

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2025.06.011

基于POI数据的温州市三生空间时空格局演变 与影响因素研究

金欣宇

(湖南工业大学 土木与环境工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 基于温州市2012年、2017年及2022年POI数据,以生产、生活、生态功能识别三生空间,运用GIS空间分析方法对三生空间时空格局演变特征进行分析,进而利用地理探测器对2022年三生空间影响因素进行探测。结果表明:温州市2012—2022年整体三生空间分布逐步发展成“一心双轴”格局,形成以瓯江主干以南的鹿城主城区为核心、以东部沿海和瓯江流域为发展轴,外围相对散点分布的空间格局;温州市三生空间格局受到自然、社会经济、建成环境因素的综合影响,关键因子是地形起伏度、温度、地区经济发展,选取的16个因子两两之间交互作用能够增强对三生功能空间分异的解释力。

关键词: POI数据;三生空间;影响因素;地理探测器;GIS

中图分类号: TU984; X821 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9833(2025)06-0071-09

引文格式: 金欣宇. 基于POI数据的温州市三生空间时空格局演变与影响因素研究[J]. 湖南工业大学学报, 2025, 39(6): 71-79.

A POI-Data-Based Research on the Spatio-Temporal Pattern Evolution and Influencing Factors of Production-Living-Ecological Space in Wenzhou City

JIN Xinyu

(School of Civil and Environmental Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Based on POI data of Wenzhou City in 2012, 2017, and 2022, the three-dimensional space is identified by production, living, and ecological functions. An analysis has been made of the spatiotemporal pattern evolution features of the three-dimensional space by using GIS spatial analysis methods, followed by a detection of the influencing factors of the three-dimensional space in 2022 by using geographic detectors. The results indicate that from 2012 to 2022, the overall three-dimensional spatial distribution in Wenzhou City gradually developed into a “One Center - Two Axes” pattern, forming a spatial pattern with the main urban area of Lucheng south of the Oujiang River as the core, the eastern coast and Oujiang River basin as the development axis, with a relatively scattered distribution in the periphery. The spatial pattern of the production-living-ecological pattern in Wenzhou City is influenced by a combination of natural, socio-economic, and established environment factors, with the key factors being terrain undulation, temperature, and regional economic development. The interaction between the selected 16 factors help to enhance the explanatory power of the spatial differentiation of the production-living-ecological functions.

Keywords: POI data; production-living-ecological space; influencing factor; geographic detector; GIS

收稿日期: 2024-08-16

作者简介: 金欣宇, 女, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为乡村振兴与乡村规划, E-mail: pangjuanJin@163.com

0 引言

在城乡建设和发展中,快速城镇化引起的用地问题备受关注,国土可持续发展越来越受到重视,厘清国土空间性质和功能是城乡高质量发展的重要环节。三生空间是指按照国土利用空间的主要功能划分为生产空间、生活空间和生态空间的总称^[1],是国土空间性质和功能的总体表达^[2]。三生空间对地区空间布局、功能组合有重要作用,是区域战略实施及国土空间保护新格局构建的重要基础^[3]。然而,国土空间结构受多种因素综合影响,其边界难以划定和用地功能发展难以预测,这使得规划实施效果不佳。因此,研究三生空间的时空演变格局和影响因素,对地区科学阶段性总结和未来优化城乡空间发展有重要意义。

国内外关于三生空间的研究内容主要为概念界定^[4]、碳储量^[5]、碳流转^[6]、景观生态风险^[7]、冲突识别^[8]、演变模式^[9]、空间模拟^[10]、优化策略^[11]、驱动因素等。在数据来源上,传统研究对三生空间研究多基于土地数据,如胡西武等^[12]以三生空间视角对青海省生态友好等级区进行识别;贾琦^[13]以豫西登封市为例,对山区县域生产生活生态空间格局演化进行了研究;刘俊祥等^[14]对湖北省国土空间三生功能及影响因素进行了分析。目前,兴趣点(points of interests, POI)数据摒弃了传统的土地调查数据难获得和量化功能不足的缺点,具有易获得、数据量大、覆盖广、成本低的特点。因此兴趣点被广泛应用于各项研究,如城市功能区识别^[15]、乡村旅游资源^[16]、鸟类多样性研究^[17]等。

尽管现有三生空间结构的研究成果较丰富,但强调土地利用方式划分解释三生空间,存在对内部信息解释不足、功能划分不清等问题。依据POI数据反映空间格局的优势,本研究基于温州市全域2012、2017、2022年的POI数据识别三生空间时空格局,分析其分布特征和演变趋势,并运用地理探测器探测2022年温州市三生空间格局影响因素,以期为区域三生空间优化提供重要参考。

1 研究区域概况

温州市地处我国东部、浙江省东南部,是长江三角洲中心区城市,如图1所示。2022年,温州市提出打造“全省第三极”目标,是重要的商贸城市,2022年实现地区生产总值8 029.8亿元。在城乡建设中,生态空间、生活空间、生产空间相互影响,直接影响未来地区发展。因此,选取温州市全域共12个县市区作为研究区域,对其三生空间的时空格局演变特

征进行分析。

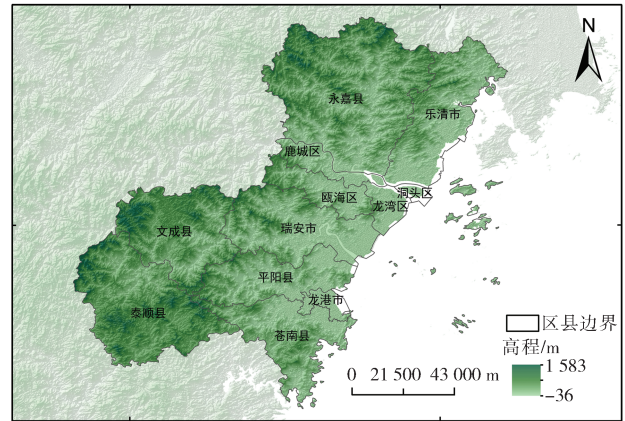


图1 研究区区域图

Fig. 1 Location of the targeted area

2 数据来源与研究方法

2.1 POI数据来源和预处理

本研究中POI数据的重分类结果见表1。

表1 POI数据的重分类结果

Table 1 Reclassification results of POI data

三生功能	POI一级分类	POI二级分类
生产功能	公司企业	塑料厂、机械厂、汽车厂、鞋厂等
	农牧企业	农、林、牧、渔厂等
	交通设施	地铁站、飞机场、港口码头、停车场等
	金融机构	银行、保险公司、投资理财机构等
	购物服务	农贸市场、生活超市、家居建材市场等
生活功能	餐饮美食	茶室、蛋糕甜点店、小吃快餐店、中西餐厅、咖啡屋
	住宿服务	旅馆、星级酒店、连锁酒店、青旅等
	科教文化	博物馆、科技馆、档案馆、图书馆、文化宫、科研单位、广播电视台、成人教育学校、幼儿园、小学、中学等
	生活服务	公共事业、邮局、中介、彩票销售、物流、摄影打印、美容理发、信息咨询中心等
	休闲娱乐	电影院、KTV、度假养老基地、酒吧、农家乐、棋牌室、网吧、游乐场等
生态功能	医疗服务	动物医院、急救中心、疾病预防控制中心、诊所、专科医院、综合医院、药房等
	体育健身	保龄球、高尔夫球、篮球、台球、乒乓球、网球等场地、健身中心、水上运动场所等
	居住区	别墅、社区中心、写字楼等
	风景名胜	红色旅游景点、宗教建筑等
	公园绿地	公园广场、动物园、植物园、水族馆、纪念馆

温州市POI数据来源于高德地图。结合实际生活情况,对数据进行前期清洗、筛选,去除与空间联系小和影响极弱的数据,如公共卫生间、洗车场地和

公交站等。进而依据各 POI 数据功能对初步筛选后的数据进行分类,得到代表三生空间功能点的数据集合,其中,2012 年的 POI 数据共 87 149 条;2017 年的 POI 数据共 121 646 条;2022 年的 POI 数据共 342 666 条。

2.2 影响因素指标来源与体系构建

城市空间结构的形成是一个复杂的过程,它的

发展和演化涉及多种驱动因素^[18]。基于前人研究^[19-21],文中选取 1.5 km × 1.5 km 构建网格,综合考虑研究区域的实际情况,从自然属性、建成环境和社会经济角度选取 16 个影响因子,以三生空间核密度值作 Y 值,用于分析三生空间和地理环境经济的内在联系,其指标体系见表 2。

表 2 影响因素指标体系
Table 2 Influencing factor index system

变量属性	变量名	符号	指标描述	数据来源
自然属性	地形起伏度	X_1	最高海拔和最低海拔的差值	地理空间数据云计算得到
	降水	X_2	年平均降水量	欧盟及欧洲中期天气预报中心
	温度	X_3	年平均温度	国家青藏高原科学数据中心
	NDVI	X_4	年归一化植被指数	Earth Data
	PM _{2.5}	X_5	PM _{2.5} 年平均浓度	
建成环境	城镇化率	X_6	各县区城镇化率	
	人口密度	X_7	每平方公里人口数	
	年末总人口	X_8	各县区年末总人口数	
	公共图书馆藏书量	X_9	各县区公共图书馆藏书量	
	宽带接入用户数	X_{10}	各县区固定互联网宽带接入用户数	2023 年浙江省统计年鉴
	工业用电	X_{11}	各县区大规模生产、加工行业的企业用电	
社会经济	境内公里数	X_{12}	各县区达到标准的公路里程数	
	城镇居民人均消费支出	X_{13}	各县区城镇居民人均消费支出	
	医疗保险参保人数	X_{14}	城乡居民基本医疗保险参保人数	
	一般公共预算支出	X_{15}	各县区公共预算支出	
	夜间灯光指数	X_{16}	每平方千米栅格平均灯光指数	Harvard Dataverse

2.3 研究方法

2.3.1 核密度估计法

核密度估计法能直观反映兴趣点在空间中的集聚程度,其值越高,点要素在空间上的聚集程度越高,说明区域数据分布越集中。其计算方法见式(1)。

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \quad (1)$$

式中: $f_n(x)$ 为三生空间在点 x 处的核密度值; n 为点的总数; $k(\cdot)$ 为核密度函数; h 为距离衰减阈值。

2.3.2 标准差椭圆分析法

标准差椭圆能通过椭圆方向、长短轴、角度反映 POI 数据的空间分布特征。其计算方法见式(2)(3)。

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

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

式中: θ 为旋转角; E_x 、 E_y 分别为椭圆长、短轴的长度; \bar{x} 、 \bar{y} 分别为点数据的平均中心。

2.3.3 平均最近邻分析法

平均最近邻可通过计算兴趣点数据的平均距离来判断空间集聚程度。其计算方法见式(4)。

$$R = d_0/d_e = \sum_{i=1}^n d_i / n / (0.5/\sqrt{n/A}). \quad (4)$$

式中: d_0 为平均观测距离; d_e 为预期平均观测距离。

2.3.4 地理探测器法

地理探测器是探测空间分异性及揭示其背后驱动力的一组统计学方法^[22],可用于探测变量之间的相互关系。其计算方法如式(5)所示。

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2. \quad (5)$$

式中: n_h 为第 h 类 POI 网格单元数量; σ_h 为因变量在第 h 类方差。

3 三生空间时空格局演变特征分析

3.1 集聚特征分析

3.1.1 核密度估计分析

图 2 为不同年份生产空间的核密度分析结果。由图 2 可知,2012 年温州市生产空间的核心集聚区是鹿城区,五马街道、大南街道和蒲鞋街道为高密度区,初步形成东部沿海发展轴。2017 年生产空间多极化趋势明显,主要核密度高值区仍在中部鹿城区,且东部沿海发展轴呈现聚集趋势,开始出现较为显著的次核心,即乐清市南部和瑞安市西部。2022 年,生产空间继续扩展,东部次核心聚集显著,形成沿海条带状发展轴。主中心继续发展,并不断向东扩展,瓯江主流域发展轴明显。东部和中部发

展速度加快, 绕城高速、沈海高速、甬莞高速以及龙湾国际机场等建设使得东部沿海与中部瓯江城市、

瓯江主流流域的联系更加紧密, POI 设施点不断增加, 次核心作用逐渐显著。

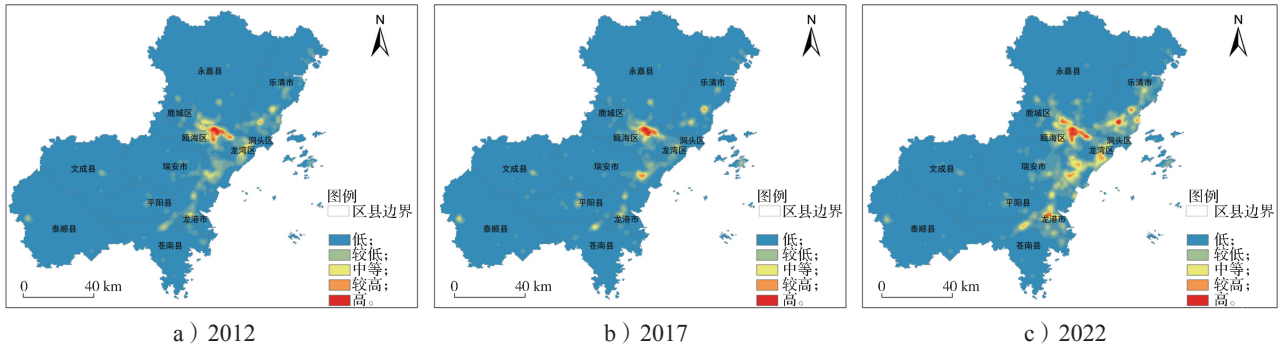


图2 不同年份生产空间核密度分析结果

Fig. 2 Analysis results of production spatial kernel density in different years

图3为不同年份生活空间核密度演变, 由图可知, 2012年温州市生活空间的核心集聚区是鹿城区, 东部沿海乐清市、龙港市、苍南县形成集聚区域。2017年生活空间继续发展, 鹿城区、瓯江流域南部仍为发展主核心, 东部沿海密集区有扩大趋势, 增加苍南高集聚区, 西部POI散点状增加, 未形成明显的高值区。2022年, 地区生活空间继续扩大, 东部沿海岸呈现

条带状密集连接, 有多个高集聚区, 发展轴线形成趋势更加明显。生长过程中, 鹿城区主核心、东部沿海以及中部瓯江主干流域发展轴不断融合和独立, 并向西蔓延。沿海发展新型工业、科技创新功能的定位以及打造乐清市和平苍副中心的总体规划, 使得东部和中部瓯江区域兴趣点数目快速增长, 核密度高值区显著增加。

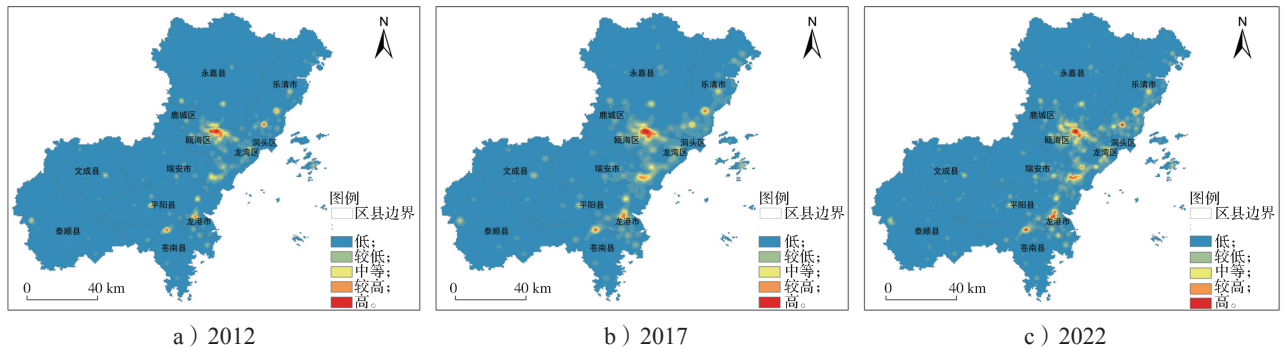


图3 不同年份生活空间核密度分析结果

Fig. 3 Analysis results of living space kernel density in different years

图4为不同年份生态空间核密度分析结果。由图可知, 2012年温州市生态空间在鹿城区集中, 沿海分布态势初成。2017年至2022年, 东部呈条带状聚集, 与市域中部主核心相连, 市域西南和北部代表生态空间的POI设施明显增多, 且与主城有连接。近年来可

持续发展和生态保护意识增强, 对生态空间的保护与发展有积极影响。POI功能划分生态空间小类包含红色旅游、宗教建筑等。北部和西部拥有良好的自然条件, 但高值却在中部和东部, 表明在自然资源条件重要的同时, 财政投入和居民偏好也对设施建设产生影响。

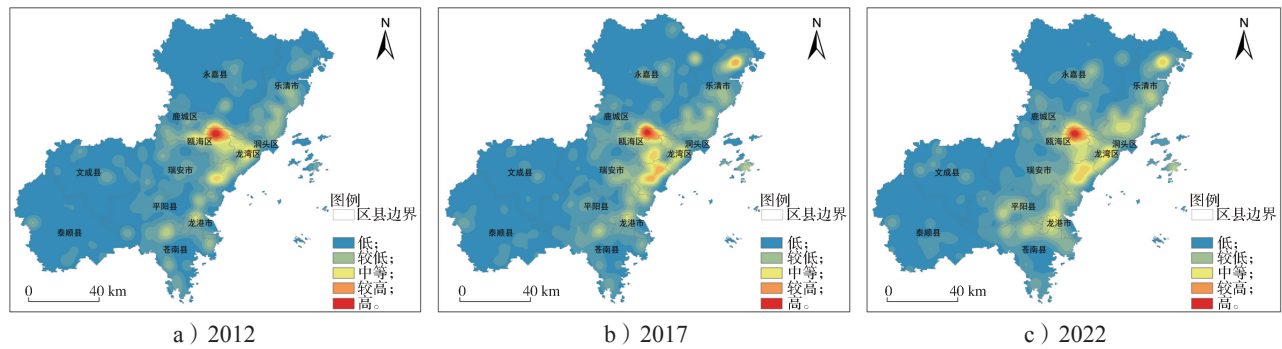


图4 不同年份生态空间核密度分析结果

Fig. 4 Analysis results of kernel density analysis of ecological space in different years

从分布模式上看,温州市“一心双轴”空间格局逐渐形成,以中部鹿城区为中心,以东部沿海以及瓯江主流域为双轴。温州市生产、生活、生态空间 POI 设施密度由中心向外发展。

3.1.2 平均最近邻指数分析

表 3 为 2012、2017、2022 年三生空间评价最近邻

指数分析结果。由表 3 中的数据可以得知,研究期内,整体最近邻比率由 2012 年的 0.16 增加到 2022 年的 0.17,说明 POI 设施点随着时间的变化集聚程度有所减弱,可以判断设施点在空间上的分布由中心向外围地区不断蔓延,但整体空间均表现为显著的集聚特征。

表 3 2012 年、2017 年、2022 年三生空间评价最近邻分析结果

Table 3 Average nearest neighbor analysis results of production-living-ecological space evaluation in 2012, 2017 and 2022

空间类型	年份	平均观测距离 /m	预期平均观测距离 /m	最近邻比值	Z 值	P 值	空间集聚特征
生产空间	2012	91.22	468.11	0.19	-226.13	0	集聚
	2017	66.66	482.16	0.14	-254.64	0	集聚
	2022	58.34	279.73	0.21	-416.55	0	集聚
生活空间	2012	36.68	273.31	0.13	-417.79	0	集聚
	2017	65.12	381.08	0.17	-319.13	0	集聚
	2022	21.10	151.22	0.14	-839.62	0	集聚
生态空间	2012	526.39	1 518.51	0.35	-55.45	0	集聚
	2017	453.27	1 146.83	0.40	-74.48	0	集聚
	2022	361.68	929.57	0.39	-96.42	0	集聚
整体空间	2012	37.09	234.24	0.16	-475.34	0	集聚
	2017	52.62	293.38	0.18	-410.83	0	集聚
	2022	22.68	132.71	0.17	-982.44	0	集聚

分析 3 个年份的温州市三生空间最近邻指数得出结论:生产、生活、生态空间都呈现集聚态势。其中,2022 年三生空间最近邻比率值均高于 2012 年各空间的最近邻比率值。生产、生活、生态空间的兴趣点整

体呈现特征为集聚,内部呈扩散态势。

3.2 方向特征分析

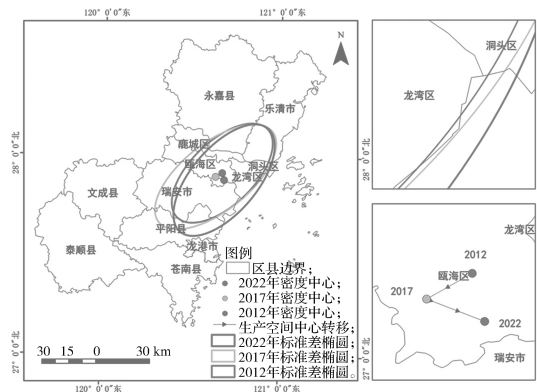
分别对 2012 年、2017 年、2022 年三生空间的 POI 数据进行标准差椭圆计算,结果见表 4 和图 5。

表 4 2012 年、2017 年、2022 年三生空间标准差椭圆计算结果

Table 4 Standard deviation ellipse results of production-living-ecological space in 2012, 2017, and 2022

空间类型	年份	重心经度	重心纬度	x 轴长度 /m	y 轴长度 /m	角度 / (°)
生产空间	2012	270 933.97	3 090 570.17	35 171.22	17 736.03	45.95
	2017	267 243.23	3 088 492.42	40 466.43	18 864.45	51.68
	2022	271 946.78	3 086 683.83	18 298.96	37 728.38	40.61
生活空间	2012	267 670.02	3 088 138.68	19 295.94	39 499.18	42.70
	2017	268 869.81	3 086 856.81	20 378.82	41 946.77	41.78
	2022	269 227.57	3 085 784.28	19 640.22	41 067.38	41.26
生态空间	2012	265 503.25	3 086 503.24	22 810.90	45 626.79	41.21
	2017	268 700.56	3 088 663.97	22 905.20	49 663.47	42.47
	2022	266 662.87	3 085 747.62	24 411.31	51 081.03	42.35

从图 5 中 3 个年份的椭圆分布方向来看,三类空间都为东北至西南方向,这和温州市整体发展现状一致。生产空间和生活空间的标准差椭圆半径相对较小,而生态空间的标准差椭圆半径相对较大。其次,生活空间 3 个年份变化不大,生产空间和生态空间随着时间变化较大。比较 2022 年三生空间标准差椭圆短半轴可知,生产空间集聚程度最大,生活空间次之,生态空间离散程度最大。比较长半轴可知,生态空间方向性最强,生活空间次之,生产空间最弱。2012—2022 年,温州市三生空间南北方向设施数量增加较多,东西方向增加较少。



a) 生产空间

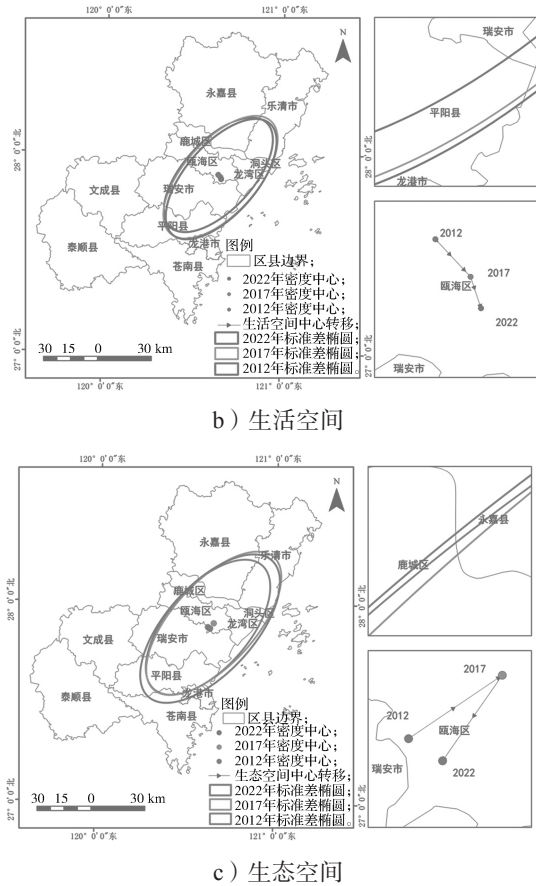


图5 三生空间标准差椭圆及重心转移
Fig. 5 Standard deviation ellipse of production-living-ecological space

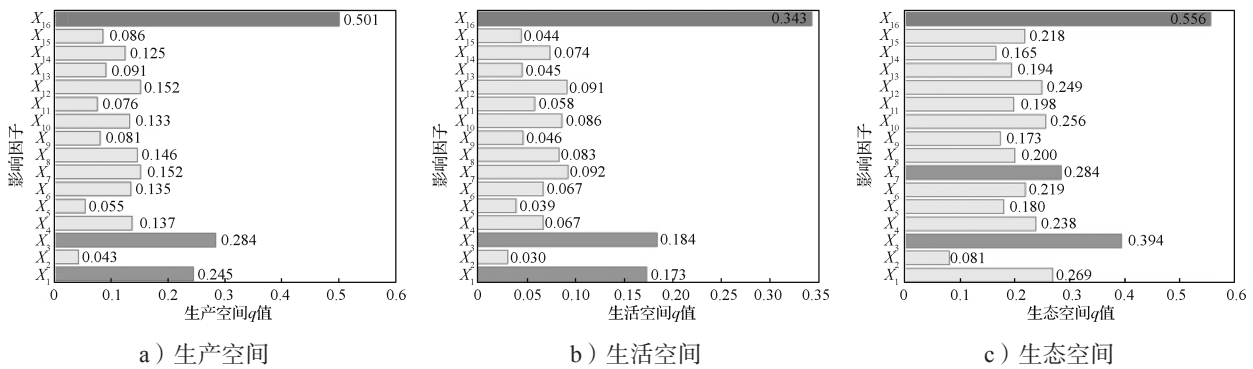


图6 各影响因素单因子探测结果
Fig. 6 Single-factor detection results of each influencing factor

4.2 双因子交互探测结果分析

由探测结果可知，影响因素交互对三生空间的解释力均大于单因子，其交互结果均为双因子增强和非线性增强。温州市三生空间格局特征是多元因素共同作用的结果，如图7所示。

由图7所示交互热力图可知，夜间灯光指数因子(X₁₆)与其他因素交互作用后，影响三生空间的效果最强。其中在生产空间和生态空间中，夜间灯光指数因子解释力数值均在0.5以上；在生活空间中，

4 三生空间格局影响因素研究

4.1 单因子探测结果分析

由图6可知，影响温州市生活空间分布的q值排名前四位依次为夜间灯光指数(0.343)、温度(0.184)、地形起伏度(0.173)、人口密度(0.092)。影响生产空间分布的q值排名依次为夜间灯光指数(0.501)、温度(0.284)、地形起伏度(0.245)、境内公里数(0.152)、人口密度(0.152)。影响生态空间分布的q值依次为夜间灯光指数(0.556)、温度(0.394)、人口密度(0.284)、地形起伏度(0.269)。这表明温州市三生空间整体分布受温度、夜间灯光指数影响较大，受年降水量影响最小。

已有研究表明，夜间灯光遥感数据与地表经济活动总量间存在相关性^[23]。夜间灯光数据能真实反映地区的生产活动，较GDP值有更高的准确性。当县区整体经济发展水平较高时，会吸引更多人流进入该地区进行生产、生活活动。同时，在良好的经济发展形势和国家政策号召下，居民生态保护理念普及对良好环境、良好出游的愿景强烈，也会对生态空间分布造成影响。如景点江心屿处于主城鹿城区，生产生活功能丰富的同时，文脉保护和环境保护受到重视。其次，温州市的生产生活空间更多分布于地形起伏小的区域。究其原因是居民生产生活空间对地势平坦区域有偏向性，利于外部交流和内部资源的流动。

夜间灯光指数因子解释力数值均大于0.34。夜间灯光指数亮度值与CO₂排放量存在关联性^[24]，表明城镇建成区碳排放对温州市三生空间格局影响较大。其他条件相同的情况下，生产空间、生活空间、生态空间的分布密集区更倾向于夜间灯光指数亮度值高的区域。

温度(X₃)和其他因子及地形起伏度(X₁)和其他因子交互作用对温州市三生空间格局的影响较强。温度和其他因子交互作用后在生产空间中的解释力

数值均高于 0.28，温度与人口密度交互作用的 q 值为 0.453；生活空间中的解释力数值均高于 0.18；生态空间中的解释力数值均高于 0.39，温度与人口密度交互作用的 q 值为 0.573。地形起伏度和其他因子交

互作用后的解释力数值也较高。表明自然环境因素对温州市三生空间的影响较大，在其他环境相同的情况下，年均温度和地形高程对三生空间的分布格局、分布的密集程度有较大影响。

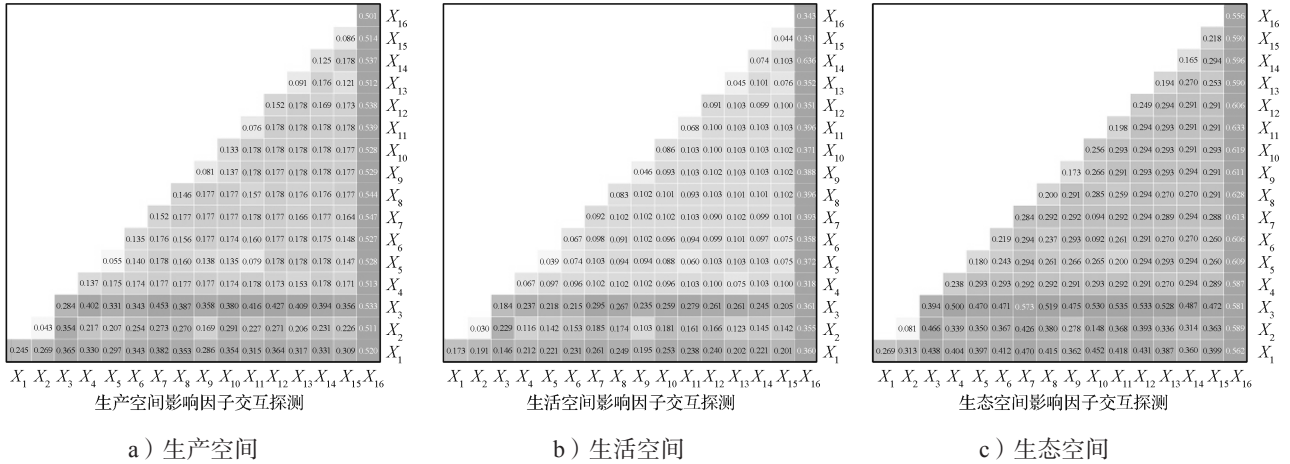


图 7 三生空间影响因子交互探测结果

Fig. 7 Interactive detection of impact factors in production-living-ecological space

5 结论与建议

5.1 结论

通过对 POI 数据功能分类构建三生空间体系，运用 GIS 对其进行空间分析，选取 2012 年、2017 年和 2022 年 3 个时间点对温州市三生空间时空格局演变进行研究，并对 2022 年温州市全域 12 个县区进行三生空间影响因子的探测，得到如下结论：

1) 2012 年、2017 年及 2022 年，温州市生产、生活、生态空间的兴趣点整体呈现集聚特征，但内部呈扩散发展态势。随着城乡发展和 POI 设施点完善，南北方向设施数量增加较多，东西方向增加较少。

2) 温州市三生空间分布整体呈现为东北至西南方向，各空间 3 个年份的标准差椭圆角度相差不超过 6° 。探究三生空间标准差椭圆的质心移动可知，2012 年至 2022 年质心不同程度地向东南迁移，且都在瓯海区区域内部。

3) 温州市 2012—2022 年整体三生空间逐步发展形成“一心双轴”格局。研究区东西部三生功能分布有明显差异。具体三生空间的空间格局显示为以瓯江主干以南的鹿城主城区为中心、东部自乐清市以南至苍南县以北的条带状发展轴和瓯江带地区发展轴，中心外围相对散点分布。

4) 温州市三生空间分布格局是多种因素共同作用的结果。地区经济发展是影响 2022 年三生空间分布的主导因素，温度和地形起伏度是影响温州市三生空间格局的重要因素。探究的 16 个影响因子之间两

两交互作用，都对三生空间的解释力显示出增强效果。

5.2 建议

根据研究结果和温州市国土空间规划提出如下建议：

1) 优化空间结构。三生功能空间均衡是理顺空间发展秩序、厘清城乡关系和推动地区经济稳步发展的关键因素。针对温州市东西部各县兴趣点数据数量相差较大，地区间发展水平不均衡，主核心高度聚集，外围分布相对分散的集聚特征，地区未来规划发展要注重各功能均衡分布，加强西部、北部和中部的连接。

2) 完善空间格局。温州市呈现“一心双轴”空间格局，要注重以核心辐射周围，加强人才、资金、技术的渗透，逐步形成新的次核心，最终实现多核心分布格局，达到总体协调。

3) 探索发展模式。温州市东西部地形、自然资源条件不同，适合发展的产业类型也各有差异。因此，未来城乡规划要对不同地区探索不同发展模式。东部沿海以及中部瓯江地带的规划应逐步向用地集约、资源高效利用、高新产业转变，推动地区发展向更高层次迈进。西部拥有良好的自然资源，应积极承接核心区的辐射产业，同时也要对当地资源充分了解，以便发展适合的本土产业。

由于 POI 获取的局限性，研究只对 2012 年、2017 年、2022 年温州市进行研究，不能完全准确反映温州市三生空间时空格局演变趋势。地图数据录入受到年代定位技术和不同分类的影响，在精度方面存在误差。并且，地理探测器在指标选取上存在主观性，

不能精确代表地区三生空间的影响因素,未来仍需进一步完善。

参考文献:

- [1] 谢译诣, 邹艳. 2000—2020年北京市“三生空间”格局变化特征分析[J]. 桂林理工大学学报, 2022, 42(1): 141-150.
XIE Yiyi, ZOU Yan. Spatial Pattern and Variation Characteristics of the Production-Living-Ecological Space in Beijing from 2000 to 2020[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2022, 42(1): 141-150.
- [2] 张广海, 刘二恋, 董跃蕾. 我国“三生空间”演变特征及其旅游效应研究[J]. 地理与地理信息科学, 2023, 39(3): 130-136.
ZHANG Guanghai, LIU Erlan, DONG Yuelei. Evolution Characteristics and Tourism Effect of Production-Living-Ecological Space in China[J]. Geography and Geo-Information Science, 2023, 39(3): 130-136.
- [3] 王鹏宇, 蒲希希, 杨鹏, 等. 喀斯特地区“三生空间”识别及时空演变分析: 以贵阳市花溪区为例[J]. 西北林学院学报, 2023, 38(4): 263-274.
WANG Pengyu, PU Xixi, YANG Peng, et al. Identification and Spatial-Temporal Evolution Analysis of “Production-Living-Ecological” Space in Karst Area: A Case Study of Huaxi District, Guiyang City[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2023, 38(4): 263-274.
- [4] 张令达, 侯全华, 段亚琼. 生态文明背景下三生空间研究: 内涵、进展与对策[J]. 生态学报, 2024, 44(1): 47-59.
ZHANG Lingda, HOU Quanhua, DUAN Yaqiong. A Literature Review on Production-Living-Ecological Spaces in the Context of Ecological Civilization: Connotation, Problems and Countermeasures[J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(1): 47-59.
- [5] 帕茹克·吾斯曼江, 艾东, 冀正欣, 等. 人地关系视角下北京市“三生”空间转型及其碳储量效应[J]. 中国环境科学, 2024, 44(5): 2786-2798.
PARUKE Wusimanjiang, AI Dong, JI Zhengxin, et al. The Spatial Transition of “Production-Living-Ecological” Space in Beijing and Its Effect on Carbon Storage Under the Perspective of Human-Land Relation[J]. China Environmental Science, 2024, 44(5): 2786-2798.
- [6] 尚雅婕, 王蕾, 贾佳, 等. 宾县三生空间格局演变的碳流转移路径动态研究[J]. 水土保持研究, 2024, 31(4): 326-335.
SHANG Yajie, WANG Lei, JIA Jia, et al. Study on Carbon Flow Transfer Path of the Evolution of the Spatial and Temporal Pattern of the Production-Living-Ecological Space in Bin County[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(4): 326-335.
- [7] 丁金华, 汪大庆. “三生”空间视角下苏南水网乡村景观生态风险评价: 以石头潭片区为例[J]. 西北林学院学报, 2024, 39(2): 265-273.
DING Jinhua, WANG Daqing. Ecological Risk Assessment of Rural Landscape of Southern Jiangsu Water Net From the Perspective of “Ecology-Production-Living” Space: A Case Study of Stone Pool Area[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2024, 39(2): 265-273.
- [8] 罗莎莎, 赖庆标, 林彬, 等. “三生”空间视角下东南丘陵地区土地利用冲突识别[J]. 水土保持通报, 2022, 42(3): 148-156, 397.
LUO Shasha, LAI Qingbiao, LIN Bin, et al. Land Use Conflict Identification in Southeast Hilly Area from Perspective of “Production-Living-Ecological” Space[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(3): 148-156, 397.
- [9] 吴绮琦, 蒙吉军. 近40年来黑河流域三生空间格局演变及其驱动因素分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2023, 59(6): 970-980.
WU Qiqi, MENG Jijun. Analysis of the Evolution and Driving Factors of Production-Living-Ecological Space Pattern in the Heihe River Basin from 1980 to 2020, China[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2023, 59(6): 970-980.
- [10] 尹代皓, 赵忠. 延安市“三生”空间格局模拟与优化研究[J]. 西北林学院学报, 2024, 39(2): 133-140.
YIN Daihao, ZHAO Zhong. Simulation and Optimization of “Production-Living-Ecological” Space in Yan'an[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2024, 39(2): 133-140.
- [11] 常江, 钱尤馨, 顾思浩, 等. 基于POI数据的河岸带“三生功能”解译与空间格局分析: 以煤炭资源型城市古交为例[J]. 安全与环境学报, 2022, 22(5): 2890-2899.
CHANG Jiang, QIAN Youxin, GU Sihao, et al. Interpretation and Spatial Pattern Analysis of “Production-Living-Ecological Functions” in Riparian Zone Based on POI Data: A Case Study of Coal Resource-Based City Gujiao[J]. Journal of Safety and Environment, 2022, 22(5): 2890-2899.
- [12] 胡西武, 何福杰, 姚海艳, 等. 青海省生态友好等级区识别、时空演化与地理探测: 基于“三生”空间视角[J]. 干旱区资源与环境, 2024, 38(2): 39-50.
HU Xiwu, HE Fujie, YAO Haiyan, et al. Identification, Spatial-Temporal Evolution, and Geographical Exploration of Eco-Friendly Areas in Qinghai Province: A Perspective of Production-Living-Ecological Spaces[J]. Journal of Arid Land Resources and

- Environment, 2024, 38(2): 39-50.
- [13] 贾琦. 山区县域“生产-生活-生态”空间格局演化及其生态环境效应: 以豫西登封市为例[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(7): 191-203.
JIA Qi. Pattern Evolution and Eco-Environmental Effects of “Production, Life and Ecology” Space in Mountainous Counties: Taking Dengfeng City in Western Henan Province As an Example[J]. Journal of China Agricultural University, 2021, 26(7): 191-203.
- [14] 刘俊祥, 张蕾, 刘格格, 等. 湖北省国土空间“三生”功能权衡特征及影响因素分析[J]. 水土保持研究, 2024, 31(2): 354-366, 378.
LIU Junxiang, ZHANG Lei, LIU Gege, et al. Analysis of the Trade-off Pattern and Influencing Factors Among Production-Living-Ecological Functions of Territorial Space in Hubei Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(2): 354-366, 378.
- [15] 郑国强, 乔宇昊, 孙思民. 基于 POI 数据的城市功能区识别研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 58-61.
ZHENG Guoqiang, QIAO Yuhao, SUN Simin. Research on the Identification of Urban Functional Areas Based on POI Data[J]. Geospatial Information, 2023, 21(10): 58-61.
- [16] 佟盾, 张戈, 朱凤杰. 基于 POI 数据的乡村旅游资源空间分布特征: 以天津市蓟州区为例[J]. 农业资源与环境学报, 2024, 41(1): 240-252.
TONG Dun, ZHANG Ge, ZHU Fengjie. Study on the Spatial Distribution Characteristics of Rural Tourism Resources Based on POI Data: Jizhou District, Tianjin City As an Example[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2024, 41(1): 240-252.
- [17] 蒋涛, 姜琳琳, 解晋敏, 等. 基于兴趣点数据和最大熵模型的苏州市鸟类多样性研究[J]. 生态与农村环境学报, 2024, 40(11): 1473-1484.
JIANG Tao, JIANG Linlin, XIE Jinmin, et al. Study on Bird Diversity in Suzhou Based on POI Data and MaxEnt Model[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2024, 40(11): 1473-1484.
- [18] 兰峰, 林振宇, 黄歆. 基于 POI 数据的西安市多中心空间结构演变特征与驱动因素研究[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(11): 57-66.
LAN Feng, LIN Zhenyu, HUANG Xin. Evolution Characteristics of Multi-Center Spatial Structure in Xi'an City and Driving Factors: A POI Data-Based Analysis[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2023, 37(11): 57-66.
- [19] 崔家兴, 顾江, 孙建伟, 等. 湖北省三生空间格局演化特征分析[J]. 中国土地科学, 2018, 32(8): 67-73.
CUI Jiaying, GU Jiang, SUN Jianwei, et al. The Spatial Pattern and Evolution Characteristics of the Production, Living and Ecological Space in Hubei Province[J]. China Land Science, 2018, 32(8): 67-73.
- [20] 田成诗, 孙瑞欣. 长江经济带市域生态环境质量空间分异与影响因素分析: 基于三生空间的土地利用转型[J]. 生态环境学报, 2023, 32(7): 1173-1184.
TIAN Chengshi, SUN Ruixin. Spatial Heterogeneity and Its Influential Factors of Eco-Environmental Quality in the Yangtze River Economic Belt: Based on Land Use Transformation of Production, Living and Ecological Spaces[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2023, 32(7): 1173-1184.
- [21] 孔冬艳, 陈会广, 吴孔森. 中国“三生空间”演变特征、生态环境效应及其影响因素[J]. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1116-1135.
KONG Dongyan, CHEN Huiguang, WU Kongsun. The Evolution of “Production-Living-Ecological” Space, Eco-Environmental Effects and Its Influencing Factors in China[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(5): 1116-1135.
- [22] 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.
WANG Jinfeng, XU Chengdong. Geodetector: Principle and Prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.
- [23] 柴子为, 王帅磊, 乔纪纲. 基于夜间灯光数据的珠三角地区镇级 GDP 估算[J]. 热带地理, 2015, 35(3): 379-385.
CHAI Ziwei, WANG Shuailei, QIAO Jigang. Township GDP Estimation of the Pearl River Delta Based on the NPP-VIIRS Night-Time Satellite Data[J]. Tropical Geography, 2015, 35(3): 379-385.
- [24] ELVIDGE C D, BAUGH K E, KI E A. Relation Between Satellite Observed Visible-Near Infrared Emissions, Population, Economic Activity and Electric Power Consumption[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(6): 1373-1379.

(责任编辑: 姜利民)