

文章编号: 1001-3806(2013)06-0769-04

基于红外差分和积分投影的驾驶员眼睛定位

葛如海, 符鸿玉, 符凯, 金桥

(江苏大学 汽车与交通工程学院 载运工具运用工程系, 镇江 212013)

摘要: 眼睛位置的快速准确定位是利用机器视觉方法对驾驶员的状态进行监测以及预警的前提。为了检测出眼睛的位置, 采用一种基于红外差分和灰度积分投影的方法进行了驾驶员眼睛的定位。首先利用瞳孔在近轴和远轴红外光分别照射下的不同状态, 采集到瞳孔亮暗程度不同的两幅图像, 然后将采集到的奇偶帧图像进行差分等相关形态学处理, 获得了只包含瞳孔的二值化图像, 最后分别对左右眼进行垂直和水平投影, 获得左右眼的精确横竖坐标。对该方法进行了理论分析和实验验证, 取得了很好的效果。结果表明, 该方法具有较高的准确率和实时性。这一结果对下一步驾驶员的疲劳检测是有很大帮助的。

关键词: 图像处理; 人眼检测; 灰度积分投影; 驾驶员

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2013.06.014

Location of drivers' eyes based on the infrared differential and integral projection

GE Ru-hai, FU Hong-yu, FU Kai, JIN Qiao

(Department of Vehicle Operation Engineering, School of Automotive and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Eye location is the precondition to monitor drivers fatigue state with the help of image processing technique. In order to achieve the purpose of detecting eyes location, a method was put forward to locate a driver's eyes based on infrared difference and gray integral projection. Firstly, two images for bright and dark pupils were collected for the pupil's different condition under the adaxial and abaxial infrared irradiation. Secondly, the collected parity frame images contained only binary pupil images by means of differential morphological processing. Finally, precise horizontal and vertical coordinates of the left and right eyes were obtained based on the vertical and horizontal projection on the left and right eyes respectively. Good results were achieved. The experimental results show that the method has high accuracy and real-time performance. This result is of great help to the next step of driver fatigue detection.

Key words: image processing; eye detection; gray integral projection; driver

引言

眼睛是人脸中极为重要的一部分, 包含着丰富的信息。在汽车安全驾驶中, 对于乘员眼睛的检测和定位有着许多的应用。例如在检测司机疲劳驾驶时, 实时、准确地检测驾驶员眼睛的开合状态, 可以大大减少交通事故的发生率; 在智能安全气囊系统中, 首先检测出乘员眼睛的位置从而估计其头部在空间的位置, 进而可以控制气囊的充气时间、充气

量、爆燃的等级、气囊的具体展开方向等相关性能, 从而保证乘员是在最佳时刻与气囊接触, 使气囊充分发挥其保护效果, 这对于离位乘员保护具有尤其重要的意义。因此, 能够实时准确地检测定位乘员的眼睛显得非常关键。

随着人眼检测技术的不断发展进步, 国内外的很多大学、科研机构都设立了专门的眼睛检测技术研发小组。依据眼睛检测所使用的光源, 主要分为两种方法: 正常光源下的人眼检测和特种光源下的人眼检测。早期的 SOBOTKA 等人^[1] 在研究中提出直接采用水平投影和垂直投影来定位眼睛。GENG 等人^[2] 提出一种使用混合投影函数 (hybrid projection function, HPF) 来进行眼睛定位。CAO 等

作者简介: 葛如海 (1957-), 男, 博士, 教授, 主要从事汽车被动安全技术、车辆轻量化方面的研究。

E-mail: grh@ujs.edu.cn

收稿日期: 2013-02-25; 收到修改稿日期: 2013-04-11

人^[3]提出了一种虹膜检测算法。这种方法利用眼睛图像的饱和度信息和亮度信息作为阈值来判断分割出虹膜区域,再用 Hough 变换进行虹膜检测。SHI 等人^[4]提出了一种基于偏移均值向量(mean shift, MS)算法和粒子滤波器的人眼跟踪算法。该算法不需要大量的样本来保持样本多样性,因为采用 MS 分析之后,样本会自动集中于其邻近的局部最大值区域。KUMAR 等人^[5]在实施人眼检测的过程中,首先利用了大量关于肤色和眼睛区域亮度的先验知识,设定了多个阈值来分离皮肤及眼睛区域,然后再利用均值投影函数和方差投影函数来进行最后的定位。而有的参考文献^[6-8]中提出了一种通过外部红外光源照射,从采集到的视频流中探测瞳孔的亮度变化,从而检测瞳孔位置。本文中采用了参考文献^[9]和参考文献^[10]中的红眼探测装置结构来进行人眼检测。

1 图像获取与预处理

1.1 红眼效应与图像采集

人眼是一套完整的光学系统^[11],射入到人眼的光线都是通过晶状体成像于视网膜上,并且光线能被视网膜反射出去。用闪光灯拍摄照片时经常会出现红眼现象。闪光灯发射出光线,然后射进视网膜上,因为在视网膜上覆盖有很多微血管,所以就会呈现血红色,而这些光线如果能够再次反射到镜头内,被镜头采集到,就会出现红眼现象。

考虑到图像采集的过程不能对驾驶员造成任何影响,本方法采用的光源是由位于同一平面内的两组红外发光二极管(light emitting diode, LED)组成,一组放在摄像头物镜的轴上,另一组放在轴外。两组光源交替打开,由于人眼的红眼现象,就能得到两种不同的图像,轴上光源打开时得到亮瞳孔图像,轴外光源打开时得到暗瞳孔图像。

图像采集装置由近红外光源、互补金属氧化物半导体(complementary metal oxide semiconductor, COMS)

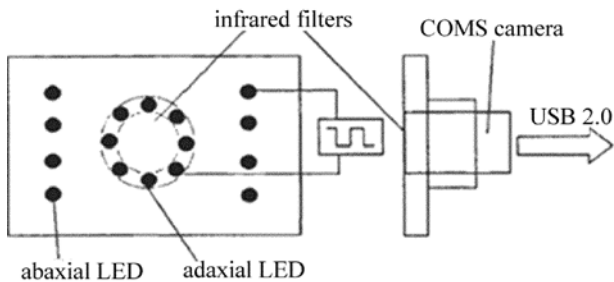


Fig. 1 Image acquisition system

摄像头和滤光片组成。摄像机镜头前安装的高通红外滤光片可以削弱可见光的影响。实验装置示意图见图 1。

1.2 图像差分处理

采集到的图像由于是连续拍摄的,因此这前后两帧图片(见图 2),除了瞳孔的灰度分布有较大差异之外,人脸和背景等其它区域基本都一样。将亮眼和暗眼图片进行差分处理,最好的结果是差值图像中只看到相减之后的瞳孔。但是,由实验结果发现,除了瞳孔之外,还会有各种噪声和干扰的存在,如图 3 所示,不过已经去除了大部分的背景。

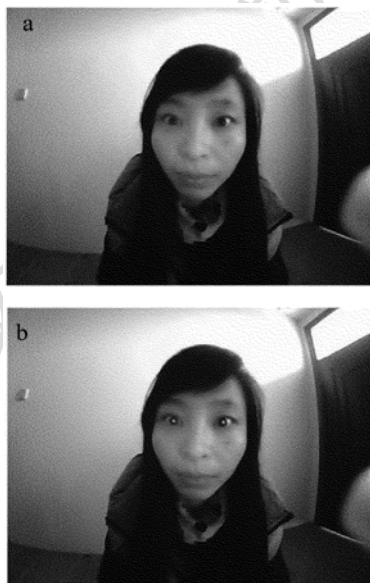


Fig. 2 The collected image
a—the dark eye image b—the bright eye image

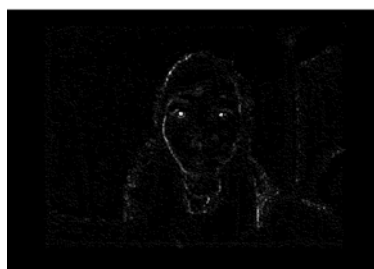


Fig. 3 The difference of the image

1.3 滤波、二值化以及膨胀、腐蚀处理

为了提高准确性,先对差分图像进行中值滤波,该步骤可以去除一部分的噪声干扰。对于滤波后的图像再选定阈值^[12]进行二值化处理,如图 4a 所示;为了进一步消除由衣服、头发、眉毛等造成的干扰,作者再采用形态学腐蚀及膨胀操作对二值化图像进行处理。由于除了眼睛之外的其它一些干扰在二值化图像中主要表现为孤立的噪声点,腐蚀操作后,大

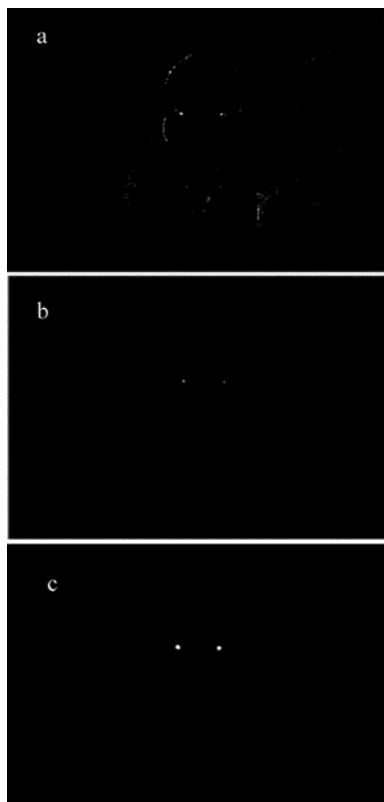


Fig. 4 The correlation processing

a—binary image b—corrosion c—expansion

量的孤立噪声点被消除,同时人眼区域的像素浓度也会被腐蚀下降,如图 4b 所示。进而再采取膨胀操作^[13],使得人眼区域像素更聚集,如图 4c 所示,为接下来眼睛的定位做好准备。

2 灰度积分投影

2.1 传统灰度投影法的缺点

传统意义的灰度投影法是对整个人脸图像进行水平以及垂直方向的投影。然后根据得出的波峰波谷的分布信息来进行眼睛定位,这种方法虽然计算量比较低,但是投影图像中含有大量的干扰噪声,导致投影曲线不规则,就很难在曲线图上直接找到特征点,而且不同的人脸和人脸姿态的变化对波峰波谷的分布是非常敏感的,定位精度较差。从灰度投影算法的原理可以知道^[14],当图像只做平移运动时才可以灰度投影算法。如果图像有尺度变化或旋转变换时,灰度投影算法就会失效,因此灰度投影算法的应用就大受限制了。

作者对采集到的脸部图像先进行差分、滤波、二值化以及腐蚀、膨胀处理,这几个过程已经消除了很大一部分的噪声干扰,为了进一步克服由于脸部旋

转造成的定位错误,分别对左右眼进行水平方向的投影,取得了良好的效果。

2.2 垂直积分投影

假设 $I(x,y)$ 表示点 (x,y) 处的像素灰度值,对膨胀处理后的人眼二值图像在垂直方向上进行积分投影,投影函数如下式所示:

$$S_v(x) = \int I(x,y) dy \quad (1)$$

投影结果如图 5 所示,分别对左右两区间进行最大值搜索可以确定 x_{left} 和 x_{right} ,即为驾驶员左右眼的横坐标。接着在膨胀后的图像 $(x_{left} - 10, x_{left} + 10)$ 和 $(x_{right} - 10, x_{right} + 10)$ 区间内分割获得垂直感兴趣区域,其结果如图 6 所示。

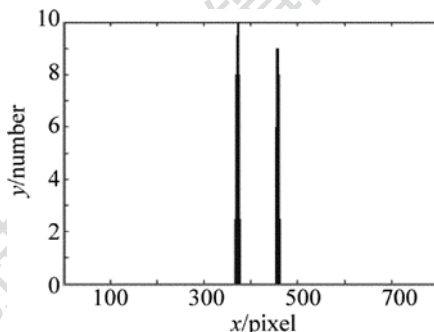


Fig. 5 Vertical gray integral projection



Fig. 6 Vertical region of interest

2.3 左右眼水平积分投影

对分割出来的左右眼分别在水平方向进行积分投影,投影函数为:

$$S_h(y) = \int I(x,y) dx \quad (2)$$

得到的水平投影图同样具有很明显的峰值,它们所对应的也分别是左右眼的纵坐标 y_{left} 和 y_{right} ,如图 7 所示。

3 驾驶员眼睛定位

根据上面得到的驾驶员左右眼的 $x_{left}, y_{left}, x_{right}, y_{right}$ 即可准确定位出眼睛的位置,结果如图 8 所示。

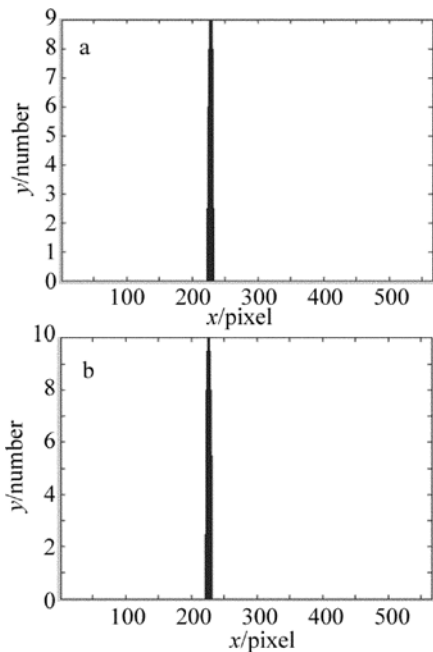


Fig. 7 Horizontal gray integral projection
a—right eye b—left eye



Fig. 8 The experimental results

为了验证上述算法的可检测性及实时性,笔者在 CPU 为 2.0G 的 MATLAB 环境下对大量实验图像进行了人眼定位,发现每一次检测定位时间在 0.28s 左右,这为下一步的操作节省了大量的时间。

4 小 结

提出了一种基于红外差分 and 灰度积分投影相结合的驾驶员眼睛定位方法,利用的是主动红外光源进行人眼检测,既不影响驾驶员的视觉,又克服了环境光照条件的影响。首先利用红眼效应再进行差分处理,缩小了目标处理的范围,对差分后的图像再进行滤波、二值化、形态学处理等一系列操作,去除了大量的噪声干扰;最后对双眼分别进行垂直和水平投影,克服了人脸旋转导致的错误。该方法计算简单,节约一定的时间,可以满足实时检测的要求。

但是该方法还存在一定的缺陷,当驾驶员眼部有遮挡或者是闭合度过大,红眼效果不明显的时候,就不能实时准确地检测到人眼,另外,如果驾驶员动作幅度过大时,检测效果也不是很好。

参 考 文 献

- [1] SOBOTTKA K, PITAS I. A novel method for automatic face segmentation, facial feature extraction and tracking[J]. Signal Processing: Image Communication, 1998, 12(3):263-281.
- [2] GENG X, ZHOU Zh, CHEN Sh F. Eyes positioning based on hybrid projection function [J]. Journal of Software, 2003, 14 (8) : 1394-1400 (in Chinese).
- [3] CAO Q X, LUO D Y, ZHU M H. Iris detection based on color segmentation [J]. Computer Engineering, 2005, 31 (19) : 173-175 (in Chinese).
- [4] SHI H W, XIA L M. Eye tracking based on mean shift nearly algorithm and particle filter [J]. Computer Engineering and Application, 2006, 42(19) :26-28 (in Chinese).
- [5] KUMAR T, RAJA K, RAMAKRISHNAN A G. Eye detection using color cues and projection functions [C]//Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing. New Delhi, India: IEEE, 2002;22-25.
- [6] EBISAWA Y, SATON S. Effectiveness of pupil area detection technique using two light sources and images difference method [C]//Proceeding of the 15th Annual International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. San Diego, USA; IEEE, 1993;1268-1269.
- [7] SUN Ch Zh, CLARENCE E. Operational transformation in real-time group editors: issues, algorithms, and achievements [C] // Proceeding of ACM Conference on Computer-Supported Co-operative Work. New York, USA; ACM Press, 1998;59-68.
- [8] GUO K Y, ZHANG G Y. Driver's eye location algorithm under the condition of an infrared image [J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(15) :170-172 (in Chinese).
- [9] WU K H. Driver fatigue detection system design based on PERCLOS [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008; 5 (in Chinese).
- [10] CHEN Ch B, WANG Y Q. Human eyes detection based on the red eye effect [J]. Computer Engineering and Application, 2007, 43(9) :198-222 (in Chinese).
- [11] KONG M M, GAO Zh Sh, CHEN L, et al. Research and development of the human eye optical model [J]. Laser Technology, 2008, 32(4) :370-373 (in Chinese).
- [12] FENG X, ZHANG R Y, ZHOU P, et al. Study on image analysis of high power semiconductor line-laser [J]. Laser Technology, 2010, 34(5) :624-627 (in Chinese).
- [13] FU K. Driver's eye location method based on variable interested region constraint [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2012;1-10 (in Chinese).
- [14] XU L, ZHOU D. The research of the human eye detection method [J]. Computer System Application, 2010, 19 (6) :226-232 (in Chinese).