

城市轨道交通车站大客流处置的数据驱动模式

伍 敏

(上海地铁第四运营有限公司, 200071, 上海//高级工程师)

摘 要 随着城市轨道交通网络规模和客流规模的不断扩大,大客流风险也越来越凸显。相较于基于历史经验的大客流应急处置模式,基于数据驱动的大客流智能化/智慧化处置辅助决策技术在事前预警预测、事中处置和事后评估等方面都有突出优势。从车站客流处置数据驱动模式的信息感知、风险预判及处置决策 3 方面入手,探究城市轨道交通车站多源数据融合驱动下的客流处置模式的技术实现途径,可为我国各大城市轨道交通车站大客流的数据驱动模式探究提供参考。

关键词 城市轨道交通; 车站; 大客流处置; 数据驱动模式; 客流感知

中图分类号 U293.1⁺3:U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.03.003

Data-driven Mode of Large Passenger Flow Emergency Disposal at Urban Rail Transit Station

WU Min

Abstract With the continuous scale expansion of metro network and passenger flow, the risks of large passenger flow are becoming more and more prominent. Compared with the large passenger flow emergency disposal mode based on historical experiences, the data-driven intelligent large passenger flow management and the intelligent disposal assistant decision-making technologies for large passenger flow have outstanding advantages in early warning prediction, process disposal and post-event evaluation. From three aspects of information perception, risk anticipation and disposal decision of the data-driven mode for metro passenger flow disposal, technical routes of passenger flow disposal mode at station driven by multiple source fusion data are explored, which provides a reference for the data-driven mode of larger passenger flow disposal at rail transit station in other Chinese cities.

Key words urban rail transit; station; large passenger flow emergency disposal; data-driven mode; passenger flow perception

Author's address Shanghai No.4 Metro Operation Co., Ltd., 200071, Shanghai, China

随着我国城市轨道交通网络的不断发展,网络客流呈现快速增长趋势,车站数量和规模也在不断扩大。相较于其他交通方式,地铁客流存在承载空间小、密度高、流线复杂且交织点众多等特征,尤其是大型换乘站,由于衔接线路及出入口数量较多,呈现客流量叠加、流量交叉等特点,导致运营组织风险加剧,这对客流管控水平提出了更高的要求。

目前,城市轨道交通车站客流的管理主要通过人工盯控和视频辅助监测,并基于运营经验与客观现实比较,判断客流态势并采取相应管控措施。由于现场难以直接对历史统计数据加以分析比对,这样在对客流趋势的准确判断和及时处置上存在较大局限;另外在车站客流组织优化方面主要通过建模仿真的手段探究车站客流特征及规律^[1-4],同时也采用了一些通过 AFC(自动售检票)数据挖掘车站客流特征的新方法^[5],但这些措施在准确度和精确度上仍存在不足。随着互联网和物联网的发展,以及智能车站的建设,相关客流采集技术和特征挖掘手段如红外线热点、Wi-Fi(无线局域网)嗅探^[5]、手机信令^[6]、智能视频分析^[7]、人工智能^[8]和聚类^[9]等为车站客流数据的精确获取和实时监测提供了有效途径,使基于多源数据驱动的车站客流处置数据驱动模式的实现成为可能。

但各种客流采集技术都存在一定的优缺点^[10],并在数据接口及格式上存在较大差异,未能较好地集成服务于城市轨道交通车站的客流分析。基于数据驱动的大客流处置是指基于各类检测手段采集的海量历史与实时的客流和运营数据,将数据进行融合并组织形成信息,之后对相关的信息进行整合和提炼,在数据的基础上进行挖掘、训练、预测,并最终形成智能化的决策方案。

因此,本文从车站客流处置数据驱动模式的数据感知采集、数据分析预判及数据辅助决策 3 方面入手,探究城市轨道交通车站多源数据融合驱动下的客流处置模式的技术实现途径,为我国各大城市

轨道交通车站大客流的数据驱动模式探究提供参考。

1 城市轨道交通车站客流感知要素与数据采集手段

1.1 客流数据感知要素

车站客流数据的实时精准感知是城市轨道交通车站进行客流处置决策的基础。对于城市轨道交通车站这一复杂封闭环境,诸如车站各区域的行人流量、密度、速度以及个体的行走轨迹等客流信息类型复杂多样。传统模式对车站客流信息采集主要以 AFC 数据为主,对区域客流的感知主要以历史经验和视频监控为主,客流感知的精细化和精确度存在不足。数据驱动模式下对客流感知的实时性和精细化程度提出了更高的要求(见表 1),需要从中观甚至微观个体角度捕捉乘客出行轨迹,实时精确地采集各区域客流数据,并从个体轨迹入手把握车站客流变化趋势,为客流的精细化分析提供有力支持。

表 1 客流动态感知要素

| 项目 | 内容 |
|--------|---------------------------------|
| 客流数据来源 | AFC,Wi-Fi 嗅探数据,视频检测数据 |
| 客流感知数据 | 客流量,密度,速度,时空轨迹 |
| 客流感知维度 | 分区域,分方向,分上下行 |
| 客流感知水平 | 实时动态监测 |
| 客流感知粒度 | 30 min,15 min,5 min,3 min,1 min |

1.2 客流数据采集手段

为实现对车站客流数据的精准感知,需要对多源数据进行融合。不同空间区域的客流特点各有不同,对客流感知的时空粒度和精度要求也存在差异,不同场景下客流数据特征及相应的数据挖掘技术具有一定的适用性。为实现客流的精准感知,需要分析应用潜力较大的多种技术手段,并发掘其最大的应用价值。

视频自动监测、手机信令、Wi-Fi 嗅探等技术为客流的采集提供了多种有效途径^[11],但不同技术的优缺点以及适用场景存在差异(见表 2)。视频数据在获取区域客流数据方面优势较大;Wi-Fi 数据可追踪乘客的轨迹信息;而 AFC 数据可以准确地获取车站的进出站实时客流数据,能够对视频数据和 Wi-Fi 数据进行有效验证。因此,融合以上多种技术手段,可精确地对连续时段内车站各个区域如出入口、站台、换乘通道分时段、分方向的客流进行分

析与可视化展示^[12],也可对客流速度及密度进行实时监测与统计(见图 1)。

表 2 不同客流采集技术的适用性

| 客流采集技术 | 优点 | 缺点 | 适用性 |
|------------|-----------|--------------------------------|--------------------|
| AFC | 准确度高 | 无法得到出行路径 | 分时进出站客流、站间 OD(起终点) |
| 视频自动识别 | 区域数据采集效率高 | 随客流密度增加、精度下降 | 小区域客流统计 |
| 手机信令技术 | 精确度较高 | 中、微观层度采集精度较低 | 宏观区域的客流分析 |
| Wi-Fi 嗅探技术 | 对象定位至微观个体 | 数据量大,精度受 AP(无线接入点)设备密度和网络稳定性影响 | 室内场景的客流分析 |

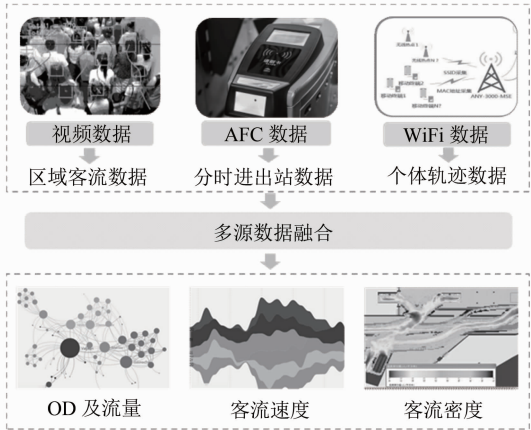


图 1 车站客流数据融合分析流程

2 车站客流数据分析及风险预判

城市轨道交通车站内部组成部分相互作用关系复杂,大客流的形成原因和传播规律较难以把握。因此,基于海量客流数据和对客流数据的精准实时感知,对车站客流实时状态进行识别和风险分析,并对客流变化趋势进行预测,是实现车站大客流智能管控的关键。

2.1 车站客流分布状态的感知

客流分析及风险预判的核心技术在于基于多源数据的实时感知信息,搭建大客流风险预警及智能辅助决策平台,为及时采取大客流处置决策提供依据。通过基于实时获取的车站客流数据,结合大数据可视化技术,诸如 GIS/BIM(地理信息系统/建筑信息模型)技术等,搭建车站的客流信息辅助决策平台(见图 2),对车站的客流数据进行实时可视化推送场景呈现,直观监测车站各区域的客流分布状态。

2.2 车站客流的趋势分析与风险预判

基于人工智能、机器学习以及聚类分析等智能

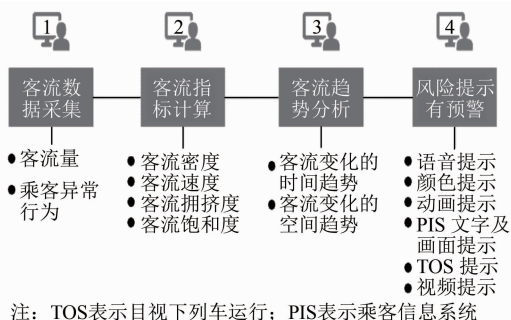


图2 车站客流分析及风险预警

算法,对海量历史客流数据进行归类和分析,挖掘车站不同条件以及不同日期类型下的时空特征,建立车站客流历史特征数据库,并根据历史客流状态和车站设施设备使用情况建立车站大客流分级指标及预警阈值。同时通过对历史客流的分析,也能有效探究大客流形成过程及传播规律,对于发掘车站时空拥堵瓶颈、优化客流处置决策方案具有重要意义。在此基础上,根据实时感知的客流数据对车站状态进行比对,识别其异常状态的类型、持续时间及可能的影响范围,对车站客流状况进行分级,可以有效支撑大客流处置决策的制定和实施,以此确定限流等级,并启动处置预案等^[13]。

此外,通过多维度、多类型的客流预测及组合模型和算法,根据实时客流数据对下一时间粒度下的客流状态进行预测,并根据相关指标进行预警,对于及时发现车站潜在客流风险、及时采取客流控制措施、及时进行预案更新,以及降低车站大客流风险具有重要的意义。

3 车站客流处置的辅助决策

有效利用客流精准感知结果和客流分布的精准预测及风险辨识等技术支持,对车站大客流实现有效的组织和诱导是大客流处置的数据驱动模式探索的最终目标。目前,客流处置决策主要以经验为主导,并在值班站长的指挥下实施客流控制措施,主观性较强,因此在应急处置的科学性、及时性和有效性上还存在较大的提升空间。

3.1 大客流处置的数据驱动模式

大客流处置的数据驱动模式是在客流感知和风险辨识的基础上,针对客流监测系统中识别出的客流风险智能启动客流管控决策和应急联动的处置模式。该处置流程包含了“客流全貌感知-融合客流检测-客流检测预警-智能决策启动-多方应急联

动-决策过程追踪-处置决策调整-处置效果评估”处置阶段。技术框架如图3所示。

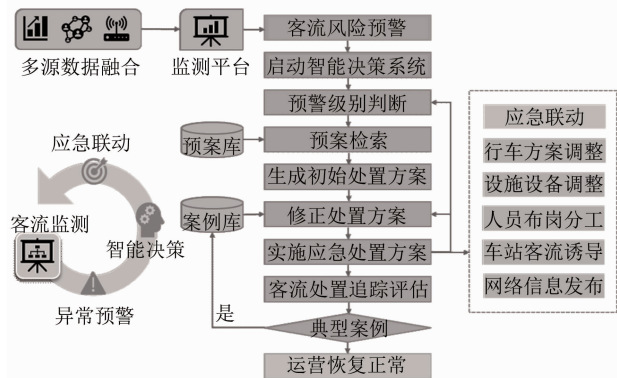


图3 大客流智能化决策技术

3.2 基于数据驱动的大客流处置要点

智能决策的启动是以客流精准感知为基础,当实测客流量达到系统分析阈值后,自动开启预警并分析生成大客流事件的相关信息,如发生区域、发生时间、事件类型、事件特征、事件影响、预计持续时间及影响范围。该信息生成后,系统依据对运营的影响程度对预警级别进行判断,并根据级别自动弹出报警及提示信息并进入应急处置阶段。处置阶段中,根据事件类型与特征,系统将基于预案库自动检索相关预案并生成初始处置方案。

初始方案生成后,系统终端将根据具体情况和历史事件案例库对初始的生成方案进行修正与完善。在方案的修改与完善过程中,处置终端可监视方案生成的整个过程并进行修改。处置方案生成后进入事件处置界面,处置界面显示相关操作流程并根据车站工作人员实时分布状况自动分配处置任务。在大客流处置的过程中,系统将自动追踪监控处置过程及处置效果,并实时根据客流处置效果对客流处置措施进行动态调整,直至客流恢复至正常情况。客流处置结束后,系统将对客流处置全过程进行追踪和评价,并将典型大客流事件计入历史案例数据库中,可为后续可能发生的大客流事件提供决策参考。

同时,在实施客流处置的过程中联动多种应急技术,包括行车方案调整、设施设备优化、人员分工自动布岗、车站客流诱导和网络信息发布的协同联动。在客流的全程诱导中,常态大客流情况下可以根据车站PIS发布换乘建议,引导乘客选择多种可替代的交通方式。异常状态下根据推算大客流的影响范围,对出行中直接受到影响的乘客推送建议

替换路径,同时向间接受到影响的乘客推送换乘路径进行绕行引导,以减缓大延误对网络的影响。

4 结语

基于精准的客流感知技术对轨道交通车站各区域客流进行全貌监控,得到车站的实时客流分布状况,并根据对历史客流的特征挖掘把握车站客流规律,从而为车站客流的异常检测提供参考,并在异常客流情况下基于数据驱动,充分利用智能化/智慧化辅助决策系统,实现车站大客流精准处置,对提升车站客流管控水平和城市轨道交通运营水平具有重大的应用价值。

目前,上海已经在一些试点车站初步探索基于数据驱动的大客流检测与处置方法,并取得了一定的成效,但还存在数据源复杂多样、数据兼容性差,以及设施设备种类和数量繁多等特点,后续仍需探究更多有效的数据融合手段和客流的趋势预判技术手段,这将是全面提高城市轨道交通运营水平的重要内容和重要方式之一。

参考文献

- [1] 胡明伟,史其信.城市轨道交通车站客流组织的仿真和评价[J].交通信息与安全,2009(3):39.

- [2] 高鹏,徐瑞华.城市轨道交通车站客流仿真中的事件驱动模型[J].系统工程理论与实践,2010(11):2121.
- [3] 杨梅,徐瑞华.城市轨道交通换乘站大客流组织的仿真[J].城市轨道交通研究,2011(9):48.
- [4] 段力伟,文超,彭其渊.突发大客流在城市轨道交通网络中的传播机理[J].铁道运输与经济,2012(8):79.
- [5] 段卫静,陈艳艳,赖见辉.北京地铁4号线客流特征分析[J].都市快轨交通,2013(4):43.
- [6] 陈菁菁,江志彬.基于WiFi嗅探数据的地铁网络客流分析技术[J].城市轨道交通研究,2018(5):160.
- [7] 蒲一超,尹梅枝,朱琼斯,等.基于手机数据的地铁线网清分模型验证与优化[J].都市快轨交通,2017(4):102.
- [8] 张霖,韩宝明,李得伟.基于图像技术的城市轨道交通大客流辨识[J].都市快轨交通,2012(1):72.
- [9] 李梅,李静,魏子健,等.基于深度学习长短期记忆网络结构的地铁站短时客流量预测[J].城市轨道交通研究,2018(11):49.
- [10] 王静,刘剑锋,马毅林,等.北京市轨道交通车站客流时空分布特征[J].城市交通,2013(6):18.
- [11] 陈菁菁.城市轨道交通客流检测技术的特征及其应用分析[J].城市轨道交通研究,2018(1):137.
- [12] 江志彬,刘伟,韩彦钊,等.城市轨道交通网络客流大数据可视化[J].城市交通,2018(2):70.
- [13] 江志彬,朱冰沁,周明.城市轨道交通网络限流方案的制定与评估及其应用[J].城市轨道交通研究,2017(3):5.

(收稿日期:2019-05-29)

受新冠肺炎疫情影响的2020年春运

历时40天的2020年春运2月18日落下帷幕。受新冠肺炎疫情影响,全国铁路、道路、水路、民航累计发送旅客14.76亿人次,比去年同期下降50.3%。这也比此前多部门会商预测的30亿人次少了约15亿人次。按照惯例,春运时间的计算是以春节当天为基准的,节前15天,节后25天。“今年春运后半程客流大幅缩水,旅游流、商务公务流等弹性客流大幅减少,旅客流局部地区甚至归零,返岗等刚性客流峰值减少并拉长,将溢出春运期。”交通运输部副部长刘小明说。这意味着,40天的春运虽然结束了,仍有很多人还未返程。今年春运前各部门摩拳擦掌,一些新线集中投入运营,客运服务不断创新。然而,突然到来的疫情打乱了今年春运的节奏。《工人日报》记者梳理交通运输部提供的数据发现,今年春运的第1个拐点出现在1月23日(腊月二十九)。当天全国发送旅客8349.9万人次,比去年同期下降0.1%。这是今年春运第1次出现发送旅客数量单日同比下降,此后一直延续单日同比下降的态势。今年春运的第2个拐点出现在1月26日,这一天,全国发送旅客数量同比下降63.2%。而从春运开始到1月26日的这17天,全国累计发送旅客11.86亿人次,比去年同期下降1.5%。这是今年春运累计发送旅客数量第1次出现同比下降,此后一直延续同比下降的态势。春运拐点的背后是疫情严重。今年春运第1个拐点当天,武汉“封城”。严峻的形势让不少人放弃了回家、旅游等出行计划。交通部门也为人们退票提供了便利,免收退票费的范围从到达、离开武汉扩至全国,并几次延期。一些地方受疫情影响暂停了部分交通线路,全国有28个省的多个城市暂停或者部分暂停城市公交线路,部分列车、航班暂时停运。一些地方为控制疫情甚至封堵道路。交通工具是一个人口密集、相对封闭的环境,这给交通部门的疫情防控工作带来了严重挑战。面对春运返程客流,交通运输部等多个部门2月3日联合印发了部署错峰返程的工作通知,要求为乘客隔位、分散就座等创造条件。而各地错峰开工、错峰开学等措施,也在疏解春运返程的人员聚集压力。今年的春运返程没有传统意义上的高峰,峰值大概在1500万人次,为原预测春运客运量的两成。2月15日,在国新办举行的新闻发布会上,刘小明分析,农民工返程客运量约为3亿人次,目前已返程约8000万人次,到2月底将要返程约1.2亿人次,3月以后返程约1亿多人次。预测待返校的学生客运量约为1亿人次,学生返程时间将根据开学时间确定。粗略计算可以得出,春运虽结束,还有约3亿人次待返程。

(摘自2020年2月20日《经济日报》)