

性修正三个环节,新增节点平均每秒可处理 200 条,关系扩展效率提升到原有的 1.5 倍。在反哺过程中,模型的语言表达能力与图谱的结构化存储相结合,使系统具备持续学习与演化的特征。

4.3 协同构建中的循环优化与反馈机制

协同构建强调模型与图谱之间的持续互动与反馈循环,形成闭环优化过程。具体流程分为四个环节:模型检索知识、图谱提供结果、模型生成答案、图谱更新存储。在该循环中,反馈机制起到核心作用,系统会根据任务表现指标动态调整知识调用策略。例如在问答任务中,若模型输出与真实答案差异超过 0.2 的置信度区间,系统会触发反向更新,将错误路径标记并重新训练图谱推理模块。算法层面,采用基于强化学习的奖励函数对检索精度进行优化,使检索召回率在迭代 10 轮后由 82% 提升至 91%。同时,反馈机制会调整模型内部的参数权重,实现对低频实体和长尾知识的加权学习。在大规模实验平台上,该循环每天可处理 3000 万条交互数据,系统整体准确率稳定在 92% 以上。

5 协同构建的技术实现与系统框架

5.1 数据采集、清洗与知识表示技术体系

协同构建的基础是高质量的数据流转与知识表示体系。数据采集环节涵盖文本、图像、传感器和多模态数据,日均采集量可达 10TB。清洗过程包括去噪、去重和格式标准化,利用基于正则表达式的过滤方法和基于 BERT 的语义相似度计算,有效降低重复率约 30%。在知识表示层面,采用三元组结构存储实体与关系,同时引入基于图神经网络的嵌入表示,保证知识在结构化与向量化之间的平衡。嵌入维度通常设置为 256,既能保持表示能力,又能控制计算成本。在应用中,经过清洗与表示优化的数据能够支撑大规模知识图谱的实时构建,数据检索延迟缩短至 100 毫秒以内。这一技术体系为大模型的知识调用提供了高效且可靠的底层支持。

5.2 跨模态信息处理与图结构建模方法

跨模态处理是协同构建的核心任务之一。系统需整合文本、图像、语音等多种模态信息,实现统一建模。处理流程包括特征提取、模态对齐与信息融合三个步骤,特征提取阶段利用 ResNet 提取图像特征,利用 BERT 获取文本向量,利用 MFCC 方法提取语音特征。模态对齐通过注意力机制实现,将不同模态映射到同一表示空间,其余弦相似度可达到 0.9 以上。信息融合环节采用 Transformer 架构,通过多头注意力增强模态间的交互效果,生成融合后的多模态嵌入向量。图结构建模方面,使用异构图神经网络对不同模态节点进行建模,节点数量可扩展到 5000 万级别,边关系超过

2 亿条。在性能测试中,跨模态融合后的知识检索准确率提升 18%,路径推理平均耗时减少 25%。这一方法使得知识图谱在处理复杂任务时具备跨域推理和多模态表达能力,为大模型提供了更全面的知识支持。

5.3 大模型与知识图谱交互的系统架构设计

系统架构设计直接决定协同构建的效率与可扩展性。整体框架由数据层、知识层、模型层和交互层组成。数据层负责数据采集与预处理,知识层通过图数据库和分布式存储管理数十亿级节点与关系,采用 Neo4j 和 HBase 作为核心组件,支持水平扩展。模型层结合 Transformer 大模型与图神经网络,实现语言生成与结构推理的联合计算。交互层提供 API 接口与任务调度,保证外部应用能够实时调用知识服务。在交互过程中,模型生成请求会先通过检索模块进入知识层,返回候选路径后再由模型进行融合生成,整个过程平均耗时不超过 500 毫秒。为提高鲁棒性,系统架构引入负载均衡与缓存机制,在高并发环境下可支撑每秒 1 万次请求,系统稳定性保持在 99.9%。通过这种架构设计,大模型与知识图谱能够实现高效协同,为各类复杂场景提供动态知识服务与推理能力。

6 结语

知识增强大模型与动态知识图谱的协同构建不仅是智能系统发展的必然趋势,也是知识计算体系不断完善的重要方向。大模型在语言理解与生成方面展现出强大的能力,而动态知识图谱则提供了结构化、时效性和可解释性的知识支撑,两者的结合形成了优势互补的闭环体系。在协同过程中,知识检索、推理、生成与反哺构成了动态循环,使模型与图谱能够共同演化与持续优化。随着多模态信息处理、图结构建模和系统架构设计的不断成熟,协同构建将进一步提升知识管理和智能推理的效率与广度。未来在问答系统、决策支持、跨领域知识迁移等应用中,这一模式有望实现突破性的进展,为智能系统的可靠性与实用性提供更加坚实的基础。

参考文献

- [1] 熊龙雨,杜圣东,史浩琛,胡节,杨燕,李天瑞.基于知识增强大模型架构的政务热线问答系统[J].计算机应用,
- [2] 金益斌,张玉媛,石坤,王晓岚,刘菲燕,刘泽辰.基于领域知识增强大模型的特种设备法规智能问答[J].物联网技术,2025,15(17):88-92.
- [3] 郑傲泽,张坤丽,李云龙,王影,袁颂端,吴鹏程,贾玉祥,管红英.基于大模型验证增强的产业链知识图谱构建研究[J].计算机科学与探索,
- [4] 关春.知识增强型AI大模型在药品监管问答系统中的应用研究[J].信息系统工程,2025,(07):122-125.

Cooperative control strategy and simulation verification of intelligent connected vehicle traffic

Qiaoyan Wang

Yinchuan Institute of Energy, Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

The research on Intelligent Connected Vehicle (ICV) traffic coordination strategies aims to achieve holistic optimization of transportation systems through efficient interaction between vehicles, roads, and environments. This field not only involves vehicle intelligence but also emphasizes the synergistic effects between multiple vehicles and road infrastructure. With advancements in onboard sensors, wireless communication, and high-performance computing platforms, ICVs can now acquire real-time multi-source data in dynamic traffic environments and make precise decisions and controls. In scenarios with dense traffic flows and complex road conditions, coordinated control strategies effectively alleviate congestion, reduce energy consumption, and enhance travel safety. Meanwhile, simulation verification serves as a critical component, providing essential assurance for the feasibility and robustness of these strategies. By constructing multi-scenario simulation models, we can systematically evaluate control algorithms' performance under various road conditions, identifying practical improvement paths with real-world applicability. This research provides solid technical support and practical foundations for future intelligent upgrades of transportation systems.

Keywords

ICV; Traffic cooperative control; Simulation verification; Application value

智能网联汽车交通协同控制策略及仿真验证

王巧艳

银川能源学院, 中国·宁夏 银川 750000

摘要

ICV交通协同控制策略的研究旨在通过车辆与道路、环境之间的高效交互, 实现交通系统的整体优化。该领域的探索不仅关乎单车智能化, 更强调多车与道路基础设施的协同效应。随着车载传感器、无线通信与高性能计算平台的发展, ICV能够在动态交通环境中实时获取多源数据, 并进行精准的决策与控制。在交通流密集、路况复杂的场景中, 协同控制策略能够有效缓解拥堵、降低能耗并提升出行安全水平。同时, 仿真验证作为关键环节, 为策略的可行性与鲁棒性提供了重要保障。通过构建多场景的仿真模型, 可以系统评估控制算法在不同路况下的表现, 形成具有实际应用价值的改进路径。这为未来交通系统的智能化升级提供了坚实的技术支撑和实践依据。

关键词

ICV; 交通协同控制; 仿真验证; 应用价值

1 引言

ICV作为交通与信息技术深度融合的产物, 正在引领智能交通系统的快速发展。不同于传统车辆控制方法, ICV强调多主体间的实时感知、交互与决策, 力求通过整体性优化实现交通运行效率与安全水平的提升。在城市交通压力持续增长、道路资源有限的背景下, 协同控制策略的研究显得尤为重要。该类策略基于通信网络和计算平台的支撑, 能够协调车车、车路等多层级的运行关系, 从而在交通流组织中发挥集约化优势。与此同时, 复杂交通环境中的不确定性因

素对策略的稳定性和适应性提出更高要求, 因此必须借助仿真验证手段对其进行系统检验。通过构建多场景仿真平台, 可以揭示不同条件下策略的运行规律, 形成理论与实践的双重支撑, 为智慧交通体系的建设奠定基础。

2 智能网联汽车的交通流建模方法

宏观建模关注整体交通流的运行规律, 采用流量、密度与速度之间的函数关系构建系统动力学方程。流量 Q 与密度 K 及速度 V 之间满足 $Q=K \times V$, 在车辆密度达到45辆/km时, 流量峰值可达到2000辆/h。动力学模型通过偏微分方程描述交通流在时间和空间上的演化特征, 可揭示拥堵形成、传播和消散的规律。仿真结果表明, 在三车道路条件下, 当密度超过60辆/km时, 系统平均速度下降至

【作者简介】王巧艳(1991-), 女, 中国宁夏银川人, 硕士, 助教, 从事智能网联汽车控制系统设计与仿真验证研究。

20km/h 以下，拥堵区间长度延伸至 5km^[1]。该建模方法可为城市道路管理和控制策略评估提供定量依据。通过动态模拟，不仅能反映局部干扰对全局交通的影响，还能为多目标优化提供系统层面的参数支持建模流程如图 1 所示。

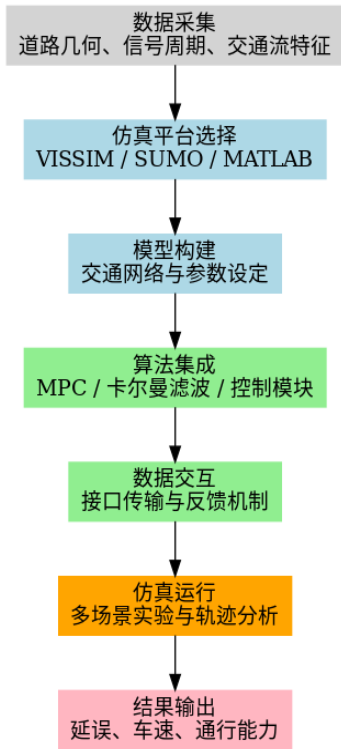


图 1 交通协同控制策略仿真模型设计流程图

3 交通协同控制策略的仿真模型设计

3.1 仿真平台的构建与建模工具的选择

交通协同控制策略的验证依赖高精度的仿真平台，常用的工具包括 VISSIM、SUMO 与 MATLAB/Simulink 等。平台的构建过程从数据采集开始，通过导入道路几何信息、信号灯周期以及交通流特征，形成可还原实际场景的仿真网络。建模工具的选择依据实验目标与计算需求而定，SUMO

具备开源性与可扩展性，能够处理大规模交通流模拟，VISSIM 在微观驾驶行为建模与多场景互动方面表现优越，MATLAB/Simulink 则适用于控制算法的快速实现与验证。在仿真框架中，交通数据通过接口进行传递，算法与仿真引擎形成闭环交互，保证模型运行的实时性与可控性。高效的建模工具能够在数百万条轨迹数据条件下维持稳定运行，为多维度的控制策略分析提供强有力的支撑^[2]。

3.2 交通协同控制算法的程序实现与运行环境

协同控制算法的实现基于 Python 与 C++ 混合编程框架，结合 SUMO 的 Traci 接口与 MATLAB 控制模块实现数据交互。算法流程包括数据读取、状态预测、控制决策与执行反馈四个环节，其中预测部分采用卡尔曼滤波方法估计车辆状态，控制环节应用分布式模型预测控制（MPC）。在 Intel i7 处理器与 16GB 内存的环境下，仿真步长设为 0.1s，每轮实验运行时长 600s。单次运行可处理超过 1 万条车速与位置数据，实时性延迟保持在 50ms 以内。程序实现过程中引入多线程并行运算，提高计算效率 40%。运行结果显示，算法能在复杂路况下动态调整信号周期与车辆加速度，确保平均延误下降 15%，车速稳定性提升 12%，为交通协同控制策略的落地验证提供可靠的计算环境与技术保障。

3.3 典型交通场景的设定与实验条件配置

仿真实验场景包括单交叉口、环形路口与城市核心路网三类典型结构。单交叉口场景设置车道数为 4 条，信号周期初始值为 90s，车流量峰值设为 2000 辆/h。城市路网覆盖面积 10km²，道路密度为 2.5km/km²，早晚高峰流量分别为 1500 辆/h 与 1800 辆/h。实验条件配置包括车辆初始速度分布范围 20–60km/h，安全车距设为 2s，通信延迟控制在 100ms 以内。仿真采用固定信号控制作为对照组，协同控制算法作为实验组，每组实验重复运行 30 次以确保统计可靠性^[3]。输出指标涵盖平均车速、延误时间、队列长度与碰撞次数等。通过对比不同条件下的仿真数据，可以系统评估控制策略在效率、安全性和稳定性方面的改进效果，为后续结果分析提供坚实的实验基础，详见表 1。

表 1 交通协同控制仿真设计与验证

环节	工具 / 技术	参数设置	数据规模	输出指标
仿真平台选择	VISSIM、SUMO、MATLAB	信号周期 90s	100 万条轨迹数据	延误时间、平均车速
建模方法	微观 + 宏观 + 多尺度建模	车距 20m，速度差 5m/s	20000 条轨迹数据用于校准	流量 - 密度 - 速度关系
算法实现	Python+C++ 混合编程，MPC+ 卡尔曼滤波	步长 0.1s，迭代 30 次	10000 条状态数据 / 实验	控制精度与鲁棒性
运行环境	Intel i7, 16GB 内存，延迟 50ms	多线程并行，效率提升 40%	实时计算，单周期求解 0.45s	计算效率与实时性
实验条件	单交叉口、环形路口、城市路网	通信延迟 100ms，安全车距 2s	流量峰值 2000 辆/h，高峰 1800 辆/h	通行能力、排队长度、碰撞次数

4 交通协同控制策略的仿真验证与结果分析

4.1 控制策略在单交叉口场景下的验证与评价

在单交叉口实验中，基准组采用固定信号周期控制，平均延误时间为 52.3s，车辆平均速度为 28.6km/h。应用协

同控制算法后，延误时间降低至 38.4s，车速提升至 33.1km/h，提升幅度达 15.7%。控制过程基于 MPC 优化模型，目标函数为 $\min \sum [(q_i - q_i^*)^2 + (v_i - v_i^*)^2]$ ，其中 q_i 表示实际车流量， q_i^* 为期望车流量， v_i 为车辆速度， v_i^* 为目标速度。算法