

Driver Fatigue Warning System Based on Facial Expression Recognition

Xiaoyi Su Xiao Wang Shizhen Ti Yiming Tong

School of Electronics and Information Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an, Shaanxi, 710021, China

Abstract

The fatigue driving detection system studied in this paper uses Opencv and dlib models as technical means for face detection and feature point extraction, to recognize and locate the driver's face and glasses and nose. PERCLOS is used as a judgment method to calculate the number of times the driver blinks, yawns, and nods. By comparing the number of blinks, yawns, and nods of the driver with a preset threshold, the driver's attention level can be evaluated in real-time and whether they are in a fatigue driving state can be determined. This method can provide warnings and warnings about fatigue driving by monitoring the driver's behavioral characteristics.

Keywords

fatigue driving; facial expression recognition; Opencv

基于面部表情识别的驾驶员防疲劳预警系统

苏晓毅 王潇 提世震 仝一鸣

西安工业大学电信学院, 中国·陕西 西安 710021

摘 要

论文研究的疲劳驾驶检测系统, 是使用Opencv和dlib模型作为人脸检测和特征点提取的技术手段, 对驾驶员进行人脸识别并且对驾驶员的眼镜和鼻子进行识别和定位, 运用PERCLOS作为判定方法, 从而统计出驾驶员眨眼、打哈欠和点头的次数。通过将驾驶员的眨眼、打哈欠和点头次数与预设的阈值进行比较, 可以实时评估驾驶员的注意力水平, 并判断其是否处于疲劳驾驶状态。这种方法可以通过监测驾驶员的行为特征来提供有关疲劳驾驶的警示和预警。

关键词

疲劳驾驶; 面部表情识别; Opencv

1 引言

近年来, 国内外学者对驾驶操作疲劳评价进行了研究。由于基于图像的疲劳驾驶检测, 没有与人体直接接触, 并且能够提取到疲劳驾驶的关键特征, 利用机器学习的方法也能很大程度提高检测精度, 因此通过对驾驶员面部表情的识别正渐渐被整车厂商接受并广泛使用。

卡内基梅隆研究所根据眼睑遮住瞳孔面积的比例来判断眼睛是否闭合, 提出了眼睑闭合比。Zhou 等^[1]利用眼睑闭合比作为驾驶员疲劳的依据, 研究在高度自动化驾驶中疲劳过度预测的准确性, 结果表明在两种类型的模型中得到的测量值分别为 97.4% 和 99.1%, 该方法有一定的潜力。此外打哈欠、点头、眼球运动等驾驶员行为作为视觉特征提

取的数据源, 也能用来评价驾驶员的疲劳水平, 目前已经有相当多的学者认为驾驶员疲劳的表现通常与打哈欠、眨眼等动作有关, 而面部识别技术通过算法能精准定位驾驶员眼部和嘴巴的位置, 这对研究驾驶员疲劳有着非常重要的意义。NAZ 等^[2]从安装在车内的摄像机所捕获的视频中, 使用 Viola-Jones 算法对眼睛进行定位, 眼睛的状态分为睁眼和闭眼, 实验表明, 尺度不变特征变换优于平均强度和支持向量机。在包含 5 个视频 (每个视频时长为 2min) 的数据集上, 平均准确率达 97.45%。FATIMA 等^[3]提出了人脸和眼睛检测算法, 首先检测驾驶员的脸部和右眼, 然后进行眼状态分类, 结果表明该方法对人脸和人眼的检测分别给出了 99.9% 和 98.7% 的精确结果。LIU 等^[4]提出了一种基于深度学习面部表情分析的疲劳检测算法, 提高了驾驶员疲劳检测的准确性和及时性, 该算法能够快速准确地检测驾驶员的疲劳程度。HEMANTKUMAR 等^[5]提出了一种检测车辆驾驶员是否处于打哈欠状态的算法, 该方法有助于将张嘴的图像和闭嘴的图像分离出来, 结果表明开口检测的效率为 98%, 闭

【基金项目】大学生创业创新项目 (项目编号: 202210702021)。

【作者简介】苏晓毅 (2000-), 男, 中国福建泉州人, 本科, 从事医学影像处理研究。

口检测的效率为 94%。CHENG 等人^[6]提出了一种综合的方法来探索驾驶员的面部标志序列是否从警戒状态变为疲劳状态,设计并进行了基于驾驶模拟器的实验,结果表明,这些特征数据可作为疲劳检测的可靠指标。

2 数据集

论文使用南洋理工大学计算机视觉实验室收集的驾驶员睡意视频数据集。整个数据集(包括培训、评估、测试数据集)包含 36 名不同种族的受试者,在各种模拟驾驶场景下采集的图像数据。训练数据集包含 18 名受试者,他们有 5 种不同的场景(裸脸、眼镜、夜脸、夜眼镜、太阳镜)。

3 基于面部识别的疲劳驾驶检测系统研究

3.1 系统组成

本系统的功能包括:对本地的视频库进行读取、视频图像处理功能、驾驶员人脸检测与定位功能、面部特征点提取功能、眼镜、嘴巴及头部定位功能,本系统的功能由多个模块组成,如图 1 所示,包含视频读取模块、图像预处理模块、人脸定位及检测模块、特征点提取模块、头部姿态模块、疲劳判定模块。论文提出的实时疲劳检测系统,它采用非接触式的方式进行检测。根据面部特征来判定身体的疲劳来源于对眼睛和嘴巴产生的表情变化,头部特征判定来源于三维空间里头部的运动状态,通过计算欧拉角判定是否打瞌睡。

3.2 基于面部特征分析的疲劳驾驶检测方法的研究

一是面部关键点定位算法。级联回归树模型(ERT)是一种通过梯度提升机来增强机器学习能力的回归树模型。它利用标定好的人脸图像作为训练集,通过构建关键点检测模型来定位人脸图像中的关键点。ERT 模型通过迭代训练一系列弱回归树,并使用梯度提升的方式将它们组合成一个更强大的回归模型。ERT 算法基于两层回归来建立模型,第一层回归训练的迭代公式为:

$$\hat{S}^{(t+1)} = \hat{S}^{(t)} + \gamma_t(I, \hat{S}^{(t)}) \quad (1)$$

$$\Delta S_i^{(t)} = S_{\pi_i} - \hat{S}_i^{(t)} \quad (2)$$

其中, γ_t 为第一层回归器,训练图片及输入形状向量作为输入端,通过不断的迭代更新,在构建 ERT 模型时会生成 k 个回归器; k 为回归的层数。每经过一个回归器的迭代,关键点的位置会被更新一次,直到最终与人脸形状完全吻合。第二层采用了梯度回归的方式来完成回归器 i 的训练。

通过利用像素的差异特征,我们可以构建出一棵回归树,它能够有效地捕捉到分类阈值和模型点的残差值,从而提高模型的准确度。

二是眼睛特征提取。论文采用了一种基于计算机视觉的实时疲劳检测技术,通过对驾驶员面部图像的分析以及眼睛疲劳特征的提取,经过计算,我们可以获得眼睛的纵横比(EAR, Eye Aspect Ratio),这一比值反映了眼睛的张开程度。此外,一分钟内眨眼的频率,反映了一个人的视觉活动能力。针对眼睛的计算,使用了 ERT 算法对眼睛进行特征点定位,依据这些特征点之间的距离计算出眼部的高、宽。通过眼球的纵横比(EAR),得出眼睛的张开程度。相较而言,眼睛纵横比(EAR)对眼睛和摄像头之间的距离并不敏感,因此更具可靠性。相比于直接测量眼睑标定点之间的距离,采用眼睛纵横比作为指标可以减轻距离变化对结果的影响,提高测量的可靠性。根据常规情况下,左右眼的张开程度通常是同步的,因此我们可以计算左右眼的张开程度分别为 EAR1 和 EAR2,然后取两者的平均值作为眼睛纵横比(EAR)的值。

三是嘴巴特征提取。驾驶时,驾驶员会出现嘴紧闭,讲话或者打哈欠等情况。驾驶员由于疲劳经常打哈欠,其嘴的开度及时间会明显不同于清醒状态。采用前述特征提取算法,我们可以精准地确定嘴部的 6 个特征点,分别是垂直坐标 51、59、53、57 和水平坐标 49、55,从而实现哈欠的检测。当驾驶员正在说话时,特征点 51、59、53 和 57 的纵坐标之间的差值会增大,导致嘴部纵横比 MAR 迅速增大。相反地,当驾驶员闭上嘴巴时, MAR 值会迅速减小。嘴部疲劳特征由打哈欠次数来判断并由嘴部开度来推算。嘴部特征采用 Mouth Aspect Ratio(MAR)算法,类似于眼部的开闭特征 EAR。根据文献,我们选择 MAR 的阈值为 0.75,当 MAR 值超过 0.75 时,表示发生了一次打哈欠。根据我们的判定标准,当每分钟内打哈欠次数达到 5 次时,可以将其作为疲劳驾驶状态的判断依据。因此,需要对哈欠的标记 Mouth_flag 和计数器 Mouth_counter 进行初步设置,将它们初始化为 0。如果您的嘴巴张开时(MAR > 0.75),我们会对 Mouth_counter 进行增加。如果驾驶员打哈欠次数超过 5 次,就会触发警报。

四是头部特征提取。头部姿态估计是通过分析面部图像来确定头部在三维空间中的姿态角,即物体的旋转角度,可以用欧拉角(Euler Angle)来表示。具体地说,可以计算 pitch,沿着 X 轴旋转的角度; yaw,即沿着 Y 轴旋转的角度;

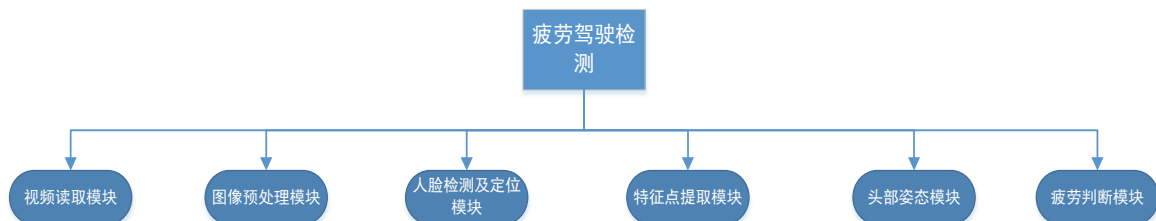


图 1 疲劳检测系统组成

roll, 即沿着 Z 轴旋转的角度。这三个角度也被称为俯仰角、偏航角、滚转角, 也就是人们常说的抬头、摇头。

头部姿态估计这种算法可应用于三维空间人脸旋转与平移信息的估计。做头部姿态估计通常有以下三个步骤:

- ①人脸检测以及关键点定位: 该算法通过 HOG 技术, 可以准确地识别出输入图片中的人物, 同时还可以通过识别出其他重要的面部特征, 如眼睛、鼻子、嘴巴等其他面部特征。
- ②头部姿态估计: 利用头部姿态估计器对检测到的人脸进行姿态分析。该算法基于人脸关键点的位置信息进行计算, 并给出人脸在三维空间中的旋转和平移信息。
- ③获取头部姿态参数: 通过头部姿态估计器获得的头部姿态对象, 可以提取旋转角度、旋转向量和平移向量等头部姿态参数。这些参数可以用于进一步分析和应用, 例如判断头部的偏转方向、姿态角度等。

4 结果分析

本测试是在模拟驾驶环境下, 实现疲劳检测由司机人脸检测、人脸的特征点提取、EAR 算法、MAR 算法, 以及头部姿态估计等重要部分组成, 结果如图 2、图 3 所示。在司机正常驾驶情况下, 我们保持人脸正常朝向前方如图 2(a) 所示, 可以正确检测出司机人脸、特征点及头部姿态, 如图 2(b) 所示当司机出现佩戴眼镜情况时, 也能够迅速对于人脸关键点进行检测, 并且结果显示正常, 如图 2(c) 所示,

当在正常驾驶时难免会出现头部的左转和右转, 此时人脸可能消失, 但系统依然能保持算法, 即使司机向左转向, 该系统仍然能够准确地对人脸进行定位。图 2(d) 中所示司机处于低头的状态, 驾驶过程中需要对司机发生打瞌睡时低头行为进行检测, 图中显示当处于低头时人脸也能进行正常的检测。结果显示, 此系统可以在多种情况下精准的检测出人脸、特征点以及头部姿态, 为疲劳检测提供有利的数据支撑。

图 3 实现了系统疲劳检测的效果, 其中图 3(a) 表明, 当司机处于正常行驶的情况下, MAR 和 EAR 均未超过设定的阈值, 表明未出现疲劳状态, 因此系统不会发出任何预警提醒信息; 而图 3(b) 则表明, 当驾驶员出现疲劳眨眼的行为时, Yan_number 显示为 23, 超出了系统设定的阈值, 因此系统也发出了“dangerous”的预警提醒信息; 如图 3(c) 所示, 当驾驶员出现张嘴动作, 而 Zui_number 超出了系统设定的阈值, 达到了打哈欠的判定标准时, 系统会发出警报; 而图 3(d) 则显示, 当驾驶员在驾驶过程中出现点头打瞌睡的行为时, 系统会发出“sleep”的警告信号。

论文中对于人脸检测、特征点提取及疲劳检测进行了验证。通过实验得到的疲劳检测判定条件在驾驶环境中对驾驶员进行测试实验, 并且当达到疲劳条件时发出疲劳预警消息。实验结果表明此系统对于疲劳检测具有 92% 的准确性、能够满足疲劳检测需求, 达到疲劳检测预警效果。

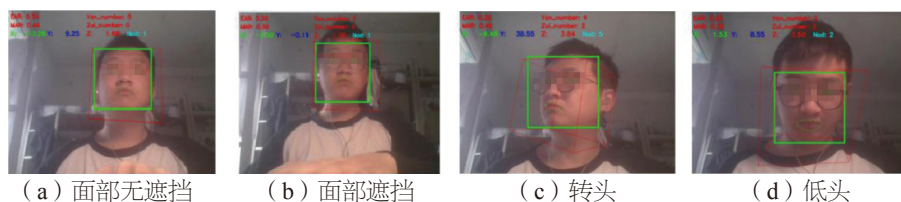


图 2 驾驶员驾驶行为状态图

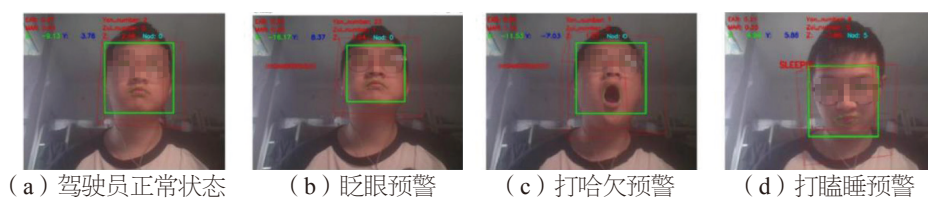


图 3 驾驶异常报警

参考文献

- [1] ZHOU F, ALSAID A, BLOMMER M, et al. Driver fatigue transition prediction in highly automated driving using physiological features[J]. Expert Systems with Applications, 2020,147:113204.
- [2] NAZ S, ZIAUDDIN S, SHAHID A R. Driver fatigue detection using mean intensity SVM and SIFT[J]. International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, 2019,5(4):86-93.
- [3] FATIMA B, SHAHID A R, ZIAUDDIN S, et al. Driver fatigue detection using Viola Jones and principal component analysis[J]. Applied Artificial Intelligence, 2020,34(6):456-483.
- [4] LIU Z, PENG Y, HU W. Driver fatigue detection based on deeply-learned facial expression representation[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2019,71(2):102723.
- [5] HEMANTKUMAR B, MALI, SHASHIKANT D, et al. Non-intrusive detection and prediction of driver's fatigue using optimized yawning technique[J]. Materials Today: Proceedings, 2017,4(8):7859-7866.
- [6] CHENG Q, WANG W H, JIANG X B, et al. Assessment of driver mental fatigue using facial landmarks[J]. IEEE Access, 2019,7:150423-150434.