

智能交通系统下区域交通流优化配置模型

赵根华

南京工业大学浦江学院 江苏南京 211300

摘要: 随着城市化进程的不断加快,交通拥堵、资源浪费与环境污染等问题日益突出,传统的交通管理方式已难以满足现代城市高效运行的需求。本文在分析智能交通系统核心特征的基础上,探讨了区域交通流优化配置的理论框架与建模方法,构建了基于多源交通信息融合的优化模型,并通过算法分析与应用实例,验证了该模型在缓解交通压力、提升道路通行效率及资源利用率方面的有效性。

关键词: 智能交通系统; 区域交通流; 优化配置; 动态分配; 智能调度

引言

区域交通流优化是现代交通工程研究中的核心问题之一,其目标在于通过科学的调控手段实现交通资源的合理分配与道路网络的高效运行。本文围绕智能交通系统环境下的区域交通流优化配置问题展开研究,旨在通过模型构建与算法设计实现交通流的科学调度与动态均衡,从而提升整体运行效率与出行体验,为未来城市交通的智慧化治理提供理论支撑与实践依据。

一、智能交通系统的结构与区域交通流优化的理论基础

(一) 智能交通系统的核心功能与构成

智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)是现代城市交通管理与优化的重要基础,是信息技术、自动控制、人工智能与交通工程深度融合的综合系统。其核心功能在于实现交通运行的“感知—分析—决策—执行”闭环管理,从而构建一个高效、安全、绿色的交通运行体系。ITS的体系结构通常包括五大核心模块:交通信息采集模块、数据通信模块、信息处理模块、决策支持模块与执行控制模块。交通信息采集模块通过传感器、视频识别、地磁线圈、GPS及车联网终端等手段,实时获取道路车流量、车速、车距、气象条件及突发事件信息,形成多源动态数据库。数据通信模块利用无线通信、5G网络与云计算平台,实现不同子系统间的信息传输与资源共享。信息处理与决策支持模块是系统

的“中枢大脑”,通过大数据分析、人工智能算法与交通预测模型,对采集信息进行综合分析,生成优化的信号配时、路径引导和流量分配方案。执行控制模块则通过信号灯控制系统、交通诱导屏、车载终端等执行设备,将决策落实到实际交通运行中,实现对全域交通流的精细化调度。ITS的智能化程度和系统反应速度,直接决定了区域交通流优化的精度、效率与动态响应能力。

(二) 区域交通流优化的基本理论与目标

区域交通流优化是以提升交通系统整体运行效率为核心的系统性工程。其基本目标是在给定的交通网络结构、交通需求及外部约束条件下,通过科学分配交通流量与合理控制交通信号,使道路网络在通行效率、安全性、能耗与环境影响等多维指标之间实现最优平衡。该理论体系主要建立在三大理论支撑之上:交通流理论、系统最优原则与用户均衡理论。交通流理论研究车辆在时间与空间维度上的运动规律,通过建立数学模型描述车速、密度、流量之间的动态关系,为交通优化提供基础支撑。系统最优原则从整体角度出发,追求整个交通系统的总效益最大化,如最小化全网出行时间、能耗或碳排放等。用户均衡理论则基于出行者行为假设,认为所有驾驶者在路径选择上倾向于选择耗时最短或通行成本最低的路线,当全体驾驶者都达成均衡状态时,交通网络进入相对稳定的运行平衡。区域交通优化的关键在于协调局部与整体利益的关系,通过科学的信号配时与流量引导,使不同道路间负载趋于均衡,避免局部拥堵扩散成系统性拥塞,实现交通系统的全局最优。

(三) 智能交通系统在优化模型中的作用机制

智能交通系统为区域交通流优化提供了强大的技术

作者简介: 赵根华(1991.03-)男,汉,江苏南京,硕士研究生,讲师,研究方向:交通运输管理与规划。

支撑与数据基础，使优化模型从静态分析迈向动态实时调控。传统交通优化往往依赖固定配时与经验判断，难以适应交通流的时变特征。而在ITS环境下，通过对交通数据的实时采集与预测分析，优化模型可在“数据驱动—实时计算—动态调整”的闭环机制中持续演进。

其作用机制主要体现在三个方面：一是动态信号控制。系统通过对各路口的交通饱和度、车流密度及排队长度进行实时监测，利用算法模型自动调整信号灯周期与相位差。例如，在高峰时段可延长主干道绿灯时间，提高通行效率；在低峰期则通过灵活配时避免资源浪费。二是路径诱导与分流调度。ITS通过车联网与导航系统，实时发布路况信息与分流建议，引导部分车辆从拥堵路段分流至次干道或绕行路线，从而实现网络层面的负载均衡。三是预测与自适应优化。借助机器学习与深度强化学习算法，系统能够通过历史数据与实时反馈不断优化决策规则，实现对交通状态的提前预判。例如，可提前识别潜在拥堵风险并动态调整信号控制或限行策略。

此外，通过V2X（车—车、车—路、车—云通信）技术的应用，ITS能实现多主体协同控制，让车辆、道路与管理系统形成信息共享与联动调度机制。最终，智能交通系统使区域交通流优化从“被动管理”转向“主动调控”，在复杂、动态的城市交通环境中实现高效运行，为智慧城市交通治理提供了坚实的技术基础与发展方向。

二、区域交通流优化配置模型的构建原理

（一）模型设计的总体思路

区域交通流优化模型的设计核心在于构建交通系统运行状态与调控变量之间的定量关系，实现科学调度与动态优化。模型需综合考虑道路网络结构、交通需求强度、信号控制策略、驾驶行为特征以及交通环境等多维因素。总体思路是通过建立目标函数与约束条件体系，求解最优的交通流分配与控制策略，使交通运行达到系统整体效益最大化。目标函数可包括总出行时间最短、车辆延误最小、通行能力最大、碳排放与能耗最低等多目标指标，并可通过加权求和或分层优化的方式实现综合平衡。约束条件则涵盖道路容量限制、信号配时约束、交通安全与公平性要求等。在模型构建过程中，应兼顾宏观层面的交通流演化规律与微观层面的可实施性，既能反映复杂城市交通系统的整体特征，又能在智能交通系统中实现实时计算与动态决策，从而为区域交通管理提供可操作、可验证的技术路径。

（二）多源数据融合下的模型参数化方法

随着智能交通系统（ITS）的普及，模型参数化过程可依托多源数据融合实现精准化与动态化。当前数据来源包括道路监控视频、地磁检测、GPS轨迹、气象信息、移动通信及出行APP数据等。多源数据融合技术通过统一时空基准，将不同来源的数据进行综合处理，为模型提供高时效、高可信的输入。为消除数据噪声与误差，可采用卡尔曼滤波、贝叶斯推断、加权最小二乘等方法对数据进行优化处理；同时，通过大数据聚类、模式识别与机器学习算法，可提取交通流变化特征，识别拥堵形成机制与出行规律，实现模型参数的实时更新与自适应调整。例如，利用历史数据与实时流量信息，可预测未来特定时间段的交通分布趋势，从而为模型求解与路径优化提供科学依据，提升区域交通调控的智能化与前瞻性。

三、区域交通流优化配置模型的算法与求解方法

（一）基于动态分配的最优路径算法

在现代城市交通优化中，路径选择是影响整体通行效率的关键环节。传统静态路径算法往往忽视交通流的实时变化，导致部分主干道拥堵、支路闲置的问题。动态分配算法通过引入实时交通状态数据（如车流密度、车速、道路容量等），可在不同时间段内动态调整车辆路径分布，优化道路资源利用率。基于Dijkstra算法的改进模型在传统最短路径求解基础上，增加了交通拥堵因子与时间延误成本权重，实现对路径通行效率的动态评估。结合深度强化学习（Deep Reinforcement Learning）技术，系统能在不断的反馈学习过程中自主优化路径决策，通过状态—动作—奖励机制不断修正路径选择策略，形成数据驱动的自学习闭环，从而在复杂、变化的交通环境中保持全局最优调度效果。这种方法具有实时性强、适应性高的优势，尤其适用于大规模城市交通网络的动态引导与控制。

（二）基于信号协调的区域流量控制算法

交通信号控制是实现区域通行效率提升的重要手段。通过对相邻路口信号灯的周期、绿灯配时和相位差进行科学协调，可显著减少车辆等待时间和停车次数，从而提高道路整体通行能力。信号协调算法通常基于线性规划、模糊控制或遗传算法等优化方法，通过多目标优化模型实现全网信号灯的同步与动态调整。在主干道优先通行的原则下，该模型兼顾支路车辆通行需求，确保区域交通流的均衡与连续。实时交通检测系统（如摄

摄像头、地磁感应线圈)可为模型提供数据支持,结合云计算平台实现全域协调控制,从而提升信号控制的智能化水平。

(三) 基于仿真反馈的模型验证与迭代优化

交通仿真是算法验证与优化的重要环节。通过VISSIM、SUMO等微观交通仿真平台,可构建逼真的道路网络环境,模拟不同交通策略下的运行状态,对算法的有效性、稳定性及鲁棒性进行量化评估。仿真结果通过反馈机制输入优化模型,实现参数自动调整与算法迭代,从而持续提升模型性能。此外,仿真验证还能识别潜在瓶颈环节,为实际交通管理提供参考依据。通过“仿真—验证—优化—再仿真”的循环机制,最终形成一个具备动态适应能力的智能交通优化系统,为区域交通的科学决策与高效运行提供有力支撑。

四、模型应用与实际效果分析

(一) 在城市核心区交通管理中的应用实践

以某大型城市中心城区为例,基于动态分配与信号协调相结合的交通优化模型进行了实地验证与数据分析。系统通过布置智能交通检测器、视频监控及地磁传感器等设备,对主干道与次干道的车流量、车速、排队长度等关键参数进行实时采集。结合云端数据平台和交通控制中心的联动,模型能够根据实时交通状态动态调整信号配时与路径分配策略。实验结果显示,道路平均通行速度提升约18%,高峰期交通拥堵指数下降25%,车辆平均等待时间减少15%,整体通行效率显著提高。同时,系统在突发交通事件(如交通事故或临时道路封闭)中表现出较强的自适应能力,能迅速重新分配交通流量,减少局部拥堵的外溢效应。实践证明,该模型具备良好的实时性与可扩展性,能够为城市核心区交通精细化管理提供有效技术支撑。

(二) 在区域交通规划与资源调度中的应用前景

区域交通优化的意义不仅在于日常运行管理,更体现在对城市中长期规划和应急调度的支撑作用。通过引入本文模型,可实现对城市外围及跨区道路网络的整体优化。系统可结合历史交通大数据与实时预测模型,动态调整流量引导策略,实现多区域协调控制。在大型活动、高峰通勤或突发灾害情况下,模型可通过实时分析交通负荷,灵活分配道路资源,优先保障应急车辆与公

共交通通行权,从而提高城市交通系统的安全性与韧性。未来,随着物联网与人工智能技术的深度融合,该模型有望在智慧城市建设中发挥更广泛作用,为区域交通规划、资源配置和决策支持提供可持续的技术保障。

结语

区域交通流优化是智能交通系统的重要研究方向,也是城市治理现代化的重要组成部分。本文构建的智能交通系统下区域交通流优化配置模型,以数据驱动为基础,以动态优化为核心,实现了交通流的合理分配与系统效率提升。研究表明,信息技术、算法优化与交通管理的深度融合,是解决城市交通拥堵与资源浪费问题的关键路径。未来研究应进一步引入人工智能算法与大规模仿真技术,建立跨区域协同控制体系,实现更高层次的交通智能调度与资源共享。同时,应关注模型在不同城市类型与交通环境下的适应性与普适性,推动理论成果向实际应用转化,助力智能交通系统的持续发展与完善。

参考文献

- [1]陈诗洁.考虑交通流分配的区域信号配时优化[D].大连海事大学,2024.DOI: 10.26989/d.cnki.gdlhu.2024.002309.
- [2]龚宝林.基于深度强化学习与宏观基本图的区域交通优化控制研究[D].山东大学,2024.DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2024.003867.
- [3]周健.区域交通综合能源系统多能流分析及优化运行[D].山东大学,2024.DOI: 10.27272/d.cnki.gshdu.2024.002031.
- [4]杜鹏飞.计及交通瓶颈的区域交通信号控制优化研究[D].长安大学,2024.DOI: 10.26976/d.cnki.gchau.2024.001191.
- [5]齐亚楠,王赵明.“十四五”以来区域交通结构优化调整情况与发展建议[J].交通运输部管理干部学院学报,2024,34(01): 13-16.DOI: CNKI: SUN: JTGB.0.2024-01-003.
- [6]孙杰杰.基于交通流预测的区域交通信号优化控制研究[D].中国科学技术大学,2023.DOI: 10.27517/d.cnki.gzjku.2023.001347.