

文章编号 1004-924X(2012)11-2516-07

应用统计距离实现虹膜定位

陈传虎*, 邹德旋, 刘海宽

(江苏师范大学 电气工程及自动化学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:提出了一种统计距离法(MCD)来提高虹膜识别效率。用 MCD 对虹膜边缘图像去噪,并建立了有效的虹膜内外圆定位方法。首先,用灰度求和找到瞳孔内一点,同时,使用 Canny 算子获得虹膜边缘图像,并根据所确定的瞳孔内的点来寻找虹膜内边缘上的 3 个边缘点。将这 3 个边缘点代入圆的方程即可找到虹膜内边缘。然后,根据虹膜内定位数据来消除虹膜外边缘图像中的噪声,再在去噪后的边缘图像中排除 20% 个与虹膜内圆圆心距离最远的边缘点。最后,使用一种改进的 Hough 变换来获得虹膜外边缘数据。实验结果表明:MCD 的内定位时间和外定位时间分别是 0.122 2 s 和 0.242 4 s,均比快速精确虹膜定位法(FAILA)低,且成功率为 96.67%,高于 FAILA。因此,MCD 具有较高的精度和较快的速度,可提高虹膜识别的效率。

关键词:虹膜识别;统计距离法;去噪;灰度求和;Hough 变换

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20122011.2516

Iris location algorithm by counting distances

CHEN Chuan-hu*, ZOU De-xuan, LIU Hai-kuan

(School of Electrical Engineering and Automation,
Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

* Corresponding author, E-mail: cch@jsnu.edu.cn

Abstract: A Method of Counting Distances (MCD) was proposed to improve the efficiency of iris recognition in this paper. The MCD was used in a denoising for iris edge image, and efficient location methods for both inner and outer circles of the iris were established. First, a method of grey level summation was utilized to find a pixel in the pupil, meanwhile, the iris edge image could be obtained by using the Canny operator, and three edge points of iris inner edge could be found according to the pixel in the pupil. Then, three edge points were derived to the equation of a circle to find the iris inner edge by substituting. Furthermore, the noises in iris outer edge image were eliminated in terms of the inner location data, and 20 percent of the edge points far from the center of inner circle of the iris were excluded from the denoised edge image. Finally, an improved Hough transformation was used to obtain the data of iris outer edge. Experimental results show that both inner and outer location time obtained using MCD is lower than those obtained by the Fast and Accurate Iris Location Algorithm (FAILA), and the success rate of MCD is 96.67%, which is higher than that of FAILA. Thus, the MCD

收稿日期:2012-06-20;修订日期:2012-08-30.

基金项目:江苏省省高校自然科学基金项目(No. 11KJB510026);江苏省自然科学基金资助项目(No. BK2011205)

has high precision and fast speed, and can lay the foundation for improving the efficiency of iris recognition.

Key words: iris recognition; Method of Counting Distances; Denoising(MCD); grey level summation; Hough transformation

1 引言

随着计算机网络技术的迅猛发展,信息安全越来越受到人们的重视,同时,用于身份验证的生物识别技术也得到了快速发展,这些技术包括指纹识别^[1]、语音识别^[2]、掌纹识别^[3]、人脸识别^[4-5]、虹膜识别^[6]等。在众多的身份识别技术之中,虹膜识别是最稳定、最可靠的技术,它包括图像采集^[7-8]、图像预处理^[9]、特征提取^[10]和模式匹配^[11]4个步骤。其中,图像预处理主要包括虹膜定位、图像归一化和图像增强。而虹膜定位的精度将决定着图像归一化、图像增强和后续的特征提取和模式匹配的准确性,虹膜定位的速度将影响虹膜识别技术的运行效率。为了保证虹膜识别的效率,国内外学者提出了一些有效的虹膜定位算法,如微积分算法^[12-13]、Hough变换^[14-15]、新颖的微积分星座法^[16]、快速精确的虹膜定位方法(Fast and Accurate Iris Location Algorithm, FAILA)^[17]等。

本文研究、分析了上述提及的 FAILA 算法,针对该算法的不足,提出了统计距离法(Method of Counting Distance, MCD)来提高虹膜识别效率。介绍了该方法的工作原理和实现过程。结果显示,该方法的内定位时间和外定位时间均优于 FAILA 法,成功率亦高于 FAILA 法。

2 两种虹膜定位算法

2.1 快速精确的虹膜定位方法

2007年,有人提出了 FAILA 算法,该算法的定位速度要比 Hough 算法快。对于虹膜内定位,FAILA 先利用灰度投影法找到瞳孔内一点 M,再根据该点在虹膜边缘图像上找到内边缘的 4 个点 P、Q、R 和 S,这 4 个点分别位于 M 的上下左右 4 个方向。将这 4 个点代入圆的方程即可获得虹膜内圆数据 (x_0, y_0, r) 。对于虹膜外定位,FAILA 先对虹膜图像提取边缘,然后,根据虹膜内圆数据 (x_0, y_0, r) 对边缘图像进行去噪,最后,

在去噪后的边缘图像中使用一种改进 Hough 变换来获得虹膜外圆数据 (x_0, y_0, r) 。这种改进 Hough 变换的工作原理如图 1 所示。

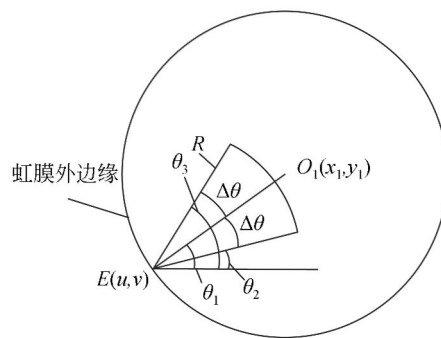


图 1 改进的 Hough 变换原理图

Fig. 1 Block diagram of improved Hough transformation

由于虹膜内、外圆的圆心不会偏离太大,所以对于每一个边缘点,只需考虑以它为圆心,以 R ($85 \leq R \leq 125$) 为半径且朝着内圆圆心方向的部分圆弧即可。设外边缘上任意点 E 的坐标为 (u, v) ,且从该边缘点到内圆圆心 $O_1(x_1, y_1)$ (缩小的虹膜图像的内圆数据) 方向的方向角为 θ_1 ,令 $\theta_2 = \theta_1 - \Delta\theta, \theta_3 = \theta_1 + \Delta\theta$,则只需考虑这 2 个角度之间的那段劣弧即可。

从图 1 中可以看出,这种改进的 Hough 变换缩小了虹膜外圆圆心的搜索范围,因此,该方法减少了原始 Hough 变换的计算量。

2.2 统计距离法

FAILA 主要存在两点不足,第一,点 M 上方易受到睫毛的干扰,也就是说,点 M 上方的点有可能不是虹膜内边缘上的点。在这种情况下,利用圆的方程所得到的虹膜内圆数据是不准确的。而在外定位中,无论是对边缘图像的去噪还是利用改进的 Hough 变换进行外定位,都需要根据虹膜内圆的数据来进行。因此,当睫毛干扰到虹膜内圆时,文献^[17]中的内定位方法和外定位方法都会失效。第二,在对虹膜图像进行去噪时,所使用的参数比较保守,这是为了保留虹膜外圆信息,但这种保守的参数设置也留下了一部分噪声,这些噪声会影响到虹膜外定位的精度。为

了克服 FAILA 的不足,本文提出了一种统计距离法 MCD。MCD 对 FAILA 主要做了 3 点改进:

(1)在虹膜内定位中选择 3 个不易受到干扰的边缘点

FAILA 选择了点 M 的上(P)、下(Q)、左(R)和右(S)四个方向上的边缘点,如图 2 所示。

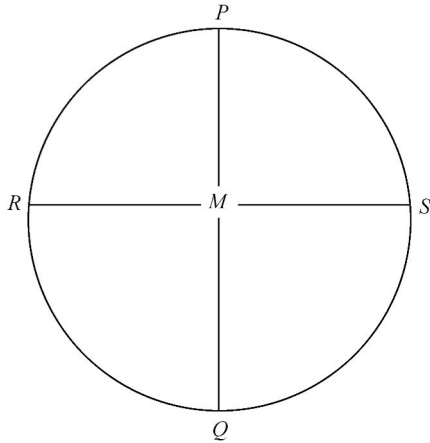


图 2 根据点 M 所确定的 4 个边缘点
Fig. 2 Four edge points found by the point M

众所周知,3 个不共线的点可确定一个圆,而 FAILA 却用了 4 个点。这是因为在理想情况下,多使用一个点可以更好地拟合虹膜内边缘。然而,根据人眼的结构特点,人眼上面的睫毛较浓密,因此,点 P 易受到睫毛的干扰,从而会影响到内定位的精度。另外,多选择一个点也会增加计算量。

为了克服以上缺点,MCD 重新选择了 3 个不易受到干扰的边缘点,它们分别位于点 M 的左上(P_1)、下(P_2)和右上(P_3)3 个方向,分布情况如图 3 所示。

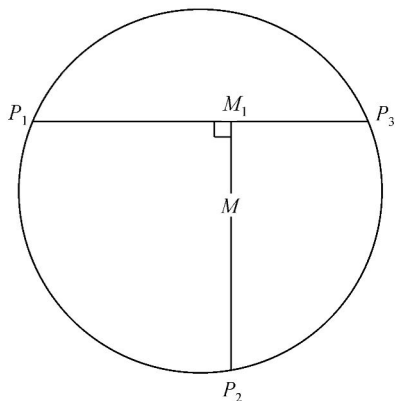


图 3 3 个新的边缘点
Fig. 3 Three new edge points

对于瞳孔没有受到干扰的虹膜图像(如图 4),文献[17]和本文的方法都能准确地找到瞳孔边缘(如图 5(a)和(b))。

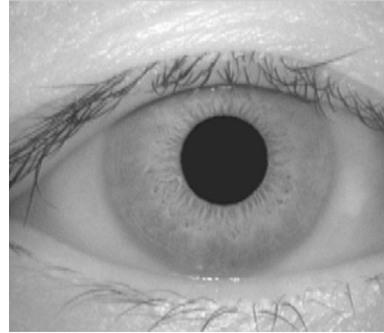
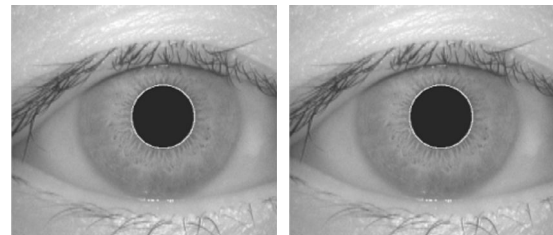


图 4 瞳孔未受到干扰的虹膜图像
Fig. 4 Iris image whose pupil is not disturbed by eyelashes



(a)文献 [7] (b)本文方法
(a)Literature [7] (b)Proposed method

图 5 针对图 4 的两种方法所得到的虹膜内定位
Fig. 5 Iris inner location using two methods for Fig. 4

对于瞳孔受到干扰的虹膜图像(如图 6),文献[17]和本文的方法所确定的定位结果如图 7 (a)和(b)所示。

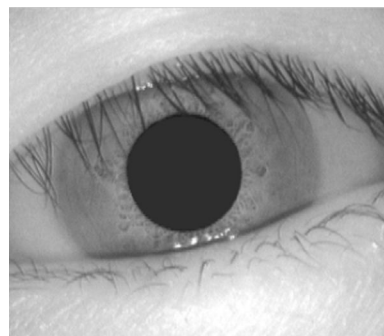


图 6 瞳孔受到干扰的虹膜图像
Fig. 6 Iris image whose pupil is disturbed by eyelashes

对于瞳孔受到干扰的虹膜图(如图 6),FAILA 所获得的虹膜内圆与实际的虹膜内边缘

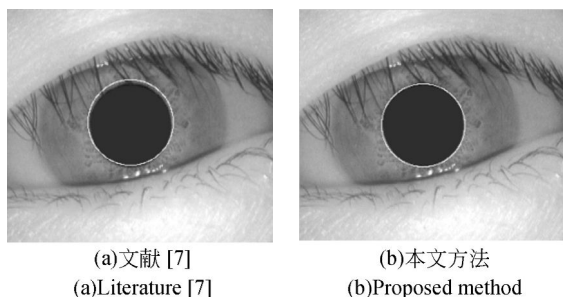


图 7 针对图 6 的两种方法所得到的虹膜内定位
Fig. 7 Iris inner location using two methods for Fig. 6

有较大偏差。相比而言,MCD 所获得的虹膜内圆能与实际的虹膜内边缘很好地吻合。说明 MCD 对眼睫毛有较强的抗干扰能力。

MCD 的内定位精度要好于 FAILA,这主要是因为 MCD 选择了 3 个不易受到干扰的边缘点。另外,MCD 只根据 3 个边缘点即可确定虹膜的内圆数据,而 FAILA 根据 4 个边缘点来获得 4 组数据,通过求平均来确定虹膜的内圆数据。因此,MCD 在内定位中的计算过程要比 FAILA 简单。

(2)在虹膜外定位中消除噪声点

在外定位中,先将虹膜图像缩小,然后再对缩小的虹膜图像提取边缘,在边缘图像(如图 8)中,FAILA 在外定位中的去噪方法比较保守,在一些情况下不能很好地消除噪声(如图 9(a))。为了能有效地消除瞳孔上、下方的噪声,MCD 增加了去噪部分,该部分可以用如下椭圆以内的区域表示:

$$\{(x, y) \mid \frac{(x-x_1)^2}{a^2} + \frac{(y-y_1)^2}{b^2} \leq 1\}, \quad (1)$$

其中: $a=2R_{\max}$ (R_{\max} 为外圆半径的最大可能值), $b=r_1+\Delta r$ (r_1 为内圆半径缩小后的值, Δr 为一个半径增量)。根据以上增加的去噪部分,得到了图 9(b)中的虹膜去噪图。

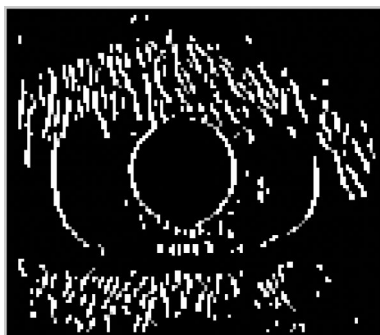


图 8 虹膜边缘图像
Fig. 8 Iris edge image

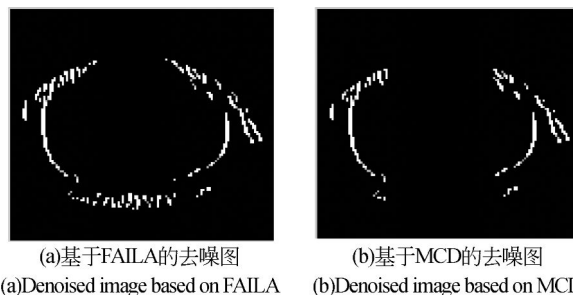


图 9 使用两种方法得到的去噪的虹膜图
Fig. 9 Two denoised iris images using two methods

对比图 9(a)和(b)可以看出,MCD 消除噪声更加彻底,特别是对于瞳孔上、下方的噪声。因此,MCD 的去噪方法又进一步减少了噪声对虹膜外定位的精度干扰。

(3)排除 20%的离内圆圆心最远的边缘点,并利用改进的 Hough 变换^[17]来进行虹膜外定位

从图 9(b)可以看出,有少部分的噪声分布在虹膜外边缘的外面,且这些噪声离虹膜外圆圆心比较远,而虹膜内圆圆心和外圆圆心偏差不大,所以,这些边缘点离虹膜内圆圆心也比较远。基于以上考虑,采取以下措施在去噪后的边缘图像(如图 9(b))中进行虹膜外定位。首先,计算所有边缘点与内圆圆心之间的距离;然后,排除与内圆圆心最远的 20%的边缘点;最后,利用改进的 Hough 变换^[17]找到虹膜外边缘。虹膜外定位结果如图 10 所示。

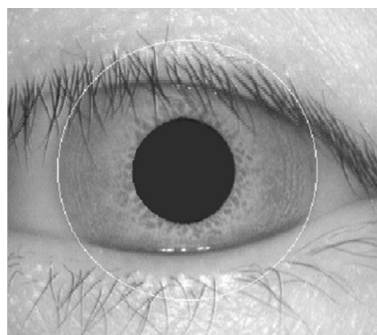


图 10 虹膜外定位结果
Fig. 10 Result of iris outer location

根据图 10,MCD 能够准确地找到虹膜外圆。另外,因为在使用改进的 Hough 变换的计算中排除了 20%个边缘点,所以 MCD 在外定位时间上也有一定的优势。

以上是 MCD 算法对 FAILA 算法所做的重

要改进,这些改进主要包括:第一,选择了 3 个不易受到干扰的边缘点来进行内定位;第二,对边缘图像进行有效去噪;第三,排除虹膜外边缘以外的部分噪声。这 3 个方面的改进不仅提高了虹膜定位的精度,也加快了虹膜定位的速度,从而保证了虹膜定位的质量和效率,MCD 流程如图 11 所示。

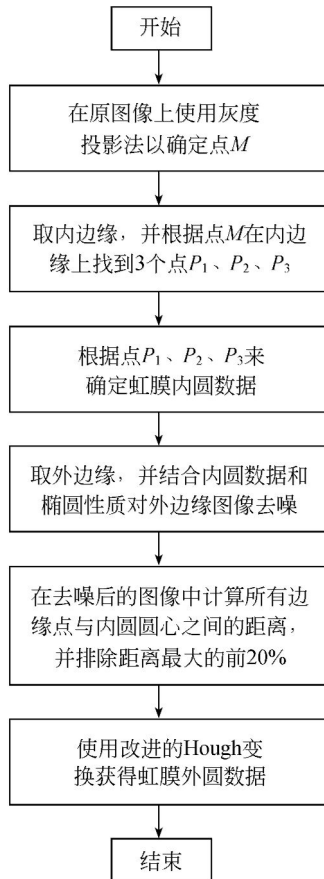


图 11 MCD 算法的流程

Fig. 11 Procedure of MCD

3 实验与结果

选择 60 幅虹膜图像^[18]来比较本文 MCD 算法和文献[17]中的 FAILA 算法在虹膜定位中的效率。对于虹膜内定位,2 种算法都是在原有尺寸的图像中进行定位的;对于虹膜外定位,两种定位算法都是要先将原始的虹膜图像缩小 0.4 倍,然后再对缩小的虹膜图像进行定位的。在获得了针对缩小后图像的定位数据后,再用该数据除以缩小系数 0.4,即可得到原始虹膜图的定位数据。实验使用 Matlab7.0 语言编程实现两种定位算

法。所得到的两种算法的比较结果如表 1 所示。

表 1 两种方法的比较

Tab. 1 Comparison between two methods

算法	内定位 时间/s	外定位 时间/s	总时间 /s	成功率 /(%)
FAILA	0.163 5	0.243 9	0.407 4	93.33
MCD	0.122 2	0.242 4	0.364 6	96.67

根据表 1, MCD 算法所得到的内定位时间、外定位时间和总时间分别为 0.122 2、0.242 4 和 0.364 6 s,都要比 FAILA 算法所使用的定位时间少,可见 MCD 算法具有更快的定位速度。而且, MCD 算法的成功率为 96.67%,高于 FAILA 算法的成功率,说明 MCD 算法具有更高的精度。因此, MCD 算法在虹膜定位中的效率要比 FAILA 算法高。

为了进一步比较两种算法的性能,本文采取了 Mann-Whitney U 测试^[19],该测试 U 表示如下:

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}, \quad (2)$$

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}, \quad (3)$$

其中: n_1 和 n_2 分别是样本 1 和 2 的大小; R_1 和 R_2 分别是样本 1 和 2 的排序总和; U_1 表示样本 1 中的观测量被样本 2 中的观测量打败的次数, U_2 表示样本 2 中的观测量被样本 1 中的观测量打败的次数。两个值的总和为:

$$U_1 + U_2 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} + R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}. \quad (4)$$

根据 $R_1 + R_2 = n(n+1)/2$ 和 $n = n_1 + n_2$, 则上式可简化为:

$$U_1 + U_2 = n_1 n_2. \quad (5)$$

这里, Mann-Whitney U 测试的规则描述如下: 对于同一个虹膜图像, 假设 $A_i (i=1, 2, \dots, n_1)$ 是用 A 算法所获得的定位结果, $B_j (j=1, 2, \dots, n_2)$ 是用 B 算法所获得的定位结果。如果 A_i 的定位精度高于 B_j , 则 A_i 是胜者。否则, B_j 是胜者。如果 A_i 与 B_j 的定位精度相同, 那么应该考虑两种算法所使用的定位时间, 如果 A_i 所使用的定位时间比 B_j 少, 则 A_i 是胜者, 否则 B_j 是胜者。

60 个虹膜图像被选择来执行这些测试,且对于任意图像,都独立运行两种算法 20 次。根据以上规则,执行 Mann-Whitney U 测试 (U_{FAILA} , U_{MCD}),所有 U_{MCD} 值都等于 0,而所有 U_{FAILA} 值都等于 400。统计上,MCD 算法在定位所有 60 幅虹膜图像上能够打败 FAILA 算法,因此,MCD 算法的性能要好于 FAILA 算法。

4 结 论

本文为了满足虹膜定位高精度、快速的标准,提出了一种统计距离法(MCD),并阐述了 MCD

的算法流程。在虹膜内定位中,MCD 先利用灰度投影法找到瞳孔内一点;然后根据该点在边缘图像中搜索不易受到干扰的 3 个边缘点,最后利用圆的方程来找到虹膜内边缘。在虹膜外定位中,先利用内定位数据对边缘图像进行去噪;然后,在去噪后的图像中排除 20% 个与内圆圆心最远的边缘点;最后,对保留下来的 80% 个边缘点使用一种改进的 Hough 变换来找到虹膜外边缘。实验结果表明:MCD 的总的定位时间是 0.364 6 s,且成功率为 96.67%。可以看出,MCD 的定位时间较短,定位成功率较高,基本满足了虹膜定位的要求。

参考文献:

- [1] JIANG X B, YOU X G, YUAN Y, *et al.*. A method using long digital straight segments for fingerprint recognition [J]. *Neurocomputing*, 2012, 77(1): 28-35.
- [2] ANDICS A, MCQUEEN J M, PETERSSON K M, *et al.*. Neural mechanisms for voice recognition [J]. *Neuro Image*, 2010, 52(4): 1528-1540.
- [3] PAN X, RUAN Q Q. Palmprint recognition using Gabor-based local invariant features [J]. *Neurocomputing*, 2009, 72(7-9): 2040-2045.
- [4] 杨利平,龚卫国,李伟红,等. 随机采样子空间保局投影人脸识别算法[J]. *光学精密工程*, 2008, 16(8): 1465-1470. (in Chinese)
YANG L P, GONG W G, LI W H, *et al.*. Random sampling subspace locality preserving projection for face recognition [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008, 16(8): 1465-1470.
- [5] 苑玮琦,徐露,林忠华. 基于相位一致性最大响应方向的虹膜识别方法[J]. *光学精密工程*, 2009, 17(1): 179-184. (in Chinese)
YUAN W Q, XU L, LIN ZH H. Iris recognition based on maximal responding orientation of phase congruency [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(1): 179-184.
- [6] ABHYANKAR A, SCHUCKERS S. A novel biorthogonal wavelet network system for off-angle iris recognition [J]. *Pattern Recognition*, 2010, 43(3): 987-1007.
- [7] DAUGMAN J G. Recognizing persons by their iris [R]. Information Security Technical Report, 1998, 3(1), 33-39.
- [8] WILDES R P. Iris recognition: an emerging biometric technology [C]. *Proceeding of the IEEE*, 1997, 85(9): 1348-1363.
- [9] 苑玮琦,徐露,林忠华. 一种新的虹膜图像预处理方法[J]. *光电子·激光*, 2009, 20(2): 234-239. (in Chinese)
YUAN W Q, XU L, LIN ZH H. A novel method of iris image preprocessing [J]. *Journal of Optoelectronics, Laser*, 2009, 20(2): 234-239. (in Chinese)
- [10] LU CH H, LU ZH Y. Local feature extraction for iris recognition with automatic scale selection [J]. *Image and Vision Computing*, 2008, 26(7): 935-940.
- [11] TAN T N, ZHANG X B, SUN ZH N, *et al.*. Noisy iris image matching by using multiple cues [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2012, 33(8): 970-977.
- [12] DAUGMAN J G. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence [J]. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1993, 15(11): 1148-1161.
- [13] DAUGMAN J. How iris recognition works [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2004, 14(1): 21-30.
- [14] WILDES R. A system for automated iris recognition [C]. *Proceedings of the Second IEEE Workshop on applications of Computer Vision*, 1994: 121-128.
- [15] WILDES R, ASMUTH J, GREEN G, *et al.*. A machine-vision system for iris recognition [J]. *Machine Vision and Applications*, 1996, 9: 1-8.

- [16] TAN T N, HE ZH F, SUN ZH N. Efficient and robust segmentation of noisy iris images for non-cooperative iris recognition [J]. *Image and Vision Computing*, 2010, 28(2): 223-230.
- [17] 吴建华, 邹德旋, 李静辉. 一种快速精确的虹膜定位方法 [J]. *仪器仪表学报*, 2007, 28(8): 1469-1473.
- WU J H, ZOU D X, LI J H. Fast and accurate iris location algorithm [J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2007, 28(8): 1469-1473. (in Chinese)
- [18] 中国科学院自动化研究所. CASIA 虹膜图像数据库 [EB/OL]. Institute of Automation Chinese Academy of Sciences. database of CASIA iris image[EB/OL]. (in Chinese)
- [19] WILCOXON F. Individual comparisons by ranking methods [J]. *Biometrics*, 1945, 1: 80-83.

作者简介:



陈传虎 (1974—) 男, 陕西商洛人, 讲师, 1998 年于中国矿业大学获得学士学位, 2004 年于苏州大学获得硕士学位, 主要从事智能控制和信号分析与信息处理方面的教学和研究。E-mail: cch@jsnu.edu.cn



刘海宽 (1962—), 男, 黑龙江佳木斯人, 教授, 1986 年于东北重型机械学院获学士学位, 1991 年于哈尔滨工业大学获硕士学位, 主要从事模式识别和智能控制方面的研究。E-mail: liuhaikuan1962@163.com



邹德旋 (1982—), 男, 辽宁大连人, 博士, 讲师, 2005 年于辽宁大学获得学士学位, 2008 年、2011 年分别于东北大学获得硕士、博士学位, 主要从事数字图像处理和最优化算法的研究。E-mail: zoudexuan@163.com