DOI: 10.20103/j.stxb.202401200175
李智慧,郭海燕,胡奕,徐丽萍.中国旅游生态安全的空间关联网络结构及其影响因素.生态学报,2024,44(23):10582-10594.
Li Z H, Guo H Y, Hu Y, Xu L P.Spatial correlation network structure and influencing factors of tourism ecological security in China.Acta Ecologica Sinica, 2024,44(23):10582-10594.

中国旅游生态安全的空间关联网络结构及其影响因素

李智慧[1],郭海燕[1],胡 奕[2],徐丽萍[1,*]
1 石河子大学理学院,石河子 832003
2 湖南师范大学旅游学院,长沙 410081

摘要:深入剖析旅游生态安全空间关联网络特征与影响因素,对于促进生态旅游的可持续发展、优化旅游空间布局以及实现旅游业长期健康发展与生态环境和谐共生具有显著且深远的意义。基于 2005—2021 年中国省际面板数据,运用改进熵值法对 30 个省(区、市)的旅游生态安全发展水平进行测度,并结合修正的引力模型、社会网络分析法和 QAP 回归模型深入探究其空间关联网络特征及影响因素。研究结果表明:①中国省际间旅游生态安全的联系已经打破了传统的地域相邻格局,与非相邻省(区、市)之间产生了关联,但由于波动性较强,尚未形成稳定的发展格局和最理想的状态,仍有很大的提升潜力;②中国旅游生态安全空间关联网络中的区域差异和不均衡现象较为明显,其中,东部地区凭借其高中心度占据了核心地位,并对其他区域间的旅游生态安全空间关联起到了重要的调节和控制作用;而西部地区在网络中处于较为边缘的位置,对其他区域的影响力较小;此外,新冠肺炎疫情对旅游生态安全空间网络关联格局产生了显著影响;③北京、天津、江苏、浙江和上海构成了“净受益”板块,广东和福建则扮演了重要中介角色的“经纪人”板块。同时,湖北、湖南、广西在内的 23 个省区被划分为具有明显溢出效应的“净溢出”板块。④中国旅游生态安全的空间关联网络结构的形成和演化是由地理位置、城镇化、旅游产业结构、技术创新以及旅游发展水平等因素共同推动的。研究从空间关联网络视角出发,从更大尺度全景式地揭示旅游生态安全空间网络结构的动态演化特征,从更深层次细致地剖析为旅游生态保护策略的制定与实施提供了重要的理论支撑和实践指导。

关键词:生态旅游;生态安全;空间网络结构;社会网络分析;影响因素

Spatial correlation network structure and influencing factors of tourism ecological security in China

LI Zhihui[1], GUO Haiyan[1], HU Yi[2], XU Liping[1,*]
1 *College of Science, Shihezi University, Shihezi* 832003, *China*
2 *Tourism College of Hunan Normal University, Changsha* 410081, *China*

Abstract: In-depth analysis of the characteristics and influencing factors of the spatial network of tourism ecological security has significant and far-reaching significance for promoting the sustainable development of ecotourism, optimizing the spatial layout of tourism, and realizing the long-term healthy development of the tourism industry and the harmonious coexistence of the ecological environment. Based on China's inter-provincial panel data from 2005 to 2021, this study applies the improved entropy value method to measure the development level of tourism ecological security in 30 provinces (autonomous regions and municipalities), and combines the modified gravitational model, the social network analysis method, and the QAP regression model to deeply explore their spatial correlation network characteristics and influencing factors. The results show that: ① China's inter-provincial tourism ecological security links have broken the traditional pattern of geographic proximity

基金项目:国家社会科学青年基金项目(23CJY048)
收稿日期:2024-01-20; **网络出版日期**:2024-08-29
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: xlpalw@163.com
#限于数据的可获取性,本研究尚未含中国港澳台和西藏自治区统计数据。

and become spatially connected with non-neighboring provinces (autonomous regions and municipalities), but with strong volatility, a stable development pattern and the most ideal state have not yet been formed, and there is still great potential for improvement; ② The regional differences and imbalances in China's tourism ecological security spatial association network were more obvious, in which the eastern region occupied the core position by virtue of its high degree of centrality and played an important role in regulating and controlling the spatial associations of tourism ecological security among other regions, while the western region was in the periphery of the network, and had less influence on the other regions; In addition, the COVID-19 epidemic had a significant impact on the pattern of the spatial associations of the tourism ecological security network; ③ Beijing, Tianjin, Jiangsu, Zhejiang and Shanghai constituted the "net beneficiary" segment characterized by significant benefits, while Guangdong and Fujian played an important intermediary role in the "broker" segment. Meanwhile, 23 provinces and regions, including Hubei, Hunan and Guangxi, were categorized as "net spillover" sectors with obvious spillover effects. ④ Urbanization, geographic proximity, the structure of the tourism industry, technological innovation, and the level of tourism development have collectively contributed to the formation and evolution of the spatial network structure of tourism ecological security in China. Starting from the perspective of spatial correlation network, the study reveals the dynamic evolution characteristics of the spatial network structure of tourism ecological security in a panoramic way at a larger scale, and analyzes the influencing factors of tourism ecological security at a deeper and more detailed level, which provides important theoretical support and practical guidance for the formulation and implementation of tourism ecological protection strategies.

Key Words: ecotourism; ecological security; spatial network structure; social network analysis; influencing factors

党的二十大报告指出:"推进国家安全体系和能力现代化,坚决维护国家安全和社会稳定[1]。自 2015 年我国颁布《中华人民共和国国家安全法》以来,生态安全已被确立为维护国家安全的重要组成部分,与政治安全、军事安全、粮食安全和经济安全并驾齐驱,共同构成国家安全体系的关键支柱[2]。近年来,旅游业被认为是实现"绿水青山"向"金山银山"跨越的重要载体和实践范式[3],在推动绿色发展以及实现生态价值转化方面扮演重要的角色。然而,伴随着大众旅游的蓬勃兴起,旅游活动的快速增长不仅破坏了旅游目的地的生态系统平衡,更对生态安全构成了严重威胁[4]。此外,旅游活动的空间性本质,决定了其必然会对生态环境产生跨区域的影响,从而形成复杂的空间联动关系[5]。这种联动关系在旅游交通设施的完善和地理空间邻近性的助推下,呈现出整体性和全域性的特点,使得旅游生态安全不再局限于特定区域或单一的责任范畴,而是逐渐演变成一个多线程且错综复杂的跨区域网络。同时,随着区域经济一体化和全域旅游的快速推进,旅游业的生产要素在地理空间上的流动性与互通性不断增强,进一步加剧了旅游生态安全网络的复杂性。因此,从空间关联网络的新视角出发,深入描绘和分析中国旅游生态安全的空间关联网络结构特征及其关键影响因素,对于完善跨区域旅游生态保护策略、优化生态文明建设路径以及促进高质量发展与高水平安全之间的动态平衡具有重要的理论价值。

旅游生态安全是确保旅游业所依托资源可持续、健康平衡状态的关键因素,已成为衡量旅游业可持续发展的重要指标[6—7]。随着旅游业的迅猛增长,旅游生态安全问题已逐渐成为生态安全研究领域的前沿议题[8—9]。学者们从多个维度和视角对其进行了广泛而深入的探讨。早期研究主要聚焦于旅游活动对生态系统的综合影响[10]、旅游环境承载力的评估[11]以及旅游环境的可持续性[12—14]等方面。随后,生态旅游研究逐渐深入,研究领域逐步扩展,学者们开始探讨旅游生态安全性[15—16],开始更加关注旅游生态安全的定义与内涵[17],并致力于科学有效地对其进行实证评价[8,18],同时,旅游生态安全的时空动态演进特征[19—20]成为了研究的热点。此外,影响因素的识别[21—22]和演化趋势预测[23—24]也成为了研究的重要方向。随着研究的深入,旅游生态安全的研究尺度已由单个旅游地扩展至区域地理单元,涵盖了旅游景区[17,25]、城市[26]、省域[4,27]、区域[28—29]乃至国家层面[21,30]等多尺度的研究。在研究过程中,学者们不断地尝试建立更为严谨的评价指标体

系,将生态安全量化和具化,指标框架涉及 PSR[31]、PSR-SEE[30]、TQR[26]、IRDS[32]、DPSIR-SBM[33]、DPSIR-DEA[34—35]、DPSIR-DS[36]等多个概念模型,其中以 DPSIR[37]概念模型的应用最广泛。在研究方法上, TOPSIS 法[38]、灰色关联度模型[4]、生态足迹法[17,39]、模糊物元模型[21]和网络 DEA 模型[40]等被广泛应用于旅游生态安全的测度,研究方法也在不断地丰富和完善。

综上,关于旅游生态安全的研究已取得了较为丰硕的成果,但仍存在以下不足:已有研究对旅游生态安全空间演化特征的探究与描述尚显不足,部分研究只能通过传统的探索性空间数据分析方法对其进行检验,无法从更为综合的角度对其进行“全景式”的认识和把握;此外,现有研究大多基于 “属性数据”的视角来探究不同区域旅游生态安全的空间聚类模式,而忽视了从“关系数据”视角来清晰地解析不同地区之间的相互关联和作用。鉴于此,本文运用修正后的引力模型,结合社会网络分析、QAP 回归模型等方法,深入探析旅游生态安全的空间关联网络结构特征及影响因素,旨在揭示各省(区、市,以下统称为省区)的旅游生态安全空间关联关系,深化对中国旅游生态安全空间关联网络结构的理解,识别影响旅游生态安全空间关联的关键因素,为提升旅游生态安全和推动旅游可持续发展提供新的视角和思路。

1 研究设计

1.1 指标体系构建

旅游地生态系统是一个集成了自然、经济和社会等多元要素的综合性系统,因此,其生态安全的评价需涵盖自然、经济、社会以及旅游发展等多个层面[29]。此外,旅游生态安全系统具备完整的运行机制,其中经济发展、社会进步和旅游产业规模化发展构成了影响旅游地生态环境的潜在驱动力(D),若这些驱动力以粗放、无序的方式增长,将给旅游地交通、社会承载、生态环境等多方面带来压力(P),进而扰乱区域旅游系统的稳定状态(S),继而触发旅游地生态安全和可持续发展处境变动,对旅游经济增长贡献率、旅游就业吸纳能力、旅游市场发展效率等方面造成有利或不利影响(I),为了应对这些影响,人类社会势必会通过加大旅游环境治理投资、提升居民素质和环保意识等正向举措积极响应(R),这些响应行为会反过来推动前 4 个子系统渐进式发展,实现旅游地生态安全系统的良性循环和可持续发展。鉴于此,借鉴已有研究[28—29,38],采用在环境管理领域得到广泛应用的“驱动力-压力-状态-影响-响应”(DPSIR)模型构建旅游生态安全的评价指标体系。具体的指标体系如表 1 所示。

1.2 研究方法

1.2.1 改进熵值法

改进熵值法是基于数据本身差异确定指标权重的客观赋权法,可以有效地解决多个指标变量之间的信息交叉问题[41]。同时,熵值法还可以处理多个指标之间的相关关系,从而使评价结果更具客观性。因此,本文借助该方法对中国旅游生态安全水平进行评估,计算步骤参见参考文献[41]。

1.2.2 修正引力模型

本文参考刘佳等[42]的研究成果构建涵盖经济地理要素的修正引力模型,对中国旅游生态安全的空间关联关系进行测度。计算公式如下:

$$T_{mn}=k_{mn}\times\frac{Q_m\times Q_n}{D_{mn}^2},k_{mn}=\frac{G_m}{G_m+G_n},D_{mn}^2=\left(\frac{d_{mn}}{g_m-b_n}\right)^2 \quad (1)$$

式中,T_{mn}为旅游生态安全在 m、n 省区间的关联强度;Q_m 和 Q_n 分别为省区 m、n 旅游生态安全综合发展水平;G_m、G_n表示 m、n 省区的 GDP;K_{mn}是省区 m 对 T_{mn}的贡献率;d_{mn}是省区 m、n 之间的球面距离;D_{mn}为两省区间的距离;g_m、g_n表示 m、n 省区的人均 GDP。通过修正引力模型可以得到省区间旅游生态安全空间关联矩阵,以各行均值为阈值,若 T_{mn}高于均值则赋值为 1,表明 m 和 n 省区间存在关联,反之,则赋值为 0,表示无关联[43]。

表 1　旅游生态安全评价指标体系

Table 1　Evaluation index system of tourism ecological security

准则层 Criterion layer	要素层 Feature layers	指标层 Indicator layer	权重 Weight	指标含义 Metric implications
驱动力 D	经济要素	D1 人均 GDP/元	0.0357	反映国民经济增长对旅游地生态环境的冲击
Driving force		D2 第三产业增长率/%	0.0072	
	社会要素	D3 城镇化率/%	0.0442	反映城市化发展和人口增长对旅游地生态环境的冲击
		D4 人口自然增长率/%	0.0317	
	旅游要素	D5 旅游收入增长率/%	0.0033	反映旅游业发展及游客量增长对旅游地生态环境的冲击
		D6 旅游人数增长率/%	0.0120	
压力 P Pressure	旅游交通	P1 旅游交通压力/%	0.0027	游客的流动性对旅游目的地的交通基础设施产生的影响,用旅游人数除以客运量
	旅游社会	P2 人口密度/(人/km^2)	0.0191	当地居民对旅游地空间的占用度,用居民数除以地区总面积
		P3 旅游空间指数/(万人次/km^2)	0.0099	反映游客对旅游地的占用程度,用游客数量除地区总面积
		P4 游客密度指数	0.0056	反映旅游者对旅游地干扰度,用旅游人数除以地区常住人数
	生态环境	P5 城市污水排放总量/万 t	0.0170	反映污染物排放对旅游地生态环境造成的潜在破坏,主要表现
		P6 SO2 排放量/万 t	0.0360	为废水、废气、固体废物、生活垃圾污染等类型
		P7 固体废物产生量/万 t	0.0198	
		P8 生活垃圾清运量/万 t	0.0139	
		P9 人均用水量/(m^3/人)	0.0185	反映旅游活动对水资源的需求和消耗情况
状态 S	经济质量	S1 旅游总收入/亿元	0.0500	反映区域旅游经济发展水平
State		S2 游客总人数/万人次	0.0307	
	旅游资源	S3 旅游景区密度指数	0.0356	采用 A 级及以上景区数与地区面积比值表征
	旅游设施	S4 星级饭店数/个	0.0426	反映旅游地的游客接待能力
		S5 旅行社数/个	0.0416	
	生态环境	S6 园林绿地面积/km^2	0.0347	反映旅游地生态环境综合状态,良好的自然环境是旅游活动开
		S7 人均公园绿地面积/m^2	0.0414	展的基础和旅游地的核心吸引要素,其中绿化状况、空气质量最
		S8 建成区绿化覆盖率/%	0.0256	为关键
		S9 空气质量优良天数比/%	0.0221	
		S10 森林覆盖率/%	0.0759	
影响 I	旅游经济	I1 第三产业占比/%	0.0362	反映系统状态变化对旅游地产业结构和旅游产业发展的影响
Influence		I2 旅游收入指数	0.0210	衡量旅游业发展水平,用旅游收入与地区 GDP 比值表征
		I3 旅游人均消费/(元/人次)	0.0296	反映旅游者消费水平及其对旅游资源的需求水平
		I4 旅游就业人数/万人	0.0251	
响应 R	社会响应	R1 每万人在校大学生数	0.0321	反映旅游地人口素质和应对措施的人才供给
Response	经济调控	R2 财政支出占 GDP 比/%	0.0355	反映旅游地政府部门对生态环境投资的经济动力
		R3 环保占财政支出比/%	0.0230	反映旅游地政府在缓解污染破坏和改善生态方面的投入力度
	环境治理	R4 工业固体废物利用率/%	0.0514	反映地区环境保护与污染防治水平,旅游业健康发展的保障
		R5 城市生活污水处理率/%	0.0313	
		R6 生活垃圾无害化率/%	0.0381	

1.2.3　社会网络分析法

社会网络分析法可以将属性数据转化为关系数据,实现对区域整体空间关联性的深度挖掘,这突破了以往仅限于探索地理上相邻区域之间空间关系的局限性。因此,基于社会网络分析法,分别刻画分析旅游生态安全的整体网络结构特征和个体网络结构特征;借助块模型对各省区的旅游生态安全空间关联网络进行聚类与分区,揭示其内在结构和外溢路径,并分析板块内部与板块之间的相关特征,确定各板块的角色和地位。整体与个体网络结构特征的计算详见参考文献[44]。

1.2.4 QAP 回归

基于“关系数据”的视角来探析影响中国旅游生态安全空间网络结构的各种因素,各变量间可能存在“多重共线性”。而 QAP 是一种依赖于解释变量间独立性的非参数方法,通过矩阵替代和对比来有效地解决关系型数据的内生性问题[45]。为此,本文利用 UCINET 软件中的 QAP 回归法,对旅游生态安全空间相关网络的影响因素进行识别和提取,并对各因素的作用强度进行拟合,以避免因解释变量存在多重共线性所造成的误差。

1.3 数据来源

文中所涉及的数据主要来源于相应年份的《中国文化和旅游统计年鉴》、《中国文化和旅游统计公报》、《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国交通统计年鉴》、《中国经济年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《第三产业统计年鉴》、各省区统计年鉴、公报以及国家统计局、地方统计局和旅游局等官网。对于部分缺失的数据,采用线性插值法补齐。

2 旅游生态安全的空间关联网络结构特征分析

2.1 整体网络特征分析

选取 2005、2010、2015 和 2021 年 4 个时间截面,运用 UCINET 软件绘制各省区(不含西藏、港澳台数据)的旅游生态安全空间关联网络图(图 1)。从图 1 中可以看出,中国旅游生态安全已经呈现出显著的网络结构。这一现象标志着中国跨区域旅游生态安全空间关系不再局限于传统的地理邻近模式,而是向着更加广泛和深入的跨省区空间关联发展。同时,这种变化不仅体现了旅游业发展的动态性和复杂性,也揭示了生态安全在空间维度上的相互联系和依存关系。在旅游生态安全网络中,北京、上海、天津、浙江和江苏等地以其独特的区位和优势,与其他省区建立了紧密的联系和频繁的互动关系。这些省区在旅游业发展和生态资源保护方面拥有显著的优势和竞争力,成为旅游生态安全网络中的核心节点,不仅在旅游相关政策、技术和市场上占据领先地位,而且成为旅游流动和资源共享的重要枢纽,为整个旅游生态系统的稳定和可持续发展提供了有

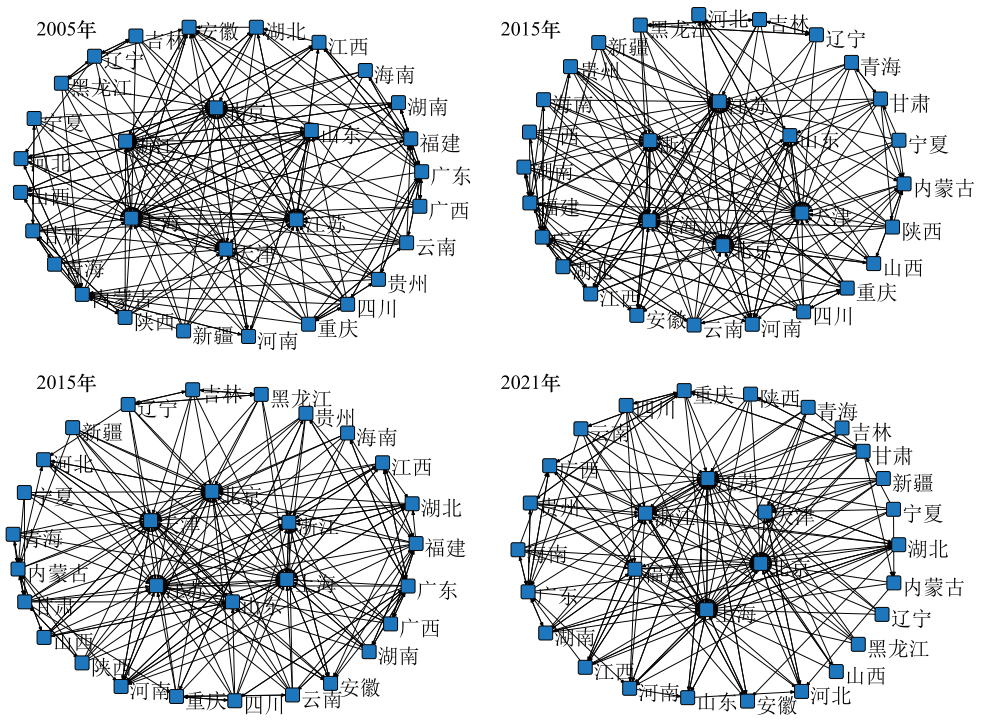

图 1 省际旅游生态安全空间网络演变

Fig.1 Evolution of inter-provincial tourism eco-safe spatial network

力支撑。然而,值得注意的是,位于中、西部地区的省区在旅游生态安全的空间关联网络中所展现的关联程度相对较低,处于边缘地位。这可能是由于中、西部地区在旅游业发展和生态资源保护方面相对滞后,缺乏足够的竞争力和吸引力。为了促进整个旅游生态安全网络的均衡发展,需要加强对中、西部地区旅游业和生态保护的扶持力度,提升其在网络中的地位和作用。

在研究期内,旅游生态安全的空间关联密度和网络关联数呈波动下降的趋势(图 2),这一变化揭示了各省区之间的旅游生态安全关联在相应年份有所减弱,尚未形成稳定的空间格局。具体来说,网络密度从 2005 年的 0.234 降低至 2021 年的 0.202,下降了 13.675%,同时网络关系数也由 204 降至 176,下降了 13.725%,这更加突显了各省区应进一步加强旅游生态安全的跨省合作,共同应对旅游生态安全的挑战。值得注意的是,截止 2019 年(新冠肺炎疫情之前),旅游生态安全的空间关联密度和网络关联数均高于 2005 年,然而自 2020 年起,这两项指标均跌破了 2005 年的数值。这可能是因为受新冠肺炎疫情的影响,旅游活动大幅度减少,导致旅游业对生态环境的压力有所减轻,直接或间接地影响到旅游生态安全,进而导致各省区旅游生态系统各要素间的空间关联度、网络关系数降低。另外值得注意的是,研究期内,旅游生态安全的网络关系数最高值仅为 208,远低于理论上的最大关系数 870,这一显著差距揭示了中国旅游生态安全的空间关联尚未达到最佳的理想程度,仍有进一步的提升空间。

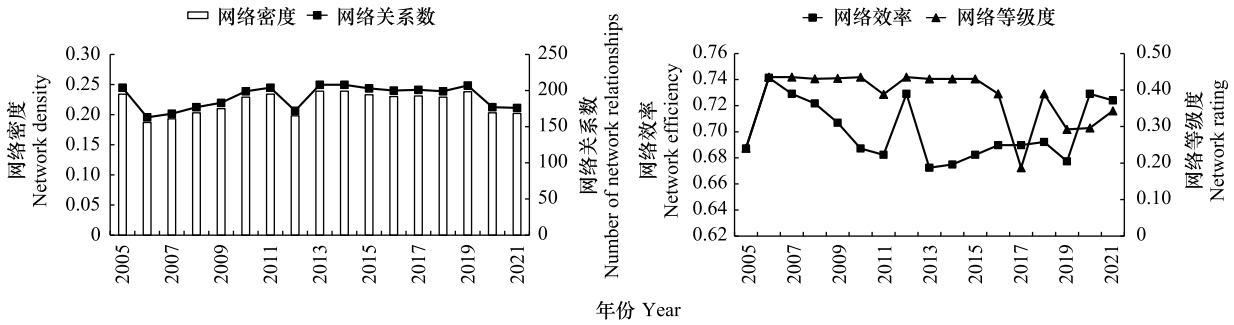

图 2　2005—2021 年旅游生态安全的空间关联网络结构指标

Fig.2　Spatial correlation network structure index of tourism ecological security from 2005 to 2021

此外,研究期内中国旅游生态安全的网络效率呈现波动变化趋势,不仅表明了网络中冗余关系数和空间溢出关系数的不稳定性,更反映了旅游业与生态环境之间的动态交互作用。特别是在 2006 年、2012 年和 2020 年,网络效率的显著波动表明这些年份中旅游业的发展对生态环境产生了较大影响,可能是由于政策调整、市场需求变化等多重因素导致。与此同时,旅游生态安全网络等级度在研究期内也呈现了波动变化的趋势,但与网络效率的变化趋势并不完全一致,这进一步证实了旅游生态安全状况在不同年份存在的差异性。尽管网络效率和网络等级度存在波动,但旅游生态安全的空间网络关联度始终保持在 1 的高位,说明旅游生态系统内部各构成要素间仍维持着较为稳定的互动关系,同时也表明省区旅游生态安全网络联系紧密,空间关联及空间溢出效应显著。

2.2　个体网络特征分析

通过度数中心度(*DC*)、接近中心度(*CC*)和中间中心度(*BC*)对 30 个省区的旅游生态安全空间关联网络的个体特征和位置关系进行分析(表 2)。

(1)度数中心度。研究期间,度数中心度的均值呈现出“疫情前增长,疫情后下降”的趋势,这证明了新冠肺炎疫情对旅游生态安全空间网络结构有一定影响。北京、天津、上海、江苏、浙江、福建、山东和广东等省区在疫情前的度数中心度始终高于全国平均水平。说明了东部地区在维护国家旅游生态安全方面发挥着重要作用,同时也体现出东部地区因其丰富的旅游资源、较高的经济发展水平、便捷的区域交通、先进的能源技术和一定的人才集聚等相对优势,产生了显著的虹吸效应,这也使得与其他省区的空间联系得到了相应的加强。

在疫情之后,16 个省区旅游生态安全度数中心度出现下降趋势,其中天津和山东的降幅最为显著。

表 2 旅游生态安全空间网络结构中心性分析

Table 2 Centrality analysis of the spatial structure of tourism ecological security

省(区、市) Province (autonomous region, municipality)	2005 年			2010 年			2015 年			2021 年		
	DC	CC	BC	DC	CC	BC	DC	CC	BC	DC	CC	BC
北京	82.759	85.294	14.758	79.310	82.857	13.049	79.310	82.857	12.502	86.207	87.879	19.304
天津	58.621	65.909	5.911	82.759	85.294	14.472	79.310	82.857	12.780	34.483	59.184	1.933
河北	20.690	55.769	0.234	13.793	51.786	0.038	20.690	55.769	0.231	24.138	56.863	0.677
山西	20.690	55.769	0.182	20.690	55.769	0.140	20.690	55.769	0.158	13.793	53.704	0.094
内蒙古	51.724	67.442	3.862	41.379	63.043	2.013	34.483	60.417	1.172	17.241	54.717	0.109
辽宁	24.138	56.863	0.305	17.241	54.717	0.034	24.138	56.863	0.262	13.793	53.704	0.094
吉林	20.690	55.769	0.164	20.690	55.769	0.140	20.690	55.769	0.057	17.241	54.717	0.169
黑龙江	24.138	56.863	0.404	24.138	56.863	0.440	24.138	56.863	0.256	17.241	54.717	0.169
上海	89.655	90.625	18.059	86.207	87.879	13.520	86.207	87.879	12.457	93.103	93.548	19.229
江苏	75.862	80.556	10.265	75.862	80.556	9.071	89.655	90.625	14.440	86.207	87.879	15.388
浙江	51.724	67.442	3.589	62.069	70.732	5.323	58.621	70.732	4.040	62.069	72.500	5.989
安徽	37.931	61.702	1.532	24.138	56.863	0.292	27.586	58.000	0.366	17.241	53.704	0.039
福建	41.379	63.043	1.116	41.379	63.043	0.999	44.828	64.444	1.369	48.276	65.909	3.017
江西	24.138	56.863	0.153	24.138	56.863	0.239	27.586	58.000	0.286	24.138	56.863	0.162
山东	44.828	64.444	1.611	41.379	63.043	2.024	41.379	63.043	1.472	17.241	54.717	0.071
河南	24.138	56.863	0.324	27.586	58.000	0.497	31.034	59.184	0.870	27.586	58.000	0.429
湖北	31.034	59.184	0.710	20.690	55.769	0.208	27.586	58.000	0.237	34.483	60.417	0.618
湖南	20.690	54.717	0.153	24.138	56.863	0.239	24.138	56.863	0.225	24.138	56.863	0.162
广东	37.931	61.702	1.687	44.828	63.043	2.455	37.931	61.702	1.306	37.931	61.702	1.059
广西	20.690	54.717	0.153	24.138	56.863	0.239	24.138	56.863	0.225	27.586	58.000	0.295
海南	20.690	54.717	0.153	24.138	56.863	0.239	24.138	56.863	0.225	24.138	56.863	0.127
重庆	34.483	60.417	0.783	31.034	59.184	0.301	27.586	58.000	0.265	31.034	59.184	0.627
四川	31.034	59.184	0.606	31.034	59.184	0.600	27.586	58.000	0.370	24.138	56.863	0.234
贵州	27.586	58.000	0.372	27.586	58.000	0.274	27.586	58.000	0.364	27.586	58.000	0.330
云南	34.483	60.417	0.879	34.483	60.417	0.789	31.034	59.184	0.512	24.138	56.863	0.234
陕西	27.586	58.000	0.447	27.586	58.000	0.275	24.138	56.863	0.220	17.241	54.717	0.038
甘肃	31.034	59.184	0.404	34.483	60.417	0.614	37.931	61.702	1.027	34.483	60.417	1.263
青海	20.690	55.769	0.157	24.138	56.863	0.207	20.690	55.769	0.123	24.138	56.863	0.282
宁夏	20.690	55.769	0.157	20.690	55.769	0.112	20.690	55.769	0.123	20.690	55.769	0.218
新疆	24.138	56.863	0.324	24.138	56.863	0.372	24.138	56.863	0.286	20.690	55.769	0.300
均值 Average value	35.862	61.662	2.315	35.862	61.906	2.307	36.322	62.317	2.274	32.414	60.897	2.422

DC:度数中心度 Degree centrality; CC:接近中心度 Closeness centrality;BC:中间中心度 Betweenness centrality

(2)接近中心度。30 个省区的接近中心度均值在疫情前也呈现上升的趋势,疫情结束后又出现了回落,而北京、上海、江苏、浙江和福建的接近中心度始终呈现出保持高于平均值的发展态势。其中,浙江和福建接近中心度呈上升趋势,在空间网络中扮演关键的行动者角色,表明这两个省份具有明显促进其他省区旅游生态安全的格局构建的能力;内蒙古、山东、四川、云南、陕西和新疆等省区接近中心度在研究期内始终呈下降的趋势,在空间网络中扮演着被动者的角色,表明这些省区在旅游生态安全网络中的影响力和地位逐渐减弱。值得注意的是,除了山东,其他省区都位于西部,这可能是囿于能源结构单一、基础设施条件不足、旅游生态保护的投入不足、旅游技术创新能力不强及地理位置偏远等多重因素的影响。此外,接近中心度呈现出“扩张-敛缩-扩张”的波动演变格局,2005、2010、2015 和 2021 年接近中心度的取值范围分别为[54.717,90.625]、[51.786,87.879]、[55.769,90.625]、[53.704,93.548],其最小值与平均值相近,这表明各省区在旅游生态安

全网络中的接近中心度总体上是比较均衡的。

(3)中间中心度。中间中心度的区间在新冠肺炎疫情爆发之前呈敛缩的趋势,表明各省区在旅游生态安全网络中的中介作用逐渐减弱,但在后疫情时代,则呈现出扩张趋势,旅游生态安全网络中的中介作用又开始增强,各省区之间的依赖和互动关系变得更加复杂。30 个省区的中间中心度平均值在疫情前呈下降的趋势,而在后疫情时代则呈上升趋势。这进一步证实了疫情在旅游生态安全网络关联格局演变中起到了显著的"分界点"作用。此外,这一现象也揭示了在疫情的影响下,旅游业正在经历一场深刻的转型与升级过程,旅游生态安全空间网络的结构也正在经历重大的调整,这标志着旅游生态安全网络格局已向"全面重构"阶段迈进。北京、上海、江苏和浙江 4 省区的中间中心度在研究期内始终高于平均水平,这表明这些地区处于旅游生态安全空间网络中的核心位置,作为网络中的关键节点,在其他地区之间的旅游生态安全空间联系中发挥着调控与调节作用。与此形成鲜明对比的是,青海和宁夏等省区的中间中心度持续偏低,反映了这些地区在旅游生态安全网络中相对孤立的状态,它们较少受到其他省区的空间溢出影响,同时对其他区域的影响和控制能力也相对较弱。因此,中国的旅游生态安全空间网络结构在实现均衡化发展的道路上仍面临着巨大的挑战。

2.3　块模型分析

通过使用 UCINET 软件中的 CONCOR 工具,并以最大深度 2 和集中度 0.2 为基准[44],对 30 个省区旅游生态安全的空间关联网络进行了精细的块模型分析(表 3)。结果显示,中国旅游生态安全的空间关联数达到 176 条,在这些关联关系中,板块内部之间的关联关系数有 26 个,板块之间的关系数更是高达 150 个,这充分展示了板块间的旅游生态安全在空间关联与空间溢出效应方面的显著性。①第Ⅰ板块包含了北京、天津、江苏、浙江和上海这 5 个省区,总共接收了 105 个关系数,其中 97 个是来自其他板块的溢出关系数,显示出这些省区在吸引外部资源和机遇方面的强大能力,同时,该板块发出 25 个关系数并向外溢出发出了 17 个关系数,表明这些地区不仅自身旅游生态安全水平高,还是推动旅游生态安全事业发展的核心力量。②第Ⅱ板块由广东和福建 2 个省区组成,分别接收了 15 个关系数和 17 个发出关系数。接收其他板块外溢的关系数与向其他板块发出的关系数非常接近,而且实际的内部关系比例比期望内部关系比例低,所以该板块被归类为起着"中介"和"桥梁"作用的"经纪人"板块。③在第Ⅲ板块和第Ⅳ板块中,各省区的数量分别为 13 和 10 个。其中,第Ⅲ板块接收了 23 个相关关系,而来自其他板块的溢出关系数为 12 个,发出关系数 69 个,向其他板块溢出的关系数为 58 个;第Ⅳ板块总共接收了 33 个关联关系,来自其他板块的溢出关系数有 26 个,发出的关系数为 67 个,而向其他板块溢出的关系数有 60 个。第Ⅲ板块和第Ⅳ板块的实际内部关系比例低于期望内部关系比例,且发出关系数及向其他板块溢出的关系数明显多于接受的关系数和来自其他板块溢出的关系数,因

表 3　旅游生态安全空间关联板块划分

Table 3　Classification of tourism ecological security space related plates

板块 Plate	省(区、市) Province (autonomous region, municipality)	省区数 Number of provinces	接收关系数合计/个 The total number of received relationships		发出关系数/个 The number of relationships issued		期望内部关系比例/% Expected internal relationship ratio	实际内部关系比例/% Actual internal relationship ratio	板块属性 Plate attributes
			板块内 Intraplate	板块外 Extraplate	板块内 Intraplate	板块外 Extraplate			
板块Ⅰ Plate Ⅰ	北京、天津、江苏、浙江、上海	5	8	97	8	17	13.79	32.00	净受益
板块Ⅱ Plate Ⅱ	广东、福建	2	0	15	0	17	3.45	0.00	经纪人
板块Ⅲ Plate Ⅲ	吉林、内蒙古、河北、黑龙江、甘肃、辽宁、宁夏、山东、新疆、陕西、青海、山西、重庆	13	11	12	11	58	41.38	15.94	净溢出
板块Ⅳ Plate Ⅳ	湖北、湖南、广西、贵州、云南、河南、安徽、海南、江西、四川	10	7	26	7	60	31.03	10.45	净溢出

此,这两类都被归类为“净溢出”板块。属于“净溢出”板块的地区主要集中在内陆或边缘地区,广泛分布在我国中部和西部。这些地区不仅具备丰富的生态旅游资源和独特的生态环境优势,还展示出巨大的旅游发展潜力。近年来,得益于中部崛起、长江中游城市群全面战略合作、西部大开发、西部陆海新通道和一带一路等国家战略的推动,这些地区的资源和能源输出不断增加,同时与旅游生态安全密切相关的产业向外部转移的现象不断增加,从而产生了显著的溢出效应。

在此基础上,进一步计算中国旅游生态安全空间关联网络结构的密度,其值为 0.202,并据此得出各板块间的密度矩阵。当板块密度超过 0.202 时,赋值为 1,反之赋值为 0,得到像矩阵(表 4),并根据像矩阵绘制图 3。从表 4 和图 3 可以看出,当各个板块在接收到其他板块的空间外溢时,它们也会向其他板块发出关联关系。板块Ⅰ作为典型的“净受益”板块,在板块Ⅱ、板块Ⅲ和板块Ⅳ中获得了大量的外溢效应,却仅向板块Ⅲ发出少量溢出关系,这表明板块Ⅰ的旅游生态安全与其他板块的溢出效应有着紧密的联系;板块Ⅱ的溢出效应主要在板块Ⅰ与板块Ⅳ之间显现,这可能是与板块Ⅰ、板块Ⅳ的地理邻近性所带来的便利性和高效性有关,在接收板块Ⅳ的空间溢出时,也会将相关的关系数传递给板块Ⅰ和板块Ⅳ。值得一提的是,板块Ⅲ对板块Ⅰ产生的溢出效应最为突出;板块Ⅳ对板块Ⅰ和板块Ⅱ都产生了溢出效应,但对板块Ⅰ的溢出效应更为显著。

表 4 旅游生态安全空间关联板块的密度矩阵与像矩阵

Table 4 Density matrix and image matrix of tourism eco-safety spatial correlation plates

板块 Plate	密度矩阵 Density matrix				像矩阵 Image matrix			
	板块Ⅰ	板块Ⅱ	板块Ⅲ	板块Ⅳ	板块Ⅰ	板块Ⅱ	板块Ⅲ	板块Ⅳ
板块Ⅰ Plate Ⅰ	0.400	0.000	0.092	0.220	1	0	0	1
板块Ⅱ Plate Ⅱ	0.500	0.000	0.038	0.550	1	0	0	1
板块Ⅲ Plate Ⅲ	0.815	0.038	0.071	0.031	1	0	0	0
板块Ⅳ Plate Ⅳ	0.780	0.700	0.038	0.078	1	1	0	0

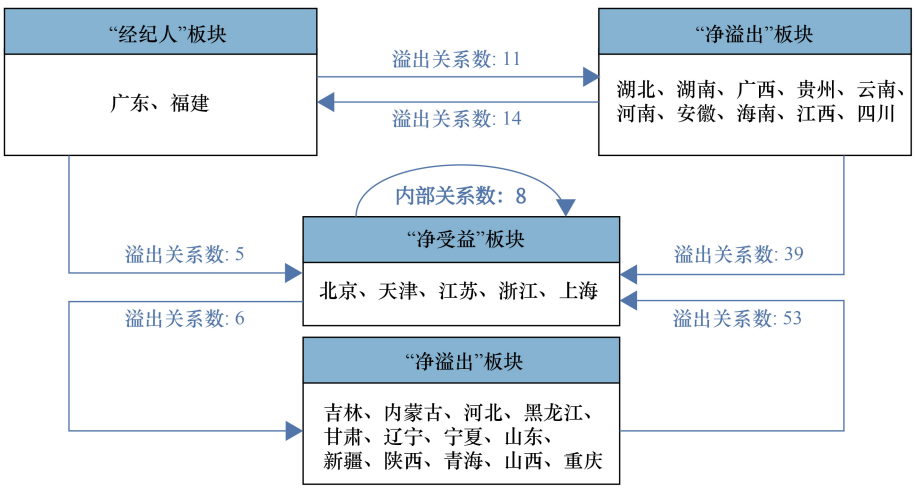

图 3 旅游生态安全板块关联关系

Fig.3 Correlation between tourism ecological security plates

3 旅游生态安全空间关联网络结构的影响因素

3.1 影响因素选取

中国旅游生态安全空间关联网络的形成与演化是受到多种复杂因素相互交织、相互影响的结果,因此参考前人学者的研究选取以下影响因素[28,30]。(1)地理位置邻近的区域可以更好地发挥区域间的旅游资源优势,实现生态旅游、环境保护、旅游经济等多个层面的协同发展,这种协同发展不仅提高了旅游生态安全的整

体水平,还有助于构建更加稳定和可持续的旅游生态安全空间关联网络;(2)城镇化水平推动了经济的蓬勃发展和现代化资源的集聚,与此同时,城镇化还带动了旅游需求的增加和旅游基础设施的完善,吸引了更多人参与旅游活动,进一步加剧了对生态旅游资源的压力;(3)旅游产业结构能够促进旅游资源的合理利用和旅游经济的健康发展,从而维护旅游生态的稳定。(4)通过技术创新,将资金、科技、知识等生产要素与旅游业整体融合,转变传统的粗放式的发展模式与管理方式,推动旅游业的转型升级,提升旅游业的生产效率与低碳环保水平,以此来增强减排治污能力,使旅游业朝着绿色、低碳、可持续的方向发展,从而进一步提高旅游业的生态安全水平。(5)随着旅游发展水平的提高,旅游活动的强度加大,给当地的生态环境带来巨大的压力,甚至会造成生态环境的破坏与污染,进而威胁到当地的生态安全。

基于上述分析,将旅游生态安全空间关联(TES)作为被解释变量,以 5 个影响因素作为解释变量,其中,GP 为空间邻接关系矩阵,两省区相邻记为 1,反之记为 0[42]; U 为城镇化水平差异,以城镇人口占总人数比重表示[38]; TIS 为旅游产业结构,以第三产业占 GDP 比重表示[28]; TI 为技术创新,以发明专利授权数表示[46]; TDL 为旅游发展水平,通常用旅游收入、旅游人次等指标,本文选用以旅游总人次的多少来表示[47]。在此基础上,构建 QAP 回归模型,分析中国旅游生态安全空间关联网络结构的影响因素。

3.2　QAP 相关性分析

利用 UCINET 软件的 QAP Correlation 模块,进行 10000 次的随机置换,对旅游生态安全的空间关联网络中的影响因素进行深入的相关性分析。如表 5 所示,城镇化、地理位置邻近在 1%的显著性水平上存在相关性,其相关系数分别是 0.405 和 0.154;旅游产业结构、技术创新在 1%的显著性水平上存在相关性,其相关系数分别为 0.303 和 0.274;旅游发展水平相关系数为-0.113,达到了 5%的显著水平。说明以上影响因素存在着较强的关联性,并对旅游生态安全关联空间网络产生了显著的影响。

3.3　QAP 回归分析

进行 10000 次的随机置换操作,调整 R^2值为 0.239,并成功地通过了 1%的显著性检验,这表明城镇化、地理位置邻近、旅游产业结构、技术创新和旅游发展水平 5 个变量能够解释旅游生态安全空间关联网络变化的 23.9%。具体的回归结果见表 5。

表 5　旅游生态安全 QAP 相关性与 QAP 回归分析

Table 5　QAP correlation and QAP regression analysis of tourism ecological security

变量名称 variable name	QAP 相关性分析 QAP correlation analysis		QAP 回归分析 QAP regression analysis				
	相关系数	P 值	非标准化回归系数	标准化回归系数	显著性概率	概率 A	概率 B
截距项 intercept term	—	—	-0.073	0.000	—	—	—
U	0.405	0.000	0.635	0.353	0.000	0.000	1.000
GP	0.154	0.000	0.259	0.228	0.000	0.000	1.000
TIS	0.303	0.003	0.102	0.056	0.086	0.187	0.813
TI	0.274	0.003	0.245	0.159	0.018	0.021	0.983
TDL	-0.113	0.010	-0.074	-0.035	0.024	0.766	0.235

QAP:二次指派程序 Quadratic assignment procedure

(1)地理位置邻近(GP)和城镇化发展水平(U)的回归系数均在 1%的显著水平上为正值,表明这 2 个因素对旅游生态安全空间关联作用具有重要影响。具体而言,地理位置邻近有助于促进旅游地之间的紧密联系和互动,进而增强旅游生态安全的空间关联效应。而城镇化进程的不断推进,使得城市基础设施与公共服务得到完善,为旅游业提供更为优质的支持和保障。此外,城镇化也会带来环境治理和生态修复,从而促进旅游生态安全空间关联作用的提升。因此,在制定针对旅游生态安全空间关联作用的政策和规划时,应充分考虑地理位置邻近和城镇化发展水平的影响,以便制定更为科学合理的政策。

(2)旅游产业结构(TIS)对旅游生态安全空间关联关系具有显著的影响,其回归系数在 10%的水平上具

有显著性。表明旅游产业结构的调整与优化对于旅游生态安全的空间关联具有积极的推动作用。然而,区域间旅游产业结构的非均衡性也可能对旅游生态安全的空间关联产生负面影响。这种非均衡性可能表现为产业结构比例失调、旅游产品类型缺乏多样性以及企业分布不均衡等问题。特别是东部、中部和西部地区在旅游产业结构上存在的显著差异,进一步加剧了旅游生态安全空间关联关系的复杂性和不稳定性。因此,在推动旅游产业结构优化升级的同时,还应注重区域间的协调与平衡,以实现旅游生态安全空间关联作用的长期稳定发展。

(3)技术创新水平(TI)对旅游生态安全的空间关联有显著影响,其回归系数在5%的水平上显著,表明随着科技创新水平的不断提高,区域间的旅游生态安全也呈现出较高的空间关联性。这一发现揭示了技术创新在促进旅游生态安全方面的重要性。技术创新不仅能提升旅游产品的低碳化水平和行业能源利用效率,还能通过创新补偿效应来降低产业能耗。在技术创新水平差异较大的省区之间,这种空间联系尤为明显。随着技术创新差异的扩大,各省区在旅游低碳产品研发、行业能源利用效率、产业能耗和创新补偿效应等方面的差距将进一步加大,这种差距不仅为不同地区带来了发展机遇和挑战,还促进了跨区域间的资本、技术、知识和人才等要素的流动与融合。此外,技术创新水平差异的扩大还可能加剧“马太效应”,使得技术创新领先的地区在吸引资源方面更具优势,从而进一步推动区域间的生态安全交流与合作。

(4)旅游发展水平(TDL)的回归系数在5%的水平上显著且为负值,表明旅游发展水平与旅游生态安全空间关联网络之间存在一定的负相关关系。具体而言,当旅游发展水平提高时,旅游生态安全空间关联网络的稳定性或紧密度可能会受到一定程度的削弱。这种负相关关系可能源自多个层面的因素。首先,旅游业的快速发展往往伴随着旅游基础设施的大规模建设和游客数量的急剧增长,这些活动对当地生态环境构成了显著压力,可能导致自然资源的过度消耗、生物多样性的减少等负面影响,进而削弱了旅游生态安全空间关联网络的稳定性。其次,旅游发展水平的提升也可能导致旅游活动的空间分布出现不均衡。热门旅游目的地可能面临过度开发和游客拥挤的问题,而相对冷门的地区则可能面临资源闲置的挑战。这种不均衡的发展模式不仅影响了旅游业的整体效益,还可能进一步加剧旅游生态安全空间关联网络的脆弱性。最后,旅游发展水平可能会通过影响旅游流量、旅游流向、旅游流质及旅游流速等方面,直接或间接影响区域旅游生态安全空间网络的结构和功能。

4 结论与建议

(1)从整体网络特征来看,中国各省区之间在旅游生态安全方面的联系已超越传统地理相邻模式,呈现出与非相邻省区紧密的空间联系,但旅游生态安全空间关联网络关联密度与网络关联数整体上呈现波动下降的趋势,尚未形成稳定的空间格局。同时,网络效率与网络等级度也表现出波动变化,唯有空间网络关联度一直保持稳定。此外,新冠肺炎疫情也对整体网络特征产生了一定的影响。从全局视角审视,中国旅游生态安全在空间上的联系尚未达到最理想的状态,仍有很大的提升潜力。因此,需要积极探寻促进旅游生态安全空间关联的有效途径,加强各省区跨省合作,打破行政区划壁垒,构建旅游生态安全协同保护机制。同时,加强对旅游生态安全的政策引导和扶持,推动绿色旅游、生态旅游等可持续发展模式的推广,确保旅游业发展与生态保护的双赢。特别要注意,在制定旅游生态安全的相关政策时,必须兼顾“属性数据”和“关系数据”的平衡,确保政策既关注局部问题,又具备全局视野。从具体“点”的治理转向更全面的“面”的协同,实现旅游生态安全政策的整体优化。

(2)从个体网络特征来看,不同省区的度数中心度、接近中心度和中间中心度均随时间发生变化,但北京、上海、江苏、浙江等东部地区的度数中心度、接近中心度和中间中心度的排名均处于前列,这些地区在旅游生态安全空间关联网络结构中占据了中心位置,对其他区域间旅游生态安全空间关联起到重要的调控作用;相对而言,青海、宁夏、新疆等西部地区的在空间关联网络结构中处于相对边缘的位置,对其他地区的影响较小,这在一定程度上限制了这些地区在旅游生态安全发展上的主动性和积极性。为了应对这种区域差异和不

均衡现象,应秉持整体的“一盘棋”观念,消除行政障碍、促进区域间合作,以及推动各省区在资源、信息、技术和人才等多方面的共享与协同;特别是在扮演“行动者”和“中介”角色的区域,更应加强与边缘区域的合作与交流,形成多层次、全方位的合作机制。与此同时,位于网络“边缘”的地区也应积极深化与东部地区的合作,通过政策引导和市场机制,提升自身在网络中的地位和影响力。这不仅有助于缩小区域间的发展差距,还能推动整个旅游生态安全空间关联网络的均衡发展。此外,值得注意的是,新冠肺炎疫情对旅游生态安全空间网络关联格局产生了显著影响,标志着旅游生态安全网络格局已经进入了一个“全面重构”的阶段。因此,我们应抓住机遇,通过重新布局和优化资源配置,推动旅游业生态安全空间网络的协同发展。

(3)通过对旅游生态安全空间关联网络的块模型分析,发现板块间存在丰富的空间关联和溢出效应。北京、天津、江苏、浙江和上海这 5 个省区构成了“净受益”板块,在旅游生态安全空间关联网络中占据重要地位,既能够获取丰富的资源和机会,又能为其他板块提供有力的支持。广东和福建则属于“经纪人”板块,在网络结构中发挥着关键的“中介”和“桥梁”作用。另外,包括湖北、湖南、广西在内的 23 个省区被归为“净溢出”板块,这些地区多位于内陆或边缘地带,拥有丰富的生态旅游资源和独特的生态环境优势,具备巨大的旅游发展潜力。为推动中国旅游生态安全空间关联网络实现协同发展和优化,应充分发挥“净受益”板块的引领作用,利用其影响力加强与其他地区的交流与合作,为整个网络提供更多的支持和机会。同时,重视“经纪人”板块的中介作用,利用其地缘和资源优势,加强不同板块之间的交流与合作,推动资源的优化配置和整合。此外,积极挖掘“净溢出”板块的潜力,通过政策引导、资金支持等方式,推动这些地区的旅游生态安全事业的发展,以实现整个网络的均衡发展。为了进一步优化旅游生态安全空间关联网络结构,可以通过举办相关活动和建立信息共享平台等方式,加强不同板块之间的合作与交流,提升整个网络的协同效应和效率。最后,加强旅游生态安全政策的制定和实施,确保政策具有针对性,同时能体现地方的实际情况和需求,从而提高政策的有效性和可行性。

(4)从影响因素的角度来看,城镇化、地理位置邻近、旅游产业结构、技术创新均对旅游生态安全空间关联网络产生了显著的正向推动作用。然而,旅游发展水平与旅游生态安全空间关联网络之间存在显著的负相关关系。为了实现旅游业的可持续发展与生态环境的和谐共生,各省区应充分利用正、负向影响因素进行深入的研究和策略制定。具体而言,对于地理位置邻近和城镇化发展水平的影响,各省区应注重规划合理的旅游交通网络,加强旅游地之间的联系和互动,同时也要关注城镇化进程中旅游生态环境的保护和提升。针对旅游产业结构的影响,各省区应积极推动旅游产业结构的绿色转型与升级。通过发展低碳、可持续的旅游产品和服务,降低旅游活动对生态环境的压力,从而增强旅游生态安全空间关联关系的稳定性,并促进其长期发展。此外,各省区应加大对旅游科技创新的支持力度,推动旅游低碳技术的研发与应用,提高行业能源利用效率,并发挥创新补偿效应,以推动旅游生态安全空间关联作用的提升和发展。最后,也需警惕旅游发展水平可能带来的负面影响,通过制定严格的旅游开发规划、优化旅游空间布局、提升旅游服务质量等措施,有效平衡旅游发展与生态环境保护之间的关系。通过采取综合性、因地制宜的措施,推动中国旅游生态安全空间关联网络朝着更加均衡和可持续的方向发展。

参考文献(References):

[1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告人民日报, 2022-10-26(1).

[2] 李文良. 国家安全:问题、逻辑及其学科建设. 国际安全研究, 2020, 38(4): 3-23, 157.

[3] 袁宏瑞, 王群. 旅游与生态共生演进模式与生态安全判定——以国家重点生态功能区安徽省黄山区为例. 旅游学刊, 2022, 37(12): 25-38.

[4] 周彬, 钟林生, 陈田, 张爱平. 浙江省旅游生态安全的时空格局及障碍因子. 地理科学, 2015, 35(5): 599-607.

[5] Park S, Xu Y, Jiang L, Chen Z L, Huang S Y. Spatial structures of tourism destinations: a trajectory data mining approach leveraging mobile big data. Annals of Tourism Research, 2020, 84: 102973.

[6] Lin Y Y, Zhang F Z, Cai G, Jin Y D, Zhang L, Ge Y. Spatio-temporal pattern and driving factors of tourism ecological security in Fujian Province. Ecological Indicators, 2023, 157: 111255.

[7] Wang Z F, Huang D C, Wang J. Exploring spatial correlations of tourism ecological security in China: a perspective from social network analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023, 20(5): 3912.
[8] 余正军, 杨梦妮, 韩朝阳. 基于 PSR 模型的西藏旅游生态安全分析. 西藏民族大学学报: 哲学社会科学版, 2023, 44(1): 140-146, 152.
[9] Zhao J Y, Guo H. Spatial and Temporal Evolution of Tourism Ecological Security in the Old Revolutionary Region of the Dabie Mountains from 2001 to 2020. Sustainability, 2022, 14(17): 10762.
[10] 刘洋, 吕一河, 陈利顶, 陈飞星. 自然保护区生态旅游影响评价: 进展与启示. 自然资源学报, 2005, 20(5): 771-779.
[11] 熊鹰. 生态旅游承载力研究进展及其展望. 经济地理, 2013, 33(5): 174-181.
[12] 杨桂华, 李鹏. 旅游生态足迹: 测度旅游可持续发展的新方法. 生态学报, 2005, 25(6): 1475-1480.
[13] 张玉钧. 可持续生态旅游得以实现的三个条件. 旅游学刊, 2014, 29(4): 5-7.
[14] Aktymbayeva A, Nuruly Y, Artemyev A, Kaliyeva A, Sapiyeva A, Assipova Z. Balancing nature and visitors for sustainable development: assessing the tourism carrying capacities of katon-karagay National Park, Kazakhstan. Sustainability, 2023, 15(22): 15989.
[15] Han Y, Tang C C, Zeng R. Review of tourism ecological security from the perspective of ecological civilization construction. Journal of Resources and Ecology, 2022, 13(4): 734-745.
[16] 杨秀平, 贾云婷, 刘利利, 王庆贺, 侯玉君, 牛晶. 国内外旅游生态安全研究动态与前瞻综述. 生态科学, 2022, 41(4): 223-230.
[17] 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. 地理研究, 2008, 27(2): 449-458.
[18] He X R, Cai C Y, Shi J Z. Evaluation of tourism ecological security and its driving mechanism in the Yellow River Basin, China: based on open systems theory and DPSIR model. Systems, 2023, 11(7): 336.
[19] Ruan W Q, Li Y Q, Zhang S N, Liu C H. Evaluation and drive mechanism of tourism ecological security based on the DPSIR-DEA model. Tourism Management, 2019, 75: 609-625.
[20] Liu D D, Yin Z Y. Spatial-temporal pattern evolution and mechanism model of tourism ecological security in China. Ecological Indicators, 2022, 139: 108933.
[21] 徐少癸, 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. 地理科学, 2021, 41(1): 33-43.
[22] 杨友宝, 郭付友, 韩国圣. 我国主体功能限制开发区域旅游生态安全动态演变及其驱动因素——以张家界为例. 生态学报, 2023, 43(20): 8404-8416.
[23] 周彬, 虞虎, 钟林生, 陈田. 普陀山岛旅游生态安全发展趋势预测. 生态学报, 2016, 36(23): 7792-7803.
[24] 杨良健, 曹开军. 基于 DPSIR 模型的伊犁河谷旅游生态安全评价及动态预警分析. 生态经济, 2020, 36(11): 111-117.
[25] 廖雨辰, 谢雨, 刘俊雁, 朱忠福, 吴彦. 九寨沟自然保护区生态安全动态评价及障碍因子. 生态学报, 2021, 41(15): 5950-5960.
[26] 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.
[27] 郑秋霞, 匡耀求, 黄宁生, 赵怡. 广东省旅游生态安全时空测度及障碍因子诊断. 水土保持研究, 2017, 24(5): 252-258.
[28] 穆学青, 郭向阳, 明庆忠, 胡程. 黄河流域旅游生态安全的动态演变特征及驱动因素. 地理学报, 2022, 77(3): 714-735.
[29] 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.
[30] 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. 经济地理, 2017, 37(3): 210-217.
[31] 李竹, 吴卫. 长江中游旅游生态效率与区域生态安全的空间一致性研究. 长江流域资源与环境, 2022, 31(3): 537-550.
[32] 郑永贤, 薛菲, 张智光. 森林旅游景区生态安全 IRDS 模型实证研究. 资源科学, 2015, 37(12): 2350-2361.
[33] 陆保一, 明庆忠, 史鹏飞, 刘安乐, 郭向阳. 基于 DPSIR-SBM 框架的旅游生态安全时空动态及影响路径——以云南省为例. 地理与地理信息科学, 2023, 39(6): 134-142.
[34] 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. 生态学报, 2021, 41(23): 9239-9252.
[35] Yang G M, Gui Q Q, Liu J Y, Chen X L, Cheng S Y. Spatial-temporal evolution and driving factors of ecological security in China based on DPSIR-DEA model: a case study of the Three Gorges Reservoir area. Ecological Indicators, 2023, 154: 110777.
[36] 翁钢民, 潘越, 李凌雁. 基于改进 DPSIR-DS 模型的旅游生态安全等级测度及时空演变分析——以“丝绸之路”沿线五省区为例. 旅游科学, 2018, 32(6): 17-32.
[37] Sobhani P, Esmaeilzadeh H, Wolf I D, Deljouei A, Marcu M V, Sadeghi S M M. Evaluating the ecological security of ecotourism in protected area based on the DPSIR model. Ecological Indicators, 2023, 155: 110957.
[38] 肖钊富, 李瑞, 吕宛青. 成渝城市群旅游生态安全时空格局演化研究. 世界地理研究, 2023, 32(10): 122-133.
[39] 陈蓓. 基于生态足迹模型的川西南高原地区生态安全评价——以甘孜藏族自治州为例. 中国农业资源与区划, 2019, 40(6): 185-190.
[40] 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. 地理科学, 2019, 39(1): 156-163.
[41] 于伟, 吕晓, 宋金平. 山东省城镇化包容性发展的时空格局. 地理研究, 2018, 37(2): 319-332.
[42] 刘佳, 宋秋月. 中国旅游产业绿色创新效率的空间网络结构与形成机制. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(8): 127-137.
[43] 刘华军, 刘传明, 孙亚男. 中国能源消费的空间关联网络结构特征及其效应研究. 中国工业经济, 2015(5): 83-95.
[44] 冯颖, 侯孟阳, 姚顺波. 中国粮食生产空间关联网络的结构特征及其形成机制. 地理学报, 2020, 75(11): 2380-2395.
[45] Chen M T, Zheng L, Zhang D K, Li J F. Spatio-temporal evolution and obstacle factors analysis of tourism ecological security in Huanggang Dabieshan UNESCO global geopark. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(14): 8670.
[46] 王凯, 余芳芳, 胡奕, 甘畅. 中国旅游业碳减排潜力的空间关联网络结构及其影响因素. 地理科学, 2022, 42(6): 1034-1043.
[47] 王俊, 徐金海, 夏杰长. 中国区域旅游经济空间关联结构及其效应研究——基于社会网络分析. 旅游学刊, 2017, 32(7): 15-26.