

文章编号:1001-9081(2008)08-2055-04

一种基于坐标投影的虹膜定位算法

支兴超¹, 王卫星², 赵艳³

(1. 重庆邮电大学 计算机科学与技术学院, 重庆 400065; 2. 电子科技大学 电子工程学院, 成都 610054;
3. 江苏科技大学 电子信息学院, 江苏 镇江 212003)
(olympus95@163.com)

摘要:提出了一种简单易行的虹膜定位算法,该算法是在对虹膜粗略处理的基础上,对内边界的采用了向坐标轴投影的方法;对于外边界采用了寻找扫描线上信息量最小的点,并用相应的匹配模板进行匹配,以便去掉由于噪声的干扰而找到的错误点,从而确定外边界和中心;实验证明了该算法的合理性。

关键词:坐标投影;信息量;扫描线

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A

New algorithm of iris location based on coordinate

ZHI Xing-chao¹, WANG Wei-xing², ZHAO Yan³

(1. College of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China;
2. School of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan 610054, China;
3. College of Electronics and Information Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu 212003, China)

Abstract: A new and simple iris location method was proposed. The algorithm includes the location of inside and outside of the iris. Based on the rough process of the iris image, for the inside location the author takes the method of the projection to the coordinate, and for the outside the author looks for the point which the content of information is least on the scanning line. For the distribution of the yawp for example eyelash, the point which we choose is not only one. The author abandons the wrong point using the corresponding templates. It is proved that the algorithm is feasible through experiments.

Key words: projection based coordinate; contents of information; scanning line

0 引言

在虹膜识别的过程中,对虹膜的定位是非常关键的一步,而虹膜定位的好坏与否直接影响到识别的速度和质量^[1]。虹膜识别(Region Of Interest, ROI)是种基于生物特征的身份鉴别方法,该方法具有唯一性、稳定性、可采集性、非侵犯性、难以破坏性等优点,与其他的生物特征身份鉴别方法相比,虹膜识别的错误率是最低的,目前国内外已经有许多研究机构投入力量对虹膜识别进行了研究^[2]。

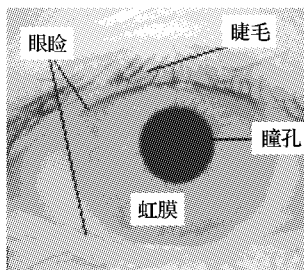


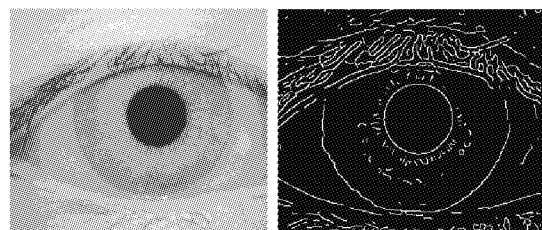
图1 眼睛示意图

虹膜是位于瞳孔和角一膜之间的近似环状区域,内侧与瞳孔相邻,外侧与角膜相邻,里面的瞳孔得形状接近于圆(如图1所示)^[3]。为了处理方便,本文也把它作为正圆来处理。得到瞳孔的中心和半径,根据所得的参数将虹膜区域从原始眼部图像中提取出来,并且去除干扰信息。

1 图像的预处理

在现有的采集条件下,获得的虹膜图像不可能只包含虹膜部分,还可能包含眼皮、睫毛、镜面反射等干扰信息,这些信息的存在严重影响了虹膜识别的精确度,同时,由于光照和采集装备的影响,使得瞳孔和虹膜的边界都不太清晰,都带有模糊的边缘^[4]。

因此,要对虹膜作平滑处理,使得边界像素尽可能趋向一致。首先,用2D-Guassfiler对虹膜图像进行滤波,去除噪声对图像的影响,如图2(a)所示;再用Canny算子对图像进行扫描,得到虹膜的近似边界,如图2(b)所示。



(a) 2D高斯滤波 (b) Canny算子分割

图2 对虹膜作平滑处理

2 确定内边界和圆心

本文提出的算法是基于虹膜的二值图像,通常的二值化

收稿日期:2008-02-29;修回日期:2008-05-06。

作者简介: 支兴超(1982-),男,河南驻马店人,硕士研究生,主要研究方向:计算机图形图像处理; 王卫星(1958-),男,湖南长沙人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:计算机模拟、图像处理、图像分析、计算机视觉; 赵艳(1984-),女,河南濮阳人,硕士研究生,主要研究方向:计算机软件理论。

处理方法都是做出虹膜图像的灰度直方图,由于瞳孔灰度最小,虹膜次之,角膜最大,它们之间有着明显的梯度。因此,在灰度直方图上就会出现明显的两个峰值(如图 3 所示),阈值就取在两个峰值的中间部分的某处。图 2(b)是二值处理过的图像(瞳孔的灰度为 1,其余的是 0),如图 4 所示。

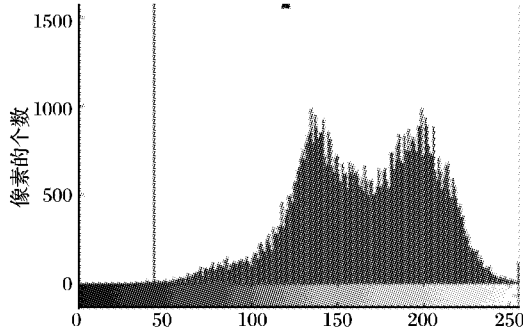


图 3 虹膜灰度直方图

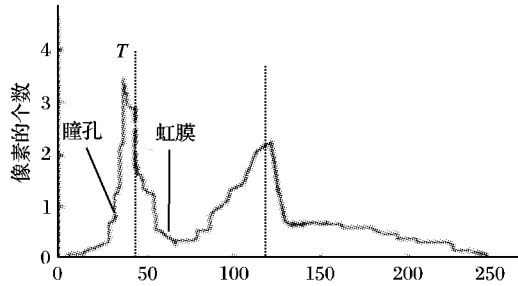


图 4 虹膜二值曲线

以图像的左上角为原点,建立坐标系,把所得到的二值图像分别向 X 方向和 Y 方向投影,并记:

$$M(x) = \sum_y I(x,y) \tag{1}$$

$$N(y) = \sum_x I(x,y) \tag{2}$$

其中: $I(x,y)$ 表示二值化的图像的像素。这样, $M(x)$ 和 $N(y)$ 所表示的分别向 X 和 Y 方向投影的像素和反映在坐标系里就分别对应了两个曲线。如图 5 所示, a 和 b 表示当 x 和 y 为某一定值的时候瞳孔向坐标轴的投影。

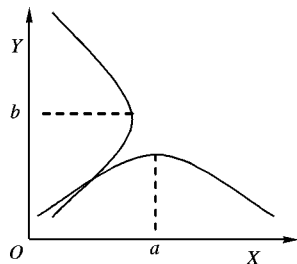


图 5 坐标投影曲线

由于瞳孔不是严格的正圆,用本文提出的方法来确定虹膜的內边界并不完全准确,对后面虹膜的定位会带来严重的影响。所以,我们提出了衡量该方法的算子,如下所示:

$$\theta = \left| \frac{S_1}{S_0} \right| = \left| \frac{\pi r_1^2}{\pi r_0^2} \right| = \left| \frac{r_1}{r_0} \right| \tag{3}$$

其中: r_0 、 r_1 分别是 Daugman 提出方法和该方法瞳孔的半径。当 θ 小于某个常数,比如 0.01,我们认为它就是瞳孔的半径,否则按照下面的方法来处理。

由图像可以分析它的特征(以 $M(x)$ 为例):它有一个峰值和两个最低点,对应了瞳孔的像素和,两边的图像就是睫毛和眼睑等噪声^[5]。这个图像的极大值对应了瞳孔的横坐

标 x_i , 分别取图像两个最低点的坐标为 x_{i1} 和 x_{i2} , 并且 $R_i = |x_{i2} - x_{i1}|$ 的绝对值作为圆的半径。下面把得到的二值化图像围绕 O_1 点旋转的角度为 $360/n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$), 做类似地处理,如图 6 所示,就可以得到 $2n$ 组这样的数据。对这样的数据作如下处理,并记:

$$\begin{cases} X = \sum \mu_i x_i \\ Y = \sum \mu_j y_j \\ R = \sum \mu_k x_k \end{cases} \tag{4}$$

$$\begin{cases} X_o = \sum X / (360/n) = \sum \mu_i x_i / (360/n) \\ Y_o = \sum Y / (360/n) = \sum \mu_j y_j / (360/n) \\ R = \sum R / (360/n) = \sum \mu_k x_k / (360/n) \end{cases} \tag{5}$$

其中: μ_i 、 μ_j 、 μ_k , $i, j, k = 1, 2, \dots, 360/n$ 是经验常量。用该方法确定的瞳孔的图像如图 7 所示。

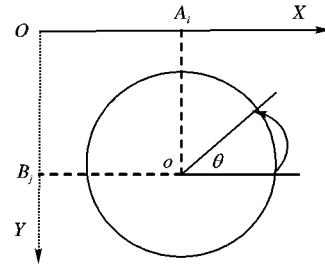


图 6 图像旋转



图 7 瞳孔定位结果

3 虹膜内边界的确定

虹膜的外边界与眼睑相连,有着非常丰富的纹理,定位起来远比內边界困难。目前,公认的外边界定位算法是 Daugman 博士提出的基于活动圆模板匹配的算法。它的核心是利用一个有效的微积分算子来计算圆的参数,其核心如下^[6]:

$$\text{Max}(r, x_i, y_j) \left| G_r \otimes \frac{\partial}{\partial r} \oint_{(r, x_i, y_j)} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right| \tag{6}$$

其中: \otimes 表示积分运算, $G_r(r)$ 是一个平滑函数, r 表示圆的半径,它是通过求圆周上的灰度积分导数的最大值来完成的。该方法比较精确,但是它的时间和复杂度都过高,本文则提出了一种基于虹膜的外接四边形的快速虹膜定位算法。

在定位前,先做如下定义:

$$K(x,y) = \lg[p(x,y)] \tag{7}$$

其中: $p(x,y)$ 为在该处的像素概率,称 $K(x,y)$ 为图像在点 (x,y) 处的信息量。

以经过 Canny 算子扫描,得到虹膜离散模糊边界的图像的左上角为坐标原点建立坐标系。由于采集到的虹膜图像有眼睑,睫毛的影响,图像的上部和下部有一部分都被遮盖住了^[7]。所以,可以先用铅直的扫描线 $Q(x)$ 对图像进行自左向右扫描。通过把虹膜区域分成 T_1, T_2, T_3 三个区域,知道信息量取得最小值时只能在 T_1 和 T_2 两个区域,如图 8 所示。

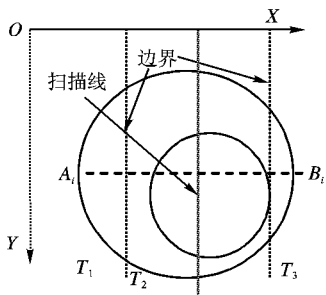


图 8 扫描线示意图

如图 8 所示,当扫描线自左向右扫描时,在 T_1 区域:

$$V_i(x, y) = \lg(A(x, y)) + \lg(I(x, y)) \quad (8)$$

其中: $I(x, y)$ 为图像的像素分布。当上述函数取得最小值时,虹膜图像和扫描线相交的信息量最小,并记下该点的坐标 $A(x_i, y_i)$ 。同样,在 T_2 区域里,可得到最小值点的坐标是 $B(x_j, y_j)$ 。鉴于噪声的影响,这样的点并不一定唯一,所以要得到这样的点进行投票,选择最适合的一个^[8]。处理方法如下:

1) 做经过点 A_i 和点 B_i 的线,并记为 L ,然后求出扫描线 K 和 L 之间的角度;

2) 基于虹膜的特征,我们给出两个模板 1 和 2,并用这两个模板对这些点进行匹配,最终得到最适合的点^[9]。

5	5	3	1	4	3	2	5
4	4	3	2	2	1	3	5
4	3	1	1	5	1	3	4
5	4	3	1	2	3	1	3

模板1 模板2

图 9 匹配模板

这样,虹膜的外接四边形就完全确定了:

$$d_i = \sqrt{(x_{ai} - x_{bi})^2 - (y_{ai} - y_{bi})^2} \quad (9)$$

$$r_i = \frac{d_i}{2}; x_i = \frac{(x_{ai} + x_{bi})}{2}; y_i = \frac{(y_{ai} + y_{bi})}{2} \quad (10)$$

在处理上述函数的最小和最大值时,由于虹膜图像有噪声的干扰,信息量最小的点可能存在多个,以此方法求的虹膜的圆心和半径就有多个。由于瞳孔和虹膜并非同心圆,因此,他们之间的相对位置就可能有很多种,与它们的圆心距(d_{oi})和方向角(θ)有关(图 10)。

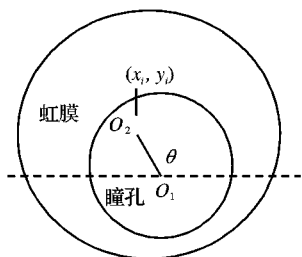


图 10 图像旋转

因此,应该给出定位评估系数(Θ):

$$d_{oi} = \sqrt{(x_i - x_o)^2 - (y_i - y_o)^2} \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \Theta_1 &= \frac{d_{oi} \cdot \cos \theta}{R_o/2} \\ \Theta_2 &= \frac{\pi \left(\frac{d_{oi}}{2}\right)^2}{\pi \left(\frac{R_o}{2}\right)^2} = \left(\frac{d_{oi}}{R_o}\right)^2 \\ \Theta &= \Theta_1 \cap \Theta_2 \end{aligned} \right. \quad (12)$$

其中: d_{oi} 是虹膜与瞳孔的圆心距, θ 为方向角, (x_o, y_o) 为瞳孔

的中心坐标。当定位评估系数达到某个经验值(比如0.02)时,称此时的虹膜的圆心就确定了。用这种方法确定的虹膜的边界如图 13 所示。

4 实验结果和分析

在用该方法对瞳孔进行定位时,由于瞳孔并不是严格的正圆^[10],所以会得到很多个结果。用 CASIA v1.0 虹膜库对大约 500 张图片进行了实验,证明对瞳孔的半径进行平均处理是非常有必要的:

$$\zeta = \left| \frac{y_{up} - y_{low}}{x_{up} - x_{low}} \right| \quad (13)$$

其中: y_{up} 、 y_{low} 和 x_{up} 、 x_{low} 是投影的最大和最小值。 ζ 是判断瞳孔接近正圆的系数。当 ζ 足够小时,我们认为它是一个正圆,表 1 是实验数据。

表 1 平均值随虹膜图片的变化

ζ	图片数量	ζ	图片数量
0.05	186	0.20	152
0.10	103	0.30	59

可以看出对其进行平均化处理是非常有必要的,图 11 是 ζ 在不同角度时的值(45、90、180、270)。

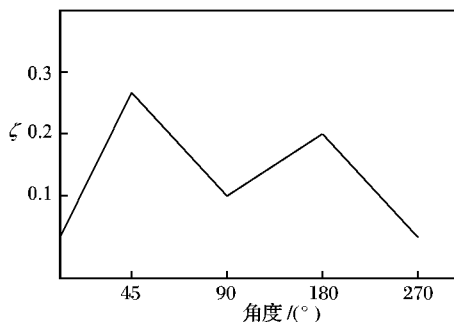


图 11 ζ 变化曲线

在选取阈值对虹膜进行二值分割时,不同的值对虹膜的分割就有不同的结果,如表 2 所示。

表 2 阈值随虹膜图片的变化

阈值	图片数	θ	阈值	图片数	θ
40	14	0.32	46	254	0.10
42	32	0.18	48	30	0.19
45	124	0.16	50	46	0.31

可以看出阈值应该选取 46。图 12 反映了该阈值的波动情况。

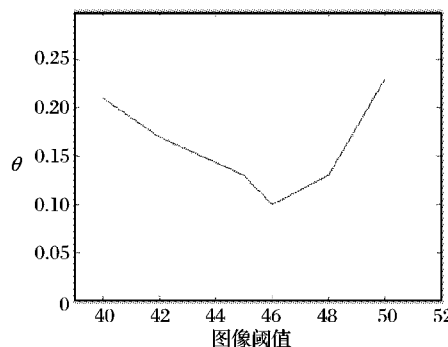


图 12 不同阈值的变化

在对虹膜的内边界进行定位时,我们大约进行了 500 次

实验。当扫描线自左向右扫描时,分别得到了三个点 $P_1P_2P_3$ 和 $Q_1Q_2Q_3$ 。我们的目的是能够找个一个最理想的点来作为虹膜边界上的点,按照第四部分的条件进行了处理,最终得到 P_2 和 Q_3 是最适合的点。如表 3 所示。

表 3 特征点匹配结果

特征点	角度	系数	特征点	角度	系数
P_1Q_1	73	0.02	P_2Q_3	89	0.01
P_1Q_2	50	0.20	P_3Q_1	80	0.03
P_1Q_3	60	0.10	P_3Q_2	74	0.01
P_2Q_1	82	0.02	P_3Q_3	85	0.01
P_2Q_2	95	0.03			

图 14 是圆心距 d_{oi} 随着扫描线得到的点集和由此得到的圆心变化而变化的情况。

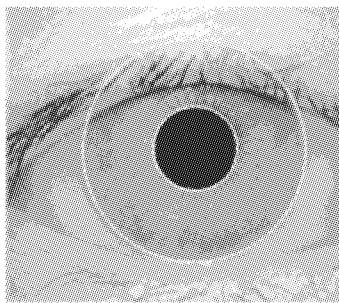


图 13 虹膜定位结果

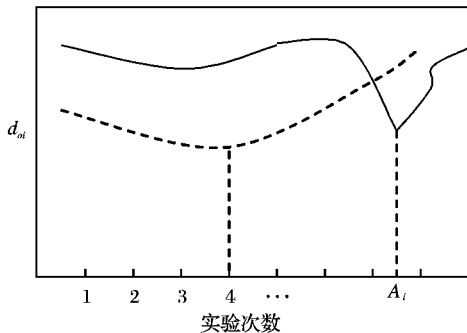


图 14 圆心距变化曲线

由图 14 可以看出,圆心距呈现出平缓的趋势,图中 A_i 处是由于有噪声的干扰,使定位出现了较大的偏差;而评估系数出现了峰值,可见它在 3 到 4 之间取得了极小值,循环最多进行 4 次就能得到理想的结果,所以本算法在定位时间度上非常好。

同时,我们还对不同的虹膜的定位算法进行了比较,证明把该方法与 Yuen 方法和 RHT 方法进行了比较,比较的结果如表 4 所示。结果证明,该方法准确率比较高,所用的时间相对其他算法来说更短。

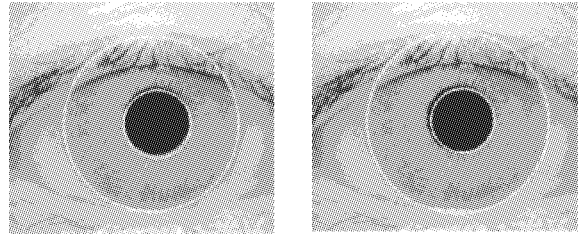
表 4 方法准确率的比较

方法	试验次数	中心坐标的误差	错误检测数	所用时间 /ms
RHT	40	1.36	0	4833
Yuen	40	1.23	0	3642
本文方法	40	0.97	0	1236

表 5 方法时间复杂度的比较

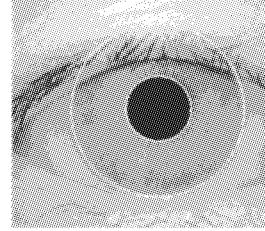
方法	试验次数	用时 /ms	准确率 /%	误差
Daugman	50	5834	98.860	0.01
最小二乘拟合	50	4674	95.320	0.02
本文方法	50	2890	93.331	0.12

为了证明该算法的合理性和高效率,我们还采用同样的虹膜标本分别用经典的 Daugman 方法和最小二乘拟合法进行了定位^[11],表 5 是三者的比较,图 15 是它们定位的结果。可以看出,效果与经典方法相比也没什么两样,但是,在时间复杂度上本算法占有明显的优势。



(a) Daugman方法定位结果

(b) 最小二乘方法定位结果



(c) 本文方法

图 15 Daugman 方法定位结果

5 结语

本方法假定虹膜的圆形特性,利用圆的几何特征做出了它的外接四边形,能达到快速定位虹膜外边界的效果。至于对虹膜内边界的定位,我们采用了把虹膜的像素分别向 X 和 Y 方向投影的方法,对用 Canny 算子和高斯滤波后的图像,没有必要再进行噪声的考虑,就能够定位出虹膜的内边界。当然,由实验可以看到本方法在时间复杂度和准确率上都达到了理想的标准;但是,本算法对噪声的影响比较敏感,误差的比例较大,需进一步研究和完善。

参考文献:

- [1] 王成儒,胡正平. 基于几何特征的虹膜定位算法[J]. 中国图象图形学报,2003,8A(6): 683 - 685.
- [2] 王蕴红,朱勇,谭铁牛. 基于虹膜识别的身份鉴别[J]. 自动化学报,2002,28(1): 1 - 10.
- [3] DAUGMAN J G. High confidence visual recognition of person by a test of statistical independence [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 15(1): 1148 - 1161.
- [4] DAUGMAN J G. Biometric personal identification system based on iris analysis [EB/OL]. [2007 - 08 - 23]. http://www.cc.gatech.edu/grads/z/Yong_Zhu/publications/ICPR_IRIS.pdf.
- [5] DAUGMAN J. High confidence recognition of persons by rapid video analysis of iris texture[C]// European Convebtion on Security Detection and Brighton. UK: INSPEC, 1995: 244 - 251.
- [6] DAUGMAN J. Recognition persons by their pattern [J]. Information Security Technical report, 1998, 13(1): 33 - 39.
- [7] WILDES R P. Iris recognition: an emerging biometric technology [J]. Processing of the IEEE, 1997, 85(9): 1348 - 1363.
- [8] 何家峰,叶虎年. 虹膜定位[J]. 中国图象图形学报,2000,5A(3): 253 - 255.
- [9] 陈戟,胡广书,徐进. 基于小波包分解的虹膜图像质量评价算法[J]. 清华大学学报: 自然科学版,2003,43(3): 377 - 379.
- [10] HUANG HUI-FANG, HU GUANG-SHU. Study and Implement of Iris Recognition Algorithms [J]. Infrared and Laser Engineering, 2002, 31(5): 404 - 409.
- [11] WANG HONG-NAN, ZHONG WEN, WANG JING, et al. Research of measure for digital image definition[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(7): 828 - 831.