

城市公共交通协调调度现状与发展趋势

张晓利¹, 陆化普²

(1. 交通运输部科学研究院, 北京 100029;

2. 清华大学交通研究所, 北京 100084)

摘要: 从城市公共交通网络结构变化、信息化等角度分析公共交通协调调度的必要性; 从多方式运营组织角度阐述城市公共交通协调调度的发展历史与现状, 剖析目前我国公共交通单一交通方式下的运营组织协调调度存在的问题; 从数据挖掘、协调调度模型与策略、调度决策支持等方面给出当前及今后一段时期内公共交通协调调度的发展趋势, 研究针对多源公共交通数据进行多主题、多维度的数据挖掘并建立相适应的多方式运营组织调度模型与策略的主要内容和方法; 提出今后一段时期内在完善公共交通数据资源库、海量数据存储和数据挖掘分析等方面的研究方向, 探索基于云服务模式的公共交通智能调度模式, 以实现各种资源的动态、精细化管理, 提高交通运输组织效率。

关键词: 城市公共交通; 协调调度; 多方式运营组织; 数据挖掘

中图分类号: TU984.191 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2014)01-0081-05

1 城市公共交通协调调度的必要性

1) 城市公共交通网络结构变化要求公共交通协调调度。

城市公共交通协调调度是提高城市公共交通系统的运行效率、消除复杂交通状态下可能出现的无序或低效状态的重要手段, 也是提高城市公共交通运营服务水平和公交吸引力、缓解交通拥堵的重要途径。目前我国城市公共交通正在经历着由运营方式单一、线路独立的普通公交运营服务模式向多层次、网络化方向发展。这样的结构变化要求不同交通方式和线路运营服务更加互补、协调, 在运营调度中更加强调随着客流特征和量级水平的变换及公交服务定位功能的改变而动态调整, 达到大客流通道运能匹配、干线与支线及接驳线协调调度组织等, 从而提高整个交通网络的运营效率。

2) 城市公共交通信息化为协调调度提供了坚实的信息和数据支撑。

城市公共交通的不同交通方式的协调调度是以信息化为基础的, 但又不仅仅是信息化能够完成的(图1)。近年来, 随着“公交优先”战略实施, 公交信息化得到了长足的发展, 主要体现在以下几方面: (1) 替代了传统的手工编制运营计划, 完成了公交信息的数字化基础数据及承载平台, 统一信息采集、集成和使用的标准和接口, 使各方数据能够相互融合和互相利用, 形成统一自动数据采集系统和数字化基础信息仓库; (2) 公交监控中心能够与下级监控分中心、交警指挥部门、路政系统及各级交通部门进行数据交换和共享; (3) 公交实时监控运用地理信息系统能够实时监测车辆实际运营情况, 及时了解车辆运营过程中涉及的重要对象和发生的重要事件(如人流聚焦、大间隔、突发事件等)。

3) 数据挖掘技术为公共交通协调调度提供了坚实的数据分析和处理基础。

城市公共交通信息化的不断完善和普及为协

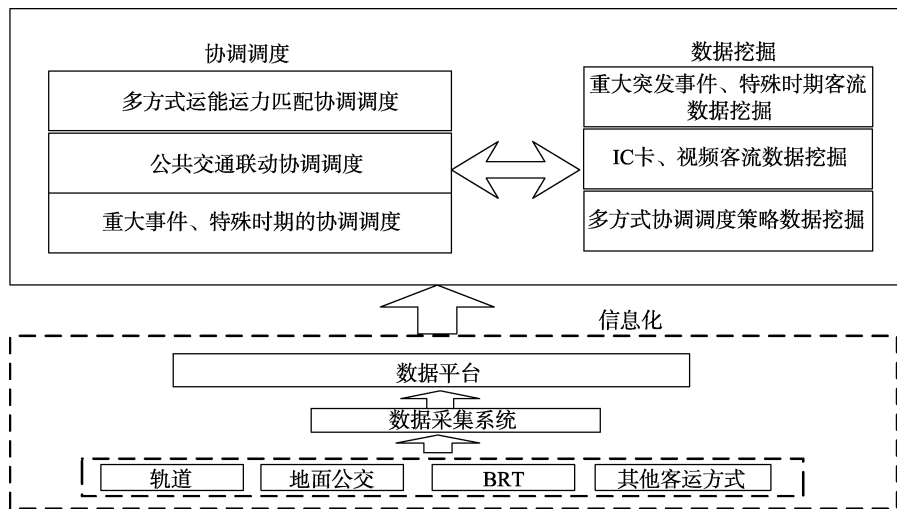


图1 城市公共交通信息化和协调调度的关系

协调调度提供了数据基础，但是在具有不同层级和功能日臻完备、复杂的城市公共交通网络和多方式协调调度的要求下，单纯的信息融合和筛查已经不能为多方式协调调度提供支持；而是更加需要分析和处理这些大量、异构的海量信息，通过数据挖掘得到客流与公共交通网络运能运力匹配所需信息，如客流时空规律、公共交通运力与客流之间的契合程度等，从而优化协调调度策略，使调度指令更加精细化、科学化，真正实现协调调度，从而整体提高运营效率和服务水平。

2 国内外城市公共交通协调调度的研究现状

在城市公共交通多方式协调调度的研究中主要有三种类型，即以独立线路运营为基础的调度、多线路集中调度和多方式协调调度。

2.1 独立线路运营调度

2.1.1 独立线路手工调度

基于独立线路的无协调调度的运营组织模式是城市公共交通信息化实现前普遍采用的一种模式。在这一阶段，城市公共交通服务基本以独立线路运营为主；制定公交运营计划主要依靠管理人员的经验和直觉，调度员、乘客和驾驶员之间缺乏联系，运营调度具有不稳定性的缺点；公交

企业的运营调度管理局限于发车计划调度，对于沿线站点，由于无法监控而不能做到实时、动态的运营调度。这种运营调度如果仅仅承载独立线路，或者不涉及与其他交通方式之间的衔接、配合问题，其调度不畅的影响面较小，很可能只限于出现本线路乘客滞留、运输不畅的问题。但是如果此线路是客运走廊干线，或者是与其他交通方式密切衔接的支线、接驳线等，如果协调调度不畅的话，很可能造成较大客流滞留于交通枢纽或者换乘站，其影响面不仅仅是一条公交线路的问题，而是一定区域或者较大范围内都会受到影响，甚至带来整个公共交通服务效率的下降。

2.1.2 独立线路智能调度

独立线路智能调度主要解决如何利用智能方法和数据挖掘方法建立独立线路的车辆调度和运营方式，以独立线路调度为主来最大限度地满足单线路的客流需求。V. Gintner 等^[1]针对单线路两个方向客流不均衡的问题，主要针对线路中空车发出及中途载客两个方面，深入探讨了如何优化放车调度的过程，并提出相关的优化智能模型。C. Ribeiro^[2]、C. Avisha^[3]等对进行公交车辆行程时间预测以实施运能调度、大站快车和区间车调度策略下的车辆分配、组织和调度及公交走廊的组合适度等智能调度进行了深入研究。

2.2 多线路集中调度

在 N. Kliewer^[4]、D. Huisman^[5]、V. Gintner^[6]等的城市公共交通协调调度研究中,没有局限于单一方式和独立线路,而是将关注热点投向了多场站、多车辆、多车队等涉及协调调度中的多线路调度问题(如到达时间、对车辆的特别要求)定性因素等,以及某些因素的随机性、动态性、时滞性、混沌性等多方式协调调度的影响。魏明等^[7]从系统最优角度构建多场站、多车辆的公交时刻表及车辆调度的双层规划模型,并探讨它们之间的有机联系。美国运输部的联邦公共交通运输管理局出版的关于智能公交系统发展现状的研究报告中,针对多线路的集中大客流集合与疏散、车辆故障等情况变化,参考路网交通运行状况,及时生成多线路集中组织调度应急运力调配预案,合理组织调配车辆和人员,有效应对服务需求变化。

2.3 多方式协调调度

随着城市多方式公共交通的日益完善,对协调调度运营的要求更加迫切。在国内外城市公共交通协调调度的研究中,根据公交调度特点,将研究重点放在了区域多方式协调调度和运营组织等领域。刘志刚^[8]、张飞舟^[9]等分别就换乘枢纽多方式协调调度、构建公交区域运营组织及调度系统等进行了系统研究,并整体提升了多方式协调调度的理论与方法水平。

我国发达城市的公共交通系统多采用多方式协调调度。例如,在“北京市公共交通运行监测与综合信息服务系统”中建立了日常监测、协调指挥、决策支持与信息服务3个业务平台,实现了公共交通综合运行监测评价与协调联动;通过有效监测公共交通(轨道、BRT、公交)运行速度和客流分布,对不同运输方式进行综合监测评价,使得多方式公共交通综合运输体系协同管理,形成了以智能调度指挥中心、公交救援抢修、快速公共汽车交通系统、枢纽站运营调度管理、乘

客信息服务、三级调度管理、应急指挥车、图像信息管理等应用系统为基础的公交智能调度管理体系,初步在缓解交通拥堵、综合运输协调、交通安全应急、公众信息服务方面发挥了作用。

3 目前我国城市公共交通协调调度的问题与不足

由上述分析可知,关于城市公共交通多方式协调调度的研究成果十分丰富,研究趋势为:从研究单一交通方式的运营组织调度向多种交通方式间的协调调度方向发展,以求获得最佳的整个公共交通体系的运营效率和最大限度地满足乘客需求。就公共交通多方式协调调度而言,数据挖掘技术为其提供了可行的研究手段,有助于解决现有成果的不足。

1)目前我国城市公共交通调度仍然主要集中于单一交通方式下的运营组织调度问题,而在多方式公共交通迅速发展的同时,城市客运结构发生较大变化,更加需要多种运输方式协同、协调调度,但是从某种程度上来说,其协调调度是有所滞后的。

2)灵活的调度策略与实施是实现协调调度的基本保障。有效的公共交通协调调度策略的制定是与深入研究不同数据源的客流时空分布、调度策略的实施效果及运营组织手段分不开的。而目前针对多源公交数据,进行多主题、多维度的数据挖掘,并根据数据挖掘结果建立相适应的多方式运营组织调度模型与策略的研究有待加深。现有的研究多采用双层规划、模拟仿真等模型或者手段,虽然能够取得在特定情况下的协调调度实验数据和结果,但是由于强调某一方面的功能定位,其研究结果与实际调度策略是否具有较高的契合度是多方式协调调度中需要迫切回答和解决的问题。

4 我国城市公共交通协调调度的发展趋势

近年来,随着我国“公交优先”战略的实施,在公交信息化的基础上不同交通方式的协调调度

也在快速发展,并呈现以下趋势:

1) 从独立线路运营组织调度向多种交通方式协调调度发展。

在公共交通运输结构发生较大变化的时候,从单一交通方式的运营组织调度向多种交通方式间的协调调度方向发展是大势所趋,以求获得最佳的整个公共交通体系的运营效率和最大限度地满足乘客需求。在具体的协调调度中,由于城市公共交通结构体系的调整,公交干支线间的协调运营显得尤为突出,通过在干支线路衔接站组织多条支线实现合理高效的换乘,为干线客流的集散提供良好的基础。当某条线路发生异常,引起换乘问题时,通过采取调度措施,使干支线换乘合理接续。

2) 对多源数据进行挖掘,实现智能协调调度。

根据不同交通方式的运营特点和交通需求,对公交 GIS 数据、IC 卡客流数据、车辆 GPS 数据、调度数据、轨道交通 AFC 数据等进行深度挖掘的基础上实现智能调度。

(1) 大运量交通方式协调调度。

主要针对轨道交通、BRT 等大运量交通方式,根据客流分布特征分析和数据挖掘实现大运量交通方式协调调度,以及以大容量交通方式为骨干、普通公共交通方式为辅而形成的干线与支线、接驳线格局下的换乘接驳模式、协调调度与策略。

(2) 公交枢纽、首末站的协调调度。

公交枢纽或者首末站的多种交通方式的协调调度主要涉及客流疏散、动态事件、限流信息等多源数据挖掘,以及对公交客流、场站及车辆运营服务进行多主题、多维度的聚类分析、关联规则等分析,揭示多方式客流时空分布、调度策略等之间的协调运营调度内在联系与规律。对有异常事件发生、特殊公交需求情况下的公交进行应急资源与协调调度数据挖掘,统筹应急资源;应用聚类分析对特殊情况下的客流流向、疏散情况进行分析,得到不同区域、不同公交需求下的客流疏散等级要求;建立公交枢纽大客流疏散要

求下的公共交通多方式协调调度模型,同时参考运行监督管理子系统反馈的实时运行信息,及时生成应急运力调配预案、协调调度策略和决策。

3) 建立调度模型和策略库,实现多方式协调调度。

(1) 多方式公共交通线网运能匹配策略调度。

通过多种交通方式的运能匹配调度,使大运量公交方式与常规公交接驳、轨道接驳、BRT 支线接驳等重要交通枢纽的效能充分发挥。利用数据挖掘结果,针对协调调度中不同交通方式的运营特点,综合来自不同线路的换乘乘客的等待时间和轨道线路、BRT 公交线路等,在城市公共交通系统中起骨干作用的线路之间实现最大同步换乘。

(2) 协调调度优化算法。

在以上多方式协调调度模型和策略中,需要根据乘客出行换乘信息、公共交通线网规划变更及运营车队的变化,实现调度算法的闭环反馈实时自动调整,使协调调度算法能够根据实际情况自动动态调整,始终保持算法模型的适应性。

(3) 调度策略专家库。

在对公交客流数据进行挖掘并掌握公交客流动态变化、时空分布特性和规律的基础上,与调度策略相匹配,建立协调运营调度专家库。专家库可以随时根据客流需求的变化采用灵活的调度策略和方法。调度策略专家库的功能主要包括:

系统向车辆发送调度短信、语音指令,进行车辆多样化调度,如调头、跳站、空放、停车、更改站序、加退营运、上下行切换等;

对多条公交线路、多方式实施调度,运营车辆跨线路运营,实现线路间资源调配的多方式协调调度(人员调配、车辆调配);

在紧急事件发生时,对不同交通方式、不同线路、车辆、人员进行综合调度。

5 结语

城市公共交通协调调度是公共交通信息化、智能化的重要组成部分。在今后一段时期内,城

市公共交通协调调度的发展需要在完善交通数据资源库、综合应用工作流程管理、海量数据存储和数据挖掘分析等方面进行深入研究, 并探索基于云服务模式的公交智能调度模式, 实现各种资源的动态、精细化管理, 提高运输组织效率。

参考文献

- [1] Gintner V, Kliewer N, Suhl L. Solving Large Multiple-depot Multiple Vehicle Type Bus Scheduling Problems in Practice[J]. OR Spectrum, 2005, 27: 507-523.
- [2] Ribeiro C, Soumis F. A Column Generation Approach to the Multiple-depot Vehicle Scheduling Problem[J]. Operations Research, 1994, 42: 41-52.
- [3] Avishai C. Methods for Creating Bus Timetables[J]. Transport: Part A, 1986, 21(1):59-83.
- [4] Kliewer N, Mellouli T, Suhl L. A Time-space Network Based Exact Optimization Model for Multi-depot Bus Scheduling[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 175: 1616-1627.
- [5] Huisman D, Freling R, Wagelmans A P M. A Solution Approach for Dynamic Vehicle and Crew Scheduling[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 172: 453-471.
- [6] Gintner V, Kliewer N, Suhl L. Solving Large Multiple-depot Multiple Vehicle Type Bus Scheduling Problems in Practice[J]. OR Spectrum, 2005, 27: 507-523.
- [7] 魏明, 靳文舟, 孙博. 区域公交车辆调度及购车计划的双层规划模型[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2011, 39(8): 118-124.
- [8] 刘志刚. 城市公共交通区域运营调度系统协同优化问题研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [9] 张飞舟. 公交车辆智能调度及相关技术研究[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2000.

The Current Situation and Development Trend of Urban Public Transport Coordination Scheduling

Zhang Xiaoli¹, Lu Huapu²

(1. China Academy of Transportation Sciences, Beijing 100029, China;

2. Institute of Transportation Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: From the perspective of urban public transportation structure changes and informatization, this paper analyzes the necessity of public transportation coordination managing. It also presents the history and current situation of the coordination managing from multimode operation organization perspective. The problems about single transport mode are analyzed. Based on data mining and the mode, strategy and decision support of coordination managing, this paper points out the development trend of public transportation coordination managing for the present and the future. The study also covers the study of public transport data from multiple sources to multiple topics, multi-dimensional data mining and the study of establishing compatible multi-way operation managing model with the main elements of the strategy and methodology. The paper proposes the researching direction of perfect public transport data, data storage and data mining analysis in the future and explores public transport intelligent dispatching model based on cloud service models in order to realize all kinds of dynamics, fine management of resources, and improvement of the efficiency of transportation organization.

Key words: urban public transport; coordination managing; multimode operation organization; data mining