

# 基于几何特征的虹膜定位算法

王成儒 胡正平

(燕山大学信息学院通信电子系, 秦皇岛 066004)

**摘要** 提出了利用虹膜边缘图象的几何特征以及圆相交弦的性质进行虹膜定位算法。首先根据虹膜图象的整体灰度分布信息, 利用边缘检测算子提取虹膜的内边缘图象, 然后利用圆的相交弦性质以及投票策略提取虹膜的中心, 最后利用 Hough 变换的半径直方图投票策略提取虹膜内外径。通过仿真实验的对比结果表明, 该算法提高了虹膜定位的速度, 同时对噪声具有一定的鲁棒性。

**关键词** 医学影像学(320·1140) 虹膜定位 虹膜鉴别 圆检测 霍夫变换

**中图分类号**: TP391 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2003)06-0683-03

## Iris Location Algorithm Based on Geometric Features

WANG Cheng-ru, HU Zheng-ping

(Department of Communication and Electronic, College of Information & Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

**Abstract** Iris location velocity and accurate is crucial in iris identification system. A iris location algorithm using geometric symmetry feature and two intersecting chord properties is presented. Based on this idea, edge detector and gray distributing information are used to extract iris interior edges, intersecting chord properties and voting scheme is used to search iris circle center. Then iris interior and exterior radius detected by using 1D radius histogram of Hough transform. At last the experiment results of iris location algorithms is showed, and the location time and accurate are compared with other method. Simulation results show that the method can improve location speed and isn't sensitive to noise effect.

**Keywords** Medical image, Iris location, Iris identification, Circle detector, Hough transform

## 0 引言

近年出现的虹膜身份鉴别技术由于具有更高的安全性、可靠性、稳定性, 成为生物识别技术研究的热点。虹膜身份鉴别系统一般由图象摄取、图象校准、虹膜定位、纹理特征编码、模式匹配 5 部分组成。虹膜定位是虹膜身份鉴别技术的关键环节。Daugman 最早提出的虹膜识别系统<sup>[1]</sup>是该技术的里程碑, 它使人们看到虹膜识别进入实用的希望。虹膜定位一般都用圆作为匹配模板, 定出虹膜的内外边缘后, 再提取出内外边缘之间环状虹膜的纹理特征进行模式识别。虹膜定位其本质就是复杂环境下的圆匹配问题。标准 Hough 变换(SHT)特别适用于直线、圆、椭圆等规则几何形状特征的提取<sup>[2,3]</sup>, 后来

推广的广义 Hough 变换(GHT)可用于任意形状的特征检测。标准 Hough 变换由于其计算量与存储容量与参数空间呈指数关系而难以实时应用。一些研究者针对这个问题提出了许多改进的 Hough 变换检测圆算法, 如利用参数分解<sup>[4]</sup>、几何对称特性<sup>[5,6]</sup>、直径切线平行特性等来减少算法的复杂性。以上方法皆需要比较准确的边缘轮廓以及边缘方向信息<sup>[6]</sup>。

另一些学者提出了不使用边缘方向信息的提取方法, 如利用任意正交相交弦<sup>[7]</sup>、任意相交弦<sup>[6,8]</sup>等方法来实现圆心的提取。虹膜图象由于环状边缘模糊且高频纹理细节丰富, 经过研究发现, 直接定位外边缘图象有较大的困难, 因此通过对标准 Hough 算法的分析, 引入虹膜图象的几何特征以及圆的相交弦性质的限制条件来加快虹膜定位速度。

## 1 圆心的定位以及内径的粗定位

### 1.1 相交弦与圆心的关系

从拍摄到的虹膜图象可以看出,巩膜、虹膜与眼白的灰度分布具有一定的规律性,巩膜的灰度较深,其外边缘相对明显,而虹膜的外边缘却比较模糊,所以一般先通过边缘检测算子得到巩膜图象的外边缘,然后再去掉边缘图象中的小枝,最后通过下面的方法完成虹膜中心定位以及内径的粗定位。

设  $P(X_P, Y_P)$  为圆内的一点,  $O(X_O, Y_O)$  为圆心,  $X, Y$  为由  $P$  产生的坐标轴(图1,图2),  $C$  为弦  $AB$  的中点,弦  $AB$  与  $X$  轴的夹角为  $\theta$ ,  $OP$  与  $X$  轴的夹角为  $\varphi$ ,利用圆内弦的性质  $OC \perp AB$  及

$$|AP| - |BP| = 2|OP|\cos(\theta - \varphi) \quad (1)$$

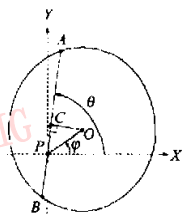


图1 圆内弦的示例

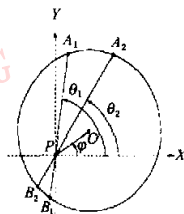


图2 相交弦示例

设  $|OP|=a$ ,则  $O$  与  $P$  坐标之间的关系为

$$X_O = X_P + a\cos\varphi$$

$$Y_O = Y_P + a\sin\varphi \quad (2)$$

设  $d_1 = |A_1P - B_1P|$ ,  $d_2 = |A_2P - B_2P|$ ,同时弦  $A_1B_1, A_2B_2$  与  $X$  轴的夹角分别为  $\theta_1, \theta_2$ ,根据式(1)有

$$d_1 = 2a\cos(\theta_1 - \varphi)$$

$$d_2 = 2a\cos(\theta_2 - \varphi)$$

通过整理可得到

$$\tan\varphi = \frac{d_2\cos\theta_1 - d_1\cos\theta_2}{d_1\sin\theta_2 - d_2\sin\theta_1} \quad (3)$$

因为  $a = d_1 / (2\cos(\theta_1 - \varphi))$ ,同时利用式(3)得到

$$\begin{aligned} a\cos\varphi &= \frac{d_1}{2\cos(\theta_1 - \varphi)}\cos\varphi \\ &= \frac{d_1\cos\varphi}{2(\cos\theta_1\cos\varphi + \sin\theta_1\sin\varphi)} \\ &= \frac{d_1}{2(\cos\theta_1 + \sin\theta_1\tan\varphi)} \\ &= \frac{d_1\sin\theta_2 - d_2\sin\theta_1}{2\sin(\theta_2 - \theta_1)} \end{aligned}$$

同理可得

$$a\sin\varphi = \frac{d_2\cos\theta_1 - d_1\cos\theta_2}{2\sin(\theta_2 - \theta_1)}$$

将  $a\sin\varphi$  与  $a\cos\varphi$  代入式(2)可得

$$X_O = X_P + \frac{d_1\sin\theta_2 - d_2\sin\theta_1}{2\sin(\theta_2 - \theta_1)} \quad (4)$$

$$Y_O = Y_P + \frac{d_2\cos\theta_1 - d_1\cos\theta_2}{2\sin(\theta_2 - \theta_1)}$$

由式(4)可以看出,当已知圆内一点  $P$  以及经过  $P$  的两条弦时,则圆心可以通过式(4)来确定。最简单的情况是选择  $\theta = 90^\circ$  与  $\theta = 0^\circ$ ,因这种情况下计算量最小,但是算法的稳定性较差,所以应采用随机选择多组  $\theta_1, \theta_2$  的方法来提高算法的稳定性。

### 1.2 确定巩膜的圆心以及内半径粗定位

根据上面的分析与讨论,圆心与内半径定位算法如下:

(1) 通过边缘检测算子提取巩膜的边缘,并通过去短枝算法得到虹膜的内边缘图象  $D$ 。

(2) 选择图象  $D$  圆内一点  $P$  的位置,并随机生成 10 组  $\theta_1, \theta_2$  ( $\theta_1 \neq \theta_2 \in (0, 180^\circ)$ )。

(3) 确定参数  $d_1, d_2$ , 并利用式(4)计算圆心坐标  $(X_O, Y_O)$ 。

(4) 计算内半径  $r$ 。

$$r_1 = \sqrt{(X_O - X_{A_1})^2 + (Y_O - Y_{A_1})^2}$$

$$r_2 = \sqrt{(X_O - X_{A_2})^2 + (Y_O - Y_{A_2})^2}$$

(5) 如果  $|r_1 - r_2| < \Delta r$ ,计算下一组  $\theta_1, \theta_2$ ,转至第 3 步。

(6) 利用标准 Hough 变换与一维直方图,采用投票策略获得圆心定位结果。

(7) 利用圆心定位结果获得内半径的粗定位值。

## 2 虹膜内外半径的精确定位

### 2.1 虹膜内边缘精定位

因为虹膜内、外边缘具有良好的环状特性,并且圆心已经确定,所以可以采用如下的算子

$$\max_{(r_0 - \Delta r < r < r_0 + \Delta r)} \left| G_0(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_r \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (5)$$

对虹膜内边缘进行精确定位<sup>[1]</sup>,其中  $r_0$  为粗定位的虹膜内半径平均值,  $G_0(r)$  为高斯函数,  $\Delta r$  为确定的搜索范围。由于这是一个一维参数空间的搜索过程,所以速度较快。

### 2.2 虹膜外边缘的精定位

虹膜外边缘比较模糊,如果按照内边缘的精定

位方法,就容易产生定位不准的情况,为防止这种情况的发生,可运用面积分代替线积分<sup>[1]</sup>,即

$$\max_{(R_c - \Delta R < R < R_0 - \Delta R)} \left| G_0(R) * \frac{\partial}{\partial r} \iint_D \frac{I(x,y)}{\pi R^2} d\delta \right| \quad (6)$$

这里,  $R_0$  为根据虹膜内、外径的大致比例关系确定的外半径,  $\Delta R$  为搜索范围.

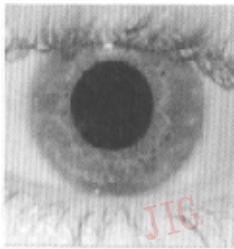
### 3 实验结果及结论

图 3 为虹膜图象定位实验结果,图 4 为内边缘精定位投票情况,圆心与外边缘的精定位投票方法与此

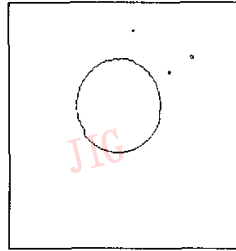
类似,所以没有给出结果. 最后将图 3(a)所示的虹膜原始图象用本文算法运行 50 次的结果平均值与文献 [2]、[9]、[10]算法的结果进行了对比,结果发现,定位精度相近,由于将三维参数空间的搜索问题变成了一维参数空间的搜索问题,因此本文提出的算法在速度上有明显提高,对比结果如表 1 所示.

表 1 几种虹膜定位算法速度、精度对比

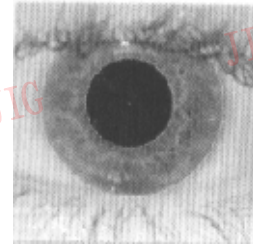
算法	测试次数	定位精度	(平均)速度(s)
文献[2]算法	1	像素	约 11
文献[9]算法	1	亚像素	约 4
文献[10]算法	1	像素	约 4
本文算法	50	亚像素	约 3



(a) 原始图象



(b) 虹膜内边缘



(c) 虹膜定位结果

图 3 虹膜定位

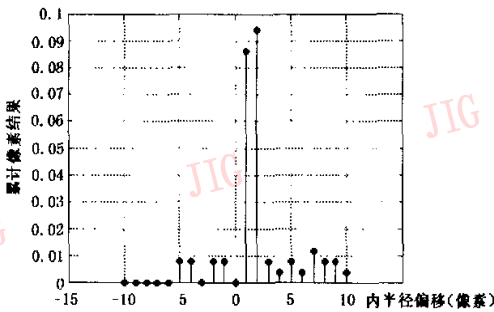


图 4 内边缘精定位投票结果

基于几何特征的虹膜定位算法的速度和图象质量有较大的关系,在虹膜图象质量不高的情况下,算法性能急剧下降,如何解决是值得进一步研究的问题.同时,为了保证算法的稳定性,随机选择  $\theta$  的组数越多,算法速度也将相应受到影响.

#### 参 考 文 献

- 1 Daugman J. Biometric personal identification system based on iris analysis[P]. US. Patent 5291560. 1994.
- 2 Wildes R P. Automated Non-invasive iris recognition system and method[P]. US. Patent 5572596. 1996-10-26.
- 3 Yip R K K, Tam P K S, Leung D N K. Modification of hough transform for circles and ellipses detecting using a 2-dimensional array[J]. Pattern Recognition, 1992,25(2):1007~1022.
- 4 Loannou D, Huda W. Laine a fast circle recognition through a

- 2D hough transform and radius histogram[J]. Image and Vision Computing, 1999,19(1):15~26.

- 5 Lei Y, Wong K C. Ellipse detection based on symmetry[J]. Pattern Recognition Letters, 1999,20(1):41~47.
- 6 Kim Heung-Soo, Kim Jong-Hwan. A two-step circle detection algorithm from the intersection chord[J]. Pattern Recognition Letters, 2001,22(6):787~798.
- 8 Nair P S, Saunder Jr AT. Hough transform based, ellipse, detection. algorithm [J]. Pattern Recognition Letters, 1996, 17(6):777~785.
- 9 Davies E R. Chord bisection strategy for fast ellipse, location [J]. Electronic letters. 1999,35(3):703~705.
- 10 何家峰,廖耀铮,叶虎年等. 虹膜定位[J]. 中国图象图形学报, 2000,5A(3):253~255.
- 11 王成儒,胡正平,陈秋生等. 虹膜定位的快速算法[J]. 中国图象图形学报, 2001,6B(9):103~107.



王成儒 1949年生,学士,副教授,现任教于燕山大学通信电子教研室. 研究兴趣为图象压缩与编码、模式识别. 发表论文 20 余篇.



胡正平 1970年生,硕士,讲师. 研究方向为图象通信、图象处理与分析、模式识别. 发表文章 10 余篇.