

DOI: 10.5846/stxb202012173208

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. 生态学报, 2022, 42(2): 487-499.

He X R, Peng K J, Xu C X. Spatiotemporal evolution and trend prediction of the vulnerability of tourism-economy-ecosystem in the Yangtze River Economic Belt. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(2): 487-499.

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

贺小荣, 彭坤杰*, 许春晓

湖南师范大学旅游学院, 长沙 410081

摘要: 基于 2004—2018 年的面板数据, 借助脆弱性研究方法、冷热点分析法、空间变差模型和灰色预测模型探索长江经济带旅游-经济-生态系统的时空演变特征及趋势预测。研究表明: (1) 2004—2018 年长江经济带总体脆弱性指数在波动中上涨, 各省市脆弱性指数洼地集中于东部地区且呈平稳发展态势; 峰值集中于西部地区但下降趋势显著; 总体可持续发展水平呈现“东部>中部>西部”的空间分布格局, 但西部地区可持续发展水平可能将在未来超越中部地区。(2) 长江经济带脆弱性指数集聚性在扩张, 冷热点时空分布变化显著, 冷点区域减少, 热点区域增多, 印证了总体区域的脆弱性数值在不断提升。(3) 长江经济带脆弱性指数空间分异特征呈阶段性变化, “东散西集”的分异特征逐渐被打破, 总体指数呈均衡化发展态势。(4) 通过预测计算 2019—2023 年长江经济带各区域脆弱性指数, 发现 2019—2023 年的脆弱性指数基本形成了对 2014—2018 年的全包围态势, 长江经济带三系统脆弱性指数较高的发展隐患逐步成为现实问题。

关键词: 脆弱性指数; 时空演变; 趋势预测; 长江经济带

Spatiotemporal evolution and trend prediction of the vulnerability of tourism-economy-ecosystem in the Yangtze River Economic Belt

HE Xiaorong, PENG Kunjie*, XU Chunxiao

Tourism College of Hunan Normal University, Changsha 410081, China

Abstract: By selecting panel data from 2004 to 2018, this paper explores characteristics of tourism-economy-ecosystem spatio-temporal variations and trend prediction in Yangtze River Economic Belt with Vulnerability Research Method, Hot Spot Analysis, Spatial Variation Model, and Gray Prediction Model. Key research findings include: (1) from 2004 to 2018, the overall Vulnerability Index of the Yangtze River Economic Belt rose with fluctuations. Among all provinces and cities in China, the Vulnerability Index depressions are mainly in the eastern region, where the index is developing steadily; the peak value mainly occurs in the western region, with the index decreasing significantly. The spatial distribution of the overall sustainable development level from high to low is the eastern region, the central region and the western region, but the sustainable development level in the western region is likely to surpass that in the central region in the future. (2) The Vulnerability Index of the Yangtze River Economic Belt shows agglomeration expansion. The spatial and temporal distribution of hot spot analysis has changed significantly. The number of cold spots has decreased, while the number of hot spots has increased, which confirms that the value of vulnerability in the overall region is increasing. (3) The spatial differentiation characteristics of the Vulnerability Index in the Yangtze River Economic Belt have changed in different stages.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41971187); 湖南省教育厅科学研究重点项目(18A019); 湖南省国内一流培育学科建设项目(5010002)

收稿日期: 2020-12-17; **网络出版日期:** 2021-09-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: pengkunjie@126.com

The differentiation characteristics of “dispersion in the east and agglomeration in the west” have gradually been altered, and the overall index has presented a balanced development trend. (4) By predicting and calculating the regional Vulnerability Index of the Yangtze River Economic Belt from 2019 to 2023, it is found that the Vulnerability Index between 2019 and 2023 outperforms the index from 2014 to 2018. The development hidden danger caused by the high Vulnerability Index of the tourism-economy-ecosystem of the Yangtze River Economic Belt gradually became a realistic question which people must face to.

Key Words: Vulnerability Index; spatio-temporal variations; trend prediction; the Yangtze River Economic Belt

长江经济带作为我国大河流域综合治理发展的关键一环,推动长江经济带各省市旅游产业-区域经济-生态环境协调可持续发展,既能确保“美丽中国”建设更好地谋篇布局,也可推动“五位一体”战略更快地精准实施。习总书记在全面推动长江经济带发展座谈会上指出:“推动长江经济带高质量发展,使长江经济带成为我国生态优先绿色发展主战场、畅通国内国际双循环主动脉、引领经济高质量发展主力军^[1]。”《长江经济带生态环境保护规划》指出:“长江经济带发展的战略定位必须坚持生态优先、绿色发展,共抓大保护,不搞大开发^[2]。”如何在保护中开发,以生态环境为优先,降低该区域旅游发展过程中的脆弱性,促使长江经济带旅游产业、区域经济、生态环境三者高质量可持续发展,加速长江经济带一体化进程,已成为我国政府、学术界密切关注、亟待解决的重要课题。

国内外对于旅游与区域经济、生态环境之间关系的研究内容已有较多成果。国外学者主要侧重于旅游与经济、旅游与环境及经济与环境两两子系统间相互关系的研究^[3-8]。国内学者关于三系统间研究近年来较为丰富,可分为三系统间的耦合协调研究^[9]、互动响应研究^[10]、交互胁迫关系探索^[11]、空间错位研究^[12]、效率时空分异研究^[13]等;研究视角上,三系统的研究呈现出旅游学、经济学、生态学、地理学、统计学等多学科交叉的特征;研究尺度主要为国家^[14]、经济带^[15]、省域^[16]、市域^[17]为主的中宏观层面,景区景点^[18]、县域^[19]等微观层面研究较为稀少;而不同学科学者针对不同主题研究方法也呈现出各自学科的特性:旅游学重研究系统间的协调发展能力;地理学重探索系统间的时空演化趋势;经济学重验证系统间的交互影响关系;生态学重了解系统间的可持续发展水平;而关于指标体系构建方面,学者们多为沿用前人构建的多维尺度指标体系,并加以改良,如社会-经济-环境系统指标体系^[19]、驱动力-压力-状态-影响-响应指标体系^[20]、耦合协调发展指标体系^[15]、威胁-质量-调控指标体系^[21]、敏感性-应对能力-脆弱性指标体系^[22]等。

然而,历览国内有关三系统研究的文献可知,在研究视角上,已有研究多集中于探讨旅游-经济-生态系统间的耦合协调发展关系或互动响应关系,而关于三系统的脆弱性研究仍然较少;在研究方法上,已有研究多使用耦合协调度模型测算系统间的协调程度,而关于非耦合的计算,如脱钩,脆弱性的研究关注度不足,多使用空间自相关分析或地理加权模型探测地理时空集散趋势,刻画地理时空演化路径的方法单一。

鉴于此,本文以旅游-经济-生态系统脆弱性研究这一全新的研究视角切入研究,通过借鉴国内旅游-区域-生态系统有关文献,尝试遴选并构建旅游-经济-生态系统脆弱性多指标评价体系,探索长江经济带旅游-经济-生态系统及要素在发展过程中所出现的非耦合情况,在此基础上翻阅大量相关文献选定了关于地理时空分布特征模拟的新方法,进而以地理时空二维研究视角运用冷热点分析法与空间变差函数模型观测 15 年来长江经济带 11 省市 2004—2008,2009—2013,2014—2018 的 3 个年段脆弱性指数的空间关联与分异格局,最后以 GM(1.1)灰色预测模型计算了 2019—2023 年段的脆弱性指数,并与 2014—2018 年段对比,得出了未来 5 年长江经济带各区域脆弱性指数的发展趋势,以期长江经济带及大河流域地区有关部门根据区域差异特性及未来发展趋势对症下药,降低旅游-经济-生态发展过程中的脆弱现状,加速长江流域高质量可持续发展进程。

1 研究设计

1.1 研究区域概况

被誉为“金腰带”的长江经济带位于东经 97°21′—122°25′,北纬 21°08′—35°20′之间,横贯我国东、中、西

部,覆盖沪、苏、浙、皖、赣、鄂、湘、渝、川、滇、黔 9 省 2 市,人口和经济总量占全国比重均超过 40%。长江经济带的经济服务价值不可替代,是国家重要的战略水源地;长江多年平均径流量约占全国淡水资源总量的 36%,满足了全国约 42% 人口生活、38% 粮食生产和 44% 国民生产总值(GDP)产出的生产生活用水需要^[23]。长江经济带生态区位重要,是全球重要的天然物种基因库;天然物种资源丰富,共有重要保护物种 1034 种,包括植物 568 种、哺乳动物 142 种、鸟类 168 种、两栖动物 57 种、爬行动物 85 种、鱼类 14 种。涉及 25 个重要生态功能区,数量为全国的 47.1%,其中全国重要水源涵养生态服务功能区 8 个,建有各类自然保护区 1066 个,其中国家级自然保护区总数达 165 个^[23]。长江经济带既是中国重要的旅游目的地,又是主要的旅游客源地;旅游资源异彩纷呈,拥有世界遗产 21 处,占比为 44%,国家自然保护区 114 处,占全国 44%,国家级风景名胜区 125 处,占全国 44%,A 级旅游景区为 3652 家,占全国旅游 A 级景区 40.23%^[24]。推动长江经济带发展,是关系国家发展全局的重大战略。以共抓大保护、不搞大开发为导向,坚持生态保护优先,倒逼产业转型升级,推动长江经济带各省市旅游-经济-生态系统协调可持续发展,既是该区域引领我国经济高质量发展的决胜之策,也是关乎国家生态文明建设的重大战略。但由于各省市的发展态势存在较大差异,致使长江经济带的旅游-经济-生态系统拮抗现象愈加频繁,各系统各要素之间的脆弱程度愈发凸显。因此,采用合理科学的研究方法量化长江经济带各省市三系统间脆弱性空间关联与分异格局及未来发展趋势,形成可复制、可推广的生态文明建设典型模式,对我国大江大河流域环境治理和可持续发展具有重大实践意义。

1.2 数据来源

本文数据主要来源于 2005—2019 年《中国旅游统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、长江经济带 11 省市的统计年鉴;部分数据来源于 11 省市 2005—2019 年《中国城市统计年鉴》与国民经济和社会发展统计公报,部分缺失的数据通过线性插值法将其补充完善。

1.3 研究指标体系

本文综合旅游产业-区域经济-生态环境三系统的研究,并结合长江经济带的实际情况,筛选了多项指标,并依据指标的科学性、可获得性、系统性对已筛选的指标进行分析与查找,剔除了一些与研究关联度不大的指标、查找不全的指标、不具备代表性的指标后,保留 28 个指标。将所有指标按所属系统划分为旅游产业、区域经济、生态环境三大系统,在参考已有文献的基础上,根据指标的性质进一步将指标划分为应对能力指标与敏感性指标,因系统的脆弱性与敏感性成正比,与应对能力成反比,即某项指标为敏感性指标,则数值越高,脆弱性越强,某项指标为应对能力指标,则数值越高,脆弱性越低。最终组成了旅游-经济-生态系统脆弱性评价指标体系(表 1)。

1.4 研究方法

1.4.1 熵值法

采用熵值法进行城市群可持续发展水平的综合测度可以有效避免人工确定指标权重的主观性。用熵值的思想确定子系统内指标的变异程度,也即各个指标的权重。指标的熵值越大,表明该指标的变异程度越大,那么该指标在本次评价中起到的作用也越大。具体公式参考文献^[31]。

1.4.2 脆弱性研究方法

根据脆弱性函数模型,系统的脆弱性与敏感性成正比,与应对能力成反比^[32]。

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j x'_{ij} \quad R_i = \sum_{j=1}^n w_j x'_{ij} \quad (1)$$

式中, w_j 为第 j 项指标的权重; x'_{ij} 第 j 项指标的标准化值。

脆弱性综合指数可表示为:

$$V_i = S_i / R_i \quad (2)$$

式中, V_i 为长江经济带地区全部指标脆弱性综合指数, S_i 为 i 年份全部指标的敏感性指数, R_i 为 i 年份全部指标的应对能力指数。

表 1 旅游-经济-生态系统脆弱性评价指标体系

Table 1 Tourism-Economy-Ecosystem vulnerability evaluation index system

状态层 State level	指标层 Index level	指标含义 Index Significance	性质 Attribute
旅游产业 Tourism industry	X_1 4A 级以上景区数量(个/km ²)	旅游资源丰度 ^[20]	应对能力(-)
	X_2 旅行社数量(个/km ²)	游客接待能力 ^[20]	应对能力(-)
	X_3 星级饭店数量(个/km ²)	住宿接待能力 ^[20]	应对能力(-)
	X_4 旅游收入占 GDP 比重(%)	经济对总体旅游依赖性 ^[20]	敏感性(+)
	X_5 外汇旅游收入占旅游总收入比重(%)	经济对入境旅游依赖程度 ^[25]	敏感性(+)
	X_6 入境旅游人数占游客总人数比重(%)	经济对入境游客依赖程度 ^[25]	敏感性(+)
	X_7 入境旅游停留时间(d)	生态环境压力程度 ^[20]	敏感性(+)
	X_8 旅游从业人数占第三产业从业人数比重(%)	地区就业对旅游依赖程度 ^[25]	敏感性(+)
	X_9 入境旅游者人均消费(美元/人)	经济对游客消费能力依赖程度 ^[20]	敏感性(+)
区域经济 Regional economy	X_{10} 人均 GDP(元)	经济基础 ^[22]	应对能力(-)
	X_{11} 人均财政收入(元)	旅游发展与环境治理基础 ^[22]	应对能力(-)
	X_{12} 城镇居民人均可支配收入(元)	城镇居民旅游消费能力 ^[26]	应对能力(-)
	X_{13} 农村居民人均纯收入(元)	农村居民旅游消费能力 ^[26]	应对能力(-)
	X_{14} 城镇登记失业率(%)	对旅游消费冲击能力 ^[22]	敏感性(+)
	X_{15} 城市拥有公共交通工具(台/万人)	旅行便捷程度 ^[27]	应对能力(-)
	X_{16} 人均拥有道路面积(m ²)	游客接待能力 ^[15]	应对能力(-)
	X_{17} 职工年平均工资(元)	居民出游能力 ^[9]	应对能力(-)
	X_{18} 医院、卫生院病床数(个/万人)	旅客遇险救援能力 ^[26]	应对能力(-)
生态环境 Ecological environment	X_{19} 森林覆盖率(%)	游客满意度 ^[26]	应对能力(-)
	X_{20} 自然保护区面积占辖区面积比重(%)	游客体验感 ^[28]	应对能力(-)
	X_{21} 工业废水年排放量(10 ⁴ t/万人)	提高治理生态环境投入成本 ^[29]	敏感性(+)
	X_{22} 工业二氧化硫年排放量(10 ⁴ t/万人)	提高治理生态环境投入成本 ^[29]	敏感性(+)
	X_{23} 一般工业固体废物年排放量(10 ⁴ t/万人)	提高治理生态环境投入成本 ^[29]	敏感性(+)
	X_{24} 人均公园绿地面积(m ²)	游客满意度 ^[17]	应对能力(-)
	X_{25} 拥有公共厕所数量(个/万人)	排污设施建设能力 ^[30]	应对能力(-)
	X_{26} 生活垃圾清运量(10 ⁴ t/万人)	生活废弃物处理能力 ^[15]	应对能力(-)
	X_{27} 粪便清运量(10 ⁴ t/万人)	生活污染物处理能力 ^[30]	应对能力(-)
	X_{28} 市容环卫专用车辆总数(台/万人)	环境清洁保障能力 ^[30]	应对能力(-)

为保证省与市的可比性,所有指标均选取相对指标

1.4.3 冷热点分析法

冷热点分析用于测算研究区内某点在范围 d 以内与其他点的空间依赖强度^[33]。其模型为:

$$G_i = \sum_j W_{ij} \times x_i / \sum_j x_j \quad (3)$$

式中, x_i 、 x_j 分别表示 i 省市和 j 省市的脆弱性指数; W_{ij} 表示空间权重函数, G_i 为统计得分,如果空间位置 j 在 i 的距离 d 以内,则 $w_{ij}=1$,否则, $w_{ij}=0$ 。为区分空间上的冷点和热点地区,本文将 G_i 值进行标准化,其公式为:

$$Z = G_i - E(G_i) / \sqrt{\text{Var}(G_i)} \quad (4)$$

式中, $E(G_i)$ 为期望值,期望值为 0; $\text{Var}(G_i)$ 为变异系数,当 G_i 的观察值 Z 得分大于期望值(大于 0)时,该区域即为“热点区”,说明脆弱性指数高度集聚;当 G_i 的观察值 Z 得分小于期望值(小于 0)时,该区域即为“冷点区”,则脆弱性指数分散分布。

1.4.4 空间变差模型

空间变差函数又称半变异函数,是解析空间变异规律和结构分析的有效手段。本文运用该模型揭示长江经济带旅游-经济-生态系统空间格局的分异规律,公式如下^[20]:

$$\gamma(k) = \frac{1}{2N(k)} \sum_{i=1}^{N(k)} [Y(x_i) - Y(x_i + k)]^2 \quad (5)$$

式中, $Y(x_i)$ 和 $Y(x_i + k)$ 分别是 $Y(x)$ 在空间单元 x_i 和 $x_i + k$ 上旅游-经济-生态系统脆弱性数值; $N(k)$ 为分隔距离为 k 的样本量。

克里金 (Kriging) 插值是以空间变差模型为依据对随机过程进行空间建模和插值的一种模拟。公式如下^[20]:

$$Y(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Y(x_i) \quad (6)$$

式中, $Y(x_0)$ 为未知点; $Y(x_i)$ 为已知样本点; λ_i 为第 i 个样本点对未知点的权重; n 为已知点的个数。

1.4.5 GM(1,1) 灰色预测模型

灰色系统理论在工程控制、经济管理、社会系统等领域应用广泛。基于灰色系统理论的灰色预测法, 按预测对象特征可分为数列预测、灾变预测、季节变灾预测、拓扑预测以及系统综合预测等类型。本文采用数列预测对 2004—2018 年旅游-经济-生态系统脆弱性数值的发展变化情况做定量预测, 其预测结果是该数值在未来各时刻的具体数值。具体公式参考文献^[15]。

2 结果与分析

2.1 长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性分析

2.1.1 长江经济带旅游-经济-生态系统总体脆弱性指数分析

将 2004—2018 年 15 年间长江经济带各省市旅游-经济-生态系统指标划分为应对能力指标与敏感性指标后, 带入公式(1)计算得出长江经济带总体区域三系统的敏感性指数与应对能力指数, 再以公式(2)计算出脆弱性指数, 将计算得到三项指数数值绘制成长江经济带敏感性-应对能力-脆弱性指数折线图, 如下图 1 所示。从总体性角度去观测长江经济带敏感性-应对能力-脆弱性指数变化趋势, 可以发现, 敏感性指数与应对能力指数均有小幅度增长, 呈平稳发展态势, 脆弱性指数则在波动中上涨, 经历了先上升后下降再上升的演变阶段。具体来看, 2004—2008 第一个时间段内, 脆弱性指数一直处于 0.5 以上; 2009—2013 第二个时间段内, 长江经济带的总体脆弱性指数呈显著下降趋势, 降至 0.5 以下; 2014—2018 第三个时间段内, 脆弱性指数在经历了 2015—2017 年三连涨后, 终于在 2018 年迎来拐点, 开始下降, 这说明长江经济带总体区域旅游-经济-生态系统的脆弱性指数上涨趋势有所遏制, 较高的脆弱性指数表明该区域仍有较大的发展隐患, 可持续发展水平有待进一步提升。

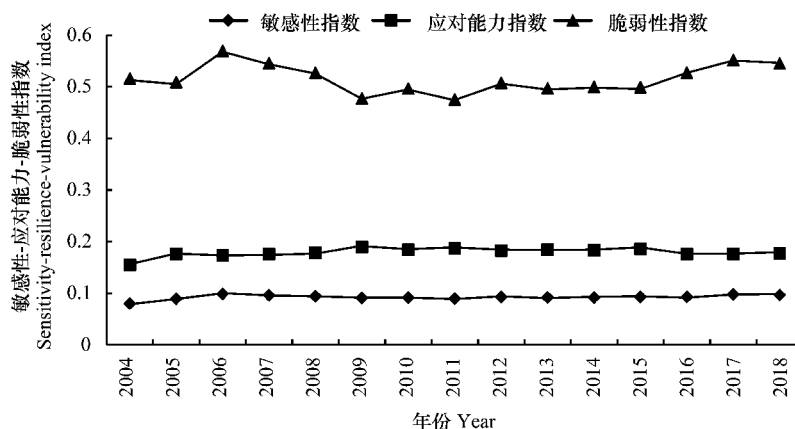


图 1 长江经济带旅游-经济-生态系统敏感性-应对能力-脆弱性指数

Fig.1 Tourism-Economy -Ecosystem sensitivity-resilience-vulnerability index of the Yangtze River Economic Belt

2.1.2 长江经济带旅游-经济-生态系统区域脆弱性指数分析

利用 ArcGIS10.3 软件,对 2004—2018 年长江经济带各省市脆弱性数值进行空间可视化分析,并按照年份将总体脆弱性指数划分为 2004—2008,2009—2013,2014—2018 三个时间段,得到长江经济带各省市脆弱性指数空间格局分布情况,本文依据自然间断点分级法将各省市划分为高度脆弱、较高脆弱、中度脆弱、较低脆弱、低度脆弱五个等级区。广泛用于统计绘图的自然间断点分级法通过绘制数据值的频率,以方差拟合优度方法,确定数据中自然存在的断点,再将数据值分类到不同的类别中,构建数据自组织聚合的可能,做出分类方法上的优化^[34]。分类效果如图 2 所示。

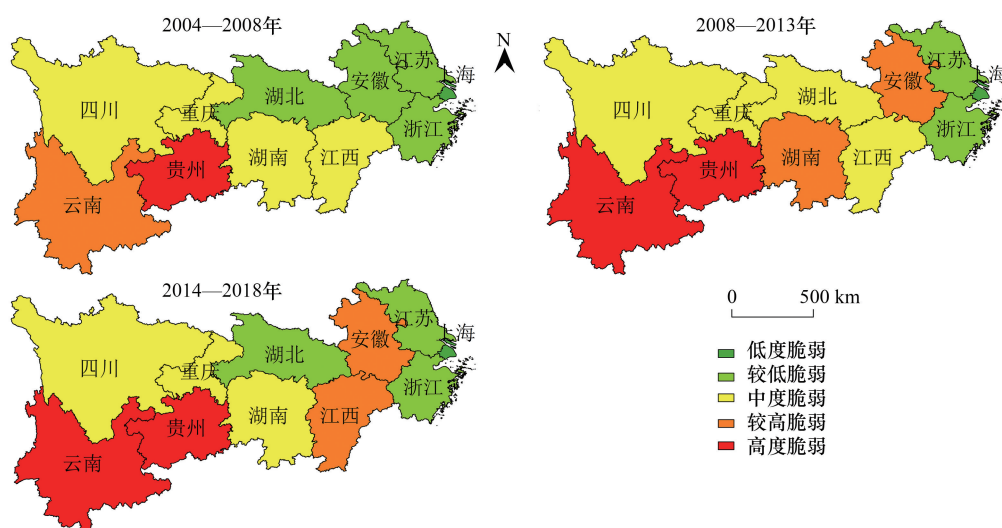


图 2 长江经济带 2004—2018 年脆弱性指数

Fig.2 Vulnerability Index of the Yangtze River Economic Belt from 2004 to 2018

(1)按照《长江经济带发展战略规划纲要》的地区划分方案,东部地区为上海、江苏、浙江;中部地区包括湖北、湖南、安徽、江西;西部地区包括重庆、四川、贵州、云南。并参考已有文献^[33,35],将长江经济带分为东部(上海、江苏、浙江)、中部(湖北、湖南、安徽、江西)和西部(重庆、四川、贵州、云南)3大地区,通过细化计算东、中、西部3大地区三个时段脆弱性指数平均值,东部地区为 0.4151、0.3429 和 0.3478,中部地区为 0.7146、0.6693 和 0.7881,西部地区为 1.4557、1.1324 和 1.0139,结合图 2 观测可得,东部地区的脆弱性指数等级空间格局演化表征呈平稳发展态势且一直维持在较低水平;中部地区的脆弱性指数等级空间格局演化表征较为活跃且数值有一定攀升趋势;西部地区的脆弱性指数等级空间格局演化表征呈显著下降趋势但仍保持在较高水平。这说明,长江经济带的目前可持续发展水平表现为:东部>中部>西部,但如若三大地区继续维持该发展趋势,西部地区可持续发展水平可能将在未来超越中部地区。

(2)具体观测图中各省市脆弱性指数变化空间格局演化趋势,可以发现,云南、贵州两省的脆弱性指数空间格局演化表征较稳定,基本维持在高度脆弱等级,该地区一直以来较为依赖旅游产业带动区域经济发展,但由于资源利用方式过于粗放,缺乏合理规划,基础设施不够完善,同时旅游区内不当经济行为与农业生产方式破坏了旅游区的自然生态平衡,造成了生态环境的污染和破坏,因此脆弱性指数一直居高不下,可持续发展水平亟待提升^[36]。

(3)四川、重庆 1 省 1 市的脆弱性指数空间格局演化表征非常平稳,一直维持在中度脆弱等级,该 1 省 1 市处于长江上游地区,区位优势较明显,是上游地区的核心发展地带,承接了大量长江中下游产业的转移。该地区虽然通过第二产业带动了区域经济腾飞,但由于地势情况复杂,灾害现象多发,除 5.12 汶川特大地震、攀枝花地震、雅安地震、茂县特大山体滑坡灾害、九寨沟地震、凉山森林火灾等重大灾害事件外,四川重庆常年频

发洪涝、伏旱、低温、冰雹、山体滑坡、泥石流等自然灾害,使得当地生态环境遭受到一定程度的污染和破坏,致使生态环境的脆弱性较高,灾后重建修复困难,波及了旅游产业及区域经济的发展,虽有保护性开发的意识和能力,但受限于先天较为复杂的地理环境,致使该地区的脆弱性指数维持较高水平,可持续发展隐患较大。

(4)湖北、湖南两省的脆弱性指数等级空间格局演化表征较为活跃,呈现先升后降的发展态势。两湖地区积极推动长江中游城市群建设发展,并于2007年报请国务院获批“武汉城市圈”与“长株潭城市群”,以此作为省内经济发展的核心区域,也是中部崛起的重要战略支点,带动中部省份区域经济健康发展^[37]。但发展过程中,对生态环境保护的优先级别有所降低,导致地区脆弱性水平有所提升,但两省较快意识到人与自然的和谐共生的必要性,十分注重产业系统间的协调可持续发展,加强对环保意识的宣传,共促旅游、经济、生态效益同步提升,使得脆弱性指数重返较低水准,可持续发展态势较为良好^[38]。

(5)安徽、江西两省的脆弱性指数等级空间格局演化表征也较为活跃,但呈现持续上升的发展态势,《安徽省实施长江三角洲区域一体化发展规划纲要行动计划》提出后,安徽承接了大量的来自江浙沪地区的制造业、家电业、手工业等第二产业,一定程度上拉动了安徽省区域经济增长,但同时也使得旅游产业对经济的增长作用弱化,生态环境遭受了一定程度的污染,由此造成安徽省系统间脆弱性指数相比早年有所上升。江西省旅游资源丰富,但由于缺乏总体规划,省内旅游资源的开发并没有结合当地实际情况,对景区景点游客承载量缺乏科学评估,旅游业的发展在一定程度上是以牺牲环境为代价的粗放型增长,造成了一系列的生态环境问题,脆弱性指数上涨趋势较为显著^[39]。同重庆、四川类似,该地区的旅游-经济-生态系统的可持续发展隐患较大。

(6)上海、江苏、浙江2省1市的脆弱性指数等级空间格局演化表征非常稳定,一直维持在较低脆弱等级,上述地区在发展过程中率先意识到以牺牲环境为代价的发展模式是不可取的,较早地采取了良好的应对措施,提高旅游资源利用效率,做好科学管理与总体规划,促进产业绿色升级转型,调整区域产业布局,深入贯彻资源节约、环境友好的可持续发展目标,聚焦城市生态空间体系建立^[40]。因而可以看到多系统脆弱性指数一直能够保持较平稳的发展趋势,可持续发展态势十分优良。

2.2 长江经济带脆弱性指数区域空间关联特征

2.2.1 长江经济带总体脆弱性指数空间关联特征

通过自然间断点分级法将G指数按得分从高到低依次划分为热点、次热点、次冷点、冷点四种类型,通过ArcGIS10.3软件将2004—2018年长江经济带各省市脆弱性指数冷热点时空格局进行空间可视化,得到下图3。

与一般冷热点分析相反,因本研究涉及数值为脆弱性指数,因此冷点表示为脆弱性数值分散区,热点表示为脆弱性数值聚集区。冷点越多,说明长江经济带的脆弱性指数越低,不易形成集聚区,可持续发展能力就越强;热点越多,则说明长江经济带的脆弱性指数越高,容易形成集聚区,可持续发展能力就越弱。从脆弱性指数的总体冷热点时空分布演化状况来看,冷点区域在不断缩小,脆弱性数值分散区从4个缩减到2个,次冷点区域从2个扩张到3个,次热点区域也从2个扩张到3个,而脆弱性数值聚集区仍然维持3个。可见长江经济带总体冷点区域减少,热点区域增多,说明总体区域的脆弱性数值在不断提升。

2.2.2 长江经济带区域脆弱性指数空间关联特征

从脆弱性指数的各区域冷热点时空分布演化状况来看,东部地区的浙江受到临近地区安徽、江西脆弱性数值提升的影响,在2014—2018年段从冷点区域转为次冷点区域,脱离江苏、上海的脆弱性指数分散区;中部地区的脆弱性指数均值呈攀升趋势,使得较高脆弱值地区不断蔓延,产生集聚。同样在2014—2018年段,安徽、湖北分别从冷点、次冷点区域转向次冷点、次热点区域;而西部地区的脆弱性数值仍然呈现较高的水平,因此并未发生集聚区缩减,仍为热点区域。说明东部地区集聚特征趋于弱化,中部集聚特征较为活跃,西部地区集聚特征较为稳定。

2.3 长江经济带脆弱性指数空间分异特征

空间变差模型可以探测长江经济带脆弱性指数的空间分异特征,将2004—2008,2009—2013,2014—2018

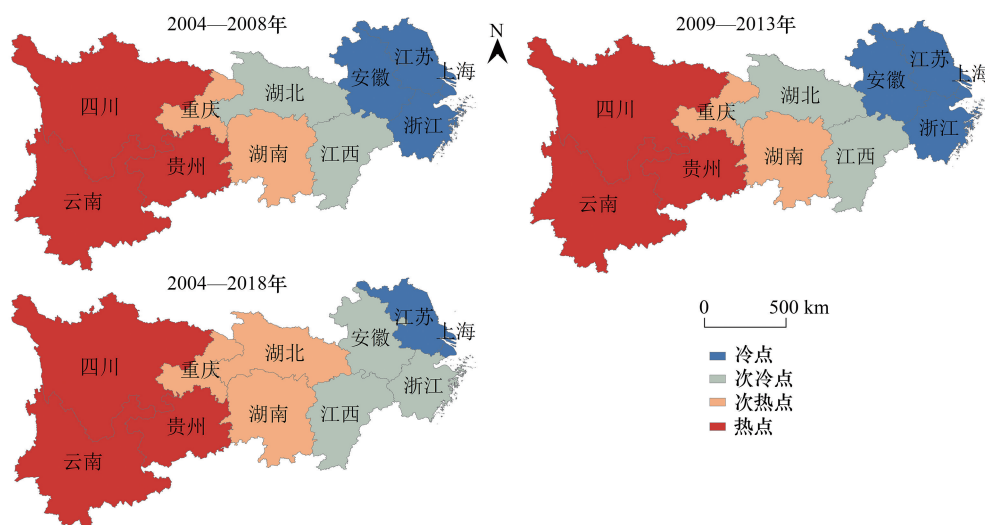


图3 长江经济带 2004—2018 年脆弱性指数冷热点分布

Fig.3 Distribution of cold and hot spots of vulnerability index in the Yangtze River Economic Belt from 2004 to 2018

三个时间段脆弱性指数作为空间变量赋予各省市的几何中心点,借助地学统计软件 $GS^+9.0$ 中的空间变差函数模块中的高斯、球体、线性、指数模型对数据进行拟合计算,发现采样步长为 8.67km 时,拟合度最优,因此 8.67km 为统一采样步长。每个年段分别选取拟合度最优模型进行拟合,得到拟合参数(表 2),并带入 ArcGIS10.3 软件中运行克里金插值计算,以探测各年段长江经济带各省市的空间分异特征及变化形态,并将结果通过 Originlab 软件 3D 可视化表达,详见图 4。

拟合年份参数显示:三年段的变程呈不断下降趋势,表明长江经济带区域整体脆弱性指数的空间效应在不断弱化,辐射范围在敛缩,说明高脆弱性地区对周边地区的涓滴效应在降低,呈逐步均衡化的发展态势;块金值、基台值不断下降趋势表明长江经济带各区域脆弱性空间分异程度不断减弱,而不断攀升的块金系数值说明旅游-经济-生态系统脆弱性在演化过程中,由空间自相关引起的结构化分异逐渐减弱,而由随机成分引起的空间差异愈发显著。从空间变差函数拟合的最优模型来看,三年段的空间变差模型均为高斯模型,模型的拟合系数总体呈上升趋势并逐渐达到良好拟合程度,表明长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性空间分异演变表现出较好的连续性和稳定性特征,空间自组织性逐年增强。

图 4 表明,长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性空间分异格局呈现一定规律和连续性,整体呈西部>中部>东部的空间演化格局,伴随脆弱性高低值区有明显转移趋势。具体来看:2004—2008 脆弱性高值区位于东经 102.5° — 112.5° ,北纬 25° — 29° 之间,以贵州为中心的“山峰”核心区向周边地区呈递减趋势发展,脆弱性低值区位于东经 115° — 120° ,北纬 30° — 32° 之间,以上海为中心的“低谷”核心区向周边地区呈递增趋势发展,表明在早期阶段,长江经济带整体脆弱性指数空间分异格局已呈现“东散西集”的分异特征;2009—2013 年间,脆弱性高值区相较于前一个年段呈东西方向扩散且有逐渐形成高值区次核心的发展态势,而脆弱性低值区被分割成上海、四川为中心的双“低谷”核心区,表明在中期阶段,长江经济带整体脆弱性指数空间分异趋势变化显著,高低值区从集中点状分布向多点多核心均衡化发展;2014—2018 年间,脆弱性高值区进一步扩散并形成贵州与江西为中心的“山峰”核心、次核心区,脆弱性低值区有一定东移趋势,形成湖北、上海为中心的双“低谷”核心、次核心区。纵观 15 年来脆弱性总体分异趋势看,脆弱性指数高值区从一个明显凸起的“山峰”核心区逐渐扩散分化成两个较为平坦的“山峰”核心、次核心区,脆弱性指数低值区从一个较平坦的“低谷”核心区逐渐扩散分化成两个较为凹陷的“低谷”核心、次核心区,等值线进一步加密,表明长江经济带区域间脆弱性指数差距逐步缩小,整体非均衡性逐渐减弱,“东散西集”的分异特征逐渐被打破,总体呈均衡化发展态势。

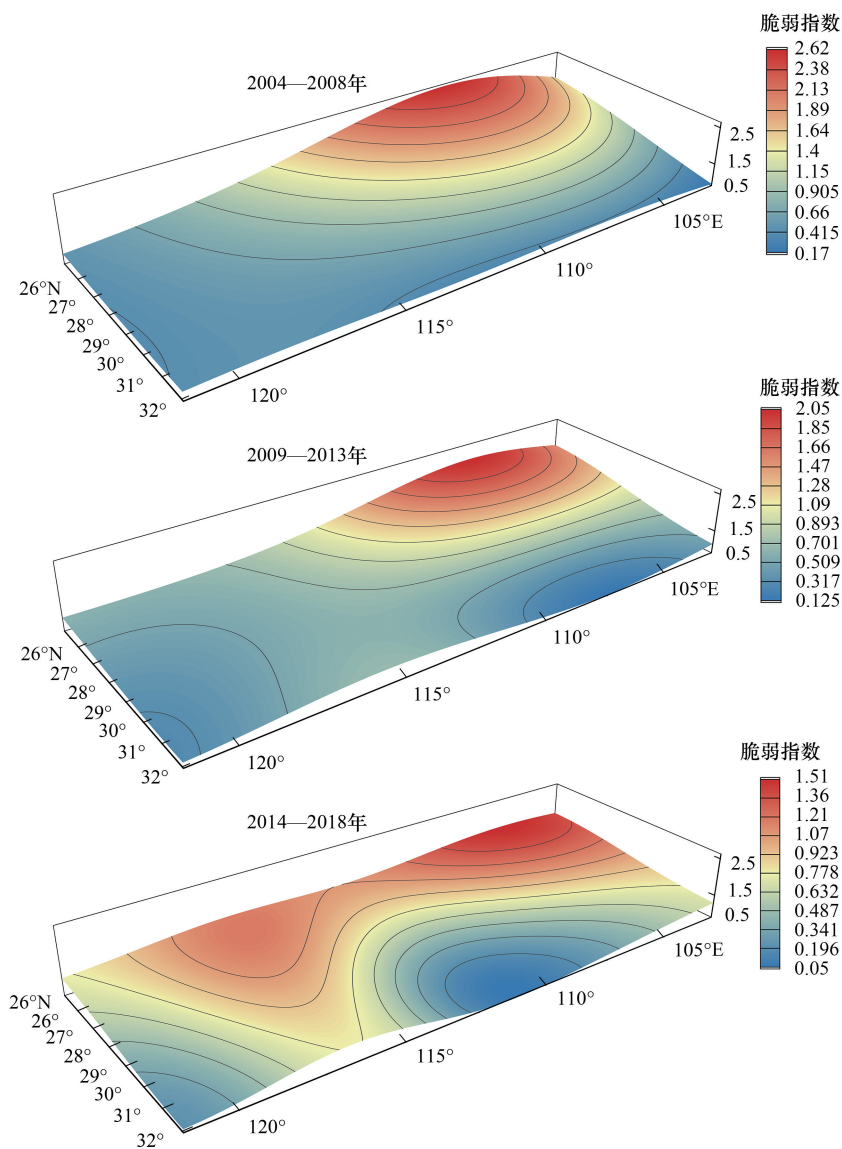


图 4 2004—2018 长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性 Kriging 插值模拟

Fig.4 Kriging interpolation simulation of the vulnerability of tourism-economy-ecosystem in the Yangtze River Economic Belt from 2004 to 2018

表 2 长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性空间变差函数拟合参数

Table 2 Fitting parameters of the spatial variation function of the vulnerability of tourism-economy-ecosystem in the Yangtze River Economic Belt

年份 Year	变程 Range/km	块金值 The nugget	基台值 The sill	块金系数 Nugget coefficient	拟合模型 Fitting model	决定系数 Determination coefficient
2004—2008	16.645	0.106	1.495	0.929	Gaussian	0.587
2009—2013	10.011	0.068	1.006	0.933	Gaussian	0.728
2014—2018	8.67	0.049	0.834	0.941	Gaussian	0.869

2.4 长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性发展预测

基于灰色 GM(1,1) 预测模型,借助 DPS9.50 软件,以 2004—2018 年各区域系统脆弱性指数为原始数据,将参数设置为生成残差数列,预测年份为 5,重复残差建模次数为 5,进而模拟运算得到 2019—2023 年各区域

系统脆弱性预测数值。

表 3 可知,除上海、湖北、贵州,其他省市脆弱性指数均成上升趋势,图 5 通过对比 2019—2023 与 2014—2018 年的各省市脆弱性指数,可发现 2019—2023 年的脆弱性指数基本形成了对 2014—2018 年的全包围态势,验证了前文猜测:由于大部分省市的脆弱性指数呈上升趋势,带动整体脆弱性指数的持续提升,长江经济带较高的发展隐患成为现实问题,且空间分异特征表明了长江经济带区域间脆弱性指数差距逐步缩小,整体非均衡性逐渐减弱。未来长江经济带各区域的脆弱性指数不仅仍在持续提升,高低值区差异也在愈发缩小,均衡化的高脆弱性指数分布空间格局将使得长江经济带各区域无法实行重点针对性治理,可持续发展将难以继。

表 3 长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性发展预测

Table 3 Forecast of vulnerability development of tourism-economy-ecosystem in the Yangtze River Economic Belt

地区 Region	2019	2020	2021	2022	2023	2019—2023
上海	0.224	0.220	0.217	0.214	0.212	0.217
江苏	0.402	0.409	0.418	0.427	0.438	0.419
浙江	0.382	0.404	0.436	0.481	0.544	0.449
安徽	1.227	1.352	1.490	1.643	1.812	1.505
江西	1.041	1.275	1.562	1.909	2.325	1.623
湖北	0.324	0.301	0.280	0.260	0.242	0.282
湖南	0.632	0.674	0.729	0.800	0.886	0.744
重庆	0.612	0.636	0.663	0.693	0.727	0.666
四川	0.824	0.889	0.961	1.043	1.133	0.970
贵州	0.896	0.732	0.617	0.552	0.534	0.666
云南	1.357	1.414	1.487	1.579	1.692	1.506

3 讨论

(1)长江经济带总体脆弱性指数呈上涨趋势,内部发展过程不稳定,脆弱性指数整体上西部>中部>东部,脆弱性指数表明不同区域存在的可持续发展风险,只有针对性降低脆弱性指数及稳定波动幅度才能有效解决三大系统可持续发展问题。

具体而言,东部的上海、江苏、浙江是脆弱性指数等级空间格局演化表征呈现平稳发展态势且数值较低的地区,应作为优先发展地区,加大对旅游产业的投资力度,深入挖掘旅游资源的特色,树立特色旅游品牌,以期通过旅游产业较好的带动区域经济腾飞,实现旅游-经济-生态系统协调可持续发展;中部的安徽、江西、湖北、湖南是脆弱性指数等级空间格局演化表征较为活跃且数值逐步攀升的地区,对于这些位居平均值附近、不进则退的地区而言,维持该发展趋势,中部地区的可持续发展水平很可能在未来被西部地区超越。因此必须兼顾保护与发展,以保护生态环境优先,有限开发当地旅游资源,修复破碎的生态景观,提高资源利用效率,做到科学规划在先,审慎行动在后,保持旅游-经济-生态系统稳定为前提,进一步提升该地区的协调可持续发展能力;西部的重庆、四川、贵州、云南是脆弱性指数等级空间格局演化表征呈显著下降趋势但数值仍然较高的地区,该四个区域应继续保持良性发展态势,并将其列

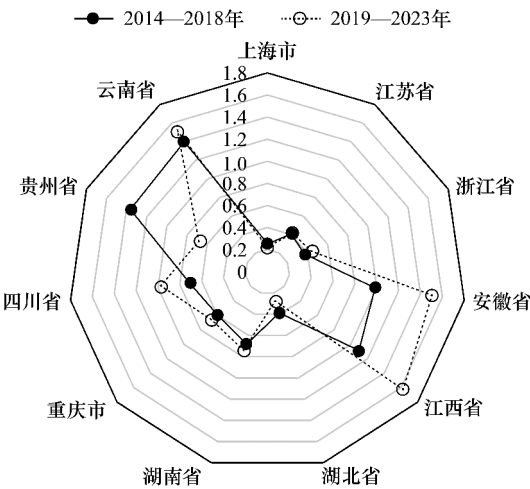


图 5 长江经济带旅游-经济-生态系统脆弱性指数对比雷达图
Fig.5 Comparison radar chart of the vulnerability index of tourism-economy-ecosystem in the Yangtze River Economic Belt

为重点防控监测地区,作为优先保护地区,注重旅游与生态环境协调发展,增强生态保护意识,建立健全长江经济带旅游生态保护合作框架,以集约化、效率化的方式拉动区域经济可持续增长。

(2) 长江经济带三大片区脆弱性指数空间差异趋于均衡化,脆弱性指数集聚演化路径特征明显,在区域差异逐渐缩小与脆弱性集聚程度增加的双重刺激下,势必会使旅游-经济-生态系统走向崩溃。因此必须打破行政区划壁垒,实现旅游-经济-生态三大要素自由流动、优化资源配置,促进区域间联动发展。东部地区因政策、财政的优势长期处于脆弱性低值区,因此应发挥对中西部的政策、经济辐射作用,加大对产业创新,生态保护与旅游产业的投资力度,发挥江浙沪地区高新技术和政策规制在生态保护、经济转型、旅游创新的造血功能,缩小三个系统的拮抗水平,促使其向良性耦合阶段优化,成为弱化旅游-经济-生态系统脆弱性的引领示范区域。中部地区旅游-经济-生态脆弱性缓和的动力不足,应向西部转移落后企业,腾笼换鸟承接东部科技创新型产业,刺激经济结构转型,学习东部地区环境治理的先进理念,避免“先开发、后利用”发展路径重蹈覆辙,为旅游发展提供绿色外部环境。并深挖中部湘、皖、赣、鄂四省旅游特色与内涵,结合政策风向大力发展生态旅游、科技旅游、文化旅游等,以此反哺环境治理与经济改革。西部地区生态系统脆弱、经济基础薄弱、旅游交通可进入性差,在此不利的客观现实下必须因势利导,吸纳东部地区资金投入,借助政策东风,发挥西部云贵民族风情和川渝人文特色,创新发展民族文化旅游,建设旅游特色小镇和特色民族村寨,以旅游发展驱动经济进步,经济增长再反作用于生态保护和旅游基础设施的完善。

(3) 在未来的发展中,长江经济带大部分地区脆弱性指数都会进一步增加,旅游-经济-生态相互影响亦相互制约,因此促进三大系统走向耦合协调共生是解决问题的根本手段。因此,必须充分注重三个系统之间的耦合协调,打破系统发展之间的隔阂,实现“旅游-经济-生态”三赢局面。首先要贯彻落实“绿水青山就是金山银山”的生态理念,打破区域的空间限制,以合作共赢的原则共同制定生态环境保护条例,坚守生态风险防控底线。并借鉴国外经验,引入专业的旅游部门、环保部门、财政部门相关人才,共同建立健全生态补偿机制,保证生态补偿的公平性、检测生态补偿有效性,实现合作共治、责任共担、效益共享,为旅游与经济发展提供优良环境。其次,充分发挥旅游多元融合的特性,结合区域经济文化特色,大力推动旅游+多种业态的新型旅游路线和旅游产品,实现旅游绿色发展的循环路径,东中西部实现旅游基础设施共建共享,旅游发展模式互相借鉴融合,将旅游产业打造成驱动经济发展的重要引擎。最后,应把握经济朝高质量发展的时代脉搏,践行创新、绿色、协调等理念,致力于产业结构调整优化。东部地区继续朝“高精尖”方向发展,发挥经济高质量发展示范作用。中部地区应淘汰一批高污染高耗能企业,向东部学习先进技术,承接产业转移。西部地区多数仍是粗放经营的经济发展方式,旅游业是促进产业转型的关键一环,因此要吸纳外部资金,借助政策实现经营从粗放到集约的突围进步。实现经济高质量发展是促进旅游产业转型,加大生态保护资金投入的充分必要条件。长江经济带只有将旅游-经济-生态紧密连接为有机共生体,互相补齐发展短板,才能从根本上提高系统免疫力,降低系统脆弱性,最终形成区域协调一体化的可持续发展态势,使其成为我国大江大河流域环境治理和可持续发展的样板区域。

4 结论

本文从旅游-经济-生态系统脆弱性的创新视角切入,结合空间地理可视方法及灰色预测模型探索了长江经济带三大系统脆弱性的时空演变特征和未来发展趋势,主要结论如下:

(1) 从时序变化上看,长江经济带 2004—2018 年间总体脆弱性指数在波动中上涨,经历了先上升后下降再上升的演变阶段,具体来看,东部地区的脆弱性指数等级空间格局演化表征呈现平稳发展态势且一直维持在较低水平;中部地区的脆弱性指数等级空间格局演化表征较为活跃且数值有一定攀升趋势;西部地区的脆弱性指数等级空间格局演化表征呈显著下降趋势但仍保持在较高水平。

(2) 从空间演化上看,长江经济带 2004—2018 年间脆弱性指数冷热点数量变化显著,脆弱性数值冷点区域减少,热点区域增多;各区域冷热点集聚特征大相径庭:大体呈东部弱化、中部活跃、西部稳定的空间格局。

并且脆弱性指数空间分布有阶段性演化规律:早期阶段,脆弱性指数整体呈“东散西集”的分异特征;中期阶段,脆弱性指数空间分异变化明显,高低值区从集中点状分布向多点多核心均衡化发展;近期阶段,脆弱性高值区进一步扩散,低值区部分东移,最终形成双“山峰”双“低谷”的多核心脆弱性高低值区。长江经济带区域间脆弱性指数差距逐步缩小,“东散西集”的分异特征逐渐被打破,总体指数呈均衡化发展态势。

(3) 从未来预测上来看,长江经济带 2019—2023 年各区域脆弱性指数除上海、湖北、贵州,其他省市脆弱性指数均成上升趋势;通过对比 2019—2023 与 2014—2018 年的各省市脆弱性指数,可发现 2019—2023 年的脆弱性指数基本形成了对 2014—2018 年的全包围态势,大部分省市的脆弱性指数呈上升趋势,也带动整体脆弱性指数的持续提升,导致长江经济带三大系统的拮抗水平进一步加大。因为旅游-经济-生态三大系统之间本身存在有机的耦合机理^[15],在一定条件下既可成为相互助力推动对方发展,亦可互为掣肘制约彼此内部水平的提升,脆弱性指数的显著增加亦从侧面证明了三大系统内部差异明显,发展方向有所冲突,存在拮抗诱因。因此,促进长江经济带旅游-经济-生态三大系统走向协调共生,发展理念互通互融,才是降低长江经济带脆弱性指数,破解旅游-经济-生态可持续发展困境的根本途径。长江经济带多系统脆弱性时空演变特征及趋势预测研究既是区域间实现协调可持续发展的前瞻性命题,也是我国大河流域旅游时空格局优化的良药秘方。

本文基于旅游-经济-生态三系统研究视角切入研究,综合运用了生态学中的脆弱性研究方法,地统计学中的冷热点分析法与空间变差模型,运筹学中的灰色预测模型,深入探究了长江经济带旅游-经济-生态三系统脆弱性的时空演变特征及趋势预测,在一定程度上促进了生态学与管理地理学等学科交叉融合,同时深化了区域经济学在典型地区中的实证研究,为长江经济带与我国大江大河流域环境治理和旅游可持续发展提供了较好参考。但本文仍存在一些不足:囿于数据的可获得性,本文选取旅游-经济-生态三个维度共计 28 个指标,指标尽可能囊括与旅游产业关联度较强的旅游、经济与生态的多指标来构建体系,指标选取合理,体现了科学性。但受限于指标的可获得性,且由于县域数据披露较少,年份不够齐全,无法深入探究,因而研究的尺度仍然为宏观层面。因此,未来的研究应该通过长期观察与调研,在县域数据可获得后,建立县域尺度的系统脆弱性研究评价框架与体系,探索县域单元协调可持续发展的时空演变特征及影响因素,使研究更具有现实意义及实践价值。

参考文献 (References):

- [1] 新华社. 习近平主持召开全面推动长江经济带发展座谈会并发表重要讲话. (2020-11-15) [2021-03-24]. http://www.gov.cn/xinwen/2020-11/15/content_5561711.htm.
- [2] 中华人民共和国生态环境部. 关于印发《长江经济带生态环境保护规划》的通知. (2017-07-17) [2021-03-24]. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201707/t20170718_418053.htm.
- [3] Dogan E, Inglesi-Lotz R. The impact of economic structure to the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis: evidence from European countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(11): 12717-12724.
- [4] Appiah M O. Investigating the multivariate Granger causality between energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Ghana. *Energy Policy*, 2018, 112: 198-208.
- [5] Scott D, Hall C M, Gössling S. Global tourism vulnerability to climate change. *Annals of Tourism Research*, 2019, 77: 49-61.
- [6] Dogru T, Marchio E A, Bulut U, Suess C. Climate change: vulnerability and resilience of tourism and the entire economy. *Tourism Management*, 2019, 72: 292-305.
- [7] Habibi F, Rahmati M, Karimi A. Contribution of tourism to economic growth in Iran's provinces: GDM approach. *Future Business Journal*, 2018, 4(2): 261-271.
- [8] Ohlan R. The relationship between tourism, financial development and economic growth in India. *Future Business Journal*, 2017, 3(1): 9-22.
- [9] 李淑娟, 王彤. 滨海城市旅游-经济-生态环境耦合协调发展实证研究. *中国海洋大学学报: 社会科学版*, 2017, (6): 43-49.
- [10] 王兆峰, 刘庆芳. 长江经济带旅游生态效率时空演变及其与旅游经济互动响应. *自然资源学报*, 2019, 34(9): 1945-1961.
- [11] 王振波, 梁龙武, 褚昕阳, 李嘉欣. 青藏高原旅游经济与生态环境协调效应测度及交互胁迫关系验证. *地球信息科学学报*, 2019, 21(9): 1352-1366.

- [12] 杨宇民, 焦胜, 廖婧茹, 刘奕村, 胡亮, 邓凌云, 郑华, 伍天亮. 人口规模与交通环境影响的中国城市旅游资源—经济空间错位. 经济地理, 2021, 41(1): 221-231.
- [13] 王胜鹏, 乔花芳, 冯娟, 谢双玉. 黄河流域旅游生态效率时空演化及其与旅游经济互动响应. 经济地理, 2020, 40(5): 81-89.
- [14] 周成, 金川, 赵彪, 张峰. 区域经济-生态-旅游耦合协调发展省际空间差异研究. 干旱区资源与环境, 2016, 30(7): 203-208.
- [15] 周成, 冯学钢, 唐睿. 区域经济-生态环境-旅游产业耦合协调发展分析与预测——以长江经济带沿线各省市为例. 经济地理, 2016, 36(3): 186-193.
- [16] 李永平. 旅游产业、区域经济与生态环境协调发展研究. 经济问题, 2020, (8): 122-129.
- [17] 郭向阳, 穆学青, 丁正山, 明庆忠, 陆保一. 城市生态环境与旅游经济协调效应及动态关系——以曲靖为例. 经济地理, 2020, 40(7): 231-240.
- [18] 王群, 陆林, 杨兴柱. 千岛湖社会-生态系统恢复力测度与影响机理. 地理学报, 2015, 70(5): 779-795.
- [19] 王群, 陆林, 杨兴柱. 旅游地社会-生态子系统恢复力比较分析——以浙江省淳安县为例. 旅游学刊, 2016, 31(2): 116-126.
- [20] 王兆峰, 陈青青. 1998 年以来长江经济带旅游生态安全时空格局演化及趋势预测. 生态学报, 2021, 41(1): 320-332.
- [21] 徐美, 刘春腊. 张家界市旅游生态安全评价及障碍因子分析. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 605-614.
- [22] 黄倩, 谢朝武, 黄锐. 我国省域旅游地脆弱性对旅游突发事件严重性的门槛效应. 经济管理, 2020, 42(7): 158-175.
- [23] 杨桂山, 徐晋保. 长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”的基础与策略. 中国科学院院刊, 2020, 35(8): 940-950.
- [24] 周颖, 王兆峰. 长江经济带旅游资源开发强度与生态能力耦合协调关系研究. 长江流域资源与环境, 2021, 30(1): 11-22.
- [25] 马慧强, 廉倩文, 论宇超, 席建超. 基于 BP 神经网络的旅游经济系统脆弱性省际空间分异. 资源科学, 2019, 41(12): 2248-2261.
- [26] 王群, 银马华, 杨兴柱, 姚兆钊. 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. 地理学报, 2019, 74(8): 1663-1679.
- [27] 轩源, 周年兴, 杨虹霓. 中国大陆省域旅游效率与城镇化耦合协调的时空演变. 地理与地理信息科学, 2020, 36(4): 110-116.
- [28] 李秋雨, 朱麟奇, 王吉玉. 全域旅游背景下吉林省旅游业-经济-社会-生态环境协调性研究. 地理科学, 2020, 40(6): 948-955.
- [29] 杨俊, 关莹莹, 李雪铭, 席建超. 城市边缘区生态脆弱性时空演变——以大连市甘井子区为例. 生态学报, 2018, 38(3): 778-787.
- [30] 彭坤杰. 长江经济带旅游-经济-生态系统空间错位及脆弱性演化分析[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2020.
- [31] 孙湛, 马海涛. 基于 BP 神经网络的京津冀城市群可持续发展综合评价. 生态学报, 2018, 38(12): 4434-4444.
- [32] 张立新, 杨新军, 陈佳, 王子侨, 张婧, 余洁. 大遗址区人地系统脆弱性评价及影响机制——以汉长安城大遗址区为例. 资源科学, 2015, 37(9): 1848-1859.
- [33] 王兆峰, 刘庆芳. 长江经济带旅游生态效率时空演变及其影响因素. 长江流域资源与环境, 2019, 28(10): 2289-2298.
- [34] Jenks G F. Generalization in statistical mapping. Annals of the Association of American Geographers, 1963, 53(1): 15-26.
- [35] 田野, 陈洁, 董莹, 蒋亮, 罗静. 长江经济带主导产业的类型与格局演化——以省级以上开发区为例. 经济地理, 2020, 40(12): 100-108.
- [36] 岑蜀娟, 李波. 云南旅游面临的新问题及对策. 经济问题探索, 2008, (10): 122-127.
- [37] 李琳, 龚胜. 长江中游城市群协同创新度动态评估与比较. 科技进步与对策, 2015, 32(23): 118-124.
- [38] 胡强盛, 贺小荣, 郭红. 长沙市旅游-生态环境耦合协调发展研究. 湖南师范大学自然科学学报, 2018, 41(4): 9-15.
- [39] 张宾宾. 影响江西省旅游大发展的主要问题及其对策研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2016.
- [40] 曹莉萍, 周冯琦, 吴蒙. 基于城市群的流域生态补偿机制研究——以长江流域为例. 生态学报, 2019, 39(1): 85-96.