引文格式：丁楠楠,杜萍,刘涛,等. 空间正义视角下的兰州市公共服务设施配置研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(6):87-91. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.06.019

空间正义视角下的兰州市公共服务设施配置研究

丁楠楠[1,2,3]，杜　萍[1,2,3*]，刘　涛[1,2,3]，张子皓[1,2,3]

（1. 兰州交通大学测绘与地理信息学院，甘肃 兰州 730070；2. 地理国情监测技术应用国家地方联合工程研究中心，甘肃 兰州 730070；3. 甘肃省地理国情监测工程实验室，甘肃 兰州 730070）

摘　要：公共服务设施是保障民众生活品质的重要物质载体，完善和提升公共服务设施配置具有重要的现实意义。以空间正义理论为基础，基于15 min生活圈建设要求，运用聚类分析和核密度估计等多种方法，探究了兰州市公共服务设施空间分布现状、相关性、集聚性及不同收入群体15 min可达的设施分布情况。结果表明：①兰州市建成区各类公共服务设施整体呈现明显的“西北-东南”走向，且具“多中心”分布的特点；②居民小区与教育类和医疗类设施的相关性最强，而与文化类和休闲类设施的相关性最弱；③各类公共服务设施呈现不同聚集态势，平均最近邻距离均不同，呈聚集性分布的最大距离存在差异；④不同收入群体的空间公平性不同，应进一步完善和优化公共服务设施的配置。

关键词：空间正义；公共服务设施；空间分布；POI

中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）06-0087-05

Research on the Public Service Facilities Configuration in Lanzhou City Under the Perspective of Spatial Justice

DING Nannan[1,2,3], DU Ping[1,2,3], LIU Tao[1,2,3], ZHANG Zihao[1,2,3]

(1. School of Geomatics and Geographic Information, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China
2. National-Local Joint Engineering Research Center of Technologies and Applications for National Geographic State Monitoring, Lanzhou 730070, China
3. Gansu Province Engineering Laboratory for National Geographic State Monitoring, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Public service facilities are crucial material entities that contribute significantly to the overall well-being of individuals. Enhancing and optimizing the distribution of these facilities holds substantial practical importance. Drawing on the principles of spatial justice and the imperative of constructing a 15-minute living circle, we used various methodologies, including cluster analysis and kernel density estimation, to investigate the current spatial distribution, correlation, aggregation, and the accessibility of facilities within a 15-minute radius for different income groups in Lanzhou City. The findings show that ①public service facilities in the built-up area of Lanzhou City exhibit a noticeable “northwest-southeast” trend and demonstrate a multi-center distribution characteristic. ②The strongest correlation exists between residential areas and education-related and medical facilities, while cultural and recreational facilities exhibit the weakest correlation. ③Different types of public service facilities manifest distinct aggregation patterns, with variations in average nearest neighbor distances and differences in the maximum distance of clustered distribution. ④Spatial justice varies among different income groups, underscoring the necessity to further enhance and optimize the allocation of public service facilities.

Key words: spatial justice, public service facility, spatial distribution, POI

空间正义是城市规划的核心价值观，主要关注人在空间生产与分配中公平、全面和持续的发展，以保证个体享有公平合法的空间权利和维护平等的社会关系[1-3]。当前，公共服务设施的空间公平性已经成为城市空间分析领域的研究重点[2-6]。

本文以空间正义理论为基础，以兰州市建成区为例，结合城市“15 min生活圈”建设要求，采用标准差椭圆、核密度估计、平均最近邻、多距离空间聚类等多种方法，分析兰州市公共服务设施的配置情况、空间分布特征及不同收入群体居民步行15 min范围内公共服务设施的可达性，探讨现有公共服务设施空间分布的公平性，进而提出公共服务设施进一步优化的策略。

项目来源：国家自然科学基金资助项目（42061060、42261076）；兰州交通大学优秀平台资助项目（201806）。
第一作者简介：丁楠楠（1997—），硕士研究生，研究方向为城市空间分析，E-mail：1807472544@qq.com。
通信作者：杜萍（1976—），博士，副教授，研究方向为应急制图、地理空间语义网及网络GIS等，E-mail：422017390@qq.com。

1 研究区与数据

1.1 研究区概况

兰州市位于我国西部地区、蒙新高原和青藏高原三大自然区的交汇处，是西北地区最大的综合性工业城市之一，也是西北干旱地区典型的河谷盆地型城市，城市空间结构具有河谷型盆地型城市的典型特征[7]。兰州市下辖三县五区，由永登、皋兰、榆中3县和城关、七里河、西固、安宁、红古5区组成，共辖47个镇，14个乡，53个街道和433个社区，行政区域土地面积13 192.31 km^2，户籍总人口为336.28万人[8]。本文选取兰州市建成区作为研究区域，主要包括城关、七里河、西固和安宁四区的大部分地区。

1.2 数据获取与预处理

本文所用数据包括兰州市行政区划数据、VPP/VIIRS夜间灯光数据、公共服务设施POI数据、居住小区数据及其他数据。

1）兰州市行政区划及夜间灯光数据。兰州市行政区划数据来源于CTAmap网站（https://www.shengshixian.com），夜间灯光数据来源于资源环境科学与数据中心（https://www.resdc.cn/Default.aspx）[9]。本文基于以上数据提取兰州市建成区：选取2021年全国夜间灯光数据并裁剪出兰州市范围的夜间灯光影像如图1所示。

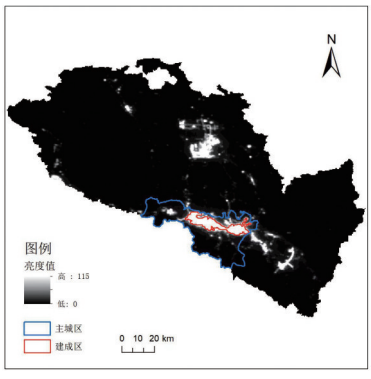


图1 兰州市夜间灯光影像

审图号：甘S(2021)91号

2）公共服务设施POI数据。利用Python语言从高德地图、百度地图和谷歌地图中爬取兰州市公共服务设施数据。通过数据融合，挑选去重后，利用建成区面积裁剪得到建成区范围内的POI，再通过高德路径规划API，筛选出位于步行15 min生活圈范围的POI数据，如表1所示。

3）居住小区数据。从链家网（https://lz.lianjia.com/）下载小区数据（包含小区名称，户数，经纬度，物业费和参考均价等信息），结合在Bigemap GIS Office软件上下载的遥感影像图，手动矢量化后，得到居住小区的shp数据。

表1 公共服务设施分类

设施类型	类别细分	数量/个	比例/%
教育类	幼儿园、小学、初中、培训机构	897	16.9
医疗类	综合医院、专科医院、专业卫生机构、社区卫生院、药房	1 273	24.0
文化类	图书馆、美术馆、文化宫、展览馆、博物馆和科技馆	73	1.4
体育类	体育馆、健身馆	275	5.2
购物类	商店、超市	2 054	38.8
交通类	公交站、地铁站	595	11.2
养老类	养老院、老年活动中心	67	1.3
休闲类	广场、公园绿地	64	1.2
合计		5 298	100

4）其他数据。主要包括兰州市2022年统计年鉴和各区的统计公报。

2 基本理论与方法

2.1 空间正义理论

空间正义是社会理论中对社会公正反思的空间维度，是对不正义的空间表现的批判[10]，空间正义将空间与社会视为一体，揭示社会与空间生产过程中，不同空间尺度（如身体、小区、社区、街道、……、全球）、不同领域（如资源、土地、环境、性别等）存在的差别及这些差别所引发的空间不平等，并力图通过实践活动改变这些不平等现象[11]。

2.2 K-means聚类

K-means聚类算法是数据挖掘领域中经典的基于划分的聚类方法之一。该算法的目的是把n个点划分到k个聚类中，使得同一聚类中的对象相似度较高，而不同聚类中的对象相似度较低[12]。

2.3 标准差椭圆

标准差椭圆是一种能够准确揭示各类地物空间分布特征的方法，主要用来揭示地理要素的空间关系，也适用于描述和分析地理要素空间分布随时间变化的过程。该方法可以通过椭圆平均中心、长短轴和方位角等参数描述地理要素的空间分布特征。

2.4 核密度分析

核密度分析可以反映元素在空间分布上的相对集中程度。要素之间距离越近，相互关联程度越高。核密度计算公式如下：

$$F_i=\frac{1}{n\pi R^2}\times\sum_j^n K_j\left(1-\frac{D_{ij}^2}{R^2}\right)^2 \tag{1}$$

式中，R 为带宽，本文依据国家规范《城市居住区规划设计标准》（GB50180-2018），将 R 设置为 800 m；K 为权重函数；D_{ij} 为设施点 i 与研究对象 j 之间的距离（$D_{ij}<R$，当 D_{ij} 达到一定值时，$R=0$）；n 为公共服务设施的数量。

2.5　相关性分析

空间相关性分析主要考察变量间的线性关系，衡量密切程度。相关系数 $\rho_{x,y}$ 越大，相关性越高。空间相关性计算公式如下：

$$\rho_{x,y}=\frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2+\sum(Y-\bar{Y})^2}} \tag{2}$$

式中，X 和 Y 为变量值；$\rho_{x,y}$ 为相关系数，其值在[-1，1]之间。

2.6　最近邻分析

最近邻指数是代表平均观测距离与合理预期距离的比率。当指数NPI>1，表示为离散分布；指数NPI<1，表示为聚集分布；指数NPI=1，表示为随机分布。公式如下：

$$\mathrm{NPI}=\frac{r_1}{r_2}=2\sqrt{D} \tag{3}$$

式中，NPI 为最近邻指数；r_1 为实际最近邻点距离；r_2 为理论最近邻点距离；D 为点密度。

2.7　Ripley's K

点要素的空间分布特征可能随观测尺度的不同而变化，在小尺度上聚集的点要素在大尺度上可能表现出离散分布。Ripley's K 函数用于研究空间点模式的分布方式和聚集程度，计算公式如下：

$$K(d)=A\sum_i^n\sum_j^n\frac{\omega_{ij}(d)}{n^2} \tag{4}$$

$$L(d)=\sqrt{\frac{K(d)}{\pi}}-d \tag{5}$$

式中，A 为研究区域；n 为点要素总数；$\omega_{ij}(d)$ 为观测尺度 d 范围内的点 i 和 j 之间的距离。当 $L(d)>0$ 时，点要素聚集分布；当 $L(d)<0$ 时，点要素离散分布；当 $L(d)=0$ 时，点要素随机分布。

2.8　区位熵

区位熵可以反映公共服务设施与居住小区人口之间的空间匹配程度，计算公式如下：

$$LQ_i=\frac{\frac{q_i}{p_i}}{\frac{q}{p}} \tag{6}$$

式中，LQ_i 为 i 街道的公共服务设施区位熵；q_i 为 i 街道中公共服务设施的数量；p_i 为 i 街道居住小区人口数量；q 为研究范围内公共服务设施的数量；p 为研究范围内人口总数。当区位熵大于1时，表示街道内人均享有公共服务设施的水平高于总体水平；当区位熵小于1时，表示街道内人均享有公共服务设施的水平低于总体水平。

3　结果与分析

3.1　标准化椭圆分析

本文采用标准差椭圆方法分析兰州市建成区内各类公共服务设施的空间布局，结果如图2所示。由图可知，公共服务设施椭圆重心落在七里河区与城关区，从空间分布方位来看，8类设施均呈现明显的西北—东南走向，各类服务设施的服务范围基本一致。

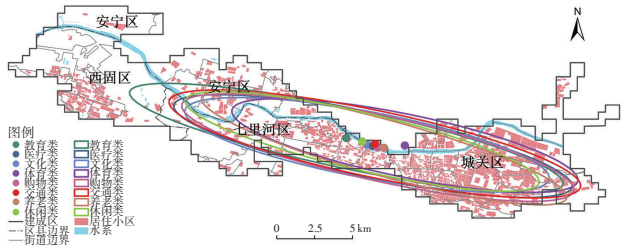


图2　兰州市建成区各类设施标准差椭圆与平均中心分布

审图号：甘S(2021)91号

3.2　核密度分析

核密度如图3所示。由图3可以看出，各类公共服务设施主要集中分布在城关区、安宁区和七里河区的交界处，具有“多中心集聚”的分布特性，总体呈现“东南多，西北少”的空间分布格局，且不同类型公共服务设施的分布存在显著差别。

3.3　相关性分析

本文将各类设施POI数据进行归一化处理后，对小区及各类公共服务设施进行相关性分析。

1）教育类、医疗类、购物类和交通类设施的空间分布与小区之间的空间分布存在较强的相关性，相关系数分别为0.70，0.71，0.64和0.69。

2）居民小区和各类公共服务设施之间的便利性为：医疗 > 教育 > 交通 > 购物 > 体育 > 养老 > 文化= 休闲，居民在教育和医疗两方面便利性最高，交通购物次之，文化类和休闲类便利性最弱，原因可能是这

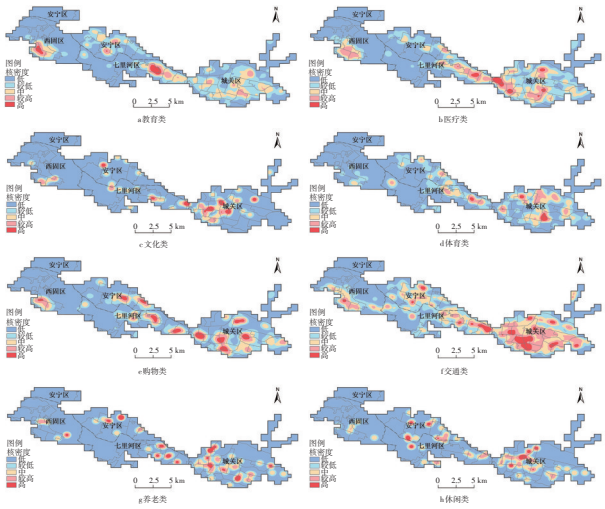


图3 公共服务设施核密度

审图号：甘S(2021)91号

两类设施并不围绕居民小区建设，需要考虑兰州市内不同设施的整体布局。

3）教育类设施与医疗类设施的相关性最强，相关系数为0.79；其次为教育类设施和交通类设施，相关系数为0.77；文化类设施与其他类型设施的相关性都较弱。与交通类设施相关性强的设施除教育类设施外，还有小区、医疗类设施和购物类设施，相关系数分别为0.69、0.74和0.70，可以看出在居住、就医和生活方面，与交通便利性密切相关。

3.4 集聚性分析

本文对研究对象进行了平均最近邻分析和Ripley’s K函数分析，以进一步探究各类公共服务设施的集聚程度。

各类公共服务设施的最近邻系数都小于1，表明兰州市建成区各类公共服务设施呈聚集性分布，但不同类别设施的聚集程度不同。

在最近邻系数大于0.5的几类设施中，休闲类设施最近邻系数最大，为0.74，表明其分布相对其他设施比较分散，聚集程度最低；文化类、交通类和养老类设施次之，最近邻系数分别为0.62、0.60和0.58，表明其聚集程度较低，空间分布较均衡，更符合居民实际需求。

在最邻近系数小于0.5的几类设施中，购物类设施最近邻系数最小，为0.33，表明其聚集程度最高，兰州市建成区购物类设施较发达。

运用多距离空间聚类分析工具对兰州市建成区公共服务设施POI进行Ripley’s K函数分析。

1）不同类型设施期望值均小于观测值，DiffK值代表差值，表明在特定距离内，各类设施在该距离内呈聚集性分布，不同设施出现聚集性分异的最大距离不同。

2）文化类设施在985.12 km范围内呈聚集性分布，在985.12 km以上呈离散分布；交通类设施呈聚集性分布的范围最小，在303.91 km内呈聚集性分布；其他不同类型设施的DiffK值均不同，表明不同类型设施的空间聚集的最大距离尺度存在较大差异。

3.5 区位熵分析

为进一步分析各街道公共服务设施的服务水平差异，本文采用区位熵法对各街道居民的公共服务设施享有水平进行测度。运用自然间断点分级法，将建成区内街道的公共服务设施区位熵分为5个等级，分析结果如图4所示。

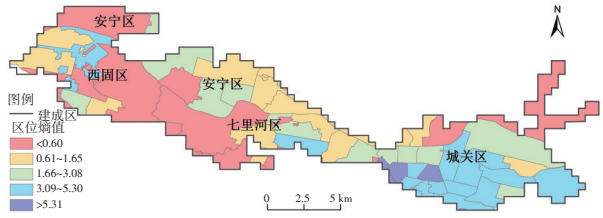


图4 兰州市建成区街道区位熵

审图号：甘S(2021)91号

由图4可知，区位熵值大于5.31与小于0.60的区域均存在，表明其公共服务设施资源与人口的匹配较差，且街道之间的公共服务设施资源分配的均等性差异较大，不公平性明显。其中区位熵值小于0.60的街道主要分布在安宁区西北部、西固区东部、七里河区西部和城关区北部，该区域中西固区的陈坪街道以工业园区为主，这些区域区位熵值较小可能与休闲类设施较少有关，导致居民享有公共服务设施资源的水平较低；城关区的渭源路街道、酒泉路街道等地区设施数量较多，但人口密度大，因此区位熵值不是最高的，在3.09~5.30之间；而像城关区的皋兰路街道和白银路街道处于区位熵值最高的区域，区位熵值大于5.31，表明此处公共服务设施的服务水平高于其他地区。

3.6 15 min步行可达性分析

3.6.1 居住区人群分类

为保证研究尺度的完整性，本文采用K-means聚类分析法从街道尺度上对居住区进行聚类，以分析不同收入水平的居民享有便捷公共服务设施的空间公平性。根据居住小区的房价、户数、物业费、绿化率、容积率和是否有地下停车位等指标，将居住区的人群划分为高收入群体、较高收入群体、中等收入群体和低收入群体4个类型，聚类结果如图5所示。

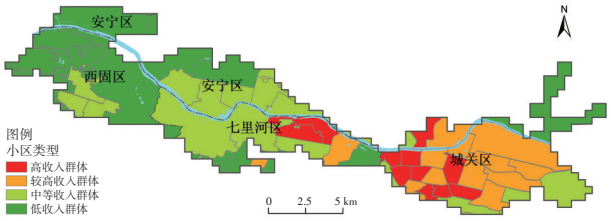


图5　居住区人群分类

审图号：甘S(2021)91号

3.6.2　公共服务设施15 min步行可达性分析

对居民步行15 min可达的公共服务设施类型及数量进行统计分析，如图6、7所示，可以看出不同收入水平的居民享受公共服务设施类别上的差异。

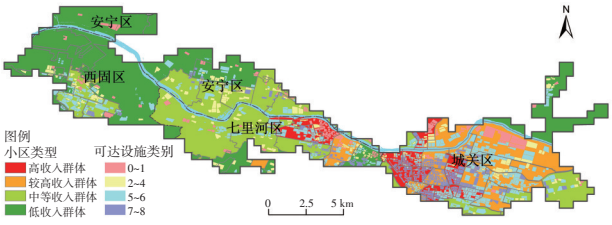


图6　居民可达设施类别空间分布

审图号：甘S(2021)91号

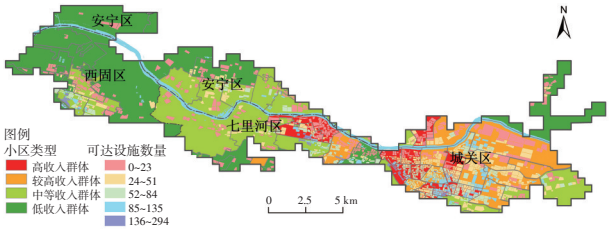


图7　居民可达设施数量空间分布

审图号：甘S(2021)91号

图6、7表明，可达类别和可达数量最多的区域均为高收入群体所在的街道，其所在地理位置优越，公共服务设施配置完善情况最好，其次依次为较高收入群体、中等收入群体和低收入群体。这说明公共服务设施的分布存在不公平现象，直接与居民收入水平相关联，居民经济条件越好，享有的公共服务越便捷。

4　兰州市建成区公共服务设施配置优化

4.1　兰州市15 min生活圈配套设施规划与发展

兰州市2020年2月公示了《兰州市十五分钟生活圈配套设施规划研究与导则》，将再划分78个街道级生活圈，以求在步行15 min可达范围内为居民提供便利的生活条件，满足居民日常生活的需要。2021年7月，兰州市城乡规划设计研究院编制完成《兰州市城关区十五分钟生活圈（社区级）配套设施专项规划》，规划实施32个15 min生活圈。2022年2月全面开展《兰州市安宁区“十五分钟生活圈”（社区生活圈配套设施）专项规划》编制工作[19]，2023年，已达到加快推进112个试点社区建设15 min便民生活圈。随着生活圈的建设，兰州市商业交通配置较为完善，但养老、医疗、卫生和文化等设施较为欠缺，造成居民区附近商业交通等设施空间正义值要高于15 min生活圈外，居民需花更大代价获得文化类设施的资源。

4.2　公共服务设施优化策略

兰州市公共服务设施优化策略聚焦空间公平性，提出以下措施：一是开展社区调研与需求分析，依据“15 min生活圈”要求统筹医疗、教育、养老等设施布局，优先满足多数居民核心需求；二是推行多元化服务模式，通过灵活调整设施运营时间、融入社区文化背景等方式，增强服务适配性；三是优化交通网络与设施布局，差异化配置资源：人口密集区（如城关区雁南街道）建设多功能服务中心，偏远农村地区（如金沟乡）采用移动服务或小型站点，同时发展公共交通与非机动车出行，提升设施可达性，缩短服务半径，缓解资源集中问题，促进城乡服务公平。

5　结　语

本文通过多种空间分析方法，对兰州市建成区的公共服务设施配置现状进行了分析，并结合房价、物业费等指标，在街道尺度上分析了各收入人群享有的公共服务设施数量和类型的公平性。研究结果表明：兰州公共服务设施多中心分布不均，教育医疗关联强，购物聚集最高，收入影响可达性公平性差异。

参考文献

[1]　Omer I. Evaluating Accessibility Using House-level Data: A Spatial Equity Perspective[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2006, 30(3):254-274

[2]　Chen Q, Hou Y, Wu S. Assessment of Accessibility to Urban Parks in Shaoxing City from the Perspective of Opportunity Equity[J]. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(3): 375-383

[3]　Delbosc A, Currie G. Using Lorenz Curves to Assess Public Transport Equity[J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19(6):1 252

[4]　Welch T F. Equity in Transport:The Distribution of Transit Access and Connectivity Among Affordable Housing Units[J]. Transport Policy, 2013, 30:283-293

[5]　Tang Z L, Gu S. An Evaluation of Social Performance in The Distribution of Urban Parks in The Central City of

（下转第108页）