

图 17 虹膜定位实验对比图

由图 17 可以看出, Wildes 与 Daugman 的方法对于睫毛、眉毛等阴影干扰及眼睑遮挡处理效果不佳, 在定位时容易受其影响导致定位出现偏差, 在低分辨率图像上定位也不准确. 本文方法利用双线性插值法对图像进行预处理, 并利用人眼图像的灰度分布规律有效避免了阴影和遮挡的影响. 与 Wildes 及 Daugman 的方法相比, 本文方法在处理低分辨率图像时具有明显优势; 另外, 在处理具有阴影和眼睑遮挡图像时, 本文方法也取得了更好的效果. 但是, 对于人眼虹膜部分变形较大的图像, 对人眼虹膜定位的精度有时不是很高, 定位出的虹膜半径偏小. 主要是因为 Hough 变换依赖于候选像素点投票, 本文虽然对镜面反射光斑和阴影等进行了有效处理, 但是在变形较大图像上, 实际虹膜边缘的投票数有时低于伪边缘, 导致结果出现偏差. 对于此种情况, 可对检测边缘周围像素进行一次检验, 排除检测偏差结果.

7.2 眼睑定位实验

我们使用本文算法对 UBIRIS v1.0 数据库及从互联网采集的图像分别进行眼睑的定位. 图 18 为 UBIRIS v1.0 数据库中眼睑定位结果, 图 19 为模糊图像中眼睑定位结果.

由实验结果可以看出, 本文提出的算法能较为精确地对人眼上下眼睑进行定位. 对于部分人眼变形较大图片, 本文算法存在一定偏差. 这是因为本文算法对人眼上下眼睑使用圆形进行拟合, 但在实际情况中, 眼睑形状并不都为圆形, 尤其对于人眼部分变形较大的图像而言. 但是, 本文方法定位出的边缘点集是比较有效的, 后续研究中可采用多项式曲线如贝塞尔曲线等对其进行拟合, 或对拟合曲线增加更多的形状约束使其更贴进实际眼睑形状来进行改进.



图 18 UBIRIS 数据库眼睑定位实验结果



图 19 模糊图像上眼睑定位实验结果

同样地, 我们使用本文算法对 UBIRIS v1.0 中虹膜图像和低分辨率的人眼图像的眼睑检测结果进行对比, 对比结果如图 20 所示. 图 20(a)、(b) 与 (c) 中, 左边两幅图片来自 UBIRIS v1.0, 右边两幅图片来自互联网上人脸图片截取的人眼部分, 图 20(a) 中定位结果为本人根据 Wildes 对眼睑部分定位算法的实现, 图 20(b) 中定位结果为本人对 Cai 等人的眼睑定位算法的实现. 图中展示了四种具有挑战性的人眼图片的眼睑定位结果, 从左至右依次存在具有明显阴影干扰、具有较明显双眼皮干扰、像素分辨率较低、像素分辨率较低且具有阴影干扰等问题.

由图中可以看出, Wildes 的方法对于双眼皮、睫毛等阴影处理不够, 定位结果容易受其影响导致出现较大偏差; Cai 等人的方法在定位眼睑时, 需要对图像进行形态学闭开运算并使眼睑边缘区域灰度达到最低, 在高清无明显阴影遮挡的虹膜图像上, 虹膜颜色较浅且与瞳孔区域颜色区分较为明显时效果较好, 但在具有明显阴影的高清虹膜图像及分辨率较低的人眼图像上, 该方法无法保证获得眼睑区域仍然具有最低的灰度, 达不到理想的效果; 本文方法利用自适应双阈值算法对人眼图像进行处理, 既去除了双眼皮等的干扰, 又对睫毛等阴影进行了有效处理, 并且不依赖于虹膜与瞳孔灰度值具有较大差异这一条件. 与 Wildes 及 Cai 等人的方法相比, 本文方法对双眼皮和阴影的处理是非常有效的. 另外, 本文算法在处理低分辨率图像时, 也取得了更好的效果.

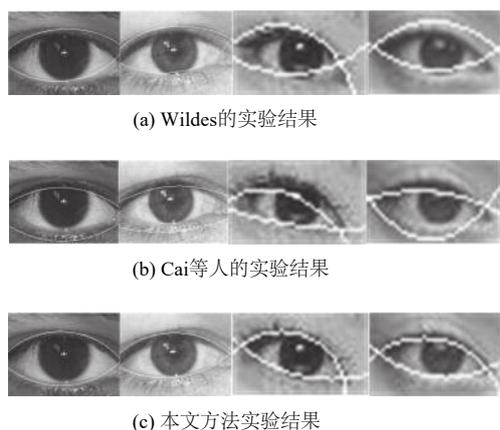


图20 眼睑定位实验对比图

8 结论与展望

现有的人眼定位方法直接应用在低分辨率人脸图像时存在一些问题. 本文针对这种非理想环境下人脸图像上的人眼定位问题, 提出了一种人眼定位方法, 利用双线性插值法、动态阈值及双边滤波器对人眼图像定位存在的干扰因素如眼睑、睫毛、双眼皮、镜面反射光斑等进行处理, 利用带约束的 Hough 圆检测算法及自适应双阈值算法对人眼虹膜、上下眼睑分别进行定位. 另外, 基于像素单元的图像边缘放大后会呈现凹凸不平的锯齿边缘, 本文的定位方法能给出定位的矢量方程, 一定程度上解决了图像放大后边缘的锯齿问题, 得到的矢量描述可以应用在人脸识别、三维建模等领域中. 实验结果表明, 本文算法在模糊的低分辨率人脸图像上能较为准确地定位出人眼位置, 同时, 在高清虹膜图像上同样能取得较好的定位效果, 具有较强的鲁棒性.

参考文献

- 1 Daugman JG. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1993, 15(11): 1148–1161. [doi: 10.1109/34.244676]
- 2 Daugman J. How iris recognition works. Cambridge: The Essential Guide to Image Processing. 2009. 715–739. [doi: 10.1016/B978-0-12-374457-9.00025-1]
- 3 Daugman J. Probing the uniqueness and randomness of IrisCodes: Results from 200 billion iris pair comparisons. *Proceedings of the IEEE*, 2006, 94(11): 1927–1935.
- 4 Wildes RP. Iris recognition: An emerging biometric technology. *Proceedings of the IEEE*, 1997, 85(9):

- 1348–1363. [doi: 10.1109/5.628669]
- 5 Dey S, Samanta D. A novel approach to iris localization for iris biometric processing. *International Journal of Biomedical and Biological Engineering*, 2007, 1(5): 293–304.
- 6 Umer S, Dhara BC. A fast iris localization using inversion transform and restricted circular Hough transform. *2015 Eighth International Conference on Advances in Pattern Recognition*. IEEE. New York, NY, USA. 2015. 1–6.
- 7 Kumar V, Asati A, Gupta A. Accurate iris localization using edge map generation and adaptive circular Hough transform for less constrained iris images. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2016, 6(4): 1637–1646. [doi: 10.11591/ijece.v6i4.9756]
- 8 Boles WW, Boashash B. A human identification technique using images of the iris and wavelet transform. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 1998, 46(4): 1185–1188. [doi: 10.1109/78.668573]
- 9 He Z, Tan T, Sun Z, *et al.* Toward accurate and fast iris segmentation for iris biometrics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2009, 31(9): 1670–1684. [doi: 10.1109/TPAMI.2008.183]
- 10 Wildes RP, Asmuth JC, Green GL, *et al.* A system for automated iris recognition. *Proceedings of the Second IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*. IEEE. New York, NY, USA. 1994. 121–128.
- 11 Masek L. Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification [Bachelor thesis]. The University of Western Australia, 2003.
- 12 Min TH, Park RH. Comparison of eyelid and eyelash detection algorithms for performance improvement of iris recognition. *15th IEEE International Conference on Image Processing*. IEEE. New York, NY, USA. 2008. 257–260. [doi: 10.1109/ICIP.2008.4711740]
- 13 Pardas M. Extraction and tracking of the eyelids. *2000 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. IEEE. New York, NY, USA. 2000. 2357–2360. [doi: 10.1109/ICASSP.2000.859314]
- 14 Radman A, Zainal N, Ismail M. Efficient iris segmentation based on eyelid detection. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2013, 8(4): 399–405.
- 15 Cai P, Wang C. An eyelid detection algorithm for the iris recognition. *International Journal of Security and its Applications*, 2015, 9(5): 105–112. [doi: 10.14257/ijssia]
- 16 Fuhl W, Santini T, Geisler D, *et al.* Eyes wide open? Eyelid location and eye aperture estimation for pervasive eye tracking in real-world scenarios. *Proceedings of the 2016*

- ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct. ACM. New York, NY, USA. 2016. 1656–1665. [doi: [10.1145/2968219.2968334](https://doi.org/10.1145/2968219.2968334)]
- 17 Jain AK, Ross AA, Nandakumar K. Introduction to Biometrics. Berlin: Springer Science & Business Media, 2011.
- 18 Jan F, Usman I, Agha S. A non-circular iris localization algorithm using image projection function and gray level statistics. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 2013, 124(18): 3187–3193. [doi: [10.1016/j.ijleo.2012.09.018](https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2012.09.018)]
- 19 Xiong X, De la Torre F. Supervised descent method and its applications to face alignment. 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE. New York, NY, USA. 2013. 532–539. [doi: [10.1109/CVPR.2013.75](https://doi.org/10.1109/CVPR.2013.75)]
- 20 Radu P, Sirlantzis K, Howells G, *et al.* A versatile iris segmentation algorithm. Proceedings of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures (BIOSIG 2011). Darmstadt, Germany. DBLP. 2011. 137–150.
- 21 Monaco MK. Color Space Analysis for Iris Recognition [Thesis]. Morgantown: West Virginia University, 2007.
- 22 Wagh AM, Todmal SR. Eyelids, eyelashes detection algorithm and Hough transform method for noise removal in iris recognition. *International Journal of Computer Applications*, 2015, 112(3): 28–31.
- 23 Basit A, Javed MY, Anjum MA. Eyelid detection in localized iris images. *International Conference on Emerging Technologies*. IEEE. New York, NY, USA. 2006. 157–159.
- 24 Koh J, Govindaraju V, Chaudhary V. A robust iris localization method using an active contour model and Hough transform. 20th International Conference on Pattern Recognition. IEEE. New York, NY, USA. 2010. 2852–2856. [doi: [10.1109/ICPR.2010.699](https://doi.org/10.1109/ICPR.2010.699)]
- 25 Almisreb AA, Tahir NM. Enhancement of iris boundary detection based on OTSU method. Proceedings of 2013 IEEE Symposium on Computers & Informatics. Langkawi, Malaysia. 2013. 143–146. [doi: [10.1109/ISCI.2013.6612392](https://doi.org/10.1109/ISCI.2013.6612392)]
- 26 Proença H, Alexandre LA. UBIRIS: A noisy iris image database. In: Roli F, Vitulano S, eds. *Image Analysis and Processing—ICIAP 2005*. Lecture Notes in Computer Science, vol 3617. Springer. Berlin, Heidelberg, Germany. 2005. 970–977.
- 27 Qingbao. Iris. <https://github.com/Qingbao/iris>.