

公务用车新型酒精检测与酒驾风险管控方法研究

黄传金¹, 黄典韬¹, 何梦圆¹, 蒋 权¹, 黄翊珂¹, 赵红专^{1,*}, 葛广昊^{1,*}, 蔡介南²

1. 桂林电子科技大学, 广西智慧交通重点实验室, 广西 桂林, 541004

2. 桂林市量子物联科技有限公司, 广西 桂林, 541004

摘要: 针对公务车辆车钥匙人工管理效率低、酒驾隐患防控不足等问题, 研发了集身份验证、酒精检测、车钥匙智能监测于一体的新型风险管控系统。系统采用人脸识别 (Facenet 网络)、多传感器融合 (气体酒精传感器、汗液传感器等) 及 RFID 技术, 构建了成套软硬件解决方案。通过样机测试、小批量试产及实地应用验证, 系统在桂林多地公务单位实现稳定运行, 经济与社会效益显著。研究表明, 该系统可有效解决公务车管理痛点, 为公车安全规范使用提供技术支持。

关键词: 酒精检测; 风险管控; 多传感器融合; 人脸识别; 公务车辆管理

Research on a New Type of Alcohol Detection and Drunk Driving Risk Control Method for Official Vehicles

Chuanjin Huang¹, Diantao Huang¹, Mengyuan He¹, Quan Jiang¹, Yike Huang¹, Hongzhan Zhao^{1,*},
Guanghao Ge^{1,*}, Jienan Cai²

1. School of Architecture and Transportation Engineering, Guilin University of Electronic Technology,
Guilin, 541004, China

2. Guilin Quantum Internet Technology Co., Ltd., Guangxi, Guilin, 541000, China

Abstract: To tackle the issues stemming from inefficient manual management of official vehicle keys and inadequate mitigation of drunk driving risks, a novel risk control system has been developed that integrates identity authentication, alcohol testing, and intelligent key monitoring. This system harnesses FaceNet-based facial recognition technology, multi-sensor fusion (incorporating breathalyzer and sweat alcohol sensors), and radio frequency identification (RFID) to construct a holistic hardware-software integrated solution. After undergoing rigorous prototype testing, small-batch trial manufacturing, and on-site deployment at various government departments in Guilin, the system has delivered stable and dependable operational performance. Its core technical specifications have not only met but exceeded contractual stipulations, generating significant economic and social benefits. Test and application results confirm that the system effectively resolves the core pain points in official vehicle management and furnishes solid technical support for safeguarding the safe and standardized operation of official vehicles.

Keywords: Alcohol detection; Risk control and management; Multi-sensor fusion; Face recognition; Official vehicle management

随着我国汽车保有量持续增长, 道路交通安全形势日益严峻, 酒后驾驶已成为引发恶性交通事故的主要诱因之一。从 2022 年上半年的统计数据来看, 全国范围内查处的酒驾醉驾违法行为共计

90.1 万起, 严重威胁人民群众的生命财产安全。对于拥有大量公务车辆的企业、事业单位而言, 车辆与人员管理的复杂性进一步加剧了酒驾风险防控的难度, 因此, 构建科学高效的公务车酒驾防控与管理体系显得尤为迫切。

从治理手段来看, 传统治理模式与管理手段的固有弊端, 是制约公务车酒驾防控效果的核心因素之一。叶子悦等^[1]认为, 在酒驾检测技术领域, 传统酒驾治理模式主要依赖交警路检, 存在被动性显著、覆盖范围受限、难以实现源头防控等固有弊端, 难以从根本上有效遏制酒驾行为的发生。叶子悦等^[2]进一步研究了酒精检测技术在车载领域的具体运用, 为公务车酒驾源头防控提供了技术参考方向。因此对于拥有大量公务车辆的企业、事业单位而言, 车辆与人员管理的复杂性进一步加剧了酒驾风险防控的难度。王宇栋^[3]的研究表明, 传统公务车管理多依赖人工登记、钥匙人工保管等方式, 不仅效率低下, 还存在钥匙冒领、使用轨迹无追溯等管理漏洞。陈焜强^[4]的研究表明, 车钥匙管理作为公务车酒驾防控的关键环节, 如果缺乏有效的管控手段, 极易引发违规用车风险, 而违规用车往往是酒驾行为发生的重要前提。

从技术层面来看, 现有的车载酒精检测设备仍有功能碎片化、适配性不足等问题, 未能形成全流程防控闭环。徐京莲等^[5]设计的基于多传感器融合的车载酒精检测系统虽解决了单一传感器的弊端, 但未与公务车使用流程深度结合, 难以发挥实际管控效能。徐京莲^[6]在其学位论文中进一步完善了该系统, 结合汽车行驶记录仪实现了检测数据的初步留存, 但仍未解决与公务车管理流程的适配问题。Juan 等^[7]开发的智能酒驾在线检测系统依赖多传感器融合技术, 但功能集中于检测环节, 缺乏身份验证与行为约束机制; 管中华等^[8]整合人脸识别与 RFID 技术构建的智能车辆管理系统, 未涉及酒精检测核心功能, 无法满足酒驾防控需求。此外, 季丹^[9]的研究验证了 Facenet 网络在人脸识别中的高准确率, 为身份验证提供了可实现的技术基础, 但在现有公务车管理系统中未形成“身份-检测-钥匙”的联动管控模式。郝成宇等^[10]探究了驾驶人酒精检测技术的现状及发展趋势, 指出当前车载检测设备的核心短板的是功能碎片化、缺乏全流程管控能力; 毛棋良等^[11]提出改进禁忌-BP 神经网络的车载酒驾检测方法, 提升了酒精检测的高精度, 为系统研发提供了算法支撑; 王艳博^[12]、刘艳红^[13]的研究均围绕多传感器信息融合技术在车载酒驾检测中的应用展开, 进一步验证了该技术在提升检测准确性上的优势; Fu L 等^[14]设计的集成多传感器车载酒精检测系统, 为多模块集成提供了参考范式; 尚梦帆等^[15]综述了酒精含量检测技术的应用进展, 全面梳理了各类检测技术的优劣, 为系统检测模块的技术选型提供了理论依据。

因此, 针对当前公务车管理效率低、酒驾隐患防控不足、现有设备功能碎片化等突出问题, 研发一套集成高精度酒精主动检测、智能身份管控、钥匙智能管理与驾驶行为评估于一体的综合性系统, 实现“事前预防-事中监控-事后评估”的全流程风险管理, 既是对现有酒驾检测技术与公务车管理模式的完善, 也具有重要的现实意义和应用价值。

1 材料与方法

1.1 系统核心组成

针对公务用车场景, 本研究提出新型酒精检测与酒驾风险管控系统, 设计思路围绕公务车辆领钥匙前、上车前、用车时、用车后的使用流程, 构建闭环管控体系, 系统总体架构与工作流程示意图如图 1 所示。系统核心分为硬件层与软件层两部分, 二者协同实现酒驾风险全流程管控与公务车规范化管理。

硬件层作为系统运行的基础支撑, 主要包括: 智能钥匙管理箱、车载多传感器酒精检测终端、

人脸识别一体机、服务器及管理平台，其中智能钥匙管理箱内置 RFID 读写器、电磁锁及人脸识别模块，部署于单位车辆管理中心，支持钥匙状态实时监测与授权取用；车载多传感器检测终端集成气敏酒精传感器（分布于方向盘、驾驶座周边）、汗液酒精传感器、红外距离传感器及高清摄像头，实现多维度数据采集。人脸识别一体机配备了高清摄像头与本地计算模块，支持离线身份验证，响应时间 ≤ 2 秒。软件层面集成了钥匙管理模块、酒精检测与融合算法模块、身份验证模块、车辆定位与数据通信模块以及驾驶信誉评估模块。

软件层面集成了钥匙管理模块、酒精检测与融合算法模块、身份验证模块、车辆定位与数据通信模块以及驾驶信誉评估模块。

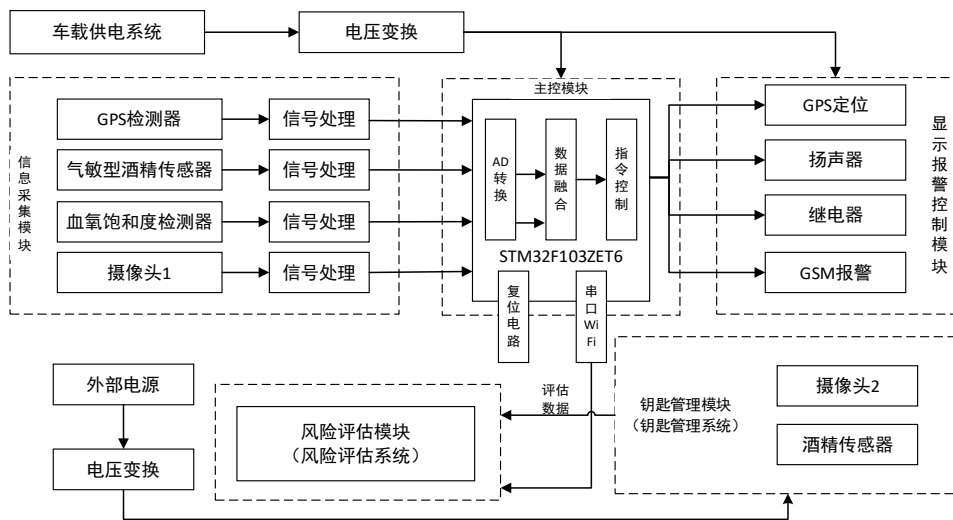


图 1 系统总体架构与工作流程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the overall system architecture and workflow

1.2 关键技术方法

本研究围绕公务用车酒驾风险防控及规范化管理的核心需求，通过整合多类技术手段，完善公务用车管控体系，通过以下四个关键技术方法，实现公务用车酒驾风险的精准防控与管理效能提升。

1.2.1 基于多传感器融合的车载酒精检测

车载酒精检测的准确性是酒驾风险管控的核心，而单一传感器检测易受车内乘客饮酒、开窗通风等环境干扰导致误判，难以满足公务用车场景的精准管控需求。针对这一痛点，系统采用多传感器信息融合策略。

在硬件层面，车载终端将部署多个气敏酒精传感器（分布于方向盘、驾驶座周边等位置）、汗液酒精传感器及红外距离传感器，从而实现数据的精准采集，为后续算法分析提供数据基础。

在算法层面，检测数据首先进行归一化预处理。核心检测算法采用一种改进的禁忌搜索（Tabu Search, TS）算法优化的 BP 神经网络模型（改进 TS-BP 模型）。针对传统 BP 神经网络易陷入局部最优、收敛慢的缺陷，本研究对 TS 算法进行改进：在搜索前期设置较大的邻域范围（如 50 个邻域解）以保证搜索多样性；在搜索后期缩小邻域范围（如 20 个邻域解）以加速收敛、提高寻优精度；同时，引入迭代周期规则，以本周期最优解与上一周期最优解的优劣作为迭代终止判据之一。利用改进的 TS 算法对 BP 神经网络的初始权值和阈值进行全局寻优，再将优化后的网络用于融合多传感器数据（酒精浓度、距离信息等）及车载摄像头通过已训练 Nin 网络识别的面部酒驾特征（如面部潮红、表情僵硬），综合输出高精度的酒精检测结果。实验表明，该改进 TS-BP 模型相较于传统 BP

模型, 平均绝对误差、均方误差和平均绝对百分比误差分别显著降低, 在复杂车内环境下表现出更强的鲁棒性和准确性。

综上, 本研究通过硬件部署与算法模型改进, 解决了单一传感器易误判、传统算法性能不足的问题, 实现复杂车内环境下酒精浓度高精度检测, 为公务用车酒驾风险事前预防、事中监控提供技术方法, 满足了公务用车场景精准管控需求。

1.2.2 基于人脸识别的双重身份验证

为有效解决传统公务车管理中钥匙冒领、中途换人驾驶等问题, 系统在公务车领钥匙与上车启动前, 设计了双重身份验证关卡。智能钥匙管理箱及车载终端均配备摄像头。系统采用 MTCNN 算法进行人脸检测与对齐, 再利用 Facenet 网络提取人脸特征向量 (Embedding), 与预存于服务器的授权驾驶员特征库进行比对。领钥匙时需通过管理箱验证, 上车后车载终端再次进行人脸识别, 确保“专人专车”, 防止钥匙冒领或中途换人驾驶。通过上述双重身份验证机制, 可严格确保驾驶人员身份的唯一性与合法性, 有效规避中途换人驾驶、非授权人员用车等风险, 为后续酒驾防控及公务车规范化管理筑牢基础。

1.2.3 基于 RFID 的智能钥匙管理

为解决传统公务车钥匙管理中人工登记效率低、易出错、状态无法追溯的问题, 本研究基于 RFID 技术, 设计智能钥匙管理方案, 实现车钥匙的精准管控与全流程追溯。

方案通过设计内置 RFID 读写器的智能钥匙管理箱, 以实时读取钥匙状态信息, 同时每把车钥匙内嵌 RFID 电子标签, 标签内存储对应车辆及钥匙的唯一标识, 为远程识别提供条件。驾驶员通过身份与酒精预检后, 服务器发送指令, 管理箱控制对应钥匙格的电磁锁开启。钥匙取用与归还状态通过 RFID 实时读取并上传至管理平台, 实现钥匙状态的精准监控与追溯, 解决传统人工登记效率低、易出错的问题。

1.2.4 驾驶信誉风险评估模型

为实现对驾驶员行为的长效约束与正向激励, 进一步完善公务用车酒驾风险闭环管控体系, 解决传统管理中缺乏量化评估、约束力度不足的问题, 本研究构建了驾驶信誉风险评估模型, 通过量化信誉分值规范驾驶员用车行为。

系统综合记录每次用车的多项数据: 酒精检测结果、身份验证匹配度、GPS 行驶轨迹 (是否偏离预设公务路径)、用车时长 (是否超时归还) 等。通过构建风险评估算法, 为每位驾驶员生成动态的信誉分值。信誉分值与用车权限挂钩, 对高分者给予便利, 对低分者 (如有违规记录) 进行限制或额外审批, 从而形成长效的行为约束与激励机制。

2 结果与分析

本研究研发的公务用车酒精检测与酒驾风险管控系统, 通过实际调试、运行验证及试点应用后, 在技术性能、经济收益及实际应用效果三大维度均达成预设目标, 各项表现符合预期, 具体结果与分析如下。

2.1 技术指标完成情况

经实际调试与运行验证, 系统各项实际性能指标均全面达到预设标准, 核心技术性能表现突出。

具体而言, 系统身份验证准确率稳定在 98.5% 以上, 酒精检测精度达 95.3%, 较传统单一传感器检测精度提升 12%-15%; 设备平均在线率 $\geq 99.2\%$, 解决了初期偶发掉线问题, 运行稳定性显著提升。

2.2 经济指标达成情况

项目实施过程中,经济指标均顺利达成,不仅实现了投资节约,还取得了阶段性经济效益,后续市场潜力可观。

具体而言,项目总投资 37.9703 万元,较合同预计投资节约 2.0297 万元;研发期内,系统应用于 2-3 家公务单位,实施期内实现销售收入 16.01 万元,利税 4.42 万元,年新增销售收入 8 万元、年新增利税 2.21 万元。在项目推广短周期内,已实现阶段性经济效益,且广东生产基地已启动量产,后续市场潜力可观。

2.3 应用效果验证

通过在试点单位的实际应用验证,系统在管理效率、安全防护、运行稳定性三方面均取得了良好效果,解决了传统公务车管理的诸多痛点。

在管理效率方面,自助借还车模式替代人工登记,单次借还时间缩短,降低人力成本;安全防护有效,累计检测用车人员 500 余人次,成功拦截 3 起酒后用车尝试,未发生车钥匙丢失或违规用车事件;系统稳定性良好,设备平均在线率 $\geq 99\%$,仅初期出现少数的设备掉线问题,经软件迭代后已完全解决。

3 讨论

本系统的核心创新在于突破了传统公务车管理“碎片化”局限,构建了“事前预防-事中监控-事后评估”的全链条管控体系,其技术与应用优势在现有研究基础上实现了显著提升。

技术层面,针对单一传感器检测易受环境干扰的行业痛点,本研究采用改进的 TS-BP 神经网络模型进行多传感器数据融合。毛棋良等^[8]提出了改进禁忌-BP 神经网络,为车载酒精检测指明了新的方向。本研究在此基础上进一步优化搜索策略,通过动态调整邻域范围与迭代终止判据,有效解决了传统 BP 模型易陷入局部最优、收敛慢的缺陷,使酒精检测精度提高,在复杂车内环境下的鲁棒性显著优于徐京莲等^[5]的早期多传感器检测系统。同时,系统整合季丹^[7]验证的 Facenet 网络与人脸识别技术,构建双重身份验证机制,结合 RFID 智能钥匙管理,实现了“人-钥-车”的精准匹配,填补了王宇栋^[2]指出的传统管理中“钥匙易冒领、使用无追溯”的空白,也弥补了管中华等^[6]系统缺乏酒精检测功能的短板。

与市面上同类产品及现有研究成果相比,本系统的独特优势体现在两方面:一是功能闭环化,区别于 Juan 等^[4]仅聚焦检测功能、陈焜强^[3]侧重钥匙管理的单一模块设计,本系统整合酒精检测、身份验证、钥匙管理、信誉评估四大核心功能,形成全流程管控;二是管理智能化,由动态信誉评估体系的“激励-约束”机制来对驾驶员进行引导,使其形成安全驾驶习惯,实现管理从“被动防控”向“主动规范”转变,这一设计思路是对现有公务车管理系统功能的重要拓展。

系统应用验证表明,其在桂林多地公务单位实现稳定运行,累计检测用车人员 500 余人次,成功拦截 3 起酒后用车尝试,管理效率与安全防护效果显著,充分证明了“硬件终端+软件平台+管理机制”解决方案的有效性。

同时,系统推广过程中也面临部分挑战,这些问题在现有研究中尚未得到充分解决:不同单位现有用车管理流程差异较大,如王宇栋^[2]设计的管理系统未考虑多单位适配性,导致本系统适配成本较高;设备初期售价偏高,中小企业采购意愿不足,这一问题在徐京莲等^[5]的多传感器系统推广中也同样存在;大规模并发使用场景下的服务器负载能力仍需验证,而 Juan 等^[4]的在线检测系统未涉及并发处理优化。

针对这些问题,后续将通过开发可配置化模块适配不同单位流程、优化生产工艺降低硬件成本、

升级服务器集群提升并发处理能力等方式逐步解决。未来还可结合叶子悦等^[1]综述的新型酒驾检测技术,进一步优化传感器融合算法,提升检测精度与环境适应性;同时拓展信誉评估模型的应用场景,实现与公共交通驾驶人员管理系统的对接,扩大系统的应用范围与社会价值。

4 结论

(1) 成功研发了集智能钥匙管理、高精度多传感器酒精检测、双重人脸身份验证及动态驾驶信誉评估于一体的公务用车风险管控系统,形成了“硬件终端+软件平台+管理机制”的完整技术解决方案,解决了传统公务用车管理效率低、酒驾防控不足、使用无追溯等核心痛点。

(2) 系统技术指标优于合同约定,身份验证准确率,酒精检测精度高,设备运行稳定可靠;应用验证表明,其可显著提升管理效率、降低酒驾风险,已在桂林多地单位实现稳定运行,经济与社会效益显著。系统通过实际应用示范,验证了其在预防酒驾、规范公务用车管理、提升管理效率方面的有效性,具有良好的社会效益和推广前景。

综上,本研究研发的公务用车人员新型酒精检测与风险管控系统,通过人脸识别、多传感器融合、RFID等技术的集成应用,有效解决了公务用车钥匙管理效率低、酒驾防控不足等痛点。该系统的推广应用将提升公务用车管理的智能化、安全化水平,为杜绝公车酒驾、规范用车行为提供有力保障,对推进安全文明驾驶建设具有重要意义。

参考文献

- [1] 叶子悦,王焯,陈银桃,等. 酒驾检测技术的研究与应用[J]. 汽车与安全, 2025, (10): 64-70.
- [2] 叶子悦,王焯,陈银桃,等. 酒精检测技术在车载领域的运用研究[J]. 汽车与安全, 2025, (7): 91-97.
- [3] 王宇栋. 公务用车管理系统的设计和实现[D]. 电子科技大学, 2013.
- [4] 陈焜强. 基于组合发明法的预防酒驾车辆钥匙管理系统[J]. 自动化应用, 2023, 64(2): 10-12.
- [5] 徐京莲,韩峻峰,潘盛辉,等. 基于多传感器融合的车载酒精检测系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2010, (7): 105-107.
- [6] 徐京莲. 汽车行驶记录仪多传感器融合酒精检测系统的研究[D]. 广西工学院, 2010.
- [7] Juan L, Yang L, Liang G, et al. An Intelligent Online Drunk Driving Detection System Based on Multi-Sensor Fusion Technology[J]. Sensors, 2022, 22(21): 8460-8460.
- [8] 管中华,戚颖. 基于人脸识别和RFID技术的智能车辆管理系统[J]. 科技资讯, 2021, 19(9): 34-38.
- [9] 季丹. 基于FaceNet的人脸识别算法研究[J]. 电子设计工程, 2026, 34(1): 145-149.
- [10] 郝成宇, 巩建国. 驾驶人酒精检测技术现状及发展探究[J]. 道路交通管理, 2024, (12): 38-41.
- [11] 毛棋良,赵红专,张鑫,等. 一种改进禁忌-BP神经网络的车载酒驾检测方法[J]. 桂林电子科技大学学报, 2025, 45(1): 62-68.
- [12] 王艳博. 基于多传感器信息融合的车载酒驾检测系统的研究[D]. 吉林大学, 2019.
- [13] 刘艳红. 基于多传感器信息融合的汽车酒驾测控系统研究[D]. 长春理工大学, 2016.
- [14] Fu L, Wang X J. A Vehicle On-Board Alcohol Detection System Based on Integrated Multi-Sensors[J]. Advanced Materials Research, 2012, 490: 91-94.
- [15] 尚梦帆,许建军,贾会,等. 酒精含量检测技术应用进展[J]. 中国新技术新产品, 2020, (24): 134-136.

基金项目: 自治区级大学生创新创业训练计划项目 (S202210595276)。

第1作者简介: 黄传金 (2003-), 男, 本科在读, 研究方向: 智能交通系统、交通安全。E-mail: m18577717568@163.com。

*** 通讯作者简介:** 赵红专 (1985-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 智能交通系统; 交通信息与控制。E-mail: zhaohongzhuan@guet.edu.cn。

葛广昊 (1978-), 男, 硕士, 助理研究院, 研究方向: 思想政治教育。E-mail: 124616515@qq.com。