

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

李竹¹ 吴卫^{1, 21}

(1. 湖南师范大学 旅游学院, 湖南 长沙 410081;

2. 湖南财政经济学院 地理研究所, 湖南 长沙 410205)

【摘要】:厘清旅游生态效率与区域生态安全的空间一致性能为旅游生态价值研究提供新思路。以 2005~2018 年长江中游各地级市为研究区域, 分别利用单一指标法、PSR 模型、空间一致性系数评价旅游生态效率、区域生态安全及两者空间一致性, 运用空间分析法研究其时空分异特征, 采用 Logistic 和 Probit 模型探讨其影响因素。结果表明: (1) 研究期间, 长江中游旅游生态效率和区域生态安全呈上升趋势。(2) 两者重心距离由接近到渐远, 表明两者之间存在“倒 U 型”变化趋势。(3) 均衡型区域增多, 非均衡型区域减少, 两类型空间集聚强度皆呈增长趋势。(4) 空间一致性均衡型受资源禀赋、社会保障和环境建设正向影响, 受人口、人均基本生活和科技进步负向影响。(5) 空间一致性非均衡型受人均基本生活、科技进步、产业结构和环境污染正向影响, 受社会保障、经济增长和环境建设负向影响。

【关键词】: 长江中游 旅游生态效率 区域生态安全 空间一致性 Logistic 和 Probit 模型

【中图分类号】: F129.9 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2022)03-0537-14

旅游业是生态文明建设中最具优势、最有潜力的“美丽产业”^[1]。旅游业作为环境友好、资源消耗低、生态共享的新增长点, 对保障区域生态安全和实现区域高质量发展具有重要意义^[2]。学者们已然意识到发展旅游虽能促进社会进步和经济增长, 却未能在推动区域可持续发展过程中充分发挥其生态价值^[3]。因此学者们提出可通过改进旅游生态效率, 即实现旅游业经济和生态双重价值, 改善区域生态安全, 进而推动区域高质量发展和美丽中国建设^[4]。

1 文献综述

Gossling 首次明确地提出了旅游生态效率^[5]。旅游生态效率是生态效率的衍生品。生态效率是指在产品和服务生产过程中, 在降低自然资源和能源消耗的同时, 提升产品和服务价值, 且能减少污染物排放和浪费现象^[6]。旅游生态效率是指为实现旅游经济效益最大化和环境影响最小化的双重目标, 用旅游经济与环境效应比值表示, 是评价旅游业可持续发展能力的一个指标^[7, 8]。国外相关研究较早但数量不多, 主要聚焦于深化概念内涵^[5], 并扩展至优化策略^[9]、构建评价指标^[10]及旅游与其他产业生态效率对比^[11]等; 近期发表在 WOS 的文章多源于中国学者, 包括时空演变和影响因素^[12]等内容, 主要采用数据包络和空间分析等方法

¹作者简介: 李竹(1990~), 女, 博士研究生, 主要研究方向为旅游地理与生态经济。E-mail: 743268288@qq.com; 吴卫 E-mail: ink05@163.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771162)

^[13]。国外探讨“旅游与生态”的成果较多,主要为生态旅游系统^[14]、发展现状^[15]及旅游对生态环境影响^[16]等内容。国内在延续了国外研究的基础上,结合本国国情,在实际应用方面进行了深化。研究内容主要有理论分析^[17]、指标构建^[2]、时空演变和影响因素分析^[2,18,19,20]等。研究方法较为丰富,主要包括单一指标法、指标体系法和模型法等^[2,18,19,20,21,22]。生态安全是指人的生活、健康、安全、基本权利、生活保障来源、必要来源、社会次序、人类适应环境的能力等方面不受威胁的状态,包括自然、经济和社会生态安全^[23]。国外研究时间较早,主要为生态安全与经济^[24]、生态安全格局和生态安全模型研究^[25]等,近期较为关注生态系统与粮食安全^[26]等方面。国内延续国外研究内容,主要为基于生态系统自身安全和生态系统服务价值的生态安全评价^[27]。研究方法包括生态学方法,模型分析,景观分析,遥感和地理信息系统,目标评价模型,生态足迹和综合指标评价方法等^[23]。研究尺度涉及区域、国家和全球,其中区域研究成为热点。生态安全研究也拓展到旅游业,主要是旅游生态安全评价及预警^[28]、时空演变和影响因素^[3,29]等研究。

旅游生态效率与区域生态安全是旅游发展和区域发展领域的重要问题。赵先超等^[30]提出湖南旅游能源消费增长、社会综合发展、科研与环保投入能限制旅游生态安全提升;吴玉鸣等^[31]提出了资源利用效率不高时影响生态环境改善;说明旅游生态效率与区域生态安全存在一定的关联。区域可持续发展和生态文明建设对旅游业的发展提出了更高的要求,在维持经济增长的同时也要保护生态环境,即提升旅游生态效率^[2]。生态环境保护与旅游业发展具有相互作用、相互影响的辩证关系^[32]。良好的生态安全状态表明区域具有较好的生态环境,而较好的生态环境则是旅游开发和打造高质量旅游景区的基本前提。旅游生态效率的提高,既能为生态安全改善提供必要的技术支持和资金保障,也体现旅游业发展对环境保护的效果,即表现为旅游业能有效发挥生态价值,此时区域能强化生态文明理念的传播,可迫使区域污染行业转移或关闭并退出区域市场,可吸引更多生态效率较高的产业进入市场,可带动区域已有的环境友好型产业的生态效率,皆对区域生态安全改善具有促进作用;因此提高旅游生态效率能促进区域生态安全改善。另外,旅游生态效率的提升主要体现在“旅游三大支柱产业”,即旅游交通、旅游酒店和旅游景区。旅游业促进生态环境的效应直接作用于此三大支柱产业。而区域生态安全改善涉及众多行业生态价值的发挥,包括以农牧渔林业为主的第一产业、以工业为主的第二产业和以旅游及其他服务业为主的第三产业。当旅游业生态价值无法有效发挥时,提升旅游生态效率仅对与旅游三大产业相关的小范围内生态环境保护具有效用,此时区域生态安全的改善更多受到其他行业的影响,提高旅游生态效率对改善区域生态安全的效果甚微。空间一致性分析能从空间维度上体现人口与经济均衡发展^[33],因此本文借助空间一致性指数显示旅游生态效率与区域生态安全均衡发展。理想状态下,同一区域的旅游生态效率和区域生态安全的升降同步发生,即提高旅游生态效率的同时区域生态安全获得改善。但实际上不同区域的旅游生态效率和区域生态安全现状及其升降具有差异,因此可能存在同步和不同步现象,即空间一致性表现为均衡和非均衡状态。均衡状态下,旅游生态效率与区域生态安全的空间一致性较强。非均衡状态下,旅游生态效率与区域生态安全的空间一致性较弱,会出现旅游生态效率高于或低于区域生态安全的现象;旅游生态效率高时,旅游业不仅提供经济贡献也能改善本行业的生态环境,但因工业等其他行业对环境的负面影响,削弱了其改善区域生态安全的效果;旅游生态效率低时,区域生态安全的改善更多源于其他行业生态价值的发挥;以上两种情况皆表示旅游业不能充分发挥其生态价值。因此掌握旅游生态效率和区域生态安全现状,研究两者空间一致性,分析其均衡和非均衡发展的影响因素,是探寻如何充分发挥旅游生态价值和推动区域生态安全改善的理论基础。

从现有的文献来看,国内外研究者探讨旅游生态效率和区域生态安全的成果逐渐攀升,但是鲜少将旅游生态效率和区域生态安全作为区域可持续发展的内部要素,探讨两者间的关系以及如何均衡发展。旅游业如何在为区域经济作出贡献的同时发挥旅游生态价值并促进区域生态安全改善,是旅游研究领域亟须回答的问题。长江中游是长江经济带“承上启下”的重要区域。长江经济带实现生态文明建设,需要重视中游生态发展,而中游如何借助旅游发展的机会,充分发挥旅游经济和生态价值,缓解区域生态安全问题,对中游和整个长江流域高质量发展具有重要作用。本文以2005~2018年长江中游各地级市为研究区域,利用单一指标法、PSR模型和空间分析法分别测算、分析旅游生态效率和区域生态安全及其时空分异特征,运用空间一致性系数和空间分析法测算、分析两者空间一致性及其均衡和非均衡型时空分异特征,采用Logistic和Probit模型探讨其均衡和非均衡发展的影响因素,以期为今后旅游发展和区域安全的战略布局提供理论基础。

2 方法与数据

2.1 研究区域

依据《长江中游城市群发展规划》，长江中游区域包括湖南、湖北和江西三省，共 42 个地级市(直管市)。2019 年区域总面积、总人口和地区生产总值约为 56.460 万 km²、1.751 亿人和 11.034 万亿元，分别占长江经济带的 27.511%、29.086%和 24.102%。长江中游不仅是长江经济带“承上启下”的区域，更是全国的地理中心区域，其生态文明建设对推动长江流域乃至全国的高质量发展都有举足轻重的作用。至 2019 年，区域旅游总人数和旅游总收入分别约为 13.691 亿人次和 2.950 万亿元，占长江经济带的 17.631%和 32.380%。长江中游具有优越的地理条件、丰富的自然景观、灿烂的文化、多样的民俗风情和众多的革命根据地，共同孕育了琳琅满目的旅游景观。旅游资源种类丰富，中国优秀旅游城市、国家历史名城、国家级森林公园和国家重点文化保护单位众多。区域旅游发展迅速，但能否借此“东风”充分发挥其应有的生态价值，对缓解区域生态安全隐患具有重要意义。因此探索长江中游的旅游生态效率与区域生态安全的现状，分析两者的空间一致性和影响因素，对今后如何提升旅游生态效率，改善区域生态安全，推动区域生态文明建设，实现区域可持续发展具有积极作用。

2.2 研究方法

2.2.1 旅游生态效率测算

旅游生态效率的测算方法分为单一指标，指标体系和模型法^[7]。单一指标法比指标体系法简洁、清晰，能减少指标体系及设置权重所带来的影响；模型法虽有优势，但也存在随机因素等方面影响^[21]，因此采用单一比值法测算旅游生态效率。为方便测算空间一致性，对其进行调整，公式如下：

$$TEE = \frac{TR}{TC} \quad (1)$$

式中：TEE 为旅游生态效率；TC 为旅游碳排放；TR 为旅游总收入。TEE 值越大表示效率越高。其中旅游碳排放采用“自下而上”的方法，由旅游交通¹、旅游住宿²和旅游活动三类组成^[21]。

2.2.2 区域生态安全测算

PSR 模型，即“压力-状态-响应”模型，能够清晰地反映人类生产生活活动对生态环境形成的压力、生态系统状况的改变和人类在应对其变化时作出的响应，是现在常用于分析生态安全的一种方法。基本内涵为：人类活动对环境施加了压力，引起环境状态改变，然后采用补救措施对环境恶化进行响应^[34]。参考文献[3, 35, 36]，本文依据 PSR 模型框架构建 4 级生态安全综合评价指标体系，自上而下分别为目标层、项目层、准则层和指标层。其中准则层分为社会、经济和自然环境三部分，且以可操作性、可比性、科学性和系统性为原则，在研究地域特征和数据可获得性的基础上，最终选择能够反映社会、经济和自然环境的 25 个因子作为具体评价指标(表 1)。将筛选出的评价指标采用熵权法计算其权重，主要包括极差标准化、指标权重的确定和综合得分计算。其值越大，表明区域生态安全状况越好。详细计算过程见文献[34]。

其中，极差标准化方法，公式如下所示：

$$X_{ij} \text{ 为正指标}$$

$$A_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (2)$$

$$X_{ij} \text{ 为负指标}$$

$$A_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - x_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (3)$$

2.2.3 空间一致性测算

为了获得旅游生态效率(TEE)与区域生态安全(TES)的空间一致性,借鉴人口与经济学研究领域常用的空间一致性指数进行测算^[37]。公式如下:

$$S_{it} = \frac{TEE_{it}/TEE_t}{TES_{it}/TES_t} \quad (4)$$

式中: S 为 t 年 i 地级市的旅游生态效率与区域生态安全空间一致性。其值大于 1,表明旅游生态效率集中度超过区域生态安全集中度;其值小于 1,表明区域生态安全集中度超过旅游生态效率集中度。其值离 1 越近,空间一致性均衡性越高,否则越低。

表 1 区域生态安全评价指标体系

目标层	项目层	准则层	指标层	属性	权重
区域生态安全 综合指数 A	压力 B1	社会压力 C1	人口密度(人/km ²)D1	-	0.024
			人口自然增长率(‰)D2	-	0.022
			城镇化水平(%)D3	-	0.027
		经济压力 C2	人均 GDP(元)D4	-	0.021
			单位 GDP 耗能(t 标准煤/万元)D5	-	0.027
		自然压力 C3	人均化肥使用量(t)D6	-	0.026
			人均工业废水排放量(t)D7	-	0.018
			人均工业 SO ₂ 排放量(t)D8	-	0.025
			人均工业烟尘排放量(t)D9	-	0.015
	状态 B2	社会状态 C4	人均用水量(m ³)D10	+	0.087
			人均耕地面积(km ²)D11	+	0.037
			人均粮食产量(t)D12	+	0.037

		经济状态 C5	城镇居民人均可支配收入(元)D13	+	0.054
			GDP 增长率(%)D14	+	0.029
		自然状态 C6	人均煤炭消费量(t)D15	-	0.081
			人均公共绿地面积(m ²)D16	+	0.088
			森林覆盖率(%)D17	+	0.041
			建成区绿地覆盖率(%)D18	+	0.026
	响应 B3	社会响应 C7	环境投入占财政支出比值(%)D19	+	0.078
			科学技术支出占财政支出比值(%)D20	+	0.074
		经济响应 C8	第三产业占 GDP 比值(%)D21	+	0.035
			医疗卫生支出占财政支出比值(%)D22	+	0.049
		自然响应 C9	一般工业固体废弃物综合利用率(%)D23	+	0.025
			城市污水集中处理率(%)D24	+	0.033
			生活垃圾无害化处理率(%)D25	+	0.022

2.2.4 Logistic 模型

Logistic 模型和 Probit 模型都是离散模型中的常用模型,但 Logistic 模型简单直接,应用更广。当因变量是虚拟变量时,两者无本质区别,一般情况下可以换用。区别在于前者假设随机变量服从逻辑概率分布,后者服从正态分布。因此为分析旅游生态效率和区域生态安全的空间一致性均衡型的影响因素,采用 Logistic 回归模型进行测量,Probit 模型验证结果的稳健性。其中均衡型或非均衡型(Y=1)的概率设为 P,则非均衡型或均衡型(Y=1)的概率设为 1-P。Logistic 回归模型中, $\text{Logit}[P/(1-P)] = \ln [P/(1-P)]$, 公式为^[38]:

$$\text{Logit}[P/(1-P)] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_i x_i \quad (5)$$

式中: x 为影响因素; β_i 为回归系数; β_0 为截距项。

2.2.5 其他研究方法

为考察旅游生态效率和区域生态安全及两者空间一致性时的空分异特征,利用 ArcGIS 软件可视化分析、重心分析和空间自相关分析方法进行研究,由于以上空间分析法为常用方法,此处对详细过程不做过多展示,可参考文献[19, 37]。

2.3 数据来源及处理

本文所需旅游总收入、旅游总人数等相关数据主要来源于 2006、2011、2016 和 2019 年《中国旅游统计年鉴》《旅游抽样调

查资料》各省各地级市统计年鉴和统计公报。生态安全指标和影响因素来源于 2006、2011、2016 和 2019 年《中国城市统计年鉴》、各省各地级市统计年鉴、统计公报、统计局以及文化和旅游局资料。部分地区缺失数据根据临近年份数据采用趋势插补法进行补充。其中，部分指标根据统计年鉴公式计算得出，如人均煤炭消费量采用煤炭消费总量与常住人口的比值表示。

3 结果与分析

3.1 旅游生态效率与区域生态安全的时空变化

为了更直观地呈现旅游生态效率和区域生态安全的时空变化，本文在参考旅游生态效率^[19]和区域生态安全^[39]相关文献的基础上，根据指数计算结果，制定长江中游旅游生态效率和区域生态安全分级评价标准(表 2),即在各值域范围内非均匀划分为 5 个级别，值越高对应的状况越好。

表 2 长江中游旅游生态效率和区域生态安全分级评价标准

	取值范围	等级	评语
旅游生态效率分级标准	[0.000~0.200]	I	较低效率
	[0.200~0.500]	II	低效率
	[0.500~0.800]	III	中等效率
	[0.800~1.500]	IV	较高效率
	[1.500~]	V	高效率
生态安全分级标准	[0.000~0.300]	I	恶劣级
	[0.300~0.400]	II	敏感级
	[0.400~0.500]	III	临界级
	[0.500~0.800]	IV	良好级
	[0.800~1.000]	V	安全级

3.1.1 旅游生态效率的时空变化

2005~2018 年长江中游各地级市的旅游生态效率指数介于 0.061~12.071 之间，呈上升趋势，其等级由 I、II 和 III 级逐渐向 IV 和 V 级转变(图 1),表明区域整体旅游生态效率不断提升。该结果与王兆峰等^[19]运用 Super-SBM 模型测算的省级层面旅游生态效率增涨趋势类似。旅游生态效率呈显著空间分异特点，表现为西部和东南部较高，而中部较低的空间形态，主要以 3 大城市群为中心呈“核心-周边”逐渐递增趋势。2005 年 I 和 II 级分别有 4 和 14 个地级市，主要分布在张家界、怀化、恩施、武汉和咸宁等区域；III 级的有 12 个地级市，主要分布在湖南、湖北和江西中部和江西北部，其余为较高和高效率区。2005~2018 年，长江中游大部分区域旅游生态效率的等级变为 IV 和 V 级，主要分布在湖南和江西；处于较低、低和中等效率区较少，主要分布在湖北中部和湖南西南。湖南和江西拥有较好的旅游资源本底，旅游发展迅速，旅游相关部门积极响应生态文明建设，从而旅游生态效率提升较快；以武汉为核心的区域经济发展较快，更加注重“高尖新”经济发展，因此在旅游生态效率提升方面显得“力不足”。

3.1.2 区域生态安全的时空变化

2005~2018 年长江中游各地级市生态安全指数呈上升趋势(图 2), 安全等级由 I 和 II 级逐渐向 III 和 IV 级转变, 表明区域生态安全得到改善, 环境问题有所缓解。该结果与赵文力等^[40]运用 DPSIR 模型测算的县级层面区域生态安全上升趋势类似。研究期间, 区域生态安全指数较低, 介于 0.281~0.525 之间, 属于恶劣级、敏感级和临界级, 表明区域人类生产和生活活动给环境带来了一定的影响。2005 年生态安全等级为 I 级的有 10 个地级市, 主要沿着南北方向呈带状分布, 湖南和湖北较多, 江西较少, 其余 32 个地级市为 II 级。2005~2018 年 I 级几乎都变为 II 级, II 级以各省省会城市为中心向外逐渐转变为 III 级。由此可见, 区域生态安全呈现以各省省会城市为中心的“核心-周边”扩展的趋势, 说明省会城市在改善生态安全方面起到示范效应。

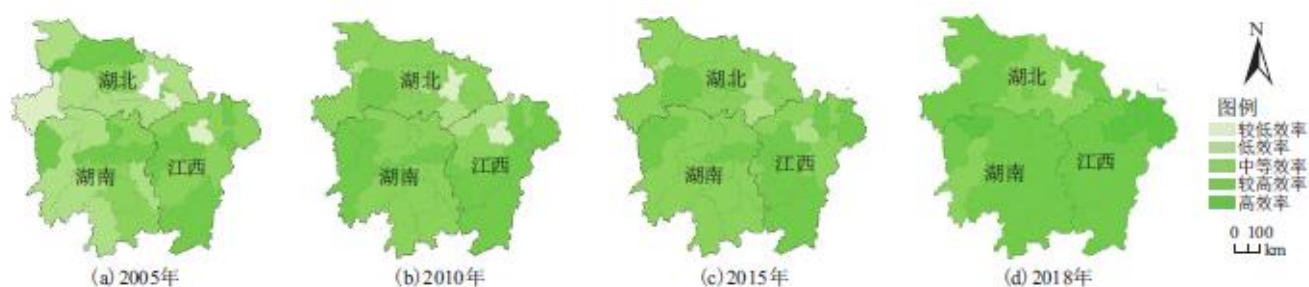


图 1 2005~2018 年长江中游旅游生态效率时空变化

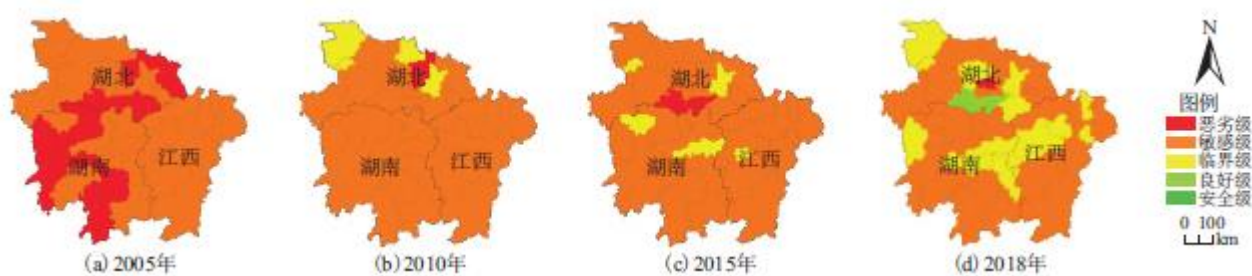


图 2 2005~2018 年长江中游区域生态安全的时空变化

3.2 旅游生态效率与区域生态安全的空间一致性分析

3.2.1 重心分析

根据重心分析, 获得 2005~2018 年长江中游旅游生态效率与区域生态安全的心分布及迁移过程(图 3)。旅游生态效率重心位于岳阳偏南区域, 重心分布离散, 迁移幅度较大, 且前期迁移距离缩小后期增大(约为 21.112、11.421、19.835km), 主要向东南方向迁移。区域生态安全重心位于岳阳中部区域, 重心分布集中, 迁移距离不大且不断缩小(约为 12.445、7.321、3.152km), 并呈波浪形轨迹向西迁移。由此可见, 旅游生态效率和区域生态安全空间分布存在不一致。2005~2015 年两者重心距离较为接近, 说明旅游生态效率和区域生态安全的空间一致性可能趋于均衡状态; 2015~2018 年两者重心距离逐渐拉大, 说明旅游生态效率和区域生态安全的空间一致性可能趋于非均衡状态。

3.2.2 空间一致性的时空变化

为了进一步验证旅游生态效率和区域生态安全空间一致性的变化趋势，需分析各地级市空间一致性系数的时空分异特征。参考相关研究^[37]，将空间一致性系数非均匀划分为 5 类，分别为旅游生态效率高度集中型 I ($S_{it} \geq 1.500$)、旅游生态效率领先型 II ($1.200 \leq S_{it} < 1.500$)、旅游生态效率和区域生态安全均衡型 III ($0.800 \leq S_{it} < 1.200$)、区域生态安全领先型 IV ($0.500 \leq S_{it} < 0.800$)、区域生态安全高度集中型 V ($S_{it} < 0.500$)。

长江中游旅游生态效率和区域生态安全的空间一致性存在显著变化(表 3)。总体来看，均衡型占比较多，非均衡型占比较少，其中旅游生态效率较低区(V 型)很少；均衡型中旅游生态效率低的区域，对应的区域生态安全状况不佳，但旅游发展过程中，此类型在提高旅游生态效率促进生态安全改善方面具有优势。从时间序列分析，2005~2015 年，旅游生态效率和区域生态安全高度集中型和领先型都经历了减少的过程，而均衡型增加至 64.286%，表明区域两者空间一致性逐渐趋于均衡状态，区域旅游业生态价值逐渐增强；至 2018 年均衡型比例略微减少(52.381%)，向领先型转换，表明两者空间一致性微倾向于非均衡状态，区域旅游业生态价值逐渐减弱。由此可见，区域空间一致性均衡型呈先增后减的“倒 U 型”变化趋势，与前文重心分析结果一致。

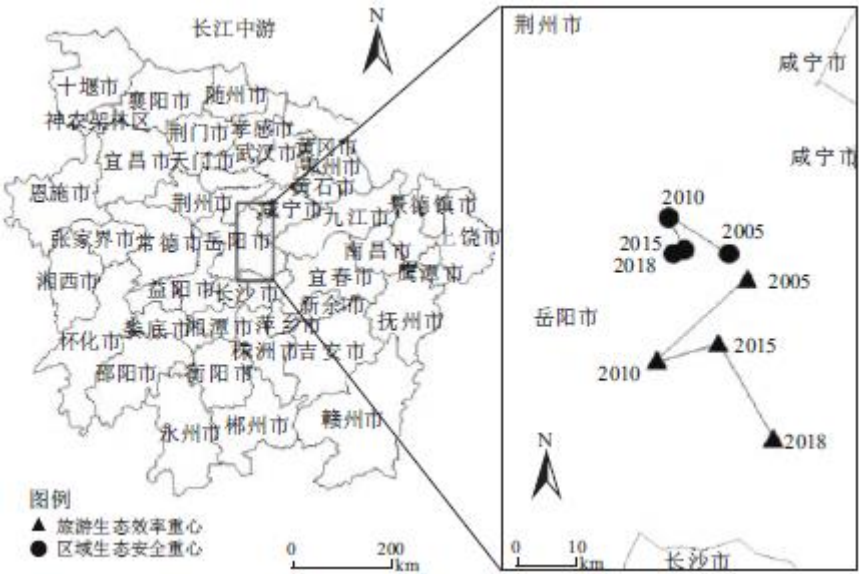


图 3 重心迁移轨迹

表 3 2005~2018 年长江中游旅游生态效率和区域生态安全空间一致性类型统计(%)

年份	旅游生态效率 高度集中型 I	旅游生态效率 领先型 II	区域生态安全与旅游 生态效率均衡型 III	区域生态安全 领先型 IV	区域生态安全 高度集中型 V
2005	9.524	28.571	33.333	21.429	11.905
2010	4.762	23.809	54.762	9.524	7.143
2015	2.381	21.429	64.286	7.143	4.762
2018	4.762	16.667	52.381	21.43	4.762

3.2.3 空间一致性均衡型的时空变化

利用 ArcGIS 可视化呈现空间一致性指数的时空分异情况(图 4)。2005~2015 年,均衡型主要以省会城市为中心呈“核心-周边”扩展趋势,说明经济较发达区域是推动旅游绿色发展和保障区域整体生态安全的中坚力量并起到示范效应;其他类型向外围方向蜕变为均衡型。2015~2018 年,空间一致性类型发生了细微反转,均衡型有所减少,并逐渐向旅游生态效率和区域生态安全领先型转变;湖北向区域生态安全领先型转变,湖南和江西向旅游生态效率领先型转变,空间上,皆从省会周边城市开始转变。研究期间,湖北积极打造“鄂西生态文化旅游圈”,促使西部旅游生态价值有效发挥,空间一致性为均衡型;湖南空间一致性均衡型主要分布在湘西和以长沙为中心的区域,主要源于张家界实施“先导工程”、推行“三年行动”和建设生态绿色张家界,以及长沙建设“天蓝水清之都”的成果;江西空间一致性均衡型主要分布在北部和中部,此地为著名景点庐山和景德镇所在,政府极力推行生态旅游建设,提高旅游生态效率,有效发挥旅游生态价值,推动区域生态安全建设,实现空间一致性均衡发展。

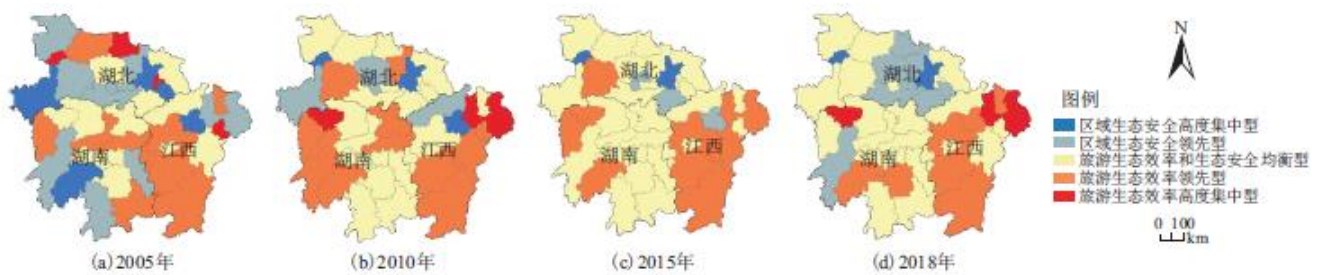


图 4 2005~2018 年长江中游旅游生态效率和区域生态安全空间一致性分布

3.2.4 空间一致性非均衡型的时空变化

为探究空间一致性非均衡型区域的空间集聚变化,利用 ArcGIS 和 GeoDa 软件的全局和局部空间自相关方法进行分析。

(1) 全局空间自相关

2005 年全球 Moran' sI 指数估计值为负值(-0.297),2010 年转变为正值(0.076),2018 年不断增加(0.366),分别通过了 10% 和 1% 水平显著;Z 值不断增加,从-3.242 增至 4.024。说明 2005 年区域空间一致性为负相关,各类型区域相互排斥,区域空间一致性表现为非均衡状态。但全局 Moran' sI 指数由负转正且值不断增加,表明区域空间一致性指数存在显著的动态变化,并向增强型正向空间集聚转变。根据前文,即空间一致性均衡型先剧增后略减,非均衡型先剧减后略增的现象,表明空间一致性均衡型区域不仅增多且其空间集聚性不断增强,非均衡型区域虽然减少但空间集聚性不断增强。

(2) 局部空间自相关

利用 GeoDa 软件获得局部 Moran' sI 指数及散点图,以此揭示区域空间一致性局部空间上的差异(表 4,图 5)。结果表明,2005~2018 年局部 Moran' sI 指数均大于 0,且呈波动增加的趋势(-0.152、0.069、0.051 和 0.249),Z 值具有同样的趋势(-1.438、0.902、0.721 和 2.513),除 2010 年均通过 10% 显著水平,表明空间一致性局部聚集强度呈波动增加的趋势。根据 Moran 散点图显示(表 4,图 5),非均衡型空间集聚从“橄榄球”转变为“工型”分布特点,处于第一和第三象限区域逐渐增加,第二和第四象限区域逐渐减少。研究期间区域位于第一象限从 7 个增加至 15 个,2005 年位于第一象限的区域三省都有涉及,2018 年江西和湖南增多,湖北减少,均属于高高正相关聚集区,即江西和湖南空间一致性指数较高,具有向旅游生态效率高度集中型和领先型转变的趋势,且空间差异小。第三象限从 12 个增加至 13 个,2005 年主要为湖北和湖南南部区域,2018 年全部转为湖北,均属于低低正相关聚集区,即其空间一致性指数较低,说明湖北具有向区域生态安全高度集中型和领先型转变的趋势,且空间差异小。位于第二象限从 13 个减少为 9 个,主要为湖北、湖南和江西相邻区域;位于第四象限区域从 10 个减少为 5 个,主要为湖

北和湖南中部区域，空间差异较大。由此可见，湖南和江西空间一致性趋向于旅游生态效率高度集中型和领先型，湖北空间一致性趋向于区域生态安全高度集中型和领先型，且具有空间集聚分布特征。

表 4 空间一致性的局部空间分布

年份	第一象限(HH)	第二象限(LH)	第三象限(LL)	第四象限(HL)
2005	湖北：襄阳、随州 湖南：长沙 江西：九江、萍乡、赣州、吉安	湖北：武汉、黄石、黄冈、咸宁、孝感、仙桃、十堰 湖南：湘潭、株洲、永州 江西：南昌、新余、上饶	湖北：潜江、恩施、宜昌、荆州、荆门 湖南：常德、怀化、娄底、岳阳、张家界、衡阳、邵阳	湖北：神农架、天门、鄂州 湖南：益阳、湘西、郴州 江西：抚州、鹰潭、宜春、景德镇
2018	湖南：湘潭、衡阳、益阳、常德、永州、郴州 江西：南昌、抚州、萍乡、鹰潭、赣州、吉安、宜春、上饶、景德镇	湖北：神农架、恩施 湖南：长沙、株洲、娄底、怀化、湘西 江西：新余、九江	湖北：武汉、天门、潜江、仙桃、咸宁、黄石、黄冈、随州、孝感、荆州、荆门、襄阳、十堰	湖北：宜昌、鄂州 湖南：岳阳、邵阳、张家界

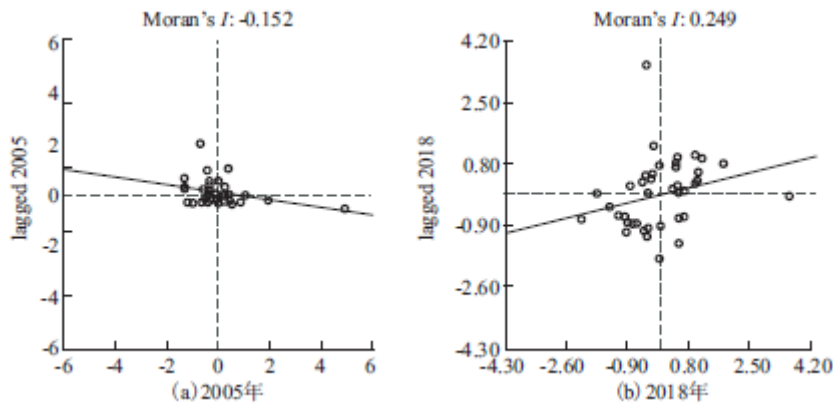


图 5 空间一致性局部散点图

综上所述，2005~2018 年旅游生态效率和区域生态安全不断提升，但两者空间一致性具有时空分异特征。研究期间两者空间一致性从非均衡向均衡转变再趋向于非均衡状态，呈“倒 U 型”变化趋势。均衡型区域不仅增多且其空间集聚性不断增强，非均衡型区域虽然减少但空间集聚性不断增强。均衡型呈现以省会城市为中心的“核心-周边”扩展趋势，说明省会城市在旅游生态效率与区域生态安全均衡发展具有示范效应。这是因为省会城市具有经济基础、政策优势、知名度优先性以及宣传力度强等特点，能为旅游生态价值发挥提供基础条件。非均衡型空间集聚从“橄榄球”转变为“工型”分布特点。旅游生态效率高度集中型和领先型主要在湖南和江西呈集聚状态，区域生态安全高度集中型和领先型主要在湖北呈集聚状态，但两者空间集聚强度呈增长的趋势，间接说明非均衡型区域的空间集聚程度呈增长的趋势。湖南和江西趋向旅游生态效率高度集中型和领先型，是源于其旅游资源丰裕、旅游业响应生态安全政策较早和行动力度更强。而湖北经济基础较好，更注重其他行业发展，因此在响应生态文明建设中，过多强调改善其他产业的污染问题，旅游生态价值没有充分发挥。为探究空间一致性均衡型和非均衡型形成原因，下文将进一步分析。

3.3 影响因素分析

3.3.1 指标选择

在以往研究影响因素的文献中,大部分会从社会、经济和环境的角度选取相关指标,同时考虑其研究主题的特点。因此,本文在选取旅游生态效率与区域生态安全空间一致性的影响因素时,主要在社会、经济和环境背景的基础上,结合前人研究旅游生态效率影响因素和区域生态安全影响因素,以及借鉴人口空间一致性影响因素选取方法。具体如下:

(1) 社会因素。采用人口密度(人/km²)、人口自然增长率(%)表征人口增长情况^[40]。城镇化率越高,区域发展获得的各种资源越丰富,因此采用城镇化率指代资源禀赋^[19]。人均用水量(m³)、人均耕地面积(km²)、人均粮食产量(t)和城镇居民人均可支配收入(元)不仅表征社会状态,亦是人们基本生活缺一不可的重要因素^[35],用于表征人均基本生活。医疗卫生支出占财政支出比值(%)代表政府对医疗卫生的支持程度,同时也表示人们对自身健康状态的重视程度,因此用其指代社会保障^[35]。(2) 经济因素。常有文献运用人均 GDP(元)和 GDP 增长率(%)指代经济增长^[35, 41]。科技支出占财政支出比值(%)作为科技进步的重要体现,对旅游生态效率和区域生态安全产生影响^[35]。服务业为主的第三产业能益于环境改善,因此选择第三产业占 GDP 比值(%)指代产业结构^[41]。(3) 环境因素。人类生产生活活动会产生“三废”,即废水、废气和废弃物,因此采用人均化肥使用量(t)、人均工业废水排放量(万 t)、人均工业 SO₂排放量(t)、人均工业烟尘排放量(t)表征环境污染程度^[34]。能源消耗亦是环境恶化的重要因素之一,常用单位 GDP 耗能(t 标准煤/万元)、人均煤炭消费量(t)进行指代^[34]。环境建设对区域生态安全改善和旅游生态效率的提升均有益处,因此选用森林覆盖率(%)、建成区绿地覆盖率(%)、人均公共绿地面积(m²)、环境投入占财政支出比值(%)、城市污水集中处理率(%)、工业固体废弃物综合利用率(%)和生活垃圾无害化处理率(%)指标表示^[36]。

为考察空间一致性均衡型和非均衡的影响因素,本文选用 Logistic 模型进行分析,该模型能有效测算离散变量影响因素的强度^[38]。首先测算均衡型影响因素,当 $0.800 \leq S_{it} < 1.200$ 时,因变量取 1,其他值取 0。其次测算非均衡型中旅游生态效率高度集中型和领先型影响因素,当 $S_{it} > 1.200$ 时,因变量取 1,其他值取 0。然后测算非均衡型中区域生态安全高度集中型和领先型影响因素,当 $S_{it} < 0.800$ 时,因变量取 1,其他值取 0。本文同时采用 Probit 模型进行稳健性分析,对比两个模型估计系数,结果为稳健(表 5)。因篇幅有限,仅呈现有效影响因素分析结果。

3.3.2 均衡型影响因素回归结果分析

从 Logistic 和 Probit 模型 1~2 回归结果来看,资源禀赋(0.113 和 0.066)、社会保障(0.105 和 0.062)、环境建设中人均公共绿地面积和工业固体废弃物综合利用率(0.023 和 0.013、0.021 和 0.013)呈显著正相关。长江中游城镇化建设正处于提质的关键时期,生态文明建设的需求给区域城镇化建设提出新要求,因此融入生态文明理念的城镇化发展,能为旅游生态效率提供所需的劳动力、资金、科技和信息等资源要素,发挥旅游生态价值,促进区域生态安全发展,驱使两者空间一致性趋于均衡。社会保障改善能有效推进旅游生态价值发挥,医疗卫生支出占比增加,代表人们不断提高对健康生活的需求,促使人们积极追求更好的生态环境,主动参与生态环境建设,有利于生态安全改善;另外人们在旅游过程中,更多考虑生态环境对自身健康的影响,因此更加注重环境保护,能有效发挥旅游生态价值,驱使空间一致性均衡型形成。人均公共绿地面积代表环境建设情况,是旅游生态价值实现的基本因素之一;人均公共绿地面积越多,能够消化人类活动所造成的环境污染的能力越强;区域能有效处理旅游建设及其它生产活动所产生的工业固体废弃物,能促进旅游生态效率,改善生态安全,推动空间一致性均衡发展。

从 Logistic 和 Probit 模型 1~2 回归结果来看,人口(-0.104 和-0.065)、人均基本生活(-0.021 和-0.012)、科技进步(-0.924 和-0.549)和产业结构(-0.081 和-0.049)呈显著负相关。说明长江中游人口增长越快,其生产生活活动所需消耗的资源、能源及产生的垃圾越多,对环境负面影响越大。水资源是旅游和区域整体发展中必不可少的重要资源,是人们生产生活的基础,也是区域可持续发展的限制因素,区域水资源使用过多,对旅游生态效率和区域生态安全提升具有抑制作用,影响空间一致性均衡发展。科技进步理论上能为旅游带来高精尖人才、提供旅游产品创新途径和绿色发展理念等,但实际上在科技探索过程中不可避免使用过多资源和产生污染,因此区域科技进步未有效推进旅游生态价值发挥,今后科技不断改进,能为旅游生态效率提升和生态价值发挥起到积极作用。第三产业占比越多,越能有效缓解区域环境问题,这源于其他服务业能有效减缓第一二产业造成的

污染，但在发挥生态价值时“挤出”旅游生态价值，虽能有效改善区域生态安全状况，却不能有效促进空间一致性均衡型发展。

表 5 Logistic 和 Probit 回归结果

	Logistic 模型 1	Probit 模型 2	Logistic 模型 3	Probit 模型 4	Logistic 模型 5	Probit 模型 6
人口自然增长率	-0.104*	-0.065*	0.075	0.040	0.141	0.073
	[0.059]	[0.036]	[0.072]	[0.039]	[0.090]	[0.048]
城镇化水平	0.113**	0.066***	-0.040	-0.028	-0.100**	-0.057**
	[0.047]	[0.025]	[0.044]	[0.024]	[0.050]	[0.025]
人均用水量	-0.021	-0.012**	-0.003	-0.001	0.024**	0.014**
	[0.014]	[0.006]	[0.009]	[0.005]	[0.012]	[0.006]
医疗卫生支出占比	0.105***	0.062***	-0.166**	-0.096**	-0.111***	-0.065***
	[0.039]	[0.021]	[0.067]	[0.038]	[0.040]	[0.021]
GDP 增长率	-0.008	-0.007	0.201*	0.106*	-0.219*	-0.130*
	[0.083]	[0.050]	[0.120]	[0.064]	[0.130]	[0.071]
科学技术支出占比	-0.924***	-0.549***	0.144	0.082	1.369***	0.761***
	[0.266]	[0.146]	[0.306]	[0.176]	[0.371]	[0.183]
第三产业占比	-0.081**	-0.049**	0.054	0.030	0.061*	0.032*
	[0.039]	[0.021]	[0.041]	[0.021]	[0.038]	[0.019]
人均化肥使用量	0.015	0.010	0.048**	0.027**	-0.064**	-0.038***
	[0.017]	[0.010]	[0.022]	[0.012]	[0.026]	[0.014]
人均工业废水排放量	-0.0000385	-0.0000232	0.000149**	0.0000867**	0.000260***	0.000145***
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
森林覆盖率	-0.006	-0.002	0.062**	0.035**	-0.048**	-0.027**
	[0.021]	[0.012]	[0.028]	[0.015]	[0.021]	[0.011]
人均公共绿地面积	0.023*	0.013	-0.110*	-0.056*	0.039	0.021
	[0.028]	[0.015]	[0.068]	[0.030]	[0.031]	[0.017]
工业固体废物 综合利用率	0.021**	0.013**	-0.024*	-0.014*	0.000	-0.001
	[0.010]	[0.006]	[0.013]	[0.008]	[0.016]	[0.008]

污水处理厂 集中处理率	-0.022**	-0.013**	0.013	0.006	0.026*	0.016**
	[0.011]	[0.006]	[0.013]	[0.007]	[0.014]	[0.007]
生活垃圾无 害化处理率	0.002	0.001	0.010	0.006	-0.025**	-0.014**
	[0.008]	[0.005]	[0.011]	[0.006]	[0.011]	[0.006]
常数项	1.217	0.556	-9.170*	-4.716*	3.773	1.972
	[2.678]	[1.614]	[5.003]	[2.436]	[3.774]	[1.879]
N	168	168	168	168	168	168
AIC	234.5	234.4	194.4	194.4	161.4	160.8
BIC	315.7	315.6	275.6	275.7	242.6	242.1

注：*表示在 10%水平下显著，**在 5%水平下显著，***在 1%水平下显著。模型 1~2 为均衡型影响因素回归结果，模型 3~6 为非均衡型影响因素回归结果。

3.3.3 非均衡型影响因素回归结果分析

(1) 旅游生态效率高度集中型和领先型影响因素。

从 Logistic 和 Probit 模型 3~4 回归结果来看，人均工业废水排放量(0.00014 和 0.00008)和人均化肥使用量(0.048 和 0.027)呈显著正相关，表明环境污染过度抑制区域生态安全，因此能推动空间一致性非均衡型中旅游生态效率高度集中型和领先型发展。今后想要避免非均衡型中旅游生态效率高度集中型和领先型，促进均衡型发展，可增加社会保障和环境建设，减少环境污染。另外，森林覆盖率呈显著正相关(0.062 和 0.035)，表明此影响因素过度促进旅游生态效率提升，因此能推动非均衡发展。医疗卫生支出占比(-0.166 和-0.096)、人均公共绿地面积(-0.011 和-0.056)和工业固体废物综合利用率(-0.024 和-0.014)呈显著负相关，表明社会保障和环境建设不利于空间一致性非均衡型中旅游生态效率高度集中型和领先型发展。

(2) 区域生态安全高度集中型和领先型影响因素。

从 Logistic 和 Probit 模型 5~6 回归结果来看，人均用水量(0.024 和 0.014)、科学技术支出占比(1.369 和 0.761)、第三产业占比(0.061 和 0.032)和污水处理厂集中处理率(0.026 和 0.016)呈显著正相关，表明人均基本生活、科技进步、产业结构和环境污染促进空间一致性非均衡型中区域生态安全高度集中型和领先型发展。其中，科技进步更多推动第二产业高质量发展，第三产业占比增加和污水处理能力增强皆能促进区域生态安全改善，有利于区域总体的生态文明建设，而在此过程中旅游生态价值显得非常“微弱”，生态功能需进一步加强。另外人均化肥使用量越多(-0.064 和-0.038)，环境代谢的时间越长，对旅游生态效率与区域生态安全皆产生负面影响，不利于非均衡型发展；人均工业废水排放量正相关(0.000260 和 0.000145)，但作用强度弱，说明环境污染对旅游生态效率与区域生态安全的影响强度是不均匀的，且对空间一致性非均衡型发展的促进作用较弱。医疗卫生支出占比(-0.111 和-0.065)、GDP 增长率(-0.219 和-0.130)、森林覆盖率(-0.048 和-0.027)和生活垃圾无害化处理率(-0.025 和-0.014)呈显著负相关，表明社会保障、经济增长和环境建设不利于空间一致性非均衡型中区域生态安全高度集中型和领先型发展。

4 结论

本文利用 ArcGIS 软件可视化分析、重心分析和空间自相关分析方法对 2005~2018 年长江中游旅游生态效率和区域生态安全及两者空间一致性的时空分异特征进行研究,采用 Logistic 模型和 Probit 模型对空间一致性均衡型和非均衡型的影响因素进行探讨,结果表明:

(1)研究期间,长江中游各地级市的旅游生态效率和区域生态安全呈上升趋势;旅游生态效率等级由 I、II 和 III 级向 IV 和 V 级转变,较高和高效区主要分布在湖南和江西;区域生态安全 I 和 II 级主要沿着南北方向呈带状分布,逐渐向 III 和 IV 级转变,最终表现为以省会城市为核心向外扩展的趋势。

(2)旅游生态效率与区域生态安全重心分布具有差异,2005~2015 年重心距离较为接近,2015~2018 年重心距离逐渐拉大,表明两者空间分布存在由趋于均衡向趋于非均衡的变化趋势;ArcGIS 软件可视化分析进一步验证了该变化趋势,为“倒 U 型”。研究期间,均衡型区域不仅增多且其空间集聚性不断增强,非均衡型区域虽然减少但空间集聚性不断增强。均衡型呈现以省会城市为核心向周边扩展趋势,说明省会城市在旅游生态效率与区域生态安全均衡发展具有示范效应。非均衡型区域中,旅游生态效率高度集中型和领先型主要在湖南和江西呈集聚状态,区域生态安全高度集中型和领先型主要在湖北呈集聚状态,空间集聚强度呈增长的趋势。

(3)空间一致性均衡型受社会、经济和环境多种因素共同影响。融合生态文明理念的城镇化发展所提供的各种资源要素,为推进旅游生态效率和区域生态安全均衡发展提供基础条件。社会保障改善能有效促使人们积极追求生态环境,主动参与生态环境建设。环境建设越好,环境“消化”污染的能力越强。人口自然增长率呈显著负相关。人均基本生活条件中水资源给环境带来压力,不利于旅游生态效率和区域生态安全改善,更不利于其均衡发展。区域科技进步并未有效推进旅游生态价值发挥,是由于科技经济本身就是探索真理过程,必然会经历波折,今后在科技发展过程中需更加注重生态改善方面的应用。其他服务业能有效减缓第一二产业造成的污染,在发挥其生态价值时“挤出”了旅游生态价值,改善区域生态安全状况,却未能推动空间一致性均衡发展。

(4)空间一致性非均衡型受人均基本生活、科技进步、产业结构和环境污染正向影响,社会保障、经济增长和环境建设负向影响。其中,社会保障和环境建设负向影响非均衡型中旅游生态效率高度集中型和领先型发展,环境污染具有正向影响。社会保障、经济增长和环境建设负向影响非均衡型中区域生态安全高度集中型和领先型,人均基本生活、科技进步、产业结构和环境污染具有正向影响。

长江中游今后需将生态文明理念继续灌输到旅游和其他行业,提高生态效率,充分发挥生态价值,改善生态安全。在生态文明建设中,要提升社会保障能力、节约和合理配置水土资源,扩展绿地建设,增加环境承载力,减少环境污染,同时还要继续发展科技,但要注重科技发展过程中的生态建设,减少科技进步带来的负面影响。本文从旅游生态效率角度,探讨旅游生态价值发挥,推动区域生态安全改善,为促进区域高质量和可持续性发展提供理论基础,具有实际意义。但研究仍存在不足:(1)指标数据获得仍有不足,未来需结合问卷调查、访谈等田野调查方法,或实验分析法收集更多精准数据;(2)影响因素选择仍有不足,可结合生态、社会和经济管理等学科理论及方法,实现跨学科分析,建立更为全面合理的综合性指标体系;(3)需继续深挖此研究,可从不同利益主体角度,分析如何提高旅游生态效率促进区域生态安全改善;(4)应用范围需要拓宽,可探讨其他行业生态效率对区域生态安全的促进作用;(5)强化理论研究,旅游生态效率与区域生态安全之间的理论关系还需深入挖掘,今后研究重心在于利用定性分析方法进行探讨。

参考文献:

- [1] 马勇, 刘军. 绿色发展背景下旅游生态效率的核心价值及提升策略[J]. 旅游学刊, 2016, 31(9):1-3.

-
- [2]王胜鹏, 乔花芳, 冯娟, 等. 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 [J]. 经济地理, 2020, 40(5):81-89.
- [3]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.
- [4]朱梅, 汪德根. 旅游生态效率优化中旅游者参与的困境及出路 [J]. 旅游学刊, 2016, 31(10):11-13.
- [5]GOSSLING S, PEETERS P, CERON J P, et al. The eco-efficiency of tourism [J]. Ecological Economics, 2005, 54(4):417-434.
- [6]AYRES R U. Towards a zero-emissions economy [J]. Environmental Science and Technology, 1998, 32(15):366-367.
- [7]刘军, 马勇. 旅游可持续发展的视角: 旅游生态效率的一个综述 [J]. 旅游学刊, 2017, 32(9):47-56.
- [8]姚治国, 陈田. 旅游生态效率模型及其实证研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(11):113-120.
- [9]SUN Y Y, LIN P C, HIGHAM J. Managing tourism emissions through optimizing the tourism demand mix: Concept and analysis [J]. Tourism Management, 2020, 81:104161.
- [10]HUANG Y T, COELHO V R. Sustainability performance assessment focusing on coral reef protection by the tourism industry in the Coral Triangle region [J]. Tourism Management, 2017, 59:510-527.
- [11]NFUYEN H A T, GHEEWALA S H, SOPHEA T, et al. Comparative carbon footprint assessment of agricultural and tourist locations in Thailand [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 269:122407.
- [12]SUN Y Y, HOU G L, HUANG Z F, et al. Spatial-temporal differences and influencing factors of tourism eco-efficiency in China's three major urban agglomerations based on the Super-EBM model [J]. Sustainability, 2020, 12(10):4156.
- [13]ZHA J P, YUAN W W, DAI J Q, et al. Eco-efficiency, eco-productivity and tourism growth in China: A non-convex metafrontier DEA-based decomposition model [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2020, 28:104237.
- [14]CHOI Y E, OH C O, CHON J. Applying the resilience principles for sustainable ecotourism development: A case study of the Nakdong Estuary, South Korea [J]. Tourism Management, 2021, 83:104237.
- [15]NIKOLAEVA J V, BOGOLIUBOVA N M, SHIRIN S S. Ecological tourism in the state image policy structure: Experience and problems of modern Russia [J]. Current Issues in Tourism, 2018, 21(5):547-566.
- [16]KATIRCIOGLU S, GOKMENOGLU K K, EREN B M. Testing the role of tourism development in ecological footprint quality: Evidence from top 10 tourist destinations [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2018, 25(33):33611-33619.
- [17]李鹏, 李天英. 旅游生态效率的思想基础、分析作用与理论局限 [J]. 旅游研究, 2017, 9(6):4-8.

-
- [18]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 [J].自然资源学报,2019,34(9):1945-1961.
- [19]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 [J].长江流域资源与环境,2019,28(10):2289-2298.
- [20]卢飞,宫红平.中国旅游生态效率测度、时空特征与影响因素研究 [J].统计与决策,2020,36(16):96-100.
- [21]刘军,问鼎,童昀,等.基于碳排放核算的中国区域旅游业生态效率测度及比较研究 [J].生态学报,2019,39(6):1979-1992.
- [22]姚治国,陈田,尹寿兵,等.区域旅游生态效率实证分析——以海南省为例 [J].地理科学,2016,36(3):417-423.
- [23]陈星,周成虎.生态安全:国内外研究综述 [J].地理科学进展,2005,24(6):8-20.
- [24]JOGO W,HASSAN R.Balancing the use of wetlands for economic well-being and ecological security:The case of the Limpopo wetland in Southern Africa [J].Ecological Economics,2010,69(7):1569-1579.
- [25]PENG J,PAN Y J,LIU Y X,et al.Linking ecological degradation risk to identify ecological security patterns in a rapidly urbanizing landscape [J].Habitat International,2018,71:110-124.
- [26]KITTINGER J N,TENEVA L T,KOIKE H,et al.From reef to table:Social and ecological factors affecting coral reef fisheries,artisanal seafood supply chains,and seafood security [J].Plos One,2015,10(8):e0123856.
- [27]左伟,王桥,王文杰,等.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):67-71.
- [28]徐美,刘春腊,李丹,等.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 [J].应用生态学报,2017,28(11):3731-3739.
- [29]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.
- [30]滕洁,赵先超.湖南省旅游业生态效率与生态安全研究[C]//中国生态经济学学会 2018 年学术年会摘要集,2018:7.
- [31]吴玉鸣,张燕.西南岩溶区广西生态安全及资源利用效率 [J].生态学报,2007,27(1):242-249.
- [32]符莲,熊康宁,高洋.喀斯特地区旅游产业与生态环境耦合协调关系定量研究——以贵州省为例 [J].生态经济,2019,35(1):125-130.
- [33]王胜今,王智初.中国人口集聚与经济集聚的空间一致性研究 [J].人口学刊,2017,39(6):43-50.
- [34]刘海龙,谢亚林,贾文毓,等.山西省生态安全综合评价及时空演化 [J].经济地理,2018,38(5):161-169.
- [35]柯小玲,向梦,冯敏.基于灰色聚类法的长江经济带中心城市生态安全评价研究 [J].长江流域资源与环境,2017,26(11):

1734-1742.

[36]邵佳, 冷志明. 武陵山片区区域生态安全测度与评价 [J]. 经济地理, 2016, 36(10):166-171.

[37]封志明, 刘晓娜. 中国人口分布与经济发展空间一致性研究[J]. 人口与经济, 2013, 34(2):3-11.

[38]胡乃娟, 孙晓玲, 许雅婷, 等. 基于 Logistic-ISM 模型的农户有机肥施用行为影响因素及层次结构分解 [J]. 资源科学, 2019, 41(6):1120-1130.

[39]张军以, 苏维词, 张凤太. 基于 PSR 模型的三峡库区生态经济区土地生态安全评价 [J]. 中国环境科学, 2011, 31(6):1039-1044.

[40]赵文力, 刘湘辉, 鲍丙飞, 等. 长株潭城市群县域生态安全评估研究[J]. 经济地理, 2019, 39(8):200-206.

[41]黄烈佳, 杨鹏. 长江经济带土地生态安全时空演化特征及影响因素 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(8):1780-1790.

注释:

1 旅游交通碳排放利用客运周转量计算, 本文以地级市为研究区域, 考虑国内外乘坐飞机和火车游客大部分选择先去省会城市再采用公路等交通转去其他地级市旅游景点, 因此省会城市客运周转量包括公路、飞机、火车和其他类, 其余地级市包括公路和其他类。

2 旅游住宿碳排放利用床位数计算, 目前常用星级以上酒店床位数进行估计, 但实际上绝大多数旅游者还是选择其他便捷酒店和民宿等设施, 因此本文利用“国内外旅游者*过夜比例*平均停留时间”进行估计, 以补充缺失旅游住宿碳排放。