

·数字中医药·

本文引用:穆 珺,晏峻峰,彭清华.一种面向中医目诊的虹膜定位算法[J].湖南中医药大学学报,2017,37(4):436-440.

一种面向中医目诊的虹膜定位算法

穆 珺,晏峻峰*,彭清华*

(湖南中医药大学,湖南 长沙 410208)

〔摘要〕 虹膜诊断对于中医与民族医学的目诊理论具有重要的补充和借鉴作用,有必要深入研究虹膜及其图像特征与疾病、体质、中医辨证的证候要素等因素间的对应关系。本文以基于中医目诊的虹膜特征分析为出发点,以虹膜仪采集图像为对象,研究并提出了一种基于中医目诊的虹膜定位算法。该算法首先采用基于灰度阈值估计的方法得到瞳孔中心大致位置,再基于相似参数组的合并改进霍夫变换算法,得到虹膜内边界的定位结果,解决虹膜仪图像的瞳孔收缩、边界发生部分形变的问题。然后采用K均值聚类估计虹膜区域的大致范围,并以此构造初始轮廓,利用主动轮廓模型得到虹膜的外边界,从而避免由于图像畸变而引起霍夫变换失效的问题。

〔关键词〕 中医目诊;虹膜定位;霍夫变换;K均值聚类;主动轮廓模型

〔中图分类号〕 R276.7

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2017.04.026

An Iris Localization Algorithm for TCM Eyes Diagnosis

MU Jun, YAN Junfeng*, PENG Qinghua*

(Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China)

〔Abstract〕 The iris localization has an important supplement function for eyes diagnosis of traditional Chinese medicine. The correlation of iris and its image characters with the factors such as disease, constitution, elements of traditional Chinese medicine syndrome differentiation, should be thoroughly studied. In this paper, an iris localization algorithm for TCM eyes diagnosis is proposed. The approximate position of the pupil center is obtained by gray level threshold estimation, and then the Hough transform is improved via parameter tuple merging to localize the inner boundary of the iris. Then, the K-means clustering is used to estimate the approximate range of the iris region, and the initial contour is constructed. Finally, The active contour model is used to obtain the outer boundary of the iris, which avoids the failure of Hough transform in localizing iris with serious image distortion.

〔Keywords〕 TCM eyes diagnosis; iris localization; Hough transform; K-means clustering; active contour model

目诊在中医及民族医学中具有悠久历史和重要作用;而虹膜诊断则是发源于西方的目诊法^[1-2]。西方医学界因部分虹膜诊断结果不能得到严格双盲对照实验支持而对虹膜诊断存在质疑,但大量研究工作从实验结果、临床数据的角度,证实了虹膜与疾病之间显著相关^[3],如相关研究工作显示:瞳孔和卷缩轮大小、形状、边缘光滑度,在胃肠道疾病患

者和对照组中有显著差异;角膜环独立于已知的心血管危险因素,与心血管疾病相关;虹膜外观特征分别与慢性肾病分期和中医辨证分型相关;血管紧张素转换酶基因多态性、高血压和虹膜体质类型存在相关性。

可见尽管虹膜诊断还存在争议,但虹膜与疾病、体质、中医辨证分型等因素之间具有相关性,值

〔收稿日期〕 2016-11-15

〔基金项目〕 国家中医药管理局中医药信息学重点学科建设项目;国家中医药管理局中医眼科学重点学科建设项目;2013年湖南省高校创新平台开放基金(13K076);国家重点学科中医诊断学开放基金(2013ZYD08)。

〔作者简介〕 穆 珺,女,硕士,助教,研究方向:图像处理。

〔通讯作者〕 * 晏峻峰,女,博士,教授,E-mail:teacheryan@qq.com;彭清华,男,博士,教授,博士研究生导师,E-mail:pqh410007@126.com。

得深入研究和发掘^[1-5]。并且,虹膜诊断理论对于中医目诊中虹膜(黑睛)特征的相对缺乏可能具有重要的补充和借鉴作用,有待进一步深化。为此,有必要进行基于中医目诊的虹膜特征及其相关因素的研究,进行虹膜特征的提取和分析,深入挖掘和研究虹膜特征与疾病、体质、中医证候要素之间的关系。而虹膜定位则是虹膜特征提取的前提和关键。虹膜定位的准确性、鲁棒性和自动化程度将极大影响虹膜特征提取的效率和准确性。现有的虹膜定位算法大都是针对虹膜识别领域的应用^[6-11],处理对象分别为:近红外虹膜图像、可见光虹膜图像;而虹膜特征提取与分析一般采用虹膜采集图像,各类不同的虹膜图像之间差异比较显著^[8-11]。目前,针对虹膜仪图像的定位算法的研究尚比较缺乏。因此,本文以基于中医目诊的虹膜特征分析为出发点,针对虹膜仪采集图像的特点,研究并提出了一种基于中医目诊的虹膜定位算法。

1 基本思路

1.1 虹膜仪图像的特点

虹膜仪采集的虹膜图像与虹膜识别领域中常用的可见光虹膜图像比较而言存在显著的差异。

如图1所示:虹膜仪采集的虹膜图像为近距离成像,因此虹膜边界(尤其是外边界)畸变比较明显,导致形状很可能与标准的圆形差异较大;虹膜仪采集过程中,光源距离很近,因此图像中存在过度曝光、阴影和亮度不均匀;不仅如此,成像过程中瞳孔很可能收缩,产生形变。这些因素对于虹膜内外边界定位都有很大干扰。

因此,本文所研究的虹膜仪图像定位在借鉴虹膜识别领域中的虹膜图像算法基础上,根据上述特点采取相应的策略。



图1 虹膜仪图像的特点

1.2 虹膜定位总体流程

算法总体流程是:先定位虹膜内边界,再定位虹膜外边界。

在虹膜内边界定位中,采用基于灰度阈值估计的方法得到瞳孔中心大致位置,估计瞳孔半径,再进行改进的霍夫变换,得到虹膜内边界(瞳孔)的定位结果。

在虹膜外边界定位中,采用K均值聚类估计虹膜区域的大致范围,并以此构造初始轮廓,利用主动轮廓模型得到虹膜的外边界,从而避免由于图像畸变而引起霍夫变换失效的问题。

2 虹膜内边界定位

2.1 瞳孔区域的粗略定位

在虹膜仪采集的虹膜图像中,瞳孔区域的亮度比较暗,并且和虹膜区域的区别比较显著。

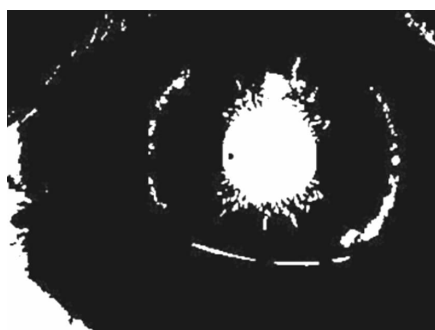
根据虹膜与瞳孔的结构特点,以及虹膜仪采集图像的特点,可以大致计算出瞳孔区域在整幅图像中所占像素的比例为0.08~0.10。因此,对于每幅虹膜图像,先将所有像素的灰度值按照升序排列,取第N个灰度值 f_N 作为阈值($N=0.08 \times m \times n$,其中,m,n分别为图像的长和宽),即每幅虹膜图像根据自身灰度分布特点动态确定阈值,得到包含所有低亮度区域的二值图像,如图2(a)所示。

由图2(a)可见,基于灰度阈值的二值图像中,基本包含了除高光外的瞳孔区域的全部范围,此外,还包括了阴影、睫毛、虹膜纹理等干扰因素。为排除上述干扰,利用瞳孔的形状与面积特征,在二值图像的所有联通区域中,首先进行腐蚀操作以降低瞳孔周围纹理或阴影的干扰,再排除面积小于给定阈值的联通区域,然后在剩下的联通区域中筛选出离心率最小(最接近圆形)的联通区域,并对其进行膨胀操作,得到的即为近似的瞳孔区域,如图2(b)所示。

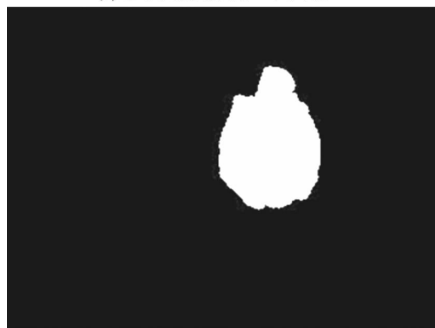
2.2 瞳孔边界的霍夫变换

虹膜内边界(瞳孔)通常远离图像边缘,图像畸变相比外边界尚不明显,形状基本保持圆形;但是由于采集过程中光照等原因,瞳孔极易产生收缩反应,从而边界发生部分形变。因此,本文使用改进的霍夫变换算法实现对于虹膜内边界(瞳孔)的精确定位。

首先,在已经得到瞳孔区域粗略定位的基础上,可大致估计出瞳孔区域的范围、瞳孔中心的大致位置、瞳孔区域的半径取值范围。为减少噪声的干扰,以瞳孔中心为中心、瞳孔区域半径加给定增量为边长,在原始虹膜图像中截取一个正方形区域,缩小瞳孔精确定位的处理范围。截取的瞳孔区域如图3(a)所示,对瞳孔区域进行canny边缘检测,可得到瞳孔区域的边缘图像,如图



(a) 基于灰度阈值的二值图像



(b) 瞳孔区域的粗略定位

图2 瞳孔区域的粗略定位

3(b)所示。

其次,针对虹膜图像中的高光可能对瞳孔定位的影响,进行高光噪声检测与去除。通过设定阈值参数定位出高光区域,计算出二值化掩码图像,如图3(c)所示,在瞳孔区域的边缘图像中减去高光检测的结果,即可得到去除高光后的瞳孔区域边缘图像,如图3(d)所示。

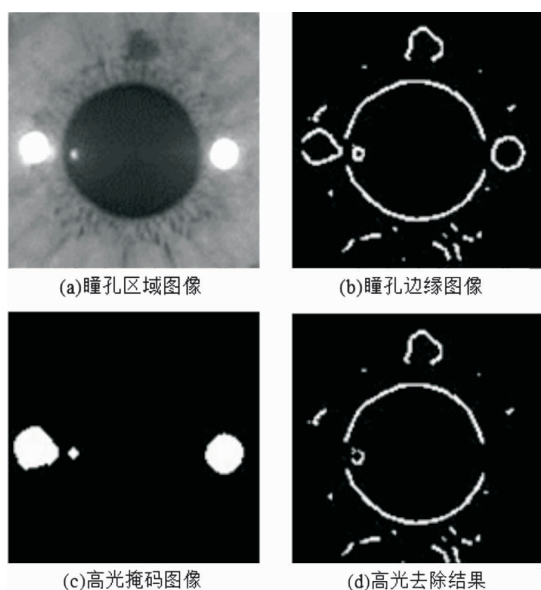


图3 瞳孔边缘图像中的高光噪声去除

在此基础上,采用改进的霍夫变换算法实现对于虹膜内边界(瞳孔)的精确定位。

霍夫变换算法对圆形轮廓的检测,是通过对于所有可能的圆参数组(圆心坐标和半径)进行投票

的机制实现。其中,实现投票过程的累加器是一个三维数组 $H(x_c, y_c, r)$,其定义为:

$$H(x_c, y_c, r) = \sum_{j=1}^n h_j(x_j, y_j, x_c, y_c, r) \text{。其中, } (x_j, y_j), j=1, \dots, n$$

为瞳孔边缘图像的所有边缘点。 $h_j(x_j, y_j, x_c, y_c, r) =$

$$\begin{cases} 1, & \text{if } g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 0 \\ 0, & \text{if } g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) \neq 0 \end{cases} \text{为判断是否投票的表达式。}$$

$$g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = (x_j - x_c)^2 + (y_j - y_c)^2 - r^2 \text{。}$$

若有 $g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 0$ 成立,则意味着:边缘点 (x_j, y_j) 落在了以 (x_c, y_c) 为圆心、 r 为半径的圆周上,此时可以视为该边缘点 (x_j, y_j) 对于参数为 (x_c, y_c, r) 的圆投了一票。因此,通过构造一个三维数组 H ,取遍所有可能的圆参数 (x_c, y_c, r) ,对每一组 (x_c, y_c, r) ,计算得到所有边缘点 (x_j, y_j) 对该参数组的投票值 $H(x_c, y_c, r)$ 。传统霍夫变换算法中,通常选择最大投票值 $H(x_c, y_c, r)$ 对应的参数 (x_c, y_c, r) 为检测得到的圆参数。

在本文中,为解决虹膜仪图像的瞳孔易产生收缩反应、边界发生部分形变的问题,采用改进的霍夫变换算法。

具体方法是,在得到投票数组 $H(x_c, y_c, r)$ 之后,不是直接选择最大投票值的参数组 (x_c, y_c, r) 。而是将所有参数组的 x 坐标、 y 坐标、半径 r ,以及对应的投票值分别存储于四个一维数组中,并将投票值按从大到小的顺序进行排序,对应 x 坐标、 y 坐标、半径 r 也随之进行顺序调整;以投票值最大的参数组为中心点,将 x 坐标、 y 坐标、半径 r 差异在给定极小范围内的参数组进行合并,取其均值作为合并得到的参数组;如此反复得到投票值最大的前 C 类参数组。最后按照投票数除以半径的比值作为标准,选择投票数除以半径的比值最高的参数组作为最终的圆参数。

该改进方法的思想是:通过相似参数组的合并,降低由于轮廓形变、边缘不连续对于霍夫变换的影响;同时由于选择投票数除以半径的比值作为最终选择标准,极大程度地排除了在瞳孔边缘投票不集中的情况下,虹膜外轮廓、眼睑等弧形的噪声边缘带来的虚假的高投票值。

瞳孔边界的定位结果如图4所示。

3 虹膜外边界定位

3.1 虹膜区域估计

在虹膜外边界定位中,为避免由于图像畸变而

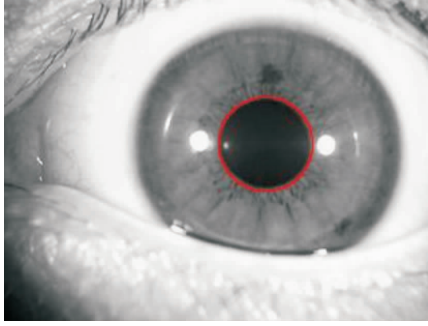


图4 瞳孔边界定位结果

引起霍夫变换失效的问题,本文采取主动轮廓模型。但是该方法的准确性,在一定程度上和初始轮廓相关,为此需要先获得虹膜区域的大致范围。

本文采用K均值聚类^[12]估计虹膜区域的大致范围,并以此构造初始轮廓。考虑到虹膜仪图像的一般特点,虹膜、瞳孔、阴影暗处区域亮度最低;无高光的皮肤区域亮度值居中;高光及白睛区域亮度较高,因此亮度分为3大类。从而以参数 $K=3$,对虹膜图像进行K均值聚类,聚类结果如图5(a)所示。在聚类结果所对应的联通区域中,筛选出质心与瞳孔中心基本重合、离心率和面积同时满足一定阈值的联通区域,作为虹膜区域的估计值,如图5(b)所示。



(a) K均值聚类结果



(b)虹膜区域选择

图5 虹膜区域估计

3.2 虹膜外边界获取

在完成虹膜区域估计后,可以得到虹膜区域的粗略边界,以此作为主动轮廓模型^[13]的初始边界,一方面可减少主动轮廓模型算法搜索最佳边界的时间,另一方面也可以减少边界曲线演化中遇到噪声、

强边缘干扰的几率。本文的虹膜外边界定位结果如图6(a)所示。本文的方法在虹膜外边界畸变比较明显、外边界形状与标准的圆形差异较大时,能避免霍夫变换算法失效的问题。

文献[12]采用传统霍夫变换进行虹膜边界定位,且该方法的实验结果在同类算法中较有优势^[12],本文通过重复文献[12]方法,将其外边界定位结果与本文方法进行对比。如图6所示,图6(a)、(c)、(e)为本文的外边界定位结果,图6(b)、(d)、(f)为文献[12]的外边界定位结果。实验结果显示,当虹膜外边界存在严重畸变时,文献[12]的定位失效,而本文的定位结果仍然准确。

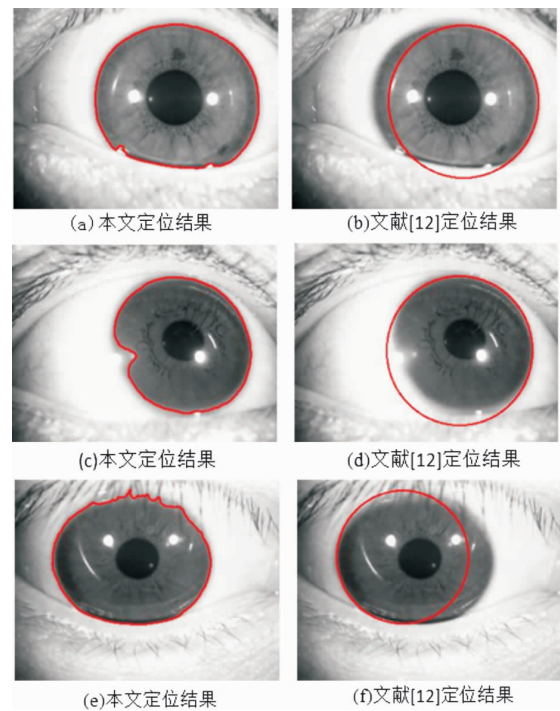


图6 虹膜外边界定位结果

4 实验结果与分析

本文算法在Matlab2010环境下编程实现,并在课题组自行采集的虹膜仪图像数据集上测试。图7所示为本算法得到的虹膜图像定位结果的部分示例。

从图中可见,本文算法可以较准确地定位各类不同条件下的虹膜图像,如:内边界形变的虹膜[见图7(a)]、外边界形变的虹膜[见图7(b)]、睫毛干扰的虹膜[见图7(c)]、高光干扰的虹膜[见图7(d)]、亮度不均的虹膜[见图7(e)]、眼睑遮挡的虹膜[见图7(f)]。但不足之处在于,当高光、睫毛等干扰较强时,虹膜外边界轮廓定位可能会受到一定干扰。

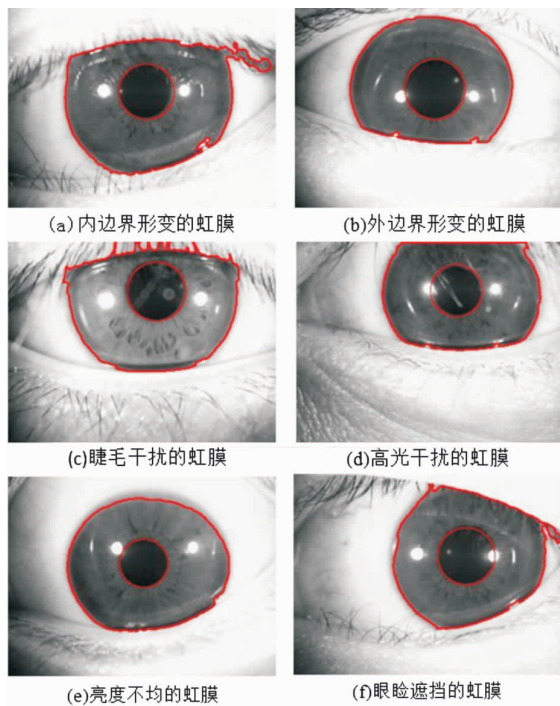


图7 虹膜定位结果

5 结语

本文以基于中医目诊的虹膜特征分析为出发点,以虹膜仪采集图像为对象,研究并提出了一种基于中医目诊的虹膜定位算法。该算法首先采用基于灰度阈值估计的方法得到瞳孔中心大致位置,再进行改进的霍夫变换,得到虹膜内边界的定位结果。然后采用K均值聚类估计虹膜区域的大致范围,并以此构造初始轮廓,利用主动轮廓模型得到虹膜的外边界,从而避免由于图像畸变而引起霍夫变换失效的问题。

实验结果表明,本文算法对于各类不同条件下的虹膜图像能较为准确地定位,尤其在图像畸变较严重的外边界定位中也能有较好的效果。但不足之处在于,当高光、睫毛等干扰较强时,虹膜外边界轮廓定位可能会受到一定干扰。后续工作拟通过改进主动轮廓模型算法解决该问题。

参考文献:

- [1] 黄惠勇,胡淑娟,彭清华.中医目诊的研究进展与评述[J].中华中医药学刊,2013,31(6):1479-1483.
- [2] 穆 珺,晏峻峰,彭清华.基于中医目诊的虹膜图像特征表示方法研究[J].湖南中医药大学学报,2015,35(11):65-69.
- [3] Marcus Ang, Wanling Wong, Judy Park, et al. Corneal Arcus is a Sign of Cardiovascular Disease, Even in Low-Risk Persons[J]. American Journal of Ophthalmology, 2011, 152(5): 864-871.
- [4] 董飞侠,程银国,黄蔚霞.虹膜诊断与慢性肾病分期及中医辨证的相关性研究[J].江苏中医药,2010,42(2):19-20.
- [5] Jae-Young Um, Nyeon-Hyoung An, Gui-Bi Yang, et al. Novel approach of molecular genetic understanding of iridology: relationship between iris constitution and angiotensin converting enzyme gene polymorphism [J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2005, 33(3): 501-505.
- [6] Daugman JG. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993(15): 1148-1161.
- [7] Wildes RP. Iris recognition: an emerging biometric technology. [C]// Proceedings of the IEEE, 1997(85): 1348-1363.
- [8] Hajari K, Bhojar K. A review of issues and challenges in designing Iris recognition Systems for noisy imaging environment[C]// International Conference on Pervasive Computing (ICPC2015).
- [9] Raffei AFM, Asmuni H, Hassan R, et al. A low lighting or contrast ratio visible iris recognition using iso-contrast limited adaptive histogram equalization [J]. Knowledge-Based Systems, 2014(74):40-48.
- [10] Jan F, Usman I, Agha S. Iris localization in frontal eye images for less constrained iris recognition systems [J]. Digital Signal Processing, 2012, 22(6): 971-986.
- [11] Proença H. Iris recognition: on the segmentation of degraded images acquired in the visible wavelength [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010, 32(8): 1502-1516.
- [12] Sahnoud SA, Abuhaiba IS. Efficient iris segmentation method in unconstrained environments[J]. Pattern Recognition, 2013, 46(12):3174-3185.
- [13] Chan TF, Vese LA. Active contours without edges [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(2): 266-277.

(本文编辑 匡静之)