

宁夏回族自治区旅游生态安全动态评价及其驱动机制

陈丽¹, 宋小龙², 卜晓燕³

(1.宁夏职业技术学院 商学院, 银川 750021; 2.宁夏大学 农学院, 银川 750021; 3.宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021)

摘要:为了科学评价旅游地生态安全的时序演变及其动态变化特征, 识别其影响因素, 探讨其驱动机制对协调旅游地生态环境保护与旅游产业快速发展的矛盾, 推进区域旅游经济与生态环境持续健康发展。以宁夏回族自治区为例, 基于 DPSIR 模型构架指标体系, 综合运用熵权法、TOPSIS 模型和地理探测器等方法对研究区 2009—2018 年旅游生态安全动态变化特征及其驱动机制进行了分析研究。结果表明: 宁夏旅游生态安全贴近度由 2009 年的 0.423 增加至 2018 年的 0.517, 旅游生态安全状况有所改善, 但其安全等级始终处于中等水平, 整体水平有待进一步改善; 就不同子系统而言, 驱动力系统和状态系统整体呈现下降趋势, 压力系统、影响系统和响应系统整体呈上升趋势; 通过地理探测器探测发现, 不同因素对旅游生态安全影响的强度存在显著差异, 关键影响因子数量减少, 单一因素对旅游生态安全的影响增加。而旅游空间密度高、压力大, 生态环境质量不高、响应能力不足是宁夏生态安全整体水平较低的主要原因。因此依据旅游生态系统承载力, 合理把控游客数量, 加大生态环境治理与保护, 提高系统响应能力是提升和改善研究区旅游生态安全的重要途径和方式。

关键词: DPSIR 模型; 旅游生态安全; 地理探测器; 宁夏回族自治区

中图分类号: F590; X826

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2020)06-0278-07

DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2020.06.037

Dynamic Evaluation and Driving Mechanism of Tourism Ecological Security in Ningxia Hui Autonomous Region

CHEN Li¹, SONG Xiaolong², BU Xiaoyan³

(1. Business School, Ningxia Vocational and Technical College, Yinchuan 750021, China; 2. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 3. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021)

Abstract: In order to scientifically evaluate the temporal evolution and dynamic change characteristics of tourism destination ecological security, identify its influencing factors, explore its driving mechanism to coordinate the contradiction between the ecological environment protection and the rapid development of tourism industry, and promote the sustainable and healthy development of regional tourism economy and ecological environment, we took Ningxia Hui Autonomous Region as an example to construct an index system, based on the DPSIR model, used the entropy weight method, the TOPSIS model, and the geo-detector to analyze and study the dynamic changes in tourism ecological security and its driving mechanism in the study area from 2009 to 2018. The results showed that the closeness of Ningxia's tourism ecological security increased from 0.423 in 2009 to 0.517 in 2018; the ecological security status of tourism had been improved, but its security level had always been at a medium level, and the overall level needed to be further improved; in terms of different subsystems, the overall driving force system and status system showed a downward trend, and the pressure system, the impact system, and the response system showed an overall upward trend. Through the detection of geographic detectors, it was found that the intensity of different factors' impact on tourism ecological security was significantly different, and the number of key impact factors decreased. The influence of a single factor on tourism ecological security had increased. The high density of tourism space, high pressure, low quality of the ecological environment, and insufficient response capacity are the main reasons for the overall low level of ecological security in Ningxia. Therefore, based on

收稿日期: 2020-01-09

修回日期: 2020-02-09

资助项目: 宁夏自然科学基金“宁夏旱区沙湖国家自然保护区碳汇量优化调控模式及对策研究”(2019AAC03251)

第一作者: 陈丽(1979—), 女, 宁夏银川人, 副教授, 主要从事旅游规划与开发研究。E-mail: 232599714@qq.com

通信作者: 宋小龙(1991—), 男, 宁夏永宁人, 在读博士生, 研究方向为草地生态管理、生态旅游。E-mail: nx-sxl@qq.com

the carrying capacity of the tourism ecosystem, the number of tourists should be controlled reasonably, and the ecological environment governance and protection and improvement of system response ability are important ways and methods to enhance and improve tourism ecological security in the study area.

Keywords: DPSIR model; tourism ecological security; geographic detector; Ningxia Hui Autonomous Region

旅游业的可持续发展是世界一直关注的问题之一,这已成为全球、国家和地区层面的关键政策目标^[1]。旅游业的可持续发展的特点是高度重视短期和长期旅游业对环境的影响,作为旅游可持续发展的重要研究领域,旅游生态安全地位日益凸显^[2]。但随着世界旅游业的迅猛发展,对生态环境的负面影响越来越大,不仅影响了旅游地生态系统的完整性和生态服务功能,而且严重威胁到旅游地的生态安全^[3]。如何协调旅游发展与生态环境保护之间的关系,维护旅游生态安全已成为国际社会的共识目标^[4]。目前,旅游生态安全问题引起了国内外学者的广泛关注,其研究内容主要包括旅游生态安全思想起源^[5]、旅游地生态安全综合测评^[6]、旅游生态安全空间分布格局演变及其影响因素研究^[7]、旅游生态安全变化趋势预测及其动态预警^[8-9]等方面;其研究方法主要是模型法、预测法、投影法以及指数法等^[10-13],结合GIS空间分析法对研究区旅游生态安全进行定量分析;从研究对象来看,现有研究主要针对全国、省域、市县域以及景区、自然保护区和景观等展开了研究。但由于不同学科研究视角和侧重点不同,因此对于旅游生态安全评价尚未形成统一的理论和方法体系。

宁夏位于我国西北内陆地区,旅游资源极为丰富,特别是实施内陆开放型经济试验区以及全域旅游以来,宁夏政府大力支持旅游业发展,实施全面开放的旅游政策,游客数量日益攀升,旅游经济实力不断增强。但旅游业的发展增加了生态环境压力,生态环境问题日益突出,如何保障旅游发展与生态环境协调发展,维护旅游生态安全,成为当前旅游业发展的重点内容。因此本文以宁夏回族自治区为例,基于DPSIR模型构建评价指标体系,结合熵权法和改进TOPSIS模型对宁夏旅游生态安全进行评价,运用地理探测器模型得到影响宁夏旅游生态安全的主要因素,从而揭示宁夏旅游生态安全驱动机制,以期为研究区旅游发展与管理和生态环境可持续发展提供科学参考。

1 研究区概况

宁夏位于我国西北内陆,地处黄河上游地区,介于 $35^{\circ}14'—39^{\circ}23'N$, $104^{\circ}17'—107^{\circ}39'E$,东与陕西省相邻,西部和北部与内蒙古自治区接壤,南部与甘肃省比邻,区域轮廓南北长、东西窄,地势南高北低,

北部地形以平原为主,南部地形以丘陵、山地为主,区域总面积 6.64 万 km^2 。属于温带大陆性气候,年均气温 $6\sim 10^{\circ}C$,年均降水量 220 mm左右,平均海拔 1000 m以上,日照时数 3200 h以上。截至2018年,全区共辖5个地级市22个县(区),总人口约为681.79万人。宁夏旅游资源丰富,境内共有A级景区73家,其中5A级景区4家,4A级景区17家,3A级景区34家,星级旅游饭店98家,旅行社135家,乡村旅游示范点312家,旅游商品研发基地28家。全区接待游客超过4200万人次,旅游收入突破350亿元,约占全区地区生产总值的9%,旅游业进入自治区战略性新兴产业行列。

2 研究方法

2.1 评价指标体系构建

本文将旅游地视为一个自然—经济—社会复合生态系统。旅游生态安全是指在一定时空范围内,通过对旅游资源合理开发和旅游生态环境的有效管理,使旅游地生态系统保持结构稳定和功能的多样性,为旅游发展提供丰富的物质基础和环境空间,维持旅游地自然—社会—经济系统复合生态系统的协调可持续发展^[14-15]。因此,科学评价旅游生态安全既要考虑自然生态系统内部各要素之间的相互作用关系,又要考虑人类活动、经济活动以及社会发展与旅游地之间的相互作用关系。欧洲环境署提出的“驱动力—压力—状态—影响—响应”(DPSIR)模型综合了PSR模型和DSR模型的优点,能够反映旅游活动与生态环境之间的相互作用关系及其影响,从而揭示人类社会自主、积极的反馈机制。该模型被广泛应用于可持续发展评价、生态安全评价以及生态脆弱性和水资源安全评价等领域。

因此本文将DPSIR模型应用于旅游生态系统构建旅游生态安全动态预警指标体系,其运行机制如图1所示:旅游活动、社会经济发展等因素作为长期驱动力(D),旅游发展对自然环境、社会经济以及生态资源产生一定压力(P),直观反映在旅游经济、资源和生态环境状态(S)上,进而对生态系统产生一系列影响(I),为维持旅游生态系统可持续发展,人类采取一系列响应(R)措施改善生态环境。基于该模型的运行机制,采用DPSIR模型构建宁夏旅游生态安全评价指标体系。

遵循指标选取的科学性、代表性以及可获得性等原则的基础上,通过频度统计法和专家咨询法,参考相关

文献^[6-13],结合宁夏实际状况,进行评价指标的筛选,建立宁夏旅游生态安全评价指标体系(表 1)。

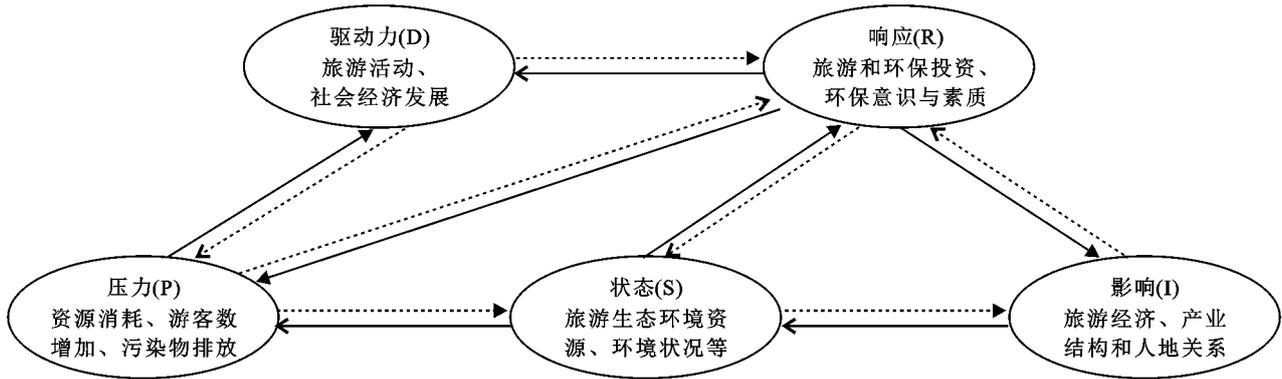


图 1 DPSIR 模型运行机制

表 1 宁夏旅游生态安全评价指标体系

| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 单位 | 权重 |
|----------------------------------|--------|----------------|--------------------|--------|
| 宁夏 旅游 生态 安全 评价 体系 | 驱动力(D) | 旅游收入增长率 | % | 0.0537 |
| | | 城镇化率 | % | 0.0346 |
| | | 游客量增长率 | % | 0.0526 |
| | | 人口自然增长率 | % | 0.0267 |
| | | 人均 GDP | 元 | 0.0335 |
| | | 第三产业比重 | % | 0.0348 |
| | 压力(P) | 人口密度 | 人/hm ² | 0.0267 |
| | | 游客空间密度 | 人次/hm ² | 0.0518 |
| | | 万元 GDP 用水量 | m ³ /万元 | 0.0347 |
| | | 污水排放量 | m ³ | 0.0331 |
| | | 人均日生活用水量 | m ³ /人 | 0.0398 |
| | | 空气质量优良天数比重 | % | 0.0225 |
| | 状态(S) | 城市饮用水水质达标率 | % | 0.0318 |
| | | 森林覆盖率 | % | 0.0379 |
| | | 建成区绿化覆盖率 | % | 0.0418 |
| | | 人均耕地面积 | hm ² /人 | 0.0349 |
| | | 生态用地递减率 | % | 0.0426 |
| | | 旅游资源利用强度 | | 0.0437 |
| | 影响(I) | 人均旅游收入 | 万元 | 0.0513 |
| | | 旅游经济密度 | 万元/km ² | 0.0493 |
| | | 旅游收入占 GDP 比重 | % | 0.0416 |
| | | 旅游从业人员大专以上学历比重 | % | 0.0387 |
| | 响应(R) | 每万人在校学生数 | 人 | 0.0346 |
| | | 环保投资占 GDP 比重 | % | 0.0526 |
| | | 污水处理率 | % | 0.0315 |
| | | 生活垃圾无公害处理率 | % | 0.0232 |

2.2 数据来源

本文使用数据来源于《宁夏统计年鉴》、《中国旅游统计年鉴》以及宁夏国民经济和社会发展统计公报、宁夏土地利用变更资料数据和宁夏环境公报和监测数据以及宁夏政府报告、官方网站公布的数据,其中个别数据来源于相关单位和部门。

2.3 改进熵权 TOPSIS 模型

TOPSIS 法是一种常用的多目标决策分析法,通

过测度目标靠近正负理想解的程度来对评价对象进行综合评估^[16]。该方法对数据分布、样本含量以及指标数量没有严格限制,且直观、真实、可靠,能够很好地反映旅游生态安全评价过程^[17]。但其传统的 TOPSIS 法以理想解到负理想解的距离来判断评价对象贴近理想解的程度,排名无法完全反映评价对象的优劣性,而改进 TOPSIS 法对评价对象到正负理想解的距离公式进行了改进,可以客观反映评价对象的优劣性^[18]。因此,本文采用改进 TOPSIS 法对宁夏旅游生态安全进行评价,计算过程为:

(1) 评价指标的标准化处理。

$$\text{正向指标: } Y_{ij} = (x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min})$$

$$\text{负向指标: } Y_{ij} = (x_{j\max} - x_{ij}) / (x_{j\max} - x_{j\min})$$

式中: Y_{ij} 为指标标准化后的值; $x_{j\max}$ 和 $x_{j\min}$ 分别为第 j 项指标的最大值和最小值。

(2) 指标权重的确定。本文采用更为客观的熵权法确定指标权重,能够很好地避免主观因素的影响。其计算公式为:

$$\omega_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^{26} (1 - e_j)$$

$$e_j = (1 / \ln 10) \cdot \sum_{i=1}^{26} (z_{ij} \ln z_{ij})$$

$$z_{ij} = Y_{ij} / \sum_{j=1}^{26} Y_{ij} \quad (\text{当 } z_{ij} = 0 \text{ 时, } z_{ij} \ln z_{ij} = 0)$$

式中: ω_j 为第 j 项指标的权重值; e_j 为第 j 项指标的熵值; z_{ij} 为第 i 年第 j 个指标的标准化值,计算结果见表 1。

(3) 建立加权评价矩阵。其计算公式为:

$$T = | T_{ij} |_{10 \times 26} = \omega_j \cdot Y_{ij}$$

式中: T 为加权评价矩阵; Y_{ij} 为指标标准化后的值; ω_j 为指标权重; T_{ij} 为规范化决策矩阵。

(4) 确定第 i 年的正负理想解: 计算公式为:

$$T_i^+ = \{ \max T_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, 10 \}$$

$$T_i^- = \{ \min T_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, 10 \}$$

式中: T_i^+ 和 T_i^- 分别为正、负理想解; T_{ij} 为规范化决策矩阵。

(5) 计算第 i 年的 T_{ij} 值到 T_i^+ 和 T_i^- 的距离。计算公式为:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{26} (T_{ij} - T_i^+)^2}, D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{26} (T_{ij} - T_i^-)^2}$$

($i = 1, 2, \dots, 10$)

式中: D_i^+ 为第 i 年评价对象到正理想解的距离; D_i^- 为第 i 年评价对象到负理想解的距离。

(6) 计算第 i 年与理想解的贴近度 (C_i), 计算公式为:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

式中: $C_i \in [0, 1]$, 其值越大, 该年旅游地生态安全评价价值越大, 旅游生态系统越安全, 反之, 旅游生态系统越不安全。

2.4 宁夏旅游生态安全影响因素探测

本文采用地理探测模型探测影响旅游生态安全的影响因素, 该模型由王劲峰等^[19]创建, 最先应用于地方疾病与风险因子探测方面, 随后被广泛应用于地理要素的空间分异等方面。其计算公式为:

$$q = 1 - \frac{1}{n \sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2$$

式中: q 为研究区旅游生态安全影响因素探测值, 假设影响要素 X 离散化后有 M 级分类, 那么 n_{xi} 为影响要素 X 的 i 级内的样本数; n 为总样本数; n 所有 i 级 ($i = 1, 2, 3, \dots, M$) 的 n_{xi} 和 σ^2 为整个区域的离散方差; h 为层 ($h = 1, 2, 3, \dots$); L 为 M 或 X 的分层。当 $q = 1$ 时, 说明旅游生态安全发生分异完全由因素 X 决定, 当 $q = 0$ 时, 表明因素 X 对旅游生态安全分异的影响为 0, 该值越大, 说明因素对旅游生态安全影响越大。

2.5 旅游生态安全划分标准

本文结合宁夏实际, 参考相关研究成果^[20-21], 采用等间距划分法依据贴近度 C_i 将宁夏旅游生态安全状况划分为 5 个等级(表 2)。

表 2 宁夏旅游生态安全等级划分标准

| 贴近度 | 安全状况 |
|------------|------|
| [0, 0.2] | 不安全 |
| (0.2, 0.4] | 较不安全 |
| (0.4, 0.6] | 一般 |
| (0.6, 0.8] | 较安全 |
| (0.8, 1] | 安全 |

3 结果与分析

3.1 宁夏旅游生态安全状况分析

研究期间宁夏旅游生态安全的贴近度呈逐年上

升趋势(图 2), 由 2009 年的 0.423 增加至 2018 年的 0.517, 说明宁夏旅游生态安全状况有所改善。近年来, 宁夏在生态立区理念的指导下, 不断加大区域生态保育与恢复建设力度, 积极推进旅游生态环境综合整治, 提高城市生态环境质量, 同时注重旅游低碳转型以及集约发展, 构建和发展生态旅游城市, 提升旅游城市综合服务功能, 生态旅游城市建设取得显著成效, 在一定程度上带动了全区旅游生态安全状况朝趋好的方向发展。2014—2016 年旅游生态安全贴近度出现短暂下降, 由 0.524 下降至 0.483, 主要是全域旅游的实施, 入境游客数量增加, 人均日生活用水量较高, 旅游地人口密度增大, 加大了旅游空间密度, 旅游资源利用强度增加所导致的。说明提高水资源节约利用和循环利用水平, 有效缓解资源供需矛盾, 严格把控旅游地游客数量, 注重区域生态环境质量改善与维护, 对于研究区旅游生态安全具有重要意义。2016 年以来, 随着生态文明理念以及生态建设政策的颁布与实施, 宁夏生态建设与环境保护力度逐年加大, 其旅游生态安全状况逐渐趋于好转。

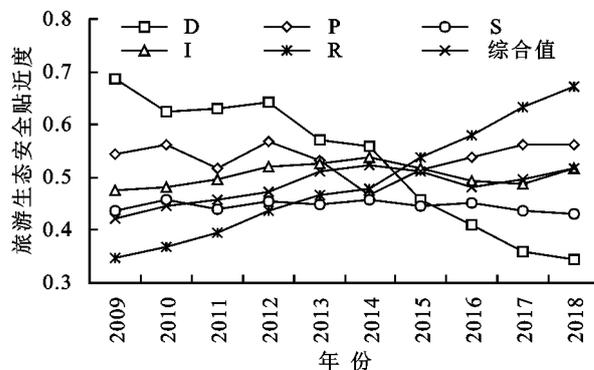


图 2 2009—2018 年宁夏旅游生态安全状况

但从生态安全等级来看, 宁夏旅游生态安全等级状况不容乐观, 其生态安全贴近度整体处于 0.4~0.6, 增长不显著, 旅游生态安全等级状况始终处于“一般”水平。整体来看, 研究区旅游生态安全等级水平未得到根本好转, 重点景区生态承载力较大、旅游空间密度和污染物排放量增加, 生态用地面积不足且保护形势严峻, 环保投资占 GDP 总量较低以及旅游从业人员综合素质水平低等问题仍较为突出, 严重制约了宁夏旅游生态安全整体水平的提升和改善, 也是今后发展过程中重点解决的问题。

3.2 宁夏旅游生态安全各子系统分析

从驱动力系统来看, 2009—2018 年研究区驱动力系统贴近度由 0.686 下降至 0.346(图 2), 其安全等级由较安全下降为较不安全, 生态安全状况逐渐恶化, 这与研究区旅游业与区域社会经济快速发展息息相关。近年来, 宁夏区域社会经济发展水平不断加快, 城镇化速度

不断加快,城镇化率不断增加,城市功能不断完善,特别是旅游业发展速度日益加快,游客总量逐年攀升。然而社会经济和旅游业快速发展的同时,也为生态环境带来了诸多压力,使其生态系统面临的不确定因素和隐患增加,对生态安全的维护产生一定影响。

从压力系统来看,2009—2018 年研究区压力系统贴适度由 0.543 下降至 0.562(图 2)但其安全等级始终保持“一般”状态,生态系统压力增加,不利于区域旅游生态安全,这也是社会经济与旅游业快速发展的结果。宁夏旅游资源丰富,西夏文明、黄河文化以及“塞上江南”的美誉为其旅游业发展增光添彩,特别是全域旅游的全面实施,全区旅游人数逐年攀升,人口集聚加速,游客密度不断上升,旅游资源利用强度增强,同时也加大了污染物排放量,使得水资源供需矛盾显著,生态系统压力不断增加。因此必须依据旅游承载力合理调控旅游人数,同时加大污染管控与治理力度,完善旅游基础设施建设,提升旅游发展水平,逐步缓解旅游业发展供需矛盾,持续推进旅游生态安全状况不断好转。

从状态系统来看,2009—2018 年研究区状态系统贴适度由 0.436 下降至 0.431(图 2),整体变化不大。从安全等级状况来看,研究期间其始终处于“一般”水平,整体形式不容乐观,究其原因城镇化进程的加快、旅游业的快速发展以及生态建设使得大量耕地别占用,致使人均耕地面积不断减少。而全域旅游的实施,为宁夏旅游发展带来了机遇,未来一段时期将是宁夏旅游业发展的关键时期和黄金阶段,对于土地资源的需求将只增不减,因此采取合理有效的措施提高土地资源利用效率以及耕地保护水平,缓解人地关系矛盾,对于改善和提高旅游生态安全至关重要。

从影响系统来看,随着宁夏旅游业和社会经济的快速发展,其生态用地面积有所增加,空气质量优良天数比重、饮用水水质状况以及森林覆盖率和建成区绿化覆盖率等不断得到改善,旅游生态安全状况不断趋于好转,研究期间贴适度由 0.476 增加至 0.517(图 2)。虽然其贴适度有所增加,但从安全等级水平来看,其仍处于“一般”状况。生态用地面积虽然有所增加,但其保护压力仍较大,且整体质量不高,而对于核心景区游客数量较多,旅游资源利用强度较大,旅游地负荷增加等问题尤为突出。因此,在注重增加和保护生态用地数量和质的同时,基于生态承载力合理调控游客规模及其空间分布格局,从而推进旅游生态安全状况的根本转变。

从响应系统来看,研究期间其贴适度由 0.349 增加至 0.671(图 2),安全等级由较不安全逐渐转变为较安全,安全状况改变显著。这与宁夏对旅游业发展的高度重视,积极开发旅游资源,打造旅游综合体,建

设塞上江南旅游圣地,加大投资旅游业发展与建设力度,统筹推进稳增长、调结构、促改革、树形象、惠民生和防风险以及投试点等工作以及注重专业人才的培养息息相关。在政府政策和制度的支持下,环境污染治理投资力度、污水处理率、垃圾无公害处理率和专业人才数量及其综合素质不断提高,从而有效带动了旅游生态安全不断趋于好转。

3.3 宁夏旅游生态安全影响因素及驱动机制

为探讨研究区旅游生态安全影响因素及其驱动机制,本文采用地理探测器计算各评价指标对研究区旅游生态安全的影响,通过分析其主要影响因素,分析其驱动机制。研究结果显示(表 3),不同因素对旅游生态安全影响的强度存在显著差异,2009—2018 年各影响因子决定力 q 值呈下降趋势,关键影响因子数量减少,而单一因素对旅游生态安全的影响增加。

(1) 驱动力影响因素。从指标决定力 q 值来看,各指标影响程度相对均衡,第三产业增长率、人均 GDP 和城镇化率的决定力 q 值增大,表明上述 3 个因子对研究区生态安全影响较大。第三产业不仅可以促进第一、二产业的发展,同时也可以培育新的经济增长点,在旅游经济发展中具有重要作用,此外第三产业很少受土地和资源的约束,对环境的负面影响也较小。宁夏第三产业发展空间较大,将是未来对改善旅游生态安全的关键驱动因素。

(2) 压力影响因素。从指标决定力 q 值来看,旅游空间密度和万元 GDP 用水量的决定力 q 值最大,表明这两个因子是影响宁夏旅游生态安全的主要因素。游客是旅游活动的主体,同时也是最难控制的因素,其不文明的旅游行为都将对环境造成影响。游客空间密度反映了城市游客数量,而游客密度一旦超过旅游地环境承载力,将发生生态失衡,影响旅游地生态安全。万元 GDP 用水量反映了旅游活动和生活影响下的资源消耗水平,其 q 值由 2009 年的 0.476 增加至 2018 年的 0.493,表明万元 GDP 用水量对研究区旅游生态安全影响程度加大,长此以往将对旅游地生态环境造成压力。

(3) 状态影响因素。建成区绿化面积、森林覆盖率对研究旅游生态安全具有显著的促进作用,绿化不仅可以减少灰尘,还可以调节空气,对保持生态环境平衡具有重要作用,是缓解旅游生态安全的重要因素,同时也是促进生态环境与旅游业协调发展的关键因素。从指标决定力 q 值来看,研究始末建成区绿化面积、森林覆盖率 q 值均较高,说明是影响研究区旅游生态安全的主要因素。

(4) 影响影响因素。通过探测结果可以发现,旅

游经济密度和人均旅游收入在旅游生态安全中发挥着重要作用,并且可以通过刺激增强旅游地投资更多资源来维护旅游生态系统实现良好运转的意愿,从而提高旅游生态系统的响应能力。旅游收入占 GDP 的比重代表了旅游经济的发展水平,反映了旅游在经济体系中的地位,也是旅游生态安全的关键经济因素。

(5) 响应影响因素。应对措施主要体现在短期

措施和长期措施上。依据探测结果可知,污水处理率和环保投资占 GDP 比重的决定力 q 值增加显著,表明这些短期措施可以直接改变生态环境。而旅游从业人员大专以上学历比重和每万人在校学生数的决定力 q 值呈缓慢增加趋势,说明人才培养是一个长期的过程,人才投资是提高应对能力的关键因素,对于改善旅游生态安全具有显著作用。

表 3 宁夏旅游生态安全影响因素探测值

| 影响因子 | 影响指标 | 2009 年 | 2018 年 | 影响因子 | 影响指标 | 2009 年 | 2018 年 |
|------|------------|--------|--------|----------------|----------|--------|--------|
| 驱动力 | 旅游收入增长率 | 0.219 | 0.058 | 状态 | 建成区绿化覆盖率 | 0.253 | 0.234 |
| | 城市化率 | 0.348 | 0.389 | | 人均耕地面积 | 0.219 | 0.183 |
| | 游客量增长率 | 0.158 | 0.197 | | 森林覆盖率 | 0.263 | 0.247 |
| | 人口自然增长率 | 0.186 | 0.167 | | 生态用地递减率 | 0.349 | 0.325 |
| | 第三产业增长率 | 0.315 | 0.321 | 影响 | 旅游资源利用强度 | 0.448 | 0.464 |
| | 人均 GDP | 0.277 | 0.283 | | 人均旅游收入 | 0.602 | 0.667 |
| | 人口密度 | 0.194 | 0.176 | | 旅游经济密度 | 0.511 | 0.625 |
| 压力 | 游客空间密度 | 0.649 | 0.533 | 旅游收入占 GDP 比重 | 0.433 | 0.446 | |
| | 万元 GDP 用水量 | 0.476 | 0.493 | 旅游从业人员大专以上学历比重 | 0.172 | 0.426 | |
| | 污水排放量 | 0.168 | 0.114 | 每万人在校学生数 | 0.258 | 0.274 | |
| | 人均日生活用水量 | 0.229 | 0.214 | 环保投资占 GDP 比重 | 0.206 | 0.223 | |
| 状态 | 空气质量优良天数比重 | 0.206 | 0.203 | 污水处理率 | 0.154 | 0.396 | |
| | 城市饮用水水质达标率 | 0.236 | 0.214 | 生活垃圾无公害处理率 | 0.131 | 0.159 | |

根据生态格局和生态系统理论,旅游生态系统的各要素处于相互影响和循环运行的状态,而对其关键因素进行调控有利于维持旅游生态系统稳定运行。本文基于宁夏旅游生态安全影响因素探索其驱动机制(图 3),有助于明晰系统不同因素之间的相互作用方式及其形成原因。旅游生态系统本质上是一个由旅游环境影响和旅游经济发展组成的复杂的多变量耦合系统。驱动力因素是整个旅游生态安全演变的动力源泉。宁夏经济发展水平的迅速提升以及第三产业的快速增长促进了区域旅游业的发展,而旅游活动造成的一系列资源消耗和污染物排放等带来了人口压力、资源压力和环境压力,进而对旅游地生态系统造成了一定的负面影响,特

别是核心景区,游客数量的激增,加大了其生态压力,生态污染和环境破坏现象明显,从而改变其原有生态系统的稳定状态。而旅游生态系统不稳定的状况将影响旅游经济的发展,长此以往必将导致旅游经济的衰落。为保持旅游经济持续健康发展,促使管理者采取一定的管理决策和措施,而合理有效的管理决策和措施不仅减轻旅游发展压力,维持健康良好的旅游生态系统状态,同时还可以调节外部压力对旅游生态系统产生的改变。宁夏政府十分重视旅游压力改变生态环境带来的旅游经济影响,因此不断加大环保投资应对旅游活动带来的压力,维护旅游地生态环境稳定状态,调节外部压力对旅游生态系统产生的改变。

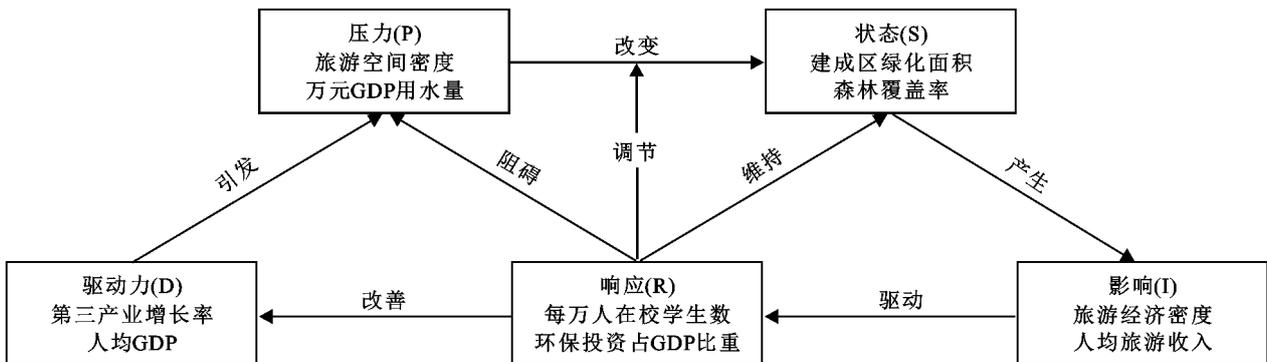


图 3 宁夏旅游生态安全驱动机制

通过对研究区旅游生态安全地理探测发现,宁夏旅游生态安全关键影响因子数量减少,而单一因素对旅游生态安全的影响增加。旅游空间密度高、压力

大,生态环境质量不高、响应能力不足是宁夏生态安全整体水平较低的主要原因,因此依据旅游生态系统承载力,合理把控游客数量,加大生态环境治理与保

护,提高系统响应能力对于提升和改善研究区旅游生态安全具有重要作用。

4 结论与讨论

研究期间宁夏旅游生态安全由 2009 年的 0.423 增加至 2018 年的 0.517,旅游生态安全状况有所改善,但其安全等级始终处于中等水平,整体水平有待进一步改善。从驱动力系统来看,研究期间驱动力整体呈现大幅下降的变化趋势,其变化与宁夏旅游和社会经济快速发展息息相关;从压力系统来看,其贴适度呈波动上升态势,旅游生态系统压力越来越大,这是旅游业和社会经济高速发展导致的结果;从状态系统来看,其贴适度整体呈下降的变化趋势,由 0.436 下降至 0.431,旅游生态安全状态有所下降,但其变化幅度不大;从影响系统来看,其贴适度整体呈上升的变化趋势,由 0.476 增加至 0.517,主要得益于生态环境质量的改善与旅游经济实力的快速提升;从响应系统来看,其贴适度呈现快速上升的态势,由 0.349 增加至 0.671,宁夏旅游生态安全应对外界环境变化的能力显著提升。

通过地理探测器探测其主要影响因素发现,不同因素对旅游生态安全影响的强度存在显著差异,2009—2018 年各影响因子决定力 q 值呈下降趋势,关键影响因子数量减少,而单一因素对旅游生态安全的影响增加。而旅游空间密度高、压力大,生态环境质量不高、响应能力不足是宁夏生态安全整体水平较低的主要原因,因此依据旅游生态系统承载力,合理把控游客数量,加大生态环境治理与保护,提高系统响应能力是提升和改善研究区旅游生态安全的重要途径和方式。

旅游生态安全是一项涵盖社会、经济、生态、文化、政策等多要素复杂的系统工程,对其进行合理、科学的评价有利于区域旅游发展与管理,实现可持续发展。而构建合理的指标体系是旅游生态安全评价的关键,受数据资料的影响,本文的评价指标构建可能不一定健全,仍需进一步探讨。此外本文从时间尺度对宁夏旅游生态安全进行了评价,并对其驱动机制进行了探讨,缺乏时空角度的综合评价,而对于旅游生态安全调控对策与优化路径等问题的研究,也需要进一步的深入探讨。

参考文献:

- [1] Peng J, Yang Y, Liu Y, et al. Linking ecosystem services and circuit theory to identify ecological security patterns[J]. *Science of The Total Environment*, 2018, 644(10):781-790.
- [2] Lu C Y, Li W L, Pang M, et al. Quantifying the Economy-

environment interactions in tourism: Case of Gansu Province, China[J]. *Sustainability*, 2018, 10(3).DOI: 10.3390/su10030711.

- [3] Yang X, Dong L, Li C. Microclimate tourism and microclimate tourism security and safety in China[J]. *Tourism Management*, 2019, 74(5):110-133.
- [4] 鲍青青,刘胜峰.喀斯特旅游地生态安全动态评价与障碍因子分析:以桂林为例[J].*中国岩溶*, 2017, 36(3): 407-414.
- [5] 吕君.旅游生态安全思想的缘起及其安全状态诊断[J].*内蒙古财经学院学报*, 2007(5):35-38.
- [6] 徐美,刘春腊.张家界市旅游生态安全评价及障碍因子分析[J].*长江流域资源与环境*, 2018, 27(3):605-614.
- [7] 周彬,钟林生,陈田,等.浙江省旅游生态安全的时空格局及障碍因子[J].*地理科学*, 2015, 35(5):599-607.
- [8] 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.
- [9] 周彬,虞虎,钟林生,等.普陀山岛旅游生态安全发展趋势预测[J].*生态学报*, 2016, 36(23):7792-7803.
- [10] 曹新向.旅游地生态安全评价模型及实证研究:基于生态足迹模型的分析[J].*经济地理*, 2006, 26(6):1062-1066.
- [11] 武春友,郭玲玲,于惊涛.区域旅游生态安全的动态仿真模拟[J].*系统工程*, 2013, 31(2):94-99.
- [12] He G, Yu B H, Li S Z, et al. Comprehensive evaluation of ecological security in mining area based on PSR-ANP-GRAY[J]. *Environmental Technology*, 2018, 39(23):3013-3019.
- [13] 李细归,吴黎,吴清,等.中国旅游生态安全测度及障碍因子诊断研究[J].*生态经济*, 2017, 33(6):90-95.
- [14] 张爱平,钟林生,徐勇,等.中国省际旅游发展质量特征及空间差异[J].*地理科学*, 2015, 35(3):283-292.
- [15] 于伯华,吕昌河.基于 DPSIR 概念模型的农业可持续发展宏观分析[J].*中国人口·资源与环境*, 2004, 14(5): 70-74.
- [16] 徐美,朱翔,李静芝.基于 DPSIR-TOPSIS 模型的湖南省土地生态安全评价[J].*冰川冻土*, 2012, 34(5):1265-1272.
- [17] 鲁春阳,文枫,杨庆媛,等.基于改进 TOPSIS 法的城市土地利用绩效评价及障碍因子诊断:以重庆市为例[J].*资源科学*, 2011, 33(3):535-541.
- [18] 赵宏波,马延吉.东北粮食主产区耕地生态安全的时空格局及障碍因子:以吉林省为例[J].*应用生态学报*, 2014, 25(2):515-524.
- [19] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].*地理学报*, 2017, 72(1):116-134.
- [20] 王鹏,王亚娟,刘小鹏,等.基于 PSR 模型的青铜峡市土地生态安全评价与预测[J].*水土保持通报*, 2018, 38(2):148-153.
- [21] 王鹏,王亚娟,刘小鹏,等.基于 PSR 模型的生态移民安置区土地利用系统健康评价:以红寺堡区为例[J].*水土保持研究*, 2018, 25(6):270-276.