

基于轨迹分析的重点车辆疲劳驾驶线索研究

谢翼飞¹, 夏良², 尹路³

(上海市公安局交通警察总队科技处, 上海 200070)

摘要: 针对网络预约出租车、“两客一危”和疑似非法营运车辆疲劳驾驶的问题, 上海市公安局交通警察总队依托一线民警执法进行监控和预警, 取得了一定的成效, 但仍存在疲劳驾驶难发现、难取证、难监管等问题。为解决这一问题, 依靠信息化手段, 利用车辆GPS数据综合研判分析, 建立基于轨迹分析的重点车辆疲劳驾驶发现模型, 为一线执法部门精准执法提供数据支撑。该模型的应用取得了显著的执法成效, 对于预防重特大道路交通事故发生起到一定的积极作用。

关键词: 疲劳驾驶; 轨迹分析; 监管模型

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 1671-3400(2024)02-0100-05

Key Vehicle Fatigue Driving Clues Based on Trajectory Analysis

XIE Yifei¹, XIA Liang², YIN Lu³

(Shanghai Public Security Bureau Traffic Police Corps Science and Technology Division, Shanghai 200070, China)

Abstract: In view of the problems of online taxi reservation, "two passengers and one danger" and fatigue driving of suspected illegal vehicles, Shanghai Traffic Police Brigade relies on front-line police law enforcement to monitor and warn, and has achieved certain results, but it has the problems of difficult to detect, obtain evidence and supervise fatigue driving. In order to solve this problem, Shanghai Traffic Police Corps relies on information technology and uses vehicle GPS data to comprehensively study and analyze vehicle GPS data to establish a key vehicle fatigue driving discovery model based on trajectory analysis, so as to provide data support for the accurate law enforcement of front-line law enforcement departments. The successful application of this model has achieved remarkable law enforcement results and better prevented the occurrence of major road traffic accidents.

Keyword: Drowsy driving; Trajectory analysis; Regulatory models

0 引言

随着“互联网+”技术的应用, 网络预约出租汽车以其便利性、智能化等优势, 为广大出行者提供了全新的出租汽车服务模式, 对传统出租汽车行业造成了严重冲击。近年来, 经过网约车行业的不断发展, 网约车数量逐渐呈现饱和状态, 各大网约车平台奖励机制也趋于理性。面对车源多订单少的局面, 许多网约车驾驶员“以时间换空间”, 疲劳驾驶似乎成为了工作常态, 为道路交通安全埋下了重大隐患。

在众多交通安全隐患中, 疲劳驾驶被认定为导致交

通事故的主要原因之一。疲劳驾驶降低了驾驶员对道路交通环境的敏感性和反应能力, 极大地增加了发生事故的风险。统计数据显示, 由于疲劳驾驶引发的交通事故通常伤亡严重, 对整体交通安全构成了严峻威胁。长时间驾驶、夜间驾驶以及连续驾驶等情境都可能成为驾驶员的疲劳因素。在这种情况下, 驾驶员容易出现注意力不集中、反应迟钝等症状, 使得疲劳驾驶的风险进一步升高。驾驶员的身体状况、睡眠质量、工作时间等直接关系到疲劳驾驶事故的发生, 而长时间的工作、不规律的作息以及缺乏休息都可能让驾驶员陷入疲劳状态。

法规与政策也在逐步强化对疲劳驾驶的管理^[1]。世界各国和各地的交通管理法规中普遍加入了相关条款, 规定了驾驶员的工作和休息时间、对疲劳驾驶的惩罚措施等, 为监测和预防疲劳驾驶提供了法律依据。此外, 疲劳驾驶监测技术不仅关系到个体驾驶员的安全, 也是

收稿日期: 2023-11-30

第一作者简介: 谢翼飞 (1990-), 男, 汉族, 上海人, 学士, 工程师, 主要研究领域: 交警信息管理系统管理。

自动驾驶技术发展的重要方向之一。为了有效预防疲劳驾驶引发的交通事故, 疲劳驾驶监测技术应运而生。近年来, 基于轨迹分析的疲劳驾驶监测模型逐渐崭露头角, 通过对驾驶车辆的行驶轨迹进行实时监测和深度分析, 为疲劳驾驶的早期识别提供了新的思路和解决方案。

为了应对这一问题, 科技发展提供了新的解决途径。目前针对疲劳驾驶监测的方法大致分为两类: 主观检测法和客观检测法^[2]。主观检测法主要是通过对驾驶员的问卷调查、口头询问等方式, 获取信息后分析得到驾驶员的状态, 来判断是否处于疲劳驾驶状态。对于问卷调查表, 主要采用卡罗林斯卡嗜睡度量表(KSS)、斯坦福嗜睡量表(SSS)、疲劳严重程度量表(FSS)等。虽然主观检测法具有成本低、操作便捷的特点, 但是驾驶员个人主观因素意识对其影响较大, 且时效性较差。先进的传感器技术、计算机视觉、生理监测等技术的应用使得疲劳驾驶监测变得更为准确和可靠。这些技术可以实时监测驾驶员的状态, 如眼动、面部表情、生理指标等, 从而及时发现并提醒驾驶员在出现疲劳迹象时采取措施, 有效预防交通事故的发生。客观监测法具有准确度高、时效性好、不受驾驶员主观因素的影响等优点, 成为疲劳驾驶监测的主要研究方向, 主要分为三类, 包括通过根据驾驶员行为操作分析、根据驾驶员生理特征分析和根据车辆行驶轨迹分析。

依靠传感器获取驾驶员的行为操作信息, 如驾驶员对方向盘、踏板操作等信息, 来判断驾驶员是否存在疲劳驾驶的情况。贾丽娟^[3]通过实验, 获取方向盘转角、车速等实验数据, 提取在时域和频域上的疲劳指标, 设计SVM分类器, 筛选出最优特征指标集。McDonald等^[4]利用动态的贝叶斯网络算法, 将转向角、踏板开合度、车速和加速度等信息通过算法分析驾驶员的疲劳情况。此类方法对于不同驾驶员的信息指标可能有所变化, 并且对于车辆的传感器安装, 具有一定的局限性。

根据驾驶员胜利特征进行批量监测分析, 需要驾驶员佩戴相应的采集信息设备, 获取脑电信号、心电信号、眼电信号等数据。Zou等^[5]提出一种基于经验模式分解(EMD)的方法, 多尺度熵分析的前额头脑电图信号。该方法在传统模糊熵的基础上加入尺度信息, 采用EMD技术, 对脑电信号进行处理, 对驾驶员的疲劳进行检测。研究表明, 所提出方法的准确率识别率达87.50%。徐礼胜等^[6]提出一种基于短时心电信号的疲劳驾驶检测算法, 并与通过预训练的深度卷积神经网络的提取心电信号相关特征, 利用随机森林分类, 对疲劳驾驶进行检测。王侃^[7]通过采集驾驶员的眼电信号并提取近似熵、排列熵、模糊熵信息, 利用模糊神经网络和GA-GRNN进行疲劳驾驶检测。此类方法需要较为精准的信息采集设备, 成本较高, 且实施较为复杂, 不宜推广。

通过获取车辆的GPS信息所形成的运行轨迹, 并进行相关数据分析, 客观反映了车辆的运行状况。孙香梅^[8]依据车辆运行动力学原理, 建立了基于车辆运行轨迹的疲劳驾驶检测模型, 通过Kalman滤波方法对数据进行预处理, 利用Fuzzy综合判断法进行疲劳驾驶的检测; 张迪^[9]提出了相对异常驾驶行为的概念, 并建立模型, 提出相对异常驾驶行为识别和评价方法, 以区分出车辆间相对异常驾驶行为的差异性。通过实验分析, 确定的3种相对异常驾驶行为在总评分中的权重系数, 证明模型和方法的有效性。

总体而言, 疲劳驾驶监测的研究背景涵盖了交通事故、驾驶员健康、科技发展、法规政策等多个方面。这反映了社会对道路交通安全的日益关切, 并推动了相关技术和政策的不断创新, 以降低疲劳驾驶带来的潜在风险, 确保道路上的行车安全。

此外, 公路客运、公交客运、危险品运输等“两客一危”车辆作为交通管理重点车辆, 既关系到人民群众生命和财产安全, 也关系到社会大局稳定。“两客一危”车辆引发的交通事故, 其危害性之强, 社会影响之大, 已成为当前公安交管工作的重点^[10]。预防和管控“两客一危”车辆疲劳驾驶也是预防重特大道路交通事故的重要一环。

为预防和管控网约车、“两客一危”和疑似非法营运三类重点车辆疲劳驾驶行为, 上海市公安局交通警察总队构建了基于轨迹分析的重点车辆疲劳驾驶发现模型, 通过重点车辆疲劳驾驶发现模型的应用, 可以震慑相关驾驶员群体、督促相关行业落实监管职责, 为预防重特大道路交通事故, 消除安全隐患、化解安全风险, 筑牢网络预约出租、道路运输企业等车辆交通安全第一防线提供技术支撑, 从而不断净化安全驾驶环境, 保障人民群众安全出行。

1 重点车辆的疲劳驾驶行为监管现状分析

疲劳驾驶是指驾驶人在长时间连续行车后, 产生生理机能和心理机能的减退, 而在客观上出现判断能力下降甚至缺失的现象。《道路交通安全法实施条例》第六十二条第七款规定: 驾驶机动车不得有连续驾驶机动车超过4h未停车休息或者停车休息时间少于20min的行为。对违反法律规定的, 公安交管部门可依法处罚。

目前, 重点车辆疲劳驾驶行为监管方式主要有以下2个方面。

1.1 路面管控

通过日常定点检查、流动巡逻、专项整治等路面管控方式, 对重点车辆疲劳驾驶等重点道路交通违法行为进行发现与查处。

1.2 源头管理

通过联合交通运输部门及相关行业主管部门对道路

运输企业、网约车平台等主体监管责任到位情况进行检查, 加强源头管理, 督促落实主体责任。

上述监管方式虽取得一定管理成效, 但仍存在些许的问题。①监管主动性不够, 基于路面管控的疲劳驾驶监管模式存在很大的随机性与被动性, 警力投入与成效不成正比; ②现场执法取证困难, 执法缺乏证据支撑, 无法有力固定当事人疲劳驾驶的违法行为; ③管理缺乏针对性, 无法通过大数据分析, 对行业、企业、驾驶员等进行整体画像, 进行针对性地监管^[11]。

2 基于轨迹分析的重点车辆疲劳驾驶发现模型

2.1 数据来源

本模型的数据来源主要有: ①网约车、“两客一危”和疑似非法营运三类重点车辆信息数据; ②新能源汽车

GPS数据; ③“两客一危”车辆GPS数据; ④其他车辆GPS数据; ⑤车辆卡口过车、人脸数据; ⑥人脸特征数据; ⑦常住人口数据。

2.2 模型建立依据

模型按照《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》中“连续驾驶机动车超过4h未停车休息或者停车休息时间少于20min”的疲劳驾驶定义及相关专项工作要求, 对重点车辆的出行数据进行具体分析, 形成重点车辆涉嫌疲劳驾驶清单、出行记录、车辆驾驶人等数据, 为一线执法人员精准执法提供数据支撑, 一定程度上解决了疲劳驾驶难发现、难取证、难监管的问题^[12]。

2.3 模型整体及数据处理流程

基于轨迹分析的重点车辆疲劳驾驶发现模型流程图, 确定本模型的数据处理及流程设计具体步骤(见图1)。

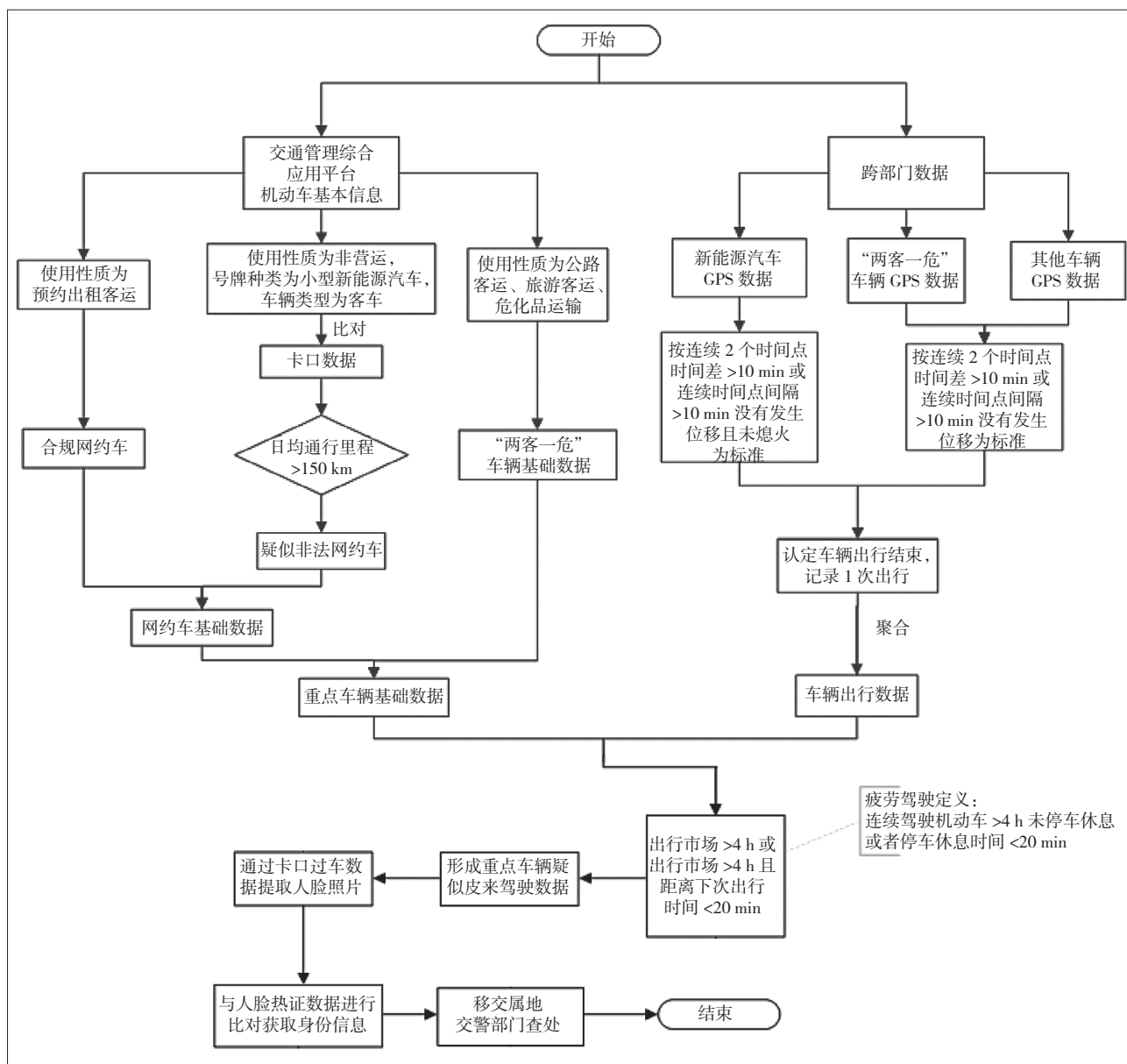


图1 模型流程图

2.3.1 形成重点车辆基础数据

(1) 网约车数据: 从公安交通管理综合应用平台机动车基本信息表(VEHICLE)中筛选“使用性质(SYXZ)”为“预约出租客运”的车辆, 作为本市网约车车辆基础数据。

(2) “两客一危”车辆数据: 从公安交通管理综合应用平台机动车基本信息表(VEHICLE)中筛选“使用性质(SYXZ)”为“公路客运”“旅游客运”“危化品运输”的车辆, 作为本市“两客一危”车辆基础数据^[13]。

(3) 疑似非法营运车辆数据: 从公安交通管理综合应用平台机动车基本信息表(VEHICLE)中筛选出“使用性质(SYXZ)”为“非营运”、“号牌种类(HPZL)”为“小型新能源汽车”的车辆, 与卡口数据关联, 获取日均通行里程超过150 km的车辆数据, 作为本市疑似非法营运车辆基础数据。

以上3类数据共同组成重点车辆基础数据。

2.3.2 形成重点车辆出行数据

从多源头汇聚车辆定位数据: 如车辆GPS数据、新能源汽车GPS数据、“两客一危”车辆GPS数据。

将重点车辆基础数据中的车辆识别代号与车辆GPS数据进行关联, 得到每个车辆识别代号车辆的定位记录列表^[14], 再将GPS数据按照时间点进行排序, 形成定位时序列表, 对相邻时间点的坐标位置进行比对, 计算车辆位移距离及驾驶时长, 相邻时间点间隔超过10 min或者累计时间超过10 min没有发生位移的, 则认定为1次出行结束, 记录出行开始时间、结束时间、出行时长等。相邻两次出行记录的间隔时间视为休息时间。由此, 数据经汇聚、治理、提炼, 依次形成“定位”“轨迹”“出行”不同维度的数据, 最终形成总队重点车辆出行数据。

2.3.3 形成重点车辆疑似疲劳驾驶清单

按照《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》中“连续驾驶机动车>4 h未停车休息或者停车休息时间<20 min”的疲劳驾驶定义及相关专项工作要求^[15], 对疲劳驾驶相关阈值进行设置, 从重点车辆出行数据中形成重点车辆疑似疲劳驾驶清单^[16]。

2.3.4 锁定车辆驾驶人身份信息

根据重点车辆疑似疲劳驾驶清单, 通过车辆号牌号码、出行时间段等数据关联卡口过车数据, 提取卡口人脸照片数据, 与人脸底库进行比对, 锁定人员身份。

2.3.5 执法线索下发查处

将重点车辆疑似疲劳驾驶清单, 与卡口数据进行二次比对, 研判车辆当前落脚点信息, 最终将执法线索下发属地交警支队违法审理部门核查^[17], 并由其通过电话或上门告知方式通知当事人在规定时间内至审理部门接受处理。

3 实例应用及前景分析

3.1 典型案例

上海市公安局交通警察总队将本模型应用于实际执法研判, 选取其中一典型案例进行说明: 经基于轨迹分析的重点车辆疲劳驾驶发现模型分析研判, 小型新能源汽车沪AHA07**, 于2023年8月20日18:00—2023年8月21日11:04, 连续驾驶17 h, 涉嫌疲劳驾驶。经卡口、人脸、常口数据定位, 锁定驾驶人孙某某身份信息及最终落脚点位于上海市奉贤区。上海市公安局交通警察总队立即下发违法线索至属地交警支队, 9月20日对违法当事人杨某进行询问核实, 当事人对违法事实供认不讳。交警支队依据《中华人民共和国道路交通安全法》对当事人“连续驾驶载货汽车、中型以上载客汽车以外的机动车>4 h未停车休息或者停车休息时间<20 min”的违法行为处以200元罚款。

3.2 模型应用成效

2023年7月以来, 上海市公安局交通警察总队通过该模型排查涉嫌严重疲劳驾驶网约车604辆、涉嫌严重疲劳驾驶疑似非法营运车辆102辆, 经全量核查, 对其中违法事实清晰的413辆严重疲劳驾驶网约车、违法事实清晰的23辆严重疲劳驾驶疑似非法营运车辆依法处罚。

7月24日—27日期间, 通过该模型排查涉嫌严重疲劳驾驶“两客一危”车辆156辆, 经全量核查, 对其中违法事实清晰的3辆严重疲劳驾驶“两客一危”车辆依法处罚。

其中, “两客一危”车辆和疑似非营运车辆查获数较少, 主要原因是: ①“两客一危”车辆和疑似非营运车辆相较网约车的车辆基数明显更少; ②“两客一危”车辆和疑似非营运车辆是政府各部门重点整治打击车辆, 疲劳驾驶等违法情况相对较少。

今后, 将进一步加大部门间数据共享, 如向市交通委、滴滴专车等互联网企业申请共享“两客一危”车辆运单信息、网约车接单信息、网约车司机信息等数据资源, 进一步丰富模型数据资源, 不断完善模型算法, 提升疲劳驾驶违法车辆, 特别是“两客一危”车辆和疑似非营运车辆的查处效能。

3.3 应用前景

通过该模型的不断应用与优化, 可对网约车、“两客一危”和疑似非法营运三类重点车辆的疲劳驾驶行为进行监督管理, 及时发现相关行业监管漏洞, 督促落实整改措施, 共建健康安全的驾驶环境。

尽管基于轨迹分析的疲劳驾驶监测模型已经取得了显著的成果, 但在未来的发展中仍有一些关键的方向值得关注。

(1) 多模态融合: 未来的疲劳驾驶监测模型可以考虑融合多种数据模态, 如车内摄像头监测、生理参数检测等。通过综合多源数据, 模型能够提供更全面的疲劳驾驶分析。

(2) 深度学习技术的应用: 引入深度学习技术, 特别是卷积神经网络和循环神经网络, 有望进一步提升模型在轨迹分析上的表现。深度学习的优势在于对复杂非线性关系的学习能力, 适用于处理轨迹数据中的时空特征。

(3) 实时交互与驾驶辅助: 模型未来可与实时交互系统相结合, 为驾驶员提供实时的疲劳预警和建议。这种交互方式可以更主动地辅助驾驶员采取安全措施, 降低潜在的交通事故风险。

(4) 与智能交通系统的整合: 将基于轨迹分析的疲劳驾驶模型与智能交通系统相整合, 使得模型可以与其他车辆、交通基础设施进行实时通信。有望提高模型的全局感知和决策水平, 使其更好地适应复杂的交通环境。

综上所述, 基于轨迹分析的疲劳驾驶模型在实现实时性、个性化和大数据支持方面已经取得了显著进展。未来的发展将进一步深化模型的智能性和整合性, 以更好地保障驾驶者的健康, 服务于交通安全。

4 结语

上海市公安局交通警察总队为解决网约车、“两客一危”和疑似非法营运三类重点车辆疲劳驾驶违法行为难发现、难监管的问题, 构建了基于轨迹分析的重点车辆疲劳驾驶发现模型。本模型利用网约车、“两客一危”和疑似非法营运三类重点车辆信息数据、新能源汽车GPS数据、“两客一危”车辆GPS数据等数据, 对这三类重点车辆疲劳驾驶行为进行分析研判, 输出重点车辆涉嫌疲劳驾驶车辆清单、对应轨迹及最终落脚点数据, 为一线执法部门精准执法提供数据支撑。

未来, 本模型将进一步优化, 如增加模型数据类型、加强对重点车辆疲劳驾驶行为的研判能力等, 更好地预防重特大道路交通事故的发生。

参考文献:

[1] 赵司聪, 黄婷. 国内外关于疲劳驾驶行为的法律规定及特点[J]. 道路交通管理, 2022 (7): 40-43.

[2] 张瑞, 朱天军, 邹志亮, 等. 驾驶员疲劳驾驶检测方法研究综述[J]. 计算机工程与应用, 2022, 58 (21): 53-66.

[3] 贾丽娟. 基于实车方向盘操作特征的疲劳驾驶检测方法研究[D]. 北京: 清华大学, 2017.

[4] MCDONALD A D, LEE J D, SCHWARZ C, et al. A contextual and temporal algorithm for driver drowsiness detection[J]. Accident Analysis & Prevention, 2018, 113: 25-37.

[5] ZOU S, QIU T, HUANG P, et al. Constructing multi-scale entropy based on the empirical mode decomposition(EMD) and its application in recognizing driving fatigue[J]. Journal of Neuroscience Methods, 2020, 341: 108691.

[6] 徐礼胜, 张闻勤, 庞宇轩, 等. 基于短时心电信号的疲劳驾驶检测算法[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2019, 40 (7): 937-941.

[7] 王侃. 基于眼电信号的疲劳驾驶检测技术的研究[D]. 吉林: 东北电力大学, 2022.

[8] 孙香梅. 基于车辆运行轨迹的疲劳驾驶检测研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2012.

[9] 张迪. 基于浮动车GPS数据分析的车辆相对异常驾驶行为研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2018.

[10] 刘江鸿, 李刚. 重点车辆安全监管模式比较研究[J]. 湖南警察学院学报, 2011, 23 (6): 69-73.

[11] 贾宝银, 张蕾. 高速公路防疲劳驾驶预警系统设计及应用[J]. 道路交通管理, 2023 (4): 57-58.

[12] 赵洋, 陈侃, 梅珀彰. 基于图像识别技术的疲劳驾驶视觉检测与预警系统设计[J]. 集成电路应用, 2023, 40 (7): 142-143.

[13] 任建新, 许锋. 轻量型疲劳驾驶面部特征监测方法研究[J]. 警察技术, 2023 (3): 39-43.

[14] 张菲菲. 数据化侦查中的轨迹分析法运用研究[J]. 广西警察学院学报, 2023, 36 (2): 57-65.

[15] 杨艳艳, 李雷孝, 林浩. 提取驾驶员面部特征的疲劳驾驶检测研究综述[J]. 计算机科学与探索, 2023, 17 (6): 1249-1267.

[16] 金学高, 魏金强, 齐建宇, 等. 面向人因的高速公路事故致因分析及防控策略[J]. 交通工程, 2023, 23 (1): 50-59.

[17] 方新祥. 智能汽车疲劳驾驶检测技术研究现状及发展趋势[J]. 汽车知识, 2023, 23 (3): 25-27.