

# 改进的非接触式在线掌纹识别模拟系统

苑玮琦 冯素月\*

(沈阳工业大学视觉检测技术研究所, 辽宁 沈阳 110870)

**摘要** 为了保证非接触式掌纹识别系统所采集的掌纹图像清晰度能够满足识别要求, 缩短用户的测试时间, 建立了图像清晰度与掌纹错误识别率的关系模型, 并实现改进的非接触式在线掌纹识别模拟系统。引入图像清晰度评价函数, 建立图像清晰度函数与物距(手与镜头的距离)之间的关系模型; 进一步建立图像清晰度与该清晰度下掌纹识别系统错误识别率的关系模型; 实现改进的基于清晰度评价模块的非接触式掌纹识别模拟系统。实验结果表明, 改进的模拟系统保证了非接触式掌纹识别图像采集的成像质量, 降低了错误识别率, 具有实用价值。

**关键词** 生物计量学; 掌纹识别; 非接触图像采集方式; 清晰度评价; 模拟系统

**中图分类号** TP391.41 **文献标识码** A **doi:** 10.3788/AOS201131.0712003

## Simulation System of Improved Non-Contact On-Line Palmprint Recognition

Yuan Weiqi Feng Suyue

(Computer Vision Group, Shenyang University of Technology, Shenyang, Liaoning 110870, China)

**Abstract** To guarantee the palmprint image definition satisfying user's requirements acquired by non-contact palmprint recognition system and shorten recognition testing time, the relation model between palmprint image definition and error recognition rate is established, and the improved non-contact on-line palmprint recognition simulation system is realized. The image definition evaluation function is introduced, and the relation model between image definition and shooting distance is established. The relation model between image definition and error recognition rate is established. The non-contact on-line palmprint recognition simulation system is realized which is based on image definition evaluation module. The experimental results show that the improved simulation system ensures the effectiveness of the image acquisition and reduces the error recognition rate.

**Key words** biometrics; palmprint recognition; non-contact image acquisition; clarity evaluation; simulation system

**OCIS codes** 120.0120; 330.4060; 150.0150; 110.0110

## 1 引 言

掌纹识别是利用手腕与手指之间手掌内表面上的各种纹线进行的识别, 其包含的纹理信息量远大于指纹, 具有稳定性的优点。掌纹识别技术已成为生物特征识别领域的研究热点之一。目前为止, 掌纹识别的研究是基于定焦接触方式采集的图像, 最为普遍的图像库是香港理工大学发布的 PolyU 掌纹图像库<sup>[1]</sup>。接触式采集方式限制性较强, 还存在不安全隐患, 一些人对其存有一定排斥心理。因此, 采

用定焦的非接触式方式获取掌纹图像, 避免接触式采集的弊端。

采用非接触式图像采集, 当被采集者将手放在离采集头距离在景深范围以内时获取的图像较为清晰; 景深范围之外时, 图像成像质量下降, 图像变模糊。虽然随着手偏离焦平面的程度加大, 掌纹图像纹理细节信息丢失程度加大, 纹理信息的分辨力降低, 但是掌纹的纹理信息丰富, 即使存在一定的图像模糊, 也能够具有较高的分辨力, 仍可用于识别。只

收稿日期: 2010-12-20; 收到修改稿日期: 2011-03-01

基金项目: 国家自然科学基金(60972123)和沈阳市科技计划项目(F10-213-1-00)资助课题。

作者简介: 苑玮琦(1960—), 男, 教授, 主要从事机器视觉检测和生物特征识别等方面的研究。E-mail: yuan60@126.com

\* 通信联系人。E-mail: fengsuyue1215@sina.com

有当物距过大引起图像清晰度过低时,才严重影响识别效果。

针对一定距离下的模糊图像,建立图像清晰度与对应的误识率之间的关系模型,根据系统所容忍的错误识别率及两者的关系模型来确定系统能够容许的掌纹图像清晰度,将其应用到非接触式掌纹识别系统中,并通过图像清晰度与物距的关系模型,提示用户离镜头的距离,保证采集图像的有效性,缩短用户的测试时间,方便用户的使用。

## 2 非接触式掌纹图库的建立

应用基于 USB 传输口的高精度 CCD 工业摄像头进行图像采集。拍摄掌纹图像时采用单一的背景,将调节好的摄像头焦距、曝光度和对比度保持不

变。根据镜头参数计算聚焦位置大致为 85 cm 处。对于非接触式掌纹图像采集系统,当被采集者的手偏离聚焦位置时,图像成像质量下降。为了获得掌纹离焦模糊图像,拍摄距离确定在 85~121 cm 范围内。被采集者的手呈自然张开状态,在拍摄距离范围内每间隔 4 cm 拍摄一次,共采集 10 个位置的掌纹图像,这样可获得一组由清晰到模糊的 10 幅手图像,重复此过程 10 次,共采集 50 人,得到图片数量为  $50 \times 10 \times 10$  的图库。

在自拍掌纹图库中任意选择一组掌纹图片截取相同的掌纹有效区域并进行归一化处理得到大小为  $128 \text{ pixel} \times 128 \text{ pixel}$  的图片,如图 1 所示。图 1 中 (a)~(j) 分别表示从聚焦到离焦的掌纹序列图像。

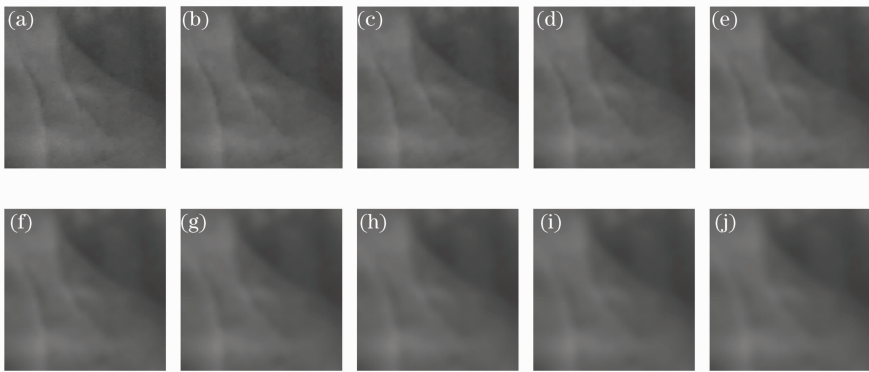


图 1 掌纹序列图像的有效区域

Fig. 1 Interest region of palmprint sequences' images

## 3 建立图像清晰度与物距的关系模型

### 3.1 掌纹图像清晰度评价函数

鉴于人眼对图像边缘纹理结构信息极高的敏感度,而梯度能较好地反应图像的边缘纹理信息,一些基于梯度算子的清晰度评价方法被提出,例如图像灰度梯度向量模方和、罗伯特梯度和拉普拉斯梯度等<sup>[2,3]</sup>。

掌纹图像的特征非常丰富,包括主线、褶皱纹、

乳突纹、细节点或三角点等。基于梯度算子的模糊评价算法便是对其这些边缘特征的反映。图像清晰时,这些纹线信息也清晰,梯度幅值和大;图像模糊时,这些纹线信息也模糊,甚至一些细小的纹线消失不见,梯度幅值和小。在研究经典的基于梯度的模糊评价函数用于掌纹质量评价时发现,这些算法在计算图像梯度时,仅仅计算了 1 个或 2 个方向上的梯度,但是实际掌纹图像的梯度方向往往是多个方

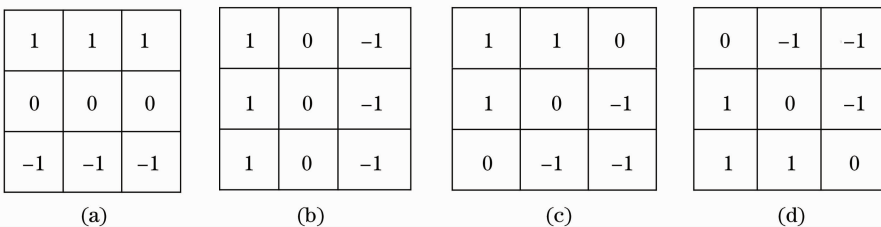


图 2 四方向模板。(a)  $0^\circ$ , (b)  $90^\circ$ , (c)  $45^\circ$ , (d)  $135^\circ$

Fig. 2 Four-direction templates. (a)  $0^\circ$ , (b)  $90^\circ$ , (c)  $45^\circ$ , (d)  $135^\circ$

向,因此需要定义多方向模板进行梯度计算<sup>[4]</sup>。采用自定义4个方向模板对掌纹图像进行梯度信息的获取。自定义模板如图2所示,对应的方向分别为 $0^\circ, 90^\circ, 45^\circ$ 和 $135^\circ$ 。

对于一幅图像中的任意一个像素 $f(x, y)$ ,将其周围的8 pixel考虑进来,具体各像素的位置关系如图3所示。

水平方向(即 $0^\circ$ )模板梯度计算公式为

$f(x-1, y-1)$	$f(x-1, y)$	$f(x-1, y+1)$
$f(x, y-1)$	$f(x, y)$	$f(x, y+1)$
$f(x+1, y-1)$	$f(x+1, y)$	$f(x+1, y+1)$

图3 当前像素与周围像素的位置关系

Fig. 3 Position relation between current pixels and surrounding pixel

$$d_1 = |f(x-1, y-1) + f(x-1, y) + f(x-1, y+1) - f(x+1, y-1) - f(x+1, y) - f(x+1, y+1)|, \quad (1)$$

垂直方向(即 $90^\circ$ )计算公式为

$$d_2 = |f(x-1, y-1) + f(x, y-1) + f(x+1, y-1) - f(x-1, y+1) - f(x, y+1) - f(x+1, y+1)|, \quad (2)$$

$45^\circ$ 方向计算公式为

$$d_3 = |f(x-1, y-1) + f(x-1, y) + f(x, y-1) - f(x, y+1) - f(x+1, y) - f(x+1, y+1)|, \quad (3)$$

$135^\circ$ 方向计算公式为

$$d_4 = |f(x-1, y) + f(x-1, y+1) + f(x, y+1) - f(x, y-1) - f(x+1, y) - f(x+1, y-1)|, \quad (4)$$

取各方向梯度最大响应值得幅值矩阵

$$fd(x, y) = \max d_\theta(x, y), \quad (5)$$

式中 $d_\theta(x, y)$ 为由原图像该点经 $\theta$ 方向模板卷积后的值。

为了保证掌纹图像聚焦算法的准确性和灵敏性,对获得的最大梯度幅值矩阵进行分块求方差处理。用分块区域的方差与幅值矩阵整体标准差进行比较来判断该区域是否受噪声影响<sup>[4]</sup>。如果区域方

差小于整体标准差,则在清晰度评价过程中不考虑该区域;反之,将该区域区域方差值保留作为该区域的清晰度评价价值。

### 3.2 掌纹图像清晰度评价实验

对图1由清晰到模糊的掌纹序列图像进行清晰度评价函数值的计算。表1同时给出了图像清晰度评价函数以及传统的基于灰度梯度和Roberts梯度评价函数值。

表1 掌纹序列图像各清晰度评价函数值

Table 1 Clarity evaluation function value of palmprint sequences' images

Sequences	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gray gradient	3.30	3.22	3.02	2.93	2.74	2.63	2.25	2.15	2.11	2.10
Roberts	4.33	4.24	4.00	3.88	3.64	3.52	3.04	2.93	2.87	2.86
Custom templates	3.30	2.94	2.45	2.25	1.90	1.65	1.00	0.88	0.84	0.83

从表1可以看出,随着物距的加大,相应位置掌纹图像的各个清晰度评价函数均呈现相应的下降趋势,但各清晰度评价函数的优劣却很难判断。为了更直观的看出本算法的优越性,建立3种评价函数值与物距之间的关系曲线并对各个曲线进行归一化,如图4所示。

各曲线归一化具体方法是将掌纹序列图像的清晰度评价价值放到数组 $p$ 中,设 $\max p$ 为数组 $p$ 的最大值, $\min p$ 为数组 $p$ 的最小值,则该数组的归一化

数组 $p_g$ 为

$$p_g = \frac{p - \min p}{\max p - \min p}. \quad (6)$$

通过图4可以看出,本文提出的掌纹图像清晰度评价函数比传统的基于灰度梯度及Roberts梯度的清晰度评价函数具有更好的准确性和灵敏性。

### 3.3 模型的建立

如图4所示的掌纹图像清晰度与物距的关系曲线只是将以各个位置的物距为横坐标,相应物距下

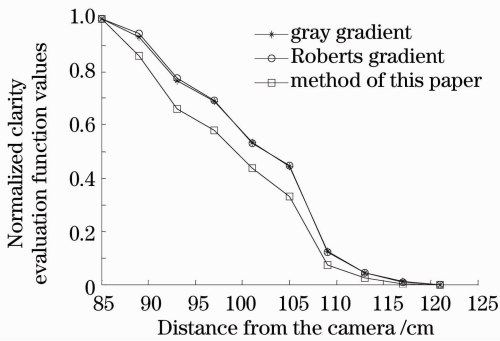


图4 图像清晰度与物距的关系曲线

Fig. 4 Relation curves between image definition and shooting distance

掌纹图像的清晰度评价函数值为纵坐标的点简单的用直线进行连接。为了建立图像清晰度与物距的关系模型,采用最小二乘法将各个位置坐标点进行二次曲线拟合,得到掌纹图像清晰度与物距的关系表达式为

$$y = 1.198 \times 10^{-3}x^2 - 0.320x + 21.97, \quad (7)$$

式中  $x$  代表物距,  $y$  代表掌纹图像清晰度值。

## 4 建立图像清晰度与错误识别率的关系模型

Gabor 滤波器是一种强大的纹理分析工具<sup>[5,6]</sup>,可以达到空域和频域的局部最优化,也就是在空间局部化的同时可以获得很好的频率和方向选择性,它可以滤除掉图像的冗余信息,从新分布图像信息的能量。而这些性质对图像纹理分析特别有效,因此选用 2D-Gabor 滤波器来提取掌纹纹理特征<sup>[7]</sup>。

### 4.1 基于 2D-Gabor 算法的掌纹识别实验

首先将掌纹图库所有图片运用 2D-Gabor 滤波器算法进行特征提取并将其特征编码图进行保存;其次选取特征库所有类第一个位置(即最清晰位置)掌纹特征编码图片的任意 2 幅进行注册;然后选取某一类掌纹图片进行测试,对该类各位置图片分别进行测试并利用最邻近分类器<sup>[8]</sup>进行匹配,得到每个位置对应的错误识别率,不同位置对应不同的图像清晰度,即得到不同清晰度与该清晰度下的错误识别率关系曲线如图 5 所示。图 5 中同时给出了基于 2D-FLD 特征提取方法<sup>[9]</sup>和线特征提取方法<sup>[10]</sup>的清晰度与错误识别率的关系曲线。表 2 同时给出了 3 种特征提取方法的测试所需时间。

通过图 5 可以看出,掌纹图像清晰度与该清晰度下的错误识别率之间呈单调单值非线性关系,随着清晰度的增加系统错误识别率逐渐下降。并且从

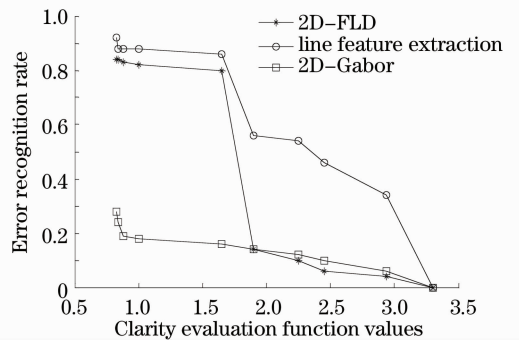


图5 图像清晰度与错误识别率的关系曲线

Fig. 5 Relation curves between image definition and error recognition rate

表2 3种特征提取方法测试所需时间

Table 2 Testing time of feature extraction methods

Method of feature extraction	Testing time of one image /s
2D-Gabor	0.54
2D-FLD	0.087
Line features	0.13

图中可以看出随着图像清晰度的变化,基于 2D-Gabor 算法的错误识别率呈现比较平滑的变化趋势,说明该算法稳定性最高。在系统容忍错误识别率确定的情况下,基于 2D-Gabor 特征提取算法所要求的掌纹图像清晰度低于其他 2 种算法。即在系统容忍的错误识别率下,采用基于 2D-Gabor 的特征提取算法可使手离镜头的距离范围更大一些,但从表 2 中看出该算法单张掌纹图像的测试时间较其他 2 种算法长。

### 4.2 关系模型的建立

与 3.3 节方法相同,以图像清晰度评价值为横坐标,以该清晰度下基于 2D-Gabor 识别算法的掌纹错误识别率为纵坐标,采用最小二乘法进行曲线拟合建立的关系模型表达式为

$$z = -5.642 \times 10^{-3}x^2 - 0.064x + 0.285, \quad (8)$$

式中  $x$  代表掌纹图像清晰度,  $z$  代表错误识别率。

## 5 建立改进的非接触式掌纹识别系统模拟界面

传统设计的掌纹识别模拟系统包括掌纹图像采集、预处理模块、掌纹特征提取模块和掌纹特征匹配模块<sup>[11]</sup>。在此基础上在预处理模块后增加图像清晰度评价模块,保证了采集掌纹图像的质量。改进的模拟系统总体设计如图 6 所示。

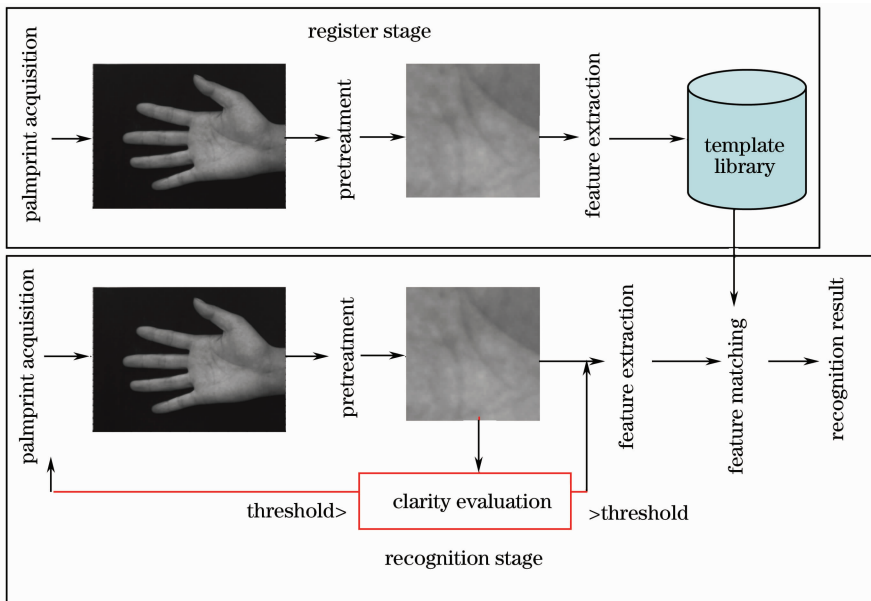


图6 改进的非接触式掌纹识别过程

Fig. 6 Improved non-contact palmprint recognition process

根据系统所要求的最大容忍错误识别率及建立的图像清晰度与错误识别率的关系模型,可确定系统所容许的图像清晰度,并设定阈值。采集掌纹图像时,根据清晰度阈值及掌纹图像清晰度与物距的关系模型确定物距的大小,并提示用户离镜头距离的远近。

非接触式在线掌纹识别系统模拟界面的。具体操作步骤为:1)调用非接触式在线掌纹识别模拟系统 Matlab 界面程序;2)选择采集图像的存储路径(已有的图库路径);3)点击图像采集按钮,程序自动调用摄像头驱动程序,并显示拍摄画面;4)将待测者整个手置于画面中,并对其进行编号;5)点图像采集按钮,进行手图像采集;6)点图像清晰度评价按钮,判断所拍图像的清晰程度能否满足系统要求,如果所采图像清晰度小于设定阈值,则将给出“请重新采集”的提示信息;7)调整待测者手离镜头的距离,重复步骤5)和步骤6)过程,直到采集的掌纹图片满足系统要求后连续采集3张掌纹图像;8)选择待测者的前两张与已有图库的注册样本进行训练,用待测者的第三张图片进行测试,并给出匹配结果和测试所需时间。

图像清晰度评价阈值的引入,保证了非接触式掌纹图像采集的有效性,降低了由于图像清晰度问题带来的错误匹配问题,缩短了用户测试的用时。

## 6 结 论

建立了基于图像清晰度评价模块的在线非接触

式掌纹识别系统模拟界面。根据系统要求及图像清晰度与该清晰度下错误识别率的关系模型获得系统所容许的掌纹清晰度阈值,保证有效的掌纹图像采集,缩短测试时间,为非接触式识别系统的设计提供理论基础和参考依据。

## 参 考 文 献

- 1 Hong Kong Polytechnic University Palmprint Database [Z]. (2003-03-02). <http://www4.comppolyu.edu.hk/~biometrics/>
- 2 Cao Maoyong, Sun Nongliang, Yu Daoyin. Digital image evaluation function based on gray gradient[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2003, **30**(4): 69~72  
曹茂永, 孙亮, 郁道银. 基于灰度梯度的数字图像评价函数[J]. *光电工程*, 2003, **30**(4): 69~72
- 3 Gao Zan, Jiang Wei, Zhu Kongfeng *et al.*. Auto-focusing algorithm based on Roberts gradient[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2006, **35**(1): 117~121  
高赞, 姜威, 朱孔凤等. 基于 Roberts 梯度的自动聚焦算法[J]. *红外与激光工程*, 2006, **35**(1): 117~121
- 4 Gao Zan, Jiang Wei, Zhu Kongfeng *et al.*. An auto-adaptive algorithm to auto-focusing [J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(10): 1474~1478  
高赞, 姜威, 朱孔凤等. 一种自适应的自动聚焦算法[J]. *光学学报*, 2006, **26**(10): 1474~1478
- 5 A. Teuner, B. Hosticka. Adaptive Gabor transformation for image processing [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1993, **2**(1): 112~117
- 6 W. Kong, D. Zhang, W. Li. Palmprint feature extraction using 2-D Gabor filters [J]. *Pattern Recognition*, 2003, **36**(10): 2339~2347
- 7 Yuan Weiqi, Fan Yonggang, Ke Li. Palmprints recognition method based on the phase consistency combined with log-Gabor filter[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(1): 147~152  
苑玮琦, 范永刚, 柯丽. 相位一致性和对数 Gabor 滤波器相结合的掌纹识别方法[J]. *光学学报*, 2010, **30**(1): 147~152
- 8 R. O. Duda, P. E. Hart, D. G. Stork. *Pattern Classification* [M]. San Francisco, CA: John Wiley and Sons, 146~155

- 9 Guo Jinyu, Yuan Weiqi. Palmprint recognition based on two-dimensional Fisher linear discriminant [J]. *Computer Engineering*, 2008, **34**(6): 212~213  
郭金玉, 苑玮琦. 基于二维 Fisher 线性判别的掌纹识别方法[J]. *计算机工程*, 2008, **34**(6): 212~213
- 10 Yuan Weiqi, Li Desheng. Edge detection based on direction space [J]. *J. Harbin Institute of Technology*, 2004, **36**(1): 43~47  
苑玮琦, 李德胜. 基于方向空间的边缘检测 [J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2004, **36**(1): 43~47
- 11 Sang Haifeng, Liu Fang, Yuan Weiqi *et al.*. Realization of non-contact on-line palmprint identification simulated system [J]. *Computer Measurement & Control*, 2010, **18**(8): 1886~1888  
桑海峰, 刘 芳, 苑玮琦 等. 非接触式在线掌纹识别模拟系统的实现[J]. *计算机测量与控制*, 2010, **18**(8): 1886~1888