

虹膜定位

何家峰 廖曙铮 叶虎年 李柱

(华中理工大学机械学院仪器所, 武汉 430074)

摘要 为了提高虹膜定位的速度以及虹膜定位算法的健壮性, 提出了一种粗定位与精定位相结合的两步定位法, 用以进行虹膜定位, 并对现有的虹膜定位算法进行了一些改进。实验结果表明, 用两步法进行虹膜定位可以加快定位速度, 减少搜索计算的盲目性。

关键词 虹膜定位 虹膜鉴别 虹膜

中图分类号: R322.9⁺ 1, TP391.41 文献标识码: B 文章编号: 1006-8961(2000)03-0253-03

Iris Location

HE Jia-feng, LIAO Shu-zheng, YE Hu-nian, LI Zhu

(Instrument Institute, Mechanical School, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract A two-step location approach combining coarse location with fine location is presented, and an extant iris location algorithm is improved in order to fasten the speed of iris location and make the iris location algorithm more robust. Grey scale projection approach is used for the coarse iris location and a kind of dynamic circular edge template is adopted by the fine iris location. Experiments show that the method has good performance of sub-pixel precision and about 1 second on speed compared with 3~5 seconds by the original iris location method. The two-step location approach can fasten location speed and decrease the blindness of search computation, and the improved iris location algorithm is reasonably more robust than the original one.

Keywords Iris location Iris identification Iris

0 引言

近年兴起的虹膜身份鉴别技术, 由于其巨大的优势及潜在的商业价值, 驱使国际上一些公司投入大量人力财力进行研究。虹膜自动身份鉴别的概念, 首先由 Flom 提出^[1], 然后 Daugman 在算法上首次使之变为可行^[2], Sensar 公司则把该算法与实时虹膜摄取技术结合在一起。虹膜身份鉴别技术目前开始进入商业领域, 如 Oki 电气工业公司与日本赛马协会联合研制的赛马虹膜身份鉴别系统; Siemens Nixdorf 公司又着手把 Sensar 公司的虹膜身份鉴别技术集成到他们的自动取款机上。

虹膜用于身份鉴别的主要优势有: (1) 高独特

性, 用 Daugman 的方法, 虹膜鉴别可达 173 个自由度, 而指纹鉴别一般只有约 35 个自由度; (2) 高稳定性, 虹膜可以保持几十年不变(但这还有一些争论^[3]); (3) 防伪性好, 利用虹膜本身有规律的震颤特性以及虹膜随光强度变化而缩放的特性, 可以把假冒的虹膜图片识别出来; (4) 易使用性, 该技术可以不与人体接触, 甚至在没有引起人们注意的情况下, 即可把虹膜图象摄下来, 虹膜固有的环状特性, 提供了一个天然的极坐标系。

虹膜定位, 亦即虹膜内外边缘的定位。由于虹膜具有较好的环状特性, 所以可以用圆心及半径可变的圆作为模板, 来定位虹膜边缘。本文对虹膜边缘的定位采用两步法, 即先利用灰度投影量进行粗定位, 然后利用圆形模板进行精定位。这样可以提高虹膜

边缘定位的速度,避免一些盲目性的搜索。

1 虹膜边缘的粗定位

拍摄到的眼图的灰度分布具有一定的特点。一般而言,虹膜灰度值比巩膜灰度值小,而瞳孔灰度值又比虹膜灰度值小。但在某些情况下,如白内障早期或镜片的后散射光的影响等,瞳孔灰度值可能比虹膜灰度值大,即瞳孔比虹膜亮。总之,巩膜、虹膜与瞳孔的灰度分布具有一定的规律性,而虹膜定位正是利用这种规律性。

瞳孔一般并不位于虹膜的中心,常常会有一些的偏离。设瞳孔圆心坐标为 (x_p, y_p) ,虹膜圆心坐标为 (x_i, y_i) ,瞳孔半径为 r ,虹膜半径为 R 。一幅灰度分布为 $I(x, y)$ 的虹膜输入图象,其在 x 方向的灰度投影量及在 y 方向的灰度投影量的分布分别为:

$$I'(x) = \sum_y I(x, y) \quad (1)$$

$$I'(y) = \sum_x I(x, y) \quad (2)$$

利用式(1)在 x 方向灰度投影量的分布特点,可以找出瞳孔圆心横坐标 x_p 、虹膜圆心横坐标 x_i 、两个虹膜内径 r_1, r_2 及两个虹膜外径 R_1, R_2 。在正常的凝视状态下,上下眼皮会遮盖一部分虹膜,所以式(2)对分析虹膜圆心纵坐标 y_i 及虹膜外径没有什么帮助,但可以求出瞳孔圆心纵坐标 y_p 及两个虹膜的内径 r_3, r_4 。于是,虹膜内径 r 便可以由 r_1, r_2, r_3 及 r_4 (它们一般不会相等)形成,虹膜外径 R 可以由 R_1, R_2 形成。对于虹膜圆心纵坐标,虽然不能直接根据灰度投影量求得,但由于瞳孔中心与虹膜中心之间的距离不会太大,所以可以令虹膜圆心纵坐标等于瞳孔圆心纵坐标,即 $y_i = y_p$ 。这样,便得到了粗略的瞳孔圆心、虹膜圆心、瞳孔半径以及虹膜半径。

2 虹膜边缘的精定位

由于虹膜具有良好的环状特性,所以可采用如下算子对虹膜边缘进行精定位^[2]:

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{L(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (3)$$

其中, $G_\sigma(r)$ 为高斯函数,由于高斯函数的傅氏变换仍是高斯函数,所以 $G_\sigma(r)$ 在空间域和频域都可以起到平滑滤波的作用。式(3)实质上是一个以尺度 σ

模糊化的圆形边缘探测器。它对瞳孔边缘或虹膜外边缘的定位过程,是在 (r, x_0, y_0) 三参数空间不断迭代求最优解(即求最大值)的过程。

2.1 瞳孔边缘的精定位

由于瞳孔边缘有时可能比较模糊(当虹膜颜色比较暗时,或某些眼部疾病导致瞳孔颜色变化时,例如白内障病变会引起瞳孔颜色由暗到亮渐变),为了更好地提取瞳孔边缘,可以对式(3)进行改进,即除以一个非线性因子。

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| \frac{G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{L(x, y)}{2\pi r} ds}{\lambda + \left| \frac{\partial}{\partial r'} \oint_{r', x_0, y_0} \frac{L(x, y)}{2\pi r'} ds \right|} \right| \quad (4)$$

其中, r' 略小于 r ,且它们之间的距离 Δr 是一定的, r' 随 r 变化而变化; λ 是预先给定的一个非常小的值,以防止分母中的绝对值表达式为零而引起奇异。它利用了这样一个事实,即不论瞳孔比虹膜亮(白内障早期或镜片的后散射光影响)还是暗,瞳孔的灰度分布总是均匀的。因此,当某个搜索的圆弧与瞳孔边缘很好地匹配时,式(4)的分母非常小,因而式(4)有一个突跃的值。

2.2 虹膜外边缘的精定位

由于虹膜外边缘一致性较差(主要是指虹膜外边缘偏离圆形,以及它与巩膜之间的过渡带较宽),所以可能使某些虹膜上存在的非常明显的向心性的环状纹理(虹膜诊断学上称之为“神经圈”),在式(3)中取最大值,从而使式(3)的算法掉入陷阱而失去作用。为防止这种情况发生,可用面积分式(5)代替式(3)中的线积分^[2]。

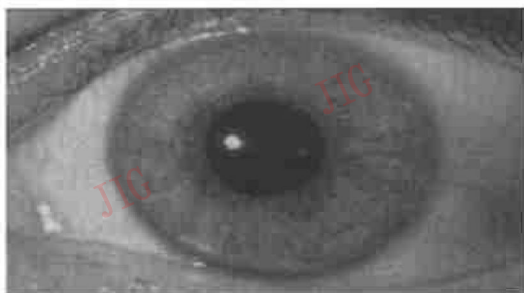
$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \iint_{\pi r^2} \frac{L(x, y)}{\pi r^2} d\sigma \right| \quad (5)$$

如果在粗定位的基础上,用式(3)进行精定位,可以防止上述式(3)失去作用的情况发生,这是因为粗定位所确定的 R ,限定了算法的搜索范围,而虹膜外边缘与“神经圈”有一定的距离。所以在两步法虹膜定位中,仍采用式(3),以减少运算量。

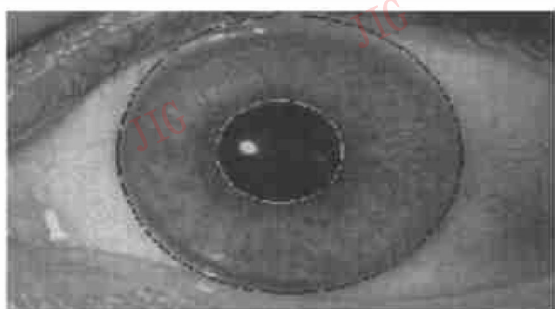
另外,在人眼正常的凝视状态下,上下眼皮会遮盖一部分虹膜,用式(3)和式(5)进行虹膜外边缘精定位时,对其积分域必须进行限定,对式(3),其积分域一般限定在 $-\pi/4 \sim \pi/4$ 及 $3\pi/4 \sim 5\pi/4$ 之间;对于式(5),其积分域一般限定在 $-\pi/4 \sim \pi/4$ 及 $3\pi/4 \sim 5\pi/4$ 所限定的扇形区域内。

3 实验

利用虹膜粗定位得到的瞳孔圆心坐标 (x_p, y_p) 、虹膜圆心坐标 (x_i, y_i) 、瞳孔半径 r 、虹膜半径 R 作为精定位参数的“种子”(初值),采用爬山法求最优解,即求虹膜的内外边缘。图1是该方法在 Borland C++ 语言下实现的一个例子。图1(a)是一幅虹膜图象,图1(b)是虹膜边缘定位的结果。



(a)



(b)

图1 一幅虹膜图象的定位

在 Pentium/133 主机下,对本文提出的两步虹膜定位方法与文献[2]中的定位方法进行了对比实验。对比结果发现,在定位精度上,都可以达到亚像素水平;在运行速度上,本文的方法约 1s 左右,文献[2]的方法约 3~5s。

4 结论

采用两步法对虹膜边缘进行定位,可以使精定位很快地收敛,可以减少文献[2]中定位搜索的盲目性及计算浪费,同时可以避免采用一些较为繁琐的定位过程(如文献[4])。与式(3)相比,式(4)提供的算法具有更好的鲁棒性。

参考文献

- 1 Flom *et al.* Iris recognition system. US Patent 4641349. 1987.
- 2 Daugman J. Biometric personal identification system based on iris analysis. US, Patent 5291560. 1994.
- 3 叶虎年,何家峰等.大有前途的虹膜诊断学.大自然探索.1999,18(1):91~92.
- 4 Wildes *et al.* Automated, Non-invasive iris recognition system and method. US, Patent 5572596. 1996.



何家峰 1970年生,博士生。主要研究方向为脑功能光学成像、虹膜诊断与鉴别。

廖曙铮 1976年生,硕士生。主要研究方向为图象处理与模式识别。

叶虎年 1938年生,教授,博士生导师。主要研究方向为光谱技术、脑功能光学成像、虹膜诊断与鉴别等。

李柱 1933年生,教授,博士生导师。主要研究方向为公差理论与技术、精密仪器等。