

DOI: 10.20103/j.stxb.202303160491

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.

Yang Y B, Guo F Y, Han G S. Dynamic evolution and driving factors of tourism ecological security in the region of major function restricted development: A case study of Zhangjiajie. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(20): 8404-8416.

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

杨友宝¹, 郭付友^{2,*}, 韩国圣³

1 湖南师范大学旅游学院, 长沙 410081

2 曲阜师范大学地理与旅游学院, 日照 276800

3 山东大学(威海)商学院, 威海 264209

摘要: 旅游生态安全是国家生态安全体系的重要组成部分,也是维系旅游产业健康可持续发展的前提基础。基于主体功能限制开发视域下旅游生态安全内涵解析和“压力-状态-响应”框架构建指标体系,继而采用改进的逼近理想排序法(TOPSIS)模型、卷积神经网络和长短期记忆神经网络(CNN-LSTM)混合神经网络预测模型、因子贡献度模型对张家界旅游生态安全动态演变特征及驱动因素进行刻画分析。研究发现:(1) 旅游生态安全指数总体呈波动上升趋势,安全等级与警情状态不断改观,旅游生态安全水平演变分为“增减交替”“快速上升”“稳定增长”三个时期。(2) 旅游生态安全三大子系统均朝良性方向发展,但演化态势差异显著,压力子系统平均安全水平最高,但增长速率迟缓,状态子系统与前者则呈完全逆反态势,响应子系统平均安全水平与增长速率均处于中间位序水平,演变走势稳定性欠佳。(3) 2021—2030年,旅游生态安全指数预测值有望从0.6194增至0.7665,旅游生态安全水平呈“螺旋式”上升趋势,整体安全状况将会得到持续优化,但仍存在较强不稳定性 and 不确定性。(4) 影响旅游生态安全动态演变的首位驱动因子呈现“水土流失综合治理面积→省级以上自然保护区面积→城镇化率”的转换特征,旅游经济地位提升、公共绿地建设供给、工业绿色转型发展对旅游生态安全具有正向驱动效应,传统城镇化与工业化、高强度能源消耗、旅游产业无序扩张、频发性自然灾害、迟滞居民生活水平则产生负向抑制效应。

关键词: 主体功能区划;限制开发;旅游生态安全;驱动因素;张家界

Dynamic evolution and driving factors of tourism ecological security in the region of major function restricted development: A case study of Zhangjiajie

YANG Youbao¹, GUO Fuyou^{2,*}, HAN Guosheng³

1 School of Tourism, Hunan Normal University, Changsha 410081, China

2 College of Geography and Tourism, Qufu Normal University, Rizhao 276800, China

3 College of Business, Shandong University, Weihai 264209, China

Abstract: Tourism ecological security is an important part of national ecological security system, and also the premise and foundation of maintaining the healthy and sustainable development of tourism industry. Based on the connotation analysis of tourism ecological security and the framework of Pressure-State-Response, the evaluation index system of tourism ecological security was constructed. The improved TOPSIS model, CNN-LSTM hybrid neural network prediction model, and factor

基金项目: 国家自然科学基金项目(42201224); 国家社会科学基金项目(22BZS107); 湖南省教育厅科学研究重点项目(22A0047); 山东省高等学校青创科技支持计划项目(2022RW040)

收稿日期: 2023-03-16; **网络出版日期:** 2023-08-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: guofy945@nenu.edu.cn

contribution model were adopted to explore the dynamic evolution characteristics and driving factors of tourism ecological security in Zhangjiajie. The results indicate that: (1) From 2006 to 2020, the tourism ecological security index generally showed a fluctuating upward trend. The security level and the warning situation were constantly improving. The temporal evolution of tourism ecological security level had significant stage differentiation and roughly could be divided into three stages, including alternately increasing and decreasing, rapidly rising, and steadily growing. (2) From 2006 to 2020, the three subsystems of tourism ecological security all developed in a favorable direction, but the evolution trend was significantly different. The pressure subsystem had the highest average security level, but the growth rate was sluggish. The state subsystem presented the characteristics of the lowest average security level and the fastest growth rate. The average security level and growth rate of the response subsystem were all in a moderate sequence level with a poorly stable evolution trend. (3) The predicted value of tourism ecological security index is expected to rise from 0.6194 to 0.7665 in 2021—2030. The level of tourism ecological security shows a spiral upward trend. The overall security situation will continue to optimize, but still presents strong instability and uncertainty. (4) The primary factor driving the dynamic evolution of tourism ecological security presented the transformation characteristics of “area of soil erosion under control→area of nature reserves above provincial level→urbanization rate”. The promotion of tourism economy status, the construction supply of public green space, and the green transformation of industrial development had positive driving effects on tourism ecological security, but the traditional urbanization and industrialization, high-intensity energy consumption, disorderly expansion of tourism industry, frequent natural disasters, and sluggish living standards of residents had negative inhibitory effects. Finally, based on the research findings and combined with the regional characteristics of Zhangjiajie as a region of major function restricted development and a typical tourism-oriented city, the paper puts forward relevant suggestions to steadily improve the level of tourism ecological security and the capacity for sustainable development of tourism industry.

Key Words: major function-oriented zoning; restricted development; tourism ecological security; driving factor; Zhangjiajie

主体功能区战略作为国家空间治理的重要手段,是支撑中国国土空间开发与保护格局的战略蓝图,该战略统筹兼顾经济发展与生态保护双重目标,以功能区划分的形式明确区域在国土空间分工中所承担的功能,对于维护国家经济安全、粮食安全、生态安全等具有重大意义^[1]。生态安全作为国家安全体系的重要基石,是实现区域社会经济可持续发展的前提基础,维护和保障生态安全也是落实主体功能区战略的目标遵循与行动指南。旅游生态安全作为国家生态安全体系的重要组成部分,近年来,随着我国全面进入“旅游休闲时代”,旅游开发与生态环境的交互作用日益强烈,与旅游相关的负面环境问题不断涌现,加之城镇化、工业化、人口集聚、环境污染等外生变量叠加效应,使区域旅游产业赖以生存的环境基础面临多重危机挑战,旅游生态安全形势极为严峻,并成为影响旅游产业可持续发展和国家整体生态安全体系的关键因素。面向新时期我国国土空间开发战略构想、社会经济高质量发展全局以及对生态环境保护的战略重视,开展旅游生态安全研究成为一项具有时代意义的重要课题,探索该问题不仅对于构筑旅游产业良好发展生境、增强旅游产业可持续发展能力和优化调控旅游人地关系等具有重要现实意义,同时对于科学诊断主体功能区战略背景下区域生态安全系统演进态势、促进生态系统良性循环和优化提升整体生态安全韧性等具有重要研究价值。

关于旅游生态安全的讨论,国外直接研究成果较为鲜见,主要围绕旅游开发生态环境效应、旅游可持续发展、旅游承载力、旅游环境容量、旅游环境保护与管理等内容领域展开,主要研究脉络表现为:(1)20世纪60—70年代,西方学术界认识到旅游开发在带来经济繁荣和文化交融的同时,也是造成环境污染与生态破坏的元凶之一,由此加强了对旅游开发生态环境影响的关注,探讨了旅游活动对地貌、土壤、植被、水质、野生动物等环境要素的影响机制^[2-3]; (2)20世纪80—90年代,为解决旅游发展与生态环境矛盾关系,旅游承载力^[4]、旅游环境容量^[5]、可持续旅游^[6-7]、生态旅游^[8]等概念思想应运而生,并成为指导旅游环境保护与管理

的重要政策工具;(3)21世纪以来,国外学术界在“守正创新”前述内容领域的同时^[9-13],逐步扩展探索全球气候变化^[14]、雾霾污染^[15]、碳排放^[16]等环境问题与旅游开发关系以及旅游生态安全伦理^[17]、旅游生态安全感知^[18]等新议题,成为旅游生态安全研究的重要前沿领域。国内旅游生态安全研究约始于20世纪90年代,主要呈现以下发展态势:(1)不同于国外范式,国内主要沿“概念界定-评估测度-因素识别-预警分析-优化调控”逻辑主线开展研究,相关内容涉及旅游生态安全思想缘起^[19]、内涵解析^[20]、时空特征^[21-22]、障碍因素^[23-24]、趋势预测^[25-26]、治理管控^[27]等;(2)研究尺度以宏、中观为主,但不断趋于微缩化,基本形成全国^[22-23]、区域^[28-29]、省域^[30-31]、市域^[26,32]、县域^[33]、镇域^[34]、景点^[35-36]等多元并存局面,流域^[25,28]、草原^[37]、湖泊^[38]、岛屿^[39-40]、湿地^[41]等研究对象的关注热度不断提升;(3)研究方法定量化趋向鲜明,研究结果更为精准化,其中,旅游生态安全测度评估主要涉及模糊物元模型^[23]、马尔科夫链^[24,28]、改进的逼近理想排序法(TOPSIS)^[28,42-43]、系统动力学模型^[44]、数据包络分析法(DEA)^[45]、生态足迹法^[20,40]等,灰色关联度模型^[24,42]、地理探测器^[43]、障碍度模型^[30,46]等被广泛用于旅游生态安全影响因素分析,神经网络分析^[39]、灰色预测GM(1,1)模型^[26,42]等成为旅游生态安全预警分析的有效工具;(4)学科交叉融通性日益增强,主要涉及旅游学^[21]、地理学^[20,24,28]、生态学^[34-35]、管理学^[29,43]等多个学科领域,推动了不同学科理论的交融与碰撞,并与“生态文明”“绿色高质量发展”等国家战略需求紧密契合,体现了旅游生态安全理论探索与反哺实践的辩证统一。

综合来看,目前关于旅游生态安全研究已取得丰硕成果,但仍存在以下问题值得思索:第一,既有研究多基于旅游产业的环境友好依托和资源消耗双重产业属性,从旅游开发与生态环境对立统一关系角度出发,通过探究旅游对生态环境影响、旅游承载力、旅游环境容量、旅游可持续发展等主题内容,将研究结果作为判识区域旅游生态安全系统是否有序运行的重要依据,虽然已有学者将社会因子、经济因子、环境因子作为影响旅游生态安全的重要变量,并从“社会-经济-环境”维度对其进行测度分析,但已有研究多立足于人地关系中人的“中心消费者”角色,探究旅游生态安全面临的风险挑战及其应对问题,尚未对区域先天自然生态环境系统对旅游生态安全的制约或承载效应给予足够关注,这对于科学理解旅游生态安全内涵存在一定局限;第二,限制开发区域以及市域尺度旅游生态安全研究亟需加强,虽然已有学者对张家界、武汉等市域旅游生态安全问题做了一定探索,但已有研究多基于区域典型旅游开发导向、沿江地理区位等地域特性展开分析,尚未将旅游生态安全置于主体功能区划这一背景框架下开展研究,缺失从主体功能区视角对承担特定地域功能区域旅游生态安全问题的理性认知,限制开发区因在社会经济基础、资源环境生态本底、区域开发与修复成本等方面存在比较劣势,地理区位边缘、交通条件不便、社会经济文化落后、生态系统失衡等是该类型区域的普遍共性,在自然生态系统“先天脆弱”与社会经济支撑“后天不足”耦合叠加下,面对高强度旅游开发以及城镇化、工业化、人口集聚、环境污染等多重扰动影响,压力冲击高度敏感性、安全状态脆弱易损性、响应能力迟缓低效性成为区域旅游生态安全典型特征,旅游生态安全压力源泉、状态格局、响应能力等与优化开发、重点开发区域存在显著区别;同时,市域作为落实主体功能区划与保障生态安全的中观尺度载体,是国家宏观政策制定与微观政策落实的空间过渡带,随着国民旅游需求日趋激增和旅游产业战略支柱地位不断确立,我国旅游城市建设日臻成熟,城市成为承担旅游服务接待、旅游客流集散与旅游项目开发等功能体系的重要中心地,但市域旅游开发粗放低效及超负荷运转现象仍屡见不鲜,旅游生态安全形势不容乐观,并与主体功能区战略目标背道而驰。因而,加强对限制开发区尤其是市域层面旅游生态安全问题探究显得迫切而必要,这既是旅游产业可持续发展和高质量转型的必然要求,同时对于稳步推进国家主体功能区战略、实现主体功能区建设与旅游产业高质量发展战略协同具有重要意义。

综上考虑,本研究以我国主体功能限制开发区域和典型旅游导向型城市张家界为案例地,基于主体功能限制开发视域下旅游生态安全内涵解析和“压力-状态-响应”框架构建指标体系,进而采用改进的TOPSIS模型、卷积神经网络和长短期记忆神经网络(CNN-LSTM)混合神经网络预测模型、因子贡献度模型对旅游生态安全时序演化特征、预警趋势和驱动因素进行刻画分析,并提出调控战略,以期科学评估张家界旅游生态安

全动态发展趋势和识别相关影响因素、响应国家“主体功能区”战略以及提升区域整体生态安全水平等提供科学依据,并为国内同类区域国土空间开发提供案例借鉴与决策参考。

1 内涵诠释与研究区概况

1.1 主体功能限制开发视域下旅游生态安全内涵

主体功能区战略根据城市化、生态安全、粮食安全和遗产保护等主体功能定位,把国土空间划分为优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四种功能类型,重点生态功能区是限制开发区域的构成类型之一,因生态系统脆弱、资源环境承载力低以及不具备大规模高强度工业化城镇化开发条件,生产供给生态产品和保障国家生态安全成为区域重要功能使命^[47-48]。在区域主体功能限制开发框架下,对旅游生态安全内涵认识一方面需要因地制宜精准评估区域社会经济基础、资源环境生态本底对旅游开发的约束或承载能力,这也是衡量区域旅游生态产品供给能力和旅游经济发展潜能的重要标尺;另一方面,限制开发强度是主体功能限制开发区域的刚性约束,对其旅游生态安全评估需要在强调旅游开发与生态环境二元矛盾关系的基础上,统筹考虑城镇化与工业化演进、人口过度集聚、资源掠夺式开发等人类活动行为对环境生态系统的干扰胁迫效应,即通过合理确定人类社会经济活动开发区间,使之全面契合区域限制开发的主体功能定位,确保旅游地赖以生存的环境生态系统处于一种免受外部威胁的安全、健康、有序运行状态,进而为旅游业可持续发展提供和谐稳定、协调共荣的环境空间。

综上所述,本文所理解的旅游生态安全是在区域主体功能限制开发约束下,以旅游地自然生态本底与社会经济基础为前置条件,通过科学评估区域自然禀赋优劣状况及旅游地“人地关系”作用强度,并有序调控旅游开发活动本身以及与之相关联的城镇、产业、人口、投资、消费、科教、环保等人类活动要素,进而形成结构稳定和功能多样的“社会-经济-资源-环境-生态”复合空间系统,并使之与区域旅游开发活动形成稳定持久、安全有序的共生关系,在这种关系状态下,旅游生态安全系统不仅能够满足旅游业可持续发展的内在需求,也是支撑衔接旅游地整体生态安全体系的客观载体与重要纽带。

1.2 研究区概况

张家界市地处湖南省西北边陲,下辖永定区、武陵源区、桑植县、慈利县 4 区(县),辖区土地总面积 9534km²,区域旅游资源丰富,自然遗产与人文景观交相辉映,是中国知名旅游城市,但区域社会经济基础薄弱、自然灾害频繁多发、生态环境承载力不强等发展弊端突出,是我国主体功能区划方案确定的限制开发板块,也是武陵山区国家重点生态功能区的核心组成单元,在主体功能限制开发约束下,生态产品供给、旅游开发接待、自然-文化遗产保护等成为区域重要的功能体系。近年来,快速城市化与旅游经济高速发展导致城市空间拓展速率、旅游基础设施建设强度和旅游接待人次规模持续攀升,城市建设用地、旅游开发用地需求规模与日俱增,耕地和林地面积不断蜕减,生物多样性保育功能变差,加之地质复杂、山势陡峭、河谷众多、降水集中等因素影响,洪涝、滑坡、坍塌、泥石流等自然灾害时有发生,区域成为湖南省生态退化和环境风险较为严重的地区之一,旅游产业可持续发展乃至整体生态安全体系面临严重威胁,维护和保障旅游生态安全已成为政府和学界高度重视与着力解决的重要现实问题。

2 研究方法、指标体系与数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 改进的 TOPSIS 模型

TOPSIS 模型由 Hwang 和 Yoon 在 1981 年提出,是系统工程中有限方案多属性决策分析的一种方法,具有真实、直观、可靠等优点^[49]。本研究采用改进的熵权 TOPSIS 模型对旅游生态安全进行综合评价,计算步骤如下:

(1) 熵值法求指标权重

首先,利用极差标准化方法对原始指标数据进行无量纲标准化处理;其次,经归一化、计算信息熵、冗余度等步骤,计算得到各指标权重值。具体计算过程参见文献^[50]。

(2) 构建加权规范化决策矩阵

将标准化后的指标矩阵与熵值法确定的权重矩阵相乘,得到加权规范化评价矩阵 Y :

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1j} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{i1} & y_{i2} & \cdots & y_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} \times w_1 & r_{12} \times w_2 & \cdots & r_{1j} \times w_j \\ r_{21} \times w_1 & r_{22} \times w_2 & \cdots & r_{2j} \times w_j \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{i1} \times w_1 & r_{i2} \times w_2 & \cdots & r_{ij} \times w_j \end{bmatrix}$$

式中, y_{ij} 为加权规范化评价矩阵值, r_{ij} 为第 i 年第 j 个指标标准化值, w_j 为指标权重值。

(3) 确定正、负理想解

$$Y^+ = \max\{y_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\} (j = 1, 2, \dots, n) = \{Y_1^+, Y_2^+, \dots, Y_j^+\}$$

$$Y^- = \min\{y_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\} (j = 1, 2, \dots, n) = \{Y_1^-, Y_2^-, \dots, Y_j^-\}$$

式中, Y^+ 表示第 j 个指标在 i 年内的最大值,称 Y^+ 为正理想解,即可选择的最理想方案; Y^- 表示第 j 个指标在 i 年内的最小值,称 Y^- 为负理想解,即最差方案。

(4) 计算各指标到正、负理想解的距离

$$D_{ij}^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_j^+ - y_{ij})^2}; D_{ij}^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_j^- - y_{ij})^2}$$

式中, D_{ij}^+ 表示第 i 年第 j 个指标到 Y_j^+ 的距离, D_{ij}^- 表示第 i 年第 j 个指标到 Y_j^- 的距离。

(5) 计算贴近度

$$C_i = \frac{D_{ij}^-}{D_{ij}^+ + D_{ij}^-}$$

式中, C_i 为评价对象与理想解的贴近度,即第 i 年旅游生态安全指数,取值范围为 $[0, 1]$,其值越大,表明旅游生态安全状况越好,反之则越差。

2.1.2 旅游生态安全等级与警情划分标准

目前,关于旅游生态安全等级与警情划分,学术界尚未形成统一标准,本研究在参考相关文献成果的基础上^[22,28,42],将旅游生态安全划分为恶化级、风险级、敏感级、临界安全级、一般安全级、比较安全级和非常安全级 7 个等级,进而对应警情程度为巨警、危警、重警、中警、轻警、微警和无警,具体划分标准如表 1 所示。

表 1 旅游生态安全等级与警情划分标准

Table 1 The classification standard of grade and warning of tourism ecological security

安全指数 Security indexes	(0, 0.25]	(0.25, 0.35]	(0.35, 0.45]	(0.45, 0.55]	(0.55, 0.65]	(0.65, 0.75]	(0.75, 1]
安全等级 Security level	恶化级	风险级	敏感级	临界安全级	一般安全级	比较安全级	非常安全级
警情状态 Alarm state	巨警	危警	重警	中警	轻警	微警	无警

2.1.3 CNN-LSTM 混合神经网络预测模型

卷积神经网络(CNN)和长短期记忆神经网络(LSTM)均为深度学习领域中的重要算法模型,本研究通过将两大算法模型融合,进而构建 CNN-LSTM 混合神经网络预测模型对张家界旅游生态安全动态演变趋势进行预测。

CNN-LSTM 混合神经网络模型包括数据输入层、隐藏处理层和预测结果输出层三个模块,运算步骤为:首先,经数据输入层对原始数据进行清理、转换和归一化处理;其次,隐藏处理层在接收到数据输入层处理后的数据后,通过 CNN 提取数据空间特征,形成特征向量,并通过 LSTM 从数据的空间特征中进一步提取出时序特征;最后,对数据特征进行全连接后输出预测结果。预测模型数学表达式参见文献^[51]。

2.1.4 因子贡献度模型

为进一步探析张家界旅游生态安全动态演变的驱动因素,通过参考相关研究^[52],引入构建因子贡献度模型,以明确不同指标因子对旅游生态安全动态演变的作用力及贡献水平。计算公式为:

$$I_{ij} = 1 - Y_{ij}$$

$$H_{ij} = \left(F_j I_{ij} / \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_j I_{ij} \right) \times 100\%$$

式中, I_{ij} 为第 i 准则层第 j 项指标偏离度, Y_{ij} 为指标标准化值, F_j 为第 j 项指标权重, H_{ij} 为第 i 准则层第 j 项指标贡献度, m 为准则层个数, n 为第 i 准则层指标个数。

2.2 指标体系

基于主体功能限制开发视域下旅游生态安全内涵解析,力求充分体现张家界作为国家限制开发区域、重点生态功能区和典型旅游城市的地域特性,以“社会-经济-资源-环境-生态”复合系统和“人地关系”思想为指引,为全面权衡旅游地社会经济、资源环境生态承载力以及旅游开发、城镇化、工业化、人口集聚、环境污染等人类活动行为对旅游地生态系统的干扰效应,并遵循数据代表性、可获得性、有效性等原则,在“压力-状态-响应”(PSR)框架下,构建包含“旅游开发活动、社会经济发展、资源环境生态”3个维度层 39 项指标在内的旅游生态安全评价体系,具体如表 2 所示。

表 2 旅游生态安全评价指标体系

Table 2 The evaluation index system of tourism ecological security

准则层 Standard levels	维度层 Dimension levels	代码 Codes	指标层 Index levels	指标含义及属性 Index significance and attribute	权重 Weight	文献来源 literature source
压力 Pressure	旅游开发活动	P ₁	游客人次增长率/%	反映旅游地游客接待规模扩张程度(-)	0.0104	[23,43]
		P ₂	游客分布密度/(万人/km ²)	反映单位面积旅游环境压力水平(-)	0.0178	[26,32]
		P ₃	游客接待量与当地常住人口数量之比	反映旅游地社会拥挤程度(-)	0.0180	[22,29,46]
	社会经济发展	P ₄	城镇化率/%	反映城镇化对旅游地生态系统的胁迫效应(-)	0.0274	[24,39]
		P ₅	城市建设用地面积增长率/%	反映旅游地城市地域空间扩张强度(-)	0.0215	[53]
		P ₆	工业总产值占 GDP 比重/%	反映旅游地工业化开发强度(-)	0.0325	[54]
		P ₇	单位 GDP 能耗值/(吨标准煤/万元)	反映旅游地单位经济产值能源消耗程度(-)	0.0305	[21,45]
		P ₈	人口自然增长率/%	反映人口增长对旅游地生态系统的压力(-)	0.0258	[26,31,42]
	资源环境生态	P ₉	工业废水排放量/万 t	反映工业生产对水环境质量的影响(-)	0.0269	[25,28]
		P ₁₀	工业 SO ₂ 排放量/t	反映工业生产对大气环境质量的影响(-)	0.0338	[22,46]
		P ₁₁	工业固体废物排放量/万 t	反映工业生产对地表环境质量的影响(-)	0.0125	[24,30]
		P ₁₂	水土流失发生率/%	反映旅游地水土生态系统脆弱程度(-)	0.0114	[34]
		P ₁₃	全年自然灾害成灾面积/(×10 ³ hm ²)	反映旅游地自然灾害发生破坏强度(-)	0.0408	[1]
状态 State	旅游开发活动	S ₁	旅游总收入年增长率/%	反映旅游经济产值扩张程度(-)	0.0206	[26,43]
		S ₂	旅游总收入占 GDP 比重/%	反映旅游业对地区经济发展的贡献水平(+)	0.0289	[21,29,33]
		S ₃	旅游经济产值密度/(万元/km ²)	反映单位面积旅游经济开发强度(-)	0.0231	[32,46]
	社会经济发展	S ₄	人均 GDP/元	反映旅游地综合经济发展水平(+)	0.0320	[31,45]

续表

准则层 Standard levels	维度层 Dimension levels	代码 Codes	指标层 Index levels	指标含义及属性 Index significance and attribute	权重 Weight	文献来源 literature source
		S ₅	社会消费品零售总额/亿元	反映旅游地社会消费活力(+)	0.0333	[34]
		S ₆	全体居民人均可支配收入/元	反映旅游地居民收入水平(+)	0.0294	[34,55]
		S ₇	第三产业从业人员数/万人	反映旅游业及其关联行业的就业吸纳能力(+)	0.0232	[23]
		S ₈	全社会固定资产投资总额/亿元	反映旅游地社会再生产扩大程度(+)	0.0322	[55]
	资源环境生态	S ₉	人均水资源量/m ³	反映旅游地水资源承载力状况(+)	0.0203	[34]
		S ₁₀	人均占有耕地面积/hm ²	反映旅游地可利用土地资源供给能力(+)	0.0173	[23,31,39]
		S ₁₁	人均公园绿地面积/m ²	反映旅游地人居环境质量(+)	0.0338	[25,30]
		S ₁₂	森林覆盖率/%	反映旅游地森林生态系统保护状况(+)	0.0196	[22,26,35]
		S ₁₃	省级以上自然保护区面积/km ²	反映旅游地自然生态系统保护状况(+)	0.0362	[25]
响应 Response	旅游开发活动	R ₁	A级旅游景区分布密度/(个/km ²)	反映旅游资源对区域旅游开发的承载能力(+)	0.0207	[21]
		R ₂	星级饭店数量/个	反映旅游地接待服务设施建设水平(+)	0.0261	[24,30,42]
		R ₃	人均旅游消费/元	反映游客消费对旅游地经济收益的影响(+)	0.0244	[25]
	社会经济发展	R ₄	全社会交通客运量/万人	反映旅游地交通区位条件优劣状况(+)	0.0161	[54]
		R ₅	全体居民家庭恩格尔系数/%	反映旅游地居民日常生活改善状况(-)	0.0374	[32]
		R ₆	地方财政自给率/%	反映旅游地地方财政盈亏状况(+)	0.0200	[56]
		R ₇	科学技术支出规模/亿元	反映旅游地科技创新水平(+)	0.0245	[57]
		R ₈	每万人口在校大学生数/人	反映旅游地人口素质状况(+)	0.0325	[21,26,43]
	资源环境生态	R ₉	工业固体废物综合利用率/%	反映旅游地工业固体废物转化利用状况(+)	0.0146	[25,28]
		R ₁₀	污水处理厂集中处理率/%	反映旅游地水污染治理能力(+)	0.0318	[31,34]
		R ₁₁	全年完成造林面积/hm ²	反映旅游地森林生态系统保护更新状况(+)	0.0205	[58]
		R ₁₂	水土流失综合治理面积/(×10 ³ hm ²)	反映旅游地水土生态系统保护治理状况(+)	0.0517	[58]
		R ₁₃	空气质量优良率/%	反映旅游地大气质量改善状况(+)	0.0207	[21,31,39]

GDP: 国内生产总值 Gross domestic product; “+”表示指标与旅游生态安全呈正相关关系,其值越大,旅游生态安全水平越高;“-”表示指标与旅游生态安全呈负相关关系,其值越大,旅游生态安全水平越低

2.3 数据来源

本研究所需基础数据主要来源于《张家界统计年鉴》(2007—2021年)、《湖南统计年鉴》(2007—2021年)、《湖南农村统计年鉴》(2007—2021年)、《中国城市统计年鉴》(2007—2021年)、张家界市国民经济和社会发展统计公报(2006—2020年)以及湖南省生态环境厅、湖南省水利厅、湖南省自然资源厅、湖南省文化和旅游厅等官方网站,个别缺失数据采用相邻年份插值法进行了补齐处理。

3 实证结果分析

3.1 旅游生态安全综合演变趋势

通过运用改进的TOPSIS模型,并结合表1,得到张家界旅游生态安全综合演变趋势分析结果。图1显示,2006—2020年,张家界旅游生态安全指数总体呈波动上升趋势,指数值由0.3726增至0.6516,增长率为74.88%,旅游生态安全等级与警情状态由“敏感(重警)级”演替至“比较安全(微警)级”,表明十一五以来,张家界在“主体功能区划”“新型城镇化”“生态文明”“美丽中国”“绿色高质量发展”等国家重大战略导向下,通过确立“生态立市”“旅游强市”发展定位,以“建设国内外知名旅游胜地”为目标遵循,致力于区域社会经济

全面绿色转型与生态环境保护治理,推动旅游开发模式由传统“数量、规模、速度”依托型切换至注重“品质、效益、结构”高质量发展型,旅游业赖以生存的“社会-经济-资源-环境-生态”复合系统不断优化,旅游生态安全呈持续向好演进态势。

具体来看,张家界旅游生态安全综合演变趋势可划分为 3 个时期:2006—2013 年,旅游生态安全指数呈“增减交替”演变特征,安全等级与警情状态呈“敏感(重警)级-风险(危警)级-敏感(重警)级-临界安全(中警)级”演变路径,旅游生态安全走势极不稳定,该时期我国处于十一五至十二五规划以及十七大至十八大的历史交汇期,区域社会经济发展面临复杂的政策换挡背景,相关政策稳定持续性以及政策转换红利效应尚需释放加强,旅游生态安全动态演变具有“震荡起伏”特征;2014—2016 年,旅游生态安全指数呈“快速上升”态势,增长率高达 23.22%,安全等级与警情状态由“临界安全(中警)级”演替至“一般安全(轻警)级”,该时期张家界通过贯彻落实十八大战略部署,“生态立市”“旅游强市”建设取得明显成效,旅游生态安全水平进入快速提升期;2017—2020 年,旅游生态安全指数呈“稳定增长”态势,增长率约为 4.69%,安全等级与警情状态由“一般安全(轻警)级”演替至“比较安全(微警)级”,十九大以来,我国将“生态优先、绿色高质量发展”提升至国家战略新高度,持续推动产业结构转型升级、保护与修复治理生态环境、大力发展生态旅游与绿色经济等成为张家界社会经济发展新常态,区域旅游生态安全水平进入相对稳定增长期。

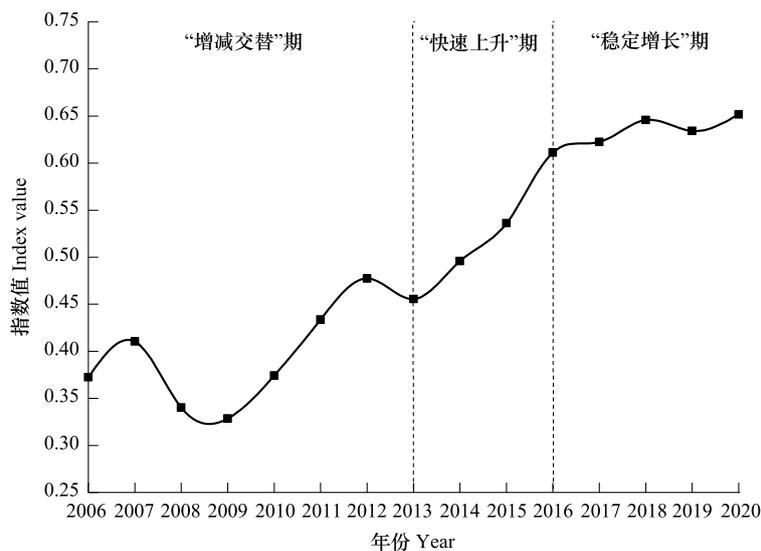


图 1 2006—2020 年张家界旅游生态安全综合演变趋势分析结果

Fig.1 The analysis result of comprehensive evolution trend of tourism ecological security in Zhangjiajie (2006—2020)

3.2 旅游生态安全各子系统演变趋势

旅游生态安全压力子系统方面(图 2),指数值由 2006 年的 0.5086 增至 2020 年的 0.6659,安全指数平均值为 0.5333,平均安全水平高居三大子系统首位,但年均增长率仅为 2.67%,安全等级与警情状态由“临界安全(中警)级”演替至“比较安全(微警)级”,表明十一五以来,压力子系统安全水平不断提升,区域通过遵循限制开发主体功能定位,致力于推进环境污染治理、工业转型发展、自然生态系统修复等,单位国内生产总值(GDP)能耗值、工业废水排放量、工业 SO₂ 排放量、工业固体废物排放量、工业总产值占 GDP 比重、水土流失发生率等指标数据均呈明显下降态势,旅游生态安全压力源泉受到一定抑制。然而,城镇化率、游客接待人次与游客分布密度等压力源的影响程度仍较高,指标增长率分别为 51.47%、16.97%与 710.69%,区域推进落实新型城镇化和旅游高质量发展之路仍较为艰巨。

旅游生态安全状态子系统方面(图 2),2006—2020 年指数值由 0.2482 增至 0.6559,安全水平不断提升,年均增长率达到 8.55%,增长速度位列三大子系统首位,安全等级与警情状态由“恶化(巨警)级”演替至“比

较安全(微警)级”,旅游生态安全状态子系统改观成效显著,“生态立市”“旅游强市”战略加持效应持续放大,区域人均 GDP、旅游总收入占 GDP 比重、全体居民人均可支配收入、人均公园绿地面积、森林覆盖率、人均占有耕地面积等指标数据均呈稳定增长态势,社会经济综合实力、旅游经济产出效益、城乡人居环境质量、可利用土地资源供给水平等得到同步提升,“社会-经济-资源-环境-生态”复合系统承载外部压力风险的能力大幅增强,支撑旅游业可持续发展的生境条件明显改善,进而成为状态子系统不断优化的重要贡献力量。

旅游生态安全响应子系统方面(图 2),2006—2020 年呈“先降后升”演变态势,指数值由 0.3586 增至 0.6373,安全指数平均值与年均增长率分别为 0.4885 与 5.47%,两者均列三大子系统中间位序水平,研究期安全指数极差值为 0.4346,波动震荡程度较为剧烈,危、重、巨型警情状态占比为 40%,且 2016 年以来安全指数走势出现回落迹象,表明旅游生态安全响应子系统稳定性欠佳,区域应对旅游生态安全风险挑战的响应能力尚需增强,研究期内地方财政自给率、星级饭店数量、全年完成造林面积等均呈负增长演进态势,由此成为区域旅游生态安全响应子系统水平快速提升的重要约束,强化政府财力支持、完善旅游餐饮住宿设施、推进森林生态系统保育更新等是未来提升张家界旅游生态安全响应能力的战略关键,对于区域有力抵御旅游可持续发展所面临的各项冲击挑战具有重要意义。

3.3 旅游生态安全动态预警趋势

通过运用 CNN-LSTM 混合神经网络预测模型,对张家界 2021—2030 年旅游生态安全预警趋势进行预测,进而得到拟合结果(图 3),结果拟合优度 $R^2 = 0.9611$,平均误差为 0.0018,拟合趋势线为 $y = 0.516\ln(x) + 0.8679$,整体拟合结果较好,可对旅游生态安全动态演变趋势进行预测。

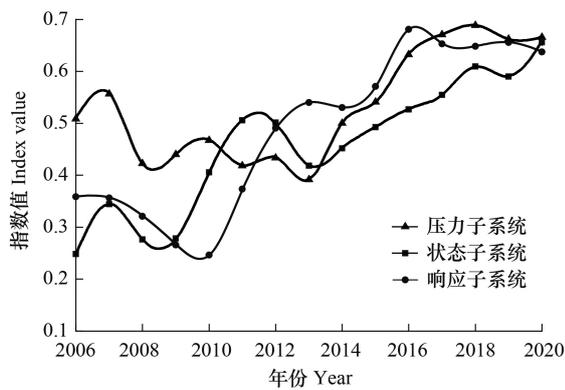


图 2 2006—2020 年张家界旅游生态安全各子系统演变趋势
Fig.2 The evolution trend of each subsystem of tourism ecological security in Zhangjiajie(2006—2020)

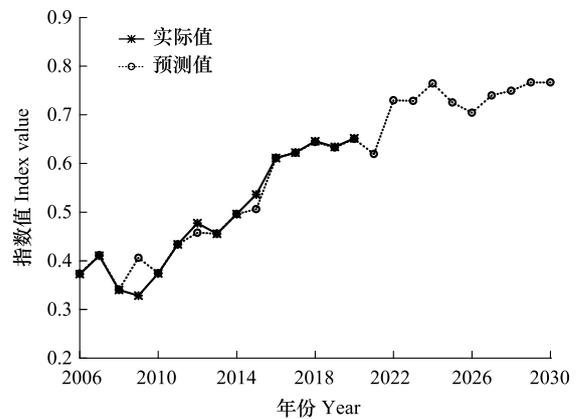


图 3 张家界旅游生态安全动态预警趋势拟合结果
Fig.3 The fitting result of dynamic warning trend of tourism ecological security in Zhangjiajie

根据上述预测模型,得到 2021—2030 年张家界旅游生态安全动态预警趋势分析结果。表 3 显示,按照目前发展态势,未来 10 年内,若不发生重大事故,随着我国“主体功能区划”“生态文明”“社会经济高质量发展”等战略体系纵深推进以及“生态优先、绿色发展”“绿水青山就是金山银山”等战略理念不断深入人心,张家界通过牢固秉持“生态立市”“旅游强市”两大社会经济发展主线,区域旅游生态安全水平将整体呈“螺旋式”上升趋势,2021—2030 年,旅游生态安全指数值有望从 0.6194 上升至 0.7665,中间伴有“涨落交替”现象,旅游生态安全等级与警情状态由“一般安全(轻警)级”逐步演替至“非常安全(无警)级”,区域旅游生态安全状况将会得到持续优化改观,但仍存在较大不稳定性和不确定性,旅游生态安全潜在风险挑战依然存在,生态环境保护与建设成效尚需持续稳固,未来应在国家战略框架下,进一步扩大释放生态旅游城市建设红利,引导区域稳步跨入以高端优质生态产品供给、高质量旅游开发为目标趋向的“社会-经济-资源-环境-生态”系统良性循环发展期。

表 3 2021—2030 年张家界旅游生态安全动态预警趋势结果分布

Table 3 The results distribution of dynamic warning trend of tourism ecological security in Zhangjiajie (2021—2030)

年份 Year	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
安全指数 Security index	0.6194	0.7300	0.7285	0.7645	0.7253	0.7044	0.7400	0.7494	0.7666	0.7665
轻警 Light warning	●									
微警 Tiny warning		□	□		□	□	□	□		
无警 No warning				◇					◇	◇
符号标识 Symbol label		●				□			◇	
安全等级 Security level		一般安全级			比较安全级			非常安全级		
划分区间 Partition interval		$0.55 < C_i \leq 0.65$			$0.65 < C_i \leq 0.75$			$0.75 < C_i \leq 1$		

C_i 表示第 i 年旅游生态安全指数

3.4 旅游生态安全演变驱动因素分析

通过运用因子贡献度模型,识别张家界旅游生态安全动态演变驱动因素,由于涉及年份和指标较多,将重点以 2006、2011、2016、2020 年为时间节点,集中筛选贡献度位列前 10 位的指标因子作为识别驱动因素的依据。表 4 显示,影响旅游生态安全动态演变的首位因子呈现“水土流失综合治理面积→省级以上自然保护区面积→城镇化率”的转换特征,首位因子影响方向具有“正负共存”性且贡献度呈持续增长态势,表明旅游生态安全动态演变是因子正向驱动与负向抑制综合作用的结果,首要因子影响程度日趋增强。具体来看:

表 4 张家界旅游生态安全动态演变前 10 位影响因子排序

Table 4 The rank of top 10 influencing factors on dynamic evolution of tourism ecological security in Zhangjiajie

排序 Rank	2006 年		2011 年		2016 年		2020 年	
	影响因子 Influence factor	因子贡献度 Factor contribution/%						
1	R ₁₂	7.70	R ₁₂	8.72	S ₁₃	8.97	P ₄	9.56
2	S ₁₁	5.07	P ₁₃	7.36	S ₁₁	7.28	S ₁₁	9.53
3	S ₅	5.00	R ₅	6.54	P ₆	6.55	R ₂	9.13
4	S ₈	4.83	P ₆	5.86	P ₁₀	5.44	S ₁₃	7.86
5	S ₄	4.80	S ₂	4.91	P ₄	5.14	R ₃	7.56
6	R ₁₀	4.77	P ₁₀	4.87	R ₂	5.11	R ₆	6.99
7	P ₇	4.58	S ₈	4.43	R ₇	5.10	R ₁₁	6.73
8	S ₆	4.41	S ₅	4.22	S ₂	4.98	P ₅	6.56
9	S ₂	3.72	S ₆	3.92	S ₁	4.89	R ₄	5.63
10	P ₆	3.70	R ₇	3.78	R ₁₁	4.36	S ₂	5.25

2006 与 2011 年,影响旅游生态安全的首要因子均为水土流失综合治理面积,年度贡献度分别为 7.70% 与 8.72%,该因子是表征区域自然生态系统治理与修复成效的重要指标,十一五以来,张家界通过秉持“生态优先,绿色发展”理念,着力推进小流域综合治理、基本农田保护、退耕还林还草等工程措施,水土流失治理成效显著,自然生态系统退化态势得到一定遏制,为提升旅游生态安全水平提供了有力支撑;2016 年,首要因子转换为省级以上自然保护区面积,因子贡献度增至 8.97%,该因子一定程度上反映了区域自然本底条件优劣性,也是判识旅游产业是否得以安全可持续发展的重要依据,十一五以来,张家界以筑牢国家生态安全屏障为己任,着力推进以国家公园为主体的自然保护地体系建设,生物多样性、“林田湖草沙”自然生态系统得到全面保护,为旅游生态安全体系优化提供了坚实自然空间基底;2020 年,首要因子转换为城镇化率,因子贡献度提升至 9.56%,该因子反映了城镇化对生态环境的胁迫程度,对旅游生态安全水平提升具有负向抑制效应,2006 年以来,在区域主体功能限制开发以及“新型城镇化”战略导向下,张家界“冒进式”城镇化发展态势得到有效

控制,但年均增长率仍相对偏高,达到 3.05%,高于全国平均值 2.72%,进而对旅游生态安全水平产生一定制约,借以表明区域城镇化高质量发展与新型城镇化建设仍任重道远。

前 10 位影响因子中,出现频率较高的为旅游总收入占 GDP 比重(4 次)、人均公园绿地面积(3 次)、工业总产值占 GDP 比重(3 次),三大指标因子累计频率达到 25%,十一五以来,张家界以“生态立市”“旅游强市”为战略主线,以“打造旅游业经济支柱地位、强化公共绿地建设供给、推进工业绿色转型发展”为实施路径,生态环境保护与产业结构转型稳步推进,三大指标数据分别增长 64.43%、26.73%、-55.14%,人居环境建设与绿色高质量发展成效显著,为旅游生态安全水平优化提升发挥积极作用;前 10 位影响因子中,城镇化率、城市建设用地面积增长率、单位 GDP 能耗值、工业 SO₂ 排放量、旅游总收入年增长率、全体居民家庭恩格尔系数、全年自然灾害成灾面积等具有负向抑制属性的指标因子累计出现频率为 22.50%,平均贡献度达到 6.10%,是造成旅游生态安全潜在威胁和发展不确定性的主要归因,表明持续推进“以人为本”的新型城镇化、构建绿色低碳循环经济体系、全面增强自然灾害防治应对能力、改善扩大社会民生福祉等时代使命仍较为艰巨,这也是稳步提升张家界旅游生态安全水平的必由之路。

4 结论、建议与讨论

4.1 结论

(1) 2006—2020 年,张家界旅游生态安全指数总体呈波动上升趋势,安全等级与警情状态由“敏感(重警)级”演替至“比较安全(微警)级”,旅游生态安全状况不断趋好,旅游生态安全水平时序演进具有显著的阶段分异性,大致分为“增减交替”“快速上升”“稳定增长”三个时期。

(2) 2006—2020 年,旅游生态安全三大子系统均朝良性方向发展,压力子系统平均安全水平最高,但年均增长速率迟缓,安全等级与警情状态由“临界安全(中警)级”演替至“比较安全(微警)级”;状态子系统平均安全水平最低,但年均增长速率最快,安全等级与警情状态由“恶化(巨警)级”演替至“比较安全(微警)级”;响应子系统呈“先降后升”演变态势,安全指数极差值达到 0.4346,安全水平演变具有极强不稳定性,安全等级与警情状态由“敏感(重警)级”演替至“一般安全(轻警)级”。

(3) 2021—2030 年,旅游生态安全指数预测值有望从 0.6194 上升至 0.7665,中间伴有“涨落交替”现象,安全水平整体呈“螺旋式”上升趋势,安全等级与警情状态由“一般安全(轻警)级”逐步演替至“非常安全(无警)级”,旅游生态安全状况将会得到持续改观,但仍存在较大不稳定性和不确定性。

(4) 影响张家界旅游生态安全动态演变的首位因子具有“水土流失综合治理面积→省级以上自然保护区面积→城镇化率”的转换特征,旅游经济贡献提升、公共绿地建设供给、工业绿色转型发展是驱动旅游生态安全水平不断优化的重要贡献力量,城镇化率、城市建设用地面积增长率、单位 GDP 能耗值、工业 SO₂ 排放量、旅游总收入年增长率、全体居民家庭恩格尔系数、全年自然灾害成灾面积等则产生较强负向抑制效应。

4.2 建议

基于前文结论发现,并结合张家界作为主体功能限制开发区和典型旅游导向型城市的地域特性,为稳步提升旅游生态安全水平和旅游可持续发展能力,提出如下建议:

第一,针对限制进行大规模高强度城镇化与工业化的刚性约束,全面把握社会经济高质量发展、绿色转型发展机遇,科学确定城镇化、工业化最佳发展阈值,以“推进新型城镇化、加快工业绿色转型、强化环境保护规划、优化能源消费结构、推广绿色减排技术”等为实施路径,全面克服传统城镇化与工业化模式对旅游生态安全的胁迫冲击效应。

第二,面向主体功能限制开发和以提供生态产品为主的功能使命,通过对标国际生态旅游城市建设标准,以扩容增强旅游生态产品产出供给能力为首任,精准评估区域旅游环境承载力和合理控制旅游开发强度,规避超负荷、大规模、高速率旅游开发对旅游生态安全的冲击挑战,持续推动旅游开发模式由传统“粗放、低效、外延”式向“精细、高效、内涵”式转变,实现旅游生态产品优质供给与旅游产业安全可持续发展的双赢。

第三,基于全体居民家庭恩格尔系数对旅游生态安全优化提升的抑制效应,政府决策层要始终将增进民生福祉作为发展的根本目标,通过健全旅游生态安全保护补偿标准体系以及区际旅游生态补偿协调机制,解决张家界因作为限制开发区和承担生态保护、生态产品供给等功能体系而导致的发展机会剥夺问题,以新时代“共同富裕”思想为指引,聚焦提升人民生活品质、国民素质水平和社会文明程度,强化公众环境保护意识,为保障旅游生态安全创造稳固的社会基础。

最后,频繁多发的自然灾害是制约张家界旅游产业安全可持续发展的一大挑战,要加快构建自然灾害预警防范机制,通过开展全域自然灾害风险普查和提高灾害监测预警水平,提升自然灾害综合防御与应急响应能力,最大程度化解自然灾害对区域旅游资源、旅游基础设施、旅游项目开发的潜在威胁;严控人类活动对山岳、水体、植被、岩洞、农田等自然生态要素的干预作用,夯实区域抵御自然灾害冲击的环境生态基础,降低自然灾害发生频率与破坏强度,为旅游活动有序开展构筑坚实安全的生态空间格局。

4.3 讨论

本研究从区域主体功能限制开发视域切入,以我国典型旅游城市张家界为案例地,探究旅游生态安全动态演变特征及驱动因素,弥补了当前学术界重点关注全国、区域、省域等大尺度单元旅游生态安全问题以及忽视不同主体功能导向下的旅游生态安全空间异质性等缺陷不足,在切入视角和研究区域及尺度选择方面进行了一定创新,相关研究发现可为主体功能限制开发区旅游高质量发展、优化旅游地“人地关系”以及推进“生态文明”“绿色发展”战略进程等提供参考借鉴。总体来看,在国家宏观战略指引下,张家界旅游生态安全呈持续向好态势,但旅游地作为一个由“社会-经济-资源-环境-生态”构成的复杂空间系统,区域旅游生态安全动态演变是多变量综合集成的结果,其发展态势仍存在较大不稳定性和不确定性,特别是城镇化率、城市建设用地面积增长率、单位 GDP 能耗值、工业 SO₂ 排放量、旅游总收入年增长率、全体居民家庭恩格尔系数、全年自然灾害成灾面积等指标因子对张家界旅游生态安全优化提升的负向抑制效应仍需引起高度警惕。

区域主体功能限制开发下的旅游生态安全往往存在较强的尺度差异,对于主体功能限制开发和以供给旅游生态产品为功能导向的张家界而言,其空间尺度明显相异于大尺度单元(如全国、城市群、经济带、省域等),从而使其旅游生态安全特性及其研究的普适价值值得关注,本文仅将区域主体功能限制开发作为切入视角对张家界旅游生态安全动态演变特征及驱动因素做了尝试性探索,主体功能限制开发视域下的旅游生态安全内涵诠释、指标遴选等尚存在缺陷不足,后续还有待进一步挖掘。同时,囿于旅游产业边界模糊性以及受现有旅游统计口径制约,导致与旅游开发直接相关的生态破坏、环境污染等相关数据难以剥离,这也是本文开展研究的一大难点,未来研究可考虑综合运用地理空间大数据(如兴趣点、兴趣面数据等)、卫星遥感影像数据、生态环境监测数据、采样点调研数据等,在数据精度、指标全面性等方面对张家界旅游生态安全演变特征进行深入探索。

参考文献(References):

- [1] 樊杰. 中国主体功能区划方案. 地理学报, 2015, 70(2): 186-201.
- [2] Wall G, Wright C. The environmental impact of outdoor recreation Ontario: University of Waterloo, 1977.
- [3] Weaver T, Dale D. Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests. *Journal of Applied Ecology*, 1978, 15(2): 451-457.
- [4] Garrod B, Fyall A. Beyond the rhetoric of sustainable tourism? *Tourism Management*, 1998, 19(3): 199-212.
- [5] O'Reilly A M. Tourism carrying capacity. *Tourism Management*, 1986, 7(4): 254-258.
- [6] Deaden P, Harron S. Alternative tourism and adaptive change. *Annals of Tourism Research*, 1994, 21(1): 81-102.
- [7] Butler R W. Sustainable tourism: a state-of-the-art review. *Tourism Geographies*, 1999, 1(1): 7-25.
- [8] Buckley R. A framework for ecotourism. *Annals of Tourism Research*, 1994, 21(3): 661-665.
- [9] Ehigiamusoe K U. Tourism, growth and environment: analysis of non-linear and moderating effects. *Journal of Sustainable Tourism*, 2020, 28(8): 1174-1192.
- [10] Mutana S, Mukwada G. Are policies and guidelines shaping tourism sustainability in South Africa? Critical Success Factors for tourism sustainability governance in the Drakensberg Region. *Tourism and Hospitality Research*, 2020, 20(2): 198-209.
- [11] Kusumawati A, Pangestuti E, Supriono S. The antecedent of event attachment influence on tourism sustainability: the case of Jember Fashion Carnival, Indonesia. *International Journal of Tourism Cities*, 2022, 8(4): 1000-1018.

- [12] Garau G, Carboni D, Karim El Meligi A. Economic and environmental impact of the tourism carrying capacity: a local-based approach. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 2022, 46(7): 1257-1273.
- [13] Dorofeeva A R. Towards green travel: application of principles of ecological tourism in the Russian glamping market. *European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation*, 2021, 11(2): 171-180.
- [14] Chikodzi D, Nhamo G, Dube K, Chapungu L. Climate change risk assessment of heritage tourism sites within South African National Parks. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 2022, 10(3): 417-434.
- [15] Alizadeh M. Tourism impact on air pollution in developed and developing countries. *Iranian Economic Review*, 2020, 24(1): 159-180.
- [16] Raihan A, Tuspekova A. Dynamic impacts of economic growth, energy use, urbanization, tourism, agricultural value-added, and forested area on carbon dioxide emissions in Brazil. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 2022, 12(4): 794-814.
- [17] Vaughn S E. Ecotourism's ethics: self-organization and care in urban Guyana. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 2022, 5(2): 976-994.
- [18] Powell L A, Powell K D J. Perceptions of risk and adaptive capacity frame decisions by Namibians engaged in ecotourism. *Great Plains Research*, 2020, 30(2): 113-123.
- [19] 吕君. 旅游生态安全思想的缘起及其安全状态诊断. *内蒙古财经学院学报*, 2007(5): 35-38.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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. *地理科学*, 2021, 41(1): 33-43.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 徐美, 刘春腊, 李丹, 钟晓林. 基于改进 TOPSIS-灰色 GM(1, 1) 模型的张家界市旅游生态安全动态预警. *应用生态学报*, 2017, 28(11): 3731-3739.
- [27] 武岳. 草原旅游地旅游生态安全管理机制. *区域治理*, 2019(50): 101-103.
- [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] 吕霄, 朱海峰. 我国沿海地区旅游生态安全时间演变与影响因素研究. *经营与管理*, 2021(1): 184-188.
- [30] 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.
- [31] 石丹, 关婧文. 基于 DPSIR-物元的吉林省旅游生态安全时空格局测度及障碍诊断. *生态学杂志*, 2022, 41(8): 1653-1664.
- [32] 李亚娟. 武汉市旅游生态安全研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [33] 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.
- [34] 石丹, 关婧文, 刘吉平. 基于 DPSIR-EES 模型的旅游型城镇生态安全评价研究. *生态学报*, 2021, 41(11): 4330-4341.
- [35] 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.
- [36] 陈伟康, 李亚. 基于 AHP 方法旅游地生态安全评价——以丘北普者黑景区为例. *北方经贸*, 2015(7): 299-301.
- [37] 吕君, 刘丽梅. 基于生态安全的草原旅游发展研究. *经济纵横*, 2007(14): 44-46.
- [38] 汤傅佳, 黄震方, 徐冬, 陆婧. 水库型旅游地生态安全时空分异及其关键影响因子分析——以溧阳市天目湖为例. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(5): 1114-1123.
- [39] 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.
- [40] 肖建红, 于庆东, 刘康, 陈东景, 陈娟, 肖江南. 海岛旅游地生态安全与可持续发展评估——以舟山群岛为例. *地理学报*, 2011, 66(6): 842-852.
- [41] 张晶, 罗峰. 旅游地生态安全评价——以杭州西溪湿地为例. *广西社会科学*, 2012(3): 64-67.
- [42] 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.
- [43] 陈丽, 宋小龙, 卜晓燕. 宁夏回族自治区旅游生态安全动态评价及其驱动机制. *水土保持研究*, 2020, 27(6): 278-284.
- [44] 武春友, 郭玲玲, 于惊涛. 区域旅游生态安全的动态仿真模拟. *系统工程*, 2013, 31(2): 94-99.
- [45] 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.
- [46] 李细归, 吴黎, 吴清, 周勇. 中国旅游生态安全测度及障碍因子诊断研究. *生态经济*, 2017, 33(6): 90-95.
- [47] 樊杰. 我国主体功能区划的科学基础. *地理学报*, 2007, 62(4): 339-350.
- [48] 盛科荣, 樊杰. 主体功能区作为国土开发的基础制度作用. *中国科学院院刊*, 2016, 31(1): 44-50.
- [49] 蒋贵彦, 运迎霞, 任利剑, 杨海镇. 基于改进 TOPSIS 模型的西部河谷型城市生态安全时空分异及障碍因子诊断. *安全与环境学报*, 2020, 20(1): 342-351.
- [50] 陈明星, 陆大道, 张华. 中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析. *地理学报*, 2009, 64(4): 387-398.
- [51] 杜晓明, 葛世伦, 王念新. 基于 CNN_LSTM 混合神经网络模型的学业预测. *现代教育技术*, 2021, 31(12): 69-76.
- [52] 王立业, 师春春, 张文信, 刘艳芳, 刘耀林, 关梅. 2009—2019 年山东省耕地生态安全评价及障碍因子诊断. *水土保持研究*, 2022, 29(6): 138-145, 153.
- [53] 刘纪远, 刘文超, 匡文慧, 宁佳. 基于主体功能区规划的中国城乡建设用地扩张时空特征遥感分析. *地理学报*, 2016, 71(3): 355-369.
- [54] 熊鹰, 李艳梅. 湖南省主体功能区划分及发展策略研究. *软科学*, 2010, 24(1): 80-84.
- [55] 吴艳霞, 魏志斌, 王爱琼. 基于 DPSIR 模型的黄河流域生态安全评价及影响因素研究. *水土保持通报*, 2022, 42(6): 322-331.
- [56] 孙永胜, 佟连军. 吉林省限制开发区域资源环境承载力综合评价. *自然资源学报*, 2021, 36(3): 634-645.
- [57] 李悦, 袁若愚, 刘洋, 郝敏, 孔范龙. 基于综合权重法的青岛市湿地生态安全评价. *生态学杂志*, 2019, 38(3): 847-855.
- [58] 刘胜峰, 闫文德. 漓江流域土地生态安全时空分异及其影响因素. *中南林业科技大学学报*, 2021, 41(11): 136-151.