

DOI: 10.20103/j.stxb.202412133073

麻学锋, 谭佳欣. 南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系及分区管理研究. 生态学报, 2025, 45(19): - .  
Ma X F, Tan J X. Study on the collaborative integration of ecosystem health and tourism resource development and its zonal management in Nanshan National Park. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(19): - .

# 南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系及分区管理研究

麻学锋<sup>1,\*</sup>, 谭佳欣<sup>2</sup>

1 湖南工商大学公共管理与人文地理学院, 长沙 410205

2 湖南师范大学旅游学院, 长沙 410081

**摘要:** 分区管理是实现国家公园生态保护与旅游开发系统协同融通的重要途径, 对推进区域生态文明建设与可持续发展具有重要意义。以南山国家公园为实证对象, 综合运用熵权法、耦合协调度模型和马尔科夫链转移矩阵, 分析 2012—2022 年生态系统健康与旅游资源开发水平的时空演化规律及其协同融通关系, 进而提出适应性分区管理策略。结果表明: (1) 生态系统健康水平呈持续上升趋势, 空间上为“西高东低”的分布格局; 旅游资源开发水平空间分布表现为“低值片状扩散、高值点状集聚”。(2) 生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系经历了从严重失调向中度失调的阶段性跃迁, 基于耦合协调类型转移概率矩阵, 将南山国家公园划分为生态保护区、生态开发区、持续改善区和协调发展区。(3) 生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系存在“俱乐部收敛”特征, 不同邻域类型的乡镇在协同融通关系演变趋势上存在显著差异。研究结果可为缓解国家公园生态保护与经济发展之间的矛盾冲突提供实践路径参考。

**关键词:** 生态系统健康; 旅游资源开发; 协同融通; 分区管理; 南山国家公园

## Study on the collaborative integration of ecosystem health and tourism resource development and its zonal management in Nanshan National Park

MA Xuefeng<sup>1,\*</sup>, TAN Jiabin<sup>2</sup>

1 College of Public Administration and Human Geography, Hunan University of Technology and Business, Changsha 410205, China

2 College of Tourism, Hunan Normal University, Changsha 410081, China

**Abstract:** Zoning management serves as a critical pathway for achieving synergistic integration between ecological conservation and tourism utilization in national parks. It holds significant implications for advancing regional ecological civilization and sustainable development. This study employed the entropy weight method, coupling coordination model, and Markov chain analysis to investigate the spatiotemporal differentiation characteristics and synergistic relationships between ecosystem health and tourism resource development in Nanshan National Park from 2012 to 2022, subsequently proposed zoning management strategies. The results indicated that: (1) The ecosystem health index demonstrated sustained growth and exhibited a spatial pattern of ‘western high, eastern low’. Tourism resource development showed overall improvement but remained at relatively low levels, with spatial distribution characterized by ‘low-value patchy diffusion and high-value point-like clustering’. (2) The synergistic relationship between tourism development and ecosystem health transitioned from severe to moderate imbalance. Based on coupling coordination evolution pathways, we proposed four functional zones: Ecological conservation zone, ecological development zone, continuous improvement zone, and coordinated development

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(42171235); 湖南省教育厅科学研究项目(23A0750)

**收稿日期:** 2024-12-13; **网络出版日期:** 2025-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: maxuefeng90@163.com

zone. (3) Markov chain limit analysis revealed a convergence trend toward higher synergistic integration values, displaying club convergence characteristics where townships with distinct neighborhood types exhibited markedly different evolutionary trajectories in synergistic relationships. This research provided practical references for reconciling ecological preservation and economic development in national parks, ultimately facilitating harmonious coexistence between humanity and nature.

**Key Words:** ecosystem health; tourism resource development; collaborative integration; zonal management; Nanshan National Park

国家公园体制建设是践行生态文明理念、统筹生态保护与资源利用的制度创新<sup>[1]</sup>。党的二十大报告明确提出“构建以国家公园为主体的自然保护地体系”和“完善生态产品价值实现机制”。党的二十届三中全会进一步强调中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化。国家公园可为旅游业发展提供优质资源,其生态服务功能与旅游开发价值协同增效成为自然保护地系统治理的关键命题<sup>[2-3]</sup>。2023 年长江经济带高质量发展座谈会上,习近平总书记提出的“区域协同融通”发展观,为从空间治理维度揭示生态系统健康与旅游资源开发的协同关系提供了理论参考。如何实现生态系统健康与旅游资源开发协同融通,解决跨区域发展不均衡问题,已成为学界和政界亟待破解的重要议题。

生态系统健康反映了生态系统在结构和功能上保持稳定和平衡的能力<sup>[4]</sup>。学界针对生态系统健康研究集中于水平测度<sup>[5]</sup>、时空特征<sup>[6]</sup>、影响因素分析<sup>[7]</sup>。有学者构建了生态环境-旅游发展分析矩阵,并提出以生态环境保护为前提的旅游开发策略<sup>[8]</sup>。关于生态系统健康与旅游资源开发关系研究主要聚焦于旅游经济与生态系统健康协调发展<sup>[9]</sup>、旅游生态系统健康时空演变特征<sup>[10]</sup>、旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系<sup>[11]</sup>以及旅游发展对生态系统服务价值的影响<sup>[12]</sup>等方面,并采用耦合协调度模型研究旅游经济与生态系统服务价值的协调关系<sup>[13-14]</sup>,为分析生态系统与旅游资源开发的关系提供了新视角<sup>[15]</sup>。部分学者认为,旅游资源不合理开发会降低生态系统健康水平<sup>[16-18]</sup>,而政府部门为保护生态环境会采取相关措施限制旅游资源开发<sup>[19]</sup>。

综合来看,生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系研究尚处于起步阶段,尤其对于国家公园此类较为复杂且人地矛盾突出的社会生态耦合系统研究较为薄弱;同时,从分区管理视角研究生态系统健康与旅游资源开发的辩证关系逐渐成为旅游学和生态学研究的前沿问题<sup>[20]</sup>。因此,本研究以南山国家公园为案例,探讨生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系并提出分区管理策略,以期为国家公园可持续发展提供理论参考与实践依据。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究区概况

南山国家公园位于湖南省,是南岭山系主峰区域,辖区包括邵阳市城步苗族自治县、绥宁县、新宁县和永州市东安县,总面积为 635.94km<sup>2</sup>。根据国家发展改革委所批复的《南山国家公园体制试点区试点实施方案》,南山国家公园体制试点区范围涵盖儒林镇、丹口镇、五团镇、长安营镇、白毛坪镇、汀坪乡、兰蓉乡等 17 个乡镇,以及金紫山、云马、南洞国有林场和国营南山牧场(图 1)。作为长江流域沅江、资水和珠江流域西江水系源头及三大水系的分水岭,南山国家公园生态旅游资源是典型的青藏高原自然风光缩影,具备气候调节与生物多样性及美学景观等功能,地方居民主要从生态系统服务中获取收入改善生活,对生态资源具备较强依赖性<sup>[21]</sup>。本研究通过探讨南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系及分区管理,以期为国家公园可持续发展提供鲜活样本。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 生态系统健康水平评估

已有研究针对生态系统健康的评估框架主要包括“压力-状态-响应”模型<sup>[22]</sup>、“驱动-压力-状态-影响-响

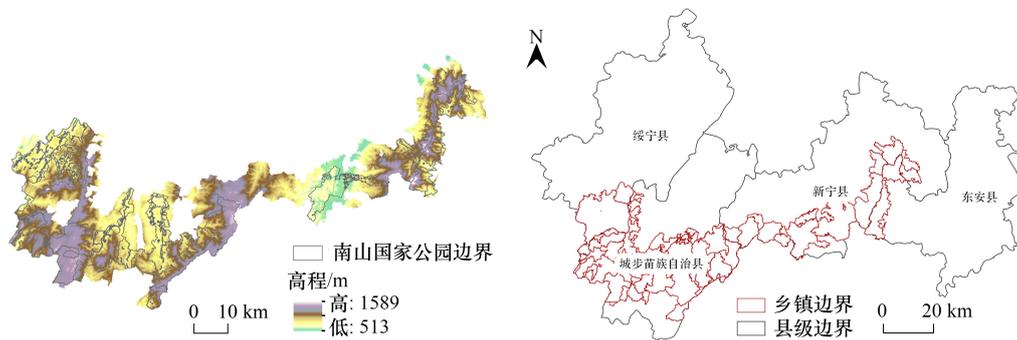


图 1 南山国家公园图概况

Fig.1 The location of Nanshan national park

应”模型<sup>[23]</sup>、“结构-功能-过程-发展”模型<sup>[24]</sup>和“活力-组织力-反弹力”模型<sup>[25]</sup>等。在遵循科学性、系统性、动态性及可操作性的基础上,结合南山国家公园生态系统评估与其实际发展状况,突破传统生态系统健康评价模型,将具有外显健康状态特征的生态系统服务能力纳入指标体系<sup>[26]</sup>,以生态系统活力、生态系统服务能力及生态系统反弹力为基础,选取 6 个变量构建生态系统健康评价指标体系(表 1)。具体来看:生态系统活力( $EV$ )是生态系统内在生物学本底属性,以植被生长状态表征<sup>[26]</sup>;生态系统服务能力( $ES$ ):生态系统服务是衡量生态系统健康的重要指标<sup>[27]</sup>,选取生境质量、土壤保持、水源涵养、碳汇量作为国家公园的典型生态系统服务,采用  $\ln$ VEST 模型进行计算<sup>[28]</sup>;生态系统反弹力( $ER$ ):反弹力是生态系统受外界干扰后自我修复能力的大小,与土地利用覆盖类型的弹性值密切相关,具体计算过程见参考文献<sup>[29]</sup>。

表 1 南山国家公园生态系统健康测度模型

Table 1 The measurement model of Nanshan national park ecosystem health

维度 Dimension	代理变量 Variable	指标性质 Indicator property
生态系统活力 Ecological system vitality	植被净初级生产力	正向
生态系统服务能力 Ecological system service capability	生境质量	正向
	土壤保持	正向
	水源涵养	正向
	碳汇量	正向
生态系统反弹力 Ecological system rebound force	生态系统弹性值	正向

参考前人研究<sup>[26]</sup>,结合南山国家公园实际情况,对生态系统活力( $EV$ )、生态系统服务能力( $ES$ )和生态系统反弹力( $ER$ )设置相同权重后进行标准化处理,计算公式如下:

$$EH = (EV \times ES \times ER)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

式中, $EH$ 是生态系统健康指数; $EV$ 、 $ES$ 、 $ER$ 分别代表生态系统活力、生态系统服务能力和生态系统反弹力。由于各指标间量纲不一,对生态系统健康综合评价时首先要对各指标进行归一化处理,将 $EV$ 、 $ES$ 、 $ER$ 的指标值范围设置为 $[0, 1]$ 。

### 1.2.2 旅游资源开发水平评价

借助高德地图 API 网络爬虫程序获取旅游要素 POI 数据。首先,以餐饮、住宿、风景名胜、购物、体育锻炼为关键词进行搜索,获取 2012、2016 和 2022 年的 30、328 和 1450 个数据。其次,通过删除重复和纠正坐标偏差,筛选出 30、319 和 1269 个有效数据。其中,餐饮服务涵盖农家乐、饭店、茶社等;住宿服务包括宾馆、酒店、招待所、客栈、民宿等;购物服务包括超市、购物中心、特产纪念品店;体育锻炼包括娱乐场所、体育运动场

所、棋牌茶艺、农家体验、度假疗养场所。最后,使用 ArcGIS10.2 分区统计工具计算各乡镇 POI 数量。为确保不同要素 POI 数据之间的可比性,参考杨宇民等研究<sup>[30]</sup>,针对不同类别 POI 数量进行标准化。熵权法是一种基于信息熵的客观赋权方法,适用于确定多指标评价体系中的权重,包括 POI 数据的权重<sup>[31]</sup>,故采用熵权法确定权重并进行线性加权求和得到旅游资源开发水平。

### 1.2.3 生态系统健康与旅游资源开发协同融通模型

“协同”即系统之间协调发展形成拉动效应<sup>[32]</sup>;“融通”指系统内部要素流通及不同资源融合互补<sup>[33]</sup>。耦合协调理论关注系统间的相互作用,旨在识别和促进系统优化互动和协调发展<sup>[34]</sup>,本研究采用耦合协调度模型分析生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系,公式如下:

$$C = \frac{2\sqrt{EH \times TR}}{EH + TR} \quad (2)$$

$$T = \alpha EH + \beta TR \quad (3)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (4)$$

式中, $EH$ 与 $TR$ 分别为生态系统健康与旅游资源开发水平; $C$ 为耦合度; $T$ 为协调度; $D$ 为耦合协调度; $\alpha$ 和 $\beta$ 分别为生态系统健康与旅游资源开发的协调系数,设定 $\alpha = \beta = 0.5$ 。参考已有研究对耦合协调度进行类型划分<sup>[35]</sup>(表 2)。

表 2 生态系统健康与旅游资源开发耦合协调度类型划分标准

Table 2 Classification criteria for coupling coordination degree between ecosystem health and tourism resource development

$D$	耦合协调类型 Types of coupling coordination degree	$D$	耦合协调类型 Types of coupling coordination degree
[0,0.2)	严重失调(状态 I)	[0.5,0.7)	中度协调(状态 IV)
[0.2,0.4)	中度失调(状态 II)	[0.7,1]	高度协调(状态 V)
[0.4,0.5)	磨合(状态 III)		

$D$ :耦合协调度 Degree of coupling coordination

### 1.2.4 生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系马尔科夫模型

空间马尔科夫链在传统基础上引入空间滞后项,将状态转移概率矩阵划分为 $n$ 个 $n \times n$ 矩阵。空间滞后项中纳入了相邻乡镇之间的地理位置,通过生态系统健康和旅游资源开发耦合协调度与空间权重的加权平均计算得出,具体公式如下<sup>[36]</sup>:

$$\text{lag}_j = \sum_{i=1}^n D_i W_{ij} \quad (5)$$

式中, $\text{lag}_j$ 为 $j$ 地的空间滞后项; $D_i$ 为 $i$ 地的耦合协调度; $n$ 为地区数量; $W_{ij}$ 为空间权重,采用地理邻近矩阵进行定义。通过对比传统马尔科夫转移矩阵与空间马尔科夫转移矩阵的结果,判断基于邻域背景下生态系统健康与旅游资源开发耦合协调类型转移概率的大小,进而分析邻域类型对某地区生态系统健康与旅游资源开发耦合协调类型转移方向的影响。

假设经过长时间转移后,耦合协调类型将不受初始状态影响,也不再因时间推移而发生变化,达到终极状态<sup>[37]</sup>,此时概率分布称为平稳分布,对应概率称为终极概率<sup>[38]</sup>。结合极限的定义,计算马尔科夫转移概率矩阵的终极状态概率,预测南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发未来协同融通关系的演变趋势。具体公式为:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \pi(t+1) = \lim_{t \rightarrow \infty} \pi(t) M \quad (6)$$

式中, $\pi$ 为终极状态矩阵, $t$ 为时间年份, $M$ 为马尔科夫转移概率矩阵,若 $\pi$ 满足 $\sum_{i=1}^n \pi_i = 1$ ,且 $0 \leq \pi_i \leq 1$ ,则 $\pi$ 为传统马尔科夫过程演变的终极状态,据此计算得出空间马尔科夫过程的终极状态。

### 1.3 数据来源与处理

根据南山国家公园建设进程及 POI 数据的可获得性,将南山国家公园试点成立前、成立时和成立后分别设置为 2012、2016 和 2022 年。土地利用数据来源于武汉大学<sup>[39]</sup>;植被净初级生产力数据来源于 NASA 的 Terra 卫星第 6 代产品提供的初级生产力数据集(<https://www.nasa.gov>);行政边界矢量数据源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn>)。

## 2 结果分析

### 2.1 生态系统健康与旅游资源开发的时空格局分析

#### 2.1.1 生态系统健康水平的时空格局分析

2012、2016 和 2022 年南山国家公园生态系统健康均值分别为 0.699、0.784 和 0.783,呈现上升趋势,空间上表现为“西高东低”的分布格局,高值区集中在儒林镇和崑山镇,低值区则分布在云马林场、南洞林场和南山牧场(图 2)。相较 2012 年,2016 年南山国家公园生态系统健康低值区数量在减少,高值区数量不断增加,增加的高值区主要分布在研究区中段和东段。但相较 2016 年,2022 年生态系统健康空间分布格局变化不显著。总体来看,南山国家公园生态系统健康在动态演进过程空间差异不断缩小,已形成较为稳定的分布格局。

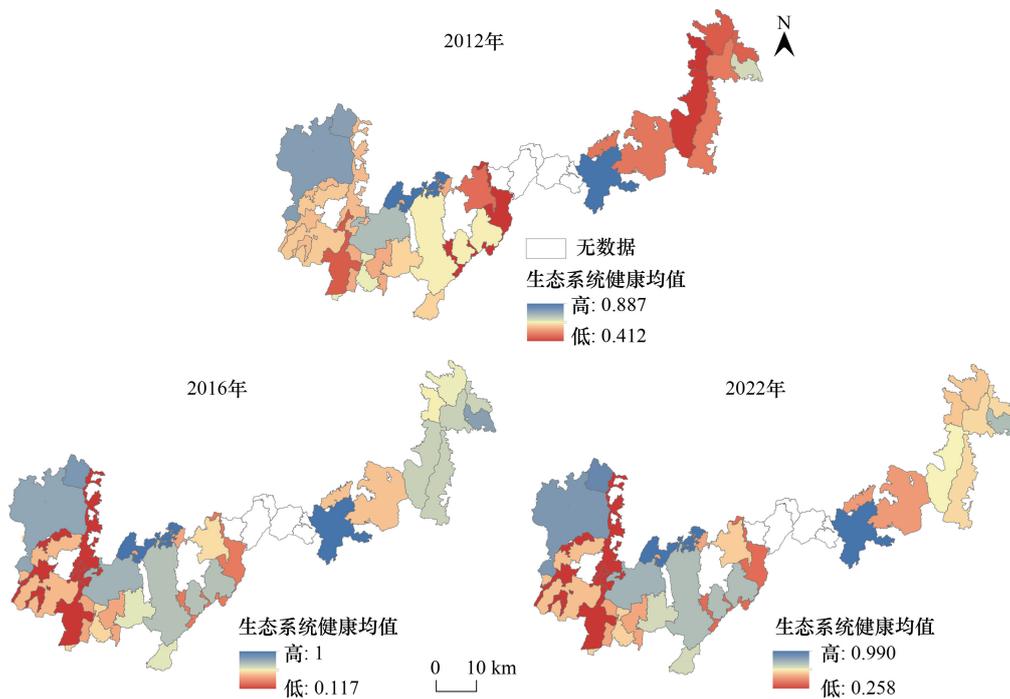


图 2 2012—2022 年南山国家公园生态系统健康空间分布特征

Fig.2 Spatial distribution of ecosystem health in Nanshan National Park from 2012 to 2022

#### 2.1.2 旅游资源开发水平的时空格局分析

2012、2016 和 2022 年南山国家公园旅游资源开发水平均值分别为 0.003、0.036、0.087,呈上升发展趋势,但仍处于较低水平(图 3)。空间上,旅游资源开发水平呈现“低值片状扩散、高值点状集聚”的分布格局。2012 年所有地区均为低水平和较低水平;2016 年增加 2 个高水平地区(金石镇和崑山镇)、1 个较高水平地区(丹口镇)、2 个中等水平地区(南山牧场和寨市苗族侗族乡);2022 年,南山牧场和寨市苗族侗族乡发展为高水平地区,大庙口镇由较低水平变为中等水平,金石镇和崑山镇仍然为高水平乡镇,丹口镇由较高水平下降为中等水平,而其他地区未发生明显的类型变化。

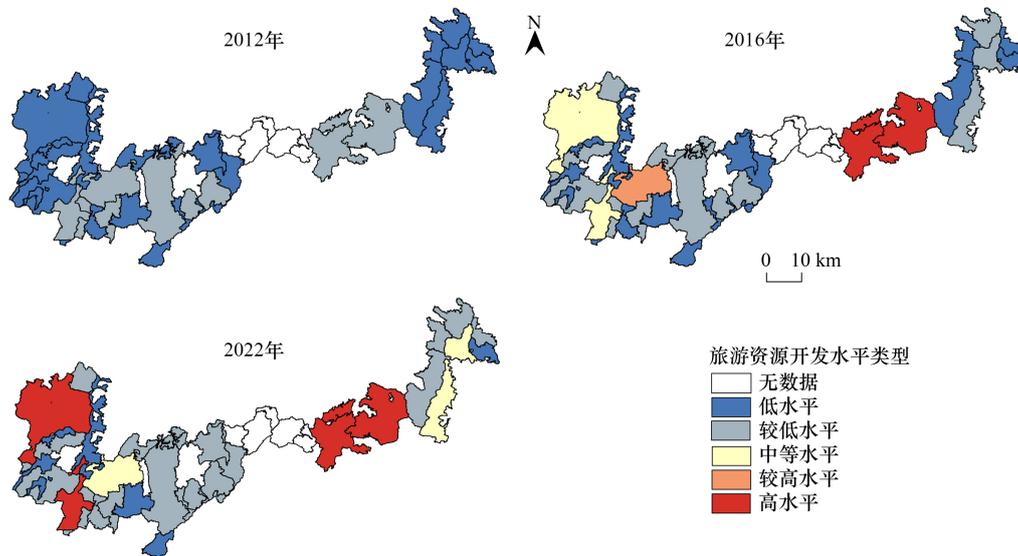


图3 2012—2022年南山国家公园旅游资源开发水平空间分布

Fig.3 Spatial distribution of tourism resources development level in Nanshan National Park from 2012 to 2022

## 2.2 生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系

2012—2022年南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系从严重失调转化为中度失调,期末耦合协调度大小排序为:绥宁县>东安县>新宁县>城步苗族自治县。具体来看,严重失调地区数量占比高达47.6%,集中分布在南山国家公园西段和东段;中度失调地区次之,延西段→中段→东段路径呈“缩小-扩张”的态势;磨合区仅出现在2016年的南山牧场;中度协调类型平均占比为7.9%,点状分散在丹口镇、南山牧场和寨市苗族侗族乡,呈现数量扩增态势;高度协调类型平均占比为4.7%,仅点状分布在崑山镇和金石镇(图4)。

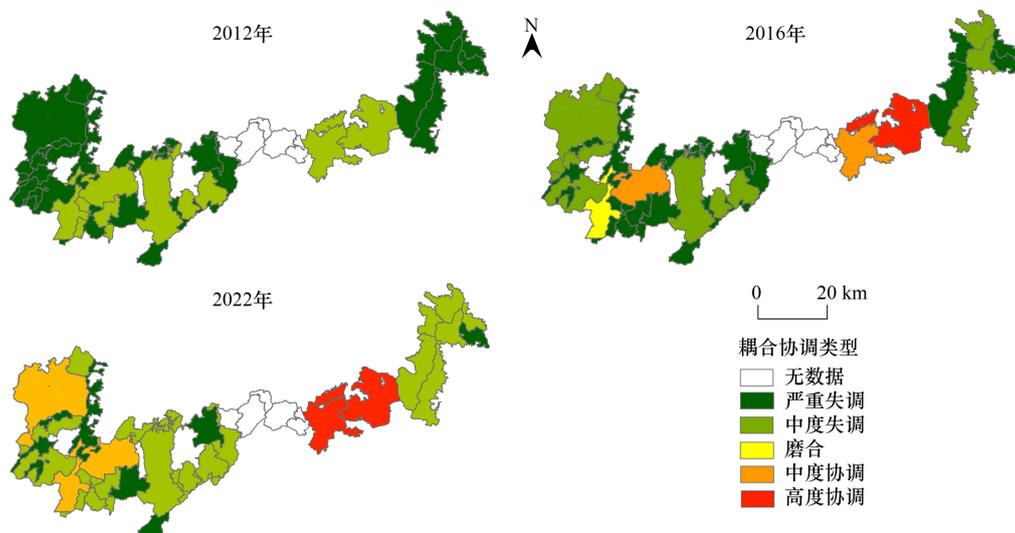


图4 2012—2022年南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系

Fig.4 The relationship between tourism resource development and ecosystem health in Nanshan National Park from 2012 to 2022

## 2.3 南山公园生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系的分区管理

基于生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系示意图(图5),综合2012—2022年南山国家公园各乡

镇的协同融通路径转化类型,将生态系统健康与旅游资源开发的耦合协调类型转化形式表示为  $F_{ij}$ ,即由期初状态  $i$  向期末状态  $j$  转换的发展类型。其中,  $i=1,2,3,4,5, j=1,2,3,4,5$ , 分别对应状态 I、II、III、IV 和 V。据此划分为生态开发区、生态保护区、持续改善区和协调发展区 4 种类型管理分区(表 3)。具体来看:(1)生态开发区生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系转化路径为由磨合、中度协调、高度协调分别向对应的低层级类型发生变化,协同融通关系呈现减弱趋势,仅 2012—2016 年在云马林场存在此类分区。(2)生态保护区生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系始终处于失调阶段,转化类型尚未发生变化。2012—2016 年和 2016—2022 年该类分区占研究区总数的百分比分别为 57% 和 43%, 主要分布在城步苗族自治县的白毛坪乡、汀坪乡、金紫山林场、南洞林场、长安营寨、兰蓉乡,以及东安县的一渡水镇和大庙口镇等地。(3)持续改善区内生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系分别从低层级类型向上转化为更高层级类型,耦合协调度呈上升趋势。2012—2016 年和 2016—2022 年该类分区分别为 8 个和 10 个, 主要分布在绥宁县的寨市苗族侗族乡和城步苗族自治县的南山牧场、五团镇,以及新宁县的崑山镇等地。(4)协调发展区生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系始终为中度协调或者高度协调类型,仅 2016—2022 年有 2 个乡镇存在此类分区,分布在丹口镇和金石镇。

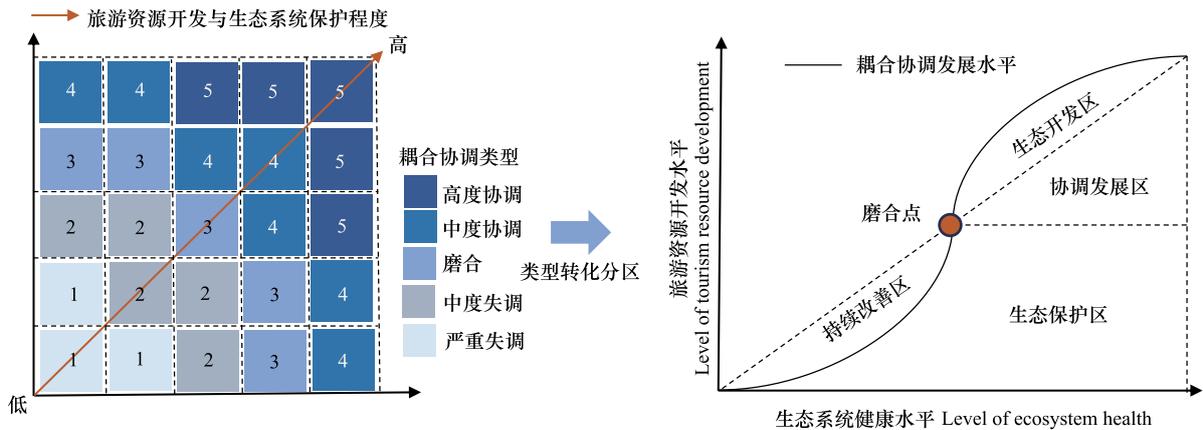


图 5 生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系示意图

Fig.5 The schematic diagram of the synergistic integration relationship between tourism resource development and ecosystem health

表 3 基于生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系的分区类型

Table 3 Types of zoning based on the synergistic relationship between tourism resource development and ecosystem health

分区类型 Zoning types	组合类型 Combination types
生态开发区 Ecological development zone	$F_{32}, F_{42}, F_{43}, F_{52}, F_{53}, F_{54}, F_{21}, F_{31}, F_{41}, F_{51}$
生态保护区 Ecological potential zone	$F_{11}, F_{22}, F_{33}$
持续改善区 Continuous improvement zone	$F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{15}, F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{34}, F_{35}, F_{45}$
协调发展区 Coordinated development zone	$F_{44}, F_{55}$

F:形式 Form;  $F_{ij}$ 表示由期初状态  $i$  向期末状态  $j$  转换的形式; 1、2、3、4、5, 表示 I、II、III、IV 和 V 状态, 分别表示严重失调、中度失调、磨合、中度协调和高度协调类型

### 2.4 生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系趋势预测

进一步考察南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系的演进趋势,构建传统马尔科夫转移概率矩阵(表 4)。结果表明,在极值收敛性上,对角线两端维持稳定的概率最大,且概率值均高于处于中间的概率值,说明南山国家公园部分地区生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系趋向于高水平或低水平收敛。将“空间滞后”引入传统马尔科夫转移概率矩阵,得到空间马尔科夫转移概率矩阵(表 5)。结果显示,从 I 状态向 II 状态转移的概率为 0.462,加入空间滞后条件后,当某地区分别为 I 状态、II 状态的地区相邻时,从 I 状态转移到 II 状态的概率分别为 0.385 和 0.539。其次,当某地区与较低水平耦合协调度类型(II 状态)的地

区相邻,其耦合协调度向上转移的可能性会增强,如 $P_{24|2}(0.333) > P_{24}(0.250)$ ,  $P_{12|2}(0.539) > P_{12}(0.462)$ ,但向状态 V 发生类型转换的概率逐渐降低,如 $P_{45|2}P_{25|2}(0) < P_{45}(0.083)$ 。而当某地区与低水平耦合协调度类型(I 状态)的地区相邻,则耦合协调度存在增加和降低的两种可能性,说明此类地区变化相对不稳定。V 状态地区中 $P_{45|5}(1) > P_{45}(0.5)$ ,说明当某地区与高水平耦合协调度类型(V 状态)的地区相邻,其耦合协调度由较高水平向高水平发生类型转移的概率为 100%。最后,与低水平耦合协调度地区相邻时,该地区处于低水平类型的概率(0.615)明显高于其他状态类型的概率。

表 4 生态系统健康与旅游资源开发耦合协调度传统马尔科夫转移概率矩阵

Table 4 Probability matrix of traditional Markov transfer of the relationship between tourism resource development and ecosystem health

<i>t</i> 年	<i>t</i> +1 年					观测值 Numbers
	I 状态	II 状态	III 状态	IV 状态	V 状态	
I 状态	0.539	0.462	0	0	0	26
II 状态	0.083	0.417	0.167	0.250	0.083	12
III 状态	0	0	0	1	0	1
IV 状态	0	0	0	0.500	0.500	2
V 状态	0	0	0	0	1	1

*t* 和 *t*+1 分别表示期初和期末

表 5 生态系统健康与旅游资源开发耦合协调度空间马尔科夫转移概率矩阵

Table 5 Probability matrix of spatial Markov transfer of the relationship between tourism resource development and ecosystem health

邻域类型 Neighborhood types	<i>t</i> 年	<i>t</i> +1 年					观测值 Numbers
		I 状态	II 状态	III 状态	IV 状态	V 状态	
I 状态	I 状态	0.615	0.385	0	0	0	13
	II 状态	0.111	0.333	0.222	0.222	0.111	9
	III 状态	0	0	0	0	0	0
	IV 状态	0	0	0	1	0	1
	V 状态	0	0	0	0	0	0
II 状态	I 状态	0.462	0.539	0	0	0	13
	II 状态	0	0.667	0	0.333	0	3
	III 状态	0	0	0	1	0	1
	IV 状态	0	0	0	0	0	0
	V 状态	0	0	0	0	1	1
V 状态	I 状态	0	0	0	0	0	0
	II 状态	0	0	0	0	0	0
	III 状态	0	0	0	0	0	0
	IV 状态	0	0	0	0	1	1
	V 状态	0	0	0	0	0	0

对生态系统健康与旅游资源开发耦合协调类型在  $t \rightarrow \infty$  次转移后的极限分布求解,利用传统和空间 Markov 概率转移矩阵测算两种情景下的极限分布,并与初始状态进行对比,探究南山国家公园生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系的长期演进发展趋势。如表 6 所示,在不考虑空间滞后条件下,求解极限分布状态与初始状态相比,不同状态类型呈现差异化特征,处在低水平和较低水平类型的地区数量减少,地区向上转移中等水平、较高水平和高水平概率分别为 0.004、0.078 和 0.918;而处在中等水平、较高水平和高水平地区数量显著减少,地区向下转移较低及以下水平类型概率为 0。在考虑空间滞后条件下,当与低水平类型地区为邻,耦合协调度随时间推移呈现由低水平全部向中等水平持续增强的趋势。当与较低水平类型地区为邻时,耦合协调度类型为状态 I 的地区数量显著减少,处于 II、III、IV 和 V 状态的地区数量增多。当邻近中等水平地区,耦合协调度会向高水平状态 V 发生转移。而当邻近 IV 状态地区,向 III 和 IV 状态转移概率要大于邻

近 II 状态地区。

表 6 生态系统健康与旅游资源开发耦合协调度演进趋势预测

Table 6 Prediction of the evolution trend of the shift of the relationship between tourism resource development and ecosystem health

空间滞后 Spatial lag	初始或终极状态 Initial or ultimate state	状态类型 Types of states	I	II	III	IV	V
不考虑空间滞后 Without considering spatial lag	初始状态		0.714	0.286	0	0	0
	终极状态		0	0	0.004	0.078	0.918
考虑空间滞后 Considering spatial lag	终极状态	I	0	0	1	0	0
		II	0.101	0.324	0.458	0.110	0.008
		III	0	0	0	0	1
		IV	0	0	0.015	0.210	0.775
		V	0	0	0	0	1

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

本研究基于国家公园建设背景下的人地关系耦合视角,聚焦生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系,对国家公园以旅游发展增进民生福祉具有重要参考价值。自 2016 年《南山国家公园体制试点区试点实施方案》正式实施,通过整合国家公园强化自然生态系统保护措施,出台一系列专项规划,为南山国家公园试点建设发展和旅游资源开发奠定良好环境基础。然而,生态移民搬迁和产业退出政策的实施,虽减少了人类活动对生态系统的干扰,但也限制了旅游相关产业发展。管理分区不仅为未来的生态管理和政策制定提供了科学依据,也为其他国家公园或生态旅游区域的规划与管理提供了重要借鉴。其中,生态保护分区侧重于原始生态系统保护和恢复,生态开发分区聚焦于核心旅游资源开发,持续改善分区反映了生态系统保护与旅游资源开发协同融通程度的不断提升,而协调发展分区则代表了生态保护与旅游发展协同融通的终极目标。

虽然南山国家公园的研究结论具有一定的普适性价值,其研究方法和思路可以为其他国家公园开展类似研究和管理工作提供参考。但由于研究范围和样本数量的限制,未来研究应考虑更多维度的数据收集,探索生态系统健康的流动特性及其对邻近区域的影响。本研究虽构建了国家公园生态系统健康测度模型、生态系统健康与旅游资源开发协同融通模型,可为其他同类地区提供一定参考借鉴,但不同国家公园生态系统类型差异显著,对生态系统健康维护及旅游资源开发模式影响较大,故在模型应用时需与当地管理体系、政策法规及社区利益诉求相适配,确保模型能有效指导实践。

#### 3.2 结论

(1) 南山国家公园生态系统健康均值为持续上升趋势,呈现“西高东低”较为稳定的空间分布格局;旅游资源开发水平仍较低,空间上呈现“低值片状扩散、高值点状集聚”的分布格局,高值区集中在儒林镇和崑山镇,低值区分布在云马林场、南洞林场和南山牧场。

(2) 生态系统健康与旅游资源开发的协同融通关系从严重失调到中度失调发生类型转化,耦合协调度不断提升,呈现“绥宁县>东安县>新宁县>城步苗族自治县”的分布趋势。2012—2016 年 47.62% 严重失调地区未发生类型转换,42.85% 地区耦合协调度均有所上升。但在 2016—2022 年仍有 19.05% 的严重失调地区未发生类型转化,且 33.33% 地区的转化路径为“中度失调—严重失调”。

(3) 根据生态系统健康与旅游资源开发协同融通关系转化路径,将南山国家公园划分为生态保护区、生态开发区、持续改善区和协调发展区,在类型转化过程存在“俱乐部收敛”现象,具有“邻高提升,邻低抑制”特征,不同邻域状态类型对其关系演变的影响具有异质性。

## 参考文献 (References):

- [ 1 ] 梁增贤. 共有、共建、共享的中国国家公园模式——评《国家公园公众参与机制研究》. 中国生态旅游, 2025, 15(1): 216-217.
- [ 2 ] 麻学锋, 陈进. 区域旅游城镇化与居民幸福水平适配性时空演变特征与机制. 地理学报, 2024, 79(4): 1007-1026.
- [ 3 ] 苏明明, 董航宇, 宝林佳, 徐峰, 张永波, 王梦晗, 王亚楠, 张梦真, 刘海庆, 靳敏. 供需视角下农业文化遗产生态价值旅游实现策略——以内蒙古敖汉旱作农业系统为例. 生态学报, 2024, 44(19): 8812-8825.
- [ 4 ] Sharma L K, Raj A. Spatiotemporal forest health assessment for ecosystem management of Sariska National Park (India) under regional climatic inconstancies. *Environment, Development and Sustainability*, 2024; 10.1007/s10668-024-05100-8.
- [ 5 ] Peng J, Liu Y X, Wu J S, Lv H L, Hu X X. Linking ecosystem services and landscape patterns to assess urban ecosystem health: a case study in Shenzhen City, China. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 143: 56-68.
- [ 6 ] 王维奇, 刘欣, 刘晨晖, 陈延菲, 高静然, 王凯平, 张云路. 放牧压力对中国北方农牧交错带生态系统健康的影响. 生态学报, 2024, 44(14): 6288-6300.
- [ 7 ] Shen W, Li Y, Qin Y C. Research on the influencing factors and multi-scale regulatory pathway of ecosystem health: a case study in the Middle Reaches of the Yellow River, China. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 406: 137038.
- [ 8 ] 李淑娟, 孟芬芬. 山东省湿地生态系统健康评价及旅游开发策略. 资源科学, 2011, 33(7): 1390-1397.
- [ 9 ] 周彬, 赵宽, 钟林生, 陈田, 虞惠. 舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展评价. 生态学报, 2015, 35(10): 3437-3446.
- [ 10 ] Lu F, Ren H G, Zhai X L. Dynamic evolution characteristics and driving factors of tourism ecosystem health in China. *Frontiers in Public Health*, 2023, 11: 1127980.
- [ 11 ] 谭佳欣, 王凯. 旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系——以武陵山片区为例. 生态学报, 2025, 45(4): 1563-1574.
- [ 12 ] 朱顺顺, 章锦河, 胡欢, 陈草惠. 旅游发展的生态系统服务价值增值效应研究. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3): 603-613.
- [ 13 ] Wang B, Hu C G, Li J X. Coupling and coordination relationship between the tourism economy and ecosystem service value in southern Jiangsu, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(23): 16136.
- [ 14 ] He X R, Cai C Y, Tang J X, Shi J Z, Yang R B. Analysis of coupling coordination and obstacle factors between tourism development and ecosystem services value: a case study of the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, 2023, 157: 111234.
- [ 15 ] Li J H, Bai Y, Alatalo J M. Impacts of rural tourism-driven land use change on ecosystems services provision in Erhai Lake Basin, China. *Ecosystem Services*, 2020, 42: 101081.
- [ 16 ] Lin Y Y, Jin Y D, Lin M S, Wen L S, Lai Q F, Zhang F Z, Ge Y, Li B Y. Exploring the spatial and temporal evolution of landscape ecological risks under tourism disturbance: a case study of the Min River Basin, China. *Ecological Indicators*, 2024, 166: 112412.
- [ 17 ] Hu Q, Xiang L Q, Lin A W, Hou Y Y, Dai Y C. Exploring the spatial configuration of tourism resources through ecosystem services and ethnic minority villages. *Ecological Informatics*, 2024, 79: 102426.
- [ 18 ] 段桂兰, 朱寅健. 旅游干扰对土壤生态系统的影响研究进展. 生态学报, 2019, 39(22): 8338-8345.
- [ 19 ] Iversen E K, Grimsrud K, Lindhjem H, Navrud S. Mountains of trouble: Accounting for environmental costs of land use change from tourism development. *Tourism Management*, 2024, 102: 104870.
- [ 20 ] 雒占福, 梁晶晶, 张蓉, 王家明. 全域旅游开发分区识别及空间管制——以生态脆弱区四川阿坝藏族羌族自治州为例. 山地学报, 2022, 40(6): 887-901.
- [ 21 ] 于沛鑫, 王兆峰. 南山国家公园生态系统服务对居民福祉的影响及其异质性研究. 中国生态旅游, 2024, 14(1): 61-78.
- [ 22 ] 熊昕莹, 孟梅. 基于生态系统服务供需关系及空间流动的新疆生态管理分区与优化策略. 应用生态学报, 2023, 34(8): 2237-2248.
- [ 23 ] 汪小钦, 林梦婧, 丁哲, 周珏, 汪传建, 陈劲松. 基于指标自动筛选的新疆开孔河流域生态健康评价. 生态学报, 2020, 40(13): 4302-4315.
- [ 24 ] Zhao Y L, Han R, Cui N, Yang J B, Guo L. The impact of urbanization on ecosystem health in typical karst areas: a case study of Liupanshui City, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(1): 93.
- [ 25 ] Su M R, Xie H, Yue W C, Zhang L X, Yang Z F, Chen S H. Urban ecosystem health evaluation for typical Chinese cities along the Belt and Road. *Ecological Indicators*, 2019, 101: 572-582.
- [ 26 ] 马小宾, 章锦河, 马天驰, 陶洁怡, 王培家, 郭丽佳, 杨良健. 国家公园生态系统健康测度模型构建及黄山实证研究. 生态学报, 2024, 44(13): 5746-5760.
- [ 27 ] 刘少坤, 覃雪华, 陆汝成, 叶宗达, 张利国. 中国陆地边境地区城镇化与生态系统健康的动态交互响应. 中国土地科学, 2024, 38(9): 122-134.

- [28] Wang P J, Zhang J H, Ma J X, Guo L J, Yang L J, Ma X B, Sun F, Cao S S. What impacts ecosystem services in tropical coastal tourism cities? A comparative case study of Haikou and Sanya, China. *Journal of Environmental Management*, 2023, 342: 118227.
- [29] 李魁明, 王晓燕, 姚罗兰. 京津冀地区生态系统健康时空演变及其影响因素. *环境科学*, 2024, 45(1): 218-227.
- [30] 杨宇民, 焦胜, 廖婧茹, 刘奕村, 胡亮, 邓凌云, 郑华, 伍天亮. 人口规模与交通环境影响的中国城市旅游资源-经济空间错位. *经济地理*, 2021, 41(1): 221-231.
- [31] 叶随, 席建超. 青藏高原区旅游廊道识别与评价. *地理学报*, 2023, 78(10): 2630-2644.
- [32] Chalupa P. Synergetic conception of regional population and social-democratic processes taking place in the Czech Republic. *GeoJournal*, 1993, 31(4): 435-438.
- [33] 葛鹏飞, 黄秀路. 数字化转型、创新知识与制造业企业融通创新. *软科学*, 2024, 38(9): 8-15.
- [34] Ariken M, Zhang F, Liu K, Fang C L, Kung H T. Coupling coordination analysis of urbanization and eco-environment in Yanqi Basin based on multi-source remote sensing data. *Ecological Indicators*, 2020, 114: 106331.
- [35] 李佳桐, 唐海萍, 邝佛缘. 国家公园生态系统服务与农牧户福祉的时空耦合分析——以祁连山国家公园为例. *生态学报*, 2024, 44(15): 6527-6539.
- [36] 张启航, 张亚连, 谭桂菲, 黄崇超, 袁宝龙. 中国林业碳汇效率时空演化特征——基于三阶段超效率数据包络分析模型. *生态学报*, 2024, 44(15): 6769-6782.
- [37] 王少剑, 高爽, 黄永源, 史晨怡. 基于超效率 SBM 模型的中国城市碳排放绩效时空演变格局及预测. *地理学报*, 2020, 75(6): 1316-1330.
- [38] 石玉堂, 王晓丹, 刘达, 陈凯旋, 王淑瑶. 中国城市群乡村振兴水平测度、区域分解及时空收敛性. *经济地理*, 2024, 44(4): 161-170.
- [39] Yang J, Huang X. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, 2021, 13(8): 3907-3925.