

手指静脉图像质量评价

王科俊, 刘靖宇, 马慧, 李雪峰
(哈尔滨工程大学自动化学院, 黑龙江哈尔滨 150001)

摘要: 根据手指静脉图像本身的特征, 首次提出了手指静脉图像质量评价方法. 在分析人类视觉系统(HVS)性能的基础上, 将图像有效区域、对比度、位置偏移度、模糊度、信息熵作为评价手指静脉图像质量的参数, 并综合分析这些参数, 加权获得静脉图像总质量评价函数. 实验表明, 得到了与主观评价结果相一致的客观评价价值.

关键词: 静脉图像; 图像质量评价; 有效区域; 对比度; 位置偏移度; 模糊度; 信息熵

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 16734785(2011)04-0324-04

A finger vein image quality assessment method

WANG Kejun, LIU Jingyu, MA Hui, LI Xuefeng

(College of Automation, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: According to the features of finger vein images, a new evaluation method of image quality was proposed in this paper. On the basis of the analysis of the Human Visual System(HVS) function, the image properties such as effective region, image contrast, position offset, fuzzy degree, and information entropy were utilized as the parameters of finger vein image quality assessment. Then an evaluation function of vein image quality was obtained through comprehensive analysis and weighting of those parameters. The experimental results show that the objective evaluation value is in accordance with the subjective evaluation value.

Keywords: vein images; image quality assessment; effective region; contrast; position offset; ambiguity; information entropy

图像质量评价是一个经典的研究课题, 其目标是设计算法以给出和人的主观感受相一致的客观评价价值. 图像质量评价分为主观评价和客观评价. 其中, 主观评价主要是根据评定标准和评价尺度以及肉眼对图像的视觉感受对图像的质量进行评价; 客观评价是根据给定的测量标准, 对构成图像的有关物理参量进行评价的方法. 生物特征识别系统的性能与图像质量密切相关, 采集到高质量的图像是图像处理的首要前提, 也是进行特征提取和识别的基础. 在实际应用中, 由于被采集者本身的特性、采集环境和采集设备的性能等因素的影响, 往往使采集到的图像存在着较多的噪声, 导致识别的

准确性下降. 为使图像处理过程具有一致性, 降低图像质量对识别结果的影响, 提高系统的识别精度, 提出一种客观、稳定、科学的图像质量评价标准十分必要.

目前, 国内外有关学者对图像质量评价进行了一些初步探讨, 提出了一些质量评价方法: ; Duogman^[3]采用计算傅里叶频谱高频能量的方法判断虹膜图像是否清晰; Zhang等^[4]通过分析瞳孔、虹膜之间的边界梯度判断图像是否清晰; Ma等人^[5]定义了一个描绘算子从频域的角度来描述虹膜图像质量; Bofle等人^[6]将纹像素块的有方向区域和无方向区域的面积比作为质量的度量, 有方向区域所占面积的比率越大, 图像质量越好. 胡庆杨等^[7]从人脸位置、图像对比度、图像清晰度、图像明亮度对人脸图像质量进行了评价; 熊新炎^[8]对指纹和手背静脉图像的整体质量进行了评价; 崔建江等^[9]采用了信息容量、能量谱一熵、伪信噪比的方法对手背静脉图像质量进行了评价, 分析了每种方法所适用的场合,

收稿日期: 2010-10-09.

基金项目: 国家"863"计划资助项目(2006AA04Z248); 国家自然科学基金资助项目(60975022).

通信作者: 王科俊. E-mail: heykejun@shou.com

并将图像质量评价结果应用到光强控制,设计了集红外采集、红外图像质量评价和红外光源调控于一体的光源装置,是比较好的一种质量评价方法。但是,目前针对手指静脉图像尚没有一个被广泛认可的完整的质量评价体系。在采集手指静脉时,由于采集环境光线变化、各人手指厚薄不一、每次放置位置不同,经常会出现手指不到位、曝光过度或不足、图像边缘模糊等图像质量问题;导致静脉系统的拒识率和误识率升高,不能进行有效识别。

由此,在前人工作基础上,针对手指静脉本身的结构特性,以人类视觉对图像的认知功能特征为基础,综合分析了影响手指静脉图像质量的各种因素。采用对比度、位置偏移、有效区域、方向模糊度、信息熵5个评价图像的物理参数,将其加权融合,建立了手指静脉图像的质量评价函数,得到了与主观评价结果相一致的客观评价价值。本文所述方法如图1所示,它能够在不需要参考图像的情况下,有效地评价图像质量的高低,从而降低图像质量对静脉识别结果的影响,提高静脉识别的准确率。另外,通过建立采集反馈系统,可指导采集时手指的合理放置,从而获得符合标准的图像,并根据图像质量评价结果分别对图像进行处理。该方法是一种综合了各种质量评价因素的比较完整的手指静脉图像质量评价方法。

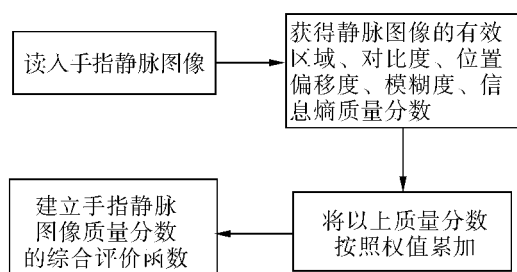


图1 方法流程
Fig.1 Flow chart

1 手指静脉图像质量分析和评价系统设计

1.1 手指静脉图像质量的分析

图像质量的高低对于静脉识别系统的性能有着重要的影响。通过对大量手指静脉图像的分析,可知影响静脉图像质量的主要客观因素:

1) 图像对比度:静脉图像采集过程中会发生受光不均的情况,而且光线的明暗会使图像偏亮或者偏暗,降低了图像的对比度,不利于后续处理,如图2(a)所示。

2) 图像位置偏移度:图像的非接触式采集方式,会使手指的位置发生偏移。手指在图像中的位置太偏会造成图像有效信息量减少,影响图像的识别。

3) 图像有效区域面积:静脉图像包括前景图像

和背景图像,前景图像面积为有效面积,前景图像面积越大,含有的图像信息越多,图像质量越好。

4) 图像模糊度:主要是判断图像纹路是否清晰,可否准确求出方向场。若图像模糊不清晰会导致静脉与背景之间的差别变小,使静脉结构不明显,影响特征的提取,如图2(b)所示。

5) 信息熵:信息熵表征了图像整体的统计特征,是信息量的度量。

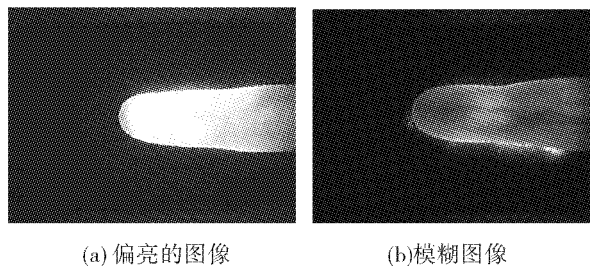


图2 手指静脉图像

Fig.2 Finger vein image

1.2 手指静脉评价系统的设计

影响手指静脉图像质量的因素有很多,需全面考虑各个因素对系统整体性能的影响。针对整个系统提出一个比较合理的静脉图像质量评估方法,从而降低在手指静脉识别过程中,因图像质量过低的问题,对整个自动手指静脉识别系统造成的影响。静脉图像质量评估就是对所采集的静脉图像进行系统、科学的分析,并从指导处理识别后续问题的角度出发,对该静脉图像作出评价结果。主要体现为以下4点:

1) 将静脉图像区域从采集图像的背景区域中分离出来,减少背景区域的噪声对后继识别结果的影响,从而提高系统的识别精度;

2) 给出一幅静脉图像的有效区域、图像偏移方向和大小、图像明暗对比度等指标,为现场采集图像时仪器的调整提供一个合理的依据;

3) 在后继的处理过程中,可以针对这些图像质量评价分数进行有针对性的处理,有效地降低了在采集图像的过程中由于图像质量问题而对整个识别系统所造成的影响;

4) 给出一幅静脉图像的总质量评价函数,完成对质量低劣的手指静脉图像的筛选功能,能准确识别出质量很差的图像,从而实现直接拒绝的功能,既降低了由于静脉图像质量本身的问题而出现的错误率,又有效减少了系统的处理时间。

2 手指静脉图像质量评价标准

从以上角度综合评价手指静脉图像的质量,并将这几个质量分数按规定的权值累加,得到最终的

手指静脉图像质量分数. 具体方法如下.

2.1 对比度质量分数

图像的对比度也就是指图像的均方差, 即灰度差异的大小. 表示如下:

$$C_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x_M)^2}{N}}.$$

式中: C_a 为图像均方差, x_M 为图像灰度的平均值, N 为图像中的像素的总个数, x_i 代表一个像素点的灰度值.

图像的对比度质量分数计算公式为

$$Q_1 = \frac{C_a}{C_v} \times 100.$$

式中: C_v 为标准值, 是指能够使手指静脉识别系统对该类图像的处理性能达到最佳时的图像的对比度值. 在实验过程中, 对 300 幅手指静脉图像进行综合分析, 发现当对比度值在 60 左右时, 整个系统的综合性能最好. 所以, 本文对比度的标准值取 $C_v = 60$. 如果求得值大于 100 的话, 直接令 $Q_1 = 100$.

2.2 位置偏移质量分数

位置偏移量是指静脉图像前景区域的质心相对于整幅图像几何中心的偏移量, 包括水平偏移量和垂直偏移量 2 个参数. 首先求出前景区域的质心坐标, 然后根据质心坐标与图像中心的偏移来确定位置偏移质量分数.

前景区域质心坐标计算方法如下:

$$\begin{aligned} \text{centroild}_x &= \sum_{i \in D} x[i] / M, \\ \text{centroild}_y &= \sum_{j \in D} y[j] / M. \end{aligned}$$

式中: $x[i]$ 表示图像区域 D 中第 i 个像素的横坐标, $y[j]$ 表示图像区域中第 j 个像素的纵坐标, D 表示图像区域 D 的像素点总数.

偏移质量分数由水平偏移分数和垂直偏移分数来综合确定. 水平偏移质量分数 PH 和垂直偏移质量分数 PV 计算方法如下:

$$\begin{aligned} \text{PH} &= \left(1 - \frac{|\text{centroild}_x - \text{width}/2|}{\text{width}/2} \right) \times 100, \\ \text{PV} &= \left(1 - \frac{|\text{centroild}_y - \text{width}/2|}{\text{width}/2} \right) \times 100. \end{aligned}$$

在得到水平偏移质量分数和垂直偏移质量分数以后, 获得了最终位置偏移质量分数 Q_2 为

$$Q_2 = \text{PH} \times \text{PV} / 100.$$

2.3 有效区域质量分数

静脉图像有效面积是指图像前景区域的面积, 根据手指静脉图像前景区域面积 S_d 占总图像面积 S 的比率来确定面积质量分数 Q_3 :

$$Q_3 = \begin{cases} 100, & S_d > \frac{3}{4}S; \\ 100 \times \frac{S_d}{S \times \frac{3}{4}}, & \text{其他}. \end{cases}$$

2.4 方向模糊度质量分数

首先将图像块的方向量化为 8 个方向, 然后在每个方向上按模板计算像素均值, 求取 8 个均值中两两差值最大的方向作为可能的纹线方向, 作为模糊块. 计算模糊块的总面积 S_a , 然后根据模糊块总面积占总图像有效区域面积 S_d 的比率来确定其方向模糊度质量分数 Q_4 :

$$Q_4 = \frac{\sum_{i=1}^n S_a}{S_d} \times 100.$$

2.5 信息熵

静脉图像的灰度分布密度可以由信息熵^[12]来表示:

$$Q_5 = \sum_{i=0}^{255} p(i) \lg p(i).$$

式中: $p(i)$ 表示手指静脉图像第 i 个灰度级上像素分布的概率.

2.6 建立手指静脉图像的综合评价质量函数

在获得静脉图像的所有质量分数之后, 综合考虑所有这些参数, 将得到的手指静脉图像的对比度、有效区域大小、图像位置的偏移以及方向模糊度质量分数、信息熵 5 个参数按权值累加起来, 得到手指静脉图像的综合评价函数 Q 为

$$Q = \sum_{i=1}^5 (Q_i \times (100 - Q_i) \times (100 - Q_i) / Q_{\text{sum2}} \cdot ((Q_{\text{sum1}} - Q_i) / 200)). \quad (11)$$

式中:

$$\begin{aligned} Q_{\text{sum1}} &= \sum_{i=1}^5 Q_i, \\ Q_{\text{sum2}} &= \sum_{i=1}^5 (100 - Q_i)^2. \end{aligned} \quad (12)$$

计算被评价图像的质量评价函数时, Q 的值越大, 被评价的静脉图像质量越好.

在采集手指静脉图像时, 通常采集一系列图像, 但是并非每一幅图像都可以用来识别, 静脉图像质量是影响识别效果的重要因素. 每幅手指静脉图像采集后, 首先要进行图像质量评价, 然后根据评价结果来指导后续的特征提取和模式识别.

首先对待匹配图像进行图像质量评价, 再根据文献[13]方法, 使用小波矩融合 PCA 变换的方法进行手指静脉图像的识别, 发现手指静脉图像质量越高, 拒识率就越低; 反之, 图像质量较差时, 识别率降低. 可见, 在进行模式识别之前, 对手指静脉图像质

量进行评估十分重要,可以减少一些不必要的计算,提高了整个系统的识别效率。

3 静脉图像的评价结果分类

本文将最终的评价结果分为以下几类。

1) 图像质量良好: 静脉有效区域位于图像区域中心, 图像清晰, 具有适当的灰度和色度信息。此时的识别结果将非常可靠。

2) 图像质量较好: 采集区域足够大, 有效静脉区域位于图像中心, 静脉区域分布不合理, 过于靠近图像边缘, 则需要在特征提取过程中标记质量不好的区域中所提取到的特征点, 在后继的匹配算法中对其进行更加细致的考察。

3) 图像质量不好: 采集区域不够大或静脉区域分布不合理, 边缘模糊, 灰度色度分布不均, 此时最终的识别结果将不可靠。

4 结束语

根据人类视觉特性对图像的认知功能特征, 首次提出了手指静脉图像质量评价标准, 包括分别求取手指静脉图像的对比度、位置偏移、有效区域、方向模糊质量分数、信息熵, 建立了手指静脉图像质量评价函数, 并且无需参考图像之间的互相计算, 就可进行手指静脉图像的质量评价。不仅可以定量的图像质量评价结果作为反馈环节, 获取理想的近红外图像, 减小后续图像处理工作, 提高识别系统的整体性能和运行速度, 而且可以图像质量分数设计权重因子, 使识别结果更为可靠。还有一些问题值得继续探索: 对扭曲、变形的静脉进行评价还有待于进一步研究。另外, 对于如何在手指静脉图像质量的评价指标基础上, 降低计算的复杂度也值得关注。

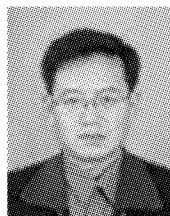
参考文献:

- [1] 周景超, 戴汝为, 肖柏华. 图像质量评价研究综述[J]. 计算机科学, 2008, 35(7): 14.
ZHOU Jingchao, DAI Ruwei, XIAO Baihua. Overview of image quality assessment research[J]. Computer Science, 2008, 35(7): 14.
- [2] WANG Z, SHEIKH H R, BOVIK A C. No-reference perceptual quality assessment of JPEG compressed images C // Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. New York, USA: IEEE, 2002, 1: 477-480.
- [3] HONG L. Automatic personal identification using fingerprints[D]. Michigan State University, 1998.
- [4] 魏政刚, 袁杰辉. 图像质量评价方法的历史、现状和未来[J]. 中国图像图形学报, 1998, 35): 236-239.
WEI Zhenggang, YUAN Jiehui. The history, status and future of image quality evaluation[J]. Journal of Image and

Graphics, 1998, 3(5): 236-239.

- [5] DAUGMAN J. Statistical richness of visual phase information: update on recognizing persons by iris patterns[J]. International Journal Computer Vision, 2001, 45(1): 25-38.
- [6] ZHANG G, SALGANICOFF M. Method of measuring the focus of close-up images of eyes [P]. United States, 5953440, 1999.
- [7] LI Ma, TAN Tieniu, WANG Yunhong. Personal identification based on iris texture analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(12): 1519-1533.
- [8] Rudolf Marten Bolle. System and methods for determining the quality of fingerprint images [P]. United States patent number US596356(1999).
- [9] 胡杨庆, 童卫清. 人脸图像质量评价法[J]. 现代计算机: 专业版, 2007(12): 43-45.
HU Yangqing, TONG Weiqing. Assessment of human-face image quality[J]. Modern Computer, 2007(12): 43-45.
- [10] 熊新炎. 基于指纹和手背静脉的多模态生物特征识别系统研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2007: 55-58.
XIONG Xinyan. Study of the multibiometric-systems based on fingerprint and hand vein [D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2007: 55-58.
- [11] 崔建江, 王立辉, 陈大力, 潘峰. 基于近红外图像质量评价的静脉图像采集系统[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2009, 30(8): 1099-1102.
CUI Jianjiang, WANG Lihui, CHEN Dali, PAN Feng. On the vein image capturing system based on near-infrared image quality assessment[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2009, 30(8): 1099-1102.
- [12] 姜丹. 信息论与编码[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2004: 101-105.
- [13] 王科俊, 袁智. 基于小波矩融合PCA变换的手指静脉识别方法[J]. 模式识别与人工智能, 2007, 20(5): 692-697.
WANG Kejun, YUAN Zhi. Finger vein recognition based on wavelet moment fused with PCA transform[J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2007, 20(5): 692-697.

作者简介:



180余篇, 出版学术专著3部, 国防教材1部, 主审教材2部。



王科俊, 男, 1962年生, 教授, 博士生导师, 博士。模式识别与智能系统学科带头人。主要研究方向为模糊混沌神经网络、自适应逆控制理论、可拓控制、网络智能控制、模式识别、多模态生物特征识别、联脱机指纹考试身份鉴别系统、微小型机器人系统。发表学术论文

刘靖宇, 女, 1982年生, 博士研究生, 主要研究方向为模式识别、生物特征识别。申请专利3项, 已录用学术论文3篇。