

DOI:11992/tis.201506039

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20160105.1532.008.html>

基于手指轮廓的手形识别算法

李洋^{1,2}, 刘富², 康冰², 高雷²

(1. 长春汽车工业高等专科学校 电气工程学院, 吉林 长春 130011; 2. 吉林大学 通信工程学院, 吉林 长春 130022)

摘要:针对手形识别中手掌形状稳定性低的问题,设计了一种基于手指轮廓的手形识别算法。该算法首先从手形图像中分离出五指,然后拟合手指轮廓定位手指中轴线,接着依据手指中轴线重合注册手指和待识别手指,最后计算手指重合面积比。与已有的基于轮廓的手形识别算法相比,该算法的识别率高达99.890%,说明了提出的算法充分利用了手指轮廓的稳定性,规避了指根处轮廓的不稳定性。

关键词:手形识别;手形定位;轮廓拟合;轮廓重叠;面积重合比

中图分类号:TP391.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-4785(2016)01-0099-05

中文引用格式:李洋,刘富,康冰,等.基于手指轮廓的手形识别算法[J].智能系统学报,2016,11(1):99-103.

英文引用格式:LI Yang, LIU Fu, KANG Bing, et al. Hand shape recognition algorithm based on finger contour[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2016, 11(1): 99-103.

Hand shape recognition algorithm based on finger contour

LI Yang^{1,2}, LIU Fu², KANG Bing², GAO Lei²

(1. College of Electrical Engineering, Changchun Automobile Industry Institute, Changchun 130011, China; 2. College of Communication Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: To solve the low-stability problem of palm shape in hand shape recognition, this study presents a type of hand shape recognition algorithm based on a finger contour. First, the algorithm separates the five fingers from a hand and then locates the finger central axis by fitting the finger contour. By overlapping the registered finger contour and the finger contour to be recognized on basis of the finger central axis, the algorithm then calculates the area proportion of finger overlap regions. Compared with other hand recognition algorithms, the recognizability rate can reach 99.890% in the experiment. The study takes full advantage of the high stability of the finger contour and avoids high instability of the finger root contour.

Keywords: hand shape recognition; hand positioning; contour fitting; outline overlap; area coincidence ratio

生物识别技术广泛应用于身份认证领域。手形识别技术因其具有采集方便、稳定性高等特点,在生物识别领域有重要的研究意义^[1]。

手形主要由掌形和指形两部分构成,掌形会因手掌张开程度具有不同程度的形变,而指形不受其影响具有较高的稳定性。因为手指轮廓有着较高的稳定性,所以手形识别主要是依据手指特征进行识别。现有的手形识别算法选取的手形特征主要分为2类,第一类为选取手指几何尺寸作为识别特征,主要包括手形的长度特征和宽度特征,识别算法通常提取较多的手指不同位置的宽度特征和较少的掌形

不同位置的宽度特征^[1-5];第二类为选取手形轮廓作为识别特征,通常选取手形轮廓特征位置包括:选取整个手形轮廓^[6]、选取部分掌形轮廓,也就是指形轮廓和指形轮廓相连的部分掌形轮廓^[7]、选取指形轮廓^[8-10],该类算法又分为在极坐标系依据手形轮廓的手形识别和在笛卡尔坐标系依据手形轮廓的手形识别。

与手形轮廓的手形识别算法相比,手形几何尺寸的手形识别算法应用了更多的手形特征,所以手形识别率更高。因为手掌的自由张开对掌形影响较大,对指形影响较少,所以本文设计的手形识别算法主要依据手指的轮廓特征。

1 手形定位

本文采用的手形识别库中的手形图片如图1所

收稿日期:2015-07-08。网络出版日期:2016-01-05。

基金项目:吉林省重点科技攻关项目(20140204046)。

通信作者:刘富。E-mail: liufu@jlu.edu.cn。

示,该手形图像具有光照均匀、背景单一,采集手形时,照相机与手掌距离固定,被采集者的手掌五指自然张开。

由于大拇指具有较大的自由度,其轮廓特征不稳定,所以本文选用了除大拇指外的其他 4 个手指用于手形识别^[11-13]。

手形定位算法主要包括 3 个部分:手形图像预处理、指尖点和指根点定位、手指中轴线拟合^[14-15]。

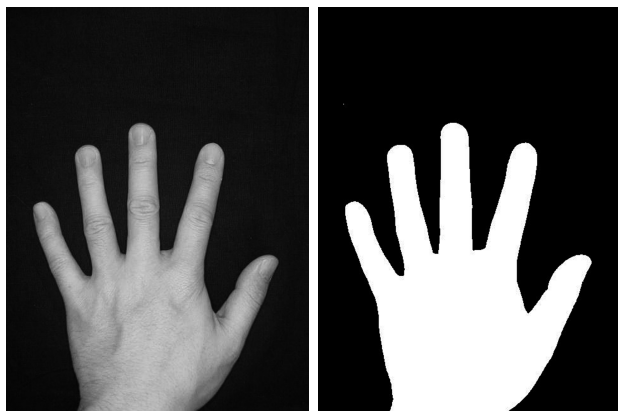


图 1 手形原图像

Fig.1 The original image

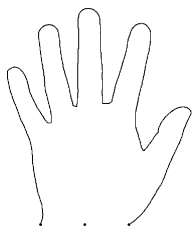
1.1 手形图像预处理

手形图像预处理的主要目的是提取手形轮廓,主要包括手形图像灰度化、手形图像二值化和手形轮廓提取 3 个部分。由于本文的手形图像背景单一、光照均匀及前景图像与背景差异明显,可采用固定阈值分割手形图像,图 2(a~c)分别为手形灰度化、二值化图像和手形轮廓图。



(a) 手形灰度化图像

(b) 手形二值化图像



(c) 手形轮廓

图 2 手形图像预处理

Fig.2 The hand shape image preprocesses

1.2 定位指尖点和指根点

定位指尖点和指根点是定位手指中轴线的基础,常用的指尖点和指根点的定位算法是求每一个轮廓点到手腕中心点的距离,图 3 为从手形轮廓最左边的轮廓点开始顺时针每一个轮廓点到手腕中心的距离,图 3 中曲线的局部顶点为指尖点,局部谷底为指根点。手腕中心点:在手形轮廓图中,手腕处两个手形轮廓顶点连线中点(图 2(c)中的中间黑点)。

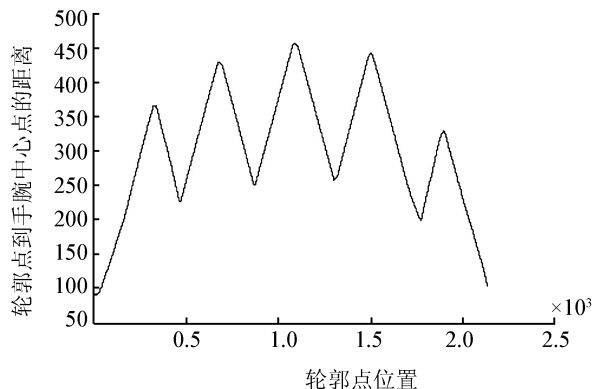


图 3 轮廓点到手腕中心点距离

Fig.3 The distance between contour points and wrist center

1.3 定位手指中轴线

因为手指轮廓具有较高的稳定性,所以依据手指轮廓定位的手指中轴线也具有较高的稳定性。首先拟合手指左右轮廓为手指边缘直线,然后以这两条边缘直线的中分线为手指中轴线。

对于单个手指轮廓,依据指尖点划分出手指的左轮廓和手指的右轮廓;然后通过二项式曲线拟合的算法分别拟合手指的左右轮廓,拟合的直线如式(1)。

$$y = k_d x + b_d \quad (1)$$

$$\text{式中: } k_d = \frac{\sum_{c=1}^{n_d} y_c^d \times \sum_{c=1}^{n_d} x_c^d - n_d \times \sum_{c=1}^{n_d} (x_c^d \times y_c^d)}{(\sum_{c=1}^{n_d} x_c^d)^2 - n_d \times \sum_{c=1}^{n_d} (x_c^d)^2}$$

$$b_d = \frac{\sum_{c=1}^{n_d} y_c^d - k_d \times (\sum_{c=1}^{n_d} x_c^d)}{n_d}$$

式中: $\{(x_c^d, y_c^d) | c=1, \dots, n_d\}$, $d(d=1, 2, \dots, 8)$, 为手指单侧轮廓标号, n_d 为手指单侧轮廓长(从指尖点到指根点的长度,小拇指外侧指根定位:以小拇指内侧指尖点到指根点的长度为半径,指尖点为圆心做圆,与小拇指外侧交点为小拇指指根点,食指同理), (x_1^d, y_1^d) 为指尖点, $(x_{n_d}^d, y_{n_d}^d)$ 为指根点。

定义左轮廓拟合的直线和右轮廓拟合的直线的角平分线就是手指中轴线,但当左轮廓拟合的直线

和右轮廓拟合的直线平行的时候,认为与 2 条直线相平行且距离相等的直线为手指中轴线,式(2)表示手指中轴线。

$$y = k_i'x + b_i' \quad (2)$$

式中:

$$k_i' = \tan((\arctan k_{i \times 2-1} + \arctan k_{i \times 2})/2)$$

$$b_i' = \frac{k_{i \times 2-1}b_{i \times 2} - k_{i \times 2}b_{i \times 2-1}}{k_{i \times 2-1} - k_{i \times 2}} - k_i' \frac{b_{i \times 2} - b_{i \times 2-1}}{k_{i \times 2-1} - k_{i \times 2}}$$

式中: $i(i=1,2,3,4)$, $y=k_{i \times 2-1}x+b_{i \times 2-1}$ 为手指左侧轮廓拟合的直线, $y=k_{i \times 2}x+b_{i \times 2}$ 为手指右侧轮廓拟合的直线。定义手指中轴线与手指轮廓的交点为新的指尖点。

手指长度定义为分别过手指左右轮廓端点做手指中轴线的垂线,有 2 个交点,定义这 2 个交点中距离指尖点近的交点为手指长度的端点,另一个端点为指尖点,指尖点到指根点的轮廓长度为手指长度。图 4(a)为手指轮廓拟合示意图,图 4(b)为手指中轴线示意图。

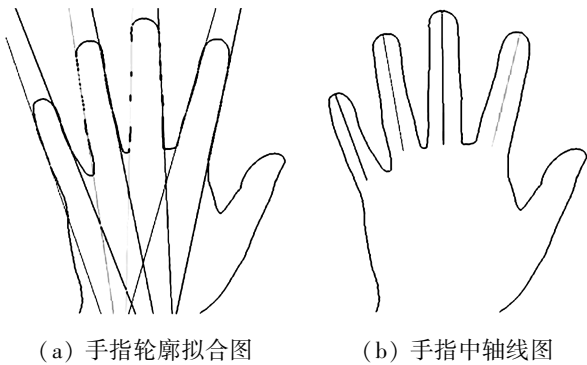


图 4 手指定位

Fig.4 Picture of the finger location

2 计算手形相似度

本文定义手形相似度为注册手形的四指与待识别手形的四指相似度的和,注册手指与待识别手指相似度为注册手指与待识别手指轮廓重合时,重合面积与注册手指和待识别手指包围的面积之比。

2.1 手指轮廓重合

手指轮廓重合的准确性直接关系到计算手指相似度的准确性,本文手指轮廓重合主要依据手指中轴线,首先分离待识别手形的手指,然后移动待识别手指使其指尖点与相对应的注册手指指尖点重合,最后旋转待识别手指使待识别手指中轴线与注册手指中轴线相重合。图 5(c)为不同人手形图像手指轮廓重合图,图 6(c)为相同人不同手形图像手指轮廓重合图。

2.2 计算手指相似度

由图 6(c)可以看出相同人的手指重叠后的手指根部轮廓具有很大的差异,这是因为手指根处轮

廓随着手指张开程度不同会呈现出不同程度变形,选定用于手形匹配的手指面积区域是提升手形匹配率的关键。

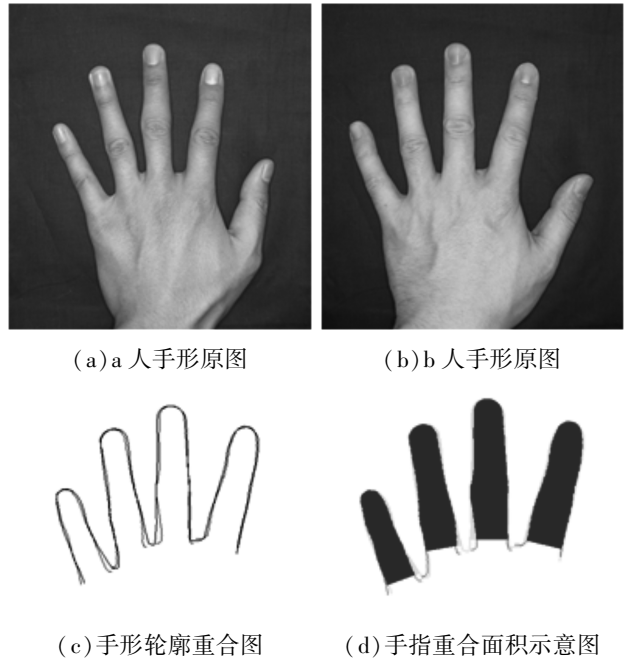


图 5 不同人手形相似度示意图

Fig.5 The similarity of the different people's hand shape

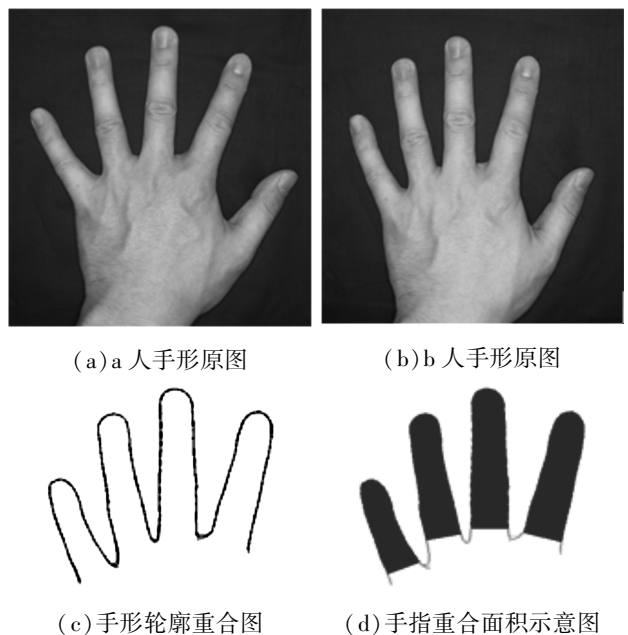


图 6 相同人手形相似度

Fig.6 The similarity of the same people's hand shape

本文选用如图 5(d)所示的手指面积用于计算手指相似度,当手指轮廓重叠后,过手指中轴线上到指尖点距离为 1 的点做手指中轴线的垂线,该线与手指轮廓围成的区域为用于计算手指相似度的手指面积,1 为注册手指和待识别手指最短长度的 90%,图 5(d)中黑色部分为注册手指和待识别手指面积重合区域,剩下部分为注册手指和待识别手指非重

合面积,式(3)为手指相似度。

$$\mu_i = \frac{\text{Area}(S_i \cap S_i')}{\text{Area}(S_i \cup S_i')}, i = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

式中: S_1, S_2, S_3, S_4 依次表示注册手形中小拇指、食指、中指、无名指面积, S_1', S_2', S_3', S_4' 依次表示待识别手形中小拇指、食指、中指、无名指面积。

3 手形识别

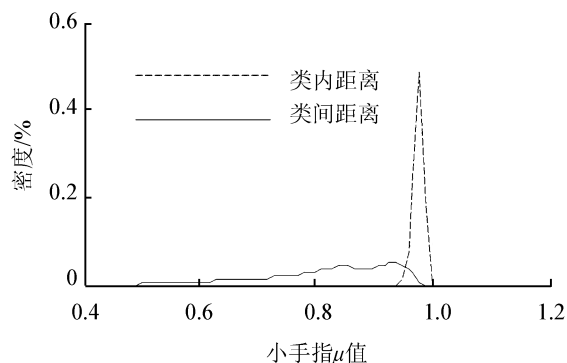
手形识别算法依据手形相似度,具体过程如式(4)和式(5), R 为注册手形和待识别手形的小手指、无名指、中指和食指相似度的和, δ 为手形相似度的阈值,用于判断手形识别结果,当 $J=1$ 时匹配成功,否则匹配失败。

$$R = \sum_{i=1}^4 \mu_i, i = 1, 2, 3, 4 \quad (4)$$

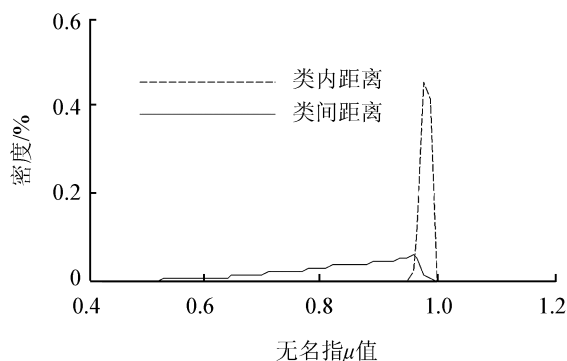
$$J = \begin{cases} 1, & R > \delta \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

4 实验结果

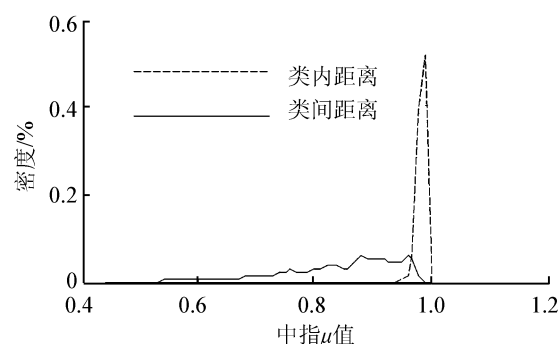
选取 50 个人,每人 5 幅共 250 幅手掌图像,进行 31 125 次匹配实验,其中类内匹配 500 次,类间匹配 30 625 次。图 7(a-d) 为小拇指、无名指、中指和食指类内相似度和类间相似度曲线,由图 7(a-d) 能够看出类内 μ 值和类间 μ 值具有很大差异,这说明该特征能够用于手形识别。从图 7(e) 能够看出类内 R 值和类间 R 值也具有较大差异。



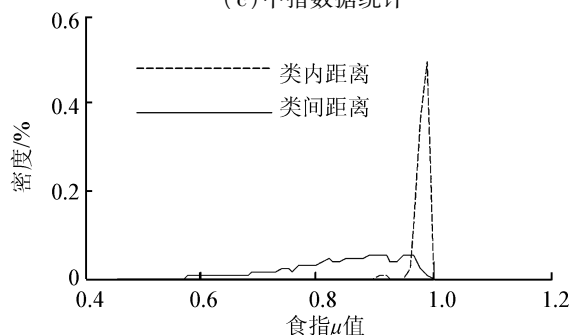
(a) 小拇指数据统计



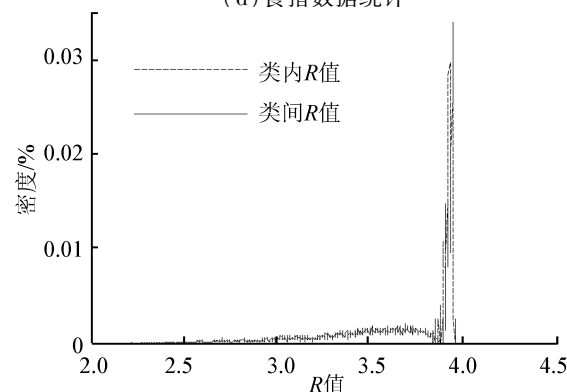
(b) 无名指数据统计



(c) 中指数据统计



(d) 食指数据统计



(e) 类内 R 值和类间 R 值分布

图 7 类内数据和类间数据分布曲线

Fig.7 Distribution curves of the intra-class and Inter-class data

图 8 为手形识别率与阈值的关系曲线,图 9 为等错误率曲线,当阈值为 3.891 时,识别率最高为 99.890%,此时错误拒绝率(FRR)为 0.2%,错误接受率(FAR)为 0.108%。当阈值等于 3.858 时,错误接受率和错误拒绝率均为 0.811%,此时的识别率为 99.18%。

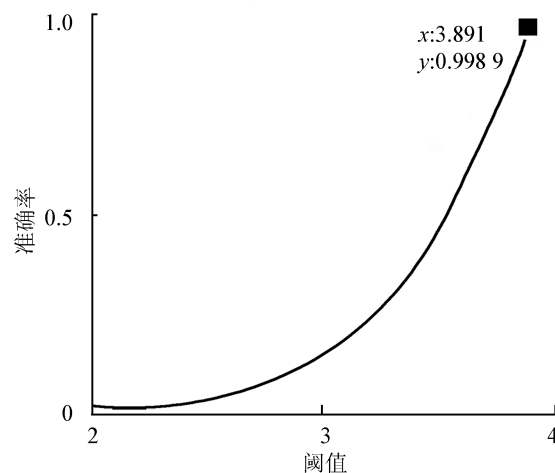


图 8 手形识别率与阈值关系

Fig.8 Hand recognition rate with a threshold

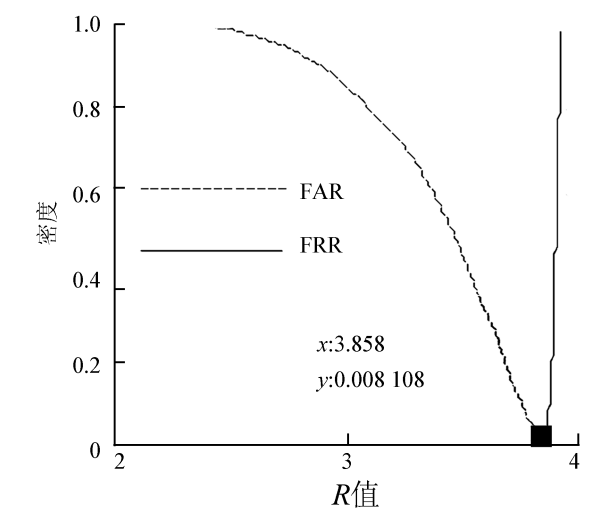


图 9 等错误率曲线

Fig.9 Equal error rate curve

表 1 不同算法的最高正确识别率对比

Table The highest recognition rate comparison of different algorithms

文献	最高正确识别率/%
文献[2]	94.03
文献[9]	97.48
文献[1]	96.23
本文方法	99.89

与文献中的 3 种方法相比,本文方法的识别率最高,具有明显的优势,但是采集的图像由于手掌姿势的不同而导致手形变化,从而识别率降低。

5 结束语

提出了一种基于手指轮廓的手形识别算法,以 50 人的手掌图像为实验对象进行实验。实验表明,文本设计的算法识别率较高,手形识别率最高为 99.89%。虽然识别率很高,并且在一定程度上解决了手形轮廓的不稳定问题,但是对于一些特别的情况还是会有误差,如一段时间后,手指变胖或瘦,会导致识别错误。

参考文献:

[1] GUO Jingming, HSIA C H, LIU Yunfu, et al. Contact-free hand geometry-based identification system[J]. Expert systems with applications, 2012, 39(14): 11728-11736.

[2] 苑玮琦, 朱春艳, 柯丽. 手指宽度选取与识别率对应关系分析[J]. 光学精密工程, 2009, 17(7): 1730-1736.

YUAN Weiqi, ZHU Chunyan, KE Li. Analysis of relationship between finger width and recognition rate[J]. Optics and precision engineering, 2009, 17(7): 1730-1736.

[3] KUMAR A, ZHANG D. Personal recognition using hand shape and texture[J]. IEEE transactions on image processing, 2006, 15(8): 2454-2461.

[4] ZHANG Jingmiao, GAO Weixiao. Application of fuzzy algorithm based on distance in hand-shape identification[C]//Proceedings of the 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments. Beijing, China, 2009: 2-818-2-821.

[5] KANHANGAD V, KUMAR A, ZHANG D. A unified framework for contactless hand verification[J]. IEEE transactions on information forensics and security, 2011, 6(3): 1014-1027.

[6] YORUK E, KONUKOGLU E, SANKUR B, et al. Shape-based hand recognition[J]. IEEE transactions on image processing, 2006, 15(7): 1803-1815.

[7] BAKINA I, MESTETSKIY L. Hand shape recognition from natural hand position[C]//Proceedings of International Conference on Hand-Based Biometrics (ICHB). Hongkong, 2011: 1-6.

[8] ADÁN M, ADÁN A, VÁZQUEZ A S, et al. Biometric verification/identification based on hands natural layout[J]. Image and vision computing, 2008, 26(4): 451-465.

[9] XIONG Wei, TOH K A, YAU W Y, et al. Model-guided deformable hand shape recognition without positioning aids[J]. Pattern recognition, 2005, 38(10): 1651-1664.

[10] DUTA N. A survey of biometric technology based on hand shape[J]. Pattern Recognition, 2009, 42(11): 2797-2806.

[11] SANCHEZ-REILLO R. Hand geometry pattern recognition through Gaussian mixture modelling[C]//Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition. Barcelona, Spain, 2000, 2: 937-940.

[12] CHORAS R S, CHORAS M. Hand shape geometry and palmprint features for the personal identification[C]//Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. Jinan, China, 2006: 1085-1090.

[13] KANG Wenxiong, WU Qiuxia. Pose-Invariant Hand Shape Recognition Based on Finger Geometry[J]. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics: systems, 2014, 44(11): 1510-1521.

[14] AMAYEH G, BEBIS G, EROL A, et al. Reg-free hand shape verification using high order zernike moments[C]//Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2006 CVPRW06, Conference on IEEE.2006,04.

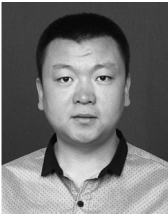
作者简介:



李洋,男,1981 年生,助教,主要研究方向为生物特征识别技术。



刘富,男,1968 年生,教授,主要研究方向为计算机视觉及模式识别,生物特征识别技术、生物信息学。承担和参与科研项目 30 余项,发表学术论文 80 余篇。



康冰,男,1978 年生,高级工程师,博士研究生,主要研究方向为控制理论与控制工程、模式识别和智能控制。