

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.03.051.

孙金欣, 韩美, 孔祥伦, 等. 黄河下游自然保护区时空分布特征与高质量发展建议[J]. 水土保持研究, 2023, 30(3): 395-402, 412.

SUN Jinxin, HAN Mei, KONG Xianglun, et al. Spatio-Temporal Characteristics and Suggestions for High-Quality Development of Nature Protected Areas in the Lower Reaches of the Yellow River[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(3): 395-402, 412.

# 黄河下游自然保护区时空分布特征与高质量发展建议 ——以山东省为例

孙金欣, 韩美, 孔祥伦, 魏帆, 王佳炜

(山东师范大学 地理与环境学院, 济南 250358)

**摘要:** [目的] 自然保护区建设是促进生态文明建设和生态环境高质量发展的重要手段, 研究自然保护区的时空特征能够深化对其历史进程、资源禀赋、功能定位等的认识, 对自然保护区高质量发展具有重要的指导意义。 [方法] 采用全局莫兰指数、标准差椭圆、核密度估计等方法, 对黄河下游 1980—2020 年设立的自然保护区的时空分布特征进行了深入分析研究。 [结果] 在发展历程上, 研究区自然保护区建设经历了起步探索、稳步发展、规范发展 3 个阶段, 由注重数量增长逐渐转向质量提升。在空间分布上, 自然保护区呈东北—西南方向展布, 40 年来分布重心总体向西南方向迁移了 88.199 km, 自然保护区整体聚集程度不断提高, 以鲁中南山地丘陵区与鲁东低山丘陵区最为聚集, 分别形成类似除号“÷”和“双峰形”的两个高密度片区。在影响因素上, 地形地貌、水热条件、物种多样性、植被覆盖等是影响自然保护区空间分布、资源禀赋等重要因素; 政策导向、生态保护意识的提高等是导致自然保护区数量增加、质量提高的重要因素。 [结论] 为促进自然保护区高质量发展, 黄河下游地区应依据自然保护区分布格局规划“生态城”, 发展特色生态旅游, 由点及面地整合全域生态资源。研究结果可为黄河下游自然保护区高质量发展提供可靠建议。

**关键词:** 自然保护区; 黄河下游; 时空特征; 核密度; 高质量发展

中图分类号: TU982

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)03-0395-08

## Spatio-Temporal Characteristics and Suggestions for High-Quality Development of Nature Protected Areas in the Lower Reaches of the Yellow River — A Case Study of Shandong Province

SUN Jinxin, HAN Mei, KONG Xianglun, WEI Fan, WANG Jiawei

(College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250358, China)

**Abstract:** [Objective] The construction of nature protected areas (NPAs) is an important means to promote the construction of ecological civilization and the high-quality development of ecological environment. The study of the spatio-temporal characteristics of NPAs can deepen the understanding of its historical process, resource endowment and function positioning, and has an important guiding significance for the high-quality development of NPAs. [Methods] The global Moran index, standard deviation ellipse and kernel density estimation were used to analyze the spatial and temporal distribution characteristics of the nature reserves established in the lower reaches of the Yellow River between 1980 and 2020. [Results] In terms of spatial distribution, NPAs spread in a northeast-southwest direction, and their distribution center of gravity had generally shifted 88.199 km to the southwest over the past 40 years. The overall aggregation of NPAs had been increasing, with the most aggregation in the mountainous hills of south central Shandong Province and

收稿日期: 2022-04-27

修回日期: 2022-05-12

资助项目: 国家社会科学基金项目“海陆统筹视角下黄河三角洲湿地生态健康的路径与管理机制研究”(21BGL026)

第一作者: 孙金欣(1998—), 女, 山东德州人, 硕士研究生, 研究方向为环境变化与区域响应研究。E-mail: sunjinxineee@163.com

通信作者: 韩美(1963—), 女, 山东潍坊人, 教授, 研究方向为环境变化与区域响应研究。E-mail: hanmei568568@126.com

<http://stbcj.paperonce.org>

the low mountainous hills of east Shandong Province, forming two high-density areas similar to the division sign ‘÷’ and ‘bimodal’, respectively. In terms of development history, the study area had experienced three stages: initial exploration, steady development, and standardized development, and gradually shifted from focusing on quantitative growth to quality improvement. In terms of influencing factors, topography and geomorphology, water and heat conditions, species diversity, and vegetation cover were important factors affecting the spatial distribution and resource endowment of NPAs. Policy orientation and the improvement of ecological protection awareness were important factors leading to the increase in the quantity and quality of NPAs. [Conclusions] In order to promote the high-quality development of NPAs, ecological cities in the lower reaches of the Yellow River region should be planned based on the distribution pattern of NPAs, special ecological tourism should be developed, and ecological resources should be integrated from the point to the surface in the whole region. The results of the study can provide reliable suggestions for the high-quality development of NPAs in the lower reaches of the Yellow River.

**Keywords:** nature protected areas; lower reaches of the Yellow River; spatio-temporal characteristics; kernel density; high-quality development

自然保护地是政府为保护重要的自然生态系统、自然遗迹、自然景观及其所承载的自然资源、生态功能和文化价值而依法划定的实施长期保护的陆域或海域<sup>[1]</sup>。自然保护地建设对自然生态系统原真性、完整性的有效保护起到至关重要的作用,是生态文明建设的有效手段之一<sup>[2]</sup>。近些年,我国自然保护地的数量和面积快速增长,但出现了自然保护地建设数量与质量不匹配的问题<sup>[3]</sup>。针对此问题,中共中央办公厅颁布实施《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系指导意见》,自然保护地调整优化工作进入了白热化的阶段,自然保护地的相关研究受到众多学者关注。

在黄河流域生态保护和高质量发展成为重大国家战略的大背景下,自然保护地作为流域生态保护的主力军,在迎接重大机遇的同时,其管理、保护和开发工作面临更大压力。山东省位于东部沿海、黄河流域下游,湖海相连,生态系统复杂多样,珍惜动植物资源丰富,自然保护地建设基础良好。2022年初,山东省发布《山东省黄河流域生态保护和高质量发展规划》,提出优化自然保护地空间布局,依托湿地公园、森林公园、风景名胜区等自然保护地发展特色生态旅游等要求。山东省作为维护黄河下游生态安全的中坚力量以及黄河流域生态屏障建设的重要组成部分,其生态保护和治理任务繁重,故本文将黄河下游山东省作为黄河下游的典型区域开展研究。

近年来,相关领域的专业学者着眼于国家公园体制<sup>[4-5]</sup>、法律体系<sup>[6-7]</sup>、生态补偿<sup>[8-9]</sup>、环境教育<sup>[10-11]</sup>、整合优化等<sup>[12-15]</sup>角度对自然保护地进行了大量研究。随国家公园体制建设提上日程,我国自然保护地建设迎来重大机遇,自然保护地整合优化成为研究热点<sup>[16]</sup>。科学认知自然保护地时空特征对自然保护地

整合优化、质量提升具有重要的指导意义。从时间尺度来看,多侧重分析单一时间节点或短时间跨度的自然保护地分布特征,长时间跨度的多时间节点时空演变研究较少<sup>[17]</sup>。从空间尺度来看,流域尺度特别是黄河流域自然保护地分布的研究较少<sup>[18-20]</sup>。黄河流域或黄河下游自然保护地研究对制订区域自然保护地发展规划、实现流域生态环境高质量发展有重要的意义,值得深入分析。

鉴于此,本研究利用全局莫兰指数、标准差椭圆、核密度估计等方法分析1980—2020年黄河下游自然保护地时空特征,借助地理探测器探究影响自然保护地分布格局的主要因素,揭示因素影响力的动态变化规律,提出自然保护地高质量发展建议,为黄河流域生态保护建言献策。

## 1 区域、数据与方法

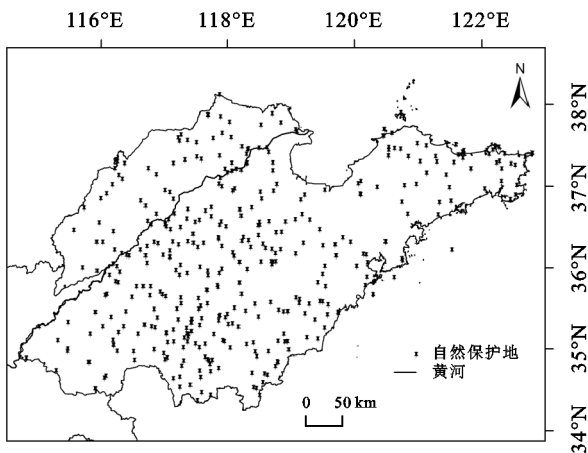
### 1.1 研究区域界定

地理意义上的黄河下游是指桃花峪至入海口的河段,本文的黄河下游自然保护地是黄河下游山东省境内省级以上的各类陆域自然保护地(图1)。依据自然保护地名录,山东省设立省级及以上自然保护地共计495处,包括自然保护区45处,风景名胜区40处,森林公园115处,地质公园64处,湿地公园200处,海洋特别保护区20处,海洋公园11处。其中,陆域自然保护地共计464处。出于保护级别与影响因素指标体系一致性的考虑,本次选取省级及以上的陆域自然保护地进行研究,类型包括自然保护区、风景名胜区、森林公园、湿地公园、地质公园,不包含海域的海洋特别保护区、海洋公园等。由于自然保护地存在区域重叠的现象,如泰山既是国家风景名胜区、国

国家森林公园、国家地质公园又是省级自然保护区,保护面积与保护对象均存在重叠现象,这类重叠现象一定程度上影响自然保护地空间分布特征的解析。因此,在数据处理中,剔除了交叉重叠的自然保护地 56 处,纳入空间分析的为 408 处。

## 1.2 数据来源

本研究使用的主要数据包括 DEM 数据、地貌类型空间分布数据、土地利用数据、自然保护地矢量数据等。DEM 数据来自地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>),地貌类型空间分布数据经《中华人民共和国地貌图集(1:100 万)》裁剪处理得到,下载自中科院资源环境科学与数据中心,土地利用数据来自 GLOBELAND30 (<http://www.globallandcover.com/>),物种多样性数据来自《山东省生物多样性保护战略与行动计划(2021—2030 年)》。自然保护地名录来自于山东省自然资源厅和山东公共数据开放网 (<http://data.sd.gov.cn/>),内容包括自然保护地名称、面积、设立时间等。自然保护地矢量数据是依自然保护地质心将其抽象为点状要素,参照天地图·山东 (<http://www.sdmap.gov.cn/index.html>),借助高德地图坐标拾取系统辅助标定自然保护地位置,导入获批时间、面积等属性,建立空间数据库,得到自然保护地空间分布数据。



注:根据审图号:GS(2016)2556 号,自然资源部监制,底图未做修改,全文同。

图1 自然保护地分布图

## 1.3 研究方法

1.3.1 全局莫兰指数 全局莫兰指数能够反映临近空间单元属性值的关联程度。本研究中用于研究临近县区自然保护地数量的空间相关关系<sup>[21]</sup>,其公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中: $I$  为全局莫兰指数; $n$  为县区数量; $\bar{x}$  为自然保

护地数量平均值; $x_i, x_j$  分别为第  $i, j$  个县区自然保护地数量; $w_{ij}$  为第  $i, j$  个县区的空间权重系数。 $I$  在 -1 与 1 之间,大于 0 表示存在空间正相关,小于 0 表示空间负相关, $I$  越接近于 0 表示空间相关关系存在的可能性越小。

1.3.2 最近邻指数 最近邻指数是确定自然保护地空间分布模式的一种方法<sup>[22]</sup>,其公式如下:

$$R = \frac{r_o}{r_e} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i}{\frac{1}{2\sqrt{n}} \sqrt{\frac{A}{n}}} \quad (2)$$

式中: $r_o$  为观测自然保护地与最邻近自然保护地之间的平均最短距离; $r_e$  为平均预期距离; $r_i$  为第  $i$  个自然保护地与最邻近自然保护地之间的距离; $n$  为自然保护地数量; $A$  为山东省面积;若  $R > 1$ ,自然保护地呈均匀分布,若  $R = 1$ ,呈随机分布,若  $R < 1$ ,呈集聚分布。

1.3.3 标准差椭圆 标准差椭圆是分析自然保护地分布的主要方向和分布范围的方法,包括平均中心、长短半轴、方位角等几个要素,平均中心表示自然保护地的中心位置,方位角表示自然保护地的主要分布方向,长短轴值表示沿相应方向分布的广度,扁率反映自然保护地分布的方向性,扁率越大,方向性越强;反之,越接近正圆,方向性越弱<sup>[23]</sup>。相关公式如下:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (3)$$

$$\tan \theta = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i'^2 - \sum_{i=1}^n y_i'^2) + \sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i'^2 - \sum_{i=1}^n y_i'^2)^2 + 4(\sum_{i=1}^n x_i' y_i')^2}}{2 \sum_{i=1}^n x_i' y_i'} \quad (4)$$

$$\sigma_x = \sqrt{2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i' \cos \theta - y_i' \sin \theta)^2}$$

$$\sigma_y = \sqrt{2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i' \sin \theta - y_i' \cos \theta)^2} \quad (5)$$

式中: $(x_i, y_i)$  为自然保护地  $i$  的坐标; $(\bar{X}, \bar{Y})$  为平均中心的坐标; $n$  为自然保护地数量; $\theta$  为椭圆方位角; $x_i', y_i'$  为自然保护地距平均中心的坐标偏差; $\sigma_x, \sigma_y$  为沿  $x$  轴、 $y$  轴的标准差。

1.3.4 核密度分析 核密度分析是评价点要素空间集聚特征的常用方法<sup>[24]</sup>。其公式如下:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (6)$$

式中: $n$  为自然保护地数量; $h$  为搜索半径; $x_i$  为第  $i$  个自然保护地的坐标; $(x - x_i)$  为两自然保护地的距离; $k(\frac{x - x_i}{h})$  为核函数。

1.3.5 地理探测器 地理探测器是探究空间分异性

的重要模型,包括因子探测、交互探测等工具。因子探测可分析单一影响因素对自然保护地空间分布的解释程度。交互探测可分析两影响因素交互作用的解释程度<sup>[25-26]</sup>。

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^n N_h \sigma_h^2 \quad (7)$$

式中: $q$  为解释力指数; $n$  为自然保护地数量; $N_h$  为次一级区域样本数; $L$  为次级区域分类个数; $\sigma^2$  为整个自然保护地解释力指数的离散方差; $\sigma_h^2$  为次一级区域离散方差。 $q$  值范围为 $[0,1]$ ,接近于1,表明影响因素的解释力越强,反之则越弱。

## 2 结果与分析

### 2.1 自然保护地的时间变化特征

自1980年获批建设第一个自然保护地以来,山

东省自然保护地数量和面积呈阶段性跳跃式增长(图2)。1980—2000年是自然保护地建设的起步探索阶段,主要进行自然保护区、风景名胜区与森林公园建设,自然保护地数量和面积增长幅度较小。2000—2015年是自然保护地建设的快速发展阶段,这一时期生态环境对社会经济发展的制约作用引起社会广泛关注,公民的生态保护意识普遍增强,自然保护地数量和面积增速相对较快,保护级别较高、保护面积较大的自然保护区建设基本完成,逐渐达到饱和状态,而数量多、面积小、保护级别低、兼顾游憩功能的湿地公园、地质公园启动建设,自然保护地数量增幅大于面积增幅。2015—2020年,处于规范发展阶段,由于2015年前后生态文明建设的战略决策被大力推进,自然保护地建设由注重数量增长转向质量提升,数量和面积增长放缓。

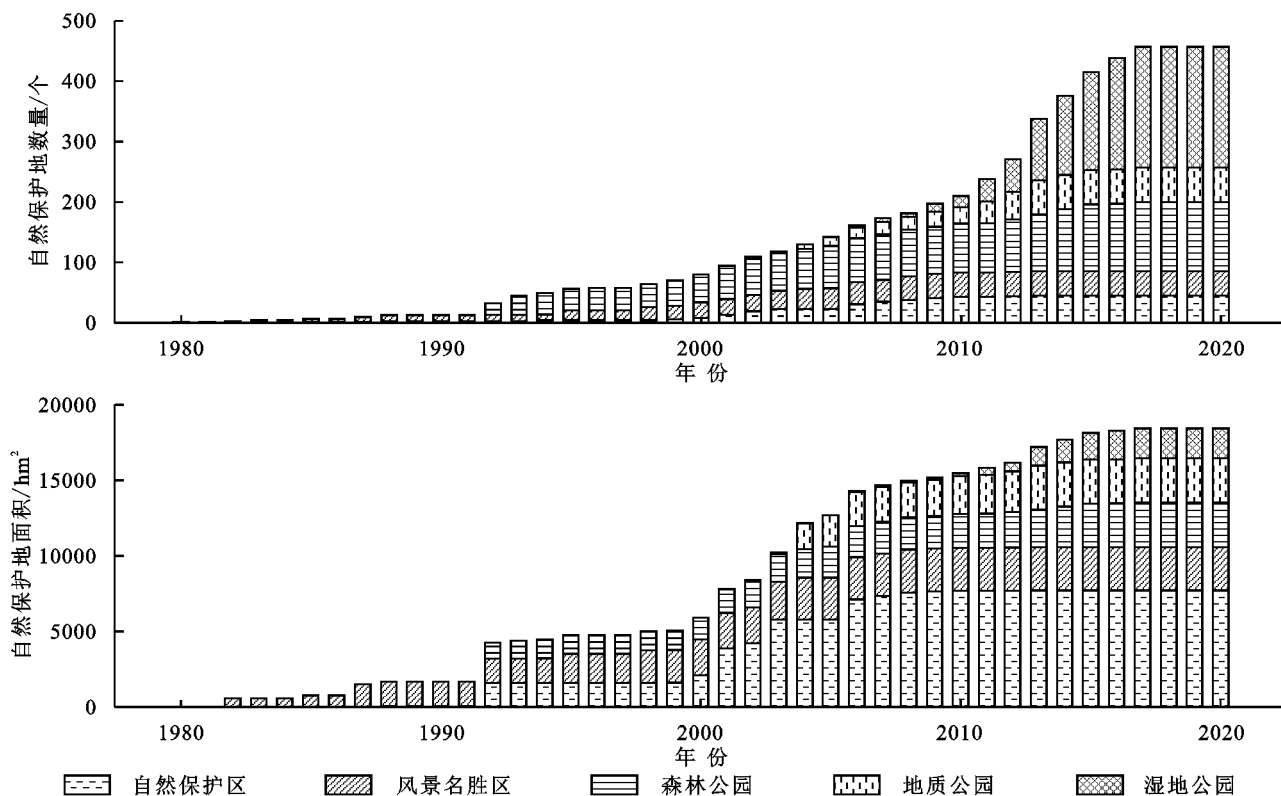


图2 1980—2020年自然保护地数量和面积增长过程

### 2.2 自然保护地空间分布特征

**2.2.1 聚集性** 通过1985—2020年各县区自然保护地数量全局 Moran's  $I$  的计算,探究自然保护地的分布的聚集程度,结果见表1。1985—2020年,Moran's  $I$  始终大于0且逐渐增大,表明县区自然保护地数量与距离存在正相关关系,且正相关性逐渐增强,即聚集程度不断提高。其中,1985—1990年 Moran's  $I$  极接近于0,该时段自然保护地数量与距离的正相关关系较弱,聚集程度较低。Moran's  $I$  结果是基于县区位置以县区自然保护地数量为依据得到的,反映的是县区

尺度上自然保护地的聚集情况,而非以自然保护地实际位置为主体的聚集程度量化。为弥补这一不足,利用 ArcGIS 软件的平均最近邻工具计算1985—2020年自然保护地的最近邻指数  $R$ 。结果显示,研究时段内最近邻指数逐渐减小,表明自然保护地聚集程度有增大趋势,与 Moran's  $I$  结果一致。1985—1990年最近邻指数均大于1,该时段内集聚分布模式尚未形成,1995—2020年最近邻指数均小于1且相差幅度较小,该时段集聚分布模式逐渐形成并趋于稳定,与 Moran's  $I$  在相应时段内的结果相符。



表 1 1985—2020 年 Moran's I 指数与最近邻指数结果						
年份	全局莫兰指数			最近邻指数		
	Moran's I	Z	p	R	Z	p
1985	0.019	0.434	0.664	2.038	4.864	0.000
1990	0.009	0.272	0.785	1.471	2.986	0.003
1995	0.115	1.925	0.054	0.731	-3.677	0.000
2000	0.215	3.480	0.001	0.797	-3.223	0.001
2005	0.231	3.712	0.000	0.734	-5.613	0.000
2010	0.260	4.185	0.000	0.745	-6.556	0.000
2015	0.318	5.060	0.000	0.718	-10.333	0.000
2020	0.323	5.145	0.000	0.709	-11.247	0.000

2.2.2 偏移性 为刻画自然保护地分布的中心性、方向性及偏移情况,利用 ArcGIS 软件中的方向分布工具得到 1985—2020 年自然保护地的标准差椭圆及方位角、长短轴长度、重心坐标等各项参数(图 3,表 2)。研究时段内,标准差椭圆的方位角在 63.85°到 76.36°范围内,椭圆面积不断增大,扁率逐渐减小。椭圆重心呈现东南—西南迁移的趋势,东西方向的移动距离大于南北方向,重心整体向西南方向移动,距山东省质心(36.35°N,118.15°E)的距离逐渐缩短。1985 年,椭圆重心在潍坊中部,椭圆方位角为 76.36°,扁率为

0.769,椭圆形态扁长。1985—1990 年,重心向东南方向移动 14.991 km,椭圆长轴逆时针旋转约 12°,扁率减小,形态扁平程度减弱。1990 年自然保护地数量约为 1985 年的两倍,分布范围也更广,椭圆方位角与扁率变化剧烈。1990—2000 年,重心向西南方向移动约 37.149 km 到潍坊西部,长轴顺时针旋转约 5°。该时段山东省西北部自然保护地建设发力,椭圆长轴旋转方向发生变化。2000—2020 年,重心向西南方向移动约 62.774 km 到淄博南部,距山东省质心仅 10.634 km,长轴逆时针旋转约 4°,扁率减小到 0.437,椭圆形态不再扁长,有向正圆靠拢趋势。

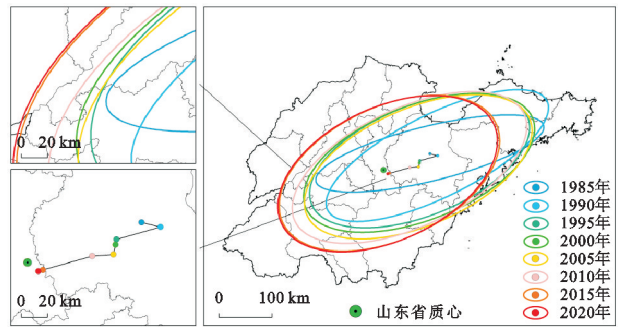


图 3 1985—2020 年自然保护地标准差椭圆及重心变化

表 2 1985—2020 年标准差椭圆各项参数						
年份	重心坐标	面积/hm <sup>2</sup>	长轴/m	短轴/m	方位角/(°)	扁率
1985	36.62°N,119.14°E	3551831.611	221.075	51.159	76.36	0.769
1990	36.58°N,119.30°E	5589478.914	230.545	77.187	63.85	0.665
1995	36.50°N,118.92°E	7107426.115	219.227	103.208	68.47	0.529
2000	36.47°N,118.91°E	7733680.916	229.681	107.190	69.00	0.533
2005	36.40°N,118.89°E	7861229.027	228.485	109.528	67.05	0.520
2010	36.39°N,118.71°E	8283276.181	238.085	110.756	65.26	0.535
2015	36.30°N,118.28°E	8616365.088	221.320	123.933	65.47	0.440
2020	36.29°N,118.25°E	8610374.997	220.613	124.244	65.28	0.437

2.2.3 分布密度 利用 ArcGIS 软件中的核密度工具分析 1990 年、2000 年、2010 年、2020 年自然保护地密度分布情况,以 30 km,40 km,50 km,60 km 的搜索半径进行可视化试验后,确定搜索半径为 50 km,统一 4 个时间节点核密度值分级并进行可视化表达,结果见图 4。核密度结果显示,研究时段内核密度值阈值随时间增加,侧面反映全域尺度上自然保护地聚集程度的增强。1990 年,自然保护地呈“一核多点”分布,密度核心分布较为分散,未能连片分布且所占面积小,该年份自然保护地数量较少,聚集现象不明显。1990—2000 年,密度核心区域范围不断扩大,以 1990 年密度核心为中心向四周扩展并相连,形成密度片区,呈“四核多片”分布。2000—2010 年,密度片区范围进一步扩张,鲁中南山地丘陵与沿海鲁东低山丘陵两个主要的高密度片区初步形成,呈“三核两片”分布。2010—2020 年,密度片区逐渐覆盖山东

省的绝大多数地区,泰山、鲁山、艾山及周围地区的核密度值急剧增长,形成 3 个高密度核心,呈“三核多团两片”分布。2020 年,鲁中南山地丘陵的高密度核心及周围中高密度区形成类似“÷”的高密度片区,泰山—鲁山—沂山一带的中高、高密度区构成“÷”的横,徒骇河、黄河、小清河围出的中高密度核心与蒙山、尼山及周围地区的高密度核心分别构成“÷”的两点;鲁东低山丘陵的两个中高密度核心及周围中密度区构成两头高、四周低的“双峰形”的高密度片区,自然保护地空间分布结构逐渐稳定。

2.3 自然保护地空间分布影响因素

2.3.1 指标体系构建 借鉴前人的研究成果<sup>[27-30]</sup>,考虑数据的可获得性和区域特征,从地形地貌、水热条件、植被覆盖、物种多样性、水体、土地利用情况等 方面选取 13 个指标,建立自然保护地空间分布影响因素指标体系(表 3)。借助 ArcGIS 软件实现指标数

据空间化并尝试重采样到 1 km,3 km,5 km 网格,发现 3 km×3 km 网格为最有效反映研究区特征的指

标分量尺度。最后,利用地理探测器分析 1990—2020 年自然保护地空间分布的影响因素。

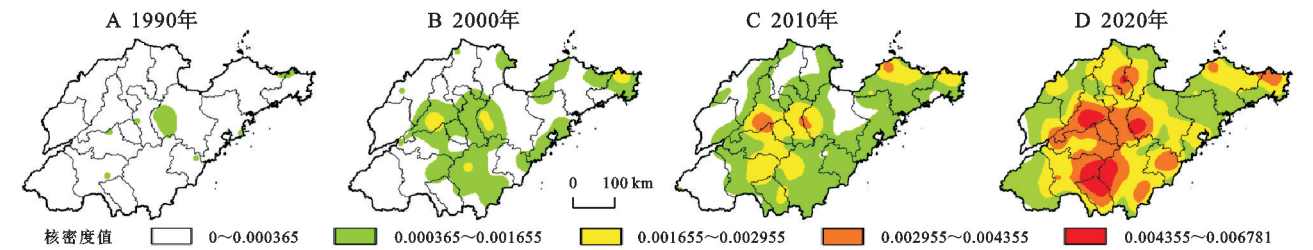


图 4 1990—2020 年自然保护地核密度

表 3 自然保护地空间分布影响因素指标体系

维度	指标	计算方法
地形地貌	海拔高度(dem)	平均海拔高度
	地表起伏度(range)	最高海拔—最低海拔
	地貌类型(geo)	地貌类型
水热条件	降水量(pre)	年平均降水量
	年均气温(tem)	年平均气温
植被覆盖	森林覆盖率(forest)	森林面积/区域面积
	草地覆盖率(grass)	草地面积/区域面积
物种多样性	植物多样性(plant)	野生维管束植物种类
	动物多样性(animal)	野生脊椎动物种类
水体	距河流距离(river)	格网中心距最近河流距离
	河湖湿地(water)	河流、湖泊、湿地总面积
土地利用	耕地面积(crop)	区域耕地总面积
	建筑面积(hard)	区域建筑总面积

注:地貌类型具体分为平原、台地、丘陵、小起伏山地、中起伏山地、大起伏山地、其他(河流、湖泊等)7类。

2.3.2 地理探测器结果 因子探测结果显示(表 4),1990 年,对自然保护地空间分布影响程度较大的指标是降水量、植物多样性、地表起伏度、海拔高度、地貌类型、年均气温、森林覆盖率;2000 年,对自然保护地空间分布影响程度较大的因素是地表起伏度、植物多样性、海拔高度、动物多样性、地貌类型、年均气温、森林覆盖率;2010 年,对自然保护地空间分布影响程度较大的因素是海拔高度、地表起伏度、植物多样性、降水量、动物多样性、地貌类型、森林覆盖率;2020 年,对自然保护地空间分布影响程度较大的因素是海拔高度、地表起伏度、动物多样性、植物多样性、降水量、年均气温、地貌类型。研究时段内,地表起伏度、海拔高度、植物多样性、动物多样性、降水量等是自然保护地空间分布的重要影响因素,地貌类型、年均气温与森林覆盖率的单因素贡献程度次之,也是空间分布的主要影响因素。在解释力的时间变化上,除距河流距离外,各因素解释力大体呈增长趋势,海拔高度与动物多样性的解释地位显著提升,对自然保护地分布起到越来越重要的影响。

交互探测结果显示,指标间交互作用有双因子增强和非线性增强两种,即交互后解释力大于单因子解

释力或大于两因子解释力之和。排序整理影响程度前 10 的交互作用组合得到表 5。从交互作用组合的解释力来看,研究时段内降水量∩植物多样性、降水量∩年均气温、年均气温∩植物多样性、海拔高度∩年均气温、降水量∩动物多样性、海拔高度∩植物多样性、海拔高度∩降水量等组合的交互作用影响力较强。从单因子在交互作用组合中的贡献度来看,海拔高度、降水量、植物多样性与其他指标交互后的影响力普遍较高,与其相关的交互组合出现在交互组合前 10 位的概率远高于其他单因子。虽然距河流距离的单因子解释程度较低,但其与海拔高度、植物多样性、降水量等组合的交互解释力较强,表明河流对自然保护地分布的影响是与其与地形地貌、水热条件、物种多样性等共同作用的结果。

3 结论

为研究黄河下游自然保护地空间分布特征并探究其影响因素,本研究使用最近邻指数、核密度、标准差椭圆等方法研究 1985—2020 年自然保护地分布的聚集性、偏移性和分布密度等分布特征,然后利用地理探测器识别研究区自然保护地分布的主要影响因素。得出以下结论:

- (1) 从发展历程来看,自然保护地建设经历了起步探索、稳步发展、规范发展 3 个发展阶段,其数量和面积呈阶段性跳跃式增长。自然保护地数量和面积时间与政策导向和生态保护意识增强密切相关。
- (2) 从空间分布模式来看,自然保护地空间分布模式以集聚分布为主,呈现从离散到集聚的变化趋势。全局莫兰指数与最近邻指数结果显示,1985—1990 年,自然保护地数量少分布较为离散,1995—2020 年,自然保护地集聚特征显现,聚集程度不断提高,变化幅度逐渐减小。
- (3) 从时空偏移特征来看,自然保护地重心移动轨迹表现为东南—西南方向的迁移过程,整体由潍坊中部向西南方向迁移到淄博南部,逐渐靠近山东省中心。标准差椭圆方位角范围显示,自然保护地分布方

向为东北—西南方向,扁率由 0.769 减小到 0.437,分布方向性逐渐减弱,椭圆面积持续增大,自然保护地分布范围越来越广,各方向的建设拉力促使自然保护地建设得以在全域展布。

表 4 1990—2020 年自然保护地空间分布影响因素因子探测 q 值

指标	1990 年		2000 年		2010 年		2020 年	
	q	解释地位	q	解释地位	q	解释地位	q	解释地位
海拔高度	0.147***	4	0.293***	3	0.393***	1	0.386***	1
地表起伏度	0.152***	3	0.298***	1	0.379***	2	0.303***	2
地貌类型	0.126***	5	0.254***	5	0.288***	6	0.213***	7
降水量	0.114***	6	0.247***	6	0.165***	8	0.220***	6
年均气温	0.197***	1	0.066***	11	0.311***	4	0.276***	5
森林覆盖率	0.103***	7	0.179***	7	0.219***	7	0.152***	8
草地覆盖率	0.054***	11	0.136***	8	0.157***	9	0.101***	9
植物多样性	0.190***	2	0.294***	2	0.369***	3	0.284***	4
动物多样性	0.099***	8	0.260***	4	0.304***	5	0.295***	3
距河流距离	0.059***	9	0.062***	12	0.036***	12	0.028***	12
河湖湿地	0.002***	13	0.002***	13	0.010***	13	0.019***	13
耕地面积	0.054***	10	0.069***	10	0.076***	10	0.029***	11
建筑面积	0.029***	12	0.077***	9	0.070***	11	0.045***	10

注:\*\*\*表示  $p<0.05$ 。

表 5 1990—2020 年影响因素交互探测 q 值

1990 年		2000 年		2010 年		2020 年	
q	交互组合	q	交互组合	q	交互组合	q	交互组合
0.408	tem∩ plant	0.490	pre∩ plant	0.574	tem∩ plant	0.646	plant∩ animal
0.405	dem∩ tem	0.476	plant∩ animal	0.548	pre∩ animal	0.645	pre∩ tem
0.402	pre∩ plant	0.468	pre∩ tem	0.547	dem∩ plant	0.632	pre∩ plant
0.389	pre∩ animal	0.464	dem∩ pre	0.546	pre∩ plant	0.562	dem∩ animal
0.376	plant∩ river	0.462	pre∩ animal	0.542	pre∩ tem	0.558	dem∩ tem
0.351	pre∩ tem	0.448	dem∩ tem	0.542	dem∩ animal	0.546	dem∩ plant
0.320	pre∩ river	0.441	tem∩ plant	0.534	dem∩ tem	0.538	dem∩ pre
0.317	dem∩ plant	0.439	tem∩ animal	0.526	plant∩ animal	0.529	range∩ plant
0.307	geo∩ pre	0.420	dem∩ plant	0.524	dem∩ pre	0.511	range∩ pre
0.306	dem∩ pre	0.414	dem∩ animal	0.503	range∩ plant	0.506	pre∩ animal

(4) 从分布密度来看,自然保护地主要聚集区域为鲁中南山地丘陵与鲁东低山丘陵,自然保护地密度分布情况经历“一核多点”、“四核多片”、“三核两片”、“三核多团两片”的变化过程。鲁中南山地丘陵密度片区中高、高密度核心分布形似除号“÷”,鲁东低山丘陵密度片区密度核心分布形似骆驼的双峰。

(5) 从空间分布的影响因素来看,影响自然保护地空间分布的主要单因素有地表起伏度、海拔高度、降水量、森林覆盖率等,影响力较强的因素组合为降水量∩年均气温、海拔高度∩年均气温、海拔高度∩降水量、地表起伏度∩降水量、降水量∩地貌,降水量与海拔高度在交互作用组合中的贡献程度最高。

4 自然保护地高质量发展建议

立足于研究区自然保护地时空特征,提出以下高质量发展建议:

第一,协调保护与发展矛盾,依托“自然保护地群”开展“生态城”建设。近年来,研究区自然保护地集聚程度不断提高,“自然保护地群”规模进一步扩张。为降低农林牧渔等产业活动造成的环境压力,自然保护地及周边地区经营活动的方式和强度会受不同程度的限制,保护与发展矛盾长期存在,“自然保护地群”周边区域尤为突出,自然保护地社区产业转型刻不容缓<sup>[31]</sup>。面对这种矛盾冲突,应依据自然保护地空间格局规划“生态城”,转移和置换限制经营活动,将发展重点放在环境影响弱的生态林业、旅游业等产业上。一方面,有利于实现生态保护边界与生产生活边界的生态、半生态过渡,另一方面,可以为社区居民提供替代生计,缓和保护与发展矛盾。为促进社区产业转型和“生态城”运转,政府部门可通过出台税费减免、福利补贴等系列激励机制,减少社区居民的后顾之忧。



第二,利用“自然保护地群”资源叠加效应,发展生态旅游示范区。游憩是自然保护地提供的重要生态系统服务,游憩供给是自然保护地主管部门履行环境教育责任、增强公民生态保护意识的重要手段<sup>[32]</sup>。2020年7月,山东省文化和旅游厅出台《山东省文化旅游融合发展规划(2020—2025年)》,力图促进文化、生态与旅游的深度融合,使山东省旅游产业焕发新活力。生态旅游内涵与我国生态文明建设下的旅游业发展需求相协调,不违背自然保护地生态保护优先、严格限制开发的初衷,是环境教育与经济效益的双赢<sup>[33]</sup>。考虑各类自然保护地的旅游功能定位与“自然保护地群”游憩价值叠加相对优势,可在“生态城”基础上规划森林生态、河湖湿地、海岛海岸、遗址遗迹等单一功能的生态旅游示范区与多种游憩体验并存的混合功能生态旅游示范区。在坚持保护优先的基础上,各示范区应找准功能定位,充分发掘区域旅游资源特色,设计亮点突出的生态旅游“名片”。

第三,以自然保护地为基石构建黄河下游生态廊道,提升区域生态环境质量。自然保护地数量增加、聚集程度提高并未有效改善自然保护地碎片化、孤岛化问题,自然保护地间连通性较差,自然生态系统完整性保护不到位<sup>[34-35]</sup>。生态廊道是保持和改善生态完整性的条带空间<sup>[36]</sup>,以自然保护地为基石构建生态廊道,首先应识别潜在的连通性威胁,加强临近自然保护地的连通性,弱化自然保护地边界的分割性,保持自然保护地与周围景观生境一定程度的渗透性。然后,按照河湖、山岳、森林、湿地分布格局,在“自然保护地群”内生态连通的基础上,串点成线,由线及面,整合区域生态资源,构建黄河下游生态廊道。《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》指出,建设黄河下游绿色生态走廊是推进黄河下游生态治理的题中应有之义。生态廊道建设有助于实现自然保护地统一管理,强化相关部门协作,有利于实现设施共享、人才共享、信息共享,有益于实现区域生态环境高质量发展。

#### 参考文献:

- [1] 刘超.“自然保护地”法律概念之析义与梳正[J].暨南学报:哲学社会科学版,2020,42(10):24-39.
- [2] 陈战是,于涵,孙铁,等.生态文明视野下自然保护地规划的研究与思考[J].中国园林,2020,36(11):14-18.
- [3] 郭子良,祝伟,雷茵茹,等.自然保护地管理有效性评估方法综述[J].世界林业研究,2020,33(3):13-19.
- [4] 肖练练,钟林生,周睿,等.近30年来国外国家公园研究进展与启示[J].地理科学进展,2017,36(2):244-255.
- [5] 李博炎,朱彦鹏,刘伟伟,等.中国国家公园体制试点进展、问题及对策建议[J].生物多样性,2021,29(3):283-289.
- [6] 胡德胜,许胜晴,归帆.黄河流域自然保护地管理体制机制的立法规制[J].中国软科学,2021(11):1-9.
- [7] 秦天宝,刘彤彤.自然保护地立法的体系化:问题识别、逻辑建构和实现路径[J].法学论坛,2020,35(2):131-140.
- [8] 刘某承,王佳然,刘伟伟,等.国家公园生态保护补偿的政策框架及其关键技术[J].生态学报,2019,39(4):1330-1337.
- [9] 程立峰,张惠远.实现自然保护地共建共享的路径建议[J].环境保护,2019,47(19):8-10.
- [10] 张语克,张琼悦,张跃,等.自然保护地环境解说资源研究:以九寨沟芦苇海解说步道为例[J].生物多样性,2022,30(2):73-90.
- [11] 梦梦,刘鑫,赵英男,等.自然保护地环境教育实践与研究现状[J].世界林业研究,2020,33(2):31-36.
- [12] 翁爱芳,范少贞,卢远清,等.基于成本效益评估的县域自然保护地优化整合方案比较研究:以福建省泰宁县为例[J].自然资源学报,2021,36(8):2020-2037.
- [13] 朱里莹,徐姗,兰思仁.中国国家级保护地空间分布特征及对国家公园布局建设的启示[J].地理研究,2017,36(2):307-320.
- [14] 罗红,陈磊,姜运力,等.自然保护地整合优化的景观格局变化分析:以贵州省思南县为例[J].生态学报,2021,41(20):8076-8086.
- [15] 高吉喜,刘晓曼,周大庆,等.中国自然保护地整合优化关键问题[J].生物多样性,2021,29(3):290-294.
- [16] 樊涵,杨朝辉,王丞,等.贵州省自然保护地时空演变特征及影响因素[J].应用生态学报,2021,32(3):1005-1014.
- [17] 周婷,牛安逸,马姣娇,等.国家湿地公园时空格局特征[J].自然资源学报,2019,34(1):26-39.
- [18] Xu B C, Pan J H. Spatial distribution characteristics of national protected areas in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2019,29(12):2047-2068.
- [19] 潘竟虎,徐柏翠.中国国家级自然保护地的空间分布特征与可达性[J].长江流域资源与环境,2018,27(2):353-362.
- [20] 马坤,唐晓岚.长江中游流域国家级自然保护地交叉重叠特征及其优化整合研究[J].南京林业大学学报:自然科学版,2022,46(3):12-20.
- [21] 梅林,姜洪强.基于 Airbnb 数据的北京市民宿空间分异过程、因素与趋势[J].经济地理,2021,41(3):213-222.
- [22] 黄葵.重庆市乡村旅游资源空间特征及其与乡村振兴关系研究[J].中国农业资源与区划,2020,41(4):216-224.
- [23] 麻学锋,刘玉林.旅游产业成长与城市空间形态演变的关系:以张家界为例[J].经济地理,2019,39(5):226-234.
- [24] 刘敏,郝炜,张芙蓉.山西省 A 级景区空间分布与影响因素[J].经济地理,2020,40(8):231-240.

(下转第412页)



- [14] 朱从谋,李武艳,杜莹莹,等.浙江省耕地多功能价值时空变化与权衡—协同关系[J].农业工程学报,2020,36(14):263-272.
- [15] 付慧,刘艳军,孙宏日,等.京津冀地区耕地利用转型时空分异及驱动机制[J].地理科学进展,2020,39(12):1985-1998.
- [16] 戈大专,龙花楼,杨忍.中国耕地利用转型格局及驱动因素研究:基于人均耕地面积视角[J].资源科学,2018,40(2):273-283.
- [17] 向敬伟,李江风.贫困山区耕地利用转型对农业经济增长质量的影响[J].中国人口·资源与环境,2018,28(1):71-81.
- [18] 李梦燃.耕地多功能供需错位与协同机制的多尺度研究[D].武汉:华中农业大学,2019.
- [19] 何山.基于多源信息的耕地多功能评价与用途分区研究[D].杭州:浙江大学,2019.
- [20] 周丁扬,李抒函,文雯,等.基于供需视角的河南省耕地多功能评价与优化[J].农业机械学报,2020,51(11):272-281.
- [21] Shanguan W, Dai Y, Liu B, et al. A China dataset of soil properties for land surface modeling[J]. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 2013,5(2):212-224.
- [22] 赵丽,张蓬涛,许皞,等.新型城镇化背景下耕地多功能价值测算及动态变化研究:以河北省定州市为例[J].湖北农业科学,2018,57(5):35-40,63.
- [23] 刘利花,杨永福,李全新.基于粮食安全的耕地保护补偿研究[J].西北农林科技大学学报:社会科学版,2017,17(1):30-38.
- [24] 叶姗,李世平.耕地资源社会价值评估研究:以西安市为例[J].中国农业资源与区划,2013,34(2):27-32.
- [25] 汤进华,陈志,朱俊成,等.武汉城市圈耕地资源生态服务价值核算[J].中国农学通报,2015,31(4):237-244.
- [26] 刘占锋.利用作物模拟模型辅助冬小麦限水灌溉决策的研究[D].河北保定:河北农业大学,2004.
- [27] 杨柳英,赵翠薇,王磊,等.喀斯特槽谷区耕地生态服务价值时空演变分析:以印江县为例[J].环境科学与技术,2019,42(1):156-163.
- [28] 唐华俊,李哲敏.基于中国居民平衡膳食模式的人均粮食需求量研究[J].中国农业科学,2012,45(11):2315-2327.
- [29] 李全峰,胡守庚,瞿诗进.1990—2015年长江中游地区耕地利用转型时空特征[J].地理研究,2017,36(8):1489-1502.

(上接第402页)

- [25] 陈刚,吴清,杨俭波,等.中国国家森林乡村的空间分布特征与影响因素[J].经济地理,2021,41(6):196-204.
- [26] 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.
- [27] 樊涵,王晓娟,杨朝辉,等.遵义市4种主要自然保护地空间分布特征及其影响因素研究[J].生态与农村环境学报,2020,36(3):334-341.
- [28] 杨利,石彩霞,谢炳庚.长江流域国家湿地公园时空演变特征及其驱动因素[J].经济地理,2019,39(11):194-202.
- [29] 王兆峰,史伟杰.中国美丽休闲乡村的空间分布特征及影响因素[J].地理科学,2022,42(1):104-114.
- [30] 刘敏,郝伟.山西省国家A级旅游景区空间分布影响因素研究[J].地理学报,2020,75(4):878-888.
- [31] 何思源,王博杰,王国萍,等.自然保护地社区生计转型与产业发展[J].生态学报,2021,41(23):9207-9215.
- [32] 吴必虎,谢治凤,张玉钧.自然保护地游憩和旅游:生态系统服务、法定义务与社会责任[J].旅游科学,2021,35(5):1-10.
- [33] 赵力,张伟,刘楠,等.国家公园理念下区域生态旅游资源评价:以青海湖与祁连山毗邻区域为例[J].干旱区地理,2021,44(6):1796-1809.
- [34] 欧阳志云,杜傲,徐卫华.中国自然保护地体系分类研究[J].生态学报,2020,40(20):7207-7215.
- [35] 李群绩,王灵恩.中国自然保护地旅游资源利用的冲突和协调路径分析[J].地理科学进展,2020,39(12):2105-2117.
- [36] 余付勤,张百平,王晶,等.国外大尺度生态廊道保护进展与秦岭国家公园建设[J].自然资源学报,2021,36(10):2478-2490.