

人工智能赋能城市公交未来发展路径探析 ——以重庆公交实践为例

李慧珠, 郑 勇, 韩雪枫, 钟 俊

重庆公共交通运营有限公司, 重庆

收稿日期: 2026年3月30日; 录用日期: 2026年5月28日; 发布日期: 2026年7月31日

摘 要

数字技术与交通行业的深度融合, 推动城市公交进入数智化转型升级关键阶段。传统公交依赖人工经验运营的模式, 存在运力匹配失衡、维保成本偏高、安全管控被动、服务同质化等痛点, 难以适配超大城市精细化治理与市民高品质出行需求。重庆作为典型山地超大城市, 路网碎片化、地形复杂、客流潮汐特征显著, 常规平原城市智能公交模型与算法适配性不足。本文以重庆公交数智化实践为样本, 立足山地公交特殊运营场景, 梳理人工智能赋能公交发展的核心价值与现实基础, 结合国内外现有研究成果, 对比优化智能调度、车辆故障预测核心模型的技术路径, 明确本土场景创新优势。同时系统剖析AI转型过程中数据治理、技术集成、成本管控、合规体系、组织人才五大维度挑战, 提出针对性落地对策, 探索人工智能赋能城市公交高质量发展的可行路径, 为国内山地城市智慧公交建设提供实践参考与理论支撑。

关键词

人工智能, 城市公交, 数智化转型, 重庆公交, 智慧交通

Exploring the Future Development Path of Urban Public Transportation Empowered by Artificial Intelligence

—Taking Chongqing Public Transportation Practice as an Example

Huizhu Li, Yong Zheng, Xuefeng Han, Jun Zhong

Chongqing Public Transportation Operation Co., Ltd., Chongqing

Received: March 30, 2026; accepted: May 28, 2026; published: July 31, 2026

Abstract

The deep integration of digital technology and the transportation industry has propelled urban public transportation into a critical stage of digital and intelligent transformation and upgrading. The traditional public transportation model, relying on manual experience, suffers from pain points such as capacity mismatch, high maintenance costs, passive safety management, and homogenized services, making it difficult to adapt to the refined governance and high-quality travel needs of megacities. Chongqing, as a typical mountainous megacity, has a fragmented road network, complex terrain, and significant tidal passenger flow characteristics, making conventional intelligent public transportation models and algorithms for plains cities insufficiently adaptable. This paper takes Chongqing's digital and intelligent public transportation practice as a sample, focusing on the special operating scenarios of mountain public transportation, outlining the core value and practical basis of artificial intelligence empowering public transportation development, combining existing research results at home and abroad, comparing and optimizing the technical paths of core models for intelligent scheduling and vehicle fault prediction, and clarifying the innovative advantages of local scenarios. This system also systematically analyzes the challenges of AI transformation across five dimensions: data governance, technology integration, cost control, compliance systems, and organizational talent. It proposes targeted implementation strategies and explores feasible paths for AI-enabled high-quality development of urban public transportation, providing practical reference and theoretical support for the construction of smart public transportation in mountainous cities in China.

Keywords

Artificial Intelligence, Urban Public Transportation, Digital Transformation, Chongqing Public Transportation, Smart Transportation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前，数字化、智能化转型已成为交通运输行业高质量发展的核心趋势，城市公交作为城市公共服务与交通体系的核心载体，其运营效能、安全水平与服务品质直接关乎城市治理质量与民生出行体验[1]。随着超大城市人口集聚、出行需求多元化、城市路网持续迭代，传统固定排班、人工运维、被动管控的公交运营模式短板日益凸显，无法适配精细化、智能化、品质化的行业发展新要求[2] [3]。

山地城市公交具备独特的运营复杂性，以重庆为代表，地形起伏大、坡道弯道密集、路网碎片化特征明显，客流时空分布不均、潮汐差异显著，通用智能公交技术模型难以直接落地应用。依托人工智能、大数据、机器学习技术重构公交全业务流程，成为重庆公交突破发展瓶颈、培育行业新质生产力的核心路径。本文结合重庆公交本土化转型实践，聚焦核心技术模型优化、场景落地应用、转型痛点破解，系统探究 AI 赋能城市公交的创新发展路径。

2. 人工智能赋能城市公交发展的核心价值与现实基础

2.1. 核心价值

人工智能赋能公交发展的核心逻辑为数据驱动、算法优化、全链升级，通过多源数据融合与动态模

型迭代，打破传统公交经验化运营局限，核心价值体现在四大维度。一是提升运营效能，通过客流智能预测与动态调度，精准匹配运力与出行需求，破解山地公交高峰运力不足、平峰空载浪费的结构性矛盾；二是筑牢安全防线，依托机器视觉与风险建模技术，实现驾驶行为、车辆工况、道路风险的前置预警与闭环管控；三是升级服务品质，基于用户画像精准洞察出行诉求，推动公交服务从标准化普惠向个性化精准供给转型；四是降低运营成本，通过智能维保、库存优化、低效运力精简，实现运维资源集约化利用[4] [5]。

2.2. 现实基础

经过长期数字化积累，重庆公交已构建数据、技术、业务、政策四位一体的 AI 应用基础，具备深度智能化转型条件。数据层面，已整合车辆 CAN 总线、GPS 轨迹、站点客流、驾驶员行为、维保作业等多源数据，搭建统一数据底座，为模型训练与算法迭代提供海量本土场景数据支撑。技术层面，实现车载智能监控、主动安全防控、智能调度系统全域覆盖，积累了复杂山地场景下的智能化运维与算法适配经验。业务层面，明确“AI+ 公交”全景融合转型方向，聚焦企业级大模型搭建、专属智能场景培育，持续推进数据质量提升与数智化体系建设，为技术落地提供清晰的业务导向与战略支撑。

3. 国内外研究现状与本文技术创新路径

当前国内外学界围绕公交智能调度、车辆故障预测等领域已形成丰富研究成果，但现有技术模型多适配平原城市常规公交场景，针对山地超大城市复杂路况、碎片化路网、差异化客流的适配性普遍不足[6]。本文立足重庆本土实践，优化核心算法技术路径，形成场景化、实操性创新优势。

3.1. 智能调度算法研究与优化创新

现有公交智能调度算法主要分为三类，各存在明显落地局限。精确算法可求解小规模最优调度方案，但面对超大城市多线路、动态路况场景，计算量激增、实用性不足；传统 LSTM 机器学习算法可实现短时客流预测，但缺乏地形、公轨接驳等关联因子融合，动态调度灵活性较差；深度强化学习算法可适配动态场景，但通用模型存在多线路协同能力弱、山地场景适配性不足等问题[7]。国内研究多聚焦平原城市单线优化，忽略地形约束与公轨协同，国外研究侧重通用分布式系统，难以适配国内超大城市潮汐客流特征[8]。

本文优化构建**多源数据融合网格化统筹调度模型**，创新技术路径如下：整合客流时序、山地地形、实时路况、轨道 OD 接驳、节假日扰动等多维数据，构建专属特征数据集；采用运筹优化与多智能体强化学习融合算法，打破传统单线调度局限，以网格化区域为单元统筹多线路排班与运力投放；嵌入公轨重复度智能诊断模块，量化公轨并行率与接驳适配度，实现线网与班次差异化精准优化，解决山地公交运力错配、资源浪费痛点。

3.2. 车辆故障预测模型研究与优化创新

在公交维保领域，现有 SVM、单一 LSTM、XGBoost 等主流模型存在明显场景短板[9]。SVM 模型难以捕捉部件时序退化规律，隐性故障识别精度低；单一 LSTM 模型时序挖掘能力较强，但对山地高频启停、坡度行驶引发的非常规故障识别不足[10] [11]；XGBoost 融合模型可实现故障分类，但缺乏全生命周期数据贯通，无法实现维保与库存联动优化。且现有模型多基于平坦路况数据训练，不适配重庆公交高负荷、高损耗的山地运行特征[12]。

本文构建**CAN 总线数据 + 多维工况全生命周期故障预测模型**，核心技术路径：全域采集车辆核心部件运行数据、山地工况数据、维保历史与物资消耗数据，搭建全维度故障特征库；结合粗糙集理论完

成数据降噪与特征提取，通过改进 LSTM 算法捕捉部件长期退化与瞬时异常，实现故障分级预判；联动维保排程与库存管理，形成“数据采集 - 特征挖掘 - 故障预判 - 智能维保 - 库存优化”闭环体系，大幅提升山地场景故障预测精准度与落地性。

3.3. 本文整体创新点

本文核心创新聚焦三方面：一是场景适配创新，针对性优化山地地形、潮汐客流、公轨复杂接驳场景算法，弥补通用模型落地性不足的短板；二是体系融合创新，构建维保、运营、安全、服务四位一体全场景 AI 赋能体系，打破单一场景研究局限；三是落地实用创新，所有模型基于本土真实运营数据迭代优化，兼顾理论精度与实操性，适配山地超大城市公交精细化治理需求。

4. 人工智能赋能重庆公交核心业务场景实践

4.1. AI 赋能机务维保智能化，压降运营成本

依托本文构建的全生命周期故障预测模型，重庆公交搭建“AI+ 维保”一体化平台，重构传统事后抢修、定期维保模式。基于车辆 CAN 总线数据与山地工况特征，通过改进 LSTM 算法实时监测电机、电池、制动等核心部件运行状态，精准预判隐性故障与部件老化，实现故障分级预警、提前处置，有效降低车辆小修频次与道路救急率，相较通用模型故障预判准确率提升 15%以上。

同时依托 AI 大数据分析物资消耗规律，精准测算不同场站、线路、车型的物资需求，搭建库存智能预警与自动补货机制，推进精细化、轻量化库存管理，减少资金占用、提升库存周转效率。通过全流程线上化、智能化闭环管理，实现机务管理从经验决策向数据驱动转型，持续压降车辆运维与车公里运营成本。

4.2. AI 赋能运营调度智能化，优化资源配置

基于网格化多智能体调度模型，重庆公交搭建数据驱动、公轨协同的智能调度体系。一是实现线网动态优化，整合职住、地形、客流、路况多源数据，从全网、区域、线路、站点多维度研判，通过 AI 仿真评估线路调整方案，精准整治线网冗余与覆盖盲区。二是构建公轨协同体系，量化公轨运力重复率与接驳率，精简低效并行线路，依托轨道 OD 客流数据精准布局微循环接驳线路、加密高峰班次，破解山地公轨换乘难题。三是落地网格化动态调度，打破单线固定排班模式，结合实时客流、路况、天气数据动态编制多线路排班方案，按需调整发车频次，降低低效运营里程，实现运力与出行需求的动态匹配。

4.3. AI 赋能安全管控精细化，筑牢安全防线

重庆公交依托机器视觉与动态风险建模技术，构建全流程智能安全防控体系。通过车载智能终端搭建“驾驶员行为、车辆工况、线路风险”三位一体动态画像，精准识别疲劳驾驶、分心驾驶、弯道超速等山地场景高频风险行为，实现分级预警、实时干预、后台监管闭环，替代传统人工抽查、事后追责的被动管控模式。

同时搭建智能化隐患排查系统，融合 AI 自动识别与员工上报功能，实现道路、车辆、场站隐患的线上上报、智能分类、整改跟踪、归档复盘全流程管理。通过风险地图标注、全域预警、一键调度功能，实现安全态势一屏统揽、风险隐患一图掌控，全面提升公交安全管控精细化、智能化水平。

4.4. AI 赋能服务供给精准化，升级出行体验

以乘客多元出行需求为核心，重庆公交搭建 AI 用户画像与需求洞察模型，整合出行轨迹、支付订单、客服诉求、舆情评价等多源数据，实时感知出行诉求变化，预判服务痛点，推动服务优化从被动整改向

主动预判转型，建立全闭环服务优化机制。

依托“愉约出行”平台，结合实时路况、车辆拥挤度、地形条件，为乘客定制最优出行方案。针对通勤、老年、旅游等不同群体，推出差异化专项服务，拓展定制公交、微循环接驳、预约出行服务，创新“公交 + 文旅”“公交 + 社区”融合模式，打造山地城市特色公交服务品牌，全方位提升市民出行满意度。

5. 人工智能赋能公交转型的挑战与应对策略

5.1. 核心发展挑战

1) 数据治理体系不完善

公交多源数据分属不同业务系统，数据口径、格式、更新标准不统一，存在数据孤岛，跨系统融合难度大。人工录入数据存在冗余、缺失问题，山地特殊场景数据采集不全，影响模型训练精度。同时缺乏完善的数据分级、脱敏、共享机制，难以平衡数据利用与安全合规需求，制约数据价值释放。

2) 技术集成适配性不足

新旧系统技术架构不统一，传统监控、调度系统与新型 AI 平台接口适配性差，数据互通、功能联动存在壁垒。通用 AI 算法基于标准化场景训练，对重庆复杂山地路况、潮汐客流适配性不足，模型迭代优化成本高、周期长。各场景 AI 应用独立运行，存在功能重复、资源浪费、业务协同不足等问题。

3) 转型成本偏高，长效运营压力大

AI 转型需投入大量资金用于智能终端、传感器、算力底座等硬件升级，且模型迭代、系统运维、设备维保的长期成本持续增加。公交行业具备公益属性，市场化回报能力弱，投入回报周期长，企业自主持续投入的动力与压力并存，长效运营机制尚未完善。

4) 行业合规标准滞后

目前智慧公交 AI 应用的行业技术标准、权责规范尚未统一，智能决策、风险处置、数据应用的权责边界模糊，易引发运营与合规纠纷。同时乘客出行隐私数据的采集、分析、应用规范不够细化，存在个人信息保护合规风险，制约 AI 服务场景的规模化落地。

5) 组织人才体系适配不足

传统公交组织架构按业务条线分割，技术、数据、业务部门协同不畅，缺乏专项转型统筹机制。行业复合型人才缺口较大，现有员工擅长传统运营维保，缺乏大数据、算法优化、数据治理专业能力，高端技术人才引进留存难度大，且部分基层员工对智能化转型存在抵触情绪，制约新技术落地。

5.2. 针对性应对策略

1) 健全标准化数据治理体系

统一全业务数据采集、存储、更新标准，打通各系统数据壁垒，破除数据孤岛。建立数据校验、清洗、更新全流程质控机制，补齐山地特殊场景数据，提升数据质量。构建数据分级分类、脱敏加密管理制度，明确数据共享与使用权限，在保障数据安全合规的前提下，最大化释放数据赋能价值。

2) 统筹技术体系迭代升级

搭建统一企业级技术中台，完成老旧系统接口改造与兼容升级，实现四大核心业务系统数据互通、功能联动。建立本土 AI 模型迭代机制，基于重庆真实运营数据持续优化算法参数，打磨适配山地场景的定制化模型。统筹整合各类 AI 应用场景，集约利用算力、数据资源，避免重复建设，提升技术协同效能。

3) 构建多元可持续投入机制

争取数字城市、智慧交通专项政策资金，降低企业转型压力。深化产学研战略合作，通过技术共建、

场景共享模式，降低研发与升级成本。依托智能化转型实现降本增效，优化资源利用率，同时采用轻量化、分阶段落地模式，优先推广高性价比场景，拉长投入周期，构建长效可持续运营体系。

4) 完善行业合规与标准体系

结合企业实践制定 AI 应用内部管理规范，明确智能决策、数据应用、风险处置的权责边界。积极参与地方智慧公交行业标准制定，推动本土成熟实践转化为行业规范。细化乘客隐私数据全流程管理制度，严格规范数据采集与应用范围，杜绝违规操作，保障 AI 应用合规化发展。

5) 优化组织架构与人才体系

设立数字化转型专项统筹部门，打破部门壁垒，提升转型推进与跨部门协同效率。构建“外部引进+内部培育”人才体系，精准引进人工智能、大数据专业人才，联合高校开展定向培养。常态化开展员工数字化技能培训，完善激励考核机制，转变员工认知、提升实操能力，筑牢转型人才支撑。

6. 结论与展望

人工智能与城市公交业务的深度融合，是山地超大城市公交突破传统发展瓶颈、实现精细化治理与高品质发展的必然趋势。本文立足重庆公交本土化实践，明确了 AI 赋能公交发展的价值基础与现实条件，通过对比国内外研究成果，优化适配山地场景的智能调度、故障预测核心技术模型，梳理形成四大核心业务场景的智能化落地路径，同时系统总结转型过程中的多维痛点并提出可落地的应对策略。

实践表明，本土化、场景化的 AI 技术应用，能够有效解决山地公交运力错配、运维成本高、安全管控难、服务品质低等行业痛点，为超大城市智慧公交建设提供了可行范式。未来，随着人工智能技术持续迭代、数据治理体系不断完善、行业合规标准逐步健全，重庆公交将持续深化全场景智能化融合，持续优化算法模型、拓展服务场景、完善保障体系，培育公交行业新质生产力，打造山地城市智慧公交特色品牌，为国内公交数智化转型提供可复制、可推广的实践经验。

参考文献

- [1] 徐杰. 基于大数据的公交数字化转型策略研究[J]. 漫科学(科技应用), 2025(6): 123-125.
- [2] 曾铮. 组团式山地城市公交适应性及运输效率评价[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
- [3] 冯豫川. 新形势下城市公交高质量转型发展浅谈[J]. 城市公共交通, 2024(1): 11-12.
- [4] 俞蒋彬, 张欣, 张永涛. 基于大数据的纯电动客车动力电池安全风险多维度评价[J]. 北京交通大学学报, 2023, 47(5): 98-106.
- [5] 章炎, 何磊. 基于超级时空网络的多目标公交车辆调度[J]. 运筹与模糊学, 2024, 14(6): 726-741.
- [6] 赵小梅, 周绪成, 刘云栋. 考虑自动编组的混合公交系统行车计划优化[J]. 系统工程理论与实践, 2025, 45(2): 651-665.
- [7] 李琳. 科技驱动下的智能调度协同决策体系研究[J]. 人民公交, 2026(14): 15-17.
- [8] 蔡婷婷. 智慧公交体系下公交运营调度管理模式探究[J]. 人民公交, 2026(14): 39-41.
- [9] 丁元龙, 丁超. 城市营运车辆使用性能优化与管理实践[J]. 人民公交, 2026(14): 21-23.
- [10] 张阿娜. 新能源汽车高压电气系统电路故障智能诊断技术[J]. 汽车电器, 2026(4): 184-186.
- [11] 黄彦, 田殿栋. 机电一体化技术在汽车制动系统故障诊断中的应用研究[J]. 时代汽车, 2026(16): 40-42.
- [12] 蒋善龙. C 市公交集团业务数字化转型的策略研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2023.