

基于乘客行为分析的轨道交通服务质量提升路径研究

薛会林 陈莹

郑州交通发展投资集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 传统以设施设备和运营指标为导向的服务质量评价体系已难以全面反映乘客的真实需求与满意度。近年来,大数据、人工智能等技术的发展为深入挖掘乘客行为数据提供了可能,使得“以乘客为中心”的精细化服务成为现实。本文系统分析乘客行为的内涵、特征及其对服务质量的影响机制;构建基于多源数据融合的乘客行为分析框架;并在此基础上,从感知层、交互层、响应层三个维度提出轨道交通服务质量提升的具体路径。研究表明,通过整合AFC(自动售检票)、视频监控、移动信令、社交媒体等多维数据,可精准识别乘客出行规律、情绪反馈及服务痛点,进而实现动态调度优化、个性化信息服务、空间环境改善等服务升级措施。

关键词: 轨道交通;乘客行为;服务质量;大数据分析;服务提升路径

引言

截至2024年底,中国内地55座城市已开通城市轨道交通,运营线路超11,000公里,年客运量突破300亿人次,轨道交通成为超大、特大城市居民通勤主要方式。但高密度客流下,拥挤、换乘不便、信息不透明、应急响应滞后等问题频发,影响乘客体验与系统效能。国家《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》提出推动交通运输服务升级,强调以乘客需求为导向提升智能化水平。在此背景下,利用新兴技术理解乘客行为,实现从“供给驱动”到“需求驱动”的服务模式转型,成为轨道交通高质量发展关键。乘客行为是连接服务供给与用户感知的桥梁,基于真实行为数据的分析能客观反映乘客选择、偏好与不满,为服务优化提供精准靶点。开展此研究,理论层面可丰富相关理论体系、推动学科交叉融合;实践层面能为企业提供决策工具、实现精细化管理与个性化服务;社会层面可提升公众满意度、增强系统包容性与韧性、促进绿色出行。

1 乘客行为的内涵、特征及其对服务质量的影响机制

1.1 乘客行为的定义与分类

本文将乘客行为定义为:乘客在轨道交通系统中为完成出行目的所表现出的可观察、可记录的一系列动作与反应,包括显性行为(如进站、购票、候车、乘车、换乘、出站)和隐性行为(如情绪表达、信息查询、投诉建议)。按行为阶段划分,可分为:(1)出行前行为:路线规划、时刻查询、票务选择;(2)出行中行为:进站安检、候车等待、车厢乘坐、换乘衔接;(3)出行后行为:出站离网、反馈评价、再次选择。

1.2 乘客行为的主要特征

乘客行为特征复杂多维。通勤乘客出行规律且可预

测,有固定时间、路线和站点;非通勤出行如旅游、探亲等则随机且不确定。规律性与随机性并存,要求服务系统有足够弹性应对不同客流。乘客行为兼具群体性与个体性,特定时段如早晚高峰,乘客流动有潮汐特征和群体聚集效应,但群体中个体差异明显,有人爱靠近车门,有人倾向车厢中部^[1]。此外,乘客行为对外部情境敏感,恶劣天气、大型活动或突发事件会迅速改变其出行计划与路径。尤为关键的是,乘客对服务变化反馈敏感,一次不愉快的延误或成功便捷换乘,都可能直接影响其后续出行决策与口碑传播。

1.3 行为对服务质量的影响机制

从因果角度看,服务质量是因,乘客行为是果;但从反馈角度看,乘客行为又成为诊断和改进服务质量的关键信号。具体而言,优质的服务会引导乘客产生积极的行为反馈,如准时乘车、主动使用官方APP、给予正面评价等,这些行为反过来有助于提升系统运行效率和品牌形象,从而形成一个正向的增强回路。反之,若服务存在缺陷,如频繁延误、信息不透明或设施故障,则会引发乘客的不满行为,包括绕行、放弃乘坐、大量投诉甚至转向其他交通方式,这不仅直接损害了乘客体验,还会降低整个轨道交通系统的吸引力和资源利用效率,形成负向循环。因此,通过持续监测和分析乘客行为中的异常信号,如某站点长时间滞留、换乘失败率骤升或社交媒体负面情绪集中爆发,运营方可以反向追溯服务链条中的薄弱环节,及时进行干预和优化,从而建立起一个由“行为识别”驱动“服务改进”的动态闭环机制。

2 基于多源数据融合的乘客行为分析框架

2.1 数据来源与类型

表1: 数据来源与类型

数据类型	来源	可提取行为信息
AFC交易数据	自动售检票系统	出行频率、OD分布、出行时长、换乘次数
视频监控数据	车站/车厢摄像头	客流密度、排队长度、异常行为、情绪识别
移动信令数据	运营商基站	实时位置、停留时长、出行轨迹
社交媒体数据	微博、小红书、本地论坛	情感倾向、热点投诉、服务建议
客服与投诉数据	12345热线、APP反馈	具体问题描述、服务期望
列车运行数据	ATS系统	准点率、区间运行时间、停站时间

2.2 分析技术与方法

要有效利用上述多源数据，必须采用先进的分析技术进行融合与挖掘。首先，在数据融合层面，需要解决时空对齐和实体消歧问题，即如何将来自不同源头的、关于同一乘客或群体的碎片化信息准确地关联起来。图神经网络等技术在此过程中展现出巨大潜力^[2]。其次，在行为建模方面，传统的统计模型已难以应对高维、非线性的行为序列，深度学习模型如LSTM和Transformer因其强大的时序建模能力，被广泛用于预测乘客的下一步出行意图。聚类算法如DBSCAN则能从海量数据中自动发现具有相似行为模式的乘客群体，为精细化服务奠定基础。在情感分析领域，基于BERT等预训练语言模型的方法能够准确地从社交媒体文本中提取情感极性（正面/负面）和具体主题（如“电梯故障”、“空调太冷”），将模糊的情绪转化为可量化的服务指标。最后，为了超越相关性分析，真正识别服务措施与行为改变之间的因果关系，研究者开始引入双重差分（DID）等计量经济学方法，以科学评估某项政策或技术改造的实际效果。

2.3 分析框架构建

基于以上数据与技术，本文提出一个“三层四维”的乘客行为分析框架。该框架自下而上包含感知层、认知层和决策层三个层级。感知层负责采集和预处理来自各渠道的原始数据，构建初步的乘客数字画像；认知层则运用前述分析技术，从画像中提炼出深层次的行为模式、需求偏好和服务痛点；决策层最终将认知结果转化为具体的、可执行的服务优化建议，并可通过仿真模拟预估其实施效果。贯穿这三个层级的是四个核心维度：时空维度（回答“何时何地”发生）、主体维度（明确“谁”在行动）、行为维度（描述“做什么”）以及情感维度（洞察“感受如何”）。这一框架旨在打通从数据到决策的全链条，为服务质量提升提供系统性支撑。

3 基于乘客行为分析的服务质量提升路径

3.1 感知层：构建全息乘客画像，实现需求精准识别

在感知层，核心任务是利用多源数据构建动态、立体的乘客画像，从而实现对乘客需求的精准识别。通过对历史AFC数据与实时视频流的联合分析，可以构建高精度的短时客流预测模型。例如，当系统监测到某换乘站在连续数个工作日内早高峰的进站客流量呈现稳定增长趋势时，便可提前触发预警机制，为运营调度部门提供增开临客或启动客流控制预案的决策依据，从而将被动响应转变为主动预防。在此基础上，进一步对乘客进行细分和标签化是实现精准服务的前提。通过无监督聚类算法，可以将庞大的乘客群体划分为“高频通勤族”、“周末休闲族”、“临时访客”等典型类别，并根据其行为特征赋予如“价格敏感型”、“时间敏感型”或“信息依赖型”等标签^[3]。有了这些精细的用户画像，运营方就能在官方APP或车站电子屏上推送高度个性化的内容，例如向通勤族推送月票优惠信息，而向游客则推荐沿线景点及接驳公交线路，极大地提升了信息服务的相关性和有效性。

3.2 交互层：优化人一系统交互体验，提升服务触达效率

进入交互层，重点在于优化乘客与轨道交通系统之间的每一次接触点，使服务更加顺畅、直观和人性化。在信息服务方面，应超越简单的时刻表查询，打造智能化的“个性化行程助手”。该助手能够综合考虑用户的个人偏好、实时列车拥挤度、无障碍设施可用性等多重因素，为其动态推荐最优出行路径。同时，针对老年乘客或视障人士等特殊群体，引入语音交互和增强现实（AR）导航技术，可以显著降低其在复杂换乘环境中的认知负担和迷路风险。在票务与支付环节，对AFC数据的深入分析常常能揭示隐藏的痛点。例如，数据分析可能显示，某站点在特定时段因自助售票机前排队长龙而导致部分乘客放弃购票、选择其他交通方式。对此，推广“信用乘车+后付费”的无感支付模式，或在高峰时段动态调配更多移动售票终端，都是有效的解决方案。此外，车站和车厢的空间环境设计也应以为行为数据为指引。通过视频分析识别出的站台“冷区”（长期无人问津的区域）和“热区”（持续拥挤的瓶颈点），可以指导管理者重新规划座椅布局、调整导向标识位置，甚至在冷区增设休息区或文化展示空间，巧妙地引导客流均衡分布，提升整体空间利用效率和乘客舒适度。

3.3 响应层：强化动态调控与应急能力，保障服务韧性

在响应层，目标是建立一个能够快速、灵活应对外部变化的服务体系，确保服务的韧性和可靠性。列车运行调度是其中的核心。传统的固定交路和编组模式难以适应客流的动态波动，而基于实时客流分布数据的柔性调度则能显著提升运能匹配度。例如，北京地铁试点的“大小交路+灵活编组”模式，能够在高峰时段将更多列车投入高需求区段，并根据客流密度动态调整车厢数量，有效缓解了局部过度拥挤的问题。在应对突发事件方面，乘客行为数据同样能发挥关键作用。当社交媒体监测系统发现关于“某站电梯故障”的负面评论在短时间内急剧增加时，系统可以自动定位问题站点，立即通知维修团队，并同步向即将到达该站的乘客APP推送替代路径建议和致歉信息，从而将一次潜在的服务危机转化为展现高效响应能力的机会^[4]。最后，建立一个基于行为数据的服务评价与持续改进机制至关重要。通过构建“行为—满意度”的量化关联模型，管理者可以清晰地看到服务指标的微小变动如何影响乘客的最终评价。例如，若数据分析表明某线路乘客的平均候车时间每增加2分钟，其在官方APP上的评分就会相应下降0.3分，那么这种量化的损失就能为资源投入的优先级排序提供强有力的决策支持，确保有限的资源被用在刀刃上。

4 挑战与对策

尽管前景广阔，但将乘客行为分析深度应用于服务质量提升仍面临诸多现实挑战。首要的是数据隐私与伦理风险。在收集和使用乘客行为数据的过程中，必须严格遵守《个人信息保护法》等相关法律法规，坚持“最小必要”原则，并积极采用数据匿名化、差分隐私等前沿技术，确保数据“可用不可见”，在挖掘价值的同时筑牢安全底线。其次是系统集成的难度。轨道交通内部各业务系统（如AFC、ATS、视频监控、客服系统）往往由不同厂商建设，数据格式和接口标准各异，形成了坚固的数据壁垒。对此，建议由顶层设计牵头，建设统一的数据中台，制定并推行企业级的数据共享与治理标准，从根本上打破孤岛。再次，当前许多先进的机器学

习模型如同“黑箱”，其决策过程缺乏透明度和可解释性，这在关乎公共安全的交通领域尤为不利。未来应大力推动“可解释AI”（XAI）技术的应用，将专家经验与数据驱动相结合，发展出既能精准预测又能清晰说明原因的混合智能模型，以增强决策的可信度和接受度。最后，任何服务升级都意味着成本投入。为平衡效益与成本，应采取“试点—评估—推广”的渐进式策略，优先选择那些痛点突出、数据基础好、预期效益高的高价值场景（如大型枢纽站、热门旅游线路）进行先行先试，积累经验后再逐步扩大应用范围。

5 结语

本文聚焦基于乘客行为分析的轨道交通服务质量提升路径。研究发现，乘客行为是诊断问题、洞察需求、评估效果的关键，通过构建融合多源数据的分析框架，从感知、交互、响应层面入手，轨道交通服务可实现从粗放式管理向精准、智能、人性化转型。未来探索方向多元，可将分析视野拓展至全链条多模式联运，为乘客提供一体化出行服务；引入虚拟现实与数字孪生技术，在虚拟环境测试优化服务方案，降低试错成本；开展面向特殊群体的包容性服务设计，这将成为衡量城市交通文明的重要标尺。在“人民城市人民建，人民城市为人民”理念指引下，轨道交通服务要致力于让每一次出行都成为安全、便捷、愉悦的城市生活体验。

参考文献

- [1]张静.基于乘客体验的城市轨道交通服务质量提升策略研究[J].人民公交,2025,(18):90-92.
- [2]孙依璐,杨洁.城市轨道交通运营服务质量提升策略分析[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十届工程技术与数字化转型学术交流会议论文集.宁波市轨道交通集团有限公司运营分公司,2025:161-163.
- [3]肖卫东.城市轨道交通运营服务质量提升策略分析[J].人民公交,2025,(06):142-144.
- [4]谢程祥,陶德广,欧仕华.某轨道交通服务质量评价及提升措施探讨[J].人民公交,2024,(24):50-52.