

DOI: 10.20035/j.issn.1671-2668.2024.04.005

引用格式: 赵泽舟. 大数据背景下公交客流分布及公交线网优化研究: 以嘉兴市为例[J]. 公路与汽运, 2024, 40(4): 19-22.

Citation: ZHAO Zezhou. Study on the distribution of bus passenger flow and optimization of public transit network under the background of big data: a case study of Jiaxing City[J]. Highways & Automotive Applications, 2024, 40(4): 19-22.

大数据背景下公交客流分布及公交线网优化研究

——以嘉兴市为例

赵泽舟

(嘉兴市公路与运输管理中心, 浙江 嘉兴 314000)

摘要: 大数据技术可为公交客流分析提供新手段和新路径, 运用大数据可以实现更加全面准确的客流监测与预测, 为辅助公交线路设计与运营管理提供科学依据。文中结合公交刷卡数据、智慧公交等相关信息, 利用大数据技术分析浙江嘉兴市公交客流的时间分布和空间分布特征及公交线网需求, 据此提出公交线网优化建议。

关键词: 城市交通; 公共交通; 公交客流; 客流分布; 公交线网优化; 大数据技术

中图分类号: U491.17

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2024)04-0019-04

1 大数据获取与处理

公交运营过程中会产生大量数据, 如 IC 卡交易数据、全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 定位数据、视频监控数据、天气数据及宏观经济数据等, 这些数据记录了乘客上下车、线路运行、天气状况及社会经济活动等信息, 是开展客流分析与管理的基础。部分城市建立大数据中心采集与整合多源数据, 运用云计算、大数据平台等技术手段实现海量数据的高效存储、管理与实时处理, 通过数据清洗、整合等提高数据质量, 保证分析的准确性。大数据获取与处理方法主要有:

(1) IC 卡交易数据。通过 IC 卡系统记录乘客刷卡上下车信息, 分析不同线路与时间段的客流规模、乘坐时间等特征。这是客流监测与分析的主要数据源, 但仅限于有刷卡习惯的乘客, 且需要运营商投入建设 IC 卡系统^[1]。

(2) GPS 定位数据。通过车载 GPS 设备实时跟踪监测车辆运行路径、速度等, 结合发车间隔与站点信息间接判断客流大小。这种方法设备投入较少, 但会受到车载 GPS 定位精度的影响, 客流判断不够准确^[2]。

(3) 视频监控数据。通过对监控录像进行人工或算法识别, 统计进出车门的乘客数量。这种方法设备投入较大, 且人工识别耗时费力, 难以实现实时

监测与大规模分析; 算法识别还存在一定误判率, 精度有待提高^[3]。

(4) 多源数据融合。综合运用 IC 卡、GPS、视频监控等多种数据, 通过数据融合算法提高监测准确性与全面性。这是目前较理想的方法, 但需要大量历史数据进行算法训练, 技术门槛较高, 投入也较大^[4]。

未来, 随着人工智能、计算机视觉及移动互联网技术的发展, 更多智能算法与终端设备将应用于大数据获取与处理, 如可利用智能监控摄像头进行客流统计, 结合 Wi-Fi、蓝牙等信号采集机制进行无刷卡客流监测, 采用人工智能算法实现多源异构数据的深度融合与学习等。利用这些新技术将极大提高监测精度, 扩大监测范围, 减少设备投入, 为全面而准确的大数据驱动下公交客流管理与决策提供有力支撑。

2 客流检测与运力评估

客流规模预测与运力评估是运营管理的关键环节, 直接影响网络资源的配置与调度。传统方式主要依靠历史数据与人工经验进行概括判断, 难以实现高精度与前瞻性预测。大数据技术可提供更加科学客观的路径, 它通过不同数据之间的深度融合与互动, 利用算法模型识别复杂规律, 实现客流变化的准确预测与运力需求的精细评估。

基于多年历史 IC 卡数据或近期视频监控数据,运用机器学习等技术手段建立客流预测模型。模型通过识别周期性变化、日变化、环境影响等复杂因素之间的内在联系,预测未来一定时间内客流高峰期与负荷量,同时结合城市道路建设、公共事件发生等信息评估外部环境变化对客流的潜在影响,对不同情景下客流进行预测,为应对突发情况或组织重大活动提供决策支持。

在预测未来客流变化规模的同时,结合线路站点分布、车辆运能及发车间隔等参数建立运力评估模型。模型综合考虑历史载客率与运能利用情况,根据预测客流量判断现有资源是否能满足未来需求。若存在运力过剩或不足等问题,则及时提出车辆减配、增购或替换等措施,确保运营安全与资源高效利用。

大数据技术能提高预测与评估的科学性和准确性,使预测与评估结果成为运营管理的关键指导。持续获取并深入分析海量数据,建立计算机算法模型,实现对复杂客流变化规律的自动识别与运力需求的动态评估。准确的短期预测为公交动态调度与突发事件应对提供实时决策支持,长期预测则为战略网络规划与资源配置保驾护航。运营商应加快部署大数据平台与分析系统,借助算法模型实现客流量的精准预测与动态运力评估,尽最大可能满足人民日益增长的出行需求,为城市交通高质量发展保驾护航。

3 客流分析及预测方法

嘉兴市运用大数据分析平台等技术手段,根据历史数据识别乘客出行模式,结合实时交通状况与事件发展进行短期和长期客流预测,模拟不同政策与事件对客流的影响,为线网规划提供参考依据。

3.1 线路客流特征

对嘉兴市所有公交线路的客流量进行计算统计,市区 100 多条公交线路中,38% 的公交线路(40 条)贡献了 80% 的公交客流量,说明客流量主要集中在 40 条线路。全年市区有刷卡记录的公交站点共 1 181 对,公交刷卡总客流量为 5 064.5 万人次,站点刷卡客流量的平均值为 4.3 万人次。按客流大小排名对市区所有站点进行分类统计,结果如下:客流量排名前 10% 的站点贡献了 63% 的客流量,排名 10%~20% 的站点贡献了 17% 的客流量,排名 20%~70% 的站点贡献了 19% 的客流量,排名

最后 30% 的站点仅贡献了 1% 的客流量。说明公交客流量存在“28”规律,即 20% 的公交站点贡献了 80% 的客流量。

站点可达性是指从研究站点出发,通过公交线路不换乘一次性可以到达的站点总个数。经统计分析,嘉兴市区可达性排名前 5 位的公交站点分别为阳光小区(317 个)、嘉兴火车站(287 个)、江南大厦(249 个)、华新花园南(248 个)、人民公园北(232 个),其中阳光小区的站点可达性最高,利用途经阳光小区的公交线路可以不换乘一次性到达 317 个公交站点。

在站点可达性的基础上分析嘉兴市公交站点服务匹配度,按式(1)计算,得到嘉兴市站点服务匹配度排名前 10 位的站点(见表 1)。

站点服务匹配度 =

$$\text{站点全年总客流量} / \text{站点可达性} \quad (1)$$

表 1 嘉兴市公交站点服务匹配度排名前 10 位的站点

排名	站点名称	服务匹配度
1	内河口岸	13 813
2	国际中港城	10 767
3	嘉兴火车站	10 178
4	春晓源一期	9 307
5	中南公寓	8 688
6	公交禾兴北路场	7 928
7	高照客运站	7 364
8	油车港中心小学	7 120
9	嘉兴汽车客运中心	7 040
10	大桥镇汽车站	7 037

3.2 客运量预测

公交 IC 卡信息量大且全面、简单、可靠,为出行空间分布研究提供了新手段。IC 卡数据能反映乘客出行规律,深入挖掘 IC 卡信息,可为公交日常调度、线网优化等提供基础性支撑。

根据嘉兴市公交客流及线路特征,结合 IC 卡信息,通过大数据分析手段推算公交客运量。在利用 IC 卡信息进行嘉兴市公交客运量预测中分两种情况进行分析:

(1) 只有一次刷卡行为或乘客一天中最后一次出行。由于居民出行采用的交通方式及出行目的具有多样性,有些情况不能根据刷卡数据推算出下车站点(D)点,如乘客一天中只有一次刷卡行为或乘

客一天中最后一次出行等。对于这些出行的推算,须根据出行目的地概率统计模型进行分配,分配方法见式(2),同时需要进行站点乘客下车人数估算。对同一线路上下行两方向同一站点上下车人数进行统计,发现上行某站的下车人数占该上行客运总人数的比例与下行该站点的上车人数占该下行客运总人数的比例相当,即上行某站的下车人数/上行总上车人数或总下车人数 $\times 100 =$ 下行某站上车人数/下行总上车人数或总下车人数 $\times 100$ 。

$$Q_{D(n)} = q_d r_n / r_{\text{总}} \times 100 \quad (2)$$

式中: $Q_{D(n)}$ 为 d 站点分配给 n 站点的不能确定 D 点的刷卡记录数; q_d 为以 d 站点为 O 点,不能确定 D 点的刷卡记录数; r_n 为 n 站点的下车总人数; $r_{\text{总}}$

为所有公交站点的下车总人数。

(2) 刷卡次数 ≥ 2 次。主要基于大部分乘客会回到上一段出行的终点作为下一段出行的起点的假设条件(见图1),推算公交刷卡次数 ≥ 2 次的交通出行量。乘客从第一次刷卡到第二次刷卡之间,可能是完成一次出行任务,也可能是完成从一条线路到另一条线路的换乘。根据居民出行规律,分析第一次刷卡和第二次刷卡间隔时间的长短判断刷卡次数 ≥ 2 次的乘客是哪种出行(换乘还是第二次出行)。间隔时间可能为车辆运行+到站+出行的时间,也可能为车辆运行+到站+换乘的时间。限于篇幅,本文不考虑换乘因素,主要基于乘客的第一种公交出行方式推算交通出行量。

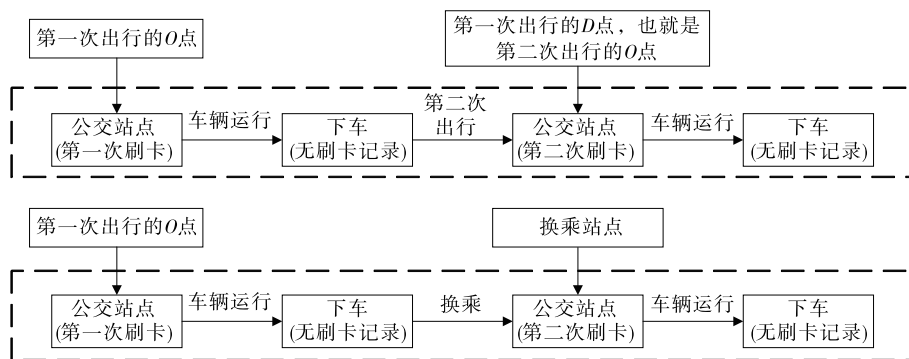


图1 刷卡次数 ≥ 2 次时OD推算的假设条件

4 大数据背景下公交线网需求分析

嘉兴市中心城区公交线路长度约220 km,建成区公交线网密度为2.75 km/km²,公交线路集中于核心区,核心区公交线网密度达5.33 km/km²,而外围街道如东栅街道只有1 km/km²,线网密度不均衡。下面结合公交客流的时空分布特征及换乘分布特征,分析大数据背景下嘉兴市公交线网需求。

4.1 公交客流的分布特征

嘉兴市公交客流24 h分布整体上呈明显的马鞍形早晚高峰,早高峰时段为7:00—8:00,晚高峰时段为16:00—17:00,高峰客流比例约为23%,与城市通勤交通早晚高峰基本重合。根据客流的时间分布特征,公交线网的运营组织应侧重于高峰时段,解决大部分公交通勤需求。

公交线路客流分布特征如下:在早、晚高峰出现时间上,乡乡、城乡、城城公交依次延后约30 min;乡乡公交在高峰时段的客流在全天客流中的占比明显高于城市公交和城乡公交,说明农村地区在高峰

时段对公交的依赖程度更大。城乡公交、乡乡公交及城城公交的客流高峰时段有所不同,应按照线路的实际需求进行高峰时段车辆配置,进一步优化车辆资源配置,而不是现在的统一化配置。

4.2 公交线网需求分析

4.2.1 客流“28”规律对公交线网资源配置的需求

根据站点客流统计结果,公交客流分布存在“28”规律。公交线网的资源配置应有所侧重,包括车辆、站点、线路等资源应侧重服务于80%的公交客流,优化公交的资源配置,达到资源的最大化利用。

4.2.2 公交客流走廊对公交线网结构性的需求

根据公交客流大数据分析结果,目前嘉兴市承担80%客流的公交站点主要集中在禾兴路、中山路、越秀路(中山路—中环南路)、昌盛路(中山路—中环南路)、中环南路(昌盛路—双溪路)、城南路、广益路、中环西路、纺工路、中环东路、双溪路、勤俭路等,中心城区形成了“四横六纵”的公交客流走廊,其中“四横”为昌盛北路、东升路、中山路、中环南路,

“六纵”为昌盛西路、嘉杭路、越秀路、城南路、禾兴路—新气象路、纺工路。公交客流走廊对嘉兴市公交线网的结构优化具有至关重要的作用,主要体现在:

(1) 公交客流走廊是城市中公共交通设施供给最集中的地区,也是公共交通客源和公交线路组织规模最大的廊道,对嘉兴市中运量公交线网规划起到指引作用,可为中运量公共交通选线提供数据支撑。

(2) 构建“网络分层次、线路分等级”的多模式、多样化的公交线网结构一直是嘉兴市公交发展战略任务之一,公交客流走廊的判读可为打造快线、干线公交提供数据支撑,使构建的快线、干线、支线多层次公交线网更具合理性及科学性。

4.2.3 站点可达性对公交线网优化的需求

从单个站点的可达性来看,目前嘉兴市有部分公交站点如内河口岸、国际中港城、春晓源一期、中南公寓、油车港中心小学、南江路广益路、海德饰博汇、亚厦风和苑等的可达性服务水平与其客流需求不成正比,在后期公交线网优化中应予以重点关注。如图 2 所示,目前公交枢纽区域的站点可达性较好,公交枢纽换乘的作用凸显;城区范围内东南片区及西北片区的站点可达性较薄弱,后期应结合公交场站及线路优化进行强化。

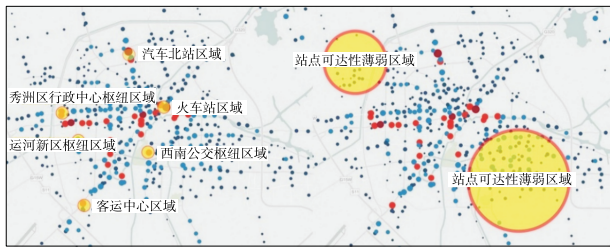


图 2 嘉兴市公交站点可达性分布图

5 大数据背景下公交线网优化

通过上述对嘉兴市客流分布和公交线网需求的分析,从宏观层面提出以下公交线网优化建议:

(1) 公交线路运营组织精细化,提高线网资源效率。在互联网思维下,公交服务不仅应满足老百姓最基本的出行需求,更应讲究效率、追求精准。公交服务者应改变坐等市民“靠过来”的习惯,主动“贴上去”,提供更贴心、更精准的公交出行服务。

(2) 重视现状公交客流的“28”规律或类似规

律,优化公交线网资源配置。城市公交客流的“28”规律或与其相似的规律对公交线网的资源配置起到至关重要的作用,应结合公交线网优化,重点研究车辆配置、线路配置、服务配置等,实现公交资源利用率的最大化,提升整体公交线网服务能力及利用效率。

(3) 注重公交走廊构建,优化公交走廊的线路布局。公交客运走廊的完整构建,一方面对构建“网络分层次、线路分等级”的多模式、多样化、兼顾效率与公平的公交线网体系起到催化作用,另一方面对中运量公共交通的实施提供客流支撑及走廊支撑。应在现状公交客流走廊的基础上进一步引导、构建更成熟的公交客运走廊。

(4) 重视典型站点及线路的客流特征,优化局部公交线网。公交大数据研究中发现,大部分城市存在大量典型特征站点,如客流与可达性差异较大的站点、可达性与换乘客流差异较大的站点,这些站点的形成原因有很多,公交线网的布设合理性是其中之一。应通过局部线网调整改善典型站点的可达性,方便乘客出行。

(5) 合理布局夜间公交线网,提升夜间公交服务水平。目前嘉兴市夜间公交线路的换乘比例过高,从侧面体现了现状夜间线路的直达性较差,线网布设与乘客需求不能较好地匹配。因此,对夜间公交线路的优化应以客流需求为导向,根据夜间客流需求优化夜间公交线网,提升夜间公交服务能力。

参考文献:

- [1] 王清校,孙磊,武建.基于多源大数据支撑的宁国市城市公交线网优化研究[J].安徽建筑,2023,30(2):17-19.
- [2] 张欣环,吴一昊,吴金洪,等.基于 IC 卡和 GPS 信息的城市常规公交客流分析[J].浙江师范大学学报(自然科学版),2019,42(2):208-214.
- [3] 马伯浩,布少聪,夏非凡,等.基于多维数据的常规公交时空客流分析[J].中国高科技,2021(10):125-127.
- [4] 丛晓洁.基于 IC 卡和 GPS 大数据的公交客流分析[C]//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会.协同发展与交通实践:2015 年中国城市交通规划年会暨第 28 次学术研讨会论文集.北京:中国建筑工业出版社,2015:211-217.

收稿日期:2023-06-30