

汽车防疲劳驾驶系统研究综述

◆文/江苏 禹法文 郑文涛 李彤

摘要: 本文综述了汽车驾驶员疲劳驾驶检测的三大类主要方法,详细分析了各类方法的工作原理及实现方法。并综述了三类检测方法所对应防疲劳驾驶的系统设计。进而结合汽车技术、通信技术和多学科交叉发展的理念,对汽车防疲劳驾驶系统设计提出了一点展望。

关键词: 疲劳驾驶检测; 防疲劳驾驶系统; 速度传感器; 转角传感器; 压力传感器

DOI:10.13825/j.cnki.motorchina.2024.05.018

一、引言

随着汽车产业和交通行业的快速发展,汽车保有量日渐增多,截至2024年1月1日,全球已有上路车辆约15亿辆,其中家庭乘用车超过8.7亿辆,商用车超过5亿辆。截至2023年6月底,我国机动车保有量达4.26亿辆,其中汽车3.28亿辆,新能源汽车1 620万辆。我国的公路总里程达到了535万千米,其中高速公路总里程为17.7万千米。

伴随着公路里程的快速增长和汽车数量的高速增长,交通事故也呈现出了一定程度的增长。2023年,我国交通事故发生数量为25.6万起,相较2022年(24.9万起)上升了2.8%,其中约18%的交通事故是由于驾驶过程中驾驶员的身心疲劳所导致。疲劳驾驶正成为威胁驾驶员生命安全和道路安全的“头号杀手”之一。因此,汽车驾驶员防疲劳驾驶系统的设计成为交通安全的重要保障。本文综述了现役汽车驾驶员防疲劳驾驶系统的种类和工作原理^[1-2],期望本文的工作为后续汽车驾驶员防疲劳驾驶系统的设计和优化提供一定的参考^[3]。

二、疲劳驾驶检测方法

驾驶员疲劳驾驶时,驾驶员的面部表情、肢体动作,车辆的座椅受力、方向盘受力、行驶速度或行驶方向都与正常非疲劳驾驶有一定的区别。目前已有较成熟的三种疲劳驾驶识别方法:驾驶员状态疲劳驾驶监测(依据面部特征部位的变化来判断是否出现疲劳^[4-7])、驾驶参数疲劳驾驶检测^[8-11]、汽车行驶参数疲劳驾驶检测^[12]。下面详细阐述三种检测方法的工作原理及实现方法。

1. 驾驶员状态疲劳驾驶监测

技术原理及实现方法:借助检测设备拍摄驾驶员面部表情或特征,通过比对驾驶员面部特征的变化,判断疲劳驾驶是否出现,并确定疲劳驾驶的疲劳程度。

(1) 提取眼部特定区域图像

借助图像拍摄和图像处理方法,提取驾驶员眼部特定区域的特征,包括嘴巴的开合度、嘴部是否长时间不动等特征,来判断驾驶员嘴部状态与疲劳驾驶的关系。

(2) 提取眼部特定区域图像

同样借助图像拍摄和图像处理方法,分析驾驶员眼部区域的特征参数,根据眼睛开合的阈值来判断其是否进入疲劳驾驶状态。

2. 驾驶参数疲劳驾驶检测^[8]

技术原理及实现方法如下。

(1)借助驾驶员座椅上的压力传感器采集座椅上的压力变化,计算驾驶员的驾驶时间或驾驶员的身体状态,从而判断是否有疲劳驾驶的出现。利用方向盘上典型位置点处的握力传感器的数据,直接反映驾驶员的握力状态,据此间接反映驾驶员的疲劳状态。

(2)采用驾驶员所佩戴智能手表上的心率传感器,来采集驾驶过程中驾驶员心率的变化,从而实时掌握驾驶员头脑的清醒程度。

3. 汽车行驶参数疲劳驾驶检测^[12]

技术原理及实现方法如下。

(1)通过方向盘转角传感器采集方向盘的操作角度数据,以此来评估驾驶员操控方向盘的状态。若方向盘在一定时间内没有发生转动,或转动转角很小时,可认为出现了疲劳驾驶。

(2)借助汽车速度传感器采集到的车速信息,判断一段时间内汽车车速的变化规律,从而判断是否出现了疲劳驾驶。

(3)通过检测发动机的工作时间,判断长时间驾驶导致的疲劳驾驶。一般认为,驾驶员连续驾车超过4h未停车休息,就认为疲劳驾驶已经出现。

三、防疲劳驾驶策略

目前常见的防疲劳驾驶系统主要由信息收集单元、数据分析单元和执行单元三大部分组成,防疲劳驾驶系统结构图见图1。信息收集单元,即数据采集模块,主要包括驾驶员面部表情拍摄用摄像头、座椅压力传感器、方向盘上的压力传感器、方向盘转角传感器、车速传感器、心率传感器等,作用是采集驾驶员状态及与驾驶员坐姿相关的参数、采集汽车行驶参数。

数据分析单元,主要指系统选配的各类单片机,作用是对采集到的数据进行处理,以便做出对驾驶员或车辆状态的正确分析。该部分是防疲劳驾驶系统的中心处理器。

执行器, 主要包括驾驶室报警或提示设备、座椅电机、与车辆监督者相关的报警或通信设备、车辆向外界的报警装置等。

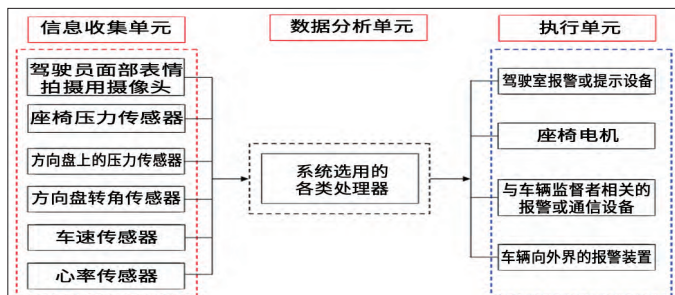


图1 防疲劳驾驶系统结构图

1. 基于驾驶员状态的汽车防疲劳驾驶系统

DSM(防疲劳驾驶监测系统)基于驾驶员面部表情图像捕捉和单片机图像算法识别技术, 以此判断驾驶员是否处于疲劳驾驶状态^[5]。该系统可与ADAS(高级驾驶辅助系统)预警系统实现数据互通, 作出对疲劳状态的驾驶员进行提醒或警告, 以降低疲劳驾驶的危害。

DSM系统的信息收集单元、数据分析单元和执行单元分别为汽车方向盘上的摄像头、单片机、报警系统。该系统还可以综合汽车车速、行驶时间、环境等信息, 对疲劳程度进行等级化分析。DSM系统的计算成本低且计算精准, 具有很好的实用性。DSM系统在驾驶员防疲劳方面有较好的实用性, 单片机的特质也能保证系统的稳定性, 且该系统的技术总成本不高^[5]。

罗龙设计了基于STM32智能算法的汽车防疲劳驾驶检测系统^[6]。该系统仍然由信息收集、数据分析和指令执行三大部分组成。数据分析部分采用基于STM32智能算法的MCU主控模块, 将传感器收集到的原始数据传输给PC端进行驾驶员状态分析。该类主控模块产品类型多样、功耗低、接口丰富、产品更新换代快、性价比高且应用广泛。

王景利设计的汽车驾驶员防疲劳驾驶报警系统, 通过捕捉驾驶员眼睛的开合时间、开合速度、开合频率等信息, 来判断驾驶员是否处于疲劳驾驶状态^[7]。该方法实现了在汽车行驶过程中, 通过系统循环检测的方法对驾驶员进行疲劳驾驶判断, 和对疲劳驾驶员的及时提醒或警告。

蔡木生等设计的汽车疲劳驾驶检测与监视系统, 基于对驾驶员脸部状态的变化进行驾驶员疲劳程度的判断^[8]。对于疲劳驾驶的驾驶员, 除进行及时语音提醒外, 还实现了与车辆管理者的实时联系, 达到了对疲劳驾驶状态驾驶员或车辆的合理安全把控。具体的系统结构图见图2^[8]。

2. 基于驾驶参数的防疲劳驾驶系统

座椅压力传感器用来采集驾驶员对座椅特定位置的压力情况^[9], 能间接反映驾驶员的坐姿及疲劳状态。转角传感器实现了对方向盘转角的采集, 这直接反映了驾驶员对方向盘的实时操控情况, 间接体现了驾驶员对行车方向的关注度和疲劳状态。

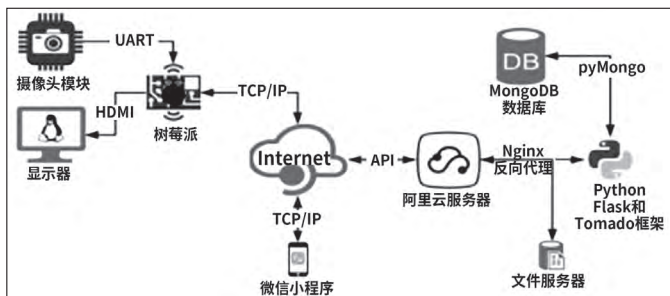


图2 系统结构图

心率传感器用来采集驾驶员的实时身体状态。

握力传感器用来实时采集驾驶员在方向盘上的握力信号, 借助单片机通过对驾驶员握力变化的分析判断驾驶员的疲劳状况。

毋智军等^[10]设计了基于单片机的轻型汽车疲劳驾驶预警系统。该设计借助三轴重力加速度传感器来检测驾驶员的坐姿, 并结合Pulse Sensor心率传感器的信息, 通过STC89C52单片机处理采集数据, 并做出疲劳度检测。

冯军设计了基于单片机的汽车防疲劳驾驶系统^[11]。与前述设计不同, 该系统借助压力传感器、方向盘转角传感器分别采集驾驶员座椅的压力变化、方向盘的角度变化, 单片机采用疲劳算法对采集到的数据进行处理, 并据此判断驾驶员的疲劳状况。该系统也实现了驾驶端车内报警和利用通信技术将疲劳驾驶危险状态实时通知车主或监督部门的功能。

3. 基于汽车行驶参数的疲劳驾驶检测防疲劳驾驶系统

袁霞基于转向盘的特征值设计了汽车防疲劳驾驶系统^[12]。该系统的信息收集单元主要有握力采集部分、转向盘转角传感器。数据分析单元主要是STM32F103zet6单片机, 执行单元主要是座椅电机。其系统原理图见图3^[12]。

该系统在对疲劳状态的驾驶员提醒无效后, 单片机将发出指令, 此时执行器1——座椅电机就会以一定频率和振幅对驾驶员施加提醒。同时, 执行器2——报警开关发出报警, 更好地提醒驾驶员和向周围车辆及道路报警。

孙奇对近年来汽车防疲劳驾驶技术进行了综述^[13]。研究发现, 方向盘转角传感器、速度传感器是防疲劳驾驶技术监测系统重要的信息采集单元, 防疲劳驾驶技术监测系统的工作原理是, 汽车方向盘转角传感器根据方向盘运动情况和行驶方向的不同, 对汽车中央处理器发送不同的信号, 以此来判断驾驶人是否为疲劳驾驶。大量文献表明, 方向盘转角信号与汽车驾驶员的疲劳程度密切相关。

四、防疲劳驾驶系统设计展望

1. 多学科信息交叉与融合

采用多传感器信息融合技术, 将驾驶员状态检测、驾驶参数检测、汽车行驶参数检测结合起来综合分析驾驶员的疲劳状况。例如, 为了增强对驾驶员状态判断的准确性, 可以综合监测方向

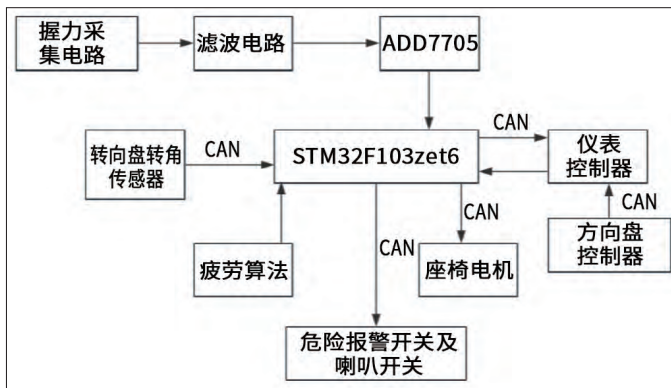


图3 系统原理图

盘转角、座椅压力传感器、方向盘压力传感器等来判断驾驶员是否出现了疲劳。

2. 大数据

采用运动手环采集驾驶员的心率、血压、睡眠时间、胃内酒精含量等信息并传输给专门的处理器, 据此综合分析驾驶员潜在的疲劳驾驶情况^[7]。

3. 多点传感

在座椅靠背的特殊位置设置多点压力传感器, 通过压力值变化及趋势, 判断驾驶员身体坐姿的改变, 进一步检测驾驶员是否出现疲劳驾驶。

4. 虹膜打卡, 神经在线

在驾驶室内驾驶员正前方设置间断时间打卡器, 每经过一定的时间进行虹膜打卡, 以此来检测驾驶员对车辆行驶道路的持续关注情况。

5. 疲劳显示放大

在车身外侧设计疲劳等级显示, 若驾驶员进入疲劳驾驶状态, 防疲劳驾驶系统在提示或警告驾驶员脱离疲劳驾驶的同时, 通过车身醒目位置显示疲劳驾驶员所在车辆的危险等级, 以此警示附近车辆注意安全避让。

6. 数据库及疲劳惩戒机制

建立疲劳驾驶互联网数据库, 对检测到的疲劳驾驶案例在智能网联系统进行备案, 通过系统自动抽查或人工不定期抽查的形式, 把握驾驶员的驾驶状态。并建立疲劳驾驶惩罚机制, 减少疲劳驾驶的发生。

五、结论

本文基于疲劳驾驶出现时驾驶员的肢体特征或汽车的行驶特征, 综述了驾驶员疲劳驾驶检测三大类方法的工作原理及实现方法。本文还着重分析了与上述三种疲劳驾驶检测方法所对应的防疲劳驾驶系统的设计。文中, 还从汽车技术、通信技术、控制策略等交叉学科领域出发, 提出了对汽车防疲劳驾驶系统设计的展望。

参考文献

- [1]朱志刚, 卢昆明, 徐嘉成, 等. 基于“驾驶安全”人体防疲劳预警系统的研究[J]. 计算机产品与流通, 2020(1): 2.
- [2]钟铭恩, 黄杰鸿, 乔允浩, 等. 生理疲劳和心理疲劳对车辆驾驶的影响对比[J]. 中国安全生产科学技术, 2017(13): 22-27.
- [3]别牧, 李淑庆. 疲劳驾驶及预防对策研究[J]. 重庆交通大学学报(社科版), 2010(10): 29-32.
- [4]徐柱, 何锋, 华星淇, 等. 基于AdaBoost算法的疲劳驾驶检测系统研究[J]. 汽车技术, 2019(5): 17-21.
- [5]阮耀江. 单片机汽车防疲劳驾驶系统研究[J]. 运输经理世界, 2019(3): 1.
- [6]罗龙. 基于STM32智能算法的汽车防疲劳驾驶检测系统[J]. 电子制作, 2023(31): 64-67.
- [7]王景利. 汽车驾驶员防疲劳驾驶报警系统的设计[J]. 汽车实用技术, 2016(11): 3.
- [8]蔡木生, 周航. 汽车疲劳驾驶的检测与监视系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2020(6): 63-67.
- [9]李少辉, 凌峰, 童云涛, 等. 汽车智能座椅防疲劳驾驶功能的设计[J]. 内燃机与配件, 2023(2): 97-99.
- [10]毋智军, 王文超, 杨路路. 基于单片机的轻型汽车疲劳驾驶预警系统设计[J]. 中国科技信息, 2023(15): 115-120.
- [11]冯军, 陈文波, 杨民生, 等. 基于单片机的汽车防疲劳驾驶系统的研究[J]. 科技视界, 2015(9): 2.
- [12]袁霞, 侯锁军, 吴启斌. 基于转向盘特征值的汽车疲劳驾驶系统的应用研究[J]. 河南机电高等专科学校学报, 2019(27): 4.
- [13]孙奇, 李安, 李成龙, 等. 汽车防疲劳驾驶技术综述[J]. 科技展望, 2016(14): 160.

基金项目

2019年度南京工业职业技术大学科研启动基金(自然科学类)资助项目(项目编号: 201050619YK402)。

2022年度江苏省社科应用研究精品工程课题资助项目(项目编号: 22SYC-170)。

2023年度高等教育科学研究规划课题资助项目(项目编号: 23WL0410)。

作者简介

禹法文, 男, 南京工业职业技术大学讲师。主要研究方向: 汽车智能网联、汽车发动机热管理、微尺度流动与传热。联系邮箱: fwyu@microflows.net。

郑文涛, 男, 南京工业职业技术大学本科生。主要研究方向: 汽车防疲劳驾驶系统设计。

李彤, 女, 南京工业职业技术大学本科生。主要研究方向: 汽车疲劳驾驶检测技术。

本文作者禹法文、郑文涛、李彤工作单位: 南京工业职业技术大学交通工程学院。