

智能交通系统对道路安全提升策略

闫晓宇

内蒙古自治区交通运输综合行政执法总队十三支队

DOI:10.32629/btr.v8i10.5090

[摘要] 随着全球城市化进程的加速与机动车保有量的激增,道路交通安全已成为世界性公共健康难题。智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)作为融合信息技术、通信技术、传感技术、控制技术以及人工智能等多学科前沿成果的综合体系,为破解交通安全困局提供了全新范式。本文旨在系统性地探讨ITS对道路安全的提升策略。首先剖析了支撑ITS的关键技术,包括传感器网络、车联网(V2X)、大数据分析以及人工智能;进而,重点阐述了ITS在事故预防、实时监控预警、协同控制及应急响应等方面的具体应用策略,并辅以典型案例进行佐证;随后,文章客观审视了ITS在推广过程中所面临的挑战,如数据隐私、网络安全、伦理困境、法律法规滞后及标准化缺失等问题,并提出了相应的对策建议。研究表明,通过科学规划、技术创新与制度保障的协同推进,ITS能够有效构建一个更安全、高效、可持续的未来交通生态系统。

[关键词] 智能交通系统; 道路安全; V2X; 人工智能; 安全策略

中图分类号: U491.5 **文献标识码:** A

Strategies for Enhancing Road Safety through Intelligent Transportation Systems

Xiaoyu Yan

13th Brigade, Comprehensive Administrative Law Enforcement Corps of Transport, Inner Mongolia Autonomous Region

[Abstract] With the acceleration of global urbanization and the rapid increase in vehicle ownership, road traffic safety has become a worldwide public health challenge. Intelligent Transportation Systems (ITS), as an integrated framework combining information technology, communication technology, sensing technology, control technology, and artificial intelligence, provide a new paradigm for addressing traffic safety issues. This paper systematically explores strategies for improving road safety through ITS. It first analyzes key technologies supporting ITS, including sensor networks, Vehicle-to-Everything (V2X) communication, big data analytics, and artificial intelligence. It then focuses on specific application strategies of ITS in accident prevention, real-time monitoring and early warning, coordinated control, and emergency response, supported by typical case studies. Furthermore, the paper critically examines challenges in ITS deployment, such as data privacy, cybersecurity, ethical concerns, lagging laws and regulations, and lack of standardization, and proposes corresponding countermeasures. The study indicates that through coordinated efforts in scientific planning, technological innovation, and institutional support, ITS can effectively build a safer, more efficient, and sustainable future transportation ecosystem.

[Key words] Intelligent Transportation System; Road Safety; V2X; Artificial Intelligence; Safety Strategy.

引言

全球每年约130万人死于道路交通事故,数千万人受伤或致残,世界卫生组织已将其列为重大公共卫生挑战。我国机动车保有量截至2023年底达4.35亿辆,交通拥堵常态化,部分城市高峰车速不足25公里/小时,安全风险突出。传统交通管理依赖静态信号、固定标志和人工执法,属“被动响应”,难以动态应对复杂交通

流,且“人-车-路”信息割裂,系统效率低、安全冗余弱。在此背景下,智能交通系统(ITS)应运而生。ITS融合信息技术、通信、传感、控制与计算技术,对交通全要素进行实时感知、深度融合与智能决策,旨在提升安全、优化效率、减少污染。近年来,“新基建”与“城市大脑”等政策强力推动ITS发展,但如何将技术落地为有效安全策略、协调创新与伦理法律、构

建稳健普惠的智慧交通生态,仍是关键难题。本文将围绕此展开系统论述。

1 智能交通系统的关键技术支撑

1.1 多源异构传感器网络

传感器是ITS的“眼睛”和“耳朵”。部署在车辆上的毫米波雷达、激光雷达(LiDAR)、摄像头等,构成了车载感知单元,能够实时获取车辆自身状态及周边环境信息。部署在道路上的地磁线圈、视频监控、微波检测器、气象站等,则构成了路侧感知单元,负责采集宏观交通流数据(如流量、速度、占有率)和微观事件信息(如事故、违章、路面状况)。这些多源异构的数据为后续的分析决策提供了原始素材。然而,不同传感器各有其优劣,例如摄像头在恶劣天气下性能下降,而雷达则难以识别物体类别^[1]。因此,如何通过多传感器融合技术,将来自不同物理原理、不同空间位置、不同时间戳的数据进行时空对齐与语义融合,生成一份高置信度、高鲁棒性的统一环境感知结果,是确保ITS系统可靠运行的前提。这项工作不仅涉及复杂的算法设计,还需要强大的边缘计算能力作为支撑。

1.2 车联网(V2X)通信技术

如果说传感器是感官,那么V2X(Vehicle-to-Everything)就是ITS的“神经系统”。V2X技术允许车辆与一切可能影响它的实体进行实时、可靠的信息交互。通过V2V(车与车)通信,一辆正在紧急制动的车辆可以瞬间将其状态广播给后方数百米内的所有车辆,从而让它们提前减速,避免连环追尾。在视线受阻的交叉路口,V2I(车与基础设施)通信能让车辆提前“看到”横向来车,发出碰撞预警。对于弱势交通参与者,如行人和骑行者,V2P(车与行人)技术通过其智能手机就能将其纳入车辆的感知范围,极大地提升了在复杂城市场景下的安全冗余。而V2N(车与网络)则将车辆接入云端,使其能够获取全局最优的路径规划、实时更新的高精度地图以及区域性的交通态势预测。V2X的价值在于它打破了物理空间的限制,实现了信息的超视距共享,将原本孤立的交通参与者连接成一个有机的整体,从根本上改变了交通安全的逻辑——从依赖个体反应,转向依赖群体协同。

1.3 大数据与人工智能

海量的交通数据只有经过深度挖掘才能产生价值。大数据技术负责对来自传感器和V2X网络的PB级数据进行存储、清洗、融合与管理。在此基础上,人工智能(AI)算法扮演着“大脑”的角色。机器学习模型通过对历史交通流模式的学习,能够精准预测未来几分钟甚至几十分钟内的交通状况,为信号灯配时优化和诱导分流提供前瞻性依据。在视频监控领域,基于深度学习的目标检测与行为识别算法,可以在无人干预的情况下,自动发现交通事故、违章停车、异常徘徊等事件,将事件发现的时间从“小时级”缩短到“秒级”。在控制层面,强化学习等先进算法被用于训练智能体,在模拟环境中不断试错,最终学会如何在复杂的交叉路口网络中动态调整信号配时,以最小化整个区域的车辆总延误。而在高级别自动驾驶的核心模块中,AI更是承担着从原始传感器数据中理解环境、规划安全路径、做出驾驶决策的重

任。可以说,没有AI的赋能,ITS就无法从一个信息展示平台,进化为一个具备自主思考与行动能力的智能体。

2 基于ITS的道路安全提升策略与应用实践

2.1 事故预防与主动安全

这是ITS最核心的安全价值所在。传统安全措施,如安全带、气囊等,属于被动安全范畴,即在事故发生后减轻伤害。而ITS则致力于将防线前移,通过主动干预来预防事故的发生。想象这样一个场景:在一个雨雾弥漫的清晨,一辆货车因爆胎失控,横停在高速公路上。在传统模式下,后方车辆很可能因视线不清而直接撞上,酿成惨剧。但在一个成熟的ITS环境中,路侧单元会立即检测到这一异常事件,并通过V2I通信将精确的位置和危险类型广播出去。同时,附近所有车辆的车载终端都会收到一条醒目的预警信息,提示前方有静止障碍物,并自动触发紧急制动辅助^[2]。这种由系统主导的、超越人类生理极限的协同反应,能够在关键时刻挽救生命。类似的主动安全场景还包括前向碰撞预警、盲区预警、紧急电子刹车灯预警等,它们共同构成了一个无形的、全天候的安全防护网。

2.2 实时监控与智能预警

依托遍布路网的视频监控和传感器,ITS可以构建一张全天候、全覆盖的交通监控网络。这套网络不再是简单的录像回放工具,而是具备了“思考”能力的智能哨兵。以杭州“城市大脑”为例,其交通模块接入了全市数万个摄像头和各类传感器。系统后台的AI引擎能够7x24小时不间断地分析视频流,一旦识别出车辆碰撞、人员倒地、非机动车闯入快速路等异常行为,便会自动生成结构化的警情报告,并通过内部工单系统,将任务精准派发给距离最近的交警或路政人员。整个过程无需人工介入,从事件发生到指令下达,通常只需几十秒。这种秒级响应能力,不仅大大缩短了救援黄金时间,也为防止二次事故的发生赢得了宝贵窗口。更重要的是,这种智能监控将有限的人力资源从繁重的盯屏工作中解放出来,使其能够专注于更复杂的现场处置和执法工作,从而提升了整个交通管理系统的效能。

2.3 协同控制与效率优化

交通拥堵本身就是一种安全隐患,频繁的加减速和变道行为极易诱发事故。ITS通过协同控制策略,可以从源头上减少这类风险。在城市核心区,传统的固定周期信号灯往往无法适应潮汐式的交通流变化。而基于实时数据的智能信号控制系统,则能像一位经验丰富的交警一样,根据每个方向的实际车流量,动态地延长绿灯或缩短红灯^[3]。在北京亦庄等示范区,这种“绿波带”控制已经能够实现主干道上车辆连续通过多个路口而不遇红灯,极大地平滑了交通流。此外,ITS还能通过可变情报板(VMS)和与主流导航APP的合作,向即将驶入拥堵区域的驾驶员推送替代路线建议。这种“软性”的诱导分流,避免了大量车辆在同一时间涌向同一瓶颈路段,从而在宏观层面维持了路网的稳定性和安全性。效率与安全在此实现了高度统一。

2.4 应急响应与事后管理

一旦事故发生,ITS能迅速启动应急响应预案。系统可自动

触发事故点附近多个路口的信号灯变为全红,为救护车、消防车等救援力量开辟一条畅通无阻的“绿色通道”,确保其以最快速度抵达现场。与此同时,通过V2X网络,事故信息会被广播给周边一定范围内的所有车辆,提醒它们减速慢行或绕行,有效防止了因围观或避让不及而导致的二次碰撞。在事故处理的后期阶段,ITS所记录的完整数据链——包括事发前后的高清视频、涉事车辆的行驶轨迹、V2X通信日志等——为交警部门进行责任认定提供了客观、不可篡改的证据。这不仅提高了事故处理的公正性和效率,也在一定程度上遏制了虚假陈述和保险欺诈等行为,维护了交通法治的严肃性。

3 智能交通系统发展面临的挑战与对策

3.1 数据隐私与网络安全

ITS系统在运行过程中不可避免地会收集和海量处理个人出行数据,包括车辆位置、行驶轨迹、甚至车内乘员信息。这些数据一旦泄露或被滥用,将对公民的隐私权构成严重威胁。因此,必须在系统设计之初就贯彻“隐私优先”的原则,建立严格的数据分级分类管理制度。对于敏感数据,应采用端到端加密、差分隐私、联邦学习等前沿技术,在保证数据可用性的同时,最大限度地保护用户身份信息。与此同时,ITS作为一个高度互联的网络物理系统,其每一个节点都可能成为网络攻击的入口。黑客可能通过篡改信号灯指令制造混乱,或伪造V2X消息诱导车辆做出危险操作。对此,必须构建一个涵盖芯片硬件、操作系统、通信协议、应用软件和云端服务的纵深防御体系,并定期进行渗透测试和安全审计,确保系统在面对恶意攻击时仍能保持功能安全。

3.2 伦理与法律困境

当自动驾驶汽车面临不可避免的事故时,其决策算法应该如何选择?是优先保护车内乘客,还是优先保护车外的行人?这个被称为“电车难题”的伦理困境,在ITS时代被赋予了现实意义。更棘手的是,一旦发生事故,责任应由谁来承担?是车主、汽车制造商、软件开发者,还是负责维护路侧设施的政府部门?现有的法律框架显然无法清晰界定这种多方参与、高度自动化的新型交通场景中的权责关系^[4]。这要求立法机构必须加快步伐,针对不同级别的自动化系统,制定明确的责任认定规则,并推动建立与之相适应的新型保险产品和赔偿机制,为技术创新

提供一个稳定、可预期的法律环境。

3.3 标准化与互操作性

当前,ITS产业生态中存在着众多厂商和解决方案,它们往往采用各自私有的技术标准和通信协议。这导致了一个尴尬的局面:A厂商的路侧设备无法与B厂商的车辆顺畅通信,C城市的系统无法与D城市的系统共享数据。这种“信息孤岛”和重复建设,不仅浪费了宝贵的公共资源,也严重阻碍了ITS规模化效益的发挥。要破解这一困局,必须由国家层面牵头,联合产学研各方力量,加快推进在V2X通信频段、消息集格式、数据接口规范、安全认证体系等关键领域的标准统一工作。只有建立起一套开放、通用、互操作的标准体系,才能真正释放ITS的网络效应,实现“1+1>2”的协同价值。

4 结语

智能交通系统作为应对现代城市交通挑战的战略性选择,其在提升道路安全方面的潜力是巨大且已被初步证实的。通过构建一个集感知、通信、计算、控制于一体的智能化交通生态,ITS能够从事前预防、事中干预到事后处置的全链条上,系统性地降低交通事故的发生率与严重程度。然而,技术的成功不等于应用的成功。ITS的健康发展,不仅需要持续的技术创新,更需要在法律法规、伦理规范、标准体系、商业模式和社会接受度等多个维度上协同发力。唯有如此,才能真正释放ITS的全部潜能,为我们构建一个零伤亡、零拥堵、零排放的美好出行未来。这是一项复杂的系统工程,需要政府、企业、学界和公众的共同努力与长期投入。

[参考文献]

- [1]张健.智能交通系统在提升公共交通安全与服务质量中的整合应用[J].人民公交,2025,(05):69-71.
- [2]蒋艳冰.智能交通系统与道路交通安全探讨[J].科技创新导报,2020,17(18):59+61.
- [3]马杰.基于安全设施的智能交通系统设计与应用研究[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(三).陕西高速诚信交通工程有限公司,2025:656-659.
- [4]吴长明,崔永恒.高速公路交通安全智能预警及诱导系统设计与应用[J].西部交通科技,2024,(05):183-185+189.