

驾驶员异常行为检测与预警系统

石闯 高乐言 郭子川 于久福 叶青

北方工业大学 信息学院

DOI:10.12238/acair.v2i4.10370

[摘要] 为保障驾驶者的生命安全并减少交通事故发生率,对驾驶员车内异常行为实时检测具有重要意义。本文对驾驶员异常行为检测与预警系统进行研究。首先通过车载摄像头识别驾驶员的面部特征关键点和头部姿态角度;然后基于PERCLOS思想针对驾驶员的不同部位的异常行为检测设置阈值来识别;接着,采用频率分析法对驾驶员疲劳程度进行分类,分为轻微、中度和重度疲劳,并相应地发出预警,实现对驾驶员异常行为的实时检测和预警。实验结果表明本方法可用于实时检测驾驶员的异常行为并及时发出预警。

[关键词] 异常行为检测; 面部特征识别; 头部姿态估计; 预警系统

中图分类号: TN911.23 文献标识码: A

Driver abnormal behavior detection and early warning system

Chuang Shi Leyan Gao Zichuan Guo Jiufu Yu Qing Ye

School of Information, North China University of Technology

[Abstract] To ensure the safety of drivers and reduce the incidence of traffic accidents, real-time detection of abnormal in-vehicle behaviors of drivers is of great significance. This paper investigates a detection and warning system for drivers' abnormal behaviors. Firstly, the system identifies the key points of the driver's facial features and head posture angles using an on-board camera. Then, based on the PERCLOS concept, thresholds are set for the detection of abnormal behaviors in different parts of the driver. Subsequently, a frequency analysis method is employed to classify the degree of driver fatigue into mild, moderate, and severe levels, with corresponding warnings issued to achieve real-time detection and alerting of abnormal driver behaviors. Experimental results demonstrate that this method can be used for the real-time detection of drivers' abnormal behaviors and the timely issuance of warnings.

[Key words] Abnormal behavior recognition; Facial feature recognition; Head pose estimation; Early warning system

引言

随着社会的发展,汽车数量的增加,我国的交通安全问题日益明显。据统计,5年来,全国机动车保有量增加1.16亿量、达到4.4亿量,驾驶人总量增加1.12亿人、达到5.3亿人;机动车普及便利与风险并存,疲劳驾驶等违规行为引发了严重安全隐患,全球每年交通事故致死伤人数巨大,经济损失惨重。因此研发实时监测驾驶员异常行为的预警系统,对保障生命安全、降低事故率至关重要。

随着技术的进步,高级驾驶辅助系统(ADAS)应运而生,它利用各种传感器和技术来协助驾驶员,提高行车安全性^[1]。ADAS专注于监测外界环境,简化驾驶过程,但无法检测车内驾驶员状态,如若驾驶员出现疲劳驾驶等异常行为,可能无法做到对车辆的有效控制,进而酿成交通事故。

驾驶员异常行为识别整体上可以分为两类,第一种是基于人体生理特征的车内异常行为检测方法。LIG和CHUNG W Y^[2]利用人机界面技术(Human-Machine Interface Technology, HMI),结

合人体头部动作对驾驶员状态进行判断,并基于脑电图(EEG)信号研究驾驶员困倦现象的方法在实验中显示出了接近83%的准确率。第二种是基于计算机视觉的驾驶异常行为检测方法,来自南京航空航天大学的夏瀚笙等人^[3],提出了一种方法,旨在帮助神经网络检测驾驶员分心驾驶。他们的方法利用驾驶员身体骨架的关键点位置,将这些位置信息与VGG16网络和ResNet50网络输出的特征相结合。这种融合使得神经网络能够更准确地识别驾驶员的分心行为,提高了驾驶安全性。

本文基于面部特征以及头部姿态估计的驾驶员特征识别方法对车内异常行为检测进行研究,旨在研究一种驾驶员车内异常行为检测及预警系统,实时监测驾驶员的车内异常行为并按规定设置进行预警,降低交通事故发生率。

1 驾驶员异常行为检测与预警方法

本文对驾驶员异常行为检测与预警方法研究,基本步骤如图1所示。首先,基于面部特征以及头部姿态估计对驾驶员特

征进行识别;先通过面部检测算法检测到的实际面部关键点,再与预定义的标准点进行匹配和对齐,从而可以实现更精确的面部分析和识别;在头部姿态估计部分首先使用Head Pose Estimation通过一幅面部图像来获得头部的姿态角,然后计算pitch, yaw和roll三个欧拉角来估计驾驶员的头部姿态。

其次,对驾驶员在车内的异常行为进行检测。根据提取到的驾驶员面部特征以及头部姿态可以进行驾驶员的异常行为检测,本文通过阈值检测的方法;首先计算EAR、MAR、HAR阈值,然后与实时输入的驾驶员特征进行比对,通过PERCLOS公式检测,当驾驶员的异常举动触发阈值并累计三帧以上时,会被记为一次异常行为。

最后,对驾驶员疲劳程度进行分类并发出预警。在驾驶员疲劳程度分类方面,本文采用了基于频率的方法对驾驶员的疲劳程度分为轻度疲劳驾驶、中度疲劳驾驶、严重疲劳驾驶;检测界面会以黄色字体显示驾驶员实时疲劳状态。

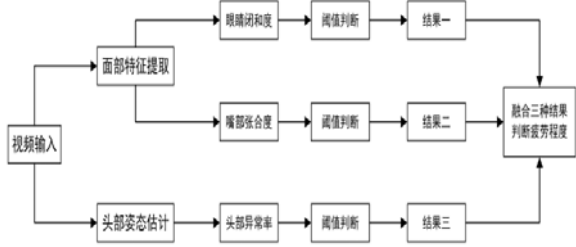


图1 异常行为检测框图

1.1 面部特征提取与头部姿态估计。驾驶异常行为检测首先需要对驾驶员面部特征进行提取,使用Dlib库完成人脸特征点定位模型,Dlib是一个开源数据工具库,在人脸面部特征获取等方面具有独特作用,因此,Dlib正被广泛应用于人脸识别技术领域。在Dlib中,shape_predictor_68_face_landmarks.dat是一个用于检测人脸关键68个点的dat模型库,使用这个模型库可以进行人脸检测和简单的应用,如图2所示。



图2 人脸轮廓特征点

提取人脸68个特征点中的12个眼部特征点,用以检测眼部状态进行眨眼检测。眨眼频率变化反映疲劳状态,Cech等人提出的眼宽比(EAR)公式通过特征点距离计算,准确判断眨眼,有助于评估驾驶员疲劳。EAR计算公式如式(1)所示。该公式通过眼睛周围特征点计算垂直和水平距离,以反映眼睛的开合状态。

$$EAR = \frac{\|P_2 - P_6\| + \|P_3 - P_5\|}{2\|P_1 - P_4\|} \#(1)$$

打哈欠是大脑缺氧时本能增加氧气摄入的行为,其频率可

反映驾驶员疲劳程度。基于眼睛纵横比原理,本研究采用嘴巴纵横比(MAR)公式来量化嘴巴开合度,以监测疲劳状态,本文将MAR阈值设置为0.45, MAR计算公式如式(2)所示,式中, P_{51} 、 P_{52} 、 P_{53} 、 P_{57} 、 P_{58} 、 P_{59} 、 P_{61} 、 P_{65} 是嘴唇周围的特征点。

$$MAR = \frac{\|P_{51} - P_{59}\| + \|P_{52} - P_{58}\| + \|P_{53} - P_{57}\|}{3\|P_{61} - P_{65}\|} \#(2)$$

本文采用Head Pose Estimation来检测驾驶员的瞌睡和异常驾驶行为。该技术通过分析人脸图像,确定头部的俯仰、偏航和滚转角度,类似于飞机的姿态确定。驾驶员疲劳时,头部动作如前倾、后仰和歪斜会在俯仰角和滚转角上体现,通过比较正常与疲劳状态下的这些角度数据,可判断驾驶员是否出现点头动作,具体步骤如图3所示。

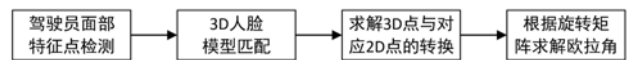


图3 头部姿态估计步骤

1.2 驾驶员车内异常行为检测。本文通过面部特征提取和头部姿态估计的结果对驾驶员的疲劳状态进行判定,设置眼部、嘴部和头部特征的异常阈值,对不同的面部异常状态进行提取与分类。

驾驶员疲劳检测主要通过眨眼频率分析,通过计算EAR值和眨眼频率来评估疲劳程度。Wierwille等人的研究显示,眼睛闭合时间与疲劳状态相关,卡内基梅隆研究所据此提出了PERCLOS指标,PERCLOS计算公式如式(3)所示。

$$PERCLOS = \frac{N_{close}}{N_{total}} \#(3)$$

式中 N_{close} 是单位时间内眼睛闭合的时间, N_{total} 为单位时间(1分钟)。正常状态下,人的眨眼频率为15至20次/分钟,对应的PERCLOS值为0.075至0.1。本文设定 $PERCLOS > 0.1$ 为疲劳状态的标准。

基于PERCLOS思想,可通过判断单位时间内驾驶员打哈欠的帧数占单位时间内总帧数的比例对疲劳状态进行判定,通过比较计算的MAR值和设定的阈值来判断嘴巴是否张开, MAR计算公式如式(4)所示。

$$P_V = \frac{N_V}{N_T} \#(4)$$

式中 N_V 表示单位时间内驾驶员打哈欠的帧数, N_T 表示单位时间内总帧数,单位时间设定为1分钟。本文检测到 $P_V > 0.2$ 时,则判定驾驶员处于疲劳状态。

当驾驶员做出点头动作时, Pitch和Roll的变化范围分别大于正负 10° 和正负 15° 。因此本文设定,当 $|Pitch| \geq 10^\circ$ 或者 $|Roll| \geq 15^\circ$ 时,则认为驾驶员做出了一次点头动作。基于PERCLOS的思想,计算单位时间内驾驶员的低头帧率比(Head Down Frame Rate Ratio, HDFRR)即可实现驾驶员是否处于疲劳状态的判定。

HDFRR公式如式(5)所示。

$$HDFRR = \frac{N_D}{N_T} \#(5)$$

式中 N_0 表示单位时间内低头动作的帧数, N_1 表示单位时间内的总帧数。根据调查研究所得结果,将HDFRR的阈值设定为0.3可有效判定驾驶员的疲劳状态。

1.3基于频率的驾驶员疲劳程度分类。通过上文公式以及可以计算出驾驶员打哈欠,眨眼以及瞌睡点头的频率;再根据频率对应疲劳驾驶得分,频率越高则对应的疲劳驾驶得分越高,具体分数划分如表1所示。

表1 疲劳驾驶分类得分

得分/分类	频繁眨眼	打哈欠	瞌睡点头
0.4-0.6	5	10	10
0.6-0.9	10	15	15
>0.9	15	20	20

根据上面计算的疲劳驾驶得分,把驾驶员的疲劳程度分为轻度疲劳驾驶,中度疲劳驾驶和严重疲劳驾驶,其中得分越高则表明驾驶员的疲劳程度越高,得分对应疲劳驾驶严重程度如表2所示。

表2 疲劳驾驶状态分类

疲劳驾驶得分	疲劳驾驶状态
30-55	轻度疲劳驾驶
55-75	中度疲劳驾驶
>75	严重疲劳驾驶

2 实验结果

对于驾驶员人脸特征的提取和头部姿态的识别本文主要使用python3.9软件基于opencv以及Dlib库来进行驾驶员的人脸识别和头部姿态估计。

开始检测时,点击加载车载摄像头,摄像头会实时提取驾驶员的脸部特征以及头部姿态,图中绿色检测点为人脸检测,红色矩形框为头部姿态检测。检测界面会对驾驶员的眨眼次数,打哈欠次数以及点头次数进行记录并在左上角实时显示,当检测到驾驶员出现异常行为时,相应动作会在右下界面以文字显示,识别结果如图4所示。



图4 脸部检测结果

系统进行检测后,根据驾驶员的异常行为频率计算出疲劳驾驶得分并在左上角实时显示,检测界面会以黄色字体显示驾驶员正处于疲劳状态的程度,并发出不同的预警,如图5所示。



图5 疲劳驾驶程度分类

当摄像头未检测到驾驶员面部,或者头部过度低下或仰起时,人脸信息无法被捕捉,系统界面显示“no face”并发出警告,如图6所示。



图6 无人驾驶检测

通过分析驾驶员的面部和头部动作,实现了对疲劳驾驶行为的检测与分类。系统能够同步识别眨眼、打哈欠、点头等动作,并独立运行这些检测,实时记录异常行为频率,显示疲劳程度,并通过预警系统提供实时提示,以减少交通事故风险。

3 结论

本研究首先提取了驾驶员的面部特征和头部姿态,通过面部关键点检测和匹配进行精确的面部分析,并利用面部图像计算欧拉角以估计头部姿态。在异常行为检测上,采用阈值方法针对眨眼频繁、打哈欠和瞌睡点头进行检测。根据异常行为频率,将疲劳程度分为轻、中、重三级,并通过预警系统进行语音提醒。实验表明,该系统能有效提醒驾驶员,减少疲劳驾驶行为。

本文提出的方法以较好的表现达到了预期目标,并随技术进步而持续优化。由于遮挡、背景杂乱、光照条件的变化,本方法无法利用到场景中的上下文信息。因此,未来研究将致力于开发适应复杂环境的检测系统。无疑这将增加模型复杂度和硬件需求,所以最关键的是如何在保证高准确率的基础上提升系统的准确率,使其能落地到现实场景,这需要进一步研究和努力。

本论文由2024年大学生创新创业训练计划项目资助。

[参考文献]

- [1]王秋云.图像识别技术在高级驾驶辅助系统中的应用[J].汽车测试报告,2024,(10):158-160.
- [2]Chaitanya Krishna VB et al. Face Recognition Based Attendance Management System using DLIB[J]. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2019, 8(5):57-61.
- [3]夏瀚笙,沈岷,胡委.基于人体关键点的分心驾驶行为识别[J].计算机技术与发展,2019,29(07):1-5.

作者简介:

石闯(2004—),男,汉族,辽宁省沈阳市人,本科(在读),研究方向:图像识别处理。