

大数据技术在轨道车场调度决策中的应用与实践

吴魏平

重庆轨道交通运营有限公司, 中国·重庆 400000

摘要: 随着城市轨道交通网络化的发展, 在保证列车安全及快速周转的情况下, 轨道车场调度是关键因素之一, 它也面临着更加复杂的调度工作任务以及资源利用的细化和应急响应快速化等问题。而大数据拥有存储量大、信息全面且能深入分析并做出及时准确预测等多种功能特性, 因此能够成为推动轨道车场调度方式发展的重要工具。本论文主要介绍并论述了轨道车场调度工作及其相关决策的需求与问题。介绍了大数据应用于车场调度的相关原理及方法。最后通过实例讨论说明了运用这一新技术去开展调度工作的可能性, 并提出未来进一步发展的方向, 以期对提高轨道车场调度系统的工作效率、安全性等起到一定的作用。

关键词: 大数据技术; 轨道车场调度; 决策优化; 资源配置; 智能调度

Application and Practice of Big Data Technology in Rail Yard Scheduling Decision-making

Wu Weiping

Chongqing Rail Transit Operation Co., Ltd., China Chongqing 400000

Abstract: With the development of urban rail transit networks, track yard scheduling is one of the key factors in ensuring the safe and rapid turnover of trains. It also faces more complex scheduling tasks, refined resource utilization, and rapid emergency response. Big data possesses various functional characteristics such as large storage capacity, comprehensive information, and the ability to conduct in-depth analysis and make timely and accurate predictions. Therefore, it can become an important tool for promoting the development of track yard scheduling methods. This paper mainly introduces and discusses the requirements and issues of track yard scheduling work and related decisions. It introduces the relevant principles and methods of applying big data to yard scheduling. Finally, through practical examples, it discusses the possibility of using this new technology to carry out scheduling work and proposes directions for further development in the future, with the hope of improving the efficiency and safety of the track yard scheduling system.

Keywords: Big data technology; Rail yard scheduling; Decision optimization; Resource allocation; Intelligent dispatching

0 引言

城市轨道交通有运力强、速度快、准时度高等特点, 并已经成为改善城市交通拥堵状况的重要手段之一。而轨道车场是城市轨道交通的基地, 负责列车停靠、维修、准备、调度等一系列工作, 其调度决策的科学性直接影响列车的出库效率, 保障了乘客对城市地铁服务的满意度, 影响到整个系统的运行安全。目前大多数城市的轨道车场在进行列车调度时, 主要还是依赖人工经验, 采用静态计划与事后调整相结合的模式来满足实际运营需求, 随着城市轨道交通的发展, 所承载的城市流量越来越大, 面临的运营环境越来越复杂, 因此传统的城市轨道车场调度存在响应滞后、资源利用程度较低、应对突发事件的能力较差等方面的问题。

大数据的发展为解决轨道车场调度问题带来了新机遇和方法。利用车辆或机车在车场内所产生的相关数据, 如行车作业数据、设备状况数据、职工生产及排班情况、客

流量等, 通过对这些海量数据进行分析处理, 采用数据挖掘的方法, 并借助人工智能与大数据的优势, 可以对铁路车场内部的各项资源加以调配使用, 在提高调度效率的同时及时发现各类突发事件的征兆, 从而有效规避各种潜在风险, 使轨道车场内的各项运营管理工作由过去的传统式管理逐渐转变为现在以数据分析为基础的数据模式化管理, 因此本文的研究对于大数据应用于轨道交通车场调度决策方面有着重大的研究意义。

1 轨道车场调度决策的核心需求与现存痛点

1.1 核心需求

轨道车辆调度决策是轨道交通运营的核心环节, 其本质是在安全底线之上, 实现运力、效率与服务的动态平衡, 为城市交通动脉的顺畅搏动提供支撑。

安全是调度决策的绝对前提。调度系统必须严格遵循线路通过能力、信号系统阈值、车辆检修周期等刚性规则, 实时监控列车运行状态, 规避轨道冲突、设备过载等安全

风险,这是所有调度动作的基础。脱离安全的效率与服务,毫无意义。

客流适应是最基本的调度方向。由于城市内部不同区域之间的交通需求存在较大的时间和空间上的差别,在高峰期有大量人群进行通勤,在假期时会吸引较多游客前来游玩和休闲,在一般情况下也有较大比例的人群在各个地区之间进行流动,因此需要对运输安排做出及时调整以满足乘客的需求,并且针对这些客流量的变化来增加或减少车次数量及运营间隔时间,使车辆与客运量相匹配而不造成早晚高峰期间拥挤现象,也不至于出现平峰期空闲情况。

准点率与资源效率是调度决策的重要目标。面对设备故障、突发客流、线路施工等干扰,调度需快速制定调整方案,通过优化运行图、协调会让顺序,最大限度保障准点运行。同时,合理分配车辆、乘务人员、检修资源,在控制运营成本的前提下,提升资源利用率,实现经济效益与运营效益的双赢。

应急处置能力是调度决策的重要补充,在应对恶劣天气和突发事件等情况中及时做出有效的调度决策,可以迅速调用各类资源参与到紧急事件处理工作中去,并在第一时间恢复正常的城市运行状态及道路交通状况。同时,轨道车辆调度决策也是对多种需求协调配置的过程,从而形成轨道交通网络体系的主要竞争因素。

1.2 现存痛点

在传统调度模式下,轨道车场调度决策难以满足上述核心需求,主要存在以下痛点:

第一,数据孤岛现象严重。车场运营涉及行车、检修、信号、通信等多个系统,各系统数据格式不统一、存储分散,缺乏有效的数据整合机制,导致调度人员无法全面掌握运营态势。

第二,决策依赖人工经验。调度计划的制定多基于历史数据和人工判断,难以精准预判突发情况,且调整方案的制定周期长,无法适应动态变化的运营场景。

第三,资源配置效率低下。列车股道、检修设备等资源的分配多采用静态固定模式,未能根据实时需求进行动态调整,容易出现部分资源闲置、部分资源紧张的失衡现象。

第四,应急响应能力不足。面对突发故障时,缺乏系统的的分析支撑,调度人员只能依靠经验制定处置方案,响应速度慢、处置效果难以保证。

2 大数据技术在轨道车场调度决策中的应用机理

大数据技术涵盖数据采集、存储、处理、分析、可视

化等多个环节,其在轨道车场调度决策中的应用,本质是通过多源异构数据的深度挖掘,为调度决策提供量化依据与智能支持,其应用机理主要体现在以下四个方面。

2.1 多源数据的整合与预处理

对于轨道车场内的调度而言,涉及数据种类多样,有结构化数据(列车运行计划、设备检修工作单、人员排班表),也有半结构化或非结构化数据(如设备故障日志、调车作业单),同时还存在一些非结构化的数据内容(如图像视频流数据、电话录音资料)。运用大数据技术方法,在开发过程中搭建了相对统一的数据采集平台,并借助于各类传感器以及相关电子识别芯片、视频监测系统及有关业务系统的软件应用程序接口等,完成了对各种数据类型的搜集与汇总。并且在经过相关的数据清洗、转换、整合等一系列预处理操作之后,把那些重复出现或不完整的信息删除,纠正所存在的差错并进行整理,规范其具体的数据格式,最终得到一份标准化的用于调控指挥的相关数据集,彻底地消除以往的数据孤岛问题,进而为后续研究奠定基础。

2.2 基于大数据的需求预测

对于轨道车辆而言,进行调度的关键在于需求预测,运用大数据分析,在充分了解历史列车运行信息及客流、节假日期间出行规律的基础上建立机器学习预测系统,可以有效预测在各个时间段、各条线路上需要的列车出库数和维修数量。如采用时序模型来推测高峰期列车出库次数,采用分类算法预测可能出现列车设备故障情况,以便于在做出相关调度安排的时候做到有理而为之,而不是盲目地调度。

2.3 基于大数据的资源优化配置

资源配置优化是轨道交通车辆场站调度作业的关键因素,在利用大数据应用平台的基础上,建立资源配置优化模型可以对列车及股道、人员、设备等资源进行调配,通过对列车定位信息、股道占用状态、维修计划执行状况等实时数据分析,智能化算法能自行运算得到最佳可行的列车停放安排及检修调度实施方案,降低列车多次转线或延迟等待的概率;通过对驾驶员出勤记录、技术水平、工休时长等信息进行分析,形成最适合的司机编组,做到人力配备与调度要求相对应。

2.4 基于大数据的风险预警与应急决策

风险预警和应急管理决策是确保车场运营安全的重要保证。借助大数据手段,通过对列车设备运行状况信息、信号信息、环境监测信息等方面的数据采集,并建立相关

的风险预警模型,可以做到在出现各种事故情况前做出预报,比如对于设备异常停机、股道碰撞、作业违章等情况及时进行预知和预防。一旦现场有突发事件,大数据分析平台可以通过迅速获取相关数据对不同处置方案的效果进行仿真分析,在此基础上推荐最优应急决策,从而缩短应急响应时间,降低运营风险。

3 大数据技术在轨道车场调度决策中的实践路径

3.1 构建大数据调度决策平台

搭建一体化的大数据调度决策平台是技术应用的基础。该平台应包含数据采集层、数据存储层、数据分析层、决策应用层四个核心模块:

(1) 数据采集层:部署传感器、智能终端等采集设备,对接行车调度系统、检修管理系统、客流监测系统等业务系统,实现多源数据的实时采集与传输;

数据存储层:采用分布式存储架构,结合关系型数据库与非关系型数据库,满足海量结构化与非结构化数据的存储需求;

(2) 数据分析层:集成数据挖掘、机器学习、智能优化算法等分析工具,构建需求预测、资源配置、风险预警等模型;

(3) 决策应用层:通过可视化界面,向调度人员展示列车运行状态、资源占用情况、风险预警信息等,并提供调度方案智能推荐、一键调整等功能,实现调度决策的智能化与便捷化。

3.2 列车出库调度的精准化实践

列车出库调度是车场调度的核心任务之一。基于大数据技术的列车出库调度实践,可按照“预测-规划-执行-优化”的流程开展:

首先借助客流大数据预测模型对历史客流数据及实时客流监测数据和天气状况等因素进行预测得到各个时刻下线路所需运力,进而确定列车出库量及出库的时间;之后通过对列车检修状态、停放位置、牵引能力等一系列数据分析,应用智能调度算法生成最佳的列车出库序列以及股道使用方案来减少列车出库时相互交叉干扰的情况;最终在实施的过程中实时监控列车出库进程,针对突发事件随时调整调度方案并将其执行数据反馈给预测模型以便其持续优化。例如某城市轨道交通车辆段,引进大数据调度决策平台后,使得列车出库准点率从之前的92%提高到98%,高峰时段列车周转效率也提升了15%,极大地提高了线路运营能力。

3.3 设备检修调度的智能化实践

轨道车辆场地内的相关设备进行检修的调度工作会直接影响列车的安全运营。传统的设备检修调度方式一般为周期性地对列车进行检查维修,“检修过度或检修不足”的现象十分明显。运用大数据处理方法开展设备检修调度工作的研究,在很大程度上能够实现由“定期检修法”向“状态修法”转变。在列车主要零部件中埋入传感装置,可以及时获取其有关运作情况的信息数据(包括温度、振动、压力等)并传递给大数据系统,并应用机器学习算法建立针对该机械设备的相关故障诊断模型,通过对运行过程中机械设备运转情况的数据收集加以分析后,预知机械故障出现的概率及发生的可能时间节点,根据故障预测结果,结合列车的运营规划来确定针对性强的检修调度任务,并就相应的检修工位、作业人数以及作业时段做出合理的分配与管理,以此达到最佳的资源配置效果。

某轨道交通企业通过应用该模式,列车设备故障发生率降低20%,检修成本降低18%,同时避免了因过度检修导致的列车资源浪费。

3.4 应急调度决策的高效化实践

突发情况的应急处置能力是衡量车场调度水平的重要标准。基于大数据技术的应急调度实践,可构建“预警-响应-恢复”的全流程应急处置体系:

在预警阶段,通过对列车、设备、环境等相关数据进行实时监控,并应用相应的风险预警模型发现可能存在的风险因素从而发出预警信号。在响应阶段,在出现突发故障后,由大数据系统自动调取相关的故障信息,比如故障位置、类型以及周边资源分布等等,同时可以通过利用仿真算法模拟这些情况,得出各种处置方案产生的后果和影响,以此来为调度人员推荐最优化的解决方案,例如选择某列列车进行绕行或者使用另一辆备用列车继续运行,也可以让有关的检修人员进行调配。在事后恢复阶段,收集应急处理全过程中各类信息,在此基础上对其结果加以评价,完善应急决策方案,提高以后应对突发事件的能力。如若某一车辆段出现列车制动装置失效,则利用大数据平台迅速查明故障原因,建议使用备用车辆并安排后续列车,从而使得故障影响运营的时间控制在10分钟之内。

4 结语

随着城市轨道交通系统的快速发展和大数据技术的不断进步,大数据在城市轨道交通车辆系统中的应用已经成为一个热门话题。轨道车场调度决策是城市轨道交通运营的核心环节,大数据技术的应用为其转型升级提供了关键路径。

通过构建大数据调度决策平台,实现多源数据的整合与分析,能够有效解决传统调度模式下的数据孤岛、经验依赖、资源配置低效等痛点,提升调度决策的科学性与精准性。尽管当前应用仍面临数据安全、人才短缺、成本投入等挑战,但随着技术的不断进步与应用的持续深化,大数据技术必将在轨道车场调度领域发挥更加重要的作用,推动城市轨道交通运营向更加安全、高效、智能的方向发展。

参考文献:

[1] 陈辉. 大数据在智能交通中的应用与发展[J]. 科技风, 2018(25):83,100.

[2] 胡媛钟, 燕蔚. 城市轨道交通行业案件大数据分析[J]. 铁路技术创新, 2017(3):34-37.

[3] 李维红. 基于大数据的城市轨道交通运维信息化技术应用[J]. 铁路技术创新, 2018(2):75-80.

[4] 吴松. 基于人工智能的轨道交通票务管理创新与实践研究[J]. 智慧中国, 2025(5):100-101.

[5] 张东军. 城市轨道交通既有车站智慧化改建策略研究[J]. 郑州铁路职业技术学院学报, 2024,36(4):7-11,1.

作者简介: 吴魏平(1988-), 女, 重庆人, 工程师, 本科, 研究方向: 安全管理。