

指纹识别图像特征点提取及指纹匹配的研究

林香宜 谢敏* 何华光

广西大学计算机与电子信息学院, 南宁 530004

摘要 本文主要采用领域判别法, 在预处理所得细化图上提取指纹特征点, 主要提取出现次数多且稳定的端点和分叉点, 同时对指纹进行去除伪特征点的处理。指纹匹配基于特征点设置三层匹配的对比方式, 并设置三个阈值, 通过阈值判断两个指纹图像是否是同一个指纹。本文使用MATLAB编程实现所有过程, 并给出处理结果。图像处理结果表明, 该方法能够有效地增强指纹图像的强度, 提高图像的质量, 获得高质量的指纹图像, 具有一定的应用价值。

关键字 领域判别法, 细化图, 伪特征点, 指纹匹配, MATLAB

The Reach of Extract Fingerprint Feature Points and Fingerprint Matching

Lin Xiangyi Xie Min He Huaguang

School of Computer, Electronics & Information of Guangxi University

Nanning 530004, China

gxxiemin@163.com linxiangyi@stu.jnu.edu.cn

Abstract—This paper briefly use the domain discrimination method is used to extract fingerprint feature points on the detailed map obtained by preprocessing, mainly extracting endpoints and bifurcation points with a large number of occurrences and stability, and removing pseudo feature points from fingerprints. Fingerprint matching sets the comparison method of three-layer matching based on feature points, and sets three thresholds to determine whether two fingerprint images are the same fingerprint. This article implements all procedures using MATLAB programming and gives the processing results. The image processing results show that this method can effectively enhance the intensity of fingerprint images, improve image quality, and obtain high-quality fingerprint images, which has certain application value.

Keywords—the domain discrimination method, detailed map, pseudo feature points, Fingerprint matching, MATLAB

1 引言

指纹图像增强和特征提取是指纹验证中最重要的阶段。系统的鲁棒性完全取决于其增强劣质图像并从中可靠地提取细节的能力。特征抽取是指从细化后的指纹图像中提取代表指纹图像特征的数据。我们之前所讨论的指纹图像预处理的目的是, 就是要为指纹的特征提取和最后识别奠定一个良好的基础, 以确保整个系统的识别率相对较高。指纹的特征点有端点、分叉点、三角点、中心点、桥接点等, 其中端点和分叉点是出现次数最多, 并且容易被检测到的, 通过对比端点和分叉点, 可以唯一确定一个指纹。因此本文选择提取的特征点是端点和分叉点。

指纹匹配要解决的问题是, 如何判断给定的两幅图像是否是来自同一人的同一根手指的指纹, 主要是通过对比指纹图像的特征进行模式对比, 来进行判断的。在自动指纹识别中, 指纹匹配是最后一步, 也是非常关键的一步。

2 特征点的处理

2.1 特征端点和叉点的提取

以指纹细化图为基础, 提取指纹的细节特征点, 根据指纹细节特征中出现概率最高且较稳定的原因, 选择提取指纹的端点和交叉点。首先设置函数找出指纹图像中的端点和交叉点, 并做好坐标标记, 接着对指纹进行平滑处理去除伪特征点后再次标记出新的端点和交叉点。最后设置三个函数从标记的端点中找出其周围一定范围内没有其他端点或叉点的比较独特的点, 完成指纹特征点的提取。

图1所示8领域点图形中, 以P点为当前检测的像素点(黑色代表脊线数值为0, 白色代表背景数值为1, 相邻点组成3×3模块)。

计算所有相邻的两个点像素的差的绝对值之和, 计算公式如式(1):

$$M = \sum_{i=1}^8 |P_{i+1} - P_i| \quad (1)$$

*通讯作者: 谢敏 gxxiemin@163.com



图 1 全局阈值二值化指纹图像

其中, $P_0=P_1$, 如果 $M=2$, 即领域内只有一个黑像素点, 当前检测的点为端点, 共有八种情况 (如图 2 所示); 如果 $M=6$, 表明领域中有三个互不相连的黑像素点, 当前的点为叉点 (如图 3 所示)。通过此方法, 可以找到所有端点和叉点的位置并存于三维数组中。

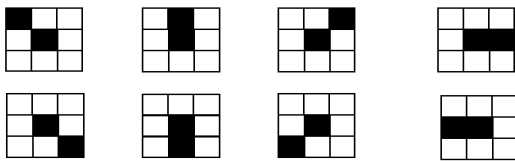


图 2 端点8邻域示意图

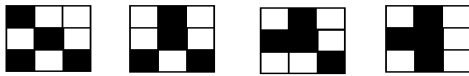


图 3 叉点的四类模型

运行MATLAB得到的标出端点和交叉点的图像如图 4 所示。从图中可以看出, 有比较多的毛刺等伪特征点也被当做叉点或者端点被标记出来了, 接下来需要进一步对细化图进行光滑处理, 去除伪特征点, 减少误识率。

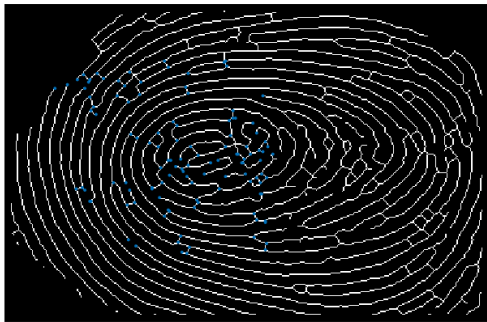


图 4 标出端点和交叉点的细化图

2.2 去除伪特征点

由于指纹采集装置的作用, 再加上指纹图像中的噪声, 使得指纹中有许多虚假特征点。在低质量的指纹图像中, 其存在的伪特征点多达数万个, 提取特征时就会提取到许多伪特征点, 严重影响了后续的指纹图像匹配效率和识别效果, 还降低了指纹识别性能, 因此需要去除这些伪特征点。

在预处理时, 已经对指纹图像进行细化处理, 去除毛刺和空洞。这里为了消除某些虚假的特征点, 还需对细化后的图像做进一步的平滑处理。基本原理为: 找到每一个端点, 让该端点沿着纹线方向走动 5 个像素, 如果在 5 个像素内出现交叉点, 则认为该端点是毛刺, 需要去除此端点。

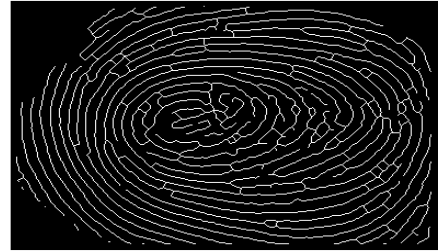


图 5 光滑处理的指纹图像

对比图 4 和图 5 的指纹图像, 一些虚假的特征点, 即毛刺点被删除了。得到光滑后的图像, 再次画出新的端点和交叉点, 如图 6 所示。

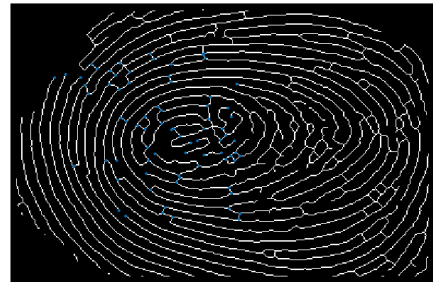


图 6 光滑处理后标出端点和交叉点

但在实际应用中, 因采集器的原因, 会导致指纹图像的边界处有大量的端点, 这不但会增加后续工作的难度, 而且会引起误差。因此必须消除这些端点, 得到如图 7 所示的所需图像。

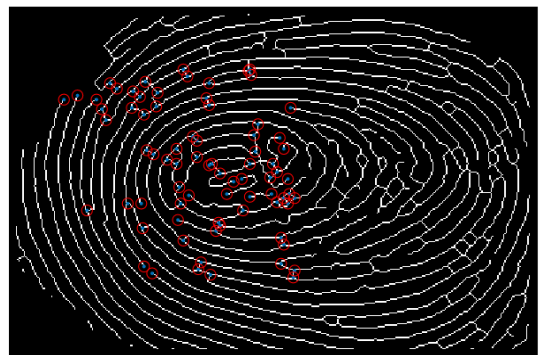


图 7 去除边缘端点后的图像

2.3 特征点的找取

去除了指纹图像中的伪特征点后, 为了实现指纹图像的后匹配, 本文设计了三个函数, 以确定指纹图像的特征点。

(1) single_point函数

去除虚假特征点和边缘端点后, 指纹细化图中的端点和叉点个数进一步减少。接下来要在指纹细化图像中找出一些独特的端点。指纹细化图像中的一个端点, 如果在其半径为 r (r 为像素的个数) 的范围内都不能找到其他的端点和叉点, 换句话说就是某个端点的周围以 r 为半径的圆内只有它一个端点, r 越大这样的点就越少, 所以这些点就比较特殊。本文设计single_point函数去找这些特殊的端点, 取半径 $r=10$, 并用红点标记。运行结果如图8所示。有6个端点满足周围以10个像素为半径的圆内没有其他的端点和交叉点, 并用红点来标出这6个特殊的端点。

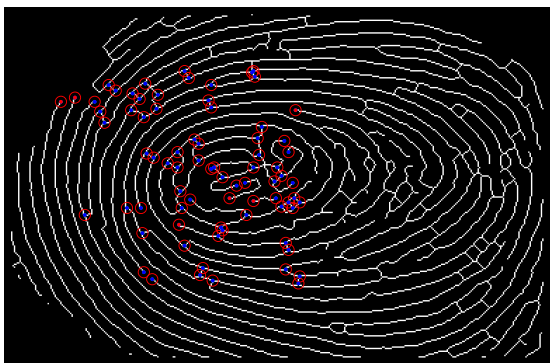


图8 满足single_point函数的特征点

(2) walk函数

用来判断某个端点在num距离内是否有其他的端点。如果遇到则返回error=1。此函数用在其它函数中调用, 用来给某个端点移动距离设置的。

(3) last1函数

以上两个函数都是为了找细化图像中的独特的特征点, 需另外设计一个函数last1, 主要功能是: 检测半径为 r 的圆范围内的所有端点和叉点, 确定距离脊向为num距离内没有其他端点和叉点。

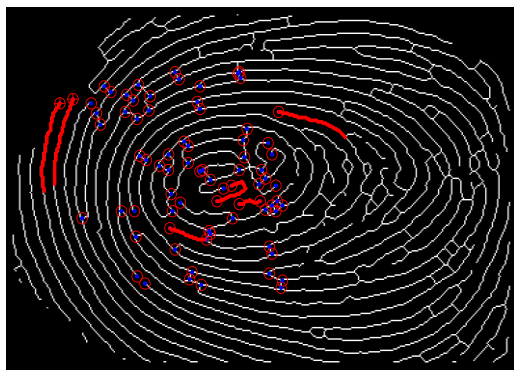


图9 执行last1函数后的图像

本文选取 $r=10$, $num=60$, 运行结果如图9所示。图9选择的半径 $r=10$ 与single_point函数中选择的半径

相同, 所以在图4-7的基础上进行操作, 红色纹线为沿着满足条件的红色端点走一定距离的纹线, 其中有两个可以走到规定的距离, 60个像素距离, 这两个端点就是需要找的特征点, 还有4个走了一定距离遇到端点或者交叉点就停止了。至此, 每一个指纹图像的特征点都可以被找出并做好标记。

3 指纹匹配的处理

3.1 指纹匹配的方法

指纹特征匹配除与特征提取紧密相关外, 通常还需要根据特定的应用场合进行算法设计。目前有以下四种主流的匹配方法:

(1) 模板匹配

该方法大多是从指纹纹理信息中进行识别。例如对两个指纹进行指纹对比并对其进行插值改进模板, 通过对模板间相似度的计算获得两个指纹匹配的结果以实现个人身份识别。模板匹配方法具有匹配速度快等特点, 但在设置模板时往往要经过多次过滤, 过滤所需时间对登录速度有较大影响。对很多种类类似的指纹在宏观上刻画的模板鉴别能力不够。

(2) 图像匹配

该方法吸取了普通图像匹配思想, 在指纹图像中寻找参考点后, 通过对完整的指纹图像进行相关性分析, 计算出两幅图像间的相似性, 进而进行身份识别。这种方法最适合联机识别, 但受指纹质量的影响较大, 需要采集者的配合。该方法尤其适合变形和质量差的指纹, 缺点就是匹配速度比较慢。

(3) 细节匹配

该方法靠的是指纹特征点间的对应关系不变的特点。点模式匹配就是一个典型的代表, 它通过提取指纹细节点特征并构造点集, 再比较输入指纹与模板指纹的细节点集。几何变换输入指纹的细节点, 搜索模板指纹相应细节点, 当重合面积内所搜索到细节点个数满足某一阈值范围时, 二者可以认为是出自同一个手指。

(4) 纹线匹配

该方法以纹线为指纹匹配的直接目标, 先比较两条纹线间的相似性, 再计算并判断其相邻纹线的匹配性, 进而以相似性最高的纹线为参照, 去计算其它脊线的匹配度。与点模式匹配相比较, 该类方法在纹线匹配与否的判定上多有不足, 且速度慢。受非线性形变影响, 纹线严格匹配关系很难精确地建立。

3.2 指纹匹配

假设已经找到指纹细化图中的端点和交叉点, 并

在数组中对这些特征点的位置进行标记了。本文采用细节匹配的方法设置了三层匹配去验证两幅指纹图像是否匹配。在这三层匹配中建立三个阈值，匹配时超过了这个阈值，则指纹匹配失败；否则指纹匹配成功。

(1) 脊线长度匹配

具体步骤如下：以其中一个特征点为目标，调用walk函数，沿着脊方向的走向，每隔五个像素测量一次，计算到原始端点的距离，将其存于数组d中。

两个指纹细化图像的纹理是一样的，则这两个指纹就有相同的端点和叉点，有相同脊段，则在两枚指纹长度数组中，对应位置上的比例会大概相等。使用(2)式计算。

$$f = \sum \left| \frac{d1}{d2} - 1 \right| \quad (2)$$

如果f的值越接近于0，这两幅图像就越匹配。

(2) 三角形边长匹配

第二层匹配是三角形边长的匹配，三个特征点构成的一个三角形，有三条边，对比两幅指纹图像中三角形边长的比例是否相似。具体步骤如下：

① 以一副指纹图像中标记的某个特征点为目标，设置find_point函数寻找与该目标距离最近的两个特征点，这两个特征点和目标点可以构成一个三角形。

② 计算出三角形的三边长度，两幅指纹图像的边长分别记在dd1和dd2数组中。

计算两幅图像中三角形的对应边长比例减去1的绝对值之和，计算公式如式(3)。

$$ff = \sum_1^3 \left| \frac{dd1}{dd2} - 1 \right| \quad (3)$$

如果ff与0值越接近，这两幅图像就越匹配。

(3) 点类型匹配

第三层匹配是点类型的匹配，主要是对比两幅指纹中端点或交叉点的个数是否相似。具体步骤如下：

① 以一副指纹图像中标记的某个端点为目标，寻找其周围端点或者交叉点个数总数为三十个，分别统计端点和交叉点的个数，分别标记为n11和n12。

② 另外一副指纹图像同样统计特征点中端点和交叉点的个数，记为n21和n22。

③ 用(4)式计算两幅指纹细化图像中端点占比，如果fff越靠近0，表明这两幅指纹图像就越匹配。

$$fff = \left| \frac{n11 - n21}{n11 + n12} \right| \quad (4)$$

要给这三个值设置阈值，当实验结果所得到的值在阈值范围内，就可以认定这两幅指纹图像是匹配的。在多次实验测试下，本文取定三个阈值：f=0.5, ff=0.2, fff=0.2。两幅指纹图像经过三层匹配所得到的三个结果f, ff, fff的值若均小于阈值，则两幅指纹图像匹配，即可认定是来自同一个人的同一手指的指纹；若三个结果中至少有一个的值超过阈值，则表示这两幅指纹图像不匹配。

对指纹1和指纹2进行匹配，结果显示如图10所示。f和ff的值均大于阈值，说明这两个指纹图像不匹配，不是来自同一人的同一根手指的指纹。

zhiwen1和zhiwen2的匹配结果为：
f=2.011823
ff=0.582173
fff=0.181818

图 10 指纹1和指纹2匹配结果

对指纹4和指纹5进行匹配，结果如图11所示。f, ff, fff的值均小于阈值，表明指纹4和指纹5是来自同一个同一根手指的指纹。

zhiwen4和zhiwen5的匹配结果为：
f=0.359464
ff=0.079955
fff=0.095238

图 11 指纹4和指纹5匹配结果

4 结束语

本文主要介绍了指纹特征点提取的方法及指纹图像细节匹配方法，指纹特征点的匹配方法，主要设置三层匹配进行图像的匹配，分别是脊线长度匹配、三角形边长匹配和特征点类型匹配，三层匹配都会返回一个结果。返回的结果与阈值对比，如果均小于阈值，则两幅指纹图像匹配成功。

本文研究了基于图像处理的指纹细节特征匹配算法，该算法可以完成指纹特征点的提取和特征点匹配的工作。在MATLAB平台上进行实验的结果表明，该方法能够有效地增强指纹图像的质量，提高图像的质量，获得高质量的指纹图像，具有一定的应用价值。

参考文献

[1] S. Vaikole, S. D. Sawarkar, S. Hivrale, et al. Minutiae Feature Extraction from Fingerprint Images[C].2009 IEEE International Advance Computing Conference, Patiala, India, 2009, pp. 691-696.
[2] 王霞英. 基于MATLAB GUI 指纹图像特征提取与对比的研究[D]. 太原: 中北大学, 2013.
[3] H. M. Ali and S. Corraya.Line profile-based fingerprint matching[C]. 2016 International Workshop on Computational Intelligence (IWCI), Dhaka, Bangladesh, 2016, pp. 115-119.

- [4] 李金铎. 基于图像处理的指纹识别算法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2016.
- [5] 任毅. 指纹识别系统的研究和实现[D]. 南京: 南京邮电大学, 2019.
- [6] 王敏, 杨永跃, 洪占勇. 基于 MATLAB 指纹图像处理与识别的研究[J]. 电脑知识与技术, 2014, 10(10):2359-2362.
- [7] 肖大雪. 基于 MATLAB 的指纹识别研究与实现[J]. 科技广场, 2014,(8):30-37.
- [8] J. Yang, W. Zhong and Z. Miao. On the Image enhancement histogram processing[C]. 2016 3rd International Conference on Informative and Cybernetics for Computational Social Systems (ICCS), Jinzhou, China, 2016, pp. 252-255.
- [9] 陈欣. 指纹识别处理关键技术研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2017.
- [10] 王双. 一种改进的中值滤波算法[J]. 电子技术, 2007, (11):120-123.