

基于灰度梯度的虹膜定位方法研究^①

黄小欢, 刘辉

(昆明理工大学信息工程与自动化学院, 云南昆明 650051)

摘要 利用虹膜识别进行身份认证, 是一种准确有效并具有巨大发展潜力的身份认证技术. 本文基于人眼图像的灰度几何特性, 介绍了一种基于微分积分圆形检测算子的虹膜定位方法, 并对真实图像进行了检测实验, 结果表明, 该方法能有效准确地进行虹膜的内外边界定位, 从而为虹膜模式分析和识别奠定良好基础.

关键词: 图像处理; 虹膜识别; 定位; 梯度

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2001)06-032-03

0 前言

虹膜识别技术是目前较新的一种基于眼睛虹膜的生物特征的识别技术. 人体各生物组织可用作身份识别的有指纹、脸型、DNA、虹膜等, 而以虹膜识别最简便、最准确. 由于虹膜特征具有唯一性、不受遗传性误差因素(如孪生关系等)和表现性因素(如面部特征随年龄变化)的影响、难于复制、识别信息易于获得等优点, 在身份认证方面具有无比的优越性, 随着电子信息时代的全面到来, 基于虹膜识别的身份认证技术必将获得广泛的应用.

虹膜识别技术, 就是对虹膜进行精确定位, 并对虹膜纹理结构进行分析, 进而进行有效识别.

虹膜定位是指对人眼虹膜部分进行精确定位, 这是虹膜识别的重要而关键的一步. 虹膜能否准确定位, 关系到虹膜纹理特征的提取, 从而对分析结果产生重要影响. 显然, 精确的虹膜定位, 是有效进行虹膜识别的前提.

本文讨论了一种有效的虹膜定位方法, 将其用于实际中, 取得了较好的结果.

1 虹膜定位算法

1.1 定位算子

人眼虹膜是黑色瞳孔和白色巩膜间的那部分环状组织. 虹膜分析的第一步即是确定虹膜在视频图象中是否可见, 并且对虹膜的内外边界圆环位置进行准确界定. 基于虹膜的圆形几何特征, 采用以下积分微分算子检测虹膜内外边界:

$$\max_{(r, x_c, y_c)} \left| \frac{\partial}{\partial r} \oint_{(r, x_c, y_c)} \frac{I(x, y)}{2\pi r} \right|$$

此积分微分算子对输入图象 $I(x, y)$ 进行搜索, 以图象上每一点 (x_c, y_c) 为中心, 采用逐步增加的半径计算归一化的圆积分沿半径方向的灰度梯度, 使此值最大的点及半径即为所要搜寻的虹膜中心及边界.

1.2 算法实现

1.2.1 图象平滑处理

在拍摄图像时, 由于反光等因素, 常会在瞳孔和虹膜部分形成一些亮点, 对提取虹膜边界产生不利的影响. 为了去除这部分噪声干扰, 采用高斯平滑对图象进行平滑处理.

$$G(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi r}} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right)$$

① 收稿日期: 2001-03-21;

第一作者简介: 黄小欢, 女, 1966年生, 硕士, 讲师; 研究方向: 数字图象处理.

平滑参数 σ 在检测虹膜外边界时, 由于巩膜和虹膜成像的灰度梯度较大, 使平滑在较大范围内进行, 可取大一些, 以便于噪声抑制, 首先检测出最突出的从虹膜到白色巩膜的边缘变化, 而检测虹膜内边界则在外边界所界定的小范围内进行, σ 应适当取小一些。

1.2.2 虹膜外边界检测

基于人眼眼球成像灰度特性, 巩膜是白色的, 而虹膜颜色较深, 在图象中, 两者灰度对比最大, 所以首先将检测到虹膜的外边界. 对图象上的每一点, 均做如下处理:

- (1) 参考输入图象长宽, 确定以 (x_c, y_c) 为圆心, 所能取的圆半径范围;
- (2) 对所有可能的半径, 统计圆周上点的灰度平均值;

$$aver-I(n\Delta r) = \frac{\sum_{(x,y) \in C} I(x,y)}{N}$$

其中 n 为正整数, Δr 为半径的微小增量, C 为以 (x_c, y_c) 为圆心, $n\Delta r$ 为半径的圆周, $I(x, y)$ 为圆周上的象素灰度值, N 为所统计的圆周上象素的个数;

- (3) 求相邻两圆周的灰度梯度:

$$grad(n\Delta r) = aver-I(n\Delta r) - aver-I((n-1)\Delta r)$$

对图象上所有象素, 搜寻使 $grad(n\Delta r)$ 绝对值最大的象素, 此象素 (x_c, y_c) 即为虹膜的中心, 此时半径 $n\Delta r$ 所对应的圆周即为虹膜的外边界:

$$\max_{(n\Delta r, x_c, y_c)} |grad(n\Delta r)|$$

由于数字图象是离散的, 需要用离散方法判决那些像素点位于特定圆心和半径的圆周上, 在本文中, 我们采用圆中点法, 具体算法如下: 利用圆的对称性, 只需确定第一象限中, 圆弧段从 $y = x$ 到 $y = 0$ 的八分圆的象素位置, 其余七个八分圆的位置可由对称性得到, 如图 1 所示。

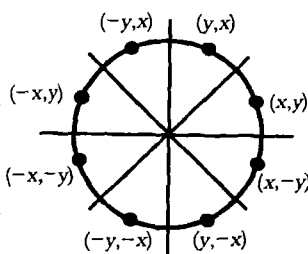


图 1 圆的对称性

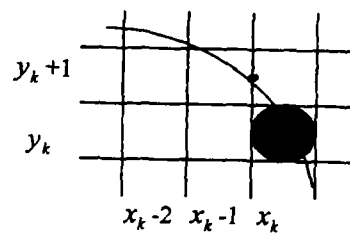


图 2 离散圆周点的判决

定义圆函数:

$$f_c(x, y) = x^2 + y^2 - r^2$$

为决策函数. 采用此决策函数判断任何点 (x, y) 的相对位置:

$$\begin{cases} f_c < 0 & (x, y) \text{ 位于圆边界内} \\ f_c = 0 & (x, y) \text{ 位于圆边界上} \\ f_c > 0 & (x, y) \text{ 位于圆边界外} \end{cases}$$

上式中圆函数的检测在每个取样步上对接近圆周的两个象素的中点进行. 如图 2 所示, 第一象限中, 在圆弧段从 $y = 0$ 到 $y = x$ 的八分圆上沿正 y 方向取单位步长. 设 (x_k, y_k) 为圆上的象素, 计算决策函数在两个象素 $(x_k - 1, y_k + 1)$ 和 $(x_k, y_k + 1)$ 中点处的值:

$$p_k = f_c(x_k - \frac{1}{2}, y_k + 1) = (x_k - \frac{1}{2})^2 + (y_k + 1)^2 - r^2$$

若 $p_k < 0$, 中点在圆内, 下一象素取 $(x_k, y_k + 1)$, 否则中点在圆上或圆外, 下一象素取 $(x_k - 1, y_k + 1)$.

利用增量运算可推导出决策函数的循环表达式:

$$p_{k+1} = \begin{cases} p_k + 2y_{k+1} + 1 & \text{若 } p_k < 0 \\ p_k + 2y_{k+1} + 1 - 2x_{k+1} & p_k > 0 \end{cases}$$

在人眼图象中, 虹膜往往会被上下眼帘遮挡一部分, 因此在计算圆上点的灰度时, 只取以水平线为中心的两段相对的 90 的圆弧, 而忽略上下各 90 的圆弧。

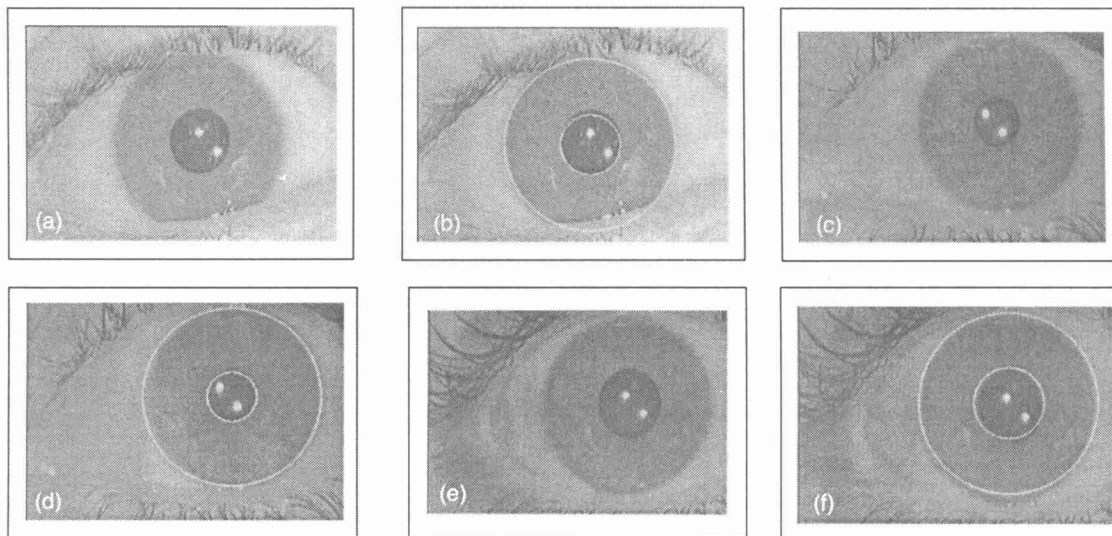
为了加快搜索速度, 参考虹膜外边界可能的范围, 可根据人眼图像的成像参数, 对半径和圆心附加一些约束, 以减少搜索范围。

1.2.3 虹膜内边界检测

外边界检测出来后,可在它所限定的范围内,采用同样的方法,搜索内边界.在搜索内边界时,将圆弧限定在上面的270°范围内,以避免虹膜下部90°范围内的亮点干扰.

2 实验结果

我们将上述方法用于实际的眼睛图像,搜索虹膜位置,均取得了较好的结果,每幅图像都能较精确地定位出虹膜的内外边界.图3给出了3幅真实的人眼图像(包括了左眼和右眼)及提取出的边界:



(a)人眼图像1(左眼) (b)用本文算法对图(a)定位出的虹膜位置 (c)人眼图像2(左眼)
(d)用本文算法对图(c)定位出的虹膜位置 (e)人眼图像3(右眼) (f)用本文算法对图(e)定位出的虹膜位置

图3 人眼图像和定位结果

3 结论

本文基于人眼图像的环状灰度特性,利用微分积分算子,结合高斯滤波平滑,对人眼虹膜的内外边界进行定位和检测.从而为虹膜特征分析和识别打下了良好的基础.实验表明,此算法能较为精确地进行虹膜区域定位,缺点是搜索时间较长.若能基于一定的先验知识(如成像系统的标定和成像距离要求)则能更好的提高这一算法的性能(算法速度和抗噪声性能),本文作者亦正在进行这一方面的研究工作.

参考文献:

- [1] [美]Donald Hearn, M. Pauline Baker, 蔡士杰等译. 计算机图形学[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998. 53~58.
- [2] [美]Kenneth R. Castleman. Digital Image Processing[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998. 207~212.
- [3] [英]Chris H. Seal, Maurice M. Gifford, David J. McCartney. Iris Recognition for User Validation[J]. British Telecommunications Engineering Journal, 1997.

Research on Iris Location Technique Based on Gray Gradient

HUANG Xiao-huan, LIU Hui

(The Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

Abstract Iris recognition is a technique of high confidence and great potential for personal identification verification. This paper introduces an approach for locating an iris using integrodifferential operators based on the circular geometry of the iris. Tests are carried out on real eye images and the results indicate that this method is very effective and accurate in locating the inner and outer boundary of an iris.

Key words: image processing; iris recognition; locating; gradient