

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2025.01.004

PCA 尺度对地铁站建成环境 与客流关联影响研究

卢源, 赵瑾, 姚轶峰

(北京交通大学建筑与艺术学院, 北京 100044)

摘要: 地铁站周边建成环境影响客流量, 但行人集水区(pedestrian catchment area, PCA)大小尚未统一。本研究旨在验证 PCA 大小是否影响地铁客流与建成环境相关性研究的结果值。以南宁市轨道交通 1 号线 25 个站点为例, 选取居住人口、工作岗位、商业设施等 5 个指标作为自变量, 站点实际乘客量作因变量。采用 OLS 回归模型, 对比不同 PCA 半径变量下模型拟合和影响因素的分析结果。地铁站点 PCA 不同范围的数据收集, 对客流量与建成环境关系研究结果存在影响。针对南宁市, 其 PCA 的半径取值为 600 m, 在地铁客流与建成环境相关性模型的拟合好于 300 m 和 900 m。PCA 范围会导致地铁客流与建成环境关联研究结果不一致。未来相关研究需针对不同 PCA 半径进行模型分析, 根据拟合效果确定适宜的 PCA 尺度, 提高研究准确性。

关键词: 城市轨道交通; 行人集水区(PCA); 回归模型; 建成环境; 客流; 南宁市

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2025)01-0030-07

The Influence of PCA Scale on the Correlation Model between Urban Built Environment and Rail Passenger Flow

LU Yuan, ZHAO Jin, YAO Yifeng

(School of Architecture and Design, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

Abstract: With the rapid development of urban rail transit, the subway, as an important public transportation, provides an efficient large-scale travel option. Previous studies generally believe that the built environment around subway stations affects the passenger flow, but the size of PCA (Pedestrian Catchment Area) has not yet been unified. The purpose of this study was to verify whether the size of PCA affects the outcome value of the correlation study between metro ridership and the built environment. Taking 25 stations of Nanning Metro Line 1 as an example, five indicators were selected as independent variables, including residential population, jobs and commercial facilities, and the actual passenger volume of the stations was used as the dependent variable. The OLS regression model was used to compare the results of model fitting and influencing factor analysis under different PCA radius variables. There were differences in the research results of the relationship between passenger flow and built environment in the data collection of PCA in subway stations within different catchment areas. For Nanning, the radius of the PCA is 600 m, and the fitting of the correlation model between subway passenger flow and built environment is better than that of 300 m and 900 m. The scope of PCA will lead to inconsistency in the results of the study on

收稿日期: 2024-04-27 修回日期: 2024-10-12

第一作者: 卢源, 男, 博士, 副教授, 研究方向为轨道交通 TOD、交通与城市互动关系, luyuan@bjtu.edu.cn

通信作者: 姚轶峰, 男, 博士, 副教授, 研究方向为城市轨道交通一体化, yfyao@bjtu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金(52102386); 国家青年科学基金(51908028)

引用格式: 卢源, 赵瑾, 姚轶峰. PCA 尺度对地铁站建成环境与客流关联影响研究[J]. 都市轨道交通, 2025, 38(1): 30-36.

LU Yuan, ZHAO Jin, YAO Yifeng. The influence of PCA scale on the correlation model between urban built environment and rail passenger flow[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(1): 30-36.

the association between subway passenger flow and the built environment. In the future, it is necessary to conduct model analysis for different PCA radii and determine the appropriate PCA scale according to the fitting effect to improve the accuracy of the research.

Keywords: urban rail transit; pedestrian catchment area (PCA); regression models; built environment; passenger flow; Nanning City

0 引言

20 世纪 90 年代,以公共交通为导向的发展(transit-oriented development, TOD)概念引起了广泛关注。TOD 模式的站点开发与城市交通战略也是目前学术和实践的研究热点,它重点关注了站点建成环境与地铁客流量之间的关系。地铁作为公共交通的重要组成部分,以高效的运行效率,为人们提供了大规模和快速出行的交通选择。然而,地铁的快速建设也带来了诸多实际问题,例如规划选线不当或匆忙建造的地铁线可能导致客流量较低或过度拥挤,难以达到地铁建设原本高效和可持续发展的公共交通目标。因此,探究地铁客流量影响因素成为相关领域研究者和交通机构的关注热点,已有大量成熟的研究,极大提高了假设影响因素对车站乘客容量影响的理解,但仍有问题没有得到充分研究,其中一个重要的问题就是没有一个公认的方法来定义地铁站的服务区域,通常称为行人集水区(pedestrian catchment area, PCA)。

PCA 是对城市轨道交通站点服务区域的简称^[1],也可以理解为车站吸引乘客的地理区域^[2]。本文所提及的轨道交通站点 PCA 是指地铁站实际服务范围,即以最短步行路径模拟得出的区域(见图 1)。2015 年,《城市轨道交通沿线地区规划设计导则》中以 15 min 步行可达区域规定为城市轨道交通影响区,即 500~800 m。许多研究人员以此为参考,使用 400 m~800 m 不等的



图 1 行人集水区(PCA)示意

Figure 1 Schematic of pedestrian catchment area

距离为半径来划定 PCA^[3-4]。可见在探究轨道交通站点客流与周边建成环境之间相互作用关系时,许多研究都依靠既有经验来确定地铁站 PCA 规模,而该规模决定了研究变量的数据收集范围,数据录入范围不同是否会对研究结果有影响,很多研究较少解释其有效性和合理性。

本研究的目的是探究地铁站点不同集水区范围内因素的测量值对地铁乘客量与影响因素之间关联研究是否有影响。主要涵盖两个问题:①不同的 PCA 大小选择是否会影响回归分析模型拟合结果?②PCA 半径值的选择如何影响地铁客流量与影响因素之间的相关性?研究结果可为地方政府制定和采用因地制宜的政策提供科学依据,以进一步提高地铁使用率。

1 相关研究综述

随着城市轨道交通的迅速发展,地铁客流量与周边建成环境的关系研究较为成熟,这些研究为优化城市交通规划和提高地铁服务质量提供了重要的理论依据,但在研究对象、方法和结果上仍存在一定的不一致性和有待完善之处。本文从站点建成环境的影响因素、合适的 PCA 半径选取以及新数据与技术的应用 3 个方面(见图 2)梳理与总结既有研究。

在站点建成环境影响因素方面,贺鹏等研究发现站点周边的企业办公聚集情况、商业设施、服务设施分布情况,直接影响了人们的出行目的和地铁整体吸引力^[5],可见站点周边各类服务设施分布会影响地铁进站客流量;安东等研究发现在居住人口或就业岗位集中地区产生大量的轨道交通进出站客流需求,人口密度和就业密度对多模式交通出行有正向影响,并且人口密度变量的影响程度大于就业密度变量^[6]。本研究旨在探讨 PCA 大小所收集的数据,对地铁客流量与建成环境影响因素两者之间关系的影响,梳理了既有研究中确定的站点建成环境因素,选取其中影响显著的因素作为本研究的解释变量,包括居住人口、工作岗位、商服设施、公共服务设施、公交通接等。

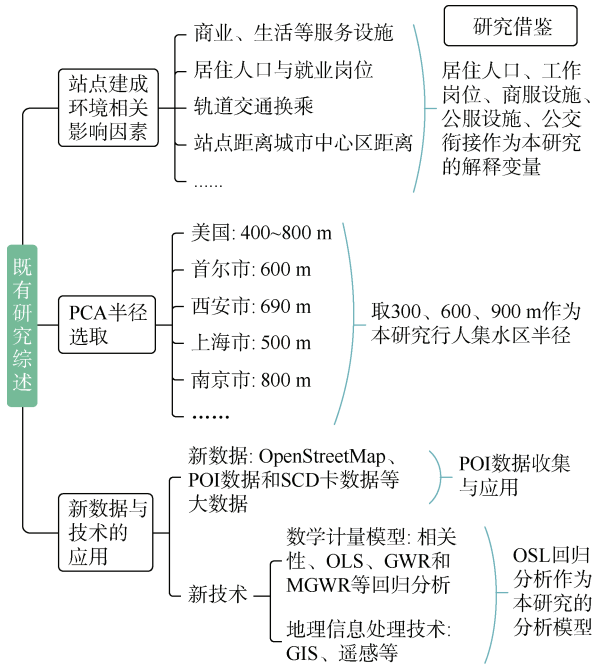


图 2 既有研究与借鉴
Figure 2 Existing research and reference

在 PCA 半径选取研究方面,许多学者关注轨道交通站点周边建成环境如何影响地铁乘客流量,但其研究结果往往不一致。一是与当地地理特征、社会发展、分析方法等有关,二是这些研究对站点 PCA 的划定不同,影响了解释变量的数据采集量,以及影响整个建成环境-因素影响地铁客流量的分析结果。目前国内外研究通常以 300~1 000 m 为半径划定 PCA 大小^[7-8],在研究不同城市时,研究学者会受到当地交通政策、站间距离大小选取不同的研究范围,因此目前很难确定地铁站最合适的半径,不同城市地铁站点 PCA 半径需要差异化确定。通过梳理国内地铁站点 PCA 研究,本文选取了现有研究中采用较多的 PCA 半径取值,即 300、600、900 m,作为本研究 PCA 半径,也相当于 5、10、15 min 的步行生活圈范围。本研究基于实际路网应用步行路径划定模拟 3 个 PCA 研究范围,然后收集相关解释变量的数据。

在新数据与技术应用研究方面,OpenStreetMap、POI 数据和 SCD 卡数据等大数据广泛应用于各个领域,极大地减少了数据收集成本,扩大了研究数据规模,促使研究更加精细化与科学化。同时,地理信息系统的各类分析技术的发展,为大数据收集与统计各类变量数据研究提供了新的技术,从而提高了数据分析效率。例如,程国柱等使用 POI 数据,应用 GIS 的密度分析,研究了不同类型商服设施对地铁站点进站

量的影响^[9]。此外,数学计量模型也广泛应用于城市地铁客流影响分析。目前研究主要使用 OLS、GWR 和 MGWR 回归模型探究地铁客流量影响因素及其影响程度,但不同模型对不同类型地铁站点在影响因素分析拟合结果不同。相关研究表明:对于就业型与商住型站点客流量影响因素的分析,OLS 模型拟合结果较优^[10]。因此,模型需要结合研究对象特征,选取合适的回归模型方法进行研究。

总的来说,已有研究运用数学模型探索了假设影响变量与地铁乘客量之间的关系,但研究结果仍然不一致。这种不一致可能是由于变量数据统计录入方式的差异,特别是在数据统计范围选取的阶段中。同时,相关研究较少深入分析不同范围对各类因素分析结果的影响程度。本研究以南宁市轨道交通 1 号线为例,该地铁沿线站点周边主要集聚居住、办公及生活服务相关配套设施,选取了 OSL 回归模型,探究 PCA 的大小是否影响回归模型模拟结果,以及对单个解释变量分析结果的影响。

2 研究方法

本研究基于 ArcGIS 软件,整个研究可以分为以下 3 个阶段(见图 3):①建成环境影响因素选取;②数据获取与处理,包括客流强度数据、假设解释变量数据;③回归分析计算,结果讨论与结论得出。前两个阶段分别进行研究因变量与自变量的数据,最后一个阶段应用 OSL 回归模型,对比不同 PCA 区域模型的整体拟合结果、不同解释变量的显著性以及不同空间分布站点拟合结果的差异。

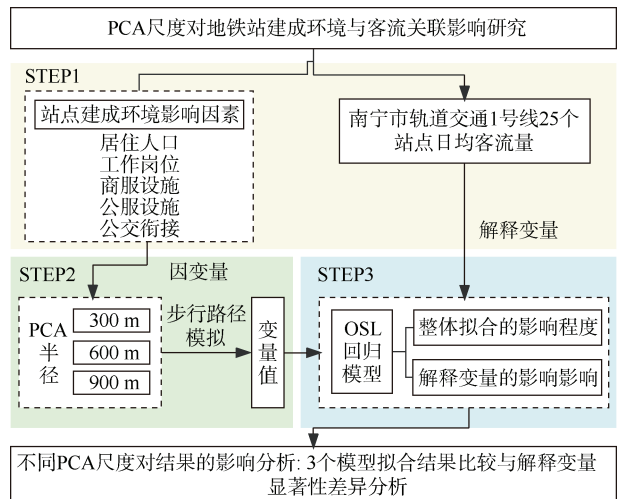


图 3 技术路线
Figure 3 Research workflow

首先, 筛选轨道交通站点建成环境影响因素。本研究重点旨在探索不同缓冲区选取导致录入客流量影响因子数据不同, 是否会对地铁站建成环境与客流量影响关系研究产生不同结果。自变量选取是基于现有站点周边建成环境对客流量影响研究, 选取 5 个常见的引起地铁客流量变化的因素, 包括居住人口密度、工作岗位密度、商服设施密度、公共服务设施密度、公交站点密度。其次, 数据获取与处理。本研究先采用 ArcGIS 网络分析工具, 以站点为中心, 以 300、600、和 900 m 为步行距离, 基于研究区域实际交通网络, 使用最短步行路径计算工具得到 3 个不同 PCA 尺度的区域。然后, 本研究使用按地理位置处理工具, 统计自变量数据, 并使用密度分析工具得到最终自变量(见表 1)。其中, 设施类密度分析的输入数据使用总建筑面积属性值进行计算分析。最后, 本研究采用 OLS 回归模型探究各类要素对客流量的影响程度, 通过 SPSS 软件, 将自变量与因变量数值标准化, 再进行 OSL 回归分析, 对比回归分析模型所得到的 R^2 、F 统计量的

表 1 自变量统计与处理

Table 1 Variable description and statistical data processing

变量名称	变量描述
居住人口密度	站点缓冲区内居住人口数量与缓冲区面积的比值
工作岗位密度	站点缓冲区内办公岗位数量与缓冲区面积的比值
商服设施密度	站点缓冲区内商服设施 POI 数量与缓冲区面积的比值
公共服务设施密度	站点缓冲区内公共服务设施 POI 数量之和与缓冲区面积的比值
公交站点密度	站点缓冲区内公交站点 POI 数量之和与缓冲区面积的比值

P 值、各回归系数的 Beta 值等参数, 总结拟合结果的差异与影响。

3 研究区域与数据来源

3.1 研究区域

有研究表明, 车站年龄对地铁乘客量有所影响, 运营历史较长的车站往往具有更高的乘客量。因此, 本研究选取南宁市最早开通的轨道交通 1 号线作为研究对象(见图 4), 对该线的 25 个地铁站点展开研究, 以减少地铁线路运营年龄对数据分析结果的影响。

3.2 数据来源

本研究数据主要包括南宁市轨道交通 1 号线所有地铁站进出站乘客量数据、地铁站点地理信息数据、站点周边的服务设施 POI 数据及职住人口分布数据, 具体数据来源如表 2 所示。其中, 服务设施 POI 数据不仅包含点位信息, 还包含建筑面积、建筑层数等开发量信息。

3.3 变量数据处理

1) 因变量。本文以地铁站点进出站日均客流量作为因变量。研究利用了南宁地铁的数据, 该数据记录了 2021 年 6 月 28 日—7 月 24 日的地铁站进出乘客量。本文对工作日与周末不做区分研究, 计算进出站乘客量每日平均值(见图 5)。其中, 1 号线载客量最高的车站是朝阳广场站, 有 91 435 人次, 而佛子岭站的载客量最低, 仅有 1 398 人次。进出站差异最大的是火车站, 进出站相差 2 988 人次。



图 4 南宁市轨道交通 1 号线

Figure 4 Nanning Metro Line 1 route map

表 2 数据来源
Table 2 Data source

数据名称	时间	数据来源
南宁市轨道交通 1 号线站点客流量	2021 年	南宁市轨道交通企业提供
南宁市轨道交通 1 号线站点数据	2021 年	百度地图平台
南宁市设施 POI 数据	2021 年	通过高德地图 API 爬取
南宁市公交站点数据	2021 年	通过高德地图 API 爬取
南宁市居住人口数据	2021 年	通过数位观察网站获取
南宁市工作岗位数据	2021 年	通过数位观察网站获取

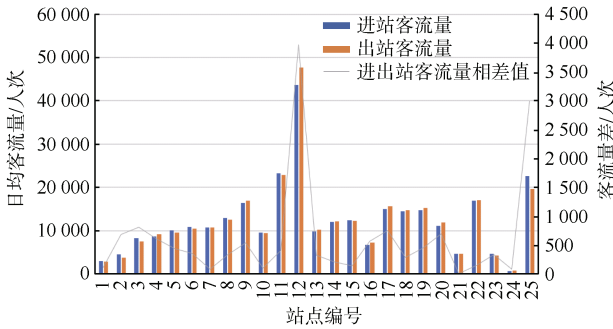
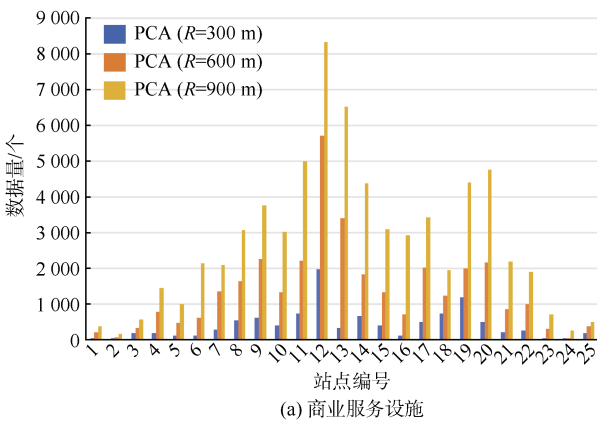


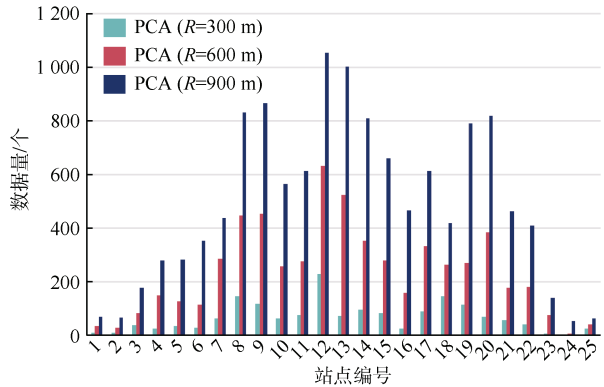
图 5 各站点进出客流量

Figure 5 Passenger flow entering and exiting subway stations on Nanning Metro Line 1

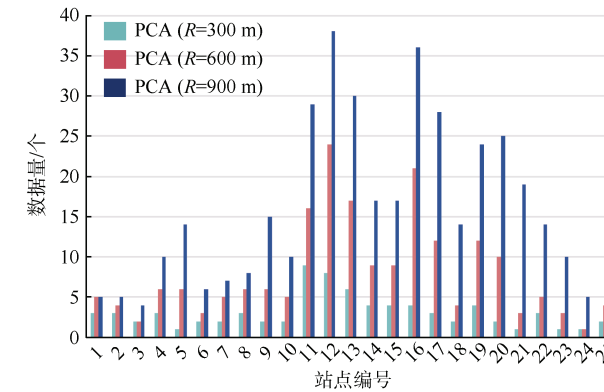
2) 自变量。在规定地铁站点 PCA 时, 本研究范围站点站间距平均值为 1.34 km。研究统计了南宁市轨道交通 1 号线的自变量数据(图 6~8), 发现: 与市中心距离越近的站点(即线路中间的站点), 随着搜索半径的扩大, 各类影响因素的数量增加量变化较大, 通常多于靠近市郊区的站点。而靠近始末站的站点往往位于市郊区, 随着半径的增加, 各类影响因素的数量增加量变化不大。对于商业设施点、公共服务设施点和公交站点的 POI 数量, 扩大搜索范围的半径值, 其数量的增加量不大。居住人口和工作岗位数量则表现为随着搜索半径的增加, 其数量增加量变化较大。



(a) 商业服务设施



(b) 公共服务设施



(c) 公交站点

图 6 站点周边 POI 数量统计

Figure 6 Point of interest

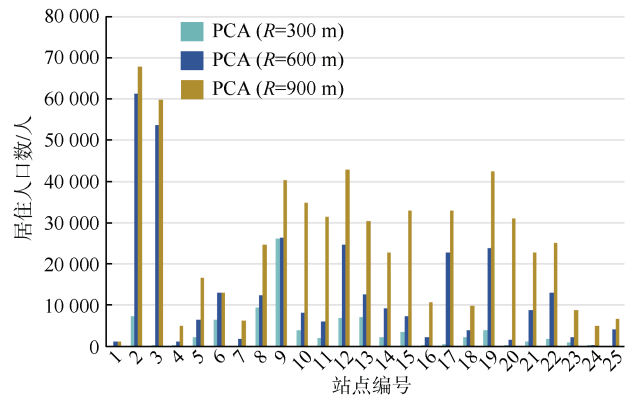


图 7 站点周边的居住人口数量统计

Figure 7 Statistical count of residential population at subway stations of Nanning Metro Line 1

4 分析结果与讨论

研究应用 OSL 回归分析模型得到最终结果, 如表 3 所示。

4.1 不同缓冲区域模型拟合能力对比

对比评估模型性能, 多重可决系数 R_2 (Multiple R-Squared) 越接近 1 表明模型拟合程度越好, $R(300 m) =$

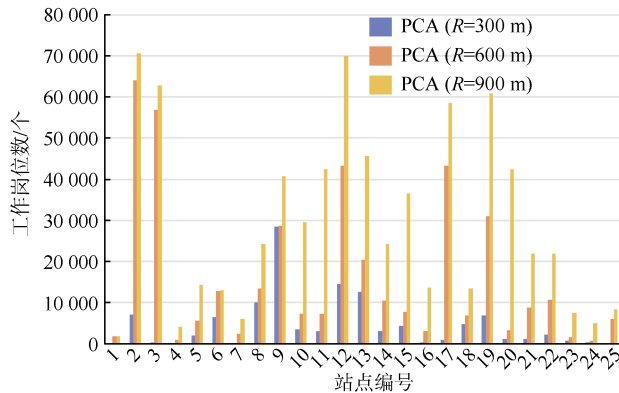


图8 站点周边工作岗位数量统计

Figure 8 Statistical count of office job positions at subway stations of Nanning Metro Line 1

0.741, $R(600\text{ m})=0.709$, $R(900\text{ m})=0.538$, 表示不同 PCA 范围自变量测量值分别解释因变量站点乘客量中大约 74.1%, 70.8%, 53.7%, 说明了样本的拟合度在 300 m 缓冲区与 600 m 缓冲区差异不大, 而 900 m 缓冲区拟合程度较低。

表3 解释变量相关性结果

Table 3 Results of exploratory variable correlation analysis

		商服 设施	公服 设施	居住 人口	工作 岗位	公交 接驳
PCA $R=300$	标准化系数 Beta	1.572	-0.727	0.093	-0.105	-0.113
	显著性 P 值	0.048**	0.984	0.886	0.911	0.235
	t	2.114	0.02	0.145	-0.113	1.228
PCA $R=600$	标准化系数 Beta	0.797**	0.630**	0.087	0.252	0.600**
	显著性 P 值	0.002***	0.046**	0.880	0.870	0.578
	t	3.62	-2.14	0.152	-0.165	-0.565
PCA $R=900$	标准化系数 Beta	0.682**	0.547**	0.238	0.422*	0.563**
	显著性 P 值	0.050*	0.210	0.629	0.553	0.593
	t	2.09	-1.298	-0.491	0.604	-0.544

注: **、*、*分别代表 1%、5%、10% 的显著性水平。

对比模型显著性, F 统计量的 P 值 < 0.05 , 则过 F 检验, $P(300\text{ m})=0.143\ 735$, $P(600\text{ m})=0.028\ 779^*$, $P(900\text{ m})=0.030\ 467^*$, $t(300\text{ m})=1.342$, $t(600\text{ m})=2.891$, $t(900\text{ m})=1.954$, 即 PCA($R=600\text{ m}$)和 PCA($R=900\text{ m}$)范围设立的模型表现为整体性显著。

对比各站点的 StdResid(标准化残差值), 范围在 $[-2.5, 2.5]$ 之间的站点个数差异不大(见图 9), 模型均通过残差检验, 表明标准残差呈现正态分布, 因此各个模型的表现都比较优异。

综合上述 3 个方面比较, PCA 半径为 600 m 的模型具有较好的模拟能力。这一观察结果可以认为选取 600 m 为半径划定范围作为南宁市轨道交通站点 PCA

区域来研究地铁乘客量和站点建成环境关系的合理性。600 m 的距离通常相当于距离地铁站 10 min 的步行距离。该研究结果与韩国地铁站点 PCA 选取研究结果一致, 600 m 空间尺度的合理性在上海地铁站点建成环境因素与乘客量的关联研究^[4]中也得到了证明。

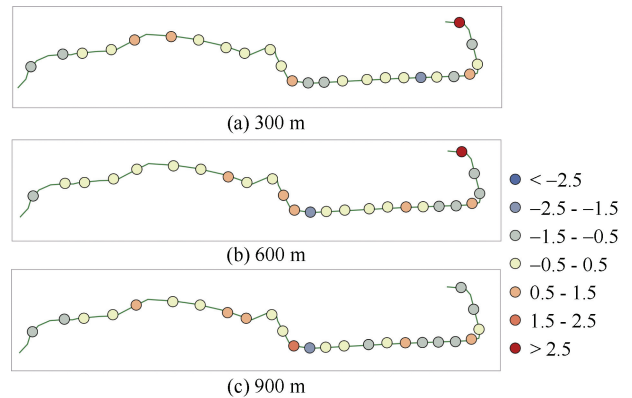


图9 不同量化范围的模型拟合 StdResid 值

Figure 9 Model fit of StdResid values for different quantitative ranges

4.2 解释变量的拟合结果分析

本研究进一步比较了 3 种不同缓冲区大小模型中自变量的相对重要性和排名, 结果表明缓冲区大小对建成环境与地铁客流量的关系模型确实有显著影响。尽管影响因素在各种缓冲区大小的模型分析中相关性程度强弱排名保持一致, 但影响因素的显著性表现出不一致的结果(见图 10)。具体来说: 土地多样性通常被认为可以促进 TOD 发展, 商业服务设施与公共服务设施的分析结果也显示出类似的影响。然而, 当 PCA 半径逐步变大时, 它们对地铁客流量的影响显著性降低, 表明

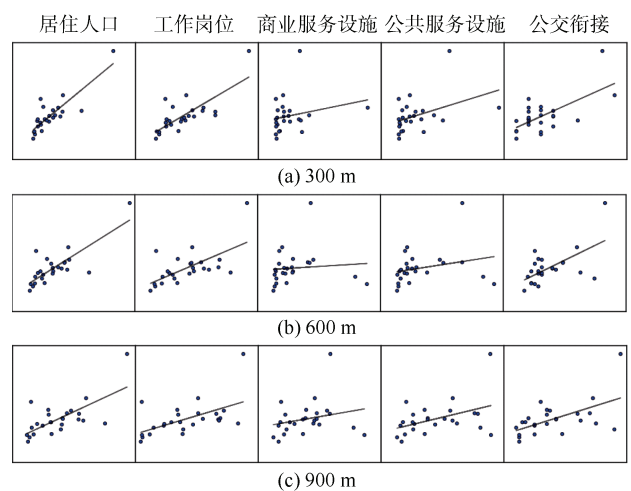


图10 解释变量相关性分析

Figure 10 Exploratory variable correlation analysis

这些设施越靠近或集中在地铁站点周围,越有利于促进地铁使用频率。相反,居住人口与办公岗位的影响程度随着PCA的半径扩大而影响不大,影响程度有微小提升。这种差异可能归因于不同缓冲区的居住人口密度和办公岗位密度随着空间尺度变化不那么明显。

5 结论与展望

本文探究了轨道交通站点的不同PCA尺度对地铁乘客量与建成环境之间关联研究是否有影响。本研究以南宁市轨道交通1号线25个地铁站为例,基于步行路径模拟划定300、600、900m的行人集水区,收集了沿线居住人口密度、工作岗位密度、商业服务设施密度、公共服务设施密度以及公交站点密度5类解释变量值,采用OSL回归模型分析得到不同PCA尺度下,解释变量与地铁客流量之间的回归模型拟合结果及解释变量显著性结果。比较结果发现:PCA大小选取对地铁站建成环境与客流量之间的关系研究有影响,具体而言:

1) 不同的PCA大小选择会对地铁客流与建成环境因素回归分析模型拟合结果有所影响,综合对比多重可决系数 R_2 、P值以及Std.值,南宁市地铁客流根据600m半径划定的PCA来测量变量数据所建立的模型具有较好模拟能力,600m相当于距离地铁站10min的步行距离。

2) 在不同半径值PCA范围里,解释变量中居住人口密度与工作岗位密度的显著影响结果值差异不大,但随半径增大,商业服务设施、公共服务设施和公交设施的显著影响逐步下降。这种差异可能归因于不同缓冲区的居住人口密度和办公岗位密度随着空间尺度变化不那么明显,而生活服务类设施密度越靠近地铁站点周围,其密度值越大;

3) 影响地铁客流量变化的因素并不分布在固定的地理范围内,在研究时,需要进行不同PCA半径变量下的模型分析,根据较好的拟合值,来确定适宜的PCA规模,提高研究的准确性。

相比以往文献,本文在以往研究模型基础上,应用OSL模型方法来逐步确定适宜的PCA大小,为南宁市政府在地铁站集水区内的用地规划和交通出行预测设定基准提供科学依据,可以应用在客流预测、TOD开发范围确定、交通接驳设施规划等,以进一步提高地铁使用率。本研究仍然存在局限性,该研究是基于南宁市轨道交通1号线进行的,研究结果可能限于南宁市参考,未来应探索更多的案例并比较城市之间的差异。其次是对规范的挑战,不同城市或城市内部,不应所有站都采用统一的600m标准,未来工作应根据市区和市域、站点功能等灵活确定,以得出更

普遍的结论。

参考文献

- [1] 李高远. 重庆市轨道站域步行环境影响因子研究: 以5个典型站点为例[D]. 重庆: 重庆大学, 2022.
Li Gaoyuan. Research on walking environmental impact factors in Chongqing rail station area: A case study of five typical stations[D]. Chongqing: Chongqing University, 2022.
- [2] CHOI J, LEE Y J, KIM T, et al. An analysis of Metro ridership at the station-to-station level in Seoul[J]. Transportation, 2012, 39(3): 705-722.
- [3] KUBY M, BARRANDA A, UPCHURCH C. Factors influencing light-rail station boardings in the United States[J]. Transportation research part A: policy and practice, 2004, 38(3): 223-247.
- [4] LIU Xiang, CHEN Xiaohong, TIAN Mingshu, et al. Effects of buffer size on associations between the built environment and metro ridership: a machine learning-based sensitive analysis[J]. Journal of transport geography, 2023, 113: 103730.
- [5] 贺鹏, 李雯茜, 李妍, 等. 建成环境对轨道交通客流非线性影响的空间特征[J]. 交通运输系统工程与信息, 2023, 23(3): 187-194.
HE Peng, LI Wenqian, LI Yan, et al. Spatial patterns of nonlinear effects of built environment on Beijing subway ridership[J]. Journal of transportation systems engineering and information technology, 2023, 23(3): 187-194.
- [6] 安东, 简海娣, 陈思美. 基于MGWR模型的轨道站点客流时空影响因素研究: 以西安地铁1—6号线为例[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2023, 55(1): 20-26.
AN Dong, LIN Haidi, CHEN Simei. Research on temporal and spatial influencing factors of passenger flow at rail stations based on MGWR model: taking Xi'an Metro Line 1-6 as an example[J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology (Natural Science Edition), 2023, 55(1): 20-26.
- [7] 丛雅蓉, 王永岗, 余丽洁, 等. 土地利用因素对城市轨道交通车站客流的时空影响分析[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(1): 116-121.
CONG Yarong, WANG Yonggang, YU Lijie, et al. Spatial-temporal effects of land use factors on metro station passenger flow[J]. Urban mass transit, 2021, 24(1): 116-121.
- [8] 李国强, 杨敏, 王树盛. 基于AFC和POI数据的轨道交通车站客流影响因素挖掘[J]. 城市轨道交通, 2019, 17(1): 102-108.
LI Guoqiang, YANG Min, WANG Shusheng. Influence factors exploration of rail station-level ridership using AFC data and POI data[J]. Urban transport of China, 2019, 17(1): 102-108.
- [9] 程国柱, 周林芳, 徐慧智. 基于GWR的城市轨道交通车站客流预测模型[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2019, 43(2): 198-203.
CHENG Guozhu, ZHOU Linfang, XU Huizhi. Passenger flow forecast model for urban rail transit stations based on GWR[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2019, 43(2): 198-203.
- [10] 庞磊, 任利剑, 张哲浩, 等. 基于乘降客流特征的轨道交通站点分类及客流量影响因素分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2023, 23(4): 184-193.
PANG Lei, REN Lijian, ZHANG Zhehao, et al. Metro station classification based on boarding and alighting passenger flows and ridership impact factors[J]. Journal of transportation systems engineering and information technology, 2023, 23(4): 184-193.

(编辑: 傅依萱)