

河谷型城市兰州市公共交通设施空间分布特征及影响因素

何凯东

兰州交通大学建筑与城市规划学院

DOI:10.32629/bd.v9i11.4589

[摘要] 本文以兰州市为例,利用POI、路网等开源数据划分 $3\text{km}\times 3\text{km}$ 格网,综合运用核密度分析、空间自相关及地理探测器等方法,探究河谷型城市公共交通设施的空间分布特征及影响因素。结果表明:(1)设施呈现层级化空间集聚,城市核心区极化发展,地铁串联主干轴线,公交覆盖人口密集区,停车场与商业功能适配均衡,火车站辐射全域;外围区域沿功能节点和地理阻隔差异化分布。(2)分布受“地形-功能”复合驱动,科教文化与居住用地主导影响,功能区位和产业园区约束较弱。该研究可为河谷型城市公共交通合理布局提供参考。

[关键词] 河谷型城市; 兰州市; 公共交通设施; 空间分布; 影响因素

中图分类号: D631.5 文献标识码: A

Spatial Distribution Characteristics and Influencing Factors of Public Transport Facilities in the Valley-type City of Lanzhou

Kaidong He

School of Architecture and Urb Planning, Lanzhou Jiaotong University

[Abstract] Taking Lanzhou City as an example, this paper divides a $3\text{km}\times 3\text{km}$ grid using open-source data such as POIs and road networks. By comprehensively applying methods including kernel density analysis, spatial autocorrelation, and the geographical detector, this study investigates the spatial distribution characteristics and influencing factors of public transport facilities in a river valley city. The results indicate that: (1) Facilities exhibit hierarchical spatial agglomeration. The urban core area shows polarized development, with subway connecting main axes, buses covering densely populated areas, parking lots matching commercial functions evenly, and railway stations radiating throughout the region. Peripheral areas are distributed differentially along functional nodes and geographical barriers. (2) The distribution is driven by a "topography-function" composite, with science, education, culture, and residential land use exerting dominant influences, while functional and industrial parks have weaker constraints. This study provides a reference for the rational layout of public transport in river valley cities.

[Key words] River valley city; Lanzhou City; Public transport facilities; Spatial distribution; Influencing factors

引言

我国山地与河谷型城市数量众多,受地形约束呈现带状延展、空间受限、交通组织特殊的典型特征。公共交通设施作为城市运行的关键支撑,其空间布局直接影响居民出行效率、城市功能组织与土地利用效益。兰州市作为黄河上游核心河谷型城市,呈现两山夹峙、黄河穿城的狭长格局,城市空间拓展与交通设施配置长期受地形制约,与平原城市的圈层式布局存在显著差异。

当前城市交通研究多聚焦平原城市,针对河谷地形约束下公共交通设施空间集聚特征、分异规律、驱动机制的系统性研究相对不足。基于此,本文以兰州市公共交通设施为研究对象,

融合POI、路网、人口等多源开源数据,采用核密度分析、空间自相关与地理探测器模型,定量揭示设施空间分布规律与核心影响因素,以期同类河谷型城市公共交通优化布局、提升服务均等化水平提供实证依据与理论参考。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

河谷型城市作为山地城市的重要类型,指受河流切割与山脉夹峙作用形成的线性延展城市,其空间形态与交通组织具有显著的“带状集聚、纵向受限”特征^[1]。兰州市作为这一类型的典型代表城市,其空间格局深刻诠释了河谷地形对城市发展的双重效应,既塑造了沿河走廊的高密度开发带,又形成了山前

坡地的交通阻隔区^[2]。作为甘肃省省会,该市现辖3县5区,市区受黄河穿城、两山夹峙的地形制约,形成典型带状河谷城市格局。

1.2数据来源

本研究以河谷型城市兰州市行政辖区为研究区域,涵盖城关区、七里河区等8个区县。研究数据由道路网络、人口分布和兴趣点三类数据构成。道路数据采用2023年OpenStreetMap平台提供的矢量路网;人口数据整合甘肃省第七次人口普查网格化统计资料,并利用手机信令数据优化职住分布特征;POI数据通过高德地图开放平台采集,经数据清洗、坐标转换等处理形成空间数据库^[3]。

1.3研究方法

1.3.1核密度分析

核密度估计是一种计算点元素在其邻域内密度的方法,核密度分析结果直观反映了元素的空间分布格局^[4]。其计算公式为:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n k \frac{1}{\pi r^2} \frac{d_{ix}}{r} \tag{1}$$

式中, f(x) 为位置x处的核密度估计值; n为样本数; r为搜索半径; k为权重函数; d_{ix}表示样本点i到x的距离。

1.3.2空间自相关

空间自相关是度量地理要素某特征值在空间上关联程度的统计量度。要素间距离越近,其相关性越强^[5]。采用全局莫兰指数和局部莫兰指数方法揭示空间集聚程度。公式如下:

$$I_G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij}} \tag{2}$$

$$I_i = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \tag{3}$$

式中, I_G是全局Moran’ sI指数,取值范围在[-1, 1], I_i是局部Moran’ sI指数,用来衡量空间单元i的局部自相关性, n为空间单元的个数; x_i和x_j分别为第i个和第j个要研究的地理事物或现象, x为所研究的空间对象的均值; ω_{ij}为空间权重矩阵。

1.3.3地理探测器

地理探测器是一种基于空间分异特征的分析方法[6],能够有效识别多因素对空间格局的影响机制。

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2 \tag{4}$$

式中, n、σ²分别为公共交通样本量和方差; n_h和σ_h²为h类影响因子的样本量和方差; L为h类影响因子的分类数量; q为影响因子的解释力,取值为[0, 1],影响因子的解释力随数值增大而增强。

2 结果与分析

2.1空间分布特征

2.1.1核密度分析

兰州市公共交通设施呈“单核引领—廊道延伸—梯度衰减”的河谷型分布格局。高密度区沿黄河谷地连续带状集聚,与城市

南北发展主轴耦合;北部秦王川盆地及南部生态屏障区因地形阻隔呈低密度。整体呈现“单极引领—多核协同”的复合模式,中心城区为密度极核,沿黄河两岸轴向梯度扩散。

2.1.2空间自相关

本研究采用全局空间自相关分析,测得地铁站、公交站、停车场、火车站、综合交通设施Moran’ sI指数分别为0.193、0.521、0.724、0.021、0.736。99%置信水平下Z值均显著,各类设施呈明显空间集聚,停车场集聚度最高。局部空间自相关显示,兰州公交设施呈核心极化、廊道延伸格局。高-高集聚位于城关、七里河主城核心区,沿黄河形成高密度带,与商服、行政功能高度契合;高-低集聚零散分布于安宁、西固等功能片区;低-高集聚位于主城过渡带;低-低集聚集中在永登、皋兰、红古等远郊,设施配套薄弱。

2.2影响因素分析

2.2.1影响因素选择

本研究结合前人成果与兰州市实际,构建了含8个关键影响因素的指标体系(表1),涵盖人口密度、道路密度及六类城市功能区。以地铁站点、公交站点、停车设施、铁路枢纽及设施总量为因变量,系统探究兰州市公共交通网络的空间布局特征与形成机制^[7]。

表1 影响因素指标选择

变量类别	指标名称	定义	包含内容
响应变量	总公共交通设施	格网中各类公共交通设施密度(个/km²)	
	地铁站	格网中的地铁站密度(个/km²)	
	公交站	格网中的公交站密度(个/km²)	
	停车场	格网中的停车场密度(个/km²)	
	火车站	格网中的火车站的密度(个/km²)	
解释变量	路网密度	格网中的道路长度与面积之比(km/km²)	
	人口密度	格网中的人口数量与面积之比(万人/km²)	
	居住用地	格网中的住宅类用地密度(个/km²)	住宅楼
	商务办公	格网中的办公类设施密度(个/km²)	写字楼
	产业园区	格网中的产业园区密度(个/km²)	产业园
	科教文化	格网中的科教文化密度(个/km²)	高等教育、科研单位、小学、中学等
	商业购物	格网中的商业购物密度(个/km²)	购物中心、百货商场
	公园游憩	格网中的公园景点密度(个/km²)	景点、公园

2.2.2因子探测分析

基于因子探测分析表明(见表2),所选取的影响因子均达到显著性水平。研究显示,各因素影响程度存在明显差异:科教文化设施(0.959)和居住用地(0.954)的影响最为突出,其次是商业购物区(0.933)、商务办公区(0.917)、路网密度(0.895)、人口密度(0.894)和公园绿地(0.675),而产业园区(0.407)的影响相对较弱。这一排序表明,科教文化设施和居住用地对交通设施的空间布局起着决定性作用,其余因素影响较小,对产业园区的影响尤为微弱。

表2 因子探测q值表

	地铁站	公交站	停车场	火车站	总体公共交通设施
路网密度	0.851	0.828	0.873	0.116	0.895
人口密度	0.851	0.828	0.873	0.116	0.894
居住用地	0.899	0.787	0.963	0.148	0.954
商务办公	0.902	0.724	0.925	0.178	0.917
产业园区	0.281	0.477	0.361	0.070	0.407
科教文化	0.932	0.756	0.978	0.140	0.959
商业购物	0.900	0.793	0.936	0.173	0.933
公园游憩	0.614	0.630	0.658	0.085	0.675

路网密度与人口密度是决定公交站和停车场分布的核心因素，与设施密度正相关。居住区作为出行起讫点，构成次级影响因素。科教文化区对地铁、公交及停车场的驱动效应强于商业区。写字楼影响呈梯度特征，停车场关联性最强(q=0.925)，公交站最弱(q=0.724)。产业园作为外围就业中心，与公交系统整体关联度最低，但其公交站分布密度相对突出，火车站布局概率最低。

2.2.3交互作用分析

为系统探究综合影响因素及其交互作用机制，本研究运用地理探测器方法进行了分析。结果显示，单因子解释力呈现梯度分化，科教文化(q=0.959)与居住用地(q=0.954)作为主导驱动因子，产业园区(q=0.407)与公园休憩(q=0.675)则体现基础制约特性。通过多因子交互探测分析可知，公共交通设施的空间分布受多元要素协同作用显著，其中关键因子的交互效应普遍强于单一因子影响。

3 结论与讨论

河谷型城市公共交通设施呈显著地形适应性与层级化集聚特征，以兰州市为例，形成“核心极化—廊道延伸—节点辐射”三级结构：主河谷廊道支撑中心城区高密度集聚，地铁、公交适配核心需求，火车站辐射全域；外围受支谷与地形阻隔，呈差异化组团分布。设施布局受“地形—功能”复合驱动，科教文卫与居住用地主导，功能区位调节，产业用地约束弱，多因子交互放大协同影响。研究基于多源地理数据与地理探测器，验证了带状集聚与两岸分异特征，与平原城市环状扩展形成对比，且地形起伏度显著影响公交线网，站点密度随坡度增大呈非线性衰减，深化了河谷地形与城市扩张双重制约机制认知。

[参考文献]

[1]冯涛,石培基.河谷型城市三生空间竞争与生态环境效应——以兰州市为例[J].水土保持研究,021,28(3):229-234,241,3.

[2]贾卓,王玉洁,曹辉辉,等.丝绸之路沿线的兰州城市空间演变及其影响因素[J].第四纪研究,2022,42(1):311-324.

[3]罗镁玲,毛志莹.基于poi数据的城市公共交通设施空间分布研究——以广州市为例[J].江西科学,2023,41(2):370-376.

[4]李玉娟,彭仕兰.基于标准差椭圆的长三角地区产业集聚特征分析[J].统计与决策,2024,40(1):136-141.

[5]张帅.中国新型城镇化与低碳交通耦合协调时空格局及其驱动因素[J].生态经济,2023,39(10):115-123.

[6]王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.

[7]吴娇蓉,田子立.公交资源配置错位区域的辨识方法及优化策略[J].同济大学学报(自然科学版),2025,53(07):1063-1073.

作者简介:

何凯东(2001--),男,汉族,甘肃省天水市人,研究生,职称:研究生在读从事的研究方向:城乡规划理论。