大时,仍然能够有效、准确地分割出掌纹 ROI。由表 1 可以看出本文提出的分割算法在准确性(ROI 为具有丰富特征信息的区域)上具有明显优势;另外,本文所提算法的运行时间明显减少,大约为参比算法的一半。实验结果表明本文提出的算法具有准确度和高精度及速度快的特点。

实验 2 验证实验 1 所述两种算法分割出的掌纹 ROI 在相同匹配方法下的匹配效果。由于实验 1 中两种算法掌纹 ROI 准确提取数分别是 589 和 572,未能准确提取的掌纹图像同时隶属于 5 个人,本实验中将这 5 人剔除。所以本实验测试对象为 570 个(95 个人,每人 6 幅图像,更换 6 次实验样本进行 6 次实验),掌纹 ROI 图像大小为 128×128 ,匹配拒绝阈值为 200 个像素,表 2 为匹配实验统计结果。

表 2 两种 ROI 提取方法下的匹配结果

		F1	F2	F3	F4	F5	F6
本文算法	正确匹配	89	93	92	90	91	89
	错误匹配	1	1	1	2	3	4
	拒绝	5	1	2	3	1	2
参比算法	正确匹配	86	93	91	82	87	87
	错误匹配	4	1	2	9	4	3
	拒绝	5	1	2	4	4	5

由表 2 可知两种算法提取的 ROI 在相同匹配算法下均可以实现匹配。由于本文提出的算法所提取的同一个人的

ROI 偏移度更小,提高了准确率,所以正确匹配数量略高,而且错误匹配和拒绝的数量更少。实验结果表明本文提出的算法提取的 ROI 偏移度更小,算法可靠。

结束语 本文主要研究了掌纹图像处理中 ROI 的定位分割问题,针对典型的 ROI 分割方法中分割时间长、特征点不稳定和准确率不高的问题提出了一种基于拟合直线的固定角度的分割方法。以手掌小拇指一侧后边缘区域轮廓线上的点拟合出的直线为基准直线,将固定特征点中点作为参考点,建立直角坐标系,在该坐标系中实现掌纹 ROI 分割。所提算法弥补了原有算法的不足,降低了图像采集时图像旋转和平移的影响。利用二维 Gabor 小波完成掌纹特征提取,确定特征矢量,实现掌纹匹配。通过实验验证表明,与原有算法相比,本文算法在计算效率与准确率方面都有较大优势,计算时间大大缩短,而且更易于实现,为基于掌纹的身份认证系统的实现提供了理论和实验依据。

参 考 文 献

- [1] David L, Fujitsu UK. Biometrics and retail: moving towards the future[J]. Biometric Technology Today, 2014, 2: 7-9
- [2] 赵志刚, 吴鑫, 洪丹枫, 等. 基于信息熵的 GLBP 掌纹识别算法[J]. 计算机科学, 2014, 41(8): 293-296
- [3] Rathgeb C, Uhl A. A survey on biometric cryptosystems and cancelable biometrics[J]. EURASIP Journal on Information Security, 2011, 2011(1): 1-25
- [4] 曹维清, 李瑞峰, 赵立军. 基于深度图像技术的手势识别方法[J]. 计算机工程, 2012, 38(8): 16-18
- [5] Zuo W, Zhang H, Zhang D. Post-processed LDA for face and palmprint recognition-what is the rationale[J]. Signal Processing, 2010, 90(8): 2344-2352
- [6] Zhang D, Lu G, Li W. Palmprint recognition using 3-D information[J]. IEEE Trans on Systems, 2009, 39(5): 505-519
- [7] Xu S, Suo J, Ding J. Improved linear discriminant analysis based on two-dimensional Gabor for palmprint recognition[C]// 2011 International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR). IEEE, 2011: 157-160
- [8] Tian Q C, Li Z L, Zhu Y C. A novel palmprint segmentation and recognition algorithm[C]// 2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). IEEE, 2010, 1: 273-276
- [9] 苑玮琦, 李燕. 手形特征点定位方法[J]. 计算机应用, 2010, 30(12): 3311-3313
- [10] Xu S, Suo J D, Zhao J Y. Research on the Location and Segmentation Technologies in Palmprint Identification[J]. Key Engineering Materials, 2011, 474-476: 782-785
- [11] 刘明, 李丽华, 李哲. 基于指导滤波与二值图像组互相关匹配的 3D 掌纹识别[J]. 计算机科学, 2014, 41(9): 301-305
- [12] 徐婉莹, 黄新生, 刘育浩, 等. 一种基于 Gabor 小波的局部特征尺度提取方法[J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(1): 72-78