

基于 POI 数据的兰州市主城区生活服务业 空间分布特征研究

单天爱,王立新

(兰州交通大学 建筑与城市规划学院,甘肃 兰州 730070)

摘要:基于兰州市主城区 POI 数据,运用 ArcGIS 空间分析方法,探讨了研究区内生活服务业的空间分布特征。结果表明:①研究区内各类生活服务设施的空间布局存在明显的区域差异,东部和中部较密集,西部和南部分散,形成以“老城区”为核心、连片组团、多中心发展的空间布局;②兰州市城关区中心地带生活服务设施配套较为合理,西固区、安宁区、七里河区生活服务设施配套较差,有待优化改善;③兰州市主城区生活服务设施分布方向受地形影响均呈现出显著的西北—东南走向;④不同服务业在空间分布上显示出较强的相关性;⑤兰州市主城区生活服务设施混合度普遍较高,这得益于其“两山夹一川”的地形特征。

关键词:生活服务设施;POI;空间分布;兰州市

中图分类号:TU984.13

文献标识码:A

文章编号:1674-9944(2024)13-0171-07

DOI:10.16663/j.cnki.lskj.2024.13.015

Research on the Spatial Distribution Characteristics of Life Service Industry in the Main Urban Area of Lanzhou City Based on POI Data

Shan Tian'ai, Wang Lixin

(School of Architecture and Urban Planning, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: Based on the POI data of the main urban area of Lanzhou City, this paper uses the ArcGIS spatial analysis method to discuss the spatial distribution characteristics of the life service industry in the study area. The conclusions are as follows: ① There are obvious regional differences in the spatial distribution of various types of life service facilities in the study area, which are dense in the east and middle, and scattered in the west and south, forming a spatial layout with the "old city" as the core, contiguous clusters, and multi-center development. ② The supporting facilities of life service facilities in the central area of Chengguan District of Lanzhou City are relatively reasonable, while the supporting facilities of life service facilities in Xigu District, Anning District and Qilihe District are poor and need to be optimized and improved. ③ The living and service facilities in the main urban area of Lanzhou City show a significant northwest-southeast trend due to the influence of topography. ④ The spatial distribution of different service industries showed a strong correlation. ⑤ The mixing degree of living and service facilities in the main urban area of Lanzhou is generally high because of the topographic characteristics of "two mountains and one river".

Key words: living service facilities; POI; spatial distribution; Lanzhou City

收稿日期:2024-04-16

基金项目:兰州市哲学社会科学规划项目(编号:22-A34)

作者简介:单天爱(1999-),男,硕士研究生,研究方向为城市与区域规划。

通讯作者:王立新(1966-),男,副教授,国家注册城乡规划师,研究方向为城市设计、建筑理论。

1 引言

随着城市化进程的加快和居民收入水平的提高,城市居民对生活服务的需求越来越多,因此生活性服务业在城市经济中的地位也愈发重要。挖掘生活性服务业的空间分布特征,有助于加快城市化进程,对促进生活性服务业发展、资源高效配置、引导城市商业网点合理布局、满足居民需求有重要作用^[1-2]。数据时代的到来,数据挖掘技术的发展推动城市服务业 POI 数据空间布局特征研究^[3]。带有地理坐标信息的 POI 数据已成为研究要素分布的重要工具,与传统的地理空间数据相比,具有样本量大、易于获取、分类明确、精度高等优点^[4-6]。

以往的研究多关注于商业^[7-8]、餐饮^[9-10]、景区^[11]等单一类型的生活服务业的空间分布,对整体城市服务设施的研究较少,且大都关注设施的可达性^[12-13]、均等化^[14-15],对城市生活服务设施之间的相关性研究相对较少。研究区域也大多在沿海和中部地区^[16-17],对西北区域关注较少。本文结合以上背景,以西北部城市兰州市主城区为例,通过 POI 数据分析兰州市主城区生活服务设施的空间

分布特征,以期为兰州市生活服务设施的规划和政策的制订提供参考。

2 研究区域和数据来源

兰州市位于我国西北气候半干旱地区,是甘肃省省会,也是丝绸之路经济带的重要节点城市之一。兰州市下辖 5 区 3 县,总面积 1.31 万 km²,常住人口 442.51 万人,其中,城镇人口 375.45 万人。兰州市的 8 个行政辖区中,主城区发展时间较早,人口密度高、经济较强,各类生活服务设施较为完善,因此本文选取兰州市主城区作为研究区域,其包括城关区、安宁区、七里河区、西固区。

本研究的 POI 数据主要来自百度地图,获取时间为 2023 年。在研究对象的选取上,依据《城市居住区规划设计规范》标准,从兰州市主城区的生活服务业中挑选了餐饮、购物消费、科教文化、医疗、运动健身和住宿这 6 大类别进行深入研究,并进行了去重筛选,共计爬取了 56823 条数据。最终将这些数据分为 6 个一级类和若干个二级类进行分析(表 1)。

表 1 生活服务设施数量及权重

ID	I 类	II 类	数量/个	权重
1	餐饮美食	中餐厅、外国餐厅、小吃快餐店、咖啡厅、茶座、酒吧等	17735	0.2688
2	住宿服务	星级酒店、快捷酒店、公寓式酒店	3045	0.0461
3	购物消费	购物中心、超市、便利店、家居建材、家电数码、商铺、集市等	34339	0.5204
4	医疗保健	综合医院、专科医院、诊所、卫生站、体检机构、疗养院、急救中心等	4277	0.0648
5	科教文化	高等院校、幼儿园、小学、中学、成人教育、亲子教育等	4118	0.0624
6	运动健身	体育场馆、健身中心等	2474	0.0375
总计(去重筛选后)			56823	1

3 研究方法

3.1 核密度分析

本文使用核密度分析兰州市主城区生活服务业 POI 的整体空间分布特征,核密度估计是基于数据密集度函数聚类算法的一种空间密度分析方法,用于计算要素在其周围领域中的密度^[18-19],公式如下:

$$f(x) = \frac{1}{nr} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{r}\right) \quad (1)$$

$$\tan\theta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 + \sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]^2 + 4 [\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})]^2}}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})} \quad (2)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{[(x_i - \bar{x}) \cos\theta - (y_i - \bar{y}) \sin\theta]^2}{n}} \quad (3)$$

式(1)中: r 为搜索半径; $x-x_i$ 为要素 x_i 到 x 的距离; n 为样本量; k 为空间权重函数。

3.2 标准差椭圆分析

标准差椭圆法用于对点要素分布的方向和离散程度进行分析^[20]。主要参数包括中心、长轴、短轴和方位角,中心表示设施均衡分布的中心点,长半轴表示的是空间点分布最多的方向,短半轴则表示空间分布最少的方向,长短半轴的值差距越大,表示数据的方向性越明显^[21-23],公式如下:

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{[(x_i - \bar{x}) \sin\theta - (y_i - \bar{y}) \cos\theta]^2}{n}} \quad (4)$$

式(2)一式(4)中: θ 为旋转方向角, n 为要素点数量, σ_x 为椭圆长轴长度, σ_y 为椭圆的短轴, (\bar{x}, \bar{y}) 为质心坐标, x_i 和 y_i 为每个点要素的空间位置坐标。

3.3 空间相关性分析

相关性分析是用来分析变量元素之间相关性程度的方法。在 ArcGIS 中,使用 Pearson 相关系数模型对不同空间变量元素之间进行空间相关性分析^[24],公式如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

式(5)中: n 为样本总数, x_i 、 y_i 分别为变量 x 、 y 对应的 i 点的观测值, \bar{x} 为样本 x 平均数, \bar{y} 为 y 样本平均数。

3.4 POI 多样性测量功能混合度

兰州市城市建成区土地利用呈现出集约高密度的特征,本文以 POI 为数据源,探究兰州市主城区城市混合用地情况。将研究区域划分 100×100 的精细化尺度网格,通过计算每个网格内 POI 类别

的多样性,可以评估各种类型 POI 的混合程度。混合度的值越大,代表 POI 功能种类越丰富^[25],公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^n (x_i \times \ln x_i) \quad (6)$$

式(6)中: H 为多样性; n 为总的 POI 生活服务设施数量; x_i 为该方格网内第 i 类 POI 数量占所有 POI 数量的比重。使用这些参数,可以计算出每个方格网的 POI 功能混合度。

4 兰州市主城区生活服务设施空间布局分析

4.1 生活服务业数量分布情况

兰州市的生活服务设施主要集中在城关区、七里河区和安宁区,城关区的生活服务设施数量最多,集中程度也最高,安宁区和七里河区的生活服务设施分布均衡,而西固区内分布较少。总体来看,兰州市主城区生活服务设施的数量主要分布在主城区北部,呈西北—东南走向分布,城市边缘分布相对稀少。购物消费设施在主城区内分布最多,而运动健身设施的数量最少(图 1)。

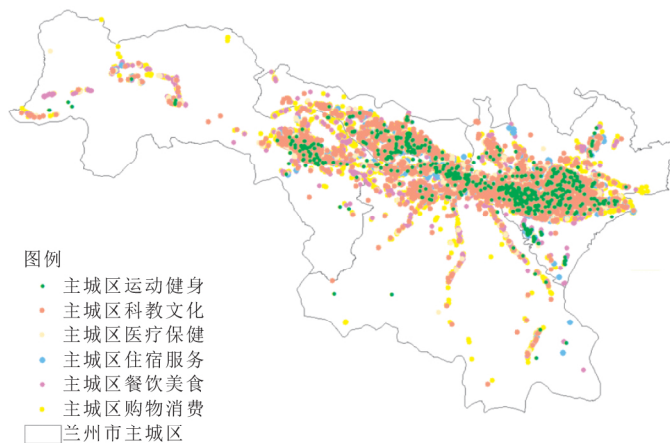


图 1 兰州市主城区生活服务设施空间布局示意图

4.2 生活服务业核密度分析

本研究采用核密度分析法,对兰州市主城区内的各类生活服务业的空间布局情况进行深入对比分析,以期更准确地了解这些服务设施的分布特征和空间规律(图 2)。

(1)兰州市主城区餐饮美食设施的分布范围较广,表现出明显的“多核心”。城关区西部以及兰州市老城区域内的解放门、西关、省政府,东部以及雁滩和兰州大学等形成了较高密度聚集区;类似的有安宁区西北师范大学、兰州交通大学等高校和周边金牛街、居住小区形成了较高密度聚集区;西固区

主要是兰州市的工业区,餐饮服务设施较少,在其东部西固城街道处形成了一个集聚中心,核密度较低。

(2)兰州市主城区购物消费设施服务范围相对较广。高密度值区域集中分布在城关区兰州老城地带,包含西关、东方红广场、张掖路三大商圈,毗邻中山桥、白塔山等风景区。此外,城关区东方红广场和兰州东部综合批发广场,以及七里河区西站什字也出现了由商圈、大学城形成的范围大小不同的高密度值区域。

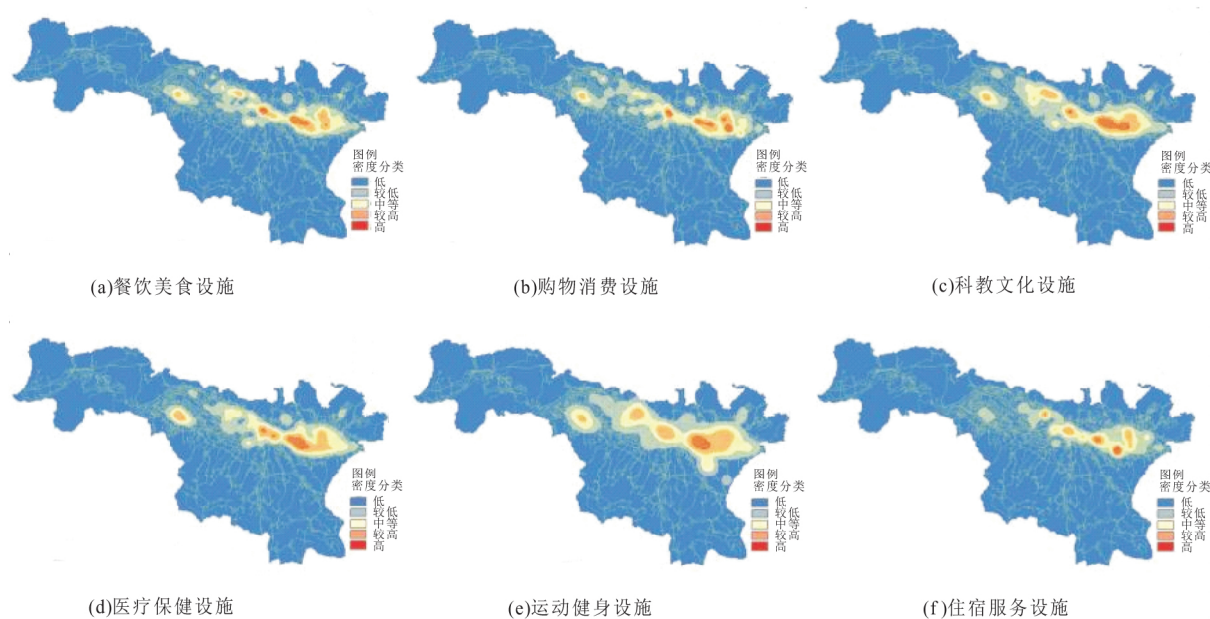


图2 兰州市主城区生活服务设施核密度示意图

(3)兰州市主城区的科教文化设施高密度值区域主要出现在城关区,在城关区大学城(兰州大学、甘肃中医药大学等);七里河区聚集中心则是兰州理工大学和甘肃省博物馆附近,安宁区大学城(兰州交通大学、西北师范大学、甘肃农业大学)也形成了相应的次级聚集中心;西固区科教文化设施聚集程度较低,科教文化设施主要是小学、中学、培训单位。

(4)兰州市主城区的医疗保健设施高密度值区域主要出现在城关区和七里河区。在城关区西南方向,出现了一个高密度聚集区。此外,在七里河区西站什字和小西湖地区也有次级聚集中心。但是,在安宁区和西固区内,医疗保健设施的分布相对较少。

(5)兰州市主城区的运动健身设施高密度值区域主要集中在兰州市城关区老城地带,周围商业繁华、人口密度高。城关区内分布比较均衡,而安宁区、七里河区、西固区内分布相对较少,运动健身设施主要分布在商圈和大学附近。

(6)兰州市主城区住宿设施高密度值区域主要分布在兰州市城关区老城地带,周边有张掖路步行街等商业繁华区域,也有中山桥、白塔山等风景区,在兰州火车站周边也有明显的聚集特征,安宁区西南部的大学城片区、七里河区西站什字、兰州西站附近也有密度相对较高的住宿服务设施。而其他地区的住宿设施分布相对较少,主城区住宿设施分布不均衡。

在兰州主城区中,地形、交通、高校、经济等因素对兰州市生活服务设施的分布影响较大。兰州

主城区生活服务业高密度值区域主要分布在城关区老城地带,这个区域是兰州市老城区,发展最早,人多而密集,周围有地铁公交站点、公共交通便利。除了兰州市老城区外,其他3个区的生活服务业在大学周边、商圈内形成了规模大小不同的较高密度值区域。在兰州主城区的生活服务业中,购物业、餐饮业、科教发展较好,聚集程度较高,住宿业发展相对滞后。

4.3 生活服务业方向与中心

本研究运用标准差椭圆分析方法,对兰州市主城区内的餐饮美食、住宿服务、购物消费、医疗保健、科教文化以及运动健身六类设施的POI数据进行了深入研究,以判断分布特征。结果表明:六类设施均呈现出显著的西北—东南走向,这反映出服务范围在方向上具有高度的一致性。此外,兰州市各类生活服务设施空间分布的质点普遍聚集在城关区、安宁区和七里河区的交会地带(图3)。在对六大类生活服务设施进行标准差椭圆分析的比较中(表2),运动健身设施的椭圆长轴和短轴尺寸最大,表明其分布面积和服务覆盖范围最广,这反映了兰州市运动健身消费经济发展迅速、范围广泛。相对而言,住宿行业的空间分布面积和短轴均最小,这表明其服务范围更为集中,中心集聚力度较强。购物消费和餐饮美食行业的椭圆扁率最大,显示出其分布的方向性最为显著。居民住宅的标准差椭圆长轴和短轴小于除住宿行业以外的其他服务设施,这意味着生活服务设施总体上围绕居民住宅向外扩散,分布上较为均衡。

表 2 兰州市主城区各类生活服务设施标准差椭圆数据

服务设施	中心坐标	长半轴/km	短半轴/km	方位角/°	面积/km ²	扁率
餐饮美食	103°47'18.2"E,36°04'08.2"N	11.39	2.56	106.88	91.44	0.78
科教文化	103°47'08.8"E,36°04'12.1"N	11.48	2.94	106.65	106.01	0.74
运动健身	103°46'49.4"E,36°04'02.3"N	11.85	3.57	108.77	132.99	0.70
医疗保健	103°47'17.2"E,36°04'04.2"N	11.55	2.82	106.43	102.18	0.76
住宿服务	103°48'09.0"E,36°03'59.5"N	9.32	2.31	106.70	67.71	0.75
购物消费	103°47'42.9"E,36°03'59.1"N	11.82	2.66	107.81	98.72	0.78
居民住宅	103°47'35.9"E,36°04'00.2"N	10.73	2.53	107.27	85.26	0.76

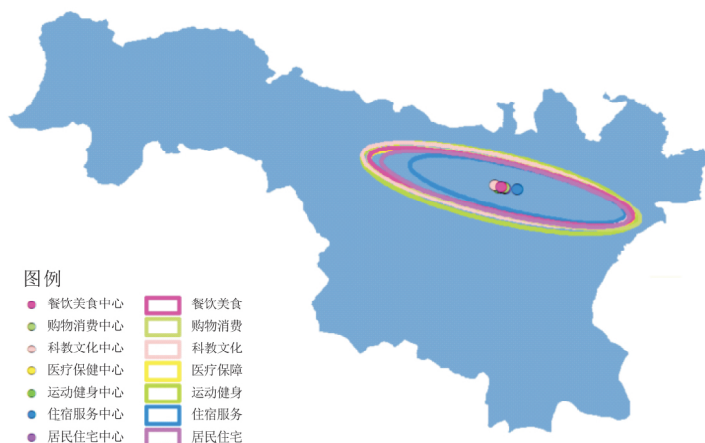


图 3 兰州市主城区各类生活服务设施标准差椭圆分析示意图

4.4 生活服务业空间相关性分析

在分析兰州市各类生活服务设施之间的相关系数矩阵(表 3)后,发现不同服务业在空间分布上显示出较强的相关性。尤其是医疗保健与餐饮美食之间,由于两者都集中在人口密集区域,配套互补性强,相关性显著。购物消费与餐饮美食,以及科教文化与医疗保健之间的空间相关性也较高。相比之下,购物消费与住宿服务的空间相关性最弱,主要是因为住宿服务更多考虑外来人口,不太受本地居民需求影响。总体来看,医疗保健和餐饮美食等设施在城市服务网络中占核心地位,对其他生活服务设施的发展起到了重要支撑作用。

从居住角度出发,兰州市主城区各类生活服务设施与居住的关系存在差异。各类设施空间适宜程度比较为:医疗保健>科教文化>餐饮美食>运动健身>购物消费>住宿服务。在兰州市主城区中,科教文化设施和医疗保健设施与住宅相关性较高,说明居民对科教文化、医疗保健设施的空间依赖性较强。因此,在配置生活服务设施时,应注重科教文化和医疗保健设施在居住点周边的布局,以适应市民多元化的生活需要。但住宿服务、购物消费等日常生活服务设施与居民住房关联性较小,可按照住户需要加以配置。

表 3 生活服务业空间相关性矩阵

服务业	餐饮美食	购物消费	医疗保健	居民住宅	科教文化	住宿服务	运动健身
餐饮美食	1	0.937	0.950	0.927	0.932	0.892	0.915
购物消费	0.937	1	0.906	0.890	0.884	0.817	0.828
医疗保健	0.950	0.906	1	0.959	0.936	0.841	0.887
居民住宅	0.927	0.890	0.959	1	0.952	0.799	0.915
科教文化	0.932	0.884	0.936	0.952	1	0.822	0.925
住宿服务	0.892	0.817	0.841	0.799	0.822	1	0.818
运动健身	0.915	0.828	0.887	0.915	0.925	0.818	1

4.5 生活性服务业功能多样性分布

通过式(6)和 ArcGIS 中的自然断裂点法测算了兰州市主城区生活服务设施的多样性,并将其分为五类,得出了兰州市生活服务业功能多样性分布图(图 4)。由图 4 可知,兰州市主城区生活服务设

施的混合度较高,兰州“两山夹一川”的地理环境使得兰州主城区生活服务功能混合呈现多组团、分散和集聚的状态。城关区生活服务设施混合度最高,安宁区南部、七里河区东部、西固东北部等区域,混合度较好,而西固区混合度较低,在空间分布上相

对均衡。此外,一些乡镇行政中心、公园、景区、大学城附近以及兰州东和西站等大型交通设施附近的生活服务设施混合度也较高。

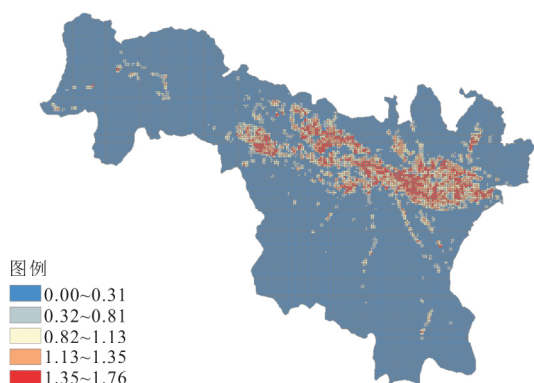


图4 兰州市主城区生活服务业多样性分布示意图

5 结论

本研究基于百度数据平台获取的兰州市主城区部分POI数据,通过对数据进行加工、处理,以及深层挖掘研究,结合ArcGIS的空间分析功能,探讨了兰州市主城区生活服务设施的基本情况,并利用核密度分析、标准差椭圆法、相关性分析,探讨了兰州市主城区生活服务设施的空间布局,研究结果如下:

(1)研究区内各类生活服务设施的空间布局存在明显的区域差异,东部和中部较密集,西部和南部分散,形成以“老城区”为核心、连片组团、多中心发展的空间布局格局,各类生活服务设施具有不同的空间分布特征,各类设施分布的方位走向基本一致,但在设施覆盖的范围上存在明显差异。

(2)兰州市城关区中心地带生活服务设施配套较为合理,西固区、安宁区、七里河区生活服务设施配套较差,有待优化改善。兰州市各类生活服务设施在城关区西关—省政府区域都出现了高密度值区域。

(3)各类生活服务设施的中心点十分接近,均位于城关区、安宁区、七里河区交界处附近,生活服务设施受地形影响均呈现出显著的西北—东南走向。

(4)不同服务业在空间分布上显示出较强的相关性,从居民生活角度讲,医疗健康和科教文化设施与居民住宅的空间相关性较高,购物消费和住宿服务设施与居民住宅的相关性较低。

(5)兰州市主城区生活服务设施混合度普遍较高,这得益于其独特的地理环境——“两山夹一川”

的地形特征。在这种地理条件下,功能混合以多组团、分散与集聚的形态展现出来,形成了多样化的服务设施布局,在空间分布上相对均衡。

通过对兰州市主城区生活服务设施分布的分析,发现这些生活服务设施主要集中在市中心,向郊区扩展的趋势尚不突出,特别是在安宁区和西固区,服务设施的密集度明显不够。因此,需要通过政策引导对生活服务业的空间布局进行有效规划,同时考虑人口分布,增强西部地区如安宁区、西固区的服务设施覆盖,以减轻城市中心的交通和环境压力,从而提升居民的生活质量。

参考文献:

- [1]李江苏,梁燕,王晓蕊.基于POI数据的郑东新区服务业空间聚类研究[J].地理研究,2018,37(1):145-157.
- [2]方远平,阎小培.1990年代以来我国沿海中心城市服务业特征与趋势比较研究:以北京、上海与广州为例[J].经济地理,2004,24(5):614-619,637.
- [3]马宏斌,王柯,马团学.大数据时代的空间数据挖掘综述[J].测绘与空间地理信息,2014,37(7):19-22.
- [4]陈祥宇,叶小群.大数据视角下的城市商业空间集聚特征与影响因素分析:以合肥市主城区为例[J].淮阴工学院学报,2023,32(1):91-97.
- [5]陈洪星,杨德刚,李江月,等.大数据视角下的商业中心和热点区分布特征及其影响因素分析:以乌鲁木齐主城区为例[J].地理科学进展,2020,39(5):738-750.
- [6]林劲媛,王广兴,胡月明.基于开放大数据的广州市中心城区职住平衡特征研究[J].热带地理,2020,40(2):254-265.
- [7]何舒慧.广州市主城区商业空间集聚特征研究[D].广州:华南理工大学,2019.
- [8]浩飞龙,王士君.长春市零售商业空间分布特征及形成机理[J].地理科学,2016,36(6):855-862.
- [9]舒舍玉,王润,孙艳伟,等.城市餐饮业的格局及影响因素分析:以厦门市为例[J].热带地理,2012,32(2):134-140.
- [10]张旭,徐逸伦.南京市餐饮设施空间分布及其影响因素研究[J].热带地理,2009,29(4):362-367.
- [11]宋福临,汤澍,吴小根.江苏省旅游等级景区发展及其空间分布特征研究[J].河南科学,2010,28(1):121-126.
- [12]钱欣彤,席广亮,甄峰.线上和线下生活服务设施可达性及其协调关系:以生鲜果蔬店铺为例[J].人文地理,2022,37(4):105-112.
- [13]谌丽,张文忠,杨翌朝.北京城市居民服务设施可达性偏好与现实错位[J].地理学报,2013,68(8):1071-1081.
- [14]朱亚男.生活圈视角下子长县基本公共服务设施均等化配置研究[D].西安:西安建筑科技大学,2017.
- [15]田洁玫.基于POI数据的社区生活圈基本公共服务设施均等化测度分析[J].测绘地理信息,2023,48(1):152-156.
- [16]唐锦玥,何益珺,塔娜.基于POI数据的上海市餐饮业空间分布特征及影响因素[J].热带地理,2020,40(6):1015-1025.

(下转第182页)

参考文献:

- [1] Song K Y, Zhao J Y, Ouyang W, et al. LUCC and landscape pattern variation of wetlands in warm-rainy Southern China over two decades [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2010, 2: 1296-1306.
- [2] Munroe D K, Müller D. Issues in spatially explicit statistical land-use/cover change (LUCC) models: Examples from western Honduras and the Central Highlands of Vietnam [J]. *Land Use Policy*, 2007, 24(3): 521-530.
- [3] 米尔扎提江·木艾塔江, 石中来, 阿依吐尔逊·沙木西. 基于RS和GIS的土地利用/覆被变化及其功能转型特征分析: 以新疆叶城县为例 [J]. *中国农机化学报*, 2022, 43(9): 191-200, 209.
- [4] Zhang F, Yushanjiang A, Jing Y Q. Assessing and predicting changes of the ecosystem service values based on land use/cover change in Ebinur Lake Wetland National Nature Reserve, Xinjiang, China [J]. *The Science of the Total Environment*, 2019, 656: 1133-1144.
- [5] 陈伊多, 杨庆媛. 西藏自治区土地利用/覆被变化时空演变特征及驱动因素 [J]. *水土保持学报*, 2022, 36(5): 173-180.
- [6] 樊舒迪, 刘振华, 朱明帮, 等. 基于地理探测器的广州市土地利用时序变化及影响因素 [J]. *西南农业学报*, 2022, 35(10): 2276-2289.
- [7] Liu S A, Li X, Chen D, et al. Understanding Land use/Land cover dynamics and impacts of human activities in the Mekong Delta over the last 40 years [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 22: e00991.
- [8] 陈森, 汪小钦, 林敬兰, 等. 土地利用和植被覆盖变化对长汀县30多年土壤侵蚀变化的定量影响 [J]. *水土保持学报*, 2023, 37(5): 168-177, 188.
- [9] Cho M S, Qi J G. Quantifying spatiotemporal impacts of hydrodams on land use/land cover changes in the Lower Mekong River Basin [J]. *Applied Geography*, 2021, 136: 102588.
- [10] 修炆景, 侯蒙京, 田骄阳, 等. 基于土地利用/覆盖的甘肃省景观生态风险时空变化特征 [J]. *草业学报*, 2023, 32(1): 1-15.
- [11] 何春阳, 张金茜, 刘志锋, 等. 1990—2018年土地利用/覆盖变化研究的特征和进展 [J]. *地理学报*, 2021, 76(11): 2730-2748.
- [12] 李思楠, 赵筱青, 谭琨, 等. 基于GIS的抚仙湖流域土地利用时空变化研究 [J]. *人民长江*, 2019, 50(6): 63-69, 87.
- [13] 王一航, 夏沛, 刘志锋, 等. 中国绿洲城市土地利用/覆盖变化研究进展 [J]. *干旱区地理*, 2019, 42(2): 341-353.
- [14] Tsai Y H, Stow D, An L, et al. Monitoring land-cover and land-use dynamics in Fanjingshan National Nature Reserve [J]. *Applied Geography*, 2019, 111: 102077.
- [15] 塔拉. 区域土地利用变化及其生态环境质量评价: 以鄂托克前旗为例 [D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2019.
- [16] 阮晨. 城市总规环境影响评价案例研究: 以成都青白江区为例 [D]. 北京: 清华大学, 2012.
- [17] 王旭清, 史彦新, 潘建永, 等. 泥石流灾害多发区生态环境遥感监测评价 [J]. *测绘通报*, 2021(11): 21-24.
- [18] 徐彩仙, 巩杰, 李焱, 等. 基于地形梯度的甘肃白龙江流域典型生态系统服务分布特征 [J]. *生态学报*, 2020, 40(13): 4291-4301.
- [19] 陈诗卉, 朱星丞, 狄霖, 等. 2009—2021年润州区土地利用变化特征分析 [J]. *绿色科技*, 2023, 25(15): 210-215, 226.
- [20] 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.
- [21] 葛凯丽, 马庆国. 基于POI数据的杭州市生活服务业空间分布特征研究 [J]. *建筑与文化*, 2023(3): 96-98.
- [22] 王远飞, 何洪林. 空间数据分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [23] 李咪, 芮旸, 王成新, 等. 传统村落的空间分布及影响因素研究: 以吴越文化区为例 [J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(8): 1693-1702.
- [24] 段亚明, 刘勇, 刘秀华, 等. 基于POI大数据的重庆主城区多中心识别 [J]. *自然资源学报*, 2018, 33(5): 788-800.
- [25] 韩燕, 张苑. 甘肃省县域经济差异时空分异及影响因子研究 [J]. *地球信息科学学报*, 2019, 21(11): 1735-1744.
- [26] Yuill R S. The standard deviational ellipse; an updated tool for spatial description [J]. *Geografiska Annaler Series B, Human Geography*, 1971, 53(1): 28.
- [27] 张家旗, 刘晏男, 宋斌玢. 基于POI数据的郑州市主城区生活服务业空间分布特征研究 [J]. *世界地理研究*, 2022, 31(2): 399-409.
- [28] 胡晓鸣, 黎小龙, 蔚芳. 基于POI的城市功能区及其混合度识别研究: 以重庆市核心城区为例 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2021, 43(1): 164-173.

(上接第176页)