

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2024.04.010

曹开军, 李如雪, 龙顺发, 等. 黄河流域旅游—生态系统脆弱性时空演变特征及影响因素 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(4): 92-103.

黄河流域旅游—生态系统脆弱性 时空演变特征及影响因素

曹开军^{1,2}, 李如雪¹, 龙顺发¹, 刘勤^{1,2}

1. 新疆大学 旅游学院, 乌鲁木齐 830046;

2. 新疆大学 新疆历史文化旅游可持续发展重点实验室, 乌鲁木齐 830046

摘要: 科学评估区域脆弱性状况, 降低系统脆弱性是推动地区高质量发展的依据. 以黄河流域 63 个地级市为研究对象, 基于压力—状态—响应(PSR)模型构建旅游—生态系统脆弱性综合评价指标体系, 采用熵值法、综合指数法、空间自相关、障碍度模型分析 2006、2010、2015、2019 及 2020 年黄河流域旅游—生态系统的脆弱性时空分布特征及影响因素. 结果表明: ① 研究区旅游—生态系统脆弱性指数先下降后上升, 总体处于波动下降趋势, 脆弱等级处于中度脆弱水平; 旅游子系统脆弱性呈上升后下降趋势, 生态子系统脆弱性呈下降趋势; ② 空间分布上脆弱性呈由西向东逐渐升高的变化趋势, 综合系统及各子系统脆弱性空间差异显著, 空间集聚态势明显, “高一高”聚集地区空间集聚效应增强, “低—低”聚集地区空间范围增大; ③ 影响系统脆弱性降低的最大障碍因素由建成区绿化覆盖率转变为旅游者与当地居民比, 旅游经济密度、空气质量优良率等要素也是阻碍系统脆弱性降低的主要影响因素.

关键词: 黄河流域; 旅游—生态系统; 脆弱性; PSR 模型;

熵值法; 障碍度

中图分类号: F592; X171.1

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1673-9868(2024)04-0092-12



Spatiotemporal Evolution Characteristics and Influencing Factors of Tourism-Ecosystem Vulnerability in the Yellow River Basin

CAO Kaijun^{1,2}, LI Ruxue¹, LONG Shunfa¹, LIU Qin^{1,2}

1. School of Tourism Studies, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang 830046, China;

2. Key Laboratory of the Sustainable Development of Xinjiang's Historical and Cultural Tourism, Urumqi Xinjiang 830046, China

Abstract: Scientific assessment of regional vulnerability and reduction of systemic vulnerability are the basis for promoting high-quality regional development. With the Yellow River basin, 63 cities as the research

收稿日期: 2023-06-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(42161036); 新疆历史文化旅游可持续发展重点实验室项目(LY2022-08).

作者简介: 曹开军, 副教授, 博士研究生导师, 主要从事旅游地理与生态旅游研究.

object, based on the pressure-state-response (PSR) model to build tourism-ecosystem vulnerability evaluation index system, the overall characteristics and influencing factors of tourism-ecosystem vulnerability in the Yellow River Basin in 2006, 2010, 2015, 2019 and 2020 were analyzed by using the entropy method, the comprehensive index method, the spatial autocorrelation, and the obstacle degree model. The results showed that: ① The vulnerability index of the tourism-ecosystem in the study area decreased first and then increased, and the vulnerability level was in the moderate vulnerability level. The vulnerability of tourism subsystem increased and then decreased, while the vulnerability of ecological subsystem decreased. ② The spatial vulnerability distribution showed a trend of increasing gradually from west to east. The spatial difference of vulnerability of the integrated system and subsystems was significant, and the spatial agglomeration trend was obvious. The spatial agglomeration effect of “high-high” agglomeration area was enhanced, and the spatial range of “low-low” agglomeration area was increased. ③ The biggest obstacle factor affecting the reduction of system vulnerability has been changed from the green coverage rate of built-up areas to the ratio of tourists to local residents, and factors such as tourism economic density and good air quality rate are also the main factors hindering the reduction of system vulnerability.

Key words: Yellow River basin; tourism-ecosystem; vulnerability; PSR model; entropy method; barrier degree

生态环境是区域可持续健康发展的根基,旅游业绿色低碳发展是保护区域生态环境的重要举措^[1]。2021年,中共中央、国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》,指出要推动黄河流域成为具有国际影响力的黄河文化旅游带,这表明国家把旅游业发展作为推进黄河流域高质量发展的重要力量。一方面,旅游发展依赖于生态环境提供的物质资源,体现出旅游业在生态环境方面具有一定敏感性;另一方面,旅游的过度发展也会在一定程度上影响生态平衡和环境质量^[2],体现出生态环境因旅游的发展也具有一定脆弱性。然而,脆弱性是衡量一个地区发展质量的重要依据^[3]。因此,探究黄河流域旅游—生态系统脆弱性,对落实黄河流域生态保护和高质量发展这一国家战略具有重要意义。

脆弱性最早应用于自然灾害领域,由于全球环境及可持续发展等问题的出现,其被广泛应用到地理学、生态学、旅游学等研究领域之中^[4-6]。目前,脆弱性研究视角逐渐由单一的自然系统扩展至人地耦合系统,研究重点也聚焦于多要素、多维度的复合系统脆弱性,并从静态转向动态研究。国内外学者主要从脆弱性的理论、特征、分析框架等方面进行探索^[7-8],并运用不同框架对不同尺度的研究区域进行实证探究^[4,9]。2006年,Petrosillo等^[7]首次探讨了以旅游活动为基础的社会—生态系统脆弱性;2011年,陈娅玲等^[10]将社会—生态系统理论应用于旅游领域之中,提出了旅游社会—生态系统这一概念,旅游地社会—生态系统脆弱性这一重要研究内容也逐渐受到众多学者的关注。当前,学者们多以旅游活动作为干扰因素并基于社会经济生态模型探究社会—生态系统脆弱性,该系统主要包括旅游、社会、经济、生态等相关要素,研究内容主要围绕概念探究、脆弱性评估、时空演变分析、影响因素等方面展开^[6,9,11];研究方法由定性评价方法向以定量为主的集对分析法、综合指数法、3S技术等方法转变^[8,12,13]。总体来看,基于对脆弱性内涵的不同理解,学者们研究的脆弱性要素也存在差异,当前现有研究多以脆弱性内部特征为基础,选取敏感性—应对能力(SR)和暴露度—敏感性—适应能力(VSD)等评估框架探究单一系统脆弱性,从外部压力的角度探讨复合系统脆弱性的研究相对较少^[14];且当前复合系统脆弱性评价主要基于社会、经济、生态等维度进行探讨,虽然已有学者对旅游—经济—生态系统脆弱性进行了探索^[6],但将旅游作为重要维度来探究区域脆弱性的相关研究仍较为鲜见。旅游业作为国民经济的支柱产业,是区域复合系统中的重要组成部分,随着黄河流域旅游产业快速发展,人地系统矛盾突出,人地关系愈发脆弱紧张^[15],如何促使人地关系协调发展,值得深入研究。本文选取压力—状态—响应(pressure-state-response, PSR)模型探究黄河流域旅游—生态系统脆弱性,PSR模型能够系统评估人类活动所带来的环境变化^[16],这也在一定程度上弥补现有研究的不足。

基于此,本文参照已有研究成果引入旅游子系统,聚焦于旅游—生态系统,从旅游、生态两个子系统

中选取相关指标,以黄河流域 63 个地级市为研究样本,从旅游和生态两个子系统分别以压力、状态、响应 3 个维度构建指标体系,刻画分析研究区域“旅游—生态系统脆弱性”时空演变特征,并运用障碍度模型分析综合系统脆弱性影响因素,旨在为降低旅游—生态系统脆弱性,促进黄河流域生态环境高质量发展提供一定的参考依据。

1 研究区概况

本研究参照相关研究成果^[17],并考虑行政区划的完整性及地区经济发展与黄河的关联性^[18],将黄河流域分为上中下游 3 个地区,流域范围共涉及 8 省(区)73 个地级市(州、盟)(图 1),鉴于研究区部分地级市无可获取的数据,本研究最终选取 63 个地级市作为研究区域,另由于 2019 年莱芜市并入至济南市,考虑到数据可比性等因素,本文将莱芜市与济南市合并为一个地级市进行计算。黄河流域上中下游区域由于区位条件、自然环境差异,流域沿线具有独特丰富的旅游资源。旅游经济作为一种新型的经济发展模式,是促进区域经济转型升级和促进生态保护的重要推动力^[19]。然而黄河流域在自然条件与人为因素的影响下,中上游地区存在水土流失严重等生态问题,是典型的生态脆弱区。与长江流域相比,黄河流域横跨多个自然分区,生态环境问题也更为严峻,加强流域生态保护是实现黄河流域高质量发展的基础条件^[20]。同时旅游产业是推动黄河流域生态保护和高质量发展的优势产业,但各省区旅游经济发展不充分不平衡,区域各系统在多要素影响下的脆弱性变化程度不一。因此,本研究探究黄河流域旅游—生态系统脆弱性特征具有区域典型性,对于维护国家生态安全、推动黄河流域生态保护和高质量发展具有重要意义。



审图号为 GS(2023)2763 号,底图无修改。

图 1 研究区域图

2 数据与方法

2.1 指标体系构建

当前,学者们评估系统脆弱性主要侧重从脆弱性的概念内涵出发,从不同维度进行探究,常用的 SR 框架是从敏感性和应对能力两个认知维度进行搭建指标体系;VSD 模型是从暴露度、敏感性和适应能力 3 个维度定量评估系统脆弱性;PSR 模型则从压力、状态、响应 3 个维度评估脆弱性。相较之下,SR 与 VSD 评估框架更侧重于探究单一系统扰动^[8],难以充分阐释在多重扰动下特定研究尺度的脆弱性产生机理^[14],而 PSR 模型能够清晰体现系统间因果关系,从人类与环境系统的相互作用与影响出发,对环境指标进行分类,具有较强的系统性^[16]。旅游系统和生态环境系统是两个复杂的系统,具有一定的复杂性,旅游—生态系统脆弱性是旅游、生态子系统脆弱性综合作用的体现,子系统间脆弱性是压力、状态、响应互相影响的结果。本文采用 PSR 分析框架能够有效反映各变量间的逻辑关系,客观阐述人类活动

与自然生态系统之间的互相依存及制约的关系. 本文在参考已有研究的基础上^[2,6,9,17,21-22], 遵循科学性、系统性、全面性、数据可获取性等指标体系构建原则, 运用 PSR 模型从压力、状态、响应 3 个层面构建旅游—生态系统脆弱性评价指标体系. 鉴于初选指标可能会存在多重共线性问题, 从而造成研究结果失真, 因此本文采用 SPSS 软件进行多重共线性检验, 在原有 23 个指标的基础上根据共线性检验结果将方差膨胀因子(VIF)值大于 10 的指标进行剔除, 如游客密度、旅游总收入等指标. 为更全面反映评价结果, 在此基础上又新增第三产业增长率等指标, 结果表明各指标间通过共线性检验, 最终选取旅游经济密度等指标构建脆弱性评价指标体系(表 1).

表 1 旅游—生态系统脆弱性评价指标体系

系统层	准则层	指标层	指标说明	性质	权重	
旅游脆弱性	压力	旅游经济密度 $S1/(10^8 \text{ 元} \cdot \text{km}^{-2})$	旅游经济压力	+	0.159 0	
		游客数量增长率 $S2/\%$	游客压力增长速率	+	0.009 5	
		旅游收入增长率 $S3/\%$	旅游经济压力增长速率	+	0.016 3	
		第三产业增长率 $S4/\%$	第三产业带来的压力	+	0.019 1	
	状态	旅游者与当地居民比 $S5/\%$	本地居民为游客提供的服务供给	+	0.082 2	
		4A 级以上景区数 $S6/\text{个}$	旅游资源丰度	-	0.009 2	
		星级饭店数量 $S7/\text{个}$	住宿接待能力	-	0.005 3	
	响应	人均 GDP $S8/10^4 \text{ 元}$	区域经济实力和财政积累能力	-	0.008 2	
		旅游总收入占 GDP 的比重 $S9/\%$	旅游业对当地经济发展的作用	+	0.078 0	
		旅游拉动率 $S10/\%$	旅游对其他产业的拉动作用	+	0.007 3	
		普通高等学校学生数 $S11/\text{人}$	地区人口素质和应对措施人才供给	-	0.003 1	
	生态脆弱性	压力	城市污水排放量 $S12/\text{万吨}$	污水排放对目的地生态环境的压力	+	0.123 3
			人均日生活用水量 $S13/\text{升}$	用水需求量对生态环境的压力	+	0.018 2
人口密度 $S14/(\text{人} \cdot \text{km}^{-2})$			单位面积人口承载压力数据	+	0.070 1	
城镇化率 $S15/\%$			区域非农人口压力	+	0.018 5	
状态		建成区绿化覆盖率 $S16/\%$	地区绿化程度	-	0.044 2	
		人均公园绿地面积 $S17/\text{m}^2$	目的地生态环境状况	-	0.006 6	
		空气质量优良率 $S18/\%$	空气质量	-	0.053 0	
响应		人工造林面积 $S19/\text{km}^2$	区域生态环境改善力度	-	0.007 3	
		公共厕所数量 $S20/(\text{个} \cdot 10^{-4} \text{ 人})$	排污设施建设能力	-	0.002 6	
		生活垃圾无害化处理率 $S21/\%$	区域对生活环境治理能力	-	0.256 6	
		市容环卫专用车辆 $S22/(\text{台} \cdot 10^{-4} \text{ 人})$	环境清洁保障能力	-	0.002 4	

注：“+”表示指标与系统脆弱性呈正相关；“-”表示指标与系统脆弱性呈负相关。

压力(P): 压力揭示的是社会经济活动对产业发展及目的地环境造成的影响. 本文主要是指旅游发展压力与生态环境压力. ① 旅游子系统: 本文选取旅游经济密度、游客数量增长率、旅游收入增长率及第三产业增长率作为子系统的压力层进行表征. 其中, 旅游经济密度反映的是旅游活动对旅游目的地社会经济活动产生的压力强度^[9]; 游客数量增长率反映旅游目的地对游客的吸引程度及旅游产业规模在目的地的扩张程度, 但游客数量的不断激增也会对目的地的公共资源消耗等方面产生压力^[9]; 旅游收入增长率不但可以揭示目的地旅游经济效益的增长潜力, 也反映了目的地产业经济增长的压力^[9]; 第三产业增长率反映了包含旅游业在内的第三产业对系统所带来的压力, 从宏观环境反映旅游业的发展状况^[9]. ② 生态环境子系统: 本文选取城市污水排放量、人均日生活用水量、人口密度及城镇化率对该系统的压力层进行表征. 其

中,城市污水排放量反映当地水污染状况^[21];人均日生活用水量反映当地水资源利用状况,水资源消耗越大,生态环境压力也越大^[21];人口密度反映的是目的地的人口压力^[9];城镇化率反映的是城市化进程对生态系统的影响^[9].

状态(S):状态表征黄河流域一定时期内旅游子系统和生态子系统的发展状况,是系统内各要素长期作用所产生的结果^[9]. ①旅游子系统:本文选取旅游者与当地居民比、4A级以上景区数、星级饭店数量对该系统的状态层进行表征.其中,旅游者与当地居民比反映旅游地居民为游客提供旅游相关服务供给,游客接待规模不断增大,服务质量也会受到影响^[17];4A级以上景区数及星级饭店数量揭示的是目的地高级别资源禀赋及旅游基础设施数量^[22]. ②生态子系统:本文选取建成区绿化覆盖率、人均公园绿地面积及空气质量优良率对该系统的状态层进行表征.其中,建成区绿化覆盖率及人均公园绿地面积反映了目的地生态环境状况^[2],空气质量优良率反映目的地的空气质量状态^[9].

响应(R):响应主要指人类根据旅游—生态系统受到内外部因素的扰动时其子系统所采取的有效应对措施. ①旅游子系统:本文选取人均GDP、旅游总收入占GDP的比重、旅游拉动率、普通高等学校学生数进行表征.其中,人均GDP反映地区经济发展水平,发展水平低更易受外在因素的影响^[6];旅游总收入占GDP的比重反映旅游业对旅游地经济发展的作用,一定程度上反映了地区经济对旅游业的依赖度^[9];旅游拉动率反映的是目的地旅游业对其他产业的拉动作用^[9];普通高等学校学生数侧面反映了旅游地为应对旅游发展所提供的人才供给措施^[17]. ②生态子系统:本文选取人工造林面积、公共厕所数量、生活垃圾无害化处理率及市容环卫专用车辆对该系统的响应层进行表征.其中,人工造林面积、生活垃圾无害化处理率等指标为旅游地在生态环境方面所采取的治理措施,反映了旅游地对生态保护的力度^[6,9].

2.2 研究方法

2.2.1 脆弱性综合指数法

旅游—生态系统涵盖了旅游、经济、环境层面多种因素的综合影响,因此利用加权求和指数法计算旅游系统与生态环境系统脆弱度指数.为了消除各评价指标量纲或指标类型的不一致所造成的影响^[23],本文运用极差标准化方法处理正负向指标,并结合熵值法确定指标权重,最后计算得出黄河流域旅游脆弱性指数、生态脆弱性指数及旅游—生态脆弱性综合指数,具体公式参照相关文献^[9].

2.2.2 脆弱性等级划分

脆弱性等级的定义和划分标准不同,会对脆弱性等级评估结果造成影响^[24].由于目前尚无统一的旅游—生态系统脆弱性等级划分标准,本研究结合研究区域的具体特征,采用自然间断点法^[4]分级.为便于比较不同时间段黄河流域旅游—生态系统脆弱性指数,参考已有文献^[6],将黄河流域地级市脆弱度指数划分为低度脆弱、较低脆弱、中度脆弱、较高脆弱、高度脆弱5个等级(表2).

表2 黄河流域“旅游—生态”系统脆弱性分级标准

系统	“旅游—生态”系统	旅游子系统	生态子系统
低度脆弱	(0.091, 0.161)	(0.105, 0.160)	(0.064, 0.138)
较低脆弱	(0.162, 0.201)	(0.161, 0.203)	(0.139, 0.187)
中度脆弱	(0.202, 0.240)	(0.204, 0.241)	(0.188, 0.232)
较高脆弱	(0.241, 0.309)	(0.242, 0.278)	(0.233, 0.298)
高度脆弱	(0.310, 0.515)	(0.279, 0.685)	(0.299, 0.626)

2.2.3 空间自相关

空间自相关分为全局空间自相关和局部空间自相关,主要是指在研究区域内某一空间单元属性值与其相邻空间单元属性值的关联程度^[25].

全局空间自相关主要是分析其在研究区域内脆弱性是否存在空间集聚性,计算公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (v_i - \bar{v})(v_j - \bar{v})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2} \quad (1)$$

其中: n 为研究区域城市数量; v_i 和 v_j 为城市 i 和 j 的脆弱性指数; \bar{v} 为脆弱性指数均值; w_{ij} 代表城市 i 和 j 的空间权重; I 表示 Moran's I 指数, 在 $[-1, 1]$ 区间范围内, I 值越接近于 1, 表示空间单元正相关性越显著, I 值越趋近于 -1 , 则表明负相关性越显著, I 值接近 0 时, 空间单元呈随机分布状态。

局部空间自相关主要指空间单元属性值在局部范围内的空间集聚性, 计算公式为:

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

其中: I_i 表示局部空间自相关指数; x_i 和 x_j 为城市 i 和 j 的脆弱性指数; \bar{x} 为脆弱性指数均值; w_{ij} 代表城市 i 和 j 的空间权重。

2.2.4 障碍度模型

障碍度模型主要用于计算各项指标对于旅游—生态系统脆弱性的障碍程度, 确定各障碍因子的主次关系以及对系统脆弱性的影响程度^[9]。

$$r_j = \frac{\omega_j x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n \omega_j x'_{ij}} \times 100\% \quad (3)$$

其中: 障碍度 r_j 为第 j 项指标对系统脆弱性的影响程度; ω_j 为第 j 项指标的权重; x'_{ij} 为第 j 项指标的标准化处理后的值。

2.3 数据来源

本研究原始数据来源于黄河流域 8 省市(区)及相关地级市 2007—2021 年的统计年鉴(<https://data.cnki.net/yearbook/>)、《中国城市统计年鉴》(2007—2021 年)、《中国城市建设统计年鉴》(2007—2020 年)、《中国环境统计年鉴》(2007—2021 年)、《中国区域经济统计年鉴》(2007—2014 年)、《中国旅游统计年鉴》(2007—2018 年), 以及各地级市相应年份的国民经济和社会发展统计公报(<https://www.cnstats.org/>); 4A 级以上景区数据来源于文化和旅游部(<https://www.mct.gov.cn/>); 部分指标如旅游经济密度、旅游总收入占 GDP 的比重、旅游拉动率等依据其他相关指标计算得出, 指标中的少部分数据来源于各地级市相关政府工作报告; 个别年份缺失数据采用相邻年份数值进行补齐。

3 结果与分析

3.1 黄河流域旅游—生态系统脆弱性时空演变特征

3.1.1 黄河流域旅游—生态系统脆弱性时序演变特征

由图 2 可知, 2006—2020 年, 旅游子系统脆弱性指数总体呈现“上升—下降”的演变趋势, 脆弱性指数由 2006 年的 0.146 上升至 2019 年的 0.312, 2020 年脆弱性指数则骤降至 0.185。依据黄河流域各省市相关统计数据可发现, 2006—2019 年旅游总人数约由 43 734 万人上升至 350 163 万人, 旅游总收入约由 2 727 亿元上升至 35 065 亿元。随着相关旅游发展政策的实施, 各省市加快发展旅游产业, 旅游子系统压力变大, 区域经济发展对旅游产业的依赖度也逐渐升高, 但旅游业发展过程中发展方式较为粗放, 旅游产业结构亟待优化, 造成旅游子系

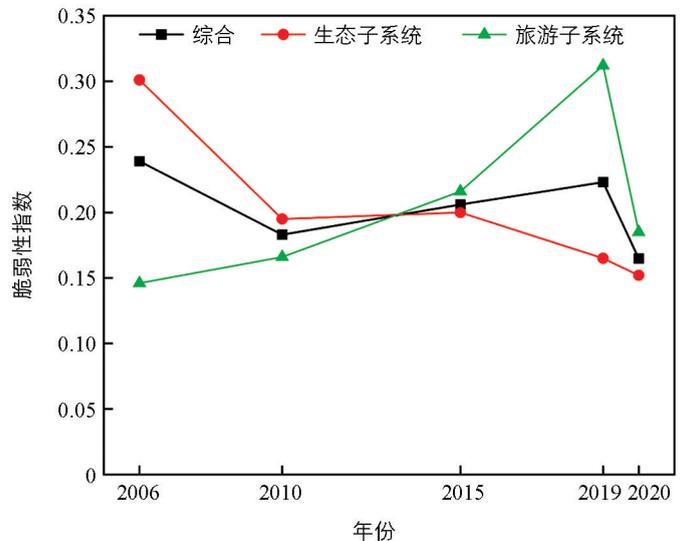


图 2 2006—2020 年黄河流域旅游—生态系统脆弱性指数变化曲线

统脆弱性指数逐年升高,而 2020 年受新冠疫情影响,旅游总人数减少至 199 976 万人,旅游总收入约下降至 18 381 亿元,旅游子系统压力减小,子系统脆弱性程度也显著下降。

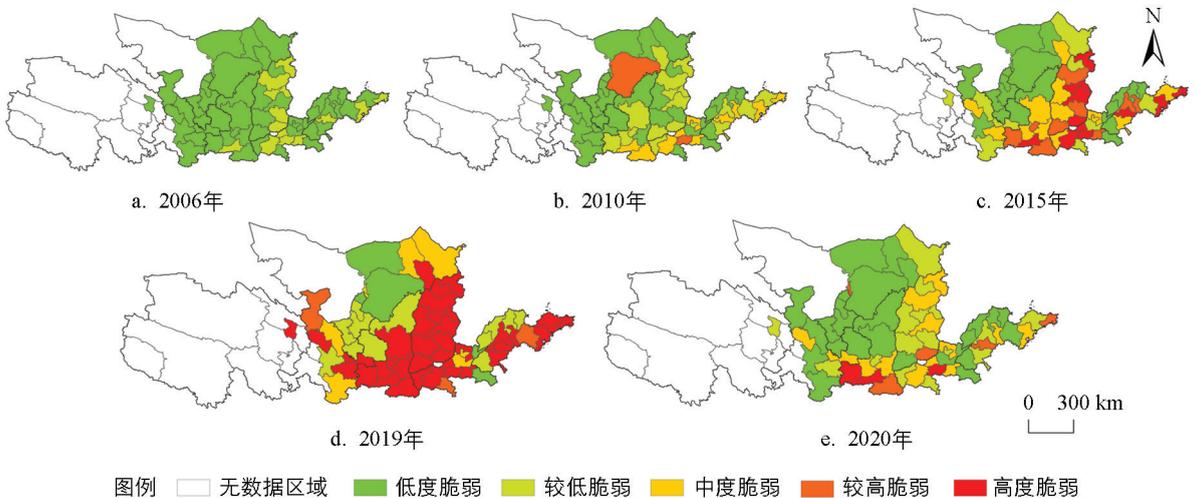
区域生态子系统脆弱性指数由 2006 年的 0.301 下降至 2020 年的 0.152,脆弱性指数呈“下降—上升—下降”的方向变动,主要是得益于生态子系统部分指标趋于向利好方向发展。生活垃圾无害化处理率约由 63% 上升至 99.8%,市容环卫专用车辆由 141 辆增长至 828 辆,这些有利因素有助于减弱区域生态子系统的脆弱性。具体来看,2006—2010 年生态系统脆弱性指数呈显著下降趋势,可能的原因是在国家相关生态保护政策的推动、生态文明理念的引领下,深入推进了生态脆弱区等区域的生态治理与修复工作。2010—2020 年脆弱性指数小幅度上升后呈稳定下降趋势,可能的原因是黄河流域山东半岛城市群等部分地区以工业发展为主,资源消耗和环境污染造成生态子系统压力指数增加,脆弱性程度有所上升,但相关部门也在不断加强生态保护力度,采取环境保护措施,提高了生态环境承载力,为黄河流域生态保护和高质量发展提供了一定的保障,生态子系统总体呈良好态势发展。

2006—2020 年,旅游—生态系统脆弱性指数总体向下降态势发展,脆弱性指数由 2006 年的 0.239 下降至 2020 年的 0.165。2006—2010 年,受国家生态环境保护政策的影响,复合系统脆弱性有所下降;2010—2019 年,由于旅游经济密度、第三产业增长率、城市污水排放量、城镇化率等不断增长,脆弱性指数平稳上升;旅游经济发展过快,生态环境本底脆弱,使得研究区域复合系统脆弱性增加,2020 年受新冠疫情影响,旅游子系统压力减小,生态子系统响应能力不断提升,因此黄河流域旅游—生态子系统整体呈下降趋势。图 2 中可以看出,旅游子系统脆弱性指数波动较大,生态子系统显著下降并趋于稳定,这说明黄河流域旅游—生态系统中各子系统之间有待继续优化,从而减少子系统间的差异。

3.1.2 黄河流域旅游—生态系统脆弱性空间演变特征

3.1.2.1 旅游子系统脆弱性空间演变特征

利用 ArcGIS 10.8 软件对黄河流域各系统脆弱性指数进行可视化分析,2006—2020 年,旅游子系统空间格局变化较大,总体上呈现“东高西低”这一特征,脆弱性等级较高的城市主要聚集在黄河中下游。2006 年,黄河流域旅游子系统脆弱性指数整体处于低度脆弱等级,较低脆弱城市空间分布较为分散。2019 年,中高度脆弱城市数量显著增加,旅游子系统处于高度脆弱状态,局部集聚特征显著,空间整体上呈“大集聚、小分散”的分布状态,低度脆弱城市数量随时间变化显著减少,并呈分散态势,主要分布在内蒙古西部。2020 年,旅游子系统脆弱性程度显著下降,高度脆弱城市显著骤减,整体呈较低脆弱。从图 3 中可看出,黄河流域上中下游地区脆弱性程度差异显著,可能是由于地理位置、旅游资源禀赋等存在差异,各省市旅游发展政策不同,致使其旅游发展水平不一,区域间差异较为明显,大部分地级市旅游发展模式仍有待调整,旅游基础服务设施等仍需继续完善,从而不断促进旅游产业高质量发展。

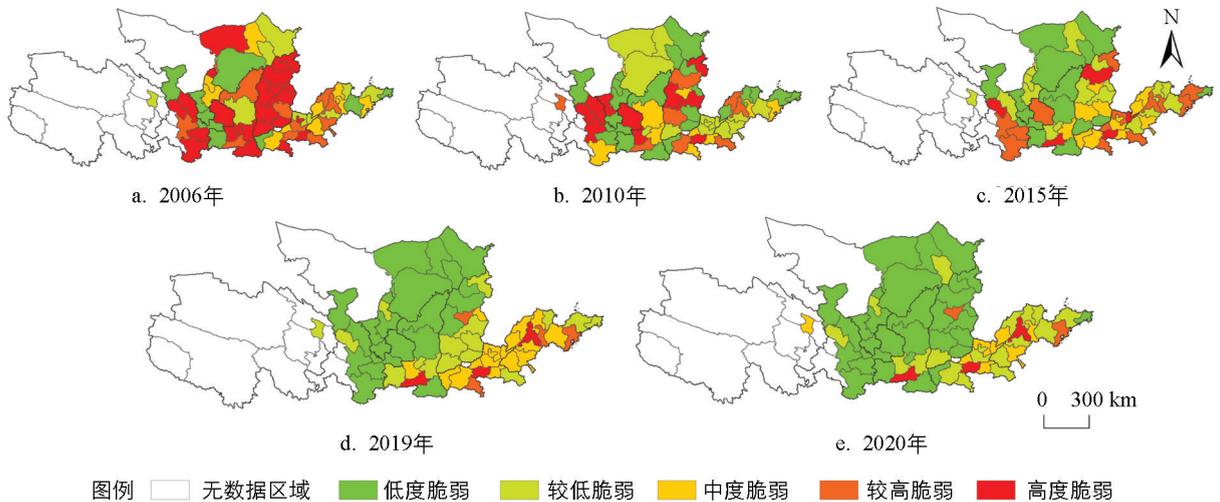


审图号为 GS(2023)2763 号,底图无修改。

图 3 黄河流域旅游子系统脆弱性时空类型演化

3.1.2.2 生态子系统脆弱性空间演变特征

黄河流域是国家生态安全的重要屏障,由于各地区自然生态脆弱程度、环境治理力度有所不同,因此生态子系统所承受的压力、系统反映的状态及响应能力也存在差异.从空间分布来看(图4),高度脆弱城市数量占比由2006年的38%下降至2020年的0.05%,高度脆弱区域显著减少,低度脆弱城市数量呈现出一定的空间集聚化特征,主要分布在甘肃等周边区域.2006年,区域生态子系统脆弱性整体处于高度脆弱状态,高度脆弱城市主要呈条状分布,主要分布在黄河中上游区域.2010年,高脆弱城市呈散落态分布,中低脆弱城市整体呈“集群化”分布特征.2015—2020年,脆弱等级较低的城市在黄河中上游区域呈连片状分布,下游地区分布则较为分散;低度脆弱城市整体呈现出一定的空间集聚化特征,主要集中在甘肃等周边区域.总体来看,生态子系统脆弱性整体变化趋势由“西高东低”向“西低东高”转变;生态子系统脆弱性等级由高度脆弱向较低脆弱等级转变.



审图号为 GS(2023)2763 号,底图无修改.

图4 黄河流域生态子系统脆弱性时空类型演化

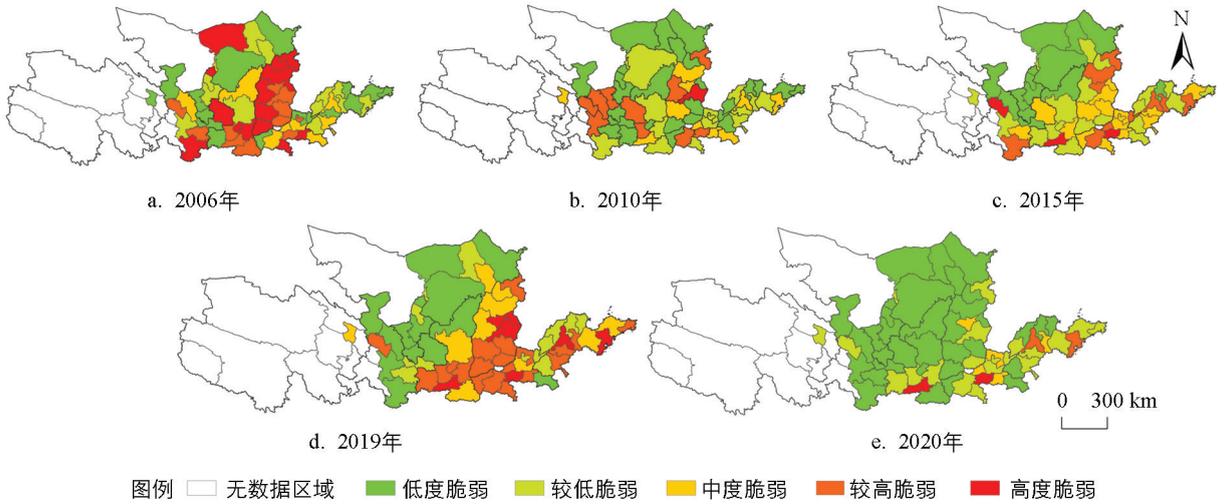
3.1.2.3 旅游—生态系统脆弱性时空演变特征

由图5可看出,2006—2020年,黄河流域复合系统中脆弱等级较高的城市逐渐由黄河中上游向中下游延伸,地区集聚程度逐渐增强,总体上形成以郑州、西安等省会城市为核心的集聚特征.具体来看,2006年,高度脆弱城市空间分布主要集聚在山西省各市及周边城市.2015年,高度脆弱城市空间分布较为分散,较低及低度脆弱城市表现出上中游多、下游少的分布特征.2019年,中高脆弱城市数量显著增加,并呈现出显著的空间集聚效应.2020年,脆弱等级较高城市主要为各省省会城市及相邻地级市.2006—2020年,黄河流域脆弱性程度有所下降,中度脆弱及以上的城市主要分布在中下游地区,存在一定的“俱乐部趋同”效应,各脆弱等级类型总体分布呈“簇”状聚集态势.黄河流域上中下游地区旅游产业发展规模不同,对生态环境带来的压力也有所差异.中下游地区旅游资源丰富,经济发展水平相对较高,旅游发展速度较快,生态子系统面临的压力增大,造成旅游—生态系统脆弱性程度整体增加,但也说明旅游发展与生态环境保护二者良性互动响应仍需进一步推动发展^[26].

3.2 旅游—生态系统脆弱性空间自相关分析

3.2.1 全局自相关分析

本研究采用全局 Moran's I 指数解释旅游—生态系统脆弱性在研究区域内的整体分布情况,采用局部空间自相关分析研究系统脆弱性局部空间内的变异.由表3知,全局 Moran's I 指数均为正值,且通过1%的正态分布显著性检验,说明黄河流域旅游—生态系统脆弱性指数呈现较显著的正相关性,空间集聚特征明显.研究期内,Moran's I 指数具有先减小后增大再减小的趋势,2019年达到0.388,表明黄河流域综合系统脆弱性空间集聚程度逐渐增强.2020年数值稍有下降,但总体空间集聚特征仍较显著.



审图号为 GS(2023)2763 号, 底图无修改。

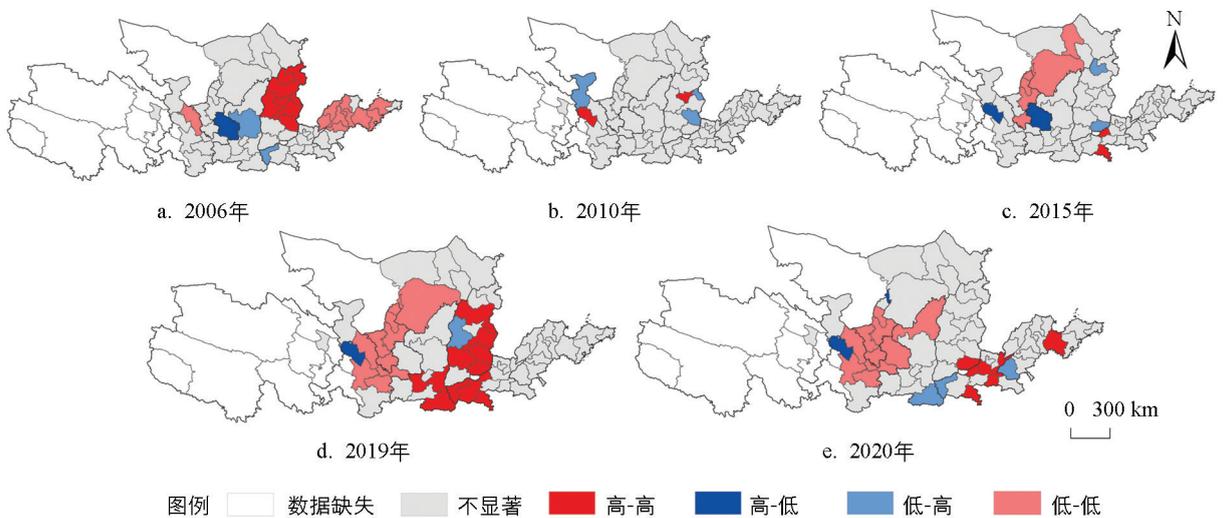
图 5 黄河流域旅游—生态系统脆弱性时空类型演化

表 3 2006、2010、2015、2019、2020 年黄河流域脆弱性指数全局 Moran's I 值

年份	全局莫兰指数	Z 得分	p 值
2006	0.255	4.940	0.000
2010	0.123	2.523	0.012
2015	0.243	4.759	0.000
2019	0.388	7.426	0.000
2020	0.320	6.223	0.000

3.2.2 局部自相关分析

为进一步探究研究区域的局部空间特征, 本文选择使用局部 Moran's I 指数进行计算, 以便更直观地反映黄河流域旅游—生态系统脆弱性的局部空间相关特征(图 6)。



审图号为 GS(2023)2763 号, 底图无修改。

图 6 黄河流域旅游—生态系统脆弱性 LISA 空间聚类图

由图 6 可看出, 黄河流域旅游—生态系统脆弱性主要聚集类型为“高—高”型和“低—低”型, 空间集聚格局发生较为明显的变化, 在空间上呈现出“东高西低”的分布格局。2006 年“高—高”聚集研究单元共 8 个, 主要分布在山西太原省会城市及周边地区。2010 年“高—高”聚集地区为兰州市和太原市。2015 年,

“高一高”聚集地区为平顶山市和新乡市,“低—低”聚集地区主要分布在宁夏和内蒙古部分城市。2019年,“高一高”聚集地区和“低—低”聚集地区空间聚集城市数量均有所增加。2020年,“低—低”聚集地区逐渐向相邻城市扩展。整体来看,2006—2020年,“低—低”聚集地区逐渐由下游地区向中上游地区扩展,空间聚集效应显著,表明低脆弱度城市的辐射效应正在逐步增强,这些省市由于地理位置及旅游资源禀赋等原因,旅游业发展水平相对较低,系统压力相对较小,生态环境虽较为脆弱,但在各项生态保护政策的影响下在逐年改善,使其自身脆弱性水平降低。

3.3 旅游—生态系统脆弱性影响因素分析

本文运用障碍度分析法,测算得出影响各地级市综合系统脆弱性降低的主要障碍因素,并筛选出前5位显著障碍因子,对阻碍黄河流域旅游—生态系统脆弱性降低的因素进行分析(表4)。考虑到2020年旅游业受新冠疫情影响较大,数据与其他年份相比会有较大波动,可能无法更好地表征脆弱性影响因素,因此在分析障碍因素时未对2020年份数据进行分析。

从各个年份来看,阻碍黄河流域旅游—生态系统脆弱性降低的障碍因素在不断发生改变,2006、2010、2015、2019年最大阻碍因素分别为S16(建成区绿化覆盖率)、S21(生活垃圾无害化处理率)、S18(空气质量优良率)、S5(旅游者与当地居民比)。从第二障碍因子来看,2006年S21(生活垃圾无害化处理率)是阻碍其系统脆弱性降低的主要因素,2010年和2015年则主要是S16(建成区绿化覆盖率)、S5(旅游者与当地居民比),2019年则是S18(空气质量优良率)。第三障碍因子则从2006年的S18(空气质量优良率)变为2019年的S1(旅游经济密度)。以上因素成为影响黄河流域旅游—生态系统脆弱性降低的阻力。

表4 黄河流域旅游—生态系统脆弱性前5位主要障碍因子

年份	第一障碍	第二障碍	第三障碍	第四障碍	第五障碍
2006	S16	S21	S18	S6	S14
2010	S21	S16	S14	S3	S6
2015	S18	S5	S21	S14	S1
2019	S5	S18	S1	S3	S12

在旅游子系统中,压力指数的主要障碍因素是游客数量增长率和旅游收入增长率,旅游人数的增长、旅游业的快速发展,使子系统压力不断上升,阻碍了系统脆弱性的降低。状态指数的主要障碍因素是旅游者与当地居民比和4A级以上景区数,游客人数过多会对当地居民生活造成一定影响。旅游总收入占GDP的比重和人均GDP是阻碍响应指数脆弱性降低的主要影响因素,旅游业的发展水平和经济总体发展水平相对较为缓慢,对系统响应能力造成了一定的阻碍作用。在生态子系统中,压力指数的主要障碍因素是人口密度,人口数量不断增加,加剧了系统的环境压力。状态指数的主要障碍因素是空气质量优良率和建成区绿化覆盖率,旅游业的不断发展致使空气质量受其影响较大,绿化力度相对较弱。响应指数主要受生活垃圾无害化处理率的阻碍,提高环境治理能力是发展旅游保护环境的关键,对提高系统响应能力具有重要作用。

总体来说,黄河流域旅游—生态系统障碍因子在不断发生变化,主要障碍因子来源由生态子系统转变为旅游子系统,这表明各城市更加注重生态建设及环境保护,但城市环境仍有待继续改善。随着旅游业的不断发展,游客人数增加,旅游经济水平不断提升,旅游业占GDP的比重也越来越高,但由此对城市环境带来的影响也成为了脆弱性降低的主要障碍因素,促进旅游业高质量发展,积极治理影响发展的主要障碍因子,加大环境治理力度,提高城市空气质量是当前降低区域系统脆弱性的重要任务。

4 结论与讨论

本文通过构建旅游—生态系统脆弱性评价指标体系,基于2006、2010、2015、2019及2020年的截面数据,对黄河流域旅游—生态系统脆弱性时空演变特征及影响因素进行研究,主要研究结论如下:

1) 黄河流域旅游—生态系统整体的空间分布格局由“中间高两边低”向“东高西低”转变;旅游子系统

脆弱性程度波动较大,生态子系统由高度脆弱向较低脆弱转变,脆弱性程度逐渐下降.降低系统脆弱性是促进黄河流域生态保护和可持续发展战略的关键,旅游—生态系统的脆弱性整体随着人类活动和生态环境的变化而变化,由于黄河流域各省市自然资源禀赋存在差异,这也使得随着时间的变化黄河流域上中下游各区域脆弱性程度呈阶梯式递减的空间特征,各市所实施的相关生态保护政策有效改善了生态环境状况.旅游子系统脆弱性指数变动幅度最大,相对来说旅游业的发展对系统脆弱性的影响较大,各地区可依据自身优势探寻旅游绿色高质量发展的路径.

2) 研究区域脆弱性时空演化差异显著,空间差异逐渐增大,不同区域旅游—生态系统空间异质性较大,并由分散布局向集中布局转变,集群化特征显著,脆弱性在空间分布上自西向东呈梯度式演变特征.总体上,黄河流域各地区脆弱性非均衡特征显著,对于旅游经济发展水平相对较为落后的地区如宁夏、甘肃等部分省市,应在保护生态环境的基础上,结合地区资源禀赋状况,对地区产业结构进行合理调整,中下游城市要发挥领头羊的作用,带领其他相邻城市共同发展,缩小地区间发展差异,强化旅游经济发展对保护地区生态环境的促进作用,减少为发展旅游经济而对生态环境所造成的负面影响,加强城市绿化建设.

3) 黄河流域旅游—生态系统脆弱性呈现出显著正相关性,具有一定的空间集聚特征,“高一高”聚集不同年份间空间格局变化较大,由中游向下游地区扩展,“低—低”聚集区域显著增多,这与黄河流域资源禀赋、产业规模等存在一定的关系.各地区在发展经济时要考虑对周边相邻省市的影响,将地区间知名景点共同规划在旅游线路之上,加强地区间的旅游合作,上游地区应拓展与中下游地区的沟通渠道,中游要做好上游与下游交流的桥梁纽带,完善地区间的区域联动机制.

4) 通过障碍度模型分析,2006—2019年致使黄河流域旅游—生态系统脆弱性指数上升的障碍因子存在差异,阻碍系统降低脆弱性的障碍因子主要为旅游者与当地居民比、生活垃圾无害化处理率、旅游经济密度等因素,这也表明系统响应能力有所欠缺,无法有效应对系统所带来的压力,降低系统脆弱性的关键是提高系统响应能力.研究区域在发展旅游的过程中由于游客对旅游地环境造成污染,影响地区生态环境质量,改善研究区域生态环境、完善相关基础设施、引导旅游产业转型升级、提升旅游发展水平对于提高旅游—生态系统的响应能力具有重要意义.

基于以上结论可以发现黄河流域上中下游旅游—生态系统脆弱性随着时间变化演变趋势不同,并具有空间集聚性,各地区发展处于极化阶段,各省(区)发展差距较大,上游地区生态环境较为脆弱,旅游发展基础相对较为薄弱,中下游地区借助于地理区位等优势,过度开发旅游,造成旅游子系统压力较大,对旅游地的环境影响较为明显,致使中下游地区系统脆弱性相对较高.整体来看,系统所受压力减小的同时提供有效的应对措施能够显著降低系统脆弱性程度.由于在旅游发展过程中对生态环境具有动态性、反复性等影响^[27],政府部门需要牢牢把握黄河流域生态保护和高质量发展战略,落实国家生态保护政策,在协同推进治理生态环境的基础上发展旅游经济.各省市可依据生态环境脆弱性程度分等级共同推进治理生态环境问题.上游地区在拓展旅游市场规模的同时要继续做好环境保护措施,中下游地区要合理利用旅游资源的外溢辐射作用^[26],促进上中下游地区优势互补协同发展.

探究区域脆弱性本质上是希望通过有效调控,促使区域可持续发展^[28].本文通过构建旅游—生态系统脆弱性评价指标体系,一定程度上丰富了国内关于复合系统脆弱性领域的研究内容.其研究成果有助于黄河流域各省市相关部门根据地区发展状况因地制宜实施相关政策,改善旅游—生态系统脆弱性相对较高这一现状,促进研究区域旅游与生态二者高质量发展.影响黄河流域系统内部脆弱性变化的因素较多,各影响因素相互作用机理较为复杂,由于目前尚未构建统一的脆弱性评价体系,无法全面、多角度反映旅游—生态系统脆弱性的状态.探究旅游—生态系统脆弱性时空演变分析对于研究系统脆弱性变化过程及影响因素具有重要意义,但由于难以获取完整统计数据及资料,部分评价指标未被选取,如森林覆盖率等指标,关于系统脆弱性指标体系方面仍需进一步优化完善.当前各城市脆弱性影响因素具有一定差异,因此可细分城市脆弱性类型,优化产业结构,提高系统响应能力.

参考文献:

- [1] 沈满洪. 生态文明视角下的共同富裕观 [J]. 治理研究, 2021, 37(5): 5-13, 2.
- [2] 耿娜娜, 邵秀英. 黄河流域生态环境—旅游产业—城镇化耦合协调研究 [J]. 经济问题, 2022(3): 13-19.
- [3] 杨飞, 马超, 方华军. 脆弱性研究进展: 从理论研究到综合实践 [J]. 生态学报, 2019, 39(2): 441-453.
- [4] 杨友宝, 彭安琪, 王荣成. 长江经济带干线流域旅游产业系统环境脆弱性演变及障碍因子识别 [J]. 经济地理, 2022, 42(2): 212-221.
- [5] 徐广才, 康慕谊, 贺丽娜, 等. 生态脆弱性及其研究进展 [J]. 生态学报, 2009, 29(5): 2578-2588.
- [6] 贺小荣, 彭坤杰, 许春晓. 长江经济带旅游—经济—生态系统脆弱性时空演变及趋势预测 [J]. 生态学报, 2022, 42(2): 487-499.
- [7] PETROSILLO I, ZURLINI G, GRATO E, et al. Indicating Fragility of Socio-Ecological Tourism-Based Systems [J]. Ecological Indicators, 2006, 6(1): 104-113.
- [8] PENG Y T, WELDEN N, RENAUD F G. A Framework for Integrating Ecosystem Services Indicators into Vulnerability and Risk Assessments of Deltaic Social-Ecological Systems [J]. Journal of Environmental Management, 2023, 326(Pt A): 116682.
- [9] 王群, 银马华, 杨兴柱, 等. 大别山贫困区旅游地社会—生态系统脆弱性时空演变与影响机理 [J]. 地理学报, 2019, 74(8): 1663-1679.
- [10] 陈娅玲, 杨新军. 旅游社会—生态系统及其恢复力研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(11): 205-211.
- [11] 贾焱焱, 胡静, 谢双玉, 等. 贫困山区旅游地社会—生态系统脆弱性及影响机理 [J]. 人文地理, 2021, 36(1): 155-164.
- [12] TU J, LUO S W, YANG Y F, et al. Spatiotemporal Evolution and the Influencing Factors of Tourism-Based Social-Ecological System Vulnerability in the Three Gorges Reservoir Area, China [J]. Sustainability, 2021, 13(7): 4008.
- [13] MA X, DE JONG M, SUN B Q, et al. Nouveauté or Cliché? Assessment on Island Ecological Vulnerability to Tourism: Application to Zhoushan, China [J]. Ecological Indicators, 2020, 113: 106247.
- [14] 黄晓军, 黄馨, 崔彩兰, 等. 社会脆弱性概念、分析框架与评价方法 [J]. 地理科学进展, 2014, 33(11): 1512-1525.
- [15] 刘彦随, 夏军, 王永生, 等. 黄河流域人地系统协调与高质量发展 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2022, 52(3): 357-370.
- [16] 全川. 环境指标研究进展与分析 [J]. 环境科学研究, 2000, 13(4): 53-55.
- [17] 穆学青, 郭向阳, 明庆忠, 等. 黄河流域旅游生态安全的动态演变特征及驱动因素 [J]. 地理学报, 2022, 77(3): 714-735.
- [18] 李敏纳, 蔡舒, 张慧蓉, 等. 要素禀赋与黄河流域经济空间分异研究 [J]. 经济地理, 2011, 31(1): 14-20.
- [19] 谷昊鑫, 秦伟山, 赵明明, 等. 黄河流域旅游经济与生态环境协调发展时空演变及影响因素探究 [J]. 干旱区地理, 2022, 45(2): 628-638.
- [20] 于法稳, 方兰. 黄河流域生态保护和高质量发展的若干问题 [J]. 中国软科学, 2020(6): 85-95.
- [21] 李细归, 吴清, 周勇. 中国省域旅游生态安全时空格局与空间效应 [J]. 经济地理, 2017, 37(3): 210-217.
- [22] 杨良健, 曹开军. 新疆 85 个县市旅游生态安全时空格局演变及驱动机制 [J]. 生态学报, 2021, 41(23): 9239-9252.
- [23] 朱喜安, 魏国栋. 熵值法中无量纲化方法优良标准的探讨 [J]. 统计与决策, 2015(2): 12-15.
- [24] 高晓路, 季珏, 金凤君, 等. 中国农村房屋震灾脆弱性评估及其成因分析 [J]. 地理学报, 2012, 67(2): 211-220.
- [25] 陈佳佳, 郑雅男, 张伟兰, 等. 黄河流域产业绿色化与生态环境绿色化耦合协调度时空演变 [J]. 中国沙漠, 2022, 42(3): 1-10.
- [26] 王兆峰, 李静怡. 黄河流域旅游发展与生态环境耦合协调时空演变及交互胁迫关系验证 [J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(2): 447-460.
- [27] 田磊, 孙凤芝, 张宗斌, 等. 黄河流域旅游业与资源环境协调发展实证研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(7): 196-202.
- [28] 张晓瑞, 张琳雅, 方创琳. 概念、框架和测度: 城市脆弱性研究脉络评述及其拓展 [J]. 地理与地理信息科学, 2015, 31(4): 94-99.