

# 人工智能在地铁站务辅助决策中的应用前景分析

王 健 朱蒙琳 赵健伦

郑州交通发展投资集团有限公司 河南 郑州 450000

**摘要:** 人工智能 (AI) 技术的迅猛发展, 为地铁站务辅助决策提供了全新的技术路径与解决方案。本文从地铁站务决策的核心痛点出发, 系统梳理人工智能在客流预测、应急响应、设备运维、服务优化等关键场景中的应用现状, 深入剖析其技术实现逻辑与典型架构, 并在此基础上探讨AI赋能站务决策所面临的挑战与未来发展方向。研究表明, 人工智能通过数据驱动、智能感知与自主学习能力, 可显著提升地铁站务决策的前瞻性、精准性与协同性, 是推动智慧城轨建设的关键支撑技术。未来需在算法可靠性、数据治理、人机协同机制及伦理规范等方面持续突破, 以实现AI在地铁站务辅助决策中的深度、安全、高效融合。

**关键词:** 人工智能; 地铁站务; 辅助决策; 智慧城轨; 客流预测; 智能运维

## 引言

地铁系统作为超大城市和特大城市的“生命线”, 面临高密度客流、复杂网络结构及突发事件等挑战, 站务工作涵盖多维度内容, 其决策质量关乎运营安全与效率。传统站务决策模式依赖值班站长及一线员工经验判断, 在非常态场景下, 常因信息滞后、认知负荷过载、响应速度不足等, 导致决策失误或效率低下, 甚至引发严重后果。近年来, 以机器学习等为代表的人工智能技术取得突破性进展, 在多领域展现强大赋能潜力, 且地铁系统数字化转型积累了海量多源异构数据, 为AI模型训练与部署提供数据基础。人工智能具备模式识别等核心优势, 引入地铁站务辅助决策体系, 有望实现根本性转变。

## 1 地铁站务辅助决策的内涵与核心需求

### 1.1 决策主体与层级

地铁站务辅助决策是指在地铁车站层面, 为保障运营安全、提升服务效率、优化资源配置而进行的一系列判断、选择与行动规划过程。其核心目标是在复杂、动态、不确定的环境中, 做出最优或次优的实时/近实时决策。这一过程的主体主要包括值班站长、站务员、综控员等一线人员, 他们既是信息的接收者, 也是最终执行决策的关键节点。从决策的时间尺度和影响范围来看, 可划分为三个层级: 战略层关注长期趋势, 如基于年度客流数据调整设施布局; 战术层聚焦中短期安排, 如制定节假日大客流应对方案或人员排班计划; 操作层则强调即时响应, 如在突发大客流或设备故障时迅速采取疏导或抢修措施。人工智能主要在战术层与操作层发挥辅助作用, 尤其在操作层对实时性、准确性和协同性的要求极高, 亟需智能化手段的支持。

### 1.2 核心决策需求

一是精准的客流态势感知与预测: 准确掌握当前站内各区域 (出入口、站厅、站台、通道) 的实时客流量、密度、流向, 并能对未来15分钟至数小时的客流变化进行可靠预测。二是高效的应急响应与协同调度: 在发生突发事件时, 能快速识别事件类型、评估影响范围、生成最优处置预案 (如限流、封站、疏散路线), 并协调站内人力、物力资源。三是智能的设备状态监控与预测性维护: 对自动扶梯、电梯、闸机、照明、通风等关键设备进行健康状态监测, 预测潜在故障, 优化维修计划, 减少非计划停机<sup>[1]</sup>。四是个性化的乘客服务与引导: 根据乘客画像 (如通勤族、游客、残障人士) 和实时情境, 提供定制化的信息服务、路径规划与异常提醒。这些需求共同指向一个核心诉求: 在保障绝对安全的前提下, 最大化运营效率与乘客满意度。

## 2 人工智能在地铁站务关键场景中的应用现状

### 2.1 基于AI的客流预测与动态管控

客流预测是地铁站务管理的重要依据。过去主要依靠传统的时间序列方法, 难以准确反映复杂的客流变化规律, 尤其无法有效考虑天气、节假日或周边大型活动等外部因素的影响。如今, 人工智能提供了更智能的解决方案: (1) 深度时空建模: 通过构建能同时理解地铁线路结构和时间变化规律的智能模型, 例如结合“网络关系分析”与“时序记忆机制”的方法, 实现对短时客流的高精度预测。(2) 多源信息融合: 综合使用刷卡记录、站内Wi-Fi或蓝牙探测数据、视频监控画面、社交媒体动态以及气象信息等多种来源的数据, 让预测结果更加全面可靠。(3) 智能调控策略生成: 采用类似“智能决策训练”的方式, 让系统在模拟环境中不断学习如何应对不同客流状况, 自动推荐最优措施, 比如何时限流、

如何调整广播引导、开关哪些闸机等，目标是减少乘客滞留、提升通行效率<sup>[2]</sup>。

### 2.2 智能化的应急响应与事件处置

地铁站内突发事件往来来得突然、发展迅速、影响严重。以往主要靠人工发现并对照预案处理，反应慢且容易出错。现在，人工智能技术显著提升了应急能力：（1）智能视频监控：利用先进的图像识别技术，自动检测站内异常行为，如乘客摔倒、打斗、遗留物品、逆行行走或人群过度聚集，并实时发出警报。（2）多维度事件判断：不仅看画面，还结合声音（如呼救、玻璃破碎）和环境传感器（如烟雾、温度突变）的信息，通过综合分析提高判断准确性，降低误报和漏报。（3）智能应急辅助系统：将历史事故案例、应急预案、人员物资分布和站点地图等信息整理成结构化知识库。一旦发生事件，系统能快速匹配相似情形，结合当前客流、天气和设备状态，自动生成针对性的处置建议，例如启动哪一级应急响应、调派哪些工作人员、开放哪些疏散通道等。

### 2.3 预测性维护与设备健康管理

设备故障常常导致地铁服务中断。传统的定期检修或坏了再修的方式，成本高、效率低。人工智能为此提供了更主动的维护思路：（1）设备健康状态监测：在关键设备上加装振动、电流、温度等传感器，持续采集运行数据，并利用智能算法建立“正常运行”的基准模型，一旦出现异常波动即可及时预警。（2）故障提前预判与寿命预测：通过对设备关键参数（如电机电流、轴承温度）的历史趋势进行分析，预测未来可能出现的问题，并估算设备还能安全运行多久，从而提前安排维护。（3）维修资源智能调度：在预测基础上，综合考虑维修人员技能、备件库存、任务紧急程度等因素，通过优化算法自动生成最合理的维修计划，推动设备维护从“被动抢修”转向“主动预防”。

### 2.4 个性化乘客服务与交互体验

提升乘客满意度是地铁服务的核心目标之一。传统“一刀切”的服务模式难以满足多元化需求。AI解决方案包括：（1）智能客服与问答系统：基于NLP技术（如BERT、ChatGLM），构建地铁领域知识库，实现7x24小时的智能问答，解答票务、换乘、失物招领等问题。（2）个性化信息推送：通过分析乘客历史出行数据（匿名化处理），结合实时运营状态，向APP用户推送定制化信息，如“您常坐的X号线Y站预计晚点5分钟，建议改乘Z路公交”。（3）无障碍智能引导：为视障、听障等特殊群体，开发基于语音交互与震动反馈的导航系统，或利用AR眼镜提供沉浸式引导。

## 3 人工智能辅助决策的技术架构

一个典型的AI地铁站务辅助决策系统可划分为以下层次：（1）数据感知层：由遍布车站的各类传感器（摄像头、AFC读写器、环境传感器、IoT设备）构成，负责原始数据采集。（2）数据融合与治理层：对多源异构数据进行清洗、对齐、标注、脱敏，构建统一的数据湖或数据仓库，确保数据质量与合规性。（3）AI模型层：包含针对不同场景训练的专用模型（如客流预测模型、异常检测模型、故障诊断模型），通常部署在边缘计算节点（靠近数据源，保证低延迟）或云端（用于复杂模型训练与全局优化）。（4）决策引擎层：集成规则引擎与优化算法，接收AI模型的输出（如预测结果、事件告警），结合业务规则、应急预案、资源状态，生成具体的决策建议或控制指令。（5）人机交互层：通过可视化大屏、移动终端APP、语音播报、PIS屏幕等方式，将决策信息直观呈现给站务人员或乘客，支持人机协同决策。（6）反馈与学习层：记录决策执行结果与实际效果，形成闭环反馈，用于模型的在线学习与持续优化。该架构强调“云-边-端”协同，既保证了实时性，又兼顾了全局智能。

## 4 挑战、风险与未来展望

### 4.1 技术与工程挑战

尽管人工智能在地铁站务领域的应用前景广阔，但其大规模落地仍面临一系列严峻的技术与工程挑战。首要问题在于数据的质量与壁垒。地铁各子系统（如信号、通信、AFC）长期独立建设，形成了数据孤岛，数据格式、标准不一，且高质量的标注数据（尤其是罕见的突发事件样本）获取成本极高，这直接制约了AI模型的训练效果与泛化能力。其次，模型本身的可解释性与可靠性是安全攸关场景下的核心关切。当前主流的深度神经网络模型常被视为“黑箱”，其决策逻辑难以被人类理解，这在需要高度信任的运营环境中构成了巨大障碍。同时，模型在面对训练数据中未曾见过的极端罕见事件（即“黑天鹅”事件）时，其表现往往难以预料，存在失效风险<sup>[3]</sup>。最后，系统集成的复杂性不容小觑。将新兴的AI模块无缝、稳定地嵌入到现有成熟但封闭的信号与综合监控系统中，需要解决协议兼容、计算资源动态分配、低延迟通信等一系列复杂的工程难题，这对系统架构设计和项目管理能力提出了极高要求。

### 4.2 安全、伦理与管理挑战

超越技术层面，AI的引入还带来了一系列深刻的安全、伦理与管理挑战。从安全角度看，AI系统本身可能成为新的网络攻击目标，例如通过精心构造的对抗样本欺骗视频分析系统，使其对危险行为视而不见，从而制

造安全隐患。在责任界定方面,当一个由AI辅助生成的决策导致了不良后果,责任应如何在算法开发者、系统集成商、地铁运营方以及最终拍板的操作人员之间进行划分,目前尚无清晰的法律框架。此外,人机协同机制的缺失也是一个潜在风险。一方面,过度依赖AI可能导致一线人员的情境感知能力和应急处置技能退化;另一方面,如果人机交互界面设计不佳,反而会向工作人员灌输大量冗余或冲突的信息,造成认知过载,诱发误操作。最后,隐私保护是无法回避的伦理议题。对乘客视频和出行轨迹的大规模分析,即便经过匿名化处理,也触及个人隐私边界,必须严格遵守《个人信息保护法》等相关法规,并积极探索联邦学习、差分隐私等前沿技术,在挖掘数据价值与保护个人权利之间寻求平衡。

#### 4.3 未来发展趋势

面向未来,人工智能在地铁站务辅助决策领域的发展将呈现几个清晰的趋势。首先是大模型与具身智能的深度融合。通用大模型凭借其强大的知识推理和跨任务迁移能力,有望为地铁运营提供一个统一的智能底座,而具身智能则将赋予服务机器人更强的环境理解与自主行动能力,使其能更自然地承担起巡检、引导甚至简单的应急处置任务。其次是数字孪生技术的深度应用。通过构建高保真度的车站数字孪生体,运营方可以在虚拟空间中对各种决策方案进行沙盘推演和压力测试,验证其有效性与安全性后再部署到物理世界,从而实现“零风险试错”。再次,强化人机协同将成为主流范式<sup>[4]</sup>。未来的系统将不再是简单的“AI替代人”,而是发展为“人在回路”(Human-in-the-loop)的混合智能模式,AI专注于海量信息的处理与方案生成,而人类则凭借其价值判断、道德权衡和临场应变能力,负责最终的决策拍板与情感交互。最后,行业的健康发展离不开标准化与开放生态的构建。推动AI在城轨领域的接口标准、数据标

准、测试认证体系的建立,将有助于打破技术壁垒,促进产业链上下游的协同创新,最终形成一个开放、共赢、可持续发展的产业生态。

#### 5 结语

人工智能通过在客流预测、应急响应、设备运维、乘客服务等核心场景的深度应用,AI技术能够显著提升决策的科学性、时效性与人性化水平,为构建安全、高效、绿色、智慧的未来城市轨道交通系统奠定坚实基础。然而,技术的引入并非一蹴而就。必须清醒认识到其在数据、算法、安全、伦理、管理等维度存在的现实挑战。未来的成功落地,不仅依赖于算法的持续创新,更需要跨学科协作——融合交通工程、计算机科学、人因工程、法学、社会学等多领域智慧,构建“技术可行、安全可靠、人本友好、法规合规”的AI辅助决策体系。建议地铁运营企业采取“场景驱动、小步快跑、闭环验证”的策略,从高价值、低风险的场景入手(如设备预测性维护),逐步积累经验,完善治理体系,最终实现AI与地铁站务管理的深度融合,让科技真正服务于城市脉搏的稳健跳动。

#### 参考文献

- [1]李堃,马腾.基于人工智能的地铁列车故障精确分析、处理及安全运营促进研究[J].人民公交,2025,(13):106-109.
- [2]彭晓璐.大数据和人工智能技术在智慧地铁上的应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2025,(03):158-160.
- [3]张作成,牛纪政,汪一帆,等.大数据和人工智能技术在智慧地铁上的应用探讨[C]//重庆市继续教育学会,重庆市继续教育学会专升本行业专业委员会.智能教学创新发展学术研讨会论文集(专升本高质量发展专题).青岛地铁运营有限公司,2025:138-141.
- [4]陈向南,田若晨.基于人工智能技术的地铁视频监控图像数据分析研究[J].建设科技,2025,(13):24-26.