

喀斯特山地旅游生态系统安全评价及趋势预测

——以贵州国际山地旅游目的地为考察样本

李锦宏 曾雪 曹庆瑶 姬杨¹

(贵州大学 旅游与文化产业学院, 贵州 贵阳 550000)

【摘要】: 为深入了解喀斯特山地旅游区生态安全状态及变化趋势, 以贵州省为考察样本, 基于 DPSIR 模型构建评价体系, 采用 2001—2019 年的数据, 分别利用熵权法改进的 TOPSIS 法和径向基 (RBF) 神经网络进行评价和预测。研究表明: 21 世纪以来, 山地旅游生态安全综合指数呈波动上升趋势, 随着时间推移, 山地旅游区生态安全状况明显好转; 从各维度来看, 驱动力、压力维度生态安全指数在 19 年间先上升、后下降, 状态维度反之, 影响和响应维度生态安全指数总体上升幅度大; 2020—2025 年, 若不发生重大环境污染事故, 贵州省山地旅游生态状况比较安全; 未来几年, 驱动力、压力、状态维度生态安全指数停滞不前, 影响和响应维度生态指数极佳。因此, 贵州省应深化“绿水青山就是金山银山”的理念, 合理开发旅游资源, 实施生态环境综合治理。

【关键词】: DPSIR 模型 生态安全评价 径向基函数 TOPSIS 法 山地旅游

【中图分类号】: F592.7; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)09-145-07

喀斯特山区常常拥有丰富独特的旅游资源, 如含有丰富矿物质的温泉资源、负氧离子含量高的森林资源、形态各异且类型繁多的溶洞资源、古朴浓郁的原生态文化资源等。丰富的喀斯特资源与区域地形、气候和海拔条件完美结合, 为山地旅游繁荣发展奠定资源基础。

地处长江和珠江上游交错地带的贵州省, 喀斯特地貌发育齐全且典型。2000 年以来, 贵州省抢抓西部大开发的历史性机遇, 立足于喀斯特资源禀赋, 大力发展山地旅游, 旅游产业增长速度保持在较高水平。然而, 贵州省山地旅游区长期存在的粗放式旅游发展模式对其生态环境形成巨大挑战, 这无疑会阻碍山地旅游的可持续发展。

2016 年, 贵州省因生态基础好、生态建设成果显著入选为首批国家生态文明试验区; 2020 年, 贵州省文旅厅围绕“旅游新使命, 健康新生活”主题, 明确提出打造“双一流”胜地, 即依托绿水青山打造国际一流山地旅游目的地, 依托凉爽宜人的气候打造国内一流康养胜地。这表明现阶段山地旅游在国际化进程中不仅注重经济效益, 更注重环境效益, 因此有必要对山地旅游目的地复合生态系统进行综合评价, 找出影响旅游地生态环境状态的潜在驱动力和直接因素, 为山地旅游可持续发展提供有效参考。

1 文献综述

早在 19 世纪 40 年代, 山地旅游就已经出现在欧洲并逐渐推广至其他地区, 学者 Pickering^[1]通过对阿尔卑斯山进行实地调

作者简介: 李锦宏, 博士, 教授, 研究方向为旅游经济可持续发展。E-mail:gzdxljh@163.com

基金项目: 贵州省哲学社会科学规划重大课题“生态文明的‘贵州实践’研究”(19GZZB02)

研发现滑雪旅游项目直接破坏了旅游地生态系统。国内对山地旅游的研究集中在山地旅游资源开发战略设计^[2,3]、山地旅游可持续发展^[4]、山地旅游地生态健康诊断^[5]等方面。可以看出,合理开发山地旅游资源、诊断山地旅游目的地的生态健康状况并进行调控是当前学者们关注的热点问题。

关于旅游生态安全的讨论,国内外学者的研究内容主要集中在旅游可持续评估^[6]、生态保护政策的实施效果^[7]、生态安全隐患因子诊断^[8]、旅游生态安全的时空格局演化^[9]、旅游生态安全的驱动机制^[10]等方面,这些研究为旅游目的地生态环境状况的改善提供了理论支撑。在评价指标体系的构建上,学者们基于 TQR(威胁—质量—调控)模型^[11]、PSR(压力—状态—响应)模型^[12]以及 DPSIR(驱动力—压力—状态—影响—响应)模型^[13]等构建生态安全评价指标体系,其中,DPSIR 模型为全面而科学地评价旅游地生态安全状况提供了较好思路,该模型是一个闭合循环因果链条,在研究旅游生态时能准确识别威胁旅游地生态安全的具体环节,因而在生态安全评价领域得到广泛认可。在评价方法上,主要运用 TOPSIS 法^[14]、综合评价法^[15]、模糊物元模型^[8]、灰色关联投影法^[16]等方法展开研究,其中 TOPSIS 法亦称优劣解距离法,该方法对多维度、多指标的研究对象进行评价时效果很好。在预测方法上,学者们多采用灰色 GM(1,1)模型预测未来旅游生态安全的时间演变趋势^[9,17],但是有关研究发现径向基函数(RBF)神经网络模型应用于生态安全趋势预测精确度更佳^[18]。

鉴于此,本文以贵州国际山地旅游目的地为研究对象,基于 DPSIR 模型建立生态安全评价指标体系,运用改进的 TOPSIS 法更加准确地反映 2001—2019 年贵州省山地旅游生态安全的实际状况,并结合径向基函数(RBF)预测 2020—2025 年贵州省山地旅游生态安全演变趋势,以便深入了解喀斯特地区生态现状,实现旅游生态系统各个环节良性循环。

2 区域概况

贵州省地处中国西南腹地,省域面积 176167 平方千米,常住人口 3622.95 万人(2019),省会贵阳市。贵州地处云贵高原,夏季受东南季风影响,降水充沛,与云南相比,贵州海拔略高,夏季更加凉爽,有“中国凉都”之美誉。贵州省境内山地居多,平均海拔在 1100 米左右,非常适合人类居住;省域内喀斯特锥形地貌分布广泛、类型齐全,著名的喀斯特地貌景观有地下暗河、水上森林、天坑以及溶洞内部的石笋、石钟乳等,这些景观资源被开发成著名的喀斯特地貌旅游景点,其独特魅力让游人流连忘返。

改革开放以来,贵州省境外游客数量持续增加(2003 年除外),这无疑成为推动贵州旅游国际化进程的强大动力;同时,贵州喀斯特地区民族风情浓郁,境内世居少数民族多达 18 个,绵延起伏的山势形成一道天然屏障,阻断山区少数民族与外界的交流,这使得该地区原始民族文化传统得以完整保存,从而为打造国际一流山地旅游目的地奠定资源基础;贵州省大力实施大生态、大旅游战略行动,更是直接从政策上对建设国际一流山地旅游目的地给予强力支持。然而,生态环境脆弱、水土流失严重这一现实无疑制约了贵州旅游发展的国际化进程,因此了解区域旅游生态安全现状并进行趋势预测能为今后山地旅游的国际化发展提供决策支持。

3 数据来源及研究方法

3.1 数据来源

进入 21 世纪后,贵州省在西部大开发的历史大背景下加大力度防污治污,努力改善民族地区生态环境恶化状况,充分体现贵州省政府打造宜居宜游目的地的决心。本文从 2002—2020 年《贵州统计年鉴》中获得贵州省经济和社会数据,数据完整无缺失。

3.2 评价指标体系建立

旅游地生态安全具有的复杂性、系统性等特点表明，选取一个或几个指标很难全面而科学地评价旅游地生态安全状况，而 DPSIR 模型为简化这一复杂问题提供了较好思路（图 1）。根据 DPSIR 模型并结合相关文献研究^[19,20]，从贵州省山地旅游发展的实际情况出发，构建出驱动力、压力、状态、影响、响应 5 个维度确定的贵州省山地旅游生态安全评价指标体系，以此剖析贵州省山地旅游生态系统的时间演化特征，为贵州省山地旅游可持续发展提供决策依据。

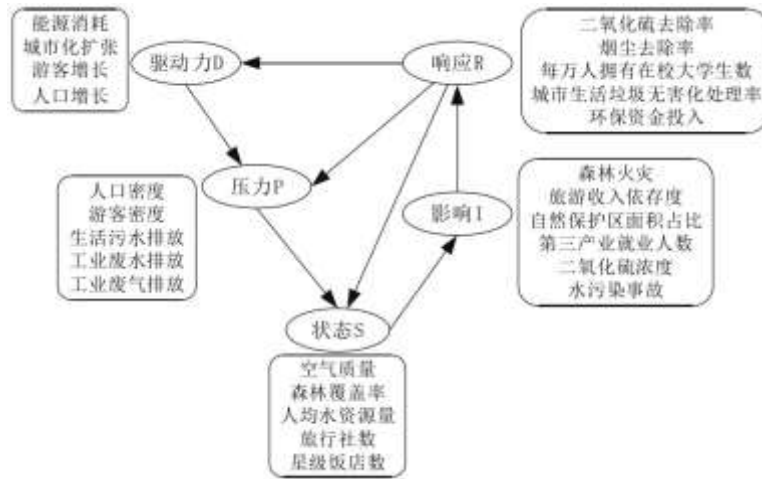


图 1 DPSIR 模型运作图

3.3 熵权法确定权重

旅游生态安全评价的第一步是赋予各评价指标相应权重，目前，国内外关于指标赋权的方法主要有因子分析法^[21]、层次分析法^[22]、DEA 分析法^[23]、熵权法^[24]等。本文基于贵州省山地旅游发展现状，采用客观性较强的熵权法赋予各指标相应权重，“熵”的概念由物理学引申而来，目前已广泛应用于社会科学各个领域，从信息论的角度出发，“熵”是对随机无序事件的度量^[25]，某指标值的差异越大，对应权重则越大。

3.4 生态安全评价

TOPSIS 法直观可靠，对样本数量和指标个数不做要求，目前已经广泛应用于社会科学各领域。生态安全评价的第二步即根据指标权重计算各个评价对象的最终结果，以下是对改进的 TOPSIS 模型的具体运用：

(1) 根据熵权法得到的指标权重，建立加权判断矩阵：

$$V = |V_{ij}| = w_i \times r_{ij} \quad (1)$$

式中： w_i 为第 i 个指标的权重， r_{ij} 为第 j 年第 i 个指标的标准化数值。

(2) 确定指标的正、负理想解：

$$\begin{aligned} V_i^+ &= \{\max V_y \mid i=1,2,\dots,m\} = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_m^+\} \\ V_i^- &= \{\min V_y \mid i=1,2,\dots,m\} = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_m^-\} \end{aligned} \quad (2)$$

式中： V_i^+ 表示正理想解， V_i^- 表示负理想解。

(3) 确定第 j 年各指标与理想解之间的距离：

$$\begin{aligned} D_j^+ &= \sqrt{\sum_{i=1}^m (V_{ij} - V_i^+)^2} \\ D_j^- &= \sqrt{\sum_{i=1}^m (V_{ij} - V_i^-)^2} \end{aligned} \quad (3)$$

式中： D_j^+ 表示第 j 年各个指标到正理想解的距离，值越小表示生态环境越好； D_j^- 表示第 j 年各个指标到负理想解的距离，值越小表示生态环境越差。

(4) 计算第 j 年与理想解的贴近度：

$$C_j = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-} \quad (4)$$

式中： C_j 表示贴近度，即生态安全值，介于 0~1 之间，值越大表示山地旅游生态环境越安全，反之，则越脆弱。

(5) 参照相关文献，将评价结果以等间距的方式划分为极度脆弱、脆弱、警示、比较安全、非常安全 5 个等级。

3.5 生态安全趋势预测

径向基函数 (RBF) 神经网络模型具有结构简单、逼近能力强、学习速度快等优点，能有效提高预测的准确性。RBF 的基本原理为：输入层接收信源节点，隐含层变换输入矢量，转换数据维度，调整激活函数的参数，输出层则在隐含层的映射空间中实现线性加权组合^[26,27]。本文尝试运用该模型对贵州省山地旅游生态安全演变趋势进行预测分析，具体步骤如下：

(1) 确定基函数，对于任意输入向量 $x \in R^n$ (R^n 为输入样本集)，有：

$$R_j(x) = \exp[-\|x - C_j\|^2 / (2\theta_j^2)], \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

式中： $R_j(x)$ 为隐含层第 j 个神经元节点的输出， x 为 m 维输入向量， C_j 为第 j 个神经元节点高斯函数的中心点， θ_j 为第 j 个神经元节点的归一化参数， n 为隐含层神经元节点数。

(2) RBF 网络学习，第一步无师自通，采用 K-means 聚类法对训练样本的输入量进行聚类，找出聚类中心 C_j 及 α 参数；第二步一通百通， C_j 和 α 确定好后，RBF 从输入到输出就形成一个线性方程组，再采用最小二乘法求解输出权重 W_i ，具体分为以下

几步:

①用径向基函数计算隐含层的输出值 Y_h , 求解输出层第 i 个神经元的输出值 Y_i 。

$$Y_i = f(x) = \sum_{j=1}^r W_{ij} Y_{hj}, f(x) = 1 / [1 + \exp(-x / x_0)] \quad (6)$$

式中: Y_{hj} 为隐含层第 j 个神经元的输出值, W_{ij} 为隐含层第 j 个神经元至输出层第 i 个神经元的权重, 函数 $f(x)$ 取的是 Sigmoid 形式。

②计算输出层误差:

$$\Delta Y_i = Y_i(1-Y_i)(y_i - Y_i) \quad (7)$$

式中: y_i 为第 i 个神经元的实际值。

③对权重系数 ΔW 进行调整, 直到神经网络误差符合标准:

$$\Delta W = \varepsilon \times \Delta Y_i(1-Y_i)(y_i - Y_i) \quad (8)$$

$$W'_i = W_i + \Delta W \quad (9)$$

式中: W'_i 为调整后的权重, ε 为学习速率, 当网络的聚类中心 C_j 和权重 W_i 确定后, 即可用训练好的网络模型进行预测。

(3) 模拟学习效果检验, 模拟结果输出后与样本的实际值做比较, 两者的接近程度越高, 说明预测效果好; 反之, 则预测效果差。本文选取均方根误差 RMSE 和 Pearson 相关系数 R 对第 i 个神经元的输出值进行误差检验, 其公式分别为:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (y_{it} - Y_{it})^2}{T}} \quad (10)$$

$$R = \frac{\sum_{t=1}^T (y_{it} - \bar{y}_i)(Y_{it} - \bar{Y}_i)}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (y_{it} - \bar{y}_i)^2 \sum_{t=1}^T (Y_{it} - \bar{Y}_i)^2}} \quad (11)$$

式中: y_{it} 为第 t 个样本的第 i 个神经元的实际值, Y_{it} 为输出值, \bar{y}_i 为 y_{it} 的平均值, T 为样本数。当 $RMSE < 0.04$ 、 $R > 0.95$ 时, 模型学习效果好^[28]。

4 结果与分析

4.1 旅游生态安全现状分析

基于 2002—2020 年《贵州统计年鉴》的数据，运用熵权法得出各指标权重，利用 MATLABR2014a 根据式 (1)~(4) 编写代码并运行，求出 2001—2019 年的生态安全值 C 以及各维度生态安全值。

4.1.1 旅游生态安全综合指数

2001—2019 年，贵州省山地旅游生态安全综合指数在 0.3~0.8 之间，生态安全等级从“脆弱”升级为“比较安全”（图 2）。

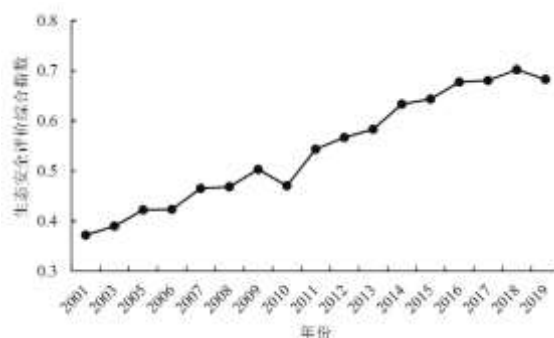


图 2 山地旅游生态安全状态

2001—2004 年，贵州省山地旅游生态安全水平上升缓慢，生态安全级别为脆弱。20 世纪末，中国在现代化发展的过程中造成的环境污染愈加重，可持续发展理念顺势提出，贵州省紧跟国家政策步伐，将可持续发展确定为区域发展战略，并将该战略落实到具体的行动中。各个利益相关者环保观念的转变以及一系列环保举措的实施，使得贵州省山地旅游生态安全水平缓慢上升，但是在环境污染方面，废气、烟尘排放量依然严重超标，城市酸雨率居高不下，饮用水水质还不能满足人民对健康的追求，山地旅游生态系统比较脆弱。

2005—2013 年，贵州省山地旅游生态安全水平除 2010 年略有下降外，其余年份皆上升，生态安全为警示级。2005 年，贵州省加快实施可持续发展战略，在总结前一阶段贵州生态建设经验的同时，确定了下一阶段的奋斗目标。2006 年，贵州省喀斯特地区抓住乡村旅游的契机全力打造美丽乡村，改变农村风貌，实现城乡一体化。2009 年，贵阳市开始举办“生态文明贵阳国际论坛”，致力于社会各界开展广泛的交流与合作，分享生态建设的成功经验，共同应对生态安全挑战。2012 年，巅峰智业公司介入规划贵州生态文化旅游创新区，深入挖掘贵州资源特色，打造旅游精品，实现绿色转型，保护自然遗产和文化遗存。政府对山地旅游生态环境的重视以及对可持续发展战略的贯彻落实，为山地旅游营造了良好的生态环境，“生态文明贵阳国际论坛”的举办为各行各业共同应对生态安全挑战搭建桥梁，旅游企业介入编制《生态旅游发展规划》为提高区域旅游知名度创造了条件。因此，在这一阶段，贵州山地旅游生态安全等级上升为警示级。

2014—2019 年，贵州省山地旅游生态安全等级为比较安全，2018 年生态安全指数达到顶峰 0.70178 后，2019 年稍有下滑。2016 年，贵州省进入首批国家生态文明试验区行列，省内空气质量优良，空气质量二级城市占比超过 50%，森林覆盖率达 50%。与此同时，省内旅行社数量相比去年减少 200 多家，旅游消费市场规模有所减小，山地旅游生态环境持续向好。贵州省委省政府深刻认识到生态是贵州可持续发展的基础，2017 年，贵州省实施“大生态”战略行动，基于贵州青山绿水和原生态民族文化发

展生态旅游，形成生态旅游扶贫的“贵州模式”。2018年，航拍之下贵州境内一片翠绿，山美人更美，石奇水亦清。总之，在这个阶段，贵州省在“深绿”思想观念的指引下完善了旅游基础设施，增强了目的地的可进入性，提高了贵州山地旅游发展质量和效益。

4.1.2 各维度旅游生态安全指数

2001—2019年贵州省各维度山地旅游生态安全指数和级别如图3所示。

在2001—2019年驱动力维度生态安全指数先升后降，波动较小。旅游发展促使喀斯特山区生态状况发生潜在变化，一定程度上冲击了山地旅游生态系统。纵观21世纪以来贵州省的发展，尽管国家和地方大力支持贵州旅游业的发展，要将贵州旅游业打造成地方支柱性产业，但驱动力维度生态安全指数难有提升。山地旅游的蓬勃发展一定程度上降低了单位GDP能耗，由此带来城镇化率迅速提高，年游客数量呈井喷式增长，旅游市场规模持续扩大，给山地旅游生态系统造成潜在压力。

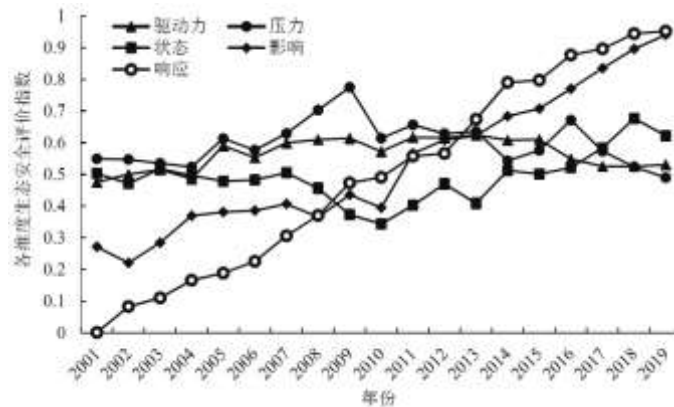


图3 各维度生态安全状态

2001—2019年压力维度生态安全指数在先升后降，起伏较大。旅游经济和人类活动直接作用于生态系统，对喀斯特山区生态环境造成破坏。统计数据显示，以2009年为分界线，2009年之前贵州省人口密度呈波动下降趋势，随后缓慢上升，但上升幅度小；游客密度一直保持增长，但2009年前增幅较小，2009年之后游客密度迅速提高，贵州省一跃成为高游客密度旅游区；2009年后生活污水和工业废水排放量大增，旅游地生态系统遭受冲击。因此提高“三废”处理技术、打造全域旅游目的地、解决游客高度集中问题对缓解山地旅游区生态环境压力具有重要作用。

2001—2019年状态维度生态安全指数在先降后升，变化显著。喀斯特山区旅游发展质量逐步提高，发展前景更加乐观。2010年贵州省星级饭店数偏高，旅游目的地大肆建设星级饭店，尤其是在景区周边形成饭店集聚区，饭店经营者对环保的无知和漠视直接破坏了景区的生态环境。2010年后，贵州省大幅度增加环保资金投入，加大力度防污治污，美化生态环境，此后贵州省空气质量二级城市占比一直保持在75%以上，人均水资源拥有量也显著提高，星级饭店数量有所下降，质量逐步提高，山地旅游发展前景持续向好。

2001—2019年影响维度生态安全指数上升幅度显著，生态安全等级从“脆弱”上升到“非常安全”等级。根据统计数据显示，21世纪以来，贵州省对旅游产业的依存度不断升高，2019年贵州省旅游产业增加值占GDP的比重高达17%，可见旅游产业在整个贵州经济发展中占有举足轻重的地位。与此同时，贵州省全面实施青山绿水工程，开展植树造林、封山育林、珍稀动植物保护等工作，自然保护区面积占比每年均有所增加。随着国家和地方对生态环境的重视，贵州省森林火灾事故次数呈现先增加后

减少的态势，水污染事故发生率也不断下降，二氧化硫年均浓度值连年下降，整个山地旅游生态环境逐渐优化。

2001—2019 年响应维度生态安全指数在保持高速增长，生态安全级别从“极度脆弱”上升为“非常安全”，社会各界积极投入到生态文明建设当中。作为中国唯一没有平原做支撑的省份，贵州省内重峦叠嶂，山高谷深，真可谓“真山、真水、真性情”的旅游胜地，因此，适逢国内外开展生态文明建设契机，贵州省结合自身绿水青山环绕、民族文化多元的优势条件，转变发展理念，树立“深绿”思想观念；大力发展生态旅游，走健康发展道路；形成特色乡村旅游扶贫模式，缩小城乡差距。因此，响应维度生态安全指数不断攀升。

4.2 山地旅游生态安全演变趋势预测

基于 TOPSIS 生态安全评价，利用 MATLAB2014a 实现 RBF 的模拟与预测，首先确定输入层和输出层，采取迭代一步预测方式对贵州省山地旅游生态安全演变趋势进行预测。

经过大量实验，本文确定贵州省山地旅游生态安全演变趋势综合预测和各维度演变趋势预测的最佳输入层神经元数均为 3，输出层神经元数为 1，由此采用 2001—2019 年山地旅游生态安全综合指数和各维度指数构造学习样本，并对网络进行调试训练，直到调试精度达到要求，最终得到 2020—2025 年贵州省山地旅游生态安全演变趋势综合预测值和各维度预测值，贵州省山地旅游生态安全综合模拟学习与各维度模拟学习的效果好，可信度高（RMSE<0.04, R>0.95）。

4.2.1 山地旅游生态安全总体演变趋势预测分析

2020—2025 年，贵州省山地旅游生态安全指数一直保持在 0.7 左右，上升幅度不明显（图 4）。贵州旅游业作为地方支柱产业受到政府高度重视，2020 年贵州省依托陆海新通道主动融入“一带一路”倡议，为旅游发展注入新动能；全面建成小康社会后，2021 年 7 月贵阳再次举办生态文明国际论坛，此次论坛贵州省将“森林康养”旅游作为重点加以讨论，对未来建设森林小镇、成立森林康养研究中心、保护生态湿地等做了规划部署。“十四五”时期，贵州省将巩固拓展脱贫攻坚成果，坚持以高质量发展统揽全局，以长远利益为根本宗旨，把“绿色+”融入旅游发展全过程，全力打造“双一流”胜地。按此发展态势，未来几年如果不发生大的变故，贵州省山地旅游生态系统不会出现严重问题。

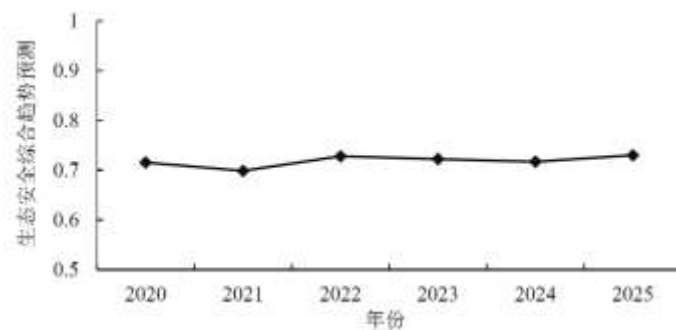


图 4 生态安全综合演变趋势预测

4.2.2 各维度生态安全演变趋势预测分析

由图 5 可知，2020—2025 年，驱动力、压力、状态维度的生态安全指数徘徊在 0.5 左右，生态安全等级为“警示”，相比 21 世纪前 19 年基本没有提升。未来几年，贵州省将抢抓新时代的发展机遇，发展特色优势产业，完善旅游基础设施，推动旅游

产业化，建设多彩贵州旅游强省，这在一定程度上会加速城市化扩张，增加人口密度和游客密度，排放更多的废水、废气、废渣，旅游消费市场规模的持续扩大，在促进旅游产业蓬勃发展的同时，给山地旅游生态安全造成潜在压力和现实压力，使得整个山地旅游生态安全系统难以呈现更好的状态。

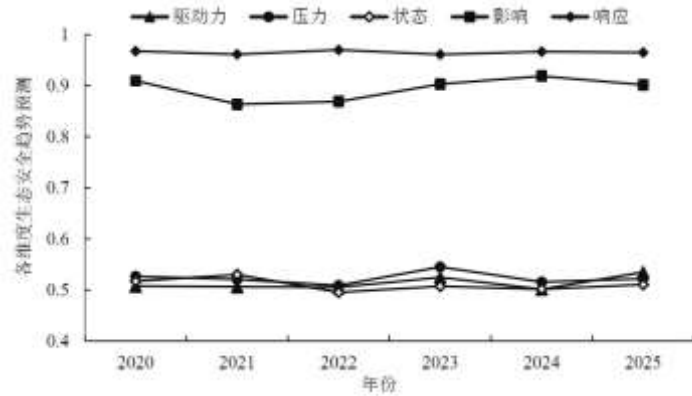


图 5 各维度生态安全演变趋势预测

2020—2025 年，影响、响应维度的生态安全指数保持在 0.8 以上（图 5），社会各界保护生态环境的积极性和主动性很高。随着“人与自然和谐共生”理念深入人心，贵州省深刻认识到山地旅游可持续发展的时代价值，过去高污染、高耗能的粗放型发展方式难以为继，取而代之的是经济社会高质量绿色发展方式。良好的生态环境是开展山地旅游得天独厚的条件，未来几年，贵州省将继续严守生态与保护战略红线，实现生态环境综合治理。将乡村振兴与生态旅游完美融合，打造独具特色的乡村生态旅游目的地，争取使贵州省山地旅游生态安全上升一个等级，生态安全等级跃升为“非常安全”。

5 结论

基于 DPSIR 模型构建山地旅游生态安全评价指标体系，以贵州省山地旅游区为研究对象，利用 2002—2020 年《贵州统计年鉴》的数据，通过熵权法赋权，运用改进的 TOPSIS 法剖析 21 世纪以来喀斯特山地旅游生态安全的时间演化特征，借助 RBF 预测 21 世纪 20 年代前期生态安全的演变趋势。得出以下主要结论：

(1) 2001—2019 年，贵州省山地旅游生态安全综合指数呈波动上升趋势，生态安全级别为脆弱、警示、比较安全，旅游区生态环境逐渐优化。

(2) 从各维度生态安全指数结果可以看出，驱动力、压力和状态维度生态安全状况不太稳定，生态安全等级在“警示”级徘徊；影响和响应维度生态安全指数上升明显，生态状况已达“非常安全”等级。

(3) 山地旅游生态安全指数在未来几年一直保持在 0.7 左右，生态安全等级为“比较安全”，在不发生大的变故的前提下，贵州省山地旅游生态安全不会出现严重问题。

(4) 各维度生态安全指数在未来几年走向差异较大，驱动力、压力和状态维度生态安全指数均保持在 0.5 左右，相比 21 世纪前 19 年基本没有提升；影响和响应维度生态安全等级在未来几年将一直是“非常安全”等级，各主体实现生态环境综合治理的积极性高。

参考文献：

-
- [1] Pickering C M, Harrington J, Worboys G. Environmental impacts of tourism on the Australian Alps protected areas[J]. Mountain Research and Development, 2003, 23(3):247-254.
- [2] 石长波, 王玉. 基于 AHM 改进模型的黑龙江山地旅游资源评价与开发战略设计[J]. 旅游学刊, 2009(2):64-69.
- [3] 王希竹. 博弈论视角下甘肃省山地旅游开发生态补偿机制研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2016.
- [4] 朱东国, 谢炳庚, 陈永林. 基于生态敏感性评价的山地旅游城市旅游用地策略——以张家界市为例[J]. 经济地理, 2015(6):184-189.
- [5] 李向明. 基于 DPSIR 概念模型的山地型旅游区生态健康诊断与调控研究[D]. 昆明: 云南大学, 2012.
- [6] Lee T H, Jan F H, Liu J T. Developing an indicator framework for assessing sustainable tourism: Evidence from a Taiwan ecological resort[J]. Ecological Indicators, 2021, 125:107596.
- [7] Brehony P, Tyrrell P, Kamanga J, et al. Incorporating socialecological complexities into conservation policy[J]. Biological Conservation, 2020, 248:108697.
- [8] 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[J]. 地理科学, 2021(1):33-43.
- [9] 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[J]. 生态学报, 2021(1):320-332.
- [10] 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[J]. 水土保持研究, 2020(6):278-284.
- [11] 何刚, 赵疏航, 杜宇. 基于 TQR-EGM 模型的水资源生态安全评价及动态预警[J]. 水资源与水工程学报, 2021(1):36-42.
- [12] 杨光明, 陈也, 张帆, 等. 基于 PSR 模型的三峡库区生态安全评价及动态预警研究[J]. 生态经济, 2021(4):209-214.
- [13] 胡悦, 马静, 李雪燕, 等. 京津冀地区生态安全评价及障碍因子诊断[J]. 环境污染与防治, 2021(2):206-210.
- [14] 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[J]. 生态经济, 2020(11):111-117.
- [15] Wang Y, Wu C S, Wang F F, et al. Comprehensive evaluation and prediction of tourism ecological security in droughty area national parks—a case study of Qilian Mountain of Zhangye section, China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(13):16816-16829.
- [16] 徐美. 湖南省土地生态安全预警及调控研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2013.
- [17] 李楠, 李龙伟, 陆灯盛, 等. 杭州湾滨海湿地生态安全动态变化及趋势预测[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019(3):107-115.
- [18] 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(23):7792-7803.

-
- [19]Khan S U, Cui Y, Khan A A, et al. Tracking sustainable development efficiency with human-environmental system relationship: An application of DPSIR and super efficiency SBM model[J]. Science of the Total Environment, 2021, 783:146959.
- [20]Wang Q, Yang X. Evaluating the potential for sustainable development of China's shale gas industry by combining multilevel DPSIR framework, PFFCI technique and RAGA algorithm[J]. Science of the Total Environment, 2021, 780:146525.
- [21]公茂刚, 张梅娇. 中国农村金融包容性发展水平综合测度分析[J]. 财经理论与实践, 2020(6):18-26.
- [22]王亨力, 倪深海. 基于 AHP-集对分析的矿井水资源利用风险评估[J]. 水利水运工程学报, 2021(3):126-135.
- [23]杜志平, 张盟. 跨境电商物流企业绩效评价[J]. 统计与决策, 2020(21):181-184.
- [24]刘翠莲, 庄海林, 张群淑. 基于熵权-云模型的环渤海邮轮港口竞争力评价[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2021(7):8-15.
- [25]魏久传, 许玉阳, 谢道雷, 等. 基于距离函数组合赋权法的突水危险性评价[J]. 中国矿业, 2021(4):162-167.
- [26]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(3):605-614.
- [27]卢媛媛. 山西省生态系统安全评价、预警研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2016.
- [28]张迪, 姜柏志, 刘国辉, 等. 基于不同插值方法的三江平原白浆土磷素空间分布预测及其适用性分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021(8):1405-1416.