

快速去除睫毛及高效眼睑检测方法

丁玲, 羿旭明

(武汉大学 数学与统计学院, 武汉 430072)

摘要: 根据虹膜分割得到的图像确定上下眼睑的检测区域, 针对上下眼睑的分布特征, 分别设计了等级滤波器及方向滤波器并结合膨胀的方法去除上下眼睑周围的睫毛; 进而设计了基于 gabor 滤波的快速眼睑检测方法, 能够在减少睫毛干扰的眼图中高效的找到上下眼睑的有效点, 并对这些点使用二次多项式分别拟合出了上下眼睑的曲线, 从而计算虹膜的有效区域, 作为判断该眼图是否能够进行特征提取, 提高了虹膜识别的效率, 为虹膜识别提供了辅助作用; 算法模型简单, 复杂度低, 运行速度快, 自适应性强, 上下眼睑检测时间均在 18 mm 左右, 能够在各种尺寸的眼图以及灰度分布不均的眼图中精确定位眼睑位置。因此该算法可应用于芯片, 以及日常虹膜识别功能的软件开发中。

关键词: 睫毛检测; 眼睑检测; 虹膜识别; 等级滤波器; 方向滤波器; gabor 滤波

Rapid Removal of Eyelashes and Efficient Eyelid Detection Method

Ding Ling, Yi Xuming

(School of Mathematics and Statistics, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The detection area of upper and lower eyelids is determined according to the image obtained from iris segmentation. According to the distribution characteristics of upper and lower eyelids, hierarchical filters and directional filters are designed respectively, and eyelashes around upper and lower eyelids are removed by expansion method. Furthermore, a fast eyelid detection method based on Gabor filter is designed, which can effectively find the effective points of upper and lower eyelids in the eye diagram to reduce eyelash interference. The curves of upper and lower eyelids are fitted by quadratic polynomials to calculate the effective area of iris. Finally, we can judge whether the eye image can extract features. This method not only improves the efficiency of iris recognition, but also provides an auxiliary role for iris recognition. The algorithm has the advantages of simple model, low complexity, fast running speed and strong adaptability. The detection time of upper and lower eyelids is about 18 mm. The algorithm can accurately locate the eyelid position in eye images of various sizes and uneven gray distribution. Therefore, the algorithm can be applied to the development of chips and daily iris recognition software.

Keywords: eyelash detection; eyelid detection; iris recognition; hierarchical filter; directional filter; Gabor filter

0 引言

虹膜识别是较为精确的一种生物识别技术, 被广泛认为是 21 世纪最具有发展前途的生物识别技术^[1]。未来的安防、国防、电子商务等多种领域的应用, 也必然的会以虹膜识别技术为重点。然而在虹膜识别的实际应用中, 采集条件多样化, 使用者在采集虹膜图像的过程中, 每次会采集多张眼图 (30~100 张)^[2], 该过程中 (耗时 0.01~1 m) 可能出现眨眼, 眯眼, 导致部分采集的眼图虹膜区域过小, 不足以进行特征提取, 或者会误将眼皮、眼睑和睫毛区域加入特征提取区域^[3-4]。

如何正确的确定特征提取的区域, 成为虹膜识别技术中的一项重要任务^[5-6]。本文设计的算法能够确定眼睑的位置能够确定眼图中眼睛闭合程度, 进而从使用者采集的眼图中选

出适合特征提取的眼图, 从而提高虹膜识别的准确率^[7-8]。

1 前期工作

1.1 获得虹膜内外边界

本文基于 Andreas Uhl and Peter Wild^[2] 的开源分割算法, 进行了优化和改进, 训练得到较为稳健的分割算法。分割算法先将采集的图片转换为灰度图, 再去掉亮斑, 用 x 和 y 方向的 Sobel 滤波器探测边界, 并且设置阈值去除睫毛。用加权的 hough 变换找到圆心, 并以圆心为原点从 12 点方向将去除亮斑后的图片进行极坐标展开^[9-10]。

再对极坐标图像进行 gabor 滤波, 并从滤波后的图像中查找初始边界, 再以初始边界向内外分别查找两条边界。用假设检验的方法从三条候选边界中找出虹膜内边界和虹膜外边界 (即瞳孔边界)。

1.2 测试图库

本文通过采集设备采集不同条件的虹膜图片, 便于验证眼睑检测的鲁棒性:

1) 常规眼图测试集: 中科院的开源库 CASIA-Iris-Lamp 库 (分辨率: 640 * 480, 格式: jpg) (图 2 (a)) 和团队采集的 ZY_IRIS 库^[5] (分辨率: 640 * 512, 格式: bmp)。

收稿日期: 2019-04-15; 修回日期: 2019-05-08。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (11671307)。

作者简介: 丁玲 (1993-), 女, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 主要从事图像处理方向的研究。

羿旭明 (1964-), 男, 湖南澧县人, 博士, 教授, 主要从事小波分析理论及其应用、图像处理等方向的研究。

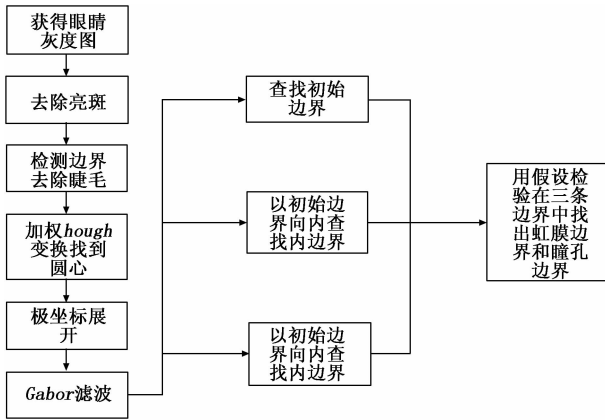


图 1 分割算法流程图

2) 特殊眼图测试集: 包含单眼皮、双眼皮、佩戴隐形眼镜 (图 2 (b))、佩戴美瞳 (图 2 (c))、化妆 (图 2 (d)) 等多种情形的图像; 灰度值分布不同的眼图测试集 (见图 2 (e) ~ (h))。

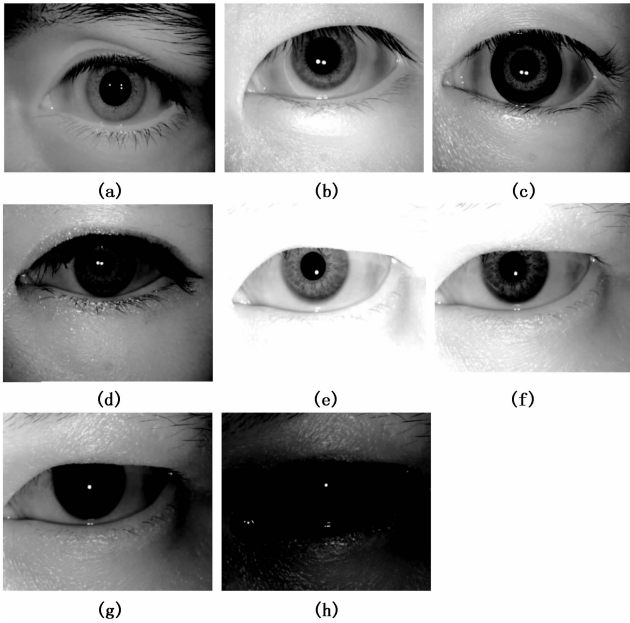


图 2 测试图库

2 划分上下眼睑检测区域

获取分割后的眼图, 在眼部图片中划分出上眼睑检测区域和下眼睑检测区域。

下面以一个具体的划分方法进行说明:

S1: 在眼部图片中划分出虹膜内边界和外边界, 虹膜内边界以内区域称为瞳孔区域, 内边界和外边界之间的环形区域称为虹膜区域, 找出外边界椭圆的上 (A) 下 (B) 左 (C) 右 (D) 顶点坐标; 以及内边界上 (E) 下 (F) 两个顶点和内边界的圆心 (O) 坐标, 参见图 3 所示。

S2: 分别计算出 A、B、C、D 到圆心的距离 a, b, c, d ; 计算 E、F 两点间距离 e ;

S3: 线段 a 以点 O 向点 A 扩大为原来的 $r_1 (r_1 \in [1, 2])$ 倍, 得到点 A' ; c 与 d 分别以点 O 向点 C 与 D 扩大为原来的

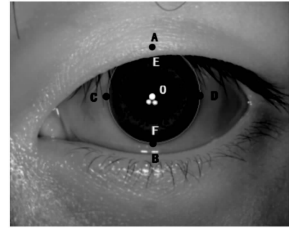


图 3 眼图区域示意图

$r_2 (r_2 \in [1, 2])$ 倍, 得到点 C 与 D' ; 在线段 OF 上取点 F' 使得 $OF' = 0.25 * e$ 。在眼部图片中划分一个过 A' 、C、 D' 、 F' 的矩形区域作为上眼睑区域, 参见图 4 (a) 所示。

线段 b 以点 O 向点 B 扩大为原来的 $r_3 (r_3 \in [1, 2])$ 倍, 得到点 B' ; c 与 d 分别以点 O 向点 C 与 D 扩大为原来的 $r_4 (r_4 \in [1, 2])$ 倍, 得到点 C'' 与 D'' ; 在眼部图片中划分一个过 B'' 、 C'' 、 D'' 、O 的矩形区域作为下眼睑区域, 参见图 4 (b) 所示。

本文取 $r_1 = 1.41, r_2 = 1.05, r_3 = 1.4, r_4 = 1.6$ 。

以分割得到的虹膜边界为参考进行划分, 能够将有用的眼睑部分包含在检测区域内。划分上下眼睑检测区域有以下优点: 可以减少检测范围, 从而减少检测空间复杂度, 从而减少检测时间; 同时可以减少眉毛和眼皮褶皱等因素的干扰; 上下眼睑都呈现线性特征, 而上下眼睑两侧的灰度分布特征不同, 上下眼睑使用不同的算法进行检测, 不仅可以防止相互干扰, 还能使算法具有更强的鲁棒性。

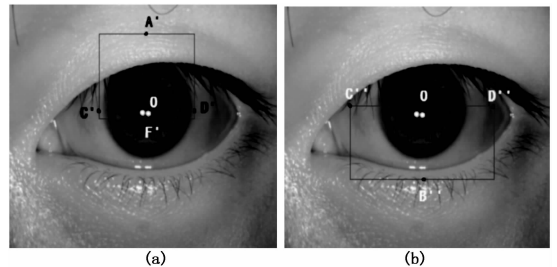


图 4 上下眼睑划分区域示意图

3 去除睫毛算法

由于睫毛在眼图中呈现明显的线性特征, 在边缘检测中容易出现高响应, 因此睫毛对眼睑检测影响十分大。下面去除上下眼睑检测区域的睫毛, 以减少睫毛对眼睑检测的干扰。

上眼睑检测区域可能出现单根睫毛和重叠睫毛等多种睫毛情形, 本文设计了的水平等级滤波器, 并选取次大值作为滤波结果, 能够在去除睫毛的同时避免眼皮亮斑的干扰。

对于下眼睑, 睫毛一般以单根的形式出现, 本文先设计了水平方向和垂直方向的边缘滤波器将睫毛检测出来并对睫毛区域进行膨胀, 再将下眼睑检测区域的睫毛去除。

图 5 中, (a) 为检测上眼睑使用的 $5 * 1$ 水平等级滤波器; (b) 和 (c) 分别为检测下眼睑 $7 * 1$ 水平边缘滤波器和 $1 * 7$ 垂直边缘滤波器。

上眼睑检测中 (d) 为上眼睑检测区域原图; (e) 为去除睫毛后的上眼睑检测区域; (f) 为对上眼睑检测区域原图

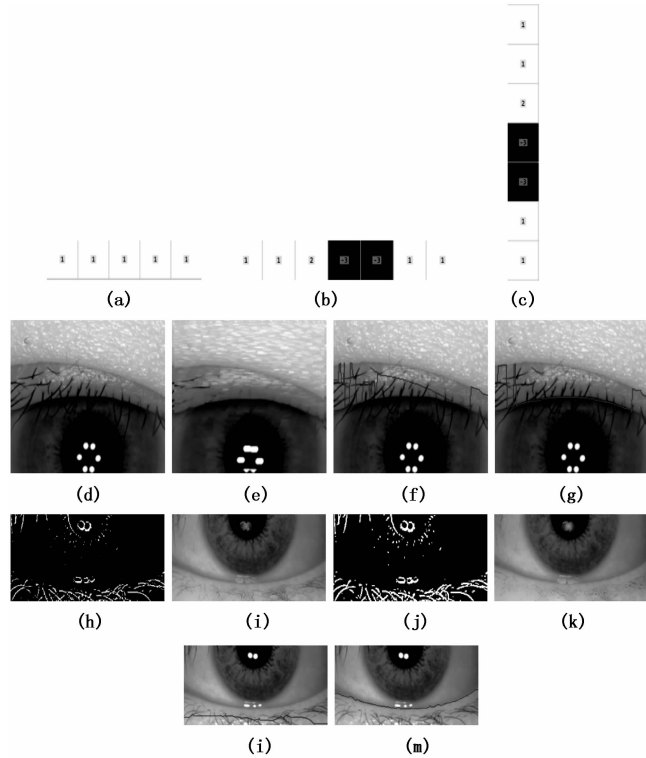


图 5 滤波器及检测效果图

的眼睑检测结果; (g) 为对去除睫毛后的上眼睑检测区域的眼睑检测结果。可见去除睫毛后, 上眼睑检测的效果得到了很大的提升。

下眼睑检测中 (h) 为检测的下眼睑检测区域中的睫毛掩码图, 其中白色为检测出来的睫毛; (i) 为直接利用掩码图 (h) 去除睫毛后的下眼睑检测区域; (j) 为将 (h) 中睫毛区域膨胀后的睫毛掩码图; (k) 为利用掩码图 (j) 去除睫毛的下眼睑检测区域。可见膨胀能够使得下眼睑检测区域中的睫毛去除的更加干净; (l) 为对下眼睑检测区域原图的眼睑检测效果; (m) 为对去除睫毛后的下眼睑检测区域的眼睑检测效果, 明显去除睫毛可以使得下眼睑检测更加准确。

4 基于 gabor 的眼睑检测算法

4.1 获得梯度图

gabor 滤波器是一种加窗的傅里叶变换, 适合表达图像的纹理特征, 非常适合用于眼睑分布特征的表达。对上眼睑区域和下眼睑区域分别进行滤波, 得到上眼睑梯度图和下眼睑梯度图。

具体地, 本文使用 9×9 gabor 滤波器虚部对上眼睑区域进行滤波操作:

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \frac{\gamma}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \sin\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right),$$

其中对每个像素点做如下旋转操作:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix}$$

本文取 $\lambda = 4\pi, \theta = -\frac{\pi}{2}, \psi = 0, \sigma = 6, \gamma = 1$, 从而得到

上眼睑梯度图, 如图 6 (a) 所示。

下眼睑区域使用改进的 15×15 gabor 滤波器的实部进行滤波:

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \frac{\gamma}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) (\cos(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi) - \exp(-\frac{\sigma^2}{2})),$$

本文取 $\lambda = 2\pi, \theta = \frac{\pi}{2}, \psi = 0, \sigma = \frac{\pi}{3}, \gamma = 1$ 。从而得到

下眼睑梯度图, 如图 6 (b) 所示。

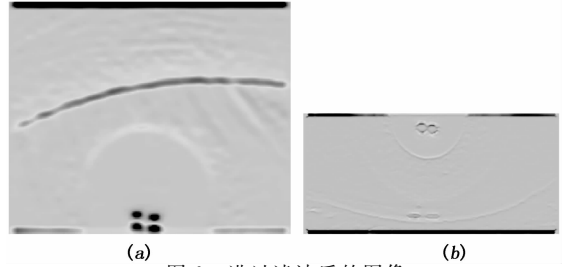


图 6 进过滤波后的图像

4.2 获得眼睑有效点

选取上眼睑检测区域梯度图和下眼睑检测区域梯度图每列像素中具有最大能量值的像素点作为初始候选点, 并基于此分别获得上眼睑候选点和下眼睑候选点;

进一步细化, 获取上眼睑候选点包括如下步骤:

S1: 为了避免光斑以及瞳孔边界对上眼睑检测的干扰。对上眼睑检测区域进行二值化处理: 将瞳孔区域各像素点取值为 1, 其余区域取值为 0, 得到上眼睑二值图, 对上眼睑二值图的瞳孔区域进行膨胀处理, 形成第一掩码图, 其中取值为 1 的部分称为掩码区域, 参见图 7 所示 (图中白色部分为掩码区域);

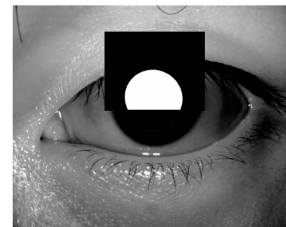


图 7 第一掩码图

S2: 搜索上眼睑梯度图每列像素中具有最大能量值的像素点, 得到上眼睑待选点, 剔除上眼睑待选点中位于第一掩码区域的像素点, 得到上眼睑初始候选点和候选点空缺列集合;

上眼睑梯度图是由多列的像素点组成的, 将上眼睑待选点位于第一掩码区域中的像素点剔除之后, 这些被剔除的像素点所在的列便缺少了上眼睑待选点, 这些缺少上眼睑待选点的列称之为候选点空缺列集合。

S3: 对候选点空缺列集合进行抛物线插值, 获得插值候选点, 插值候选点不在第一掩码区域内;

其中, 对候选点空缺列集合进行抛物线插值是按照如下方式进行: 选取与候选点空缺列集合中位于外侧的两列分别相邻的两个上眼睑初始候选点作为插值基准点, 记为 $G(x_G, y_G)$ 和 $H(x_H, y_H)$, 利用 $G(x_G, y_G)$ 和 $H(x_H, y_H)$ 对

候选点空缺列集合进行抛物线模板进行插值操作；

插值模板由二次函数构成：

$$y = ax^2 + bx + c,$$

$$a \text{ 为常数}, c = y_G, b = \frac{y_H - c - a(x_H - x_G)^2}{x_H - x_G}$$

按列插值可确保候选点空缺列集合的每一列有且仅有一个插值候选点， a 是控制插值模板的曲率参数，本文给定的是 $\frac{1}{500}$ 。

S4：上眼睑初始候选点与插值候选点共同组成上眼睑候选点，确保上眼睑梯度图每列像素中只有一个上眼睑候选点。

S5：基于上眼睑候选点，获取上眼睑候选线段，并根据上眼睑候选线段，获取上眼睑有效点，参见图 8 (a) 所示。

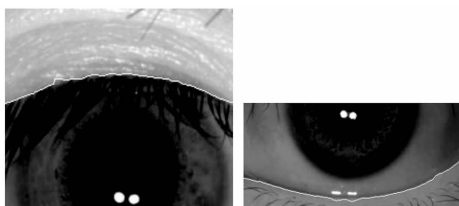


图 8 上下眼睑检测效果

进一步细化，为了获取上眼睑候选线段，我们定义：位于相邻两列像素中的两个上眼睑候选点纵坐标之差小于 T_1^{up} 个像素，则这两个上眼睑候选点称之为上眼睑连续点；具有超过 T_2^{up} 个上眼睑连续点的线段定义为上眼睑连续线段，否则，组成该线段的所有上眼睑候选点称之为跳跃点。

获取上眼睑候选线段包括如下步骤：

S501：基于上眼睑候选点，获取上眼睑连续线段；

S502：判断上眼睑连续线段的数量是否大于 1，若不大于 1，则转入 S507，若大于 1，则转入 S503；

S503：自上眼睑区域一侧向另一侧，依次判断相邻的两个上眼睑连续线段之间是否存在跳跃点，若不存在跳跃点，则转入 S506；若存在跳跃点，则转入 S504；

S504：判断两上眼睑连续线段相近的两个端点纵坐标之差是否大于 T_1^{up} ，若大于预设像素值，则转入 S506，若小于预设像素值，则转入 S505；

S505：将两上眼睑连续线段连接为新的上眼睑连续线段，并转入 S502；

S506：将两上眼睑连续线段认定为上眼睑候选线段；

S507：将该上眼睑连续线段认定为上眼睑候选线段。

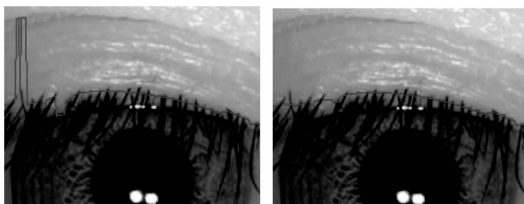
本文中，将两上眼睑连续线段连接为新的上眼睑连续线段采用如下方法：将两端点纵坐标的平均值作为跳跃点的纵坐标。

图 9 由可见去除跳跃点能够减少眼皮的干扰。

进一步细化，获取上眼睑有效点包括如下步骤：

1) 在所有的上眼睑候选线段中，搜索最长的上眼睑候选线段，判断其长度是否小于图片总宽度的 $a\%$ ，若是，则转入 2)，若否，则转入 5)；

2) 搜索第二长的上眼睑候选线段，判断其长度是否大



(a) 未去除跳跃点的候选点 (b) 去除跳跃点后的候选点
图 9 去除跳跃点效果对比

于图片总宽度的 $b\%$ ，若是，则转入 3)，若否，则转入 5)；

3) 判断最长和第二长的上眼睑候选线段长度之和是否小于图片总宽度的 $c\%$ ，若是，则转入 4)，若否，则转入 6)；

4) 搜索第三长的上眼睑候选线段，判断其长度是否大于图片总宽度的 $d\%$ ，若是，则转入 7)；若否，则转入 6)；

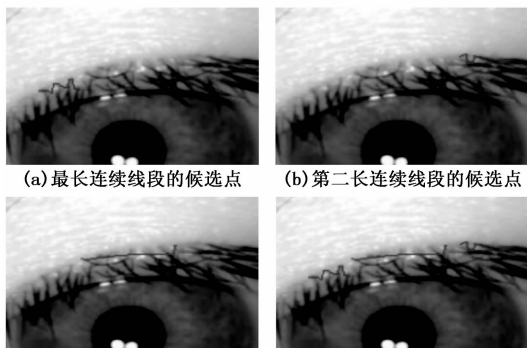
5) 将最长的上眼睑候选线段上的像素点作为上眼睑有效点，转入 8)；

6) 将最长和第二长的上眼睑候选线段上的像素点作为上眼睑有效点，转入 8)；

7) 将最长、第二长和第三长的上眼睑候选线段上的像素点作为上眼睑有效点，转入 8)；

8) 将得到的上眼睑有效点中位于第一掩码区域的像素点剔除，得到最终的上眼睑有效点。

本文取 $T_1^{up} = 10$ ， $T_2^{up} = 8$ ， $a = 45$ 、 $b = 10$ 、 $c = 33$ 、 $d = 10$ 。



(a) 最长连续线段的候选点 (b) 第二长连续线段的候选点
(c) 第三长连续线段的候选点 (d) 第三长连续线段的候选点
图 10 获取有效点过程

图 10 中进一步细化，获取下眼睑候选点包括如下步骤：

S1：对下眼睑区域进行二值化处理，将瞳孔区域和虹膜外边界各像素点取值为 1，其余区域取值为 0，得到下眼睑二值图，对下眼睑二值图的瞳孔区域和虹膜外边界分别进行膨胀处理，形成第二掩码区域和第三掩码区域，分别参见图 11 (a) 和图 11 (b) (图中白色部分) 所示。

S2：搜索下眼睑梯度图每列像素中具有最大能量值的像素点，得到下眼睑待选点，剔除下眼睑待选点中位于第二掩码区域和第三掩码区域的像素点，得到下眼睑候选点。利用第二掩码区域和第三掩码区域进行像素点的剔除，可以有效减小瞳孔区域亮斑边界和虹膜区域外边界对下眼睑候选点检测的干扰。

S3：基于下眼睑候选点，获取下眼睑候选线段，并根据下眼睑候选线段，获取下眼睑有效点，参见图 9 (b)

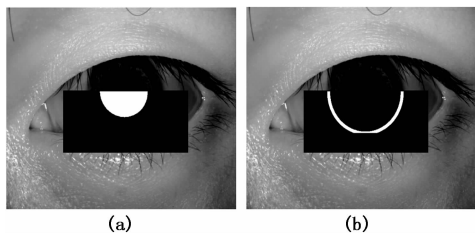


图 11 掩码图

所示。

进一步细化, 我们定义: 如果位于相邻两列像素中的两个下眼睑候选点纵坐标之差小于 T_1^{down} 个像素, 则这两个下眼睑候选点称之为下眼睑连续点, 由至少两个下眼睑连续点形成的线段称之为下眼睑连续线段。本文取 $T_1^{down} = 2$ 。

获取下眼睑有效点包括如下步骤:

S301: 基于下眼睑候选点, 获取最长的下眼睑连续线段;

S302: 判断最长的下眼睑连续线段端点外侧是否存在与该端点相邻的列像素, 若存在, 则选取该列像素上的与该端点纵坐标差值小于 T_2^{down} 的像素点作为搜索对象, 转入 S303, 若不存在, 则转入 S304;

S303: 搜索该搜索对象内具有最大能量值的像素点, 将该像素点与最长的下眼睑连续线段连接为新的最长的下眼睑连续线段, 并返回 S302;

S304: 将最长的下眼睑连续线段上的像素点作为下眼睑有效点。

本文中, 最长的下眼睑连续线段的左右两个端点分别往左边和右边进行逐点搜索, 搜索的范围是相邻列像素上的与相应侧端点纵坐标差值小于 T_2^{down} 的像素点作为搜索对象。本文中 $T_2^{down} = 2$, 即与该端点相邻的像素点及其上方两个像素点、下方两个像素点共 5 个像素点为搜索对象。

在步骤 S302 中, 还包括如下剔除步骤:

1) 在下眼睑区域的瞳孔区域, 以通过该预设点的分隔线将下眼睑区域分为上下布置的两个矩形单元;

2) 对两矩形单元进行二值化处理, 将虹膜外边界各像素点取值为 1, 其余区域取值为 0, 得到两个矩形单元二值图, 对两矩形单元二值图的虹膜外边界分别进行膨胀处理, 形成第四掩码区域 (图中白色部分), 参见图 12, 本文中, 由于虹膜区域外边界呈现渐变的形态, 因此, 在第四掩码区域中, 上部分的膨胀系数大, 可更好的减少虹膜区域外边界的干扰; 而下部分膨胀系数过大会过多遮挡下眼睑区域, 干扰下眼睑有效点的二次查找, 因此下部分采用较小的膨胀系数;

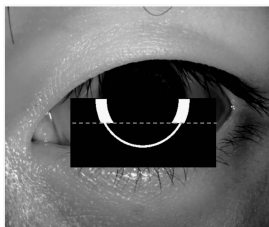


图 12 第四掩码图

3) 如果搜索对象中存在位于第四掩码区域的像素点, 则将这些位于第四掩码区域的像素点从搜索对象中剔除掉。

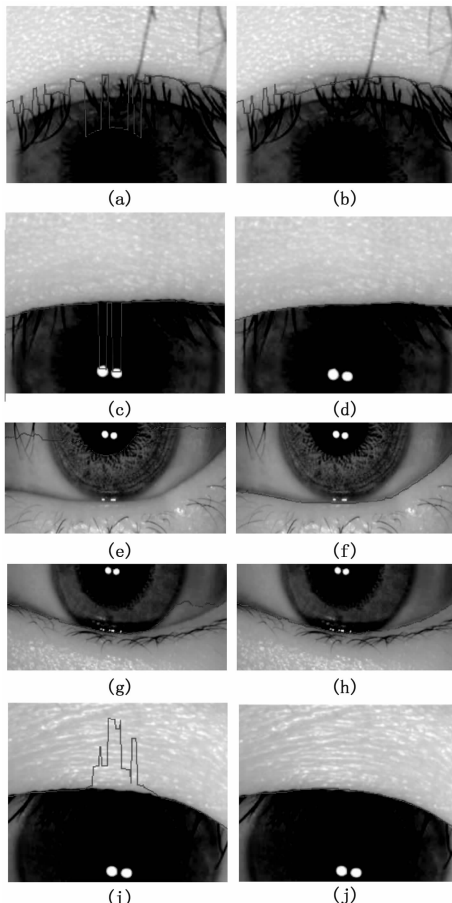


图 13 减少各种干扰效果

图 13 中, (a) 为未加入去除瞳孔干扰功能, 可见上眼睑部分候选点受到瞳孔边界的干扰; (b) 为将落入掩码 1 的候选点所在部分用抛物线插值的效果; (c) 为未加入去除光斑干扰功能, 可见部分候选点受到光斑的干扰; (d) 为将落入掩码 1 的候选点所在部分用抛物线插值; (e) 为未加入去除瞳孔干扰功能, 可见下眼睑部分候选点受到瞳孔边界的干扰; (f) 为下眼睑加入去除瞳孔干扰功能最终检测效果; (g) 为下眼睑未加入去除虹膜外边界干扰功能检测效果; (h) 为下眼睑加入去除虹膜外边界干扰功能检测效果; (i) 为未将落入掩码的候选点所在部分用抛物线插值, 而是仅阻止候选点落入掩码 1 中, 导致强制搜索的候选点偏离眼睑; (j) 为将落入掩码的候选点所在部分用抛物线插值。

4.3 获得眼睑曲线

对上眼睑有效点和下眼睑有效点分别进行二次多项式拟合, 获得上眼睑拟合曲线和下眼睑拟合曲线。

具体地, 上眼睑有效点和下眼睑有效点均通过如下方法分别进行拟合: 记有上眼睑有效点 (或下眼睑有效点) 个数为 n , 上眼睑有效点 (或下眼睑有效点) 构成的曲线为 $f(x)$, 上眼睑有效点 (或下眼睑有效点) 记为 $(x_i, f(x_i))$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。采用最小二乘法对上眼睑有效点

(或下眼睑有效点) 进行二次多项式拟合, 拟合方程为:

$$\varphi(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2,$$

计算平方误差为:

$$R(a_0, a_1, a_2) = \sum_{i=1}^n (\varphi(x_i) - f(x_i))^2 = \sum_{i=1}^n (a_0 + x_i + x_i^2 - y_i)^2,$$

为使 $R(a_1, a_2, a_3)$ 达到最小, 应满足:

$$\frac{\partial R}{\partial a_j} = 0, j = 0, 1, 2,$$

即

$$\begin{cases} a_0 + \sum_{i=1}^n x_i a_1 + \sum_{i=1}^n x_i^2 a_2 = \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i a_0 + \sum_{i=1}^n x_i^2 a_1 + \sum_{i=1}^n x_i^3 a_2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 a_0 + \sum_{i=1}^n x_i^3 a_1 + \sum_{i=1}^n x_i^4 a_2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \end{cases}$$

记:

$$\mathbf{A} = [a_0 \quad a_1 \quad a_2]'$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^4 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{Y} = \left[\sum_{i=1}^n y_i \quad \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \right].$$

采取 LU 分解法解方程:

$$\mathbf{XA} = \mathbf{Y}.$$

获得矩阵 \mathbf{A} 即获得了二次多项式拟合曲线方程的参数, 即可获得眼睑的拟合曲线。如图 14 所示。



图 14 眼睑检测效果图

5 实验结果

为评价本算法检测结果的准确率, 本团队采集人工标记数据集, 包含如下数据: 1) CASIA-Iris-Lamp 库中选取 400 人每人左右眼各 5 张共计 4 000 张眼图的上下眼睑标记数据; 2) ZY_IRIS 库中选取 900 人每人左右眼两次采集各 5 张共计 18 000 张眼图的上下眼睑标记数据。设计人工标注工具如下。

针对不同数据库, 检测结果如图 16 所示。

图 16 中, (a) 是本团队数据库, (b) 是 CASIA-Iris-Lamp 数据库。

定义上下眼睑中间的虹膜区域为有效虹膜区域, 将人工检测作为 ground truth, 计算检测的 mIoU, 以及测试时

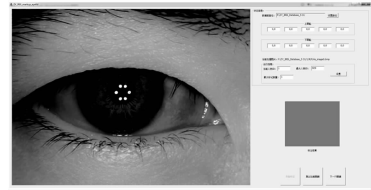


图 15 人工标记工具

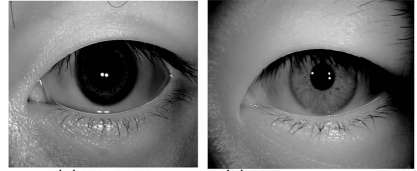


图 16 眼睑检测结果

间。测试结果如表 1 所示。

表 1

数据库	测试设备型号	mIoU	时间 ms/F
ZY_IRIS	RTX 2080	98.2	10
CASIA-Iris-Lamp	RTX 2080	95.3	9

6 总结

虹膜识别技术迅速发展, 提高算法精度和适用性能够提高用户体验。本文设计的眼睑检测算法能够识别识别眼睑的位置从而协助虹膜识别判断虹膜可用区域, 提高虹膜识别精度。

参考文献:

- [1] 孙哲南, 李海青, 张曼, 等. 人工智能时代的生物识别创新创业新趋势——中国科学院自动化研究所虹膜、人脸、步态识别技术产业化实践 [J]. 中国信息安全, 2019 (02): 73-76.
- [2] 高思. 虹膜图像的采集与质量评价的研究 [D]. 吉林大学, 2016.
- [3] Uhl A, Wild P. Weighted adaptive Hough and ellipsopolar transforms for real-time iris segmentation [A]. 2012 5th IA-PR International Conference on Biometrics (ICB) [C]. 2012.
- [4] 肖仁度. 实用眼科解剖学 [M]. 太原: 山西人民出版社, 1980.
- [5] 汪璇. 一种外挂虹膜镜头 [P]. 实用新型, 国家知识产权局, 中国, No. CN207663128U.
- [6] Camus T, Wildes R. Reliable and fast eye finding in close-up images [A]. 2002. Proceedings. 16th International Conference on Pattern Recognition [C]. IEEE, 2002, 1: 389-394.
- [7] Guo G, Jones M J. Iris extraction based on intensity gradient and texture difference [A]. WACV 2008. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 2008 [C]. IEEE, 2008: 1-6.
- [8] Daugman J. New methods in iris recognition [J]. IEEE T Syst Man Cy B, 2007, 37 (5): 1167-1175.
- [9] Barzegar N, Moin M S. A new user dependent iris recognition system based on an area preserving pointwise level set segmentation approach [J]. Eurasip J Adv Sig Pr, 2009: 1-14.
- [10] Daugman J. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 15 (11): 1148-1161.