

Research on Environmental Perception and Decision Control of Intelligent Connected Vehicles Based on Artificial Intelligence

Na Zhao

Great Wall Motor Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract

The rapid development of intelligent connected vehicles has driven continuous breakthroughs in environmental perception and decision control technologies. Through multi-source sensor information fusion and real-time processing mechanisms, vehicles can accurately identify and track both static and dynamic targets in complex road scenarios. The research on environmental modeling and state prediction has further enhanced the semantic understanding and risk factor identification level of traffic scenarios, providing reliable support for decision-making control. At the decision-making level, multi-objective optimization and vehicle-road coordination technology work together to enable vehicles to demonstrate higher safety and flexibility in path planning and dynamic control. Meanwhile, the introduction of system robustness and fault-tolerant control effectively enhances the stability and reliability under extreme working conditions, ensuring the safety of the vehicle during operation. With the accelerated application of edge computing, cross-domain collaboration and intelligent transportation ecosystems, the environmental perception and decision-making control of intelligent connected vehicles are developing in a highly efficient, stable and sustainable direction, demonstrating broad application prospects and research value.

Keywords

Intelligent connected vehicles; Environmental perception; Decision control; Multi-source information fusion; Vehicle-Infrastructure Cooperation

基于人工智能的智能网联汽车环境感知与决策控制研究

赵娜

长城汽车股份有限公司, 中国·河北保定 071000

摘要

智能网联汽车的快速发展推动了环境感知与决策控制技术的不断突破。通过多源传感器信息融合与实时处理机制, 车辆能够在复杂道路场景中实现对静态与动态目标的精准识别与追踪。环境建模与状态预测的研究进一步提升了交通场景语义理解与风险因子识别水平, 为决策控制提供可靠支撑。在决策层面, 多目标优化与车路协同技术共同作用, 使车辆在路径规划与动态控制中展现出更高的安全性与灵活性。与此同时, 系统鲁棒性与容错控制的引入有效增强了极端工况下的稳定性与可靠性, 保证了车辆运行过程中的安全性。随着边缘计算、跨域协同与智能交通生态系统的加速应用, 智能网联汽车的环境感知与决策控制正向高效、稳定与可持续发展的方向发展, 展现出广阔的应用前景与研究价值。

关键词

智能网联汽车; 环境感知; 决策控制; 多源信息融合; 车路协同

1 引言

智能网联汽车作为交通运输领域的重要发展方向, 正在推动传统汽车向智能化和网联化深度融合转型。随着城市道路交通环境日趋复杂, 车辆需要具备更加完善的环境感知与决策控制能力, 以应对高密度交通流、动态障碍物以及不确定环境带来的挑战。环境感知技术依托多源传感器和信息融合算法, 能够实现对外部环境的实时感知与精确识别, 构

建动态交通场景模型, 为车辆提供必要的的数据支撑。决策控制机制则结合预测模型与优化算法, 推动车辆在路径规划、速度控制与交互式决策中具备更强的自主性和安全性。在此过程中, 鲁棒性与容错性成为保障系统稳定运行的重要环节。未来, 随着边缘计算和车路协同等新兴技术的应用, 智能网联汽车的环境感知与决策控制体系将不断优化, 为交通系统的智能化发展提供坚实基础。

2 智能网联汽车环境感知体系构建

2.1 多源传感器信息融合的架构与方法

智能网联汽车环境感知的核心在于多源传感器的高效

【作者简介】赵娜(1981), 女, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事汽车企业数智化建设研究。

融合,摄像头、激光雷达、毫米波雷达与超声波传感器在信息维度、探测距离和精度上各具优势。融合架构通过时空对齐与特征提取实现多源数据的统一表达,使环境要素被全面覆盖。数据层融合侧重于信号级别的处理,特征层融合则在多模态特征映射中提升目标识别的准确性,决策层融合则通过加权机制实现感知结果的全局优化。融合方法不仅提升了感知的冗余性与可靠性,还增强了系统对遮挡场景和复杂天气条件的适应性,为车辆后续的建模与决策奠定坚实基础。

2.2 车载感知算法的实时处理与精度提升路径

车载感知算法的设计强调实时性与精度的平衡。卷积神经网络和深度特征提取方法提升了对图像与点云数据的识别能力,通过端到端优化实现了信息处理链路的缩短。在实时处理环节,采用轻量化模型和并行计算框架使延迟保持在毫秒级范围内,保证了车辆在高速场景下的反应速度。算法精度的提升依赖于多尺度特征融合与上下文语义分析,使车辆能够区分复杂场景中的细微差异。感知算法通过在线更新与自适应学习进一步改善鲁棒性,在雨雪、雾霾等恶劣天气下仍能维持稳定性能,满足安全驾驶的技术需求。

2.3 复杂交通环境下目标识别与动态追踪机制

复杂交通环境中存在车辆、行人、自行车等多类别目标,识别与追踪的准确性直接关系到车辆的行驶安全。目标识别依托深度学习模型在外观特征与运动轨迹上的综合分析,结合多传感器数据的互补性,实现对遮挡与重叠目标的分离。动态追踪机制通过卡尔曼滤波与贝叶斯预测对目标运动状态进行连续估计,结合时序特征使轨迹预测更加平滑与可靠。多目标数据关联策略保证了追踪过程中的稳定性,避免了ID切换与信息丢失。通过动态场景建模,系统能够对突发行为做出提前反应,为车辆决策提供有效支撑。

3 智能网联汽车环境建模与状态预测

3.1 道路场景语义分割与三维重建技术研究

道路场景建模依赖于语义分割与三维重建技术的协同应用,图像分割模型能够对道路、车道线、交通标志和障碍物进行精细化区分,提升环境语义表达的完整性。三维重建基于点云数据与立体视觉技术,生成道路与周边环境的空间模型,使车辆具备空间感知能力。融合语义分割与三维重建的结果可以在虚拟环境中实现场景再现,为路径规划与行为预测提供精确的输入。多帧数据的动态叠加进一步增强了场景的连续性与稳定性,使建模结果能够反映实时道路条件。该研究方向显著提升了智能网联汽车在复杂交通环境中的适应性与安全性。

3.2 交通流动态特征建模与风险因子识别

交通流动态特征建模为智能网联汽车提供了宏观层面的决策依据。基于时空数据的建模方法能够刻画车辆流量、车速分布与密度变化规律,从而反映出道路运行的整体状态。风险因子识别通过大规模交通数据的统计分析,提取出

事故高发的关键变量,如车距不足、突发减速与交通瓶颈效应。动态特征与风险因子的结合使预测模型能够对潜在危险进行提前预判,为车辆的行驶策略提供参考。该方法不仅服务于单车的安全运行,还能在车路协同场景中发挥作用,提升整体交通系统的运行效率与安全水平。

3.3 驾驶环境不确定性建模与状态预测方法

驾驶环境的不确定性来源于动态交通参与者的行为差异与外部条件的突变,建模方法需要在概率框架下进行表征。基于贝叶斯网络与马尔可夫模型的状态预测能够量化不确定性,形成概率分布而非单一结果,为决策提供多种可能性参考。外部环境如天气与光照变化同样通过动态更新机制被纳入预测框架,使模型具备自适应能力。该方法增强了车辆在高风险场景下的鲁棒性,使其能够在多种可能情况下保持安全决策。状态预测不仅提高了个体车辆的安全性,也为智能交通系统的整体调度提供了支持。

4 智能网联汽车决策控制机制设计

4.1 基于强化学习的路径规划与行为决策模型

路径规划与行为决策在智能网联汽车中需要兼顾安全性、效率与舒适性,强化学习为实现动态优化提供了有效途径。通过与环境的交互,强化学习模型不断调整策略以获得长期最优回报。该方法能够在交通信号变化、前方障碍出现等复杂场景下生成实时最优路径与行为选择。价值函数与策略函数的优化保证了车辆在安全约束下仍能保持高效通行。结合模拟环境与真实道路数据训练,模型的泛化能力得到提升,使其能够适应多样化的交通场景与驾驶需求。

4.2 车路协同条件下的交互式决策机制构建

车路协同为智能网联汽车提供了更广阔的信息共享平台,使决策不再局限于车载系统。交互式决策机制通过车与车、车与路的实时通信,获取交通流量、道路状况和信号灯周期等外部信息,提升决策的前瞻性与准确性。该机制能够在交叉口、拥堵路段和紧急避险情境中提供协同决策方案,避免单车孤立感知带来的局限。通过分布式控制与信息优先级排序,系统实现了多车之间的协调合作,为构建高效安全的智能交通生态奠定基础。

4.3 多目标优化驱动的车辆控制策略研究

车辆控制策略需要在能耗、舒适性与安全性之间实现动态平衡,多目标优化为这一问题提供了系统性解决思路。控制算法通过设定权重函数,在能效最大化与风险最小化之间寻求最优解。基于非线性优化与约束条件的建模,使策略能够兼顾不同驾驶需求与道路工况。在纵向控制中,优化模型调节加速度与制动强度,保证能耗与舒适性的统一;在横向控制中,通过转向角与侧偏力的优化,实现车辆稳定性与操控性的提升。该研究方向推动了车辆控制的全面发展,为智能驾驶的实用化提供了坚实基础。

5 智能网联汽车安全性与鲁棒性保障

5.1 极端环境与突发工况下的感知决策稳定性分析

智能网联汽车在极端环境与突发工况下运行时，感知与决策系统面临显著挑战。雨雪、大雾、强光等气象条件会造成传感器信号干扰，信息采集精度下降，进而影响环境建模的可靠性。突发工况中，交通事故、突然出现的障碍物和异常驾驶行为都可能打破原有的决策逻辑，导致反应延迟。稳定性分析需从传感器抗干扰能力、信息融合冗余机制和决策算法鲁棒性三个方面展开，保障系统在复杂环境下保持连续感知与快速响应。通过构建多场景测试平台与仿真验证体系，可量化系统在不同工况下的稳定性指标，为优化感知决策架构提供科学依据。

5.2 系统冗余设计与容错控制策略研究

系统冗余设计是提升智能网联汽车可靠性的重要途径，传感器、通信链路与控制单元的多重配置为关键环节的容错提供了基础。冗余设计不仅包括硬件层面的备份，还涉及软件算法的多模型融合与多路径决策，使系统在局部失效时依然具备稳定运行能力。容错控制策略通过实时监测系统健康状况，快速识别故障源并切换到安全模式，保障车辆运行不受重大影响。该策略需要在性能与成本之间取得平衡，以合理的配置实现最大化安全收益。研究方向强调动态自适应机制，使控制系统能够在复杂道路条件下保持长期稳定。

5.3 安全约束下的决策可解释性与合规性要求

智能网联汽车在感知与决策过程中需要满足交通法规与伦理约束，确保控制结果具备可解释性。决策可解释性不仅有助于提升用户信任度，还能为事故追溯和责任划分提供依据。算法输出过程需具备透明性，使每一步决策逻辑能够被还原与验证，避免黑箱式运算带来的不确定性。合规性要求涵盖交通安全标准、数据隐私保护与跨区域运行规则，保障车辆在不同法律框架下均能合法运行。通过引入符号逻辑验证与合规性检测模块，可在保证安全的同时提升系统的社会可接受度，为智能驾驶的推广应用奠定基础。

6 智能网联汽车发展趋势与技术优化路径

6.1 环境感知与决策控制的边缘计算应用前景

边缘计算在智能网联汽车中的应用能够显著降低信息传输延迟，实现更高效的环境感知与决策控制。车载终端通过就近计算节点处理传感器数据，减少对远程云端依赖，使实时性得到保障。在动态交通场景中，毫秒级的反应速度对驾驶安全具有重要意义，边缘计算为高并发数据处理提供了可行路径。同时，该技术还可以减轻核心网络压力，提升系统整体能效。随着5G与新型车路协同平台的发展，边缘计

算的应用范围将持续扩大，为未来智能驾驶提供坚实的技术支撑。

6.2 跨域协同驱动的智能交通生态系统建设

跨域协同推动智能网联汽车从单车智能走向群体智能，通过车、路、云、管的深度互联实现整体交通系统的优化。协同机制涵盖车与车之间的动态信息共享，车与路之间的实时状态感知，以及交通管理平台的数据调度。多源数据融合提升了交通流预测的准确性，为宏观层面的交通调控提供支撑。在此基础上，车辆能够根据全局信息动态调整运行策略，减少拥堵与能耗。跨域协同构建的不仅是高效交通网络，更是绿色、安全与智能化并重的综合生态系统，为智慧城市发展注入新的动力。

6.3 未来智能驾驶技术的迭代升级与应用展望

智能驾驶技术的发展呈现出持续迭代与快速升级的趋势，新一代感知设备、决策算法和车路协同平台将不断完善系统性能。感知层面，超高精度传感器与新型融合算法将增强环境理解能力。决策层面，多模态深度学习与强化学习的结合将推动车辆行为更加灵活与安全。控制层面，能效优化与舒适性提升将与安全性要求并行推进。应用展望包括自动驾驶出租车、智慧物流与无人环卫等领域，推动智能驾驶从实验验证走向大规模商业化落地，逐步构建出覆盖全场景的智能交通格局。

7 结语

智能网联汽车的环境感知与决策控制技术正处于快速发展阶段，其核心在于多源传感器融合、环境建模、状态预测与多目标决策控制的协同优化。通过构建高精度感知体系与高效的决策机制，车辆能够在复杂交通环境下实现安全、稳定与高效运行。安全性与鲁棒性的研究进一步保障了系统在极端环境与突发工况中的可靠性，增强了技术的实用性与可推广性。随着边缘计算、跨域协同和智能交通生态系统的建设不断推进，智能网联汽车将逐步迈向大规模应用阶段，成为推动智慧交通与智能社会发展的重要支撑力量。

参考文献

- [1] 潘利丹.人工智能技术在智能网联新能源汽车中的应用探索[J].汽车维护与修理,2025,(16):100-103.
- [2] 黄龙,章炜,乐鹏,刘晓雪,王勇,刘永轩,赵帅,吴佳桐.智能网联汽车高精地图安全监管分析与技术研究[J].武汉大学学报(信息科学版),
- [3] 李清悦,冯康男,李瑞芳.基于人工智能的智能网联汽车决策控制策略分析[J].汽车维护与修理,2025,(15):96-98.
- [4] 续宇洁,周光涛,温桂,程军峰.智能网联汽车的技术现状及发展趋势研究[J].邮电设计技术,2025,(07):29-34.