

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2024.05.011.

马小宾, 章锦河, 孙怡, 等. 长江经济带旅游生态安全时空格局及影响因素[J]. 水土保持研究, 2024, 31(5): 376-388.

Ma Xiaobin, Zhang Jinhe, Sun Yi, et al. Spatiotemporal Pattern and Influencing Factors of Tourism Ecological Security in the Yangtze River Economic Belt[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(5): 376-388.

长江经济带旅游生态安全时空格局及影响因素

马小宾^{1,2}, 章锦河^{1,2,3}, 孙怡^{1,2}, 王培家^{1,2}, 周乐莹^{1,2}

(1. 南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210023; 2. 黄山国家公园生态系统教育部野外科学观测研究站, 安徽 黄山 245899; 3. 高原科学与可持续发展研究院, 西宁 810016)

摘要: [目的] 科学评价旅游生态安全对长江经济带旅游业高质量发展和低碳化转型具有重要现实和理论意义。[方法] 以长江经济带为案例地, 从效率视角采用“DPSIR-DEA”指标框架构建区域旅游生态安全评估体系, 通过探索性空间分析、GTWR 模型分析了 2008—2019 年长江经济带旅游生态安全的时空演化过程和影响因素。[结果] (1) 2008—2019 年长江经济带旅游生态安全呈现波动变化特征, 表现为“W”型螺旋上升的趋势; (2) 2008—2019 年长江经济带旅游生态安全时空演化存在较强的空间差异性, 具有“整体稳定, 局部波动”的特征, 在空间上, 中部区域旅游生态安全时空变化较小, 长三角地区、成渝地区旅游生态安全波动性较大; (3) 影响长江经济带旅游生态安全的主要因素有经济、社会、环境等方面, 各个方面存在显著空间差异, 此外, 旅游生态安全影响因素存在较强的时空非平稳性。[结论] 从效率视角切入长江经济带旅游生态安全的测算和评估, 为旅游业高质量发展和区域旅游协调发展提供新的视角, 有助于发挥好旅游业对长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”战略的重要贡献价值。

关键词: 旅游生态安全; 效率; 探索性空间分析; GTWR; 长江经济带

中图分类号: K901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2024)05-0376-13

Spatiotemporal Pattern and Influencing Factors of Tourism Ecological Security in the Yangtze River Economic Belt

Ma Xiaobin^{1,2}, Zhang Jinhe^{1,2,3}, Sun Yi^{1,2}, Wang Peijia^{1,2}, Zhou Leying^{1,2}

(1. School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. Huangshan National Park Ecosystem Observation and Research Station, Ministry of Education, Huangshan, Anhui 245899, China; 3. Academy of Plateau Science and Sustainability, Xining 810016, China)

Abstract: [Objective] The aim of this study is to scientifically assess the tourism ecological safety, which is of great practical and theoretical significance for the high quality development and low carbon transformation of tourism in the Yangtze River Economic Belt. [Methods] The Yangtze River Economic Belt was taken as a case study. The ‘DPSIR-DEA’ index framework was adopted to construct a regional tourism ecological safety assessment system from an efficiency perspective. The spatial and temporal evolution process and influencing factors of tourism ecological safety in the Yangtze River Economic Belt from 2008 to 2019 were analyzed through exploratory spatial analysis and GTWR model. [Results] (1) From 2008 to 2019, the tourism ecological safety of the Yangtze River economic zone showed fluctuating change characteristics, showing a ‘W’ spiral upward trend. (2) From 2008 to 2019, the spatial and temporal evolution pattern of tourism ecological safety of the Yangtze River economic zone had strong spatial variability, showing ‘overall

收稿日期: 2023-09-19

修回日期: 2023-10-20

资助项目: 国家自然科学基金“国家公园生态系统健康测度模型及旅游影响机制研究”(42271251); 国家自然科学基金“旅游开发对乡村文化的胁迫演化模式及其补偿机制研究”(42101218)

第一作者: 马小宾(1995—), 男, 河南淇县人, 博士研究生, 主要研究方向为旅游经济、生态旅游。E-mail: 17839221671@163.com

通信作者: 章锦河(1970—), 男, 安徽望江人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为旅游地理与旅游规划、区域旅游影响。E-mail: zhangjinhe@nju.edu.cn

<http://stbcyj.paperonce.org>

stability, local fluctuations' characteristics, in space, the central region tourism ecological safety spatial variation was small, the Yangtze River Delta region, Chengdu-Chongqing region tourism ecological safety volatility. (3) The main factors affecting the Yangtze River economic belt tourism ecological safety were economic, social, environmental and other aspects, and there were significant spatial differences in various aspects. The existence of strong spatial and temporal non-smoothness of factors influencing tourism ecological safety were revealed. [Conclusion] The tourism ecological security in the Yangtze River Economic Zone from the perspective of efficiency were measured and evaluated to provide new perspectives for the high-quality development of tourism and the coordinated development of regional tourism. It will help to enable the value of tourism as an important contribution to the strategy of 'Greater Protection, No Greater Development' of the Yangtze River Economic Belt.

Keywords: tourism ecological security; efficiency; exploratory spatial analysis; GTWR; Yangtze River Economic Belt

旅游作为谋求人类福祉、改善生活环境、促进产业融合、赋能人地和谐的重要产业和基石,成为新世纪以来最具活力的经济发展组分之一,然而其具有的环境依托和资源消耗的双重属性,导致其也成为最有争议的矛盾问题之一^[1]。旅游与生态环境的辩证关系亟待有效辨析,高效、质量、健康、循环、响应的人地和谐理念不断涌入到旅游经济产业中^[2]。尽管旅游生态安全的概念尚未得到统一,但是旅游生态安全所强调的和谐共生、健康不受威胁、有效管理、系统协调、健康稳定等内涵契合于旅游与生态环境的辩证关系^[2]。生态文明建设背景下,旅游是产业低碳化转型的重要典型代表之一,此外,当前旅游业呈现出“过热”现象,广泛吸收社会人力、物力、财力,由此带来的多种生态环境问题时有发生^[3-4],制约着旅游可持续性和产业转型。有鉴于此,强化区域旅游生态安全研究有助于科学理解旅游与生态环境的辩证关系,同时对实现旅游低碳化转型和高质量发展具有重要价值。

旅游生态安全是由生态安全引入旅游研究的衍生概念,是旅游目的地可持续发展的重要研究领域之一^[2]。相关学者从不同角度解析了其概念内涵^[2]。章锦河等认为旅游生态安全是旅游地的人地关系系统不受系统内外部不利因素的损伤、侵害或威胁,能保持并处于持续、健康和完整的状态^[2];穆学青等指出旅游生态安全的概念包含两方面含义:一是旅游地可持续发展所依赖的自然资源和生态环境系统自身是否安全;二是旅游地自然资源与生态环境系统对人类的生产、生活是否安全,其所提供的服务能否满足人类的生存和发展需要^[5]。与此同时,不少学者在回顾旅游生态安全研究中均提到旅游生态安全概念尚未完全统一,且存在显著的学科差异性^[4-7]。综合已有关于旅游生态安全的研究,本文认为旅游生态安全主要指一种包含旅游者—旅游地—自然社会环境

在内的系统能够维持自身健康和平衡的能力。伴随着大众旅游的持续深入,旅游业产生的气候影响^[3]、生态破坏、文化胁迫等不良效应逐步显现端倪,世界旅游组织(UNWTO)指出到2030年全球旅游交通碳排放可达19.89亿t,占人为二氧化碳排放总量的5.3%^[3]。为实现旅游业可持续发展,科学揭示旅游与生态环境的辩证关系,并进一步厘清旅游生态安全的运转过程成为亟待解决的关键科学问题。相关学者分别从经济学、管理学、生态学、地理学、和社会学等角度对旅游生态安全的概念内涵^[2]、评估与测量^[7-8]、时空格局与空间效应^[9-10]、障碍因子等^[6,11]进行了理论探究和模型实证。在研究方法方面,主要涉及指标模型法,如PSR,PSR-EES等^[6];空间分析法,如空间自相关^[10]、动态度模型等^[6];计量模型法,如空间误差模型^[9]、空间滞后模型等^[9];以及从系统和生态角度出发的灰色系统GM模型^[8]、生态足迹法等^[5]。

归纳以往关于旅游生态安全的研究成果,多数研究关注到旅游生态安全“量”的评估,通过利用相关指标模型累加不同子系统要素得到区域旅游生态安全^[9,12-13],这种较为直接的累加求和方式是对旅游生态安全各子系统的直接叠加,忽视了各系统之间相互关系的复杂和相互作用的强弱,对旅游生态安全的系统性特点欠缺考虑,例如有学者通过PSR-EES模型量化中国省域的旅游生态安全^[9]。然而,旅游生态安全的系统运行质量需要进一步得到凸显,Ruan等^[10]在分析长三角旅游生态安全中提出效率是衡量系统性的理想指标,能够用来测度区域旅游生态安全各子系统之间的运行情况^[10,14-17],即旅游生态安全的“质”。效率视角的切入能够区分旅游生态安全各子系统的属性,更加科学地测算旅游生态安全系统运行质量。已有学者将其运用到探究中国旅游城市、沿海省份生态安全系统运转的“质”的研究中^[15-16]。此外,

选择“DPSIR”模型构建旅游生态安全的指标系统,主要原因在于:(1)“DPSIR”模型相较于“PSR”模型可以从更加综合、全面的视角评估区域旅游生态安全,该模型主要将生态安全问题涉及的人类社会活动发展动力、产生的生态环境问题压力、人类活动带来的自身和生态环境的状态变化和正负影响,以及人们为了改善生态环境的恶化而采取的行动等综合考虑在内,组成一个完整的评价体系系统;(2)“DPSIR”模型能够与效率模型进行有机结合,更加便于区分投入产出要素,从系统论角度出发,对旅游生态安全的“质”进行刻画。在揭示旅游生态安全影响因素的研究中,不少研究基于障碍因子诊断模型^[12]、地理探测器模型等^[10]方法,此类方法忽视了影响因素时空非平稳性的特征,未能有效刻画影响因素的时空特征,而时空地理加权回归方法是探究时空非平稳性的重要方式,其能够将时间和空间双重影响进行有效整合,刻画影响因素的时空特征。

综上,本文将 DPSIR 模型与效率模型进行有效结合构建“DPSIR-DEA”旅游生态安全系统测度模型,量化其“质”,借助探索性空间分析方法刻画旅游生态安全的时空格局,最后运用考虑时空非平稳性的时空地理加权回归模型细化影响因素的时间和空间特征。科学合理地辨析旅游生态安全的时空格局变化规律和时空作用机制具有重要价值,同时有助于为长江经济带旅游业高质量发展提供政策支持和理论探究。

1 案例地选择、研究方法和数据来源

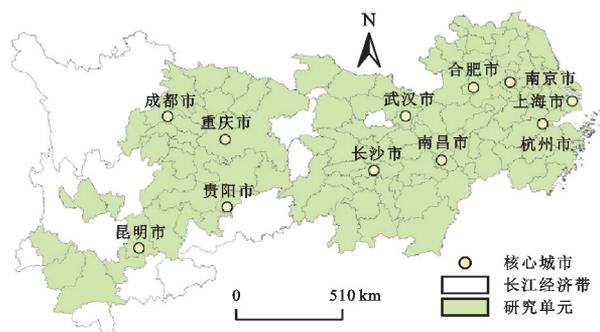
1.1 案例地选择

长江经济带通过长江黄金水道串联我国上海、江苏、浙江等 11 省市,其战略定位高,政策支持力度强,旅游资源丰富,拥有 126 家 5A 级景区。同时,经过近几十年的高速发展,长江经济带承载了我国 40% 的经济总量,但生态环境问题日益凸显。国家层面提出了长江经济带共抓大保护、不搞大开发的定位,进一步强调了生态优先的理念,此背景下,以长江经济带为案例地,展开有关旅游与生态相互关系的研究具有重要意义。在城市的选择中,考虑到数据的可获取性,本文仅选择长江经济带中地级市作为研究单元,共计 110 个地级市单元(图 1)。

1.2 数据来源

数据主要来自统计年鉴以及数据库平台,包含各省市统计年鉴、《中国城市统计年鉴》《中国区域统计年鉴》《中国旅游统计年鉴》、EPS 在线数据库、《国民经济与社会发展统计公报》等,部分缺失数据通过线性插值法补足,研究时间范围为 2008—2019 年。

此外,行政区划和核心城市位置来自于中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 GS(2020)4619 号的标准地图制作,底图未做修改,下同。

图 1 研究区域

Fig. 1 Study area

1.3 研究方法

1.3.1 指标系统构建和 DPSIR-DEA 模型 DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response) 模型是欧洲环境署于 1993 年基于 PSR 和 DSR 框架建立^[5],是一种从系统角度解释人地关系的指标体系模型,常用于环境问题的分析,主要包含 5 个方面:驱动力(D)、压力(P)、状态(S)、影响(I)、响应(R)。依据 DPSIR 模型分析框架中包含的 5 个部分驱动力、压力、状态、影响、响应,同时结合 DEA 效率分析范式,考虑旅游生态安全系统和各子系统之间相互关系,将不同子系统分为不同的投入和产出要素,进一步区分各要素对于旅游生态安全系统运行的角色。针对各子系统角色的划分,是有别于传统直接累加求和的量化方式^[10,14-17],这种方式将系统与子系统之间关系更好表现出来,即从系统运行“质”的角度凸显整体与局部的相互关系。在旅游生态安全系统中,各种要素之间相互作用、相互影响、循环累积,DPSIR 模型框架将不同要素按照系统论分为 5 类。基于此评估框架,有助于更加科学理解旅游生态安全系统要素间的辩证关系(图 2)。旅游生态安全系统的运转需要驱动力(D)作为动力推动系统运行,旅游经济活动和方式不断转变与发展导致了生态环境压力(P),产生污染物排放、环境承载力超标等问题,进而对现有旅游生态环境产生冲击,并且改变和重塑现有生态环境状态(S),生态环境与旅游经济密切相关,状态的变化直接或间接对区域旅游经济产生影响(I),引发诸如旅游收入、游客人数的改变,正向或负向影响均会推动人类社会对已有政策、制度、措施等进行调整和优化,积极响应(R)旅游生态安全系统产生的波动,同时产生一系列反馈效应,作用于“驱动力、压力、状态和影响”等子系统,DPSIR 模型各要素子系统间循环往复地助推旅游生态安全螺旋上升。

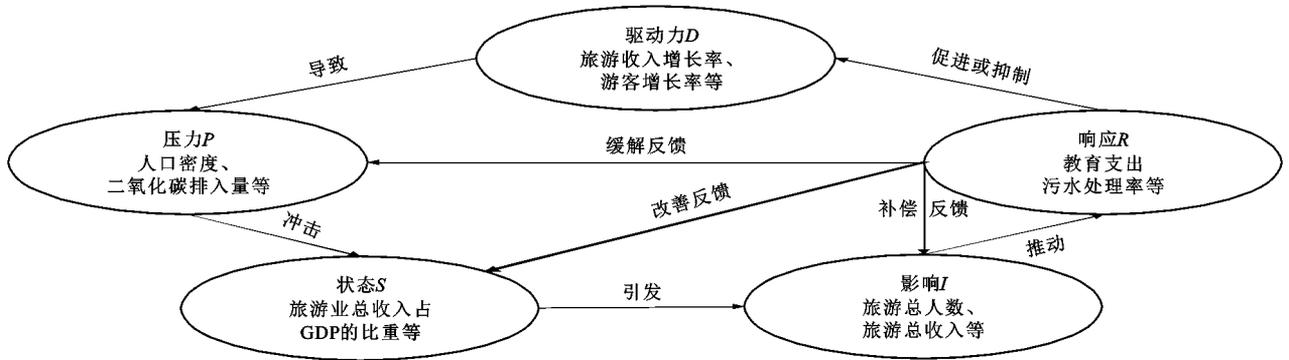


图 2 长江经济带旅游生态安全 DPSIR 概念评估框架

Fig. 2 DPSIR conceptual model of tourism ecological security evaluation

现有关于旅游生态安全的指标模型测度研究较为丰富,相关指标的选择主要考虑可行性、可量化和针对性等方面。结合 DPSIR-DEA 指标模型构建框架,本文在各子系统指标选择时,需要重点关注不同子系统中代理指标对于整体旅游生态安全的作用过程,从投入和产出两个视角切入,将各项指标与各系统的关系进行对应。基于上述逻辑,同时结合现有关于旅游生态安全测度的研究,本文主要从以下 5 个方面选择了 6 个二级指标和 26 个三级指标,包括驱动力,旅游和经济社会压力,生态环境压力,状态,影响和响应。

在驱动力方面,Wang 等^[15],秦晓楠等^[16]在研究中认为国内生产总值、人口自然增长率、旅游收入增长率、游客增长率是重要的旅游生态安全驱动力(D),推动旅游系统向前发展;周彬^[6]、Liang^[18]等在城市和海岛生态安全中指出废水排放量、游客密度、万元国内生产总值能耗、二氧化硫排放量是系统造成的主要生态环境压力(P),制约着旅游产业可持续发展;李细归等^[9]、Lu 等^[19]认为公园绿地、第三产业对 GDP 的贡献、旅游业对 GDP 的贡献是旅游系统受到人类活动后表现出的状态(S),受制于驱动力和压力的作用;Wang^[15]、Liu^[20]等在研究中指出旅游总人数、旅游总收入、人均旅游收入等指标是驱动力和压力作用后产生的重要影响(I);李细归^[9]、秦晓楠^[16]、Fan^[21]等在研究中认为污水处理率、垃圾处理率、科研和教育投入情况可以作为有效回应旅游生态环境问题的响应指标(R),是解决和防止生态环境逐步恶化的重要途径。相关研究为长江经济带旅游生态安全的测度模型建立提供了重要参考,同时,进一步汇总旅游生态安全研究出现的高频指标,考虑指标指示性、可量化、可获取等原则构建本文的指标体系,具体指标见表 1。各项指标通过熵权法确定权重。长江经济带旅游生态安全 DPSIR 模型各项指标的描述性统计结果显示,绝大多数指标以及研究单元区域之间存在较为明显的差异,非均衡性特征显著,映射出旅

游生态安全的时空差异性。

参考 Ruan^[10]、Wang 等^[15] 的研究设计,将驱动力、旅游和经济社会压力及上一年的响应作为输入因素,状态和影响作为理想的输出因子,而生态环境压力是不良的输出因子,即非期望产出。DEA 模型是测算系统效率的重要工具,被广泛用于环境与资源利用、技术创新、经济体制改革、服务业发展等多个方面^[22],其能够有效反映同类型单元之间差异、比较研究区内部运转质量。传统的 DEA 模型存在一定缺陷,为此 Tone^[23]对普通 DEA 模型进行了优化,提出了考虑松弛变量的 Super-SBM 模型,Super-SBM 模型不仅能够有效实现多个决策单元进行评价,而且能够考虑非期望产出,允许效率值大于 1。Super-SBM 模型计算如下^[23]:

$$\rho^* = \min \rho = \min \frac{1 - \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{S_n^x}{x_n^k} \right)}{1 + \left[\frac{1}{M+1} \left(\sum_{m=1}^M \frac{S_m^y}{y_m^k} \right) + \sum_{i=1}^I \frac{S_i^b}{b_i^k} \right]} \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^K z_k^y y_m^k - s_m^y = y_m^k \quad m = 1, \dots, M \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K z_k^b b_i^k + s_i^b = b_i^k \quad i = 1, \dots, I \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K z_k^x x_n^k + s_n^x = x_n^k \quad n = 1, \dots, N \quad (4)$$

$$s_m^y \geq 0, s_i^b \geq 0, s_n^x \geq 0 \quad (5)$$

式中: ρ^* 代表旅游生态安全系统运行质量; N, M 和 I 分别代表投入变量,期望产出和非期望产出; (s_m^y, s_i^b, s_n^x) , (y_m^k, b_i^k, x_n^k) 和 (z_k^y) 代表输入输出的松弛变量,时间 v 是生产单元 k 的输入输出值以及每个输入输出的权重。此外, ρ^* 值越大,旅游生态安全系统安全性越高。

1.3.2 探索性空间分析

(1) LISA 时间路径。将时间维度纳入传统静态的 LISA,构建具有动态连续表达的 LISA 时间路径分析方法,借助 LISA 时间路径分析旅游生态安全的

局部时空动态变化过程。其主要指标包括路径相对长度和弯曲度,计算方法如下^[24]:

$$N_i = \frac{N \sum_{t=1}^{T-1} d(L_{i,t}, L_{i,t+1})}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{T-1} d(L_{i,t}, L_{i,t+1})} \quad (6)$$

$$D_i = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} d(L_{i,t}, L_{i,t+1})}{d(L_{i,t}, L_{i,T})} \quad (7)$$

式中: N_i 指旅游生态安全 LISA 的路径相对长度; D_i

指旅游生态安全 LISA 的弯曲度; N 指城市数量; T 指年度时间间隔; $L_{i,t}$ 指城市 i 在时间 t 年的 LISA 坐标; $d(L_{i,t}, L_{i,t+1})$ 指城市 i 从时间 t 年到 $t+1$ 年的移动距离; $d(L_{i,t}, L_{i,T})$ 指城市 i 从时间 t 年到末年的移动距离。LISA 时间路径的相对长度越长,说明局部空间依赖更加具有移动性以及局部空间结构更加动态性;LISA 的弯曲度越大,研究城市的局部空间结构波动越曲折,表明存在一个更加变化的空间依赖方向和更加动态的局部空间结构^[24]。

表 1 旅游生态安全 DPSIR 测度指标体系以及描述性统计

Table 1 Tourism ecological security index system and descriptive statistics

因子层	代理指标	权重	平均值	标准差	最大值	最小值	指标参考
驱动力(D)	旅游收入增长率/%	0.03	33.68	20.94	168.17	-30.00	Wang 等 ^[15]
	游客增长率/%	0.03	35.38	18.59	152.66	-28.00	秦晓楠等 ^[16]
	人口自然增长率/%	0.02	6.67	6.11	41.93	-15.24	Wang 等 ^[15]
	国内生产总值/万元	0.44	24145679.27	37170673.85	343426450.89	1011490.00	秦晓楠等 ^[16]
	人均国内生产总值/元	0.45	55722.10	236267.84	7199437.38	99.00	Wang 等 ^[15]
	地区生产总值增长率/%	0.02	12.57	3.67	25.39	-0.40	秦晓楠等 ^[16]
压力(P)旅游和经济社会压力(P ₁)	人口密度/(人·km ⁻²)	0.44	1107.29	4655.80	92349.49	55.00	周彬等 ^[6]
	游客密度/(人·km ⁻²)	0.46	0.84	4.19	95.39	0.01	周彬等 ^[6]
	万元 GDP 用水量/(t/万元)	0.09	7.25	7.07	97.11	0.01	Liang 等 ^[18]
	工业废水排放量/万 t	0.32	8851.24	12373.71	90212.67	60.00	周彬等 ^[6]
生态环境压力(P ₂)	二氧化硫排放量/t	0.28	53945.20	73708.20	703196.52	287.00	周彬等 ^[6]
	烟尘排放/t	0.40	27497.02	66661.60	1510533.14	638.00	Liang 等 ^[18]
	公园绿地面积/hm ²	0.23	1644.19	3293.94	28682.22	5.00	李细归等 ^[9]
	人均公园绿地面积/(hm ² /人)	0.36	3.86	28.74	878.94	0.01	Lu 等 ^[19]
状态(S)	建成区绿化覆盖面积/hm ²	0.17	5808.26	8696.85	64324.23	10.00	李细归等 ^[9]
	第三产业在国内生产总值中的比重/%	0.04	42.34	10.68	86.87	20.66	Lu 等 ^[19]
	旅游业总收入占 GDP 的比重/%	0.21	0.24	0.42	7.41	0.02	Lu 等 ^[19]
	旅游经济密度	0.38	788.88	3614.24	74358.52	2.52	Wang 等 ^[15]
影响(I)	旅游总人数/万人	0.13	3916.48	5663.39	60797.49	162.50	Liu 等 ^[20]
	旅游总收入/亿元	0.16	379.08	618.73	5019.84	10.09	Wang 等 ^[15]
	人均旅游收入/(元/人)	0.13	7931.34	10249.24	93196.29	191.93	Liu 等 ^[20]
	第三产业员工人数/万人	0.20	32.28	62.35	586.02	3.79	Wang 等 ^[15]
响应(R)	污水处理率/%	0.03	85.53	22.36	112.11	4.00	Liu 等 ^[20]
	垃圾处理率/%	0.03	97.48	23.74	112.11	10.42	秦晓楠等 ^[16]
	普通高等学校学生数/人	0.58	105844.87	205803.96	1083473.64	50.00	Fan 等 ^[21]
	教育支出/万元	0.35	657887.70	989607.25	9799579.94	44888.00	秦晓楠等 ^[16]

(2) LISA 时空跃迁。Rey 将时空跃迁分为 4 种类型,分别是 Type₀, Type₁, Type₂和 Type₃^[25]。其中 Type₀表示城市自身与相邻城市间均不发生状态的跃迁; Type₁指城市自身发生跃迁,相邻城市不发生跃迁; Type₂指城市自身保持不变,相邻城市发生跃迁; Type₃指城市与相邻城市均发生状态间的跃迁,被细分为 Type_{3A}和 Type_{3B},Type_{3A}指二者跃迁方向相同,Type_{3B}指二者跃迁方向相反。时空跃迁计算方法如下^[25]:

时空流动(SF):

$$SF = \frac{Type_1 + Type_2}{m} \quad (8)$$

时空凝聚(SC):

$$SC = \frac{Type_0 + Type_{3A}}{m} \quad (9)$$

式中:Type 为各类型跃迁的数量; m 为跃迁总数。

1.3.3 GTWR 模型 时空地理加权回归是一种揭示空间和时间非平稳性的局部线性回归模型,相较于传统线性回归和地理加权回归模型,其最大的特点是考虑将时间维度纳入到回归模型中,与空间共同组成时

空权重矩阵。时空非平稳性主要是指由于空间位置和时间变化对要素原有关系和结构的改变。基本计算公式如下^[26]：

$$Y_i = \alpha_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_{j=1}^m \alpha_j(u_i, v_i, t_i) X_{ij} + \epsilon_i \quad (10)$$

式中： Y_i 指城市 i 的旅游生态安全值 ($i=1, 2, \dots, n$)； n 为城市数量； m 为影响因素的个数； t 为第 i 个城市的时间坐标； $\alpha_0(u_i, v_i, t_i)$ ，表示城市 i 的时空常数项； X_{ij} 表示城市 i 的第 j 个影响因素值； $\alpha_j(u_i, v_i, t_i)$ 是指城市 i 的第 j 个影响因素的回归系数； ϵ_i 表示残差。在计算过程中，需要构建时空权重矩阵，将时间和空间共同加入到模型中，时空权重矩阵函数为 $w_i(u_i, v_i, t_i) = w_i(u_i, v_i) \times w_i(t_i)$ ， $w_i(u_i, v_i)$ 是指空间权重， $w_i(t_i)$ 是时间权重。

1.4 影响因素的选择

结合系统质量和时空非平稳性构建旅游生态安全评估系统，强调该系统所具有的经济环境社会综合性，同时突出了在影响因素选择时需要保证数据的连

续性和统一性。此外，杨雪荻、秦晓楠、王怡然、Ruan 等学者针对旅游生态安全的影响因素进行了初步的分析，重点阐述了旅游类指标（旅游总收入等）、环境类指标（环保支出占 GDP 比重等）、产业类指标（第三产业占 GDP 比重等）对于系统的影响^[10,27-28]。本文在此基础上，结合动态监测数据和网络数据，从经济、环境、社会等多个维度构建旅游生态安全影响因素时空非平稳性探析的指标。首先，经济方面主要包括游客人均花费 (X_1)、第三产业从业人数占比 (X_2)、城镇常住居民人均可支配收入 (X_3)、财政支出 (X_4)，分别代表城市游客消费能力、产业结构、地方居民消费能力、城市公共供给能力^[10]；其次，环境方面主要包括 PM2.5 浓度 (X_5)、城市绿地面积占比 (X_6)、固体废物综合利用率 (X_7)，其中 PM2.5 浓度可以有效反映城市空气质量，城市绿地面积占比和固体废物综合利用率能表征生态基底和城市循环能力^[10,27]；最后，社会方面包括旅游目的地的关注度 (X_8)，主要采用百度指数来表征，代表城市旅游知名程度。指标的进一步阐述见表 2。

表 2 因素选择与阐述

Table 2 The factor selection and description

维度层	指标编码	指标层	平均值	标准差	最大值	最小值	参考
经济层面	X_1	游客人均花费/(元/人)	856.98	309.05	2150.18	302.38	Ruan 等 ^[10]
	X_2	第三产业从业人数占比/%	51.60	13.18	88.24	13.18	Ruan 等 ^[10]
	X_3	城镇常住居民人均可支配收入/元	26119.46	11143.37	164741.00	8623.00	杨雪荻等 ^[28]
	X_4	财政支出/万元	3971825.51	6575706.99	83515363.00	239600.00	Ruan 等 ^[10]
环境层面	X_5	PM2.5 浓度/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	46.73	16.34	101.19	2.40	秦晓楠等 ^[27]
	X_6	城市绿地面积占比/%	0.01	0.02	0.21	0.01	杨雪荻等 ^[28]
	X_7	固体废物综合利用率/%	84.91	18.83	100.00	49.00	秦晓楠等 ^[27]
社会层面	X_8	旅游目的地网络关注度	110.95	97.44	889.00	9.00	杨雪荻等 ^[28]

2 结果与分析

2.1 时序特征

通过 maxDEA 8 Ultra 软件计算长江经济带 2008—2019 年旅游生态安全值，结果见表 3。首先，平均值呈现了长江经济带旅游生态安全在 2008—2019 年的时序增减过程，表现为“降低—升高—降低—升高”的 W 型波动发展趋势，后期整体逐渐趋向良好，相关增减的拐点出现在 2012 年、2013 年和 2014 年。研究前期（2008—2013 年），长江经济带旅游生态安全整体表现为下降趋势，由 0.470 减少到 0.264，降低 43.83%，降幅明显；研究后期（2014—2019 年），旅游生态安全整体呈现上升趋势，由 0.305 上升到 0.390，增加 0.085，升高 27.87%，增幅明显。从长江经济带不同区域来看，江浙沪地区旅游生态安全显著优于中西部地区，中西部地区的中心城市和旅游城市处于前列，整体质量较差的城市多数为资源型

城市。从安全阈值来看，参考相关研究^[5,12]，并且结合本文计算结果，选择 0.500 为安全阈值。经过统计，发现多数城市旅游生态安全的均值处于 0.500 以下，超过阈值的城市有 21 个，且有 75 个城市旅游生态安全未达到平均水平以上，这表明长江经济带内部旅游生态安全差异显著。长江经济带旅游生态安全均值均处于 0.200 以上，整体旅游生态安全状态有待进一步提升，发挥区域核心城市和先进地区的示范引领作用势在必行。长江经济带旅游生态安全出现“W”型波动发展趋势与区域经济社会发展密切相关。在 2008—2019 年期间，我国陆续举办了奥运会、上海世博会、中国西部国际博览会等重要赛事活动，对旅游产业发展起到重要推动作用，相关典型事件对长江经济带旅游发展产生直接刺激效应和经济影响滞后效应等；与此同时，针对长江经济带的生态环境保护意识逐步得到加强，相关政策如《关于依托黄金水道

推动长江经济带发展的指导意见》《长江经济带发展规划纲要》《长江经济带生态环境保护规划》等陆续发布,转变了长江经济带的发展理念,促进旅游生态安全螺旋式上升。

表 3 长江经济带旅游生态安全值

Table 3 The summary of tourism ecological security

城市	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
张家界市	1.290	1.408	1.504	1.450	1.375	1.490	1.430	1.382	1.345	1.298	1.315	1.460
重庆市	0.820	1.260	1.395	1.619	1.547	1.670	1.390	1.185	1.473	1.369	1.387	1.540
舟山市	1.100	1.282	1.135	1.211	1.472	1.410	1.410	1.361	1.338	1.499	1.519	1.690
上海市	0.550	1.811	1.713	1.610	1.660	1.460	1.390	1.292	1.168	1.147	1.162	1.290
丽江市	1.130	1.597	1.644	1.744	0.560	0.340	1.130	1.236	1.345	1.281	1.298	1.440
黄山市	0.450	1.339	1.397	1.376	1.791	1.840	1.660	1.324	1.266	0.518	0.524	0.580
金华市	1.290	1.329	0.267	0.289	1.381	1.370	1.590	1.496	1.323	0.574	0.582	0.650
成都市	0.580	0.508	0.617	0.728	0.688	0.910	1.270	1.217	1.337	1.200	1.215	1.350
巴中市	0.300	0.237	0.155	0.151	1.320	1.170	1.250	1.358	1.368	1.198	1.213	1.350
铜仁市	0.580	1.146	0.400	0.378	1.304	0.540	0.650	0.477	0.432	1.544	1.564	1.740
南京市	0.470	0.467	1.145	1.178	0.734	0.600	0.690	1.133	1.087	0.612	0.619	0.690
杭州市	1.320	0.329	1.106	1.116	0.510	0.390	0.580	1.118	0.637	0.687	0.696	0.770
怀化市	1.350	1.469	1.217	0.788	0.435	0.330	0.360	0.326	0.377	0.576	0.584	0.650
苏州市	1.180	1.403	0.521	0.531	0.522	0.380	0.590	1.135	0.557	0.513	0.520	0.580
长沙市	1.380	0.472	0.495	0.516	0.455	0.500	0.540	0.456	0.435	0.603	0.611	0.680
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
淮南市	0.130	0.078	0.038	0.032	0.028	0.030	0.050	0.099	0.108	0.140	0.142	0.160
自贡市	0.120	0.082	0.039	0.043	0.048	0.030	0.050	0.061	0.084	0.139	0.141	0.160
宜宾市	0.340	0.045	0.068	0.139	0.029	0.010	0.020	0.029	0.035	0.083	0.084	0.090
抚州市	0.090	0.051	0.096	0.101	0.065	0.050	0.060	0.061	0.077	0.097	0.099	0.110
南充市	0.190	0.065	0.042	0.047	0.037	0.030	0.040	0.057	0.084	0.117	0.118	0.130
遂宁市	0.110	0.037	0.020	0.022	0.039	0.040	0.050	0.040	0.063	0.121	0.123	0.140
淮北市	0.210	0.043	0.020	0.013	0.013	0.010	0.020	0.049	0.081	0.110	0.111	0.120
眉山市	0.090	0.033	0.022	0.017	0.017	0.020	0.030	0.038	0.044	0.150	0.152	0.170
泸州市	0.130	0.099	0.077	0.049	0.031	0.030	0.030	0.036	0.040	0.058	0.058	0.070
马鞍山市	0.050	0.015	0.022	0.015	0.014	0.020	0.040	0.081	0.095	0.103	0.104	0.120
内江市	0.380	0.066	0.016	0.009	0.008	0.010	0.010	0.012	0.015	0.045	0.045	0.050
资阳市	0.110	0.029	0.008	0.011	0.027	0.050	0.040	0.030	0.066	0.088	0.089	0.100
鄂州市	0.100	0.037	0.026	0.020	0.027	0.020	0.030	0.034	0.053	0.088	0.089	0.100
攀枝花市	0.110	0.004	0.022	0.025	0.005	0.010	0.020	0.043	0.084	0.091	0.092	0.100
铜陵市	0.130	0.034	0.017	0.012	0.007	0.010	0.020	0.037	0.064	0.062	0.063	0.070
均值	0.470	0.338	0.283	0.273	0.302	0.264	0.305	0.331	0.341	0.345	0.350	0.390

注:限于篇幅,仅展示均值排名前 15 组和后 15 组的城市数据。

2.2 空间转移特征

将研究期分为 2008—2013 年和 2014—2019 年两个时期,通过 LISA 时间路径计算方法得到各时期 LISA 的相对长度,采用自然断点法和人工法结合进行分类,共分成 4 类,具体如下:低相对长度(0.156 386~0.500 000),较低相对长度(0.500 001~1.000 000),较高相对长度(1.000 001~2.300 000)和高相对长度(2.300 001~6.345 752)。由图 3 看出,2008—2013 年中有 37 个城市相对长度大于 1,处于平均值以上,主要集中在长三角地区、重庆周围地区以及四川省西部地区;2014—2019 年,有 36 个城市

相对长度处于平均值以上,分布在长三角和重庆周边,表明在两个时间段内,长三角地区和重庆周边旅游生态安全的局部空间结构更加具有动态性,而中部地区的局部空间结构在研究期内波动不大;此外,两个时间段内,LISA 相对长度处于均值以上的城市占比均在 50%以下,这说明长江经济带旅游生态安全整体空间结构处于稳定状态。

同理,通过 LISA 时间路径计算方法得到各时期 LISA 的弯曲度值,采用自然断点法对弯曲度进行分类,共分成 4 类,具体如下:低弯曲度(1.020 450~2.507 264),较低弯曲度(2.507 265~5.832 513),较高弯

曲度(5.832 514~10.959 768)和高弯曲度(10.959 769~32.431 499)。图 4 结果显示整个时期 LISA 弯曲度大于 1,表明长江经济带旅游生态安全存在迁移变化过程。进一步来说,2008—2013 年,除西部和南北边缘地区以外,长江经济带多数地区为低弯曲度,整体迁移变化动态性不高,旅游生态安全的局部空间依赖特征较为稳

定;2014—2019 年,长三角和成渝地区的部分城市处于较高或高弯曲度状态,且较高或高弯曲度地区数量明显多于 2008—2013 年,表明长江经济带旅游生态安全在后期具有更加波动的局部空间结构,且主要集中在长三角和成渝地区,中部区域在整个时期的空间依赖特征变化稳定,存在比较弱的空间波动特征。

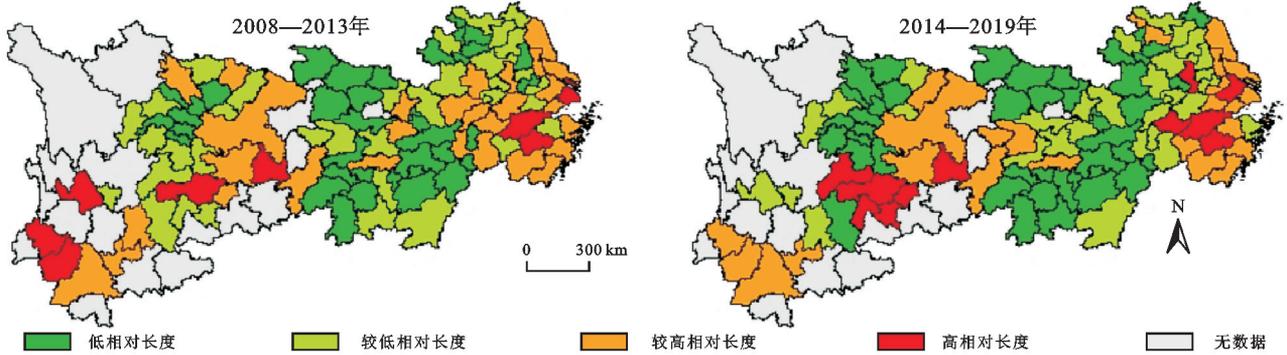


图 3 LISA 时间路径相对长度的时空变化

Fig. 3 Spatial distribution of relative length of the LISA time path

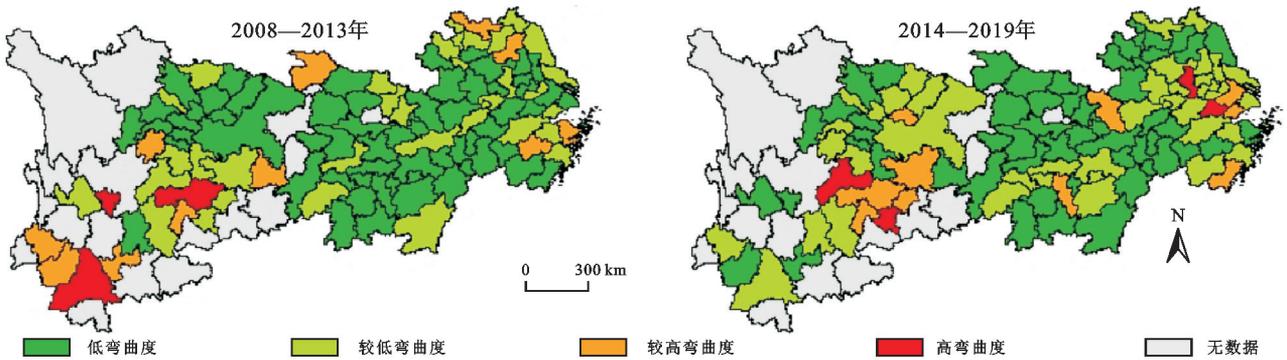


图 4 LISA 时间路径弯曲度的时空变化

Fig. 4 Spatial distribution of tortuosity of the LISA time path

将 LISA 时空跃迁应用到长江经济带旅游生态安全局部空间关系转换的研究中,表明研究期内,长江经济带旅游生态安全的转移惰性、空间依赖和锁定特征显著,计算结果显示,研究前期和研究后期的时空凝聚系数均处于 0.700 以上,时空流动系数小于 0.200,这表明长江经济带旅游生态安全在整个研究期内状态转移困难,惰性明显,且从时间方面看,存在

逐步加强趋势。不同时段旅游生态安全状态转移类型最多的是 Type₀,2008—2013 年和 2014—2019 年两个时期的比例均大于 0.700,进一步说明长江经济带旅游生态安全转移惰性显著。从跃迁矩阵来看,矩阵对角线的比例均显著大于周围两侧的跃迁模式,说明长江经济带旅游生态安全在研究期内多数处于稳定状态,未发生明显的跃迁过程(表 4)。

表 4 LISA 时空跃迁矩阵

Table 4 Spatiotemporal transition matrices of LISA

时间段	参数	HH	LH	LL	HL	类型	数量	比例	SF	SC
2008—2013 年	HH	0.701	0.149	0.046	0.103	Type0	429	0.780	0.198	0.795
	LH	0.158	0.667	0.158	0.018	Type1	54	0.098		
	LL	0.015	0.071	0.884	0.030	Type2	55	0.100		
	HL	0.111	0.025	0.185	0.679	Type3	12	0.022		
2014—2019 年	HH	0.810	0.110	0.000	0.080	Type0	484	0.880	0.115	0.885
	LH	0.059	0.824	0.118	0.000	Type1	25	0.045		
	LL	0.011	0.048	0.923	0.018	Type2	38	0.069		
	HL	0.065	0.000	0.039	0.896	Type3	3	0.005		

2.3 影响因素研究

2.3.1 模型计算 Huang 等^[26]指出在进行 GTWR 分析之前,需要进行 OLS 分析,避免出现共线性,形成一个有效的解释变量体系。参考相关研究,利用 Huang 等制作的 GTWR 插件,在 ArcGIS 10.2 平台中将标准化后的数据进行计算,计算结果见表 5。(列出 OLS 结果进行对比)残差分布随机。

表 5 模型结果对比

Table 5 The comparison of model results

参数	OLS	GTWR
AICc	611.496	89.050
R^2	0.328	0.577
R^2 Adjusted	0.324	0.575
X_1	0.554	
X_2	0.488	
X_3	-0.864	
X_4	0.807	
X_5	-0.464	
X_6	0.571	
X_7	0.185	
X_8	0.375	
Intercept	-0.037	

从结果可以看出,GTWR 的 R^2 为 0.577,显著大于 OLS 的 0.328,这表明 GTWR 模型整体优于 OLS 模型。其次,OLS 模型中各项因素均是全局的回归系数,但是长江经济带区域内部差异显著,全局回归模糊了旅游生态安全的时空异质性和时空非平稳性,因此采用 GTWR 来细化长江经济带旅游生态安全影响因素的内部空间差异是必要的。

2.3.2 影响因素的时空非平稳性 将结果进行空间可视化,能够有效对比驱动因素的时空异质性特征,通过 ArcGIS 10.2 软件将 2008 年、2014 年和 2019 年的数据进行可视化,得到图 5—7。下面主要从经济、环境、社会 3 个方面进行分析。

(1) 经济层面探析。长江经济带旅游生态安全受到经济相关因素的作用存在差异性、区域性和独特性特征(图 5)。具体来讲,首先,对比不同因素的作用方向发现,游客人均花费(X_1)和第三产业从业人数占比(X_2)二者在全时期都为正向影响,表明该两项经济代表指标对于旅游生态安全存在促进作用;而城镇常住居民人均可支配收入(X_3)和财政支出(X_4)呈现出正反共生的影响格局,在不同地区的影响方向存在差异,这两项经济因素对于不同地区存在显著的异质性现象。其次,四项指标对旅游生态安全作用的时空特征存在异质性和非平稳性,其中第三产业从业人数占比(X_2)和财政支出(X_4)的影响格局

较为稳定,呈现由西向东递减的趋势;游客人均花费(X_1)和城镇常住居民人均可支配收入(X_3)的影响多变,游客人均花费(X_1)由西高东低转化为东西高中间低的趋势,城镇常住居民人均可支配收入(X_3)由东高西低转换为西高东低的趋势。再者,长江经济带中西部地区旅游生态安全主要受到游客人均花费(X_1)、第三产业从业人数占比(X_2)和财政支出(X_4)的影响较大,东部发达地区旅游生态安全受到城镇常住居民人均可支配收入(X_3)的影响较大。

(2) 环境层面探析。长江经济带旅游生态安全受到环境相关因素的作用相较于经济因素存在稳定性较差,时空格局多变的特征(图 6)。从拟合结果来看,PM2.5 浓度(X_5)、城市绿地面积占比(X_6)和固体废物综合利用率(X_7)对旅游生态安全的影响格局差异显著。PM2.5 浓度(X_5)在 2008—2019 年都呈现负相关,对旅游生态安全存在强烈的抑制作用,影响程度随时间波动降低。在空间演变中,主要呈现为由西向东递减趋势;城市绿地面积占比(X_6)的作用方向呈现正反共生的变化过程,空间演变过程主要表现为由东向西递减趋势;固体废物综合利用率(X_7),整体上对于旅游生态安全具有较为明显的正向作用,而且随着时间的推移,从 2008 年的由东向西递减趋势,到 2014 年的中间高东西低趋势,再到 2019 年的由东向西递减趋势。另外,中西部地区旅游生态安全受到 PM2.5 浓度(X_5)的作用较强,东部发达地区受到城市绿地面积占比(X_6)和固体废物综合利用率(X_7)的作用较强。

(3) 社会层面探析。长江经济带旅游生态安全受到社会相关因素作用的规律性弱,易变性强,整体时空演变过程独具特点(图 7)。在万物互联的新时代背景下,社会网络关注状况是有效反映区域旅游吸引力、旅游发展状况的重要指示指标,其对于地区生态旅游健康发展意义重大。旅游目的地网络关注度(X_8)在 2014 年出现正反共生现象,2008 年和 2019 年均正向作用;其时空演变格局从 2008 年的中间高东西低趋势,到 2014 年和 2019 年的由西向东递减趋势,后期整体演变过程较为稳定性;另外,中西部地区受到旅游目的地网络关注度(X_8)的作用强,东部发达区域受到旅游目的地网络关注度(X_8)的作用弱。

3 讨论与结论

3.1 讨论

在生态文明建设和长江经济带高质量发展背景下,进一步聚焦长江经济带旅游生态安全系统发展质量有助于解构旅游活动与生态环境的辩证关系,是旅

游高质量和可持续发展的重要内容。本文运用了综合指标模型评价了长江经济带旅游生态安全的时空质量,并且从 3 个维度探究了其发展的因素差异。与以往研究相比,多数关注到旅游生态安全评估的文献,常常聚焦在对其“数量”的测算,例如李细归^[12]、徐少癸^[13]、穆学青^[5]、徐美^[11]等在中国旅游生态安全、黄河流域旅游生态安全、张家界市旅游生态安全等案例的评估中,未能有效考虑旅游生态安全各子系统之间的作用关系。本文和现有的研究方法与结果存在一定差异,在研究方法上,本研究从效率系统

出发,将“质”的评估纳入到区域旅游生态安全中,并且采用考虑时空非平稳性的时空地理加权回归模型探究了长江经济带旅游生态安全影响因素的时空非平稳性,该方法阐明了旅游生态安全受到经济、环境、社会等方面的多重影响,并且可视化了影响作用的程度和方向。在研究结果方面,本文应用空间转移分析方法,关注到旅游生态安全的状态转移特征,并发现了长江经济带旅游生态安全存在的状态转移惰性特征,弥补了旅游生态安全状态转移空间差异关注的不足。

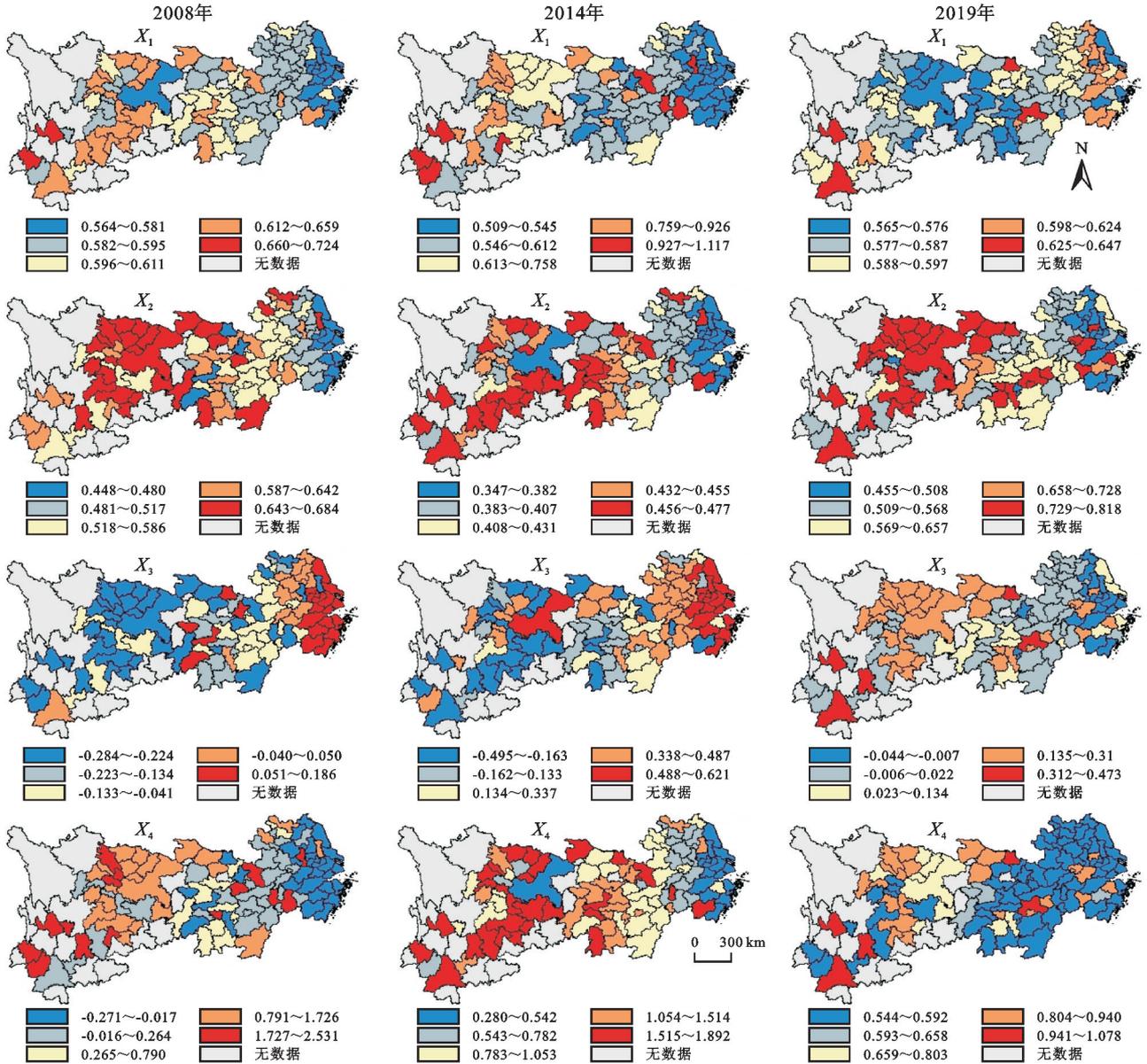


图 5 经济因素作用强度变化

Fig. 5 The change of the economic factors

本研究对实践的指导主要以下几点:(1) 区域层面。旅游生态安全在东中西各个区域呈现不同特征,这就需要因地制宜地制定发展政策,客观地认识到大区域之间的差异,借鉴先进发展理念,明确区域定位。具体来说,

如东部、中部、西部地区采用地方特色的政策方针。东部地区可以通过优势城市的带动作用,增强内部平衡性,促进均衡发展,共同实现量变转化;中部地区加强对于典型城市、省会城市的政策支持,培育多处增长极核,

逐步辐射到整个地区;西部地区具有优渥的自然基底,打造以自然生态为基底的文旅发展模式,拔高环境质量,守住绿水青山,牢固生态优先理念。(2)思维层面。文章验证旅游生态安全存在系统性特征,即各要素之间是相互关联、相互影响的。因此,在制定发展政策中,必须系统地看待旅游和生态的辩证关系,顾及各要素之间的协调性,保持旅游生态系统各要素之间活力,使用组合拳的政策方针。具体来讲,如控制旅游产业野蛮发展,防止旅游经济的过热,阻止生态脆弱区破坏性行

为的产生,完善响应机制,宣传推广全民参与环境友好行为。(3)利益群体层面。旅游生态安全事关政府、居民、旅游者、自然生物、旅游企业等多个利益相关者的福祉,建立一套考虑多方利益群体的模式极为重要。在政策制定过程,关注弱势群体、保障弱势群体利益是社会进步重要内容。具体而言,如规划建设,多听取地方居民意见,旅游开发中,多关注本地群体的发展,这样旅游生态安全必将成为利益共同体守护的美好家园,旅游生态安全将会充满活力。

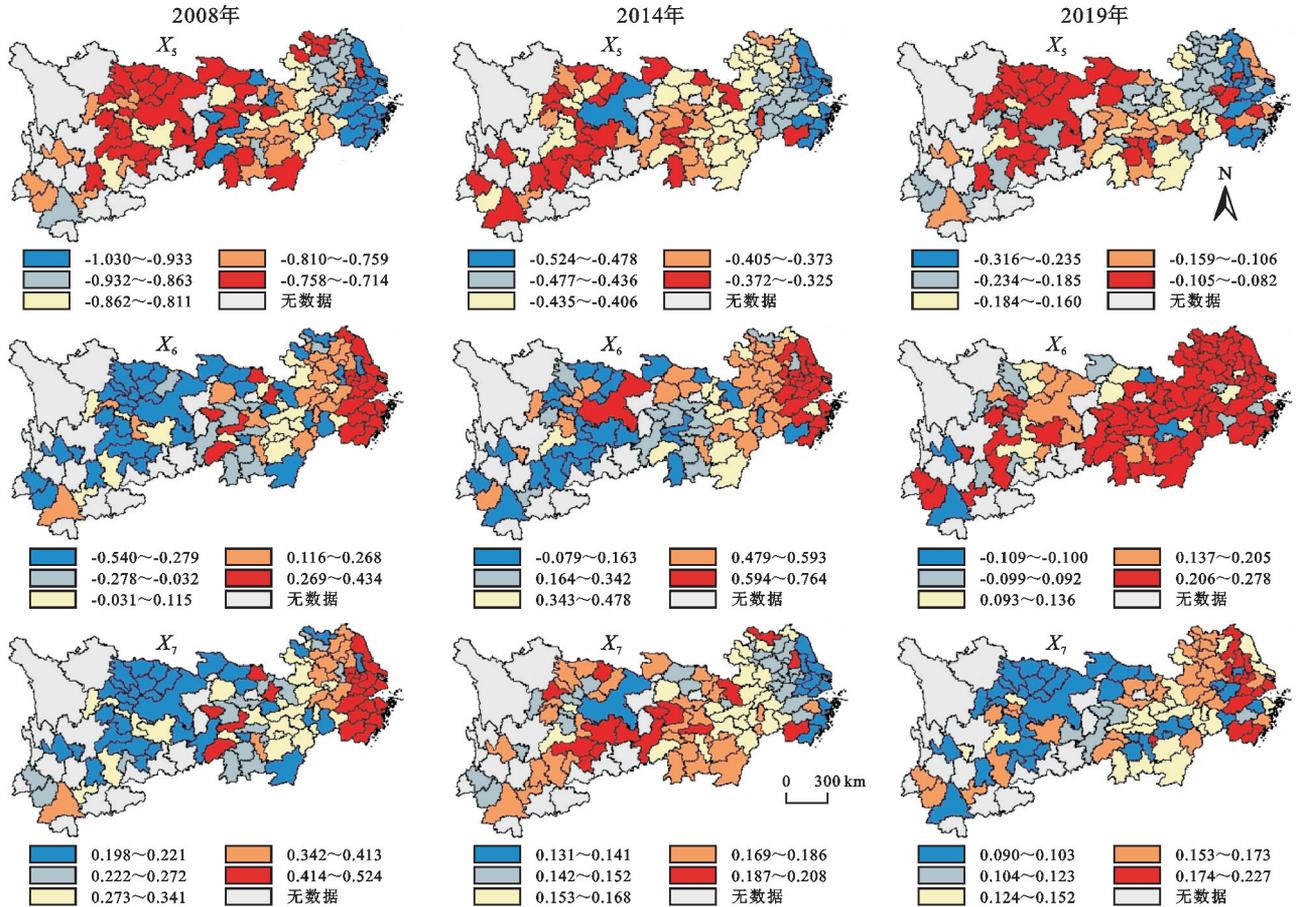


图 6 环境因素作用强度变化

Fig. 6 The change of the environmental factors

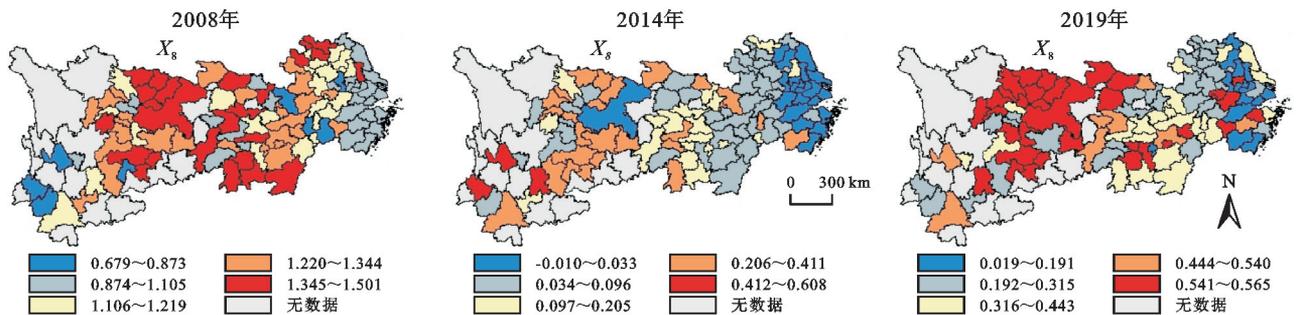


图 7 社会因素作用强度变化

Fig. 7 The change of the social factors

基于质量和时空视角的研究验证了旅游生态安全存在的系统性和非平稳性特征,为后续旅游生态安全的深入提供了一种新的思路和方法,但研究仍存在

一些局限性:(1) 受限于数据获取来源的局限,未能将广泛的、动态的、实时的监测数据添加到指标模型中,导致模型在代表性、科学性方面仍存在改进之处;

(2) 虽借助投入产出概念界定了旅游生态安全系统的投入产出要素关系,但缺乏对于要素系统动力学的有效动态机理分析;(3) 研究仅开展了旅游生态安全影响因素时空非平稳性的探究,对于相关因素之间的交互作用并未涉及,未厘清因素之间的相互作用以及相互作用对旅游生态安全的叠加影响。

3.2 结论

(1) 时间上,测度结果显示长江经济带旅游生态安全系统运行质量呈现出波动上升特点,具体表现为“降低—升高—降低—升高”的W型发展趋势。研究前期和后期差异显著,前期区域旅游生态安全下降趋势显著,后期增幅明显,这说明长江经济带旅游生态安全并非是线性发展,而是随着时间存在螺旋滚动特征,发展过程具有复杂性和多变性的特征。

(2) 空间状态转移过程中,多种分析方法结果表明长江经济带旅游生态安全时空格局存在“空间依赖”和“空间锁定”的特征。同时,区域旅游生态安全的时空异质性显著,呈现“整体稳定,局部波动”的现象,这映射了区域旅游生态安全与不同地区的自然资源禀赋、经济社会发展密切相关。

(3) 时空地理加权回归证实了长江经济带旅游生态安全影响因素存在显著的时空非平稳性,游客人均花费、第三产业从业人数占比、城镇常住居民人均可支配收入、财政支出、PM2.5浓度、城市绿地面积占比、固体废物综合利用率、旅游目的地网络关注度等因素综合影响长江经济带旅游生态安全。其中以PM2.5浓度、城市绿地面积占比等为代表的环境因素表现出更为强烈的时空异质性,以游客人均花费、第三产业从业人数占比为代表的经济因素和以旅游目的地网络关注度为代表的社会因素次之,这表明强化生态环境质量,并优化经济结构和营造社会氛围是长江经济带旅游生态安全维护和提升的关键内容。

参考文献(References):

- [1] 侯鹏,王桥,申文明,等.生态系统综合评估研究进展:内涵、框架与挑战[J].地理研究,2015,34(10):1809-1823.
Hou P, Wang Q, Shen W M, et al. Progress of integrated ecosystem assessment: Concept, framework and challenges[J]. Geographical Research, 2015, 34(10): 1809-1823.
- [2] 章锦河,张捷,王群.旅游地生态安全测度分析:以九寨沟自然保护区为例[J].地理研究,2008,27(2):449-458.
Zhang J H, Zhang J, Wang Q. Measuring the ecological security of tourist destination: Methodology and a case study of Jiuzhaigou[J]. Geographical Research, 2008, 27(2): 449-458.
- [3] 世界旅游组织.2030年全球旅游交通碳排放可达19.98亿吨[EB/OL]. <https://news.un.org/zh/story/2019/12/1046761>,2020-06-01.
World Tourism Organization. In 2030, global tourism and transportation carbon emissions can reach 1.998 billion tons[EB/OL]. <https://news.un.org/zh/story/2019/12/1046761>,2020-06-01.
- [4] 卢璐,曾坚,于天虎.旅游生态安全研究进展[J].生态科学,2023,42(2):238-247.
Lu L, Zeng J, Yu T H. A review of studies on tourism ecological security[J]. Ecological Science, 2023, 42(2): 238-247.
- [5] 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.
Mu X Q, Guo X Y, Ming Q Z, et al. Dynamic evolution characteristics and driving factors of tourism ecological security in the Yellow River Basin[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(3): 714-735.
- [6] 周彬,钟林生,陈田,等.浙江省旅游生态安全的时空格局及障碍因子[J].地理科学,2015,35(5):599-607.
Zhou B, Zhong L S, Chen T, et al. Spatio-temporal pattern and obstacle factors of ecological security of tourism destination: A case of Zhejiang Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(5): 599-607.
- [7] Ma X B, Sun B, Hou G L, et al. Evaluation and spatial effects of tourism ecological security in the Yangtze River Delta[J]. Ecological Indicators, 2021, 131: 108190.
- [8] Tang C C, Wu X F, Zheng Q Q, et al. Ecological security evaluations of the tourism industry in Ecological Conservation Development Areas: A case study of Beijing's ECDA[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 197: 999-1010.
- [9] 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.
Li X G, Wu Q, Zhou Y. Spatio-temporal pattern and spatial effect of Chinese provincial tourism eco-security[J]. Economic Geography, 2017, 37(3): 210-217.
- [10] Ruan W Q, Li Y Q, Zhang S N, et al. Evaluation and drive mechanism of tourism ecological security based on the DPSIR-DEA model[J]. Tourism Management, 2019, 75: 609-625.
- [11] 徐美,刘春腊.张家界市旅游生态安全评价及障碍因子分析[J].长江流域资源与环境,2018,27(3):605-614.
Xu M, Liu C L. Tourism ecological security evaluation and obstacle factors analysis of Zhangjiajie[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(3): 605-614.

- [12] 李细归,吴黎,吴清,等.中国旅游生态安全测度及障碍因子诊断研究[J].生态经济,2017,33(6):90-95.
Li X G, Wu L, Wu Q, et al. Evaluation on tourism ecological security and diagnosis of its obstacle indicators in China[J]. Ecological Economy, 2017,33(6):90-95.
- [13] 徐少葵,左逸帆,章牧.基于模糊物元模型的中国旅游生态安全评价及障碍因子诊断研究[J].地理科学,2021,41(1):33-43.
Xu S G, Zuo Y F, Zhang M. Evaluation of tourism ecological security and diagnosis of obstacle factors in China based on fuzzy object element model[J]. Scientia Geographica Sinica, 2021,41(1):33-43.
- [14] Peng H S, Zhang J H, Lu L, et al. Eco-efficiency and its determinants at a tourism destination: A case study of Huangshan National Park, China[J]. Tourism Management, 2017,60:201-211.
- [15] Wang S, Sun C Z, Li X, et al. Sustainable development in China's coastal area: Based on the driver-pressure-state-welfare-response framework and the data envelopment analysis model[J]. Sustainability, 2016,8(9):958.
- [16] 秦晓楠,程钰.中国旅游城市生态安全系统评估与类型划分研究:基于节点权重约束网络 DEA 模型[J].地理科学,2019,39(1):156-163.
Qin X N, Cheng Y. Evaluation and type classification on Chinese tourist urban ecological security system: Based on the network DEA model with node weight [J]. Scientia Geographica Sinica, 2019,39(1):156-163.
- [17] 金贵,邓祥征,赵晓东,等.2005—2014 年长江经济带城市土地利用效率时空格局特征[J].地理学报,2018,73(7):1242-1252.
Jin G, Deng X Z, Zhao X D, et al. Spatio-temporal patterns of urban land use efficiency in the Yangtze River Economic Zone during 2005—2014 [J]. Acta Geographica Sinica, 2018,73(7):1242-1252.
- [18] Pei L, Du L M, Yue G J. Ecological security assessment of Beijing based on PSR model [J]. Procedia Environmental Sciences, 2010,2:832-841.
- [19] Lu C Y, Li W L, Pang M, et al. Quantifying the economy-environment interactions in tourism: Case of Gansu province, China[J]. Sustainability, 2018,10(3):711.
- [20] Liu J, Zhang J F, Fu Z B. Tourism eco-efficiency of Chinese coastal cities-Analysis based on the DEA-Tobit model[J]. Ocean & Coastal Management, 2017,148:164-170.
- [21] Fan Y P, Fang C L. Evolution process and obstacle factors of ecological security in Western China, a case study of Qinghai Province [J]. Ecological Indicators, 2020,117:106659.
- [22] Cecchini L, Venanzi S, Pierri A, et al. Environmental efficiency analysis and estimation of CO₂ abatement costs in dairy cattle farms in Umbria(Italy): A SBM-DEA model with undesirable output [J]. Journal of Cleaner Production, 2018,197:895-907.
- [23] Tone K. Dealing with undesirable outputs in DEA: A slacks-based measure(SBM) approach [J]. Presentation at Napw Iii, Toronto, 2004:44-45.
- [23] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2001,130(3):498-509.
- [24] 范擎宇,杨山,胡信.耦合视角下长三角地区城镇化协调度的时空特征及交互机制 [J].地理研究,2020,39(2):289-302.
Fan Q Y, Yang S, Hu X. Temporal and spatial characteristics and interaction process of urbanization coordination in the Yangtze River Delta Region from the perspective of coupling [J]. Geographical Research, 2020,39(2):289-302.
- [25] 夏四友,赵媛,许昕,等.1997—2016 年中国农业碳排放率的时空动态与驱动因素 [J].生态学报,2019,39(21):7854-7865.
Xia S Y, Zhao Y, Xu X, et al. Spatiotemporal dynamics and driving factor analysis of agricultural carbon emissions rate in China from 1997 to 2016 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019,39(21):7854-7865.
- [26] Huang B, Wu B, Barry M. Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house prices [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2010,24(3):383-401.
- [27] 秦晓楠,卢小丽.基于 BP-DEMATEL 模型的沿海城市生态安全系统影响因素研究 [J].管理评论,2015,27(5):48-58.
Qin X N, Lu X L. A BP-DEMATEL-model-based research of the factors that affect coastal urban ecological security system [J]. Management Review, 2015,27(5):48-58.
- [28] 杨雪菽,白永平,车磊,等.甘肃省生态安全时空演变特征及影响因素解析 [J].生态学报,2020,40(14):4785-4793.
Yang X D, Bai Y P, Che L, et al. Spatio-temporal evolution and influencing factors of ecological security pattern in Gansu Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2020,40(14):4785-4793.