

# 数学建模在优化交通流量中的应用研究

刘建方

(长治幼儿师范高等专科学校,山西省长治市,046000)

**摘要** 随着城市化进程的加快,城市交通拥堵问题日益突出,如何优化交通流量,缓解交通压力,已成为城市管理的重要课题。数学建模作为解决实际问题的有力工具,在交通流量优化中得到广泛应用。本文概述了交通流量优化的研究现状,重点探讨了数学建模在交通流量预测、流量分配和信号控制优化等方面的应用,并展望了多源异构交通数据融合、实时动态优化和人工智能技术结合等发展趋势,以期对交通流量优化问题研究提供参考。

**关键词** 数学建模;交通流量优化;流量预测;流量分配;信号控制

中图分类号:U491.1 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)12-0026-03

城市交通是城市经济社会发展的命脉,但随着机动车保有量的快速增长,许多城市都面临着交通拥堵的困扰。交通拥堵不仅降低了交通效率,造成时间和燃料浪费,也加剧了环境污染和安全隐患。优化交通流量,缓解交通压力,已成为城市管理的重要课题。数学建模是运用数学思想和方法解决实际问题的有效工具,通过构建合理的数学模型,可以揭示交通系统的内在规律,预测交通流量的变化趋势,优化交通组织与管理策略。近年来,数学建模在交通流量优化中得到了广泛应用,有力支撑了城市交通改善决策。

## 1 交通流量优化问题概述

交通流量优化是指在满足一定约束条件下,合理调配交通资源,使交通系统的运行效率最大化、出行成本最小化的过程。它涉及交通规划、交通工程、交通管理等多个领域,是一个多目标、多约束、动态变化的复杂系统优化问题。一方面,交通流量优化要综合考虑通行能力、行程时间、燃料消耗、环境影响等多个目标,在不同目标间权衡取舍,寻求综合效益最大化。另一方面,交通流量优化还要考虑道路网络结构、信号配时方案、车辆特性等多种因素的制约,在满足约束条件下寻求可行解。交通

流量还具有明显的动态变化特征,会随时间、天气等因素变化而波动,优化方案需要具有一定的适应性和鲁棒性,交通流量优化问题的复杂性,对建模方法和求解算法提出了更高要求。随着计算机技术和优化理论的发展,数学建模在交通流量优化中得到了越来越广泛的应用。通过合理地抽象和简化实际问题,构建数学模型,再运用优化、统计、仿真等数学方法求解模型,可以定量分析交通流量演变规律,优化交通管理决策,为缓解交通拥堵提供科学支撑。

## 2 数学建模在交通流量优化中的应用

### 2.1 交通流量预测模型

交通流量预测是交通规划与管理的基础,准确预测未来一段时间内的交通流量变化,对于优化交通资源配置、缓解交通拥堵具有重要意义。数学建模是实现交通流量预测的重要手段,通过分析历史交通流量数据,建立数学模型刻画交通流量的变化规律,并外推预测未来的流量走势。常用的交通流量预测模型有时间序列模型、回归模型、神经网络模型等。时间序列模型如ARIMA模型,利用交通流量的时间相关性,建立自回归滑动平均模型预测短时交通流量。回归模型如多元回归模型,通过拟合交通流量与天气、节假日等因素的关系,建立回归方程进行预测。神经网络模型如BP神经网络,通过训练学习大量历史数据,建立输入(影响因素)和输出(交通流量)的复杂非线性映射关系,实现流量预测。近年来,随着数据挖掘、机器学习等技术的发展,一些复杂的交通流量预测模型不断涌现,如支

作者简介:刘建方(1980~),男,山西长治人,本科,讲师,研究方向:大学数学教学。

持向量机、深度学习等,通过挖掘交通流量数据中蕴藏的深层次模式,构建更加精准的预测模型,交通流量预测模型也从单一路段、交叉口拓展到路网层面,通过建立路网流量协同演化模型,实现整个路网的流量预测,为宏观交通管理决策提供支持。以某一线城市早高峰预测为例,采用ARIMA模型分析2023年上半年早7:00~9:00的主干道流量数据,结合同期降雨、工作日/周末等变量修正模型,预测准确率较基础模型提升12%,为早高峰临时加开公交班次、调整路口信号时长提供了精准数据支撑。而BP神经网络模型在该城市晚高峰跨区路网预测中,通过学习近3年的车流数据,能提前40 min预测出跨区通道的拥堵节点,帮助交管部门提前部署疏导警力。

## 2.2 交通流量分配模型

合理分配路网交通流量,充分发挥路网通行能力,是缓解交通拥堵的重要手段。交通流量分配就是根据交通需求和路网条件,在时间和空间上合理配置交通流量,使路网负荷均衡,总体出行成本最小。数学建模是实现交通流量分配的关键,通过构建数学模型描述车辆在路网中的选择行为,求解各条路径的交通流量。常见的流量分配模型有均衡分配模型和非均衡分配模型。例如某省会城市在主城区路网优化中,采用Wardrop均衡模型分析早晚高峰车流分布,结合实时路况数据调整路径权重,使核心路段拥堵时长缩短18%;而随机用户平衡模型在郊区路网应用中,通过模拟驾驶人路径选择偏好,有效降低了次干道的闲置率。

均衡分配模型如Wardrop均衡模型,假设所有驾驶人都掌握完全信息并选择最优路径,网络中所有使用路径的出行成本相等,建立变分不等式求解均衡解。非均衡分配模型如随机用户平衡模型,考虑驾驶人对路况信息认知的差异,利用离散选择模型刻画驾驶人的路径选择行为,用迭代算法求解。随着智能交通系统的发展,动态交通流量分配模型逐渐兴起,在静态均衡的基础上,考虑交通流随时间动态变化的特点,建立动态用户最优或系统最优模型,实现交通流的动态引导与分配,一些复杂的流量分配模型也不断涌现,如考虑拥堵收费的流量分配模型、考虑公交优先的多模式流量分配模型等,更加贴近工程实际,为精细化交通治理提供模

型支撑。

## 2.3 交通信号控制优化模型

合理设置交通信号配时方案,是最直接、最有效的交通流量优化手段之一。交通信号控制优化就是根据道路交通流量状况,合理配置各相位绿信比、周期时长和相位差,使整个路口或路网的交通延误最小、通行能力最大。数学建模在交通信号优化中扮演着核心角色,通过建立信号配时与交通绩效间的数学模型,利用最优化方法求解最佳信号配时方案。常见的信号控制优化模型有Webster模型、TRANSYT模型、SCOOT模型等。Webster模型基于延误最小原则,建立路口延误与信号周期的函数关系,用解析法优化路口信号配时。TRANSYT模型将整个路网看作一个系统,以路网总延误和停车次数最小为目标,采用历史流量数据优化路网信号配时。SCOOT模型在TRANSYT基础上实现了自适应控制,利用实时交通数据动态调整信号配时。随着智能交通系统的发展,一些新型信号控制优化模型也不断涌现,如多Agent信号控制模型通过多智能体协同学习,自主寻找最优信号策略;强化学习信号控制模型利用强化学习算法,根据路网状态动态调整信号配时,不断适应复杂多变的交通环境。一些复杂的组合优化模型也被引入信号控制领域,如遗传算法、粒子群算法等,通过智能搜索寻找最优配时方案。信号控制问题的复杂性对建模方法提出了更高要求,如何在全局协调和局部精细控制间寻求平衡,是信号控制优化模型进一步发展的方向。

## 3 数学建模在交通流量优化中的应用展望

### 3.1 多源异构交通数据融合

随着互联网、大数据等新一代信息技术的发展,海量多源异构交通数据不断涌现,如浮动车数据、公交刷卡数据、视频监控数据等,蕴藏着丰富的交通流量信息。如何有效融合这些异构数据,提取有价值的流量特征,是数学建模在交通流量优化中进一步发挥作用的重要前提。一方面,要研究多源异构交通数据的融合方法,通过数据清洗、特征提取、数据关联等手段,实现不同数据源的有效整合,构建全面准确的交通流量数据集。另一方面,还要研究融合数据驱动的交通流建模方法,通过构建数据挖掘与机器学习模型,充分挖掘交通流量数据中

蕴藏的时空演变规律,实现精准的流量预测、实时的流量监测和动态的流量引导。此外,考虑到多源交通数据的异构性和冗余性,还需要研究数据压缩、数据存储等方面的优化方法,提高数据处理效率。随着交通数据呈现爆炸式增长,多源异构交通数据融合将成为数学建模在交通流量优化中的重要发展方向,为精细化交通治理提供全新的思路 and 手段。

### 3.2 交通流量的实时动态优化

交通流量具有明显的动态变化特征,会随时间、天气、事故等因素发生波动。传统的交通流量优化多基于历史数据,难以适应复杂多变的实时交通环境。随着智能交通系统的快速发展,海量实时交通数据不断涌现,为交通流量的实时动态优化提供了数据基础。一方面,要研究实时交通流数据挖掘与流量预测方法,通过构建在线学习模型,对短时交通流量的变化趋势进行预测,为动态交通管理提供决策支持。另一方面,还要探索实时交通流量优化的新模型和新方法,如动态信号配时优化、实时路径引导等,通过实时感知交通流量变化,动态调整管理策略,不断适应复杂多变的交通环境,实现路网交通流量的动态均衡与分配。此外,考虑到实时交通流量优化对计算效率的高要求,还需要研究并行计算、增量计算等方面的优化方法,提升模型求解速度。随着智慧交通时代的到来,交通流量实时动态优化将成为未来交通管理的主流趋势,对缓解交通拥堵、提升出行效率具有重要意义。

### 3.3 人工智能技术与数学建模的结合

人工智能是引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术,以机器学习、知识推理等为代表的人工智能技术正在深刻影响着交通领域。将人工智能技术与数学建模相结合,可以极大提升交通流量优化模型的智能化水平。一方面,利用机器学习算法对海量历史交通流数据进行挖掘分析,提取隐藏在车流特征中的交通流演变模式,构建数据驱动

的流量预测、流量分配等优化模型。另一方面,利用深度强化学习、迁移学习等智能优化算法,使模型能够自主学习和改进,不断适应复杂多变的交通环境。此外,还可利用知识图谱、自然语言处理等技术,赋予交通流量优化模型一定的认知推理和交互解释能力,实现人机协同优化。可以预见,随着人工智能技术的不断发展,智能交通流量优化模型必将成为未来的重要发展方向,通过融合数学、计算机、人工智能等多学科知识,构建更加智能化、精细化的交通流量优化模型,为智慧交通管理提供核心支撑。

## 4 结语

交通流量优化是一个复杂的系统工程,涉及交通规划、交通工程、交通管理等多个领域。数学建模作为交通流量优化的核心方法,在交通流量预测、流量分配、信号控制等方面发挥着重要作用。随着大数据、人工智能等新技术的发展,交通流量优化模型也面临着新的机遇和挑战。如何有效融合多源异构交通数据,实现交通流量的实时动态优化,将人工智能技术与数学建模相结合,是未来交通流量优化模型发展的重点方向。可以预见,随着交通流量优化模型的创新不断发展,必将为智慧交通管理提供更加有力的决策支持,为缓解城市交通拥堵、改善出行条件做出更大贡献。让我们携手并进,充分发挥数字建模在交通流量优化中的重要作用,共同推动交通事业高质量发展,让城市交通更加高效、便捷、绿色、智能。

## 参考文献

- [1] 张玺君,郝俊.EEMD+BiGRU组合模型在短时交通流量预测中的应用[J].国防科技大学学报,2023,45(2):73-80.
- [2] 王健松,李学俊,王桂娟,等.基于数字孪生的城市交通流量可视预测研究[J].计算机技术与发展,2024(7).
- [3] 符算子.基于交通流量预测的高速公路改扩建方案优化研究-以某高速公路为例[J].工程技术研究,2023,8(19):14-16.