

基于 PERCLOS 的驾驶员眼睛状态检测方法

Driver's Eye State Detection Method Using PERCLOS

(西安建筑科技大学)于兴玲 王 民 张立材
YU XINGLING WANG MIN ZHANG LICAI

摘要:利用驾驶员眼睛的状态判断驾驶员的疲劳状况是一种实时的、非接触式的方法。首先对眼睛进行精确定位,再根据眼睛面积的减小程度来判断眼睛的睁开或闭合状态,进一步通过记录眼睛闭合的次数、眼睛持续闭合的时间来检测驾驶员是否处于疲劳状态。本文采用肤色分割、去除与边界连通的区域、逐步减小眼睛区域候选范围的方法来定位人眼,再计算眼睛区域的面积,眼睛闭合时间,此方法不受复杂背景影响,对各种肤色、各种姿态的人脸均适用。

关键字:驾驶疲劳;肤色分割;眼睛定位;眼睛状态

中图分类号:TP391

文献标识码:A

Abstract: Using driver's eye state to judge driver's fatigue is a real-time and untouch method. After locating eyes exactly, judge driver's eye state is open or closed by counting eye area and area's reduction extent. Secondly, note eye's closure times and the continual closure time to detect driver's fatigue. By skin color segmentation, removing the object connected to the border and minishing the range of eye area gradually to locate driver's eye, and then compute the eye closure times and time. This method can't be influenced by complex background, and it is suitable to kinds of faces of different skin color and guise.

Key words: driving fatigue, skin color segmentation, eye location, eye state

技术创新

1 引言

汽车的出现一方面造福于人类,但它也给人类带来了灾难。据有关资料统计:车祸中的死亡事故,由于驾驶员疲劳驾驶造成的约占 20%。车辆事故的明显的特点之一是驾驶员连续驾驶时间较长。目前很多国家已把驾驶疲劳单独列为车祸原因的一类,并对此采取了有效的预防措施。事实表明,汽车驾驶员在疲劳状态下驾驶车辆,所引起的后果是严重的。因此,研究一种实时的、非接触式驾驶疲劳检测方法尤为重要。

2 驾驶疲劳机理及疲劳检测方法

疲劳是指由于持续地进行体力和脑力劳动而造成的生理和心理的失调。驾驶员在疲劳状态下驾驶车辆,具有以下明显特征:头脑不清醒,昏昏欲睡,反应迟钝,不能准确判断和迅速处理各种异常情况;动作失调,手脚不听使唤;烦躁不安,注意力不集中,判断误差较大。驾驶员在车辆行驶过程中是否疲劳驾驶可以从眼睛的状态反映出来,利用驾驶员眼睛的状态信息来判断驾驶员疲劳状况是一种可行的方法。

驾驶疲劳的研究有主观和客观之分,主观的研究有睡眠习惯调查表、驾驶员自我记录等方法,客观的方法主要是借助脑电图仪、心电图仪、肌电图仪来测试驾驶员的疲劳程度,这些方法虽然比较准确但实时性很差。实时的、非接触式的疲劳检测方法已成为国内外共同追求的目标。表 1 中列出了几种检测方法及其性能比较。很明显,基于身体反应的检测方法的性能较好。

表 1 疲劳检测方法对比

检测方法		检测的准确性	实用性	可扩展性
基于生理现象的检测方法	生理信号	很好	很差	一般
	身体反应	好	很好	很好
基于操控行为的检测方法		好	很好	很差
基于汽车行为的检测方法		好	很好	很差
基于驾驶员反应的检测方法		好	很差	很好
基于行驶条件的检测方法		很好	好	很差

3 PERCLOS 的测量原理

PERCLOS 是 Percentage of Eyelid Closure Over the Pupil Over Time 的缩写,即:单位时间内眼睛闭合时间所占的比例。最早研究 PERCLOS 的是 Walt Wierwille。在 20 世纪 80 年代到 90 年代的研究表明,疲劳与缺乏睡眠、瞳孔直径、注目凝视、眼球快速转动、眉眼扫视、眨眼睛以及其他因素有关,并且是最有潜力的疲劳测定方法之一,其数据真正能够代表疲劳,是对疲劳进行测定的最好方法。1999 年 4 月美国联邦公路管理局 FHWA (Federal Highway Administration) 召集专家学者,讨论了 PERCLOS 和其他眼睛活动测量方法的有效性对比,研究认为,应该优先考虑把测量机动车辆驾驶员的 PERCLOS 作为车载的、实时的、非接触式的疲劳测评方法。这是 PERCLOS 被首次提出作为预测机动车辆驾驶员驾驶疲劳的可行方法。

图 1 说明了 PERCLOS 的测量原理:通过测量 t_1 到 t_4 的值来计算 PERCLOS 的值,公式如下:

$$f = \frac{t_3 - t_1}{t_4 - t_1} \times 100\% \quad (1)$$

其中的 f 为 PERCLOS 的值, t_1 、 t_2 分别是眼睛从最大闭合到

于兴玲:硕士生

80%、从 80%闭合到 20%所用时间; t_3 是 20%闭合到 20%睁开所用时间, t_4 是 20%睁开到 80%睁开所用时间。用此方法测量眼睛状态时,用摄像机获取驾驶员的脸部图像,通过图像处理方法定位眼睛,经过图像分析和识别确定眼睛是睁开还是闭合的。定义眼睛瞳孔睁开程度大于 20%为睁开状态,否则为闭合。

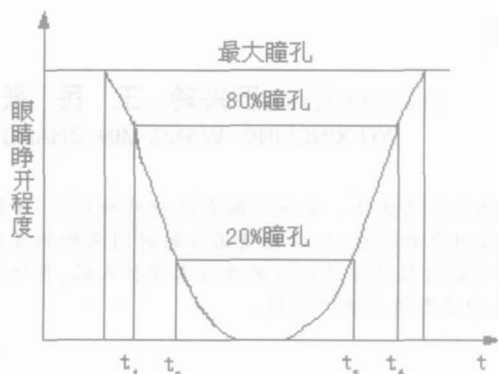


图1 PERCLOS 的测量原理

4 眼睛的定位及眼睛状态判断

4.1 眼睛定位

准确地定位人眼是人机交互、自动人脸识别等技术的关键环节。常用的眼睛定位方法有:(1)模板匹配法:用左眼和右眼模板在图像中进行匹配,但是这种方法对初始位置有要求并且计算量太大,实时性差;(2)灰度投影法:利用人脸特征的灰度值差别和人脸的几何分布关系确定人眼位置。这种方法虽然较简单,但因为灰度信息的分布随不同的人脸差异很大,因此该方法定位准确度不稳定,容易陷入局部最小进一步导致定位失败。

本文采取肤色分割与形态学操作结合的方法来进行人眼的定位,用去除与边界连通的区域的方法提取人脸的特征点,逐步减小眼睛区域候选范围,并通过计算眼睛的面积变化来确定眼睛的睁开闭合状态。方法实现过程如图2所示。



图2 框架图

首先进行肤色分割,本文采用 RGB 空间进行肤色分割,这种方法能较好的保留人脸的特征点,有利于眼睛的定位。在 RGB 空间中若图像的像素满足如下条件:

$$\begin{aligned} R > 95, G > 40, B > 20, |R-G| > 15, R > G, R > B, \\ \max(R, G, B) - \min(R, G, B) > 15 \end{aligned} \quad (2)$$

则为肤色像素。根据(2)式给出的阈值条件,将人脸图像分割为肤色和非肤色区域,肤色区域赋值为 0,即背景区域;非肤色区域值为 255,即目标区域。分割结果如图3所示。



(a) 原彩色图 (b) 肤色分割结果图

图3 RGB 空间肤色分割结果

为去除检测结果小区域的噪声,本文选取合适的结构元素做闭合开启操作,进行第一次大幅度去除较小面积。这样做的用途有:(1)由于噪声或其他原因引起的一些较小的不可能是人脸的近似肤色区域就可以被去除掉;(2)缩小了候选区域范围;(3)提高了检测速度;(4)填补肤色区域内的小空洞,防止这些空洞被误判为人脸的特征点。

为进一步减小眼睛候选范围,也就是白色区域的范围,将图像二值化后取人脸图像的中间 7/24 到 7/12 部分,这样做起到一个屏蔽的作用,另一方面也可以把眼睛上面和下面的眉毛、鼻子、嘴巴特征点去除。此时检测出来的黑色区域除了皮肤区域外,还有一部分于肤色相似的背景。白色区域,除了脸部特征点以外,还有衣服、背景等。在选取图像的中间部分后再去除与边界连通的白色区域,这样白色区域只剩脸部特征点,其余全都是黑色区域。通过去除与边界连通的区域可以做到:①把误检为皮肤的近似肤色的头发、衣服、背景在肤色分割中的影响消除掉,②缩小了脸部特征点的候选区域范围。到此,除脸部的特征点外,还有些很小的噪声区域。针对这些区域的特点,再选取合适的结构元素进行闭合开启运算,消除这些微小噪声。

一般的人眼宽度和高度之比介于 1 到 1.6 之间,而且在一幅人脸图像中,人眼的面积大于 10,这里说的面积是指目标区域中值为 1 的像素的数目。眼睛面积与图像总面积之比大于 1/1000,因此,为进一步减少眼睛候选区域范围,限制区域满足如下条件:

$$1 < W/H < 1.6, A_0/A_I > 0.001, A_0 > 10 \quad (5)$$

为可能的眼睛区域。

其中 A_0 为每块区域的面积, H 和 W 分别为区域的高和宽,高是区域下、上边界点坐标值之差,宽为区域右、左边界点坐标值之差, A_I 为图像总面积。将不满足(5)式的区域去除。若目标区域大于两个,说明除了眼睛之外,还有眉毛,从上到下、从左至右对目标区域进行检索,将眉毛去掉。

在二值图像中区域的中心等同于区域的质心,因此只要求出眼睛区域的质心即为眼睛区域的中心,下面是对一幅 $j \times k$ 的图像 $f(x, y)$ 求质心的公式:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{x=0}^{j-1} \sum_{y=0}^{k-1} x f(x, y)}{\sum_{x=0}^{j-1} \sum_{y=0}^{k-1} f(x, y)}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{x=0}^{j-1} \sum_{y=0}^{k-1} y f(x, y)}{\sum_{x=0}^{j-1} \sum_{y=0}^{k-1} f(x, y)} \quad (6)$$

用公式(6)求出眼睛区域的中心。并在原 RGB 图上用白色“+”标记眼睛中心位置。如图4所示是对两幅人脸库图像的定位结果。



图4 眼睛定位结果

4.2 眼睛面积的计算及眼睛状态判断

眼睛的面积定义为图像中眼睛区域的像素的数目,即定位区域的白色像素的个数。当眼睛为完全睁开状态时,白色像素数最多,即面积最大,设为 MAX,当眼睛完全闭合时面积最小。规定若眼睛面积大于 MAX/5 时,为睁开状态,否则为闭合状态。记录眼睛睁开闭合的次数及其开始结束时刻,计算 PERCLOS

值,当 PERCLOS 值大于 40%,眼睛持续闭合时间大于 3 秒时,就认为驾驶员处于瞌睡状态,属于疲劳驾驶。

5 结论

本文对人眼定位时,在肤色分割的基础上,采用了去除与边界连通的区域的方法,用本方法对多幅不同人脸图像进行了处理,结果表明,对于有复杂背景、侧面、两眼连线与水平线有一定夹角的人脸图像,这种方法都可快速、准确地定位人眼并对眼睛状态做出判断。但也存在一定不足,比如部分眼睛被头发遮住、戴墨镜时定位就会失败,有待进一步研究改进方法。

本文作者创新点:采用了去除与边界连通的区域,逐步减小眼睛区域候选范围的方法对人眼定位。

参考文献

- [1]潘慧峰,杜干. 多姿态人脸识别的改进 PCA 方法[J]. 微计算机信息, 2006.22.6-2: 297-298
 - [2]高永欣. 浅谈驾驶员疲劳对行车安全的影响[J]. 铁道技术监督, 1998 年第 5 期: 27-29
 - [3]DENG Jin-cheng. Study on Fatigue Detection of Motor Driver Based On Face Recognition Technology[D]. Chongqing University, 2005 (邓金城. 基于人脸识别技术的驾驶员疲劳检测方法研究[D]. 重庆大学, 2005 年)
 - [4]ZHENG Pei, SONG Zheng-he, ZHOU Yi-ming. PERCLOS-Based Recognition Algorithms of Motor Driver Fatigue[J]. Journal of China Agricultural University, 2002, 7(2): 104-109 (郑培, 宋正河, 周一鸣. 基于 PERCLOS 的机动车驾驶员驾驶疲劳的识别算法[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(2): 104-109)
 - [5]TAO Liang, ZHUANG Zhen-quan. Locating Human Eyes in Complex Background[J]. JOURNAL OF COMPUTER-AIDED DESIGN & COMPUTER GRAPHICS, Vol. 15, No.1 Jan, 2003: 38-42 (陶亮, 庄镇泉. 复杂背景下人眼自动定位[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 第 15 卷第 1 期, 2003 年 1 月: 38-42)
 - [6]Zhang Yu-jin, Image Engineering. Image processing and analyzing[M]. Beijing: Tsinghua Press, 1999: 254-275 (章毓晋. 图像工程: 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999 254-275)
- 作者简介: 于兴玲 (1979-), 女, 硕士生, 主要研究方向为多媒体传输技术; 王民, 副教授; 张立材, 副教授。
- Biography: Yu Xing-ling (1979-), female, Rizhao City of Shandong Province, graduate, study on multimedia transmission technology (710055 西安 西安建筑科技大学信息与控制工程学院)
- 于兴玲 王民 张立材
- (Information and Control Institute of Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an, China, 710055)
- Yu Xing-ling Wang Min Zhang Li-cai
- 通讯地址: (710055 西安 西安建筑科技大学信息与控制工程学院) 于兴玲

(收稿日期: 2007.3.23)(修稿日期: 2007.4.25)

(上接第 233 页)

Yan Zhe-Ping (1972-), male, professor, Specializing: the technology of AUV and intelligent control, the data-dealing technology of multi-route sensors, the identifying technology of non-linear system etc. (150001 黑龙江哈尔滨 哈尔滨工程大学 自动化学院) 王爱兵

严浙平

(School of Automation, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China) Wang Aibing Yan Zheping
通讯地址: (150001 哈尔滨工程大学 自动化学院 北枫研究所)
王爱兵

(收稿日期: 2007.2.23)(修稿日期: 2007.3.25)

(上接第 239 页)

程序会捕捉一次图像, 转化为灰度图, 进行二值化处理, 然后分别在四个矩形范围内搜索所有周围黑点数目是 8 的点, 将他们的像素坐标取平均值, 得到四个标定点的中心的像素坐标, 利用这四个像素坐标对和四个中心的实际坐标进行标定。通过测试证明该方法可以稳定、精确地完成摄像头的标定工作。

7 机器人曲线跟踪

寻找到真正的曲线以及完成摄像头的标定后, 就可以动态链接库的接口函数控制机器人跟踪曲线。语句 `rc = BscSetCom(nCid, 1, 9600, 2, 8, 0);` 进行串口初始化, 使用 `rc = BscConnect(nCid);` 连接机器人 连接机器人后就可以控制机器人动作了, 这里我们利用定时时器机器人每隔 0.5 秒走出一个曲线点, 使用 `BscMov` 函数使机器人运动到相应的位置。我们在机器人运动的时候同时在实时跟踪图像上把机器人走过的点连起来, 这样机器人行走的情况就能在窗体里实时显示出来了。

8 结论

本系统基于 OpenCv 开发平台, 采集的图像数据, 进行处理, 采用了简单有效的算法实现了曲线骨架的提取, 利用回溯的曲线寻找方法, 实现了曲线的精确寻找, 控制机器人跟踪曲线的轨迹。将机器视觉应用在实验室机器人上, 扩展了实验室机器人的应用, 在工业生产上也具有一定的实用价值。

本文作者创新点: 将图像处理和 UP6 机器人结合在一起, 实现模拟的焊接。采用回溯曲线寻找算法, 使寻找的轨迹更精确。软件界面简单, 易操作。

参考文献

- [1]吕凤军著. 数字图像处理编程入门. 北京: 清华大学出版社, 1999.
 - [2]王新成著. 高级图像处理技术. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
 - [3]陆宗轶著. C++图像处理编程. 北京: 清华大学出版社, 2005.
 - [4]唐振军 张显全. 一种二值图像边界提取算法[J]. 微计算机信息 2006, 10-3: 281-283.
 - [5]贾云得. 机器视觉. 北京: 科学出版社, 2000.
- 作者简介: 钱炜 (1964-), 男 (汉), 上海人, 上海理工大学机械工程学院副教授, 研究方向: 机器人和机构学。
- Biography: Qian Wei (1964-), male (The Han nationality), from Shanghai, College of Mechanical Engineering, Shanghai University for Science and Technology, associate professor. Study direction: Robot and Theory of Mechanisms.
- (200093 上海 上海理工大学 机械工程学院) 钱炜 王明军 孙福佳 董奎勇
- (College of Mechanical Engineering, Shanghai University for Science and Technology, Shanghai 200093, China) Qian Wei Wang Ming-jun Sun Fu-jia Dong Kui-yong
- 通讯地址: (200093 上海 上海理工大学 机械工程学院) 钱炜
- (收稿日期: 2007.3.23)(修稿日期: 2007.4.25)