

基于地理探测器的广西旅游生态安全 时空特征及影响因素分析

袁 宇 吴良林

(南宁师范大学地理科学与规划学院, 广西 南宁 530001)

【摘 要】旅游业发展和生态环境协调之间的关系是当今旅游生态的热点问题。为了探究广西旅游生态安全时空分异及其驱动因子,采用综合指数法计算广西 2008—2017 年旅游生态安全值,并运用地理探测器方法探测压力层因子、状态层因子以及响应层因子对 2008—2017 年广西旅游生态安全时空分异的影响。结果表明:(1)从总体水平来看,广西旅游生态安全指数总体呈现波动上升的趋势,其由敏感等级上升到一般安全等级。(2)从时空演变来看,广西 14 个地级市的旅游生态安全指数显著提升。(3)2008—2017 年广西旅游生态安全水平空间分布变化较大。(4)建成区绿化覆盖率、旅游外汇收入对广西旅游生态安全水平产生显著的、持续的影响。

【关键词】旅游生态安全;时空分异;地理探测器;影响因素

【中图分类号】X82

【文献标识码】A

【文章编号】1008-1151(2020)05-0029-04

Analysis of Spatial and Temporal Characteristics and Influencing Factors of Guangxi Tourism Ecological Security Based on Geographical Detector

Abstract: The relationship between the development of tourism and the coordination of ecological environment is a hot issue of tourism ecology. In order to explore the spatial-temporal differences and driving factors of Guangxi's tourism ecological security, the comprehensive index method is used to calculate the value of Guangxi's tourism ecological security in 2008-2017, and the geographical detector method is used to detect the impact of pressure layer factor, state layer factor and response layer factor on the spatial-temporal differences of Guangxi's tourism ecological security in 2008-2017. The results show that: (1)from the overall level, the tourism ecological security index of Guangxi shows an upward trend of fluctuation, which is from the sensitive level to the general security level. (2)From the perspective of time and space evolution, the tourism ecological security index of 14 prefecture level cities in Guangxi has significantly improved. (3)From 2008 to 2017, the spatial distribution of tourism ecological security level in Guangxi changed greatly. (4)The green coverage rate of the built-up area and foreign exchange income have a significant and sustained impact on the level of Guangxi's tourism ecological security.

Key words: tourism ecological security; spatiotemporal differentiation; geographical detector; influencing factors

1 引言

随着旅游业在世界范围内的持续快速发展,其对经济和环境的影响越来越引起学术界的关注,旅游可持续发展的研究已成为一个新兴的领域^[1]。旅游生态安全是衡量旅游可持续发展的一个重要参考依据,也是评价经济增长与旅游目的地环境负荷之间平衡的最重要指标^[2]。

旅游生态安全是指^[3],国内大部分研究者运用综合指数法、灰色关联度法、改进 TOPSIS 法等方法去分析省域、市域等不同尺度下的旅游生态安全的时空分异,并进行障碍因子分析^[4-6];部分研究者重点关注海岛、滨海湿地、风景名胜、喀斯特地区等中小尺度旅游地的生态安全^[7-10],并运用生态足迹法、RBF 神经网络模型以及灰色系统 GM (1, 1)

模型对旅游生态安全发展趋势进行预测^[11]。也有研究者从旅游生态安全的视角下分析典型旅游城市的土地利用优化格局^[12]。现阶段分析旅游发展水平时空分异特征的研究较多,周彬等^[13]运用传统数理方法 Markov 链模型分析旅游生态安全的空间变化格局,随着地理信息技术的发展,李细归^[14,15]等运用 GIS 技术分析旅游生态安全的空间集聚特征。但目前涉及影响因素分析的研究大多通过障碍度模型、主成分分析法等传统计量地理学方法对空间差异的机制进行分析,却难以揭示旅游生态安全影响因子之间相互作用的关系。

地理探测器是由王劲松等^[16]提出的一种用来探测空间异质性并揭示其驱动力的统计方法。由于地理探测器具有解释地理要素的空间异质性、分析不同因子之间的相互作用的

【收稿日期】2020-03-06

【作者简介】袁宇(1996—),女,广西横县人,南宁师范大学在读硕士研究生,研究方向为人文地理。

优势，它已经广泛应用于自然科学、社会科学、环境科学和人类健康研究^[17-19]。周敏丹^[20]运用地理探测器探究广州市大气 PM2.5 浓度驱动因素。夏四友^[21]运用地理探测器方法对泛长三角城市群开发程度分布格局的影响因子进行探究。赵雪雁^[22]利用地理探测器中的交互探测及因子探测功能识别影响环境污染事件空间分异的因素。综上，地理探测器在各个研究领域中具有很强的适用性^[23]。

因此，本文以广西壮族自治区为研究区域，以市级为研究单元，采用综合指数法研究广西旅游生态安全和时空分布特征，并采用地理探测器探究不同的自然因素和人文因素对旅游生态安全空间分异的影响。

2 数据来源与研究方法

2.1 指标体系与数据来源

经济合作发展组织(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)共同提出“压力—状态—响应(P-S-R)”模型，以研究与环境、资源和可持续性有关的问题。该模型探讨了三者之间的因果关系和相互影响。P-S-R 模型的运行机制可以概括为：导致旅游生态改变旅游经济活动、环境污染因素等作为压力层，直接反应旅游经济状况、旅游地资源环境状况作为状态层，人类为了推进旅游可持续发展而采取一系列措施作为状态层。本文基于 P-S-R 模型，选取了广西旅游生态安全评价指标(表 1)。本文所需数据来自《广西统计年鉴(2009—2018)》、《中国城市统计年鉴(2009—2018)》，广西各地级市统计年鉴以及广西各地级市旅游局统计调查数据。

表 1 广西旅游生态安全指标评价体系

准则层	指标层	指标性质	权重
压力层	国内旅游收入增长率 X ₁	负	0.0369
	国际旅游收入增长率 X ₂	负	0.0282
	第三产业增长率 X ₃	负	0.0381
	废水排放总量 X ₄	负	0.0356
	SO ₂ 排放总量 X ₅	负	0.0414
	人均日生活用水量 X ₆	负	0.0303
	烟尘排放量 X ₇	负	0.0329
	游客密度 X ₈	负	0.0301
	国内游客增长率 X ₉	负	0.0275
	入境游客增长率 X ₁₀	负	0.0270
状态层	城镇化率 X ₁₁	负	0.1561
	国内旅游收入 X ₁₂	正	0.0473
	旅游外汇收入 X ₁₃	正	0.0403
	星级酒店数量 X ₁₄	负	0.0500
	旅游经济密度 X ₁₅	负	0.0307
	游客与居民比 X ₁₆	负	0.0437
	建成区绿化覆盖率 X ₁₇	正	0.0336
	人均绿地面积 X ₁₈	正	0.0272
响应层	旅游总收入占 GDP 的比重 X ₁₉	正	0.0403
	第三产业占 GDP 的比重 X ₂₀	正	0.0429
	城镇生活污水处理率 X ₂₁	正	0.0336
	生活垃圾无害化处理率 X ₂₂	正	0.0283
	固体废物综合利用率 X ₂₃	正	0.0311
	在校大学生数 X ₂₄	正	0.0396

2.2 研究方法

2.2.1 指标数据无量化

为了消除变量间的量纲影响，本文采用极差法对原始指标数据进行标准化处理。具体计算公式如式(1)和式(2)：

正向作用指标：

$$X'_{ij} = (X_{jmax} - X_{ij}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad (1)$$

负向作用指标：

$$X'_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) \quad (2)$$

其中：X'_{ij} 是原始数据经过归一化后得到的值；X_{ij} 是第 i 年的第 j 项指标的原始值；X_{jmin} 是第 j 项指标的最小值；X_{jmax} 是第 j 项指标的最大值。

2.2.2 熵值法

熵值法是客观的赋值法。熵是热力学的一个物理概念，是体系混乱度(或无序度)的度量。熵越大说明系统越混乱，携带的信息越少，熵越小说明系统越有序，携带的信息越多。本文运用熵值法来确定权重，确定方法如下：

$$P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^n X'_{ij}} \quad (3)$$

$$e_{ij} = -\frac{1}{\ln m} \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

$$W_j = \frac{(1 - e_j)}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)} \quad (5)$$

P_{ij} 为第 j 项指标下第 i 年所占该项指标的权重。e_j 为第 j 项指标的熵。m 为年份数；n 为指标个数；w_j 即为第 j 项指标的权重值。

2.2.3 综合指数法

利用加权综合法广西旅游生态安全进行综合评价。其函数公式为：

$$E_i = \sum_{j=1}^n W_j X'_{ij} \quad (6)$$

E_i 为第 i 年的旅游生态安全综合评价指数；E_i 越接近于 1，表示旅游生态安全状况就越好。参考相关文献^[13]，对旅游生态安全进行划分，如表 2 所示。

表 2 广西旅游生态安全等级划分

安全指数	0 < A ≤ 0.3	0.3 < A ≤ 0.4	0.4 < A ≤ 0.5	0.5 < A ≤ 0.6	0.6 < A ≤ 0.8	0.8 < A ≤ 1
安全状态	风险等级	敏感等级	临界安全	一般安全	比较安全	非常安全

2.2.4 地理探测器

地理对象的空间异质性通过常受到自然环境或经济社会因素影响。地理探测器是探索地理空间分异现象的形成机制及其影响因素的工具。本文运用因子探测器^[16]探究旅游生态安全的时空分异影响因素。表达式为：

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2 \quad (7)$$

其中：q 为探测因子对旅游生态安全的解释程度，q 的值域为[0,1]，q 越大，表明空间异质性越明显。n 为研究区域单元数；σ² 为指标的方差；n_h 和 σ_h² 分别为 h(h=1, 2, …, L) 的层样本量和方差。

3 结果与分析

3.1 旅游生态安全测度分析

3.1.1 总体特征分析

使用综合指数法计算得出 2008—2017 年广西旅游生态安全指数以及旅游生态安全压力、状态和响应 3 个子系统的安全指数,并绘制动态变化图(图 1)。由图 1 可以看出,广西旅游生态安全指数总体呈现波动上升的趋势,从 2008 年的 0.4937 上升到 2017 年的 0.5423,其由敏感等级上升到一般安全等级。2008—2011 年,广西旅游生态安全指数呈现下降的趋势,由敏感等级降至风险等级。2012 年,广西旅游生态安全指数出现波峰,这是由于压力因子和状态因子也达到的波峰。2013—2017 年,广西旅游生态安全指数逐年出现回转,由敏感等级上升到一般安全等级,这是由于响应层因子在不断上升与压力因子齐平。

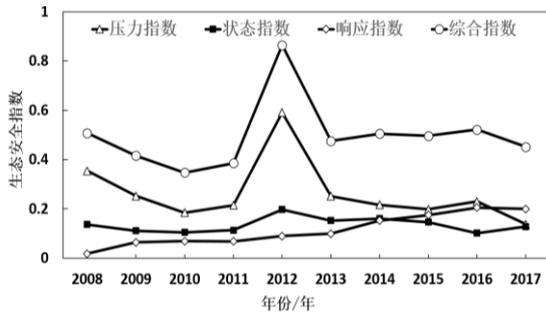


图 1 广西历年旅游生态安全曲线

3.1.2 时空演变特征分析

(1) 2008—2017 年广西旅游生态安全水平显著提升。由图 2 可以看出,2008—2017 年广西 14 个地级市旅游生态安全水平均在风险等级与一般安全浮动。敏感等级、临界等级、一般安全、比较安全的城市数量分别由 2008 年的 1、4、8 与 1 发展到 2011 年的 0、7、7 与 0,再到 2014 年的 0、2、7、5,最后到 2017 年的 0、3、7、4。与 2008 年相比,2017 年比较安全水平的城市数量大幅度增加,比重增加了 21%。敏感等级与临界安全水平城市分别减少了 100%、14%。其中,敏感等级和临界安全主要向一般安全和比较安全转化,从而使得广西一般安全及其以上水平的城市数量占比由 2008 年的 64% 提升到 2017 年的 79%。

(2) 2008—2017 年广西旅游生态安全水平空间分布变化较大。2008—2012 年,比较安全等级主要在桂林,临界等级主要在百色、河池、南宁、崇左、玉林、钦州、玉林、梧州、贺州。2013—2017 年,比较安全等级主要在桂林、贺州,临界等级主要在百色、河池、南宁、玉林、来宾、贵港、崇左。总体来说,比较安全水平城市主要分布在桂林、河池、贺州这些城市,而敏感等级和敏感等级主要分布在柳州、防城港、北海这些城市。

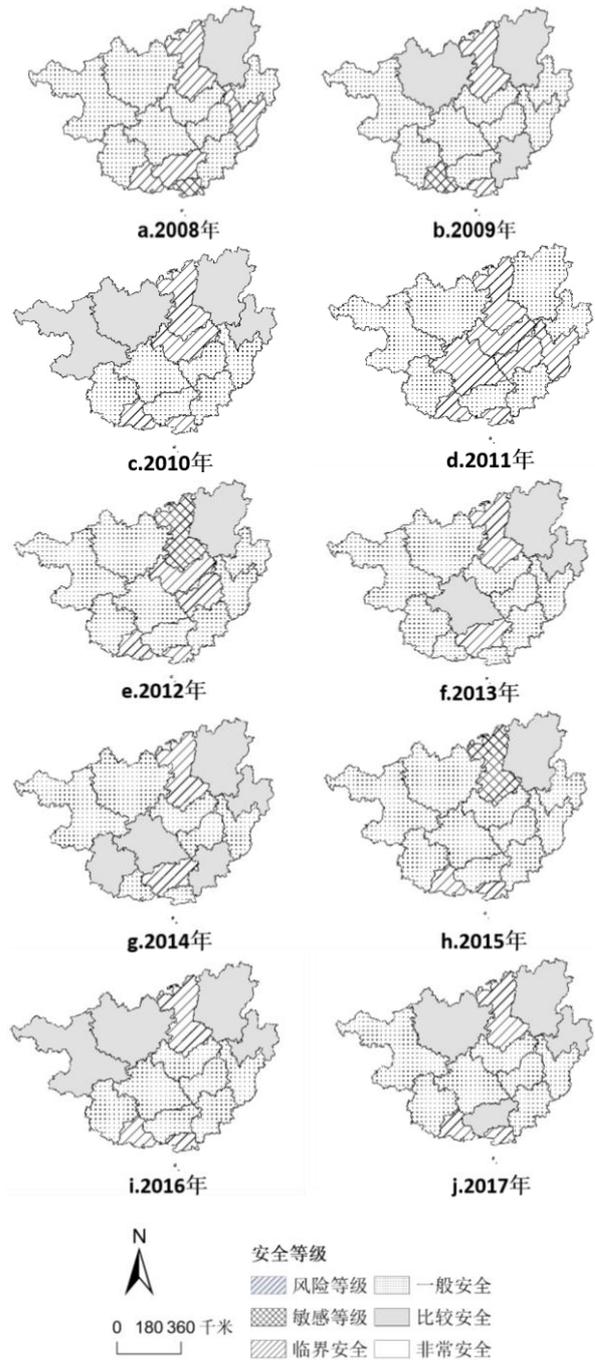


图 2 广西 14 个地级市历年旅游生态安全时空演变图

3.2 时空分异影响分析

先在 acrgis10.2 软件中,将 24 个地理影响因子利用自然断点法分为不同等级,然后对其进行离散化处理,最后在地理探测器模型中,以广西生态旅游安全值为 Y 变量,24 个地理因子为 X 变量进行探测分析。将得到的压力层的影响因子、状态层的影响因子和响应层的影响因子对广西生态旅游安全值的影响力进行排序,分析各影响因子对广西生态旅游安全作用力的大小(表 3)。

结果表明,在 2008—2017 年 10 年期间,建成区绿化覆盖率、旅游外汇收入对广西旅游生态安全产生显著的、持续

的影响。从时间变化上来看,2008—2012年,对广西旅游生态安全最主要影响的因子为压力层和状态层的因子。2008年主要的影响因子为星级饭店数(0.92)、游客和居民比(0.77)、旅游外汇收入(0.76)、人均用水量(0.63)、国外游客增长率(0.62)、第三产业增加值(0.58)。2012年主要的影响因子SO₂排放总量(0.72)、废水值排放总量(0.7)、烟尘值排放量(0.69)、星级饭店数(0.68)、建成区绿化覆盖率(0.67)、国际旅游收入增长率(0.6)。2013—2017年,对广西旅游生态安全最主要的影响转变为状态层和响应层的因子。2013年主要的影响因子为建成区绿化覆盖率(0.66)、国内旅游收入(0.65)、星级饭店数(0.6)、在校大学生数量(0.53)、旅游收入占GDP的比重(0.47)、第三产业占GDP的比重(0.46)。2017年主要的影响因子第三产业占GDP的比重(0.89)、旅游收入占GDP的比重(0.69)、星级饭店数(0.5)、旅游外汇收入(0.46)、在校大学生(0.44)。

表3 广西旅游生态安全影响因子解释力探测结果

年份	指标排序								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2008	X ₂₂	X ₁₄	X ₁₆	X ₁₃	X ₂₀	X ₆	X ₁₀	X ₁₇	X ₃
2009	X ₃	X ₁₁	X ₁₆	X ₁₃	X ₁₈	X ₂₂	X ₆	X ₂₁	X ₁₉
2010	X ₂₄	X ₁₈	X ₅	X ₁₄	X ₂₀	X ₂₃	X ₁₃	X ₄	X ₃
2011	X ₁₇	X ₃	X ₂₁	X ₅	X ₂₃	X ₂₂	X ₁₆	X ₄	X ₂₄
2012	X ₂₄	X ₅	X ₄	X ₇	X ₁₄	X ₁₈	X ₂₃	X ₃₂	X ₂
2013	X ₁₈	X ₁₂	X ₁₄	X ₂₄	X ₁₉	X ₁₀	X ₂₀	X ₇	X ₅
2014	X ₁₂	X ₂₄	X ₁₃	X ₇	X ₁₈	X ₅	X ₁₉	X ₄	X ₃
2015	X ₄	X ₁₈	X ₂₄	X ₄	X ₁₁	X ₁₃	X ₇	X ₂	X ₂₃
2016	X ₇	X ₆	X ₁₀	X ₂	X ₂₃	X ₂₁	X ₄	X ₁₈	X ₁₃
2017	X ₂₀	X ₇	X ₁₉	X ₂₁	X ₁₁	X ₁₄	X ₆	X ₁₃	X ₂₄

4 结论

本文基于P-S-R框架模型构建了旅游生态安全评价指标体系,运用综合指数法计算广西2008—2017年旅游生态安全值,并运用地理探测器方法探测压力层因子、状态层因子以及响应层因子对2008—2017年广西旅游生态安全时空异性的影响,并得到以下结论:

(1) 从总体水平来看,广西旅游生态安全指数总体呈现波动上升的趋势,其由敏感等级上升到一般安全等级。

(2) 从时空演变来看,广西14个地级市的旅游生态安全指数显著提升。

(3) 2008—2017年广西旅游生态安全水平空间分布变化较大。

(4) 建成区绿化覆盖率、旅游外汇收入对广西旅游生态安全水平产生显著的、持续的影响。

但是由于旅游生态安全涉及影响因素较多以及数据获取信息不足,未来还需借助卫星遥感数据以及3S技术,进一步解释广西旅游生态安全格局时空演变格局,进一步解释广西旅游业发展和生态环境的相互机制作用。

此外,本文仅运用地理探测器中的因子探测,得到24个因子对广西旅游生态安全的影响力,但对于如何基于交互探测探寻各影响因子之间的相互作用关系,如何解释因子之间相互作用对广西旅游生态安全的影响机制,还需要进一步探讨。

【参考文献】

- [1] 唐承财, 钟林生, 成升魁. 旅游地可持续发展研究综述[J]. 地理科学进展, 2013, 32(6): 984-992.
- [2] 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[J]. 旅游科学, 2018, 32(6): 17-32.
- [3] 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[J]. 地理科学, 2019, 39(1): 156-163.
- [4] 李亚娟, 陈田, 胡静, 等. 武汉市旅游生态安全评价研究(英文)[J]. 资源与生态学报, 2013, 4(2): 149-156.
- [5] 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(11): 3731-3739.
- [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] 余超. 庐山风景区旅游生态安全评估与对策研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2015.
- [8] 张鹏, 丘萍. 岩溶地区旅游生态安全评价及趋势分析——以广西为例[J]. 中国岩溶, 2014, 33(4): 483-489.
- [9] 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.
- [10] 鲍青青, 张鹏. 广西岩溶地区旅游生态安全预警研究[J]. 绿色科技, 2015(5): 315-317.
- [11] 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.
- [12] 朱东国, 熊鹏, 方世敏. 旅游生态安全约束下张家界市土地利用优化[J]. 生态学报, 2018, 38(16): 5904-5913.
- [13] 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(5): 599-607.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Hu Y, Xia C, Li S, et al. Assessing environmental factors associated with regional schistosomiasis prevalence in Anhui province, Peoples' Republic of China using a geographical detector method[J]. Infectious Diseases of Poverty, 2017, 6(1): 87.
- [18] Zhang Y, Zhang K C, An Z S, et al. Quantification of driving factors on NDVI in oasis-desert ecotone using geographical detector method[J]. Journal of Mountain Science, 2019, 16(11): 2615-2624.
- [19] Zhang X, Zhao Y. Identification of the driving factors' influences on regional energy-related carbon emissions in China based on geographical detector method[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2018(25): 9626-9635.
- [20] 周敏丹, 匡耀求, 云国梁. 基于地理探测器的广州市大气PM_{2.5}浓度驱动因素分析[J]. 环境科学研究, 2020(2): 271-279.
- [21] 夏四友, 赵媛, 文琦, 等. 喀斯特生态脆弱区贫困化时空动态特征与影响因素——以贵州省为例[J]. 生态学报, 2019, 39(18): 6869-6879.
- [22] 赵雪雁, 王蓉, 王晓琪, 等. 基于多尺度的中国环境污染事件时空分布及其影响因素[J]. 地理科学, 2019, 39(9): 1361-1370.
- [23] 黄涛, 丁明涛, 蒋林宏, 等. 基于地理探测器的岷江上游泥石流影响因子相对重要性分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019(9): 45-51.