

# Research on AI Optimization Strategy for Tourism Buses Facing Holiday Passenger Flow Fluctuations

Yanwen Xie

Hubei Urban Construction Design Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

## Abstract

During holiday periods, tourist bus systems face a prominent contradiction between highly uneven spatiotemporal passenger flow distribution and rigid capacity allocation. Traditional scheduling approaches, which rely on historical experience and static timetables, struggle to respond to pulse-like demand fluctuations, resulting in reduced service capacity and lower passenger satisfaction. To enhance the system's adaptability to extreme passenger flows, this study develops an AI-enhanced framework integrating multi-source data perception, deep learning-based forecasting, and reinforcement learning-driven scheduling. On this basis, a multi-agent reinforcement learning mechanism is introduced to optimize departure intervals and vehicle allocation at a minute-level granularity, thereby forming a closed-loop, flexible scheduling decision engine. Meanwhile, a human-machine collaborative interaction architecture is designed to incorporate dispatcher expertise with algorithmic recommendations, improving system robustness and operational feasibility. Experimental results demonstrate that the proposed approach significantly enhances capacity-demand matching and operational stability during peak periods, providing a feasible pathway for the intelligent transformation of smart public transport systems under complex holiday scenarios.

## Keywords

holiday passenger flow forecasting; AI-based scheduling optimization; tourist bus system; graph neural networks; reinforcement learning

## 面向节假日客流波动的旅游公交 AI 优化策略研究

谢燕雯

湖北省城建设计院股份有限公司, 中国·湖北 武汉 430000

## 摘要

节假日期间旅游公交面对客流时空分布高度不均与运力刚性配置之间的突出矛盾, 传统调度形式因依赖历史经验跟静态排班而不容易响应脉冲式需求波动, 致使服务能力下降与乘客满意度减少。为加强系统解决极端客流的适应能力, 本研究建立融合多源数据感知、深度学习预测跟强化学习调度的AI改良框架, 在此基础上, 引入多智能体强化学习机制, 在分钟级粒度上改良发车间隔跟车辆配置, 形成闭环弹性调度决策引擎; 同时设计人机协同交互架构, 集成调度员经验判断与算法推荐, 增强系统鲁棒性跟可操作性。实验说明, 该方案明显增强了高峰期运力匹配度跟运行稳定性, 为智慧公交在繁复节假日场景下的智能化转型给予了可行途径。

## 关键词

节假日客流预测; 人工智能优化调度; 旅游公交系统; 图神经网络; 强化学习

## 1 引言

节假日旅游客流的剧烈波动使传统公交调度形式暴露出响应滞后与运力错配的深层问题, 面对动辄上亿人次的出行高峰, 刚性排班机制比较难适应脉冲式需求冲击, 致使服务能力下滑跟乘客体验恶化, 广东、江苏等热门区域的线路超载与西北、东北部分线路资源闲置形成鲜明对比, 显示了供需空间错配的结构矛盾, 深度学习驱动的短时客流预测模型凭借挖掘历史运营跟实时交通数据中的非线性关联, 明显

增强了对冗余时空特征的捕捉能力, 为动态调度给出了高精度输入基础, 图神经网络更进一步将路网结构转化为可计算的拓扑关系, 支持站点间客流传播途径的建模与干预, 强化学习算法则在车辆配置与发车间隔改良中展现出自适应决策潜力, 系统借助融合多源感知数据跟弹性调度引擎实现分钟级运力调整, 人机协同界面保留调度员在突发场景下的经验干预通道, 保证智能决策在繁复现实环境中的稳健落地。

## 2 节假日客流波动特征与旅游公交运行挑战

### 2.1 节假日客流时空分布非均衡性

节假日旅游公交客流呈现出明显的时空分布非均衡性。从时间维度看, 以国庆假期为例, 日均客流量在 2023 年约

【作者简介】谢燕雯(1993—), 女, 中国湖北随州人, 硕士, 工程师, 从事道路交通规划与设计相关的研究。

为 5681 万人次，而预测至 2025 年将激增至 30400 万人次，年际波动剧烈。空间上，客流高度集中于广东、江苏等东部经济发达省份，其出游人数合计占比超过全国总量的一半，而西北、东北等边缘地区客流则明显不足。这种不均衡格局主要受节假日类型、区域经济发展差异及突发公共事件等多重因素共同塑造，对公交运力的准确配置构成了重点考验<sup>[1]</sup>。2019-2025 年国庆假期主要省份日均客流量对比如图 2.1 所示。

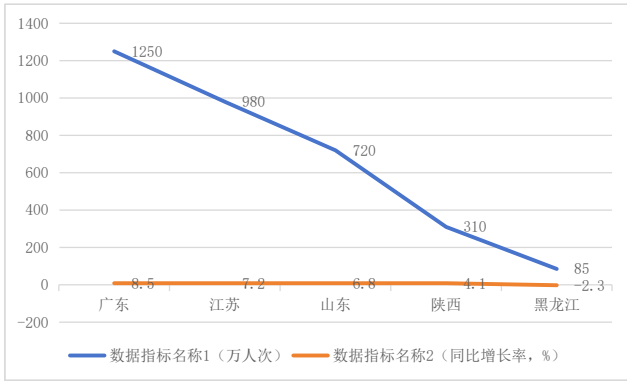


图 2.1 2019-2025 年国庆假期主要省份日均客流量对比

图表数据直观揭示了客流空间分布的极端不均衡。广东、江苏等头部省份日均客流量远超千万级，且保持较高正增长；而如黑龙江等边缘省份，客流量基数小且呈现负增

长态势。这进一步印证了核心客源地与边缘目的地间的客流密度鸿沟，是旅游公交系统面临供需匹配难题的关键数据表征。

## 2.2 旅游公交供需失配典型表现

节假日期间，旅游公交供需失配现象突出，主要表现为运力供给的刚性无法匹配需求的脉冲式激增。以 2019-2023 年数据为例，国庆、中秋等节假日出游人数峰值可达 8 亿人次以上，而同期公路客运量波动剧烈，两者增长趋势常不匹配。这种失配直接致使高峰期车厢过度拥挤、乘客候车时间明显延长，并引发车辆周转率下降、设施故障率上升等连锁反应，服务质量系统性下滑。2019-2023 年典型节假日旅游公交供需关键指标对比如表 2.1 所示。

## 2.3 传统调度机制响应滞后问题

传统调度机制依赖固定排班跟历史经验，这种静态形式面对节假日客流的剧烈波动表现出明显的滞后性，客流数据的采集与处理大多需要较长时间，调度指令的生成与下达无法匹配客流在短时间内的快速聚集跟消散，这种响应延迟直接致使高峰时段运力供给严重不足，乘客等待时间被人为拉长，公交运行能力随之大幅减少，服务质量的下降更深一步引发乘客满意度的滑坡，即便在近年部分城市尝试引入基础数据监测，但决策环节依旧严重依赖人工判断，缺乏对实时客流态势的准确感知与智能预判，使得整个调度系统在解决突发性大客流时显得笨拙而低效。

表 2.1 2019-2023 年典型节假日旅游公交供需关键指标对比

年份	节假日名称	全国出游人次 (亿)	公路客运量 (亿人次)	供需失衡主要表现	典型城市案例
2019	国庆节	7.65	18.46	主干道交通超饱和，公交运力严重不足	北京（道路压力达峰值）
2020	劳动节	1.10	2.82	需求受抑，但线路临时调整频繁	广州、珠海（疫情临时调整）
2021	中秋节	8.26	5.68	客流快速恢复，运力响应滞后	宁德（新开线路应对需求）
2022	劳动节	1.10	2.82	需求波动大，运力调配僵化	泉州（线路频繁优化调整）
2023	中秋节	8.26	5.68	需求反弹强劲，拥挤与服务下降并存	泉州（车辆更换致配车数减少）

## 3 面向客流波动的 AI 优化框架设计

### 3.1 多源数据融合驱动的客流预测模块

多源数据融合驱动的客流预测模块建立了整合公交运营数据、道路通行状况跟历史客流规律的融合分析框架，该框架凭借实时采集的动态信息跟长期积累的时序形式相互校验，可以准确捕捉节假日期间客流分布的时空异质性特征，其重点在于创建统一的多源数据融合数据库，该数据库汇聚了含有手机信令、交通卡刷卡记录、票务系统及道路传感器在内的异构数据流，上述数据经过清洗与对齐后输入到多层融合的预测模型中，模型利用深度学习算法挖掘客流波动跟多重影响因素之间的冗余非线性关系，然后生成对将来短期还有中长期客流趋势的高精度预测，这种预测结果为后续运力动态调配给出了核心的数据支撑和决策依据<sup>[2]</sup>。

### 3.2 动态需求感知的线路生成机制

动态需求感知的线路生成机制构成了 AI 改良框架的重点环节，该机制依赖多源异构数据的实时采集与融合，公交

运营数据、道路通行状况与历史客流规律共同输入预测模型，先进的 AI 模型譬如多立场图卷积网络可以捕捉客流在时空维度上的冗余非线性特征，模型输出的高精度预测结果直接驱动线路生成决策，系统依据预测的客流峰值跟时段分布动态调整运力配置，具体措施表现为增加特定线路的车次或缩短高峰时段的发车间隔，这种基于实时感知的响应式调整保证了运力供给与波动需求之间的动态匹配，继而在节假日等特殊时期有效增进公交系统的整体运营能力与客流疏散能力。

### 3.3 实时弹性调度决策引擎

实时弹性调度决策引擎构成整个 AI 改良框架的重点执行单元，它依赖多源大数据融合跟实时态势感知技术建立动态决策闭环，引擎借助整合客流预测模块输出的高精度需求信号，融合实时 GPS 定位跟车载客流计数数据，对线路运力配置与发车间隔实行分钟级动态改良，这种优化不再遵循固定的时刻表，转而使用一种响应式的资源调配逻辑，系统可以自动识别客流聚集站点跟异常拥堵路段，并触发预设的

弹性调度预案,譬如在返程高峰时段临时增开直达班次或缩短热门线路的发车间隔,决策过程嵌入强化学习算法,使得系统可以从历史调度效果中持续学习并调整方略参数,然后实现运力投放与客流分布的准确匹配,最终达成加强运营能力跟乘客满意度的双重目标<sup>[3]</sup>。

## 4 AI 优化策略的关键技术路径

### 4.1 基于深度学习的短时客流预测模型

建立准确的短时客流预测模型构成旅游公交 AI 改良方针的核心技术基础,深度学习模型凭借其强大的非线性拟合能力可以有效捕捉节假日客流波动的繁复时空特征,精进的 Transformer 模型凭借引入 TPE 改良算法明显增强了预测精度,其架构擅长处理序列数据中的长期依赖关系, LSTM-SVR 混合模型则融合了长短期记忆网络与支持向量回归的优势,该模型在解决高速公路节假日交通流预测任务中展现出良好的适应性,该类模型训练依赖于高频的客流监测数据,譬如以 15 分钟为间隔的景区客流统计,模型输出的高精度预测结果直接服务于后续的动态调度与资源改良模块,为解决突发性客流高峰给予核心的数据洞察跟决策依据。

### 4.2 强化学习驱动的车辆调度算法

强化学习驱动的车辆调度算法建立了智能体与环境持续交互的决策框架,该框架将公交车辆、客流需求跟路网状态整合为马尔可夫决策过程,算法凭借深度 Q 网络或深度确定性方案梯度等模型学习最优调度方略,此类方针可以依据实时客流波动动态调整发车间隔跟车辆配置,继而有效应对节假日期间骤增的运输压力,模型训练依赖高质量的实时 GPS 与客流数据,其泛化能力面对不同城市路网特征的考验,计算资源的消耗也制约着冗杂模型的部署,将来的研究趋向于建立多智能体协同系统以实现车队整体能力的加强,并探析具备自适应能力的算法以增强在不同交通场景下的鲁棒性。

### 4.3 图神经网络支持的路网协同优化

图神经网络支持的路网协同改良构成关键技术途径,该技术途径利用图结构建模交通网络节点跟边的繁复时空依赖关系,节假日客流波动表现高度非线性与突发性特征,传统模型不容易准确捕捉其动态传播机制,图神经网络借助消息传递与聚合机制可以有效学习路网中站点间的潜在关联,进而实现客流分布的准确预测跟运力资源的动态调配,现有研究尚未深度探查该技术在节假日旅游公交这一特定场景的应用,其潜力在于融合多源异构数据并模拟客流在路网中的扩散过程,这为建立具备自适应能力的协同调度系统给予了新的理论工具,将来研究需要设计面向节假日特征的专用图神经网络架构以处理客流数据的极端波动性跟路网拓扑的时变性<sup>[4]</sup>。

## 5 策略实施的运行保障与适应性机制

### 5.1 系统鲁棒性与异常扰动应对

系统鲁棒性设计需要嵌入个体出行模式分析技术,这

种技术借助信息熵模型刻画乘客活动规律, AI 改良方针可以依据此类规律预测节假日客流波动,模块化公交调度模型则给予了解决需求突变的弹性框架,该框架整合电动车辆与需求响应机制,异常扰动解决机制依赖实时数据监测跟混合选择模型,模型评估可靠性等关键因素对出行选择的影响,系统凭借动态调整发车频率与途径来吸收突发客流冲击,保障旅游公交服务在高峰压力下维持稳定运行。

### 5.2 人机协同决策的交互界面设计

人机协同决策的交互界面设计需要建立一个可以融合 AI 智能调度系统预测能力与调度员经验判断的混合智能平台,这个平台借助可视化仪表盘集中展示节假日客流波动预测、实时车辆位置、线路饱和度及潜在拥堵点多维度动态数据,调度员可以直观掌握全局态势并借助双向协同算法生成的改良方案实行辅助决策,界面给出灵活的预案调整与参数干预通道,允许调度员融合自身对现场繁复因素的理解对 AI 推荐的排班计划跟运力投放方针实行微调与确认,这种设计不只发挥了 AI 在处理海量数据与繁复计算方面的能力优势,又保留了人类决策者在解决突发状况和实行价值判断时的关键作用,最终形成一种高效、可靠且具备强适应性的协同工作流<sup>[5]</sup>。

## 6 结语

节假日旅游公交系统面对客流时空分布高度不均衡、脉冲式激增跟区域结构性失衡等现实压力,传统刚性调度形式已比较难维持服务稳定性跟乘客满意度;改进型 Transformer 与 LSTM-SVR 混合模型明显增强短时客流预测精度,图神经网络有效建模站点间动态关联,强化学习驱动的车辆调度算法在分钟级响应中实现发车间隔跟运力配置的自适应调整;多源数据融合框架支撑起从预测到生成再到执行的闭环决策流,模块化弹性调度模型融合信息熵刻画的个体出行规律,使系统具备吸收突发扰动的能力;人机协同界面将车辆实时位置、线路饱和度与拥堵热区等维度集成于可视化仪表盘,双向协同算法赋予调度员对 AI 推荐方案的参数干预权,不光释放人工智能处理高维非线性关系的算力优势,又保留人类在冗杂现场判断中的不可替代性。

### 参考文献

- [1] 何莉,刘建国,陈鹏,贵阳市城市公共交通发展问题及对策研究[J].综合运输,2025,47(12):159-163.
- [2] 钟章建,钱林波,王天宇,等.宁波市主城区地面公交线网优化策略研究[J].交通与运输,2025,41(06):75-78.
- [3] 张馨方,闫艺萍,张哲,等.基于车辆动力学和改进的FFRLS算法在线估算电动公交能耗[J].汽车安全与节能学报,2025,16(05):747-756.
- [4] 王雅,任静梅,王妍文,等.基于统计与机器学习融合模型的水墨丹霞客流量预测优化研究[J].兰州交通大学学报,2025,44(06):63-72.
- [5] Kim, Myung Ja, et al. 'Does using public transport affect tourist subject well-being and behaviour relevant to sustainability? Value-attitude-behaviour theory and artificial intelligence benefits.' Current Issues in Tourism 27.10 (2024): 1666-1682.