

# 考虑时空动态与公平性的定制公交站线协同优化方法研究

盛椿婷 郭春敏

东北林业大学土木与交通学院, 中国·黑龙江 哈尔滨 150040

**摘要:** 论文聚焦定制公交站线优化问题, 深入探讨时空动态特征与出行公平性在其中的重要性。通过对定制公交运营现状分析, 构建站线协同优化模型, 并提出相应的求解策略与案例验证, 旨在为定制公交的科学规划提供理论支持, 以提升其服务质量与运营效率。

**关键词:** 时空动态特征; 出行公平性; 定制公交站线

## Research on Collaborative Optimization Method of Customized Bus Routes and Stations Considering Spatiotemporal Dynamics and Fairness

Chunting Sheng Chunmin Guo

School of Civil and Transportation Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang, 150040, China

**Abstract:** This paper focuses on the optimization of customized bus routes, delving into the importance of spatiotemporal dynamic characteristics and travel equity in this context. By analyzing the current status of customized bus operations, a collaborative optimization model for routes and stops is constructed, along with corresponding solution strategies and case studies. The aim is to provide theoretical support for the scientific planning of customized buses, thereby enhancing their service quality and operational efficiency.

**Keywords:** spatiotemporal dynamic characteristics; travel equity; customized bus station line

### 0 前言

城市化进程的加快致使城市交通拥堵, 公共交通缓解城市交通拥堵成为一个重要的方式。定制公交是为满足乘客出行需求, 可以灵活调整站线规划的一种公共交通模式, 是解决城市交通拥堵的一个新方法。但目前定制公交的站线规划还存在一定缺陷, 未考虑乘客出行需求的时空动态变化特征及出行公平性问题。探索考虑时空动态特征及出行公平性的定制公交站线协同优化模型具有重要意义。

### 1 定制公交发展现状与问题

#### 1.1 定制公交的发展背景

城市发展步伐的不断加快和人口数量的迅猛增长促使城市空间不断扩展, 人们出行多样化的需求与城市传统公共交通服务能力存在鸿沟。针对某一类人群在某一类出行时段的需求和某几个具体区域的空间需求, 传统公交系统难以完全满足, 定制公交迎合了用户群体的出行需求, 为人们带来出行便利和时间成本的节约, 从而改善传统公共交通服务存在的问题, 使公共交通服务更具个性化和便利性。

#### 1.2 现存问题分析

定制公交站线规划存在以下问题, 第一, 对于时变性与空变性的考虑不足。因为高峰期与非高峰期以及不同的区位公交需求量差异比较大, 所以规划中应尽可能地留有一定

的灵活性, 以便根据时段、地点进行弹性调整。然而, 目前规划的灵活性不足, 在一些时间段、区位出现公交资源闲置, 而在另一些时间段、区位出现公交资源不足等问题, 一定程度上造成公交资源利用率低的后果, 此外在运营过程中也会增加公交运营管理成本。第二, 在规划过程中缺乏出行公平。通常, 在定制公交站线规划过程中, 总是倾向于满足那些客流量大的区位与人群的出行需求, 而忽略了处于边缘地区的部分弱化人群的出行需求。在一定程度上导致他们的出行机会不公平。出行机会的不公平会助长不公平的萌芽, 从而不利于社会稳定。不仅如此, 从公交作为一项普惠民生出行方式角度来说, 定制公交旨在为全民乘客提供均等出行机会, 因此如何区分不同区位、人群出行差异与交通机会的公平性是定制公交站线规划的重要问题。

### 2 时空动态特征与出行公平性对定制公交站线规划的影响

#### 2.1 时空动态特征的影响

在时间维度上, 工作日和节假日、早晚高峰和平峰期的客流需求也存在明显不同。工作日的早晚高峰期是城市通勤客流高峰, 上班人员大批量出行乘坐公交车到上班地点, 通勤需求高度集中于公交系统。一些大城市 CBD 区早上 7~9 点的时候, 公交车站站台上人山人海, 排成长长的队等

候上公交车。平峰期则如中午和下午非上下班高峰期客流需求较少, 公交利用率也较低。休息日客流状况则比工作日客流状况稍显不同, 人们的出行更多的是为了休闲、购物等, 出行时间分布也相对分散, 客流需求高峰、低谷不像工作日那样明显。这种时间维度上的客流差异要求站线规划具有可调整性, 可以在早晚高峰期增加公交线路班次, 加大车辆发车间隔, 以满足大批旅客的出行要求; 在平峰期时可相应减少班次, 避免公交资源浪费。

在空间方面, 由于各城市不同地段所发挥的功能不同, 各区域客流的分布极不均匀。市中心商业区通常都会成为城市集中的人群聚集地, 市中心区域在白天时段会有很多消费者和工作人群聚集在这里, 人们对这个区域的客流需求是非常大的, 集中在白天时间段。例如北京的王府井商业区, 每天会有很多旅客和购物群众在这里聚集。由于人流过大, 因此公交站点所围的城市道路周围的客源也非常的多。小区指的就是人居住的区域, 因此在早晚高峰期会有很多乘车群众, 上下班时间会有很多民众从住宅小区抵达工作区域, 同时在晚间的时候也会有很多民众从工作区域回到小区居住。工业园区主要是指工厂公司集中出现, 这些工人需要在上下班时间段出行上班, 园区上下班时间段会有很多公交人群的需求。不同功能区人们在时间与强度方面都会有所区别, 因此站线的布置需要根据各个不同功能区特点进行合理规划。如果是一个功能为商业的区域, 那么就可以针对它增加公交线路的设置面积, 增设更多的站点, 能够让前来参与活动消费的人员快速到达各种不同的场所; 如果是一个住宅区的话, 就需要根据公交群中通勤时段的客源量来计划线路走向, 以便人们上下班回家快速到达小区。

## 2.2 出行公平性的影响

出行公平性指各类人群无论身处何地, 收入高低和年龄大小等, 都能平等享有公交服务。如果站线规划注重经济效益忽略出行公平性, 可能就会出现一部分人出行受阻, 造成社会分配不平等, 例如地处偏远地区或者低收入地区, 由于客流量较小, 可能在站线规划中被遗忘, 这些地区居民的出行极不方便; 一些高收入地区或者繁华区域, 可能公交线路与站点覆盖比较多, 居民出行更为便捷。此种情况会造成不同人群之间存在不同的出行机会不平等, 从而使社会进一步差距化。在站线规划中, 一定要考虑到各人群的出行需求, 对于老年人、残疾人等一些特殊的人群, 要加强无障碍设施建设, 例如无障碍公交站台、无障碍坡道等, 使他们可以方便出行乘坐公交; 对于低收入群体可以通过低票价或者优惠政策降低他们的出行成本, 提高其出行可及性, 同时结合站点及线路合理设置公交服务, 要防止出现公交服务盲区, 让各个群体均能平等享受出行权利。

## 3 定制公交站线协同优化模型的构建

### 3.1 模型构建的目标

定制公交站线协同优化模型求解的目标是在满足时空

动态性和公平性的前提下, 使得公交的整体运营效率和服务质量达到最优状态。适当设置站位和线路, 方便乘客使用公交车出行, 减少乘客的出行时间、换乘次数等。如客流较多的区域设置较多的站点, 在保障公交车站停点、起讫站之间起连接作用的前提下, 合理的公交线路设计, 力求从发线点直接将乘客送达目的地站, 减少不必要的绕行情况。在公交站线的协同设计中, 降低公交的运营成本。合理分配车辆路线、车辆班次等, 避免出现车辆闲置现象, 提高公交车辆的利用效率, 进而减少了空驶路程、空驶运营时间, 降低公交燃料的消耗、公交车辆维护等相关成本; 提高公交的利用效率, 减少不必要的资源浪费。提高公交群体之间权利的公平性, 使不同人群都能平等的享受公交服务。

### 3.2 模型构建的原则

#### 3.2.1 动态适应性原则

模型应根据时空的动态性特征进行动态调整, 以适应客流动态需求的变化。城市的不断发展、人们出行方式习惯的变化、客流需求也时常会进行相应的动态调整, 如新建的商业区或者住宅区就会有新的客流, 导致原有地区的客流动态分布会改变。因此需要根据客流动态分布的特点, 通过模型进行动态调整, 根据实时客流数据的变化动态更新公交线路, 调整站点设置, 可借助先进的信息手段, 比如智能公交、大数据分析等实时追踪客流数据的变化, 从而为模型动态的调整提供信息支撑。

#### 3.2.2 公平性原则

充分考虑不同人群的出行需求, 保障各类人员在公交服务中的公平性。在站线规划过程中, 针对不同的地区、不同收入水平、不同年龄段的人群开展调研、分析, 了解他们的出行特征和出行需求等, 对于弱势群体给予更多的关注和照顾, 提供更加便捷、舒适的公交服务等。如针对公交站台设置无障碍设施, 老年人和残疾人提供特殊的乘车服务等。避免公交服务中的不公平现象, 保障每个群体平等地享有出行服务的机会。

#### 3.2.3 协同性原则

站点与线路的规划应相互协调形成有机整体, 从而提高公交整体的运行效率。站点设置要根据线路的走向设置, 不能出现站点与线路脱节的情况。例如, 站点位置的分布要均衡, 能够覆盖客流的更多区域, 同时线路要能够连接到客流的重点站点, 将各个站点组合起来形成一个完整的公交网络体系; 不同线路要相互协调, 不能出现重复性线路或者空白线路的情况, 提高公交的整体运行效率。

### 3.3 模型的主要内容

#### 3.3.1 站点选择

第一, 站点选择。站点位置选择应综合考虑交通条件良好、临近道路、便于乘客前往以及与其他交通运输方式衔接等条件进行确定。第二, 站点的覆盖。由于人口密集的地区往往具有较大的客流需求, 所以应增加站点数目, 根据实际的客流需求并结合人口数量进行布设。例如, 在大型住宅

区周边设立公交站点。第三,站点的合理配置。根据不同时期的客流需求进行站点布置,满足不同时期客流需求。例如,针对商业区客流量高峰期的不同应进行合理布局。

### 3.3.2 线路规划

在线路规划方面,要结合站点分布和客流需求,规划合理的线路走向和站点设置,线路走向不走弯路,让乘客降低出行时间,同时注意线路的运营效率和服务水平,如合理设置车辆的发车间隔等,让乘客不用等候过长时间;设置停靠站点时,要综合考虑站点的重要性以及客流的需要,避免站点过多或过少,同时也要考虑其他线路的配套,构建起完整的公交网络,让公交系统获得总体运营效率的提升。

## 4 定制公交站线协同优化模型的求解策略

### 4.1 数据收集与分析

为了精准把控时空动态特征和出行公平性,需获得大量数据,即乘客出行需求数据、城市地理信息数据、公交运营数据等。乘客出行需求数据可以通过问卷数据、智能公交卡系统进行获取。问卷数据是通过问卷了解乘客出行的目的地、出行时间、出行起点和终点等;智能公交卡系统是通过记录乘客上车的时间、下车的位置等数据了解乘客出行规律的。城市的地理信息数据是通过地理信息(GIS)系统了解地理环境等,包括地形地貌及道路布局等。公交运营数据是通过公交智能调度系统来获取。包括车辆运行时间、发车间隔、乘客的数量等。通过对这些数据的剖析,可把握公交营运状况,为完善站线规划提供数据支撑。通过对这些数据的分析,可掌握不同时段、不同区域的客流需求变化规律,不同的群体出行特征。如通过乘客的出行时间和位置分析了解客流的高峰和低谷时段、客流密集的地点;分析不同年龄段及收入群体等出行需求,了解出行特征、出行偏好,可为出行的公平性分析提供数据支撑。

### 4.2 求解方法选择

启发式算法搜索能力较优、搜索效率高。启发式算法是指利用经验和规则进行搜索的一种算法,通过不断地尝试和改进,最后达到最优。例如,遗传算法,遗传算法是一种常用的启发式算法,其模拟生物进化的过程,经过选择、交叉、变异等操作,不断地优化质量。模拟退火算法可避免陷入局部最优解,提高求解的质量。模拟退火算法是一种概率算法,在搜索的过程中允许一定的随机扰动,从而跳过局部最优解,寻找全局最优解。混合算法,利用不同的求解方式相结合,使用算法优缺点,提高求解效率。

### 4.3 模型的验证与调整

求解得到初步站线规划方案后,需要对模型进行检验,结合实际运营数据反馈方案可运行、有效的可行性。将初步的站线规划方案运用到实际运行中,搜集与实际运营数据相关的数据,如乘客满意度、公交运营成本、车辆利用率等,对这些数据的分析进行评价方案的可行性能否满足实际需求、可降低公交运营成本、提高公交资源利用程度。若发现方案存在不合理地方,需要及时对模型进行调整优化。例如,若发现站点客流量比较大,导致站台乘客等待时间比较长,可以增加该站点公交线路或增加车辆发车间隔;若发现某条路线的运营成本比较高,可以优化路线,将该路线走向进行调整,减少空驶里程。反复的检验及调整,确保最终站线规划方案的合理性。

## 5 结语

论文建立的基于时空动态特征和出行公平性的定制公交站线协同优化模型,有效应对目前定制公交站线规划的不足之处。有效兼顾时间、空间上的动态特征和出行公平性,提升了公交资源的使用率,提升了公交服务水平,促进公共交通的可持续发展。今后研究可以扩大模型的覆盖面,引入更多的影响因素,如交通拥堵、气候变化等对定制公交站线规划的影响。可以加强模型的与实际运行的关联度,提高模型的适用性和可操作性。同时也可以研究更加优秀的模型求解算法,提高模型的求解速度、求解精度。

### 参考文献:

- [1] 朱品安.基于手机信令数据的定制公交站点选址与线路规划方法[D].哈尔滨:东北林业大学,2024.
- [2] 颜雪柯.基于站点内乘客不同出行时间窗的定制公交线路优化[D].南昌:华东交通大学,2024.
- [3] 戚心怡.网约车-地铁竞合关系分析及出行转移优化[D].南京:东南大学,2023.
- [4] 魏晨曦.基于客流需求的通勤定制公交站点与线路规划研究[D].北京:北京交通大学,2022.
- [5] 余继慧.考虑乘客忠诚的通勤定制公交站线规划模型[D].西安:长安大学,2022.
- [6] 王凯茜.基于“多点对多点”开行模式的定制公交站线规划研究[D].西安:长安大学,2022.

作者简介:盛椿婷(1998-),女,中国吉林白山人,在读硕士,从事交通运输规划与管理研究。