

喀斯特山区土地资源生态承载力 评价与障碍因素诊断 ——以贵州省为例

魏媛¹ 李静静²¹

(1. 贵州财经大学 管理科学与工程学院, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州财经大学 公共管理学院, 贵州 贵阳 550025)

【摘要】: 对土地资源生态承载力研究可反映出一个地区的绿色程度、人地协同程度。基于人地协同视角,运用 DPSIR 模型和障碍度模型对 2005—2018 年喀斯特山区贵州省土地资源生态承载力进行评价及障碍因素诊断。研究表明:(1) 贵州省土地资源生态承载力总体呈上升态势,综合承载指数极差达 128.46%。(2) 2005—2018 年贵州省土地资源生态承载力的驱动力指数、状态指数、响应指数总体皆为上升态势,压力指数、影响指数整体上表现出波动下降的变化趋势,揭示经济社会发展与土地资源生态环境承载力进一步协调,但还有一定的提升空间;压力指数、影响指数指标作为土地资源生态环境的直接反应成为影响贵州省土地资源生态承载力状态的主要障碍因素。(3) 影响贵州省土地资源生态承载力的主要障碍因素为人口密度、常住总人口、人均绿地面积、碳排放总量、人均粮食产量。

【关键词】: 土地资源生态承载力 人地协同 DPSIR 障碍因素 喀斯特山区

【中图分类号】: F062.2; X321 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2020)10-195-05

土地资源作为生存之基,向社会提供所需物质资料^[1],随着生态文明建设的进一步推进,土地资源的生态承载力越发受到重视。对土地资源生态承载力研究可反映出一个地区的绿色程度、人地协调程度,对土地资源利用、生态环境保护、人地协同发展具有预警作用^[2]。党的十九届四中全会提出建立高度协同的生态文明制度体系,走出一条经济与生态环境协同发展的新型道路,实现建设美丽中国的目标^[3]。贵州是典型的喀斯特山区省份,土地生态环境十分脆弱,退化后难以恢复。为进一步改善生态环境,贵州省颁布了生态文明相关条例,以实现绿色可持续发展,提高贵州省土地资源利用率,缓解人地矛盾,提升贵州省土地资源生态承载力及城市化水平。

土地资源生态承载力是指在一定区域范围内,基于土地属性提供该地区人口所需资源,在“三生”状态下消化和承载生态危害的能力。国内外对于土地资源生态承载力评价,多选用生态足迹法^[4]、层次分析法^[5]、PSR(压力—状态—响应)模型法^[6]、指标体系法^[7]等。随着社会经济的发展,影响土地资源生态承载的因素越来越繁杂,对生态承载状态及能力评价需要以更系统的观点来

作者简介: 魏媛,博士,教授,研究方向为土地资源可持续利用与生态经济。E-mail:weiyuan09876@163.com。

基金项目: 贵州省研究生科研基金“贵州生态文明建设与人地协同路径研究”(黔教合 YJSCXJH(2019)062);贵州财经大学在校研究生科研项目“贵州喀斯特地区国土空间利用变化的人文驱动框架构建研究”(2019ZXSY78)。

看,充分考虑自然资源、生态环境、社会经济这一整体,使得评价结果及分析更加精确、科学。本文基于人地协同视角,运用 DPSIR 模型^[8],构建喀斯特山区贵州省土地资源生态承载力评价指标体系,并对准则层和指标层数据进行趋势及障碍因素分析^[9]。研究的开展,可为丰富生态经济学相关理论研究,促进贵州省可持续发展、国土空间规划、土地资源优化配置等提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

贵州省位于中国西南部(24° 37' ~29° 13' N, 103° 36' ~109° 35' E),是国家生态文明试验区之一,总面积 17.62 万平方千米。截至 2019 年,自然保护区面积 8604.8 平方千米,森林覆盖率达 59.95%;常住人口 3622.95 万人,人均可支配收入 20397 元;三产分别占地区生产总值的 13.6%、36.1%、50.3%;生产总值能耗下降 4.1%,用水量下降 6.6%;城市污水处理率、生活垃圾无害化处理率为 94.1%、93.0%。贵州省土地资源以山地丘陵为主,平原较少,人口增加、城市建设导致非农用地增多,耕地面积不断缩小,人地矛盾突出。

1.2 数据来源

为探究贵州省土地资源生态承载能力,从贵州省经济、社会、生态等领域,选择 23 项评价指标,指标数据主要来自 2006—2019 年的《中国国土资源统计年鉴》《中国水土保持公报》《贵州统计年鉴》《贵州省环境质量公报》,通过直接或间接换算可得,部分指标数据不同来源存在差异以年鉴为准。

2 研究方法

2.1 土地资源生态承载力评价模型

本文基于人地协同视角,结合贵州省土地资源利用与经济发展情况实际,选择 DPSIR(驱动力—压力—状态—影响—响应)模型构建贵州省土地资源生态承载力评价指标体系,以期实现科学、全面评价。

“D”(驱动力)的侧重点是引起土地资源生态承载力产生变化的潜在因素,具体包括土地自身的内部驱动力及由于人类经济活动带来的外部驱动力,例如人均 GDP、能量消耗总量、GDP 总量等社会经济因素;“P”(压力)是直接导致土地资源生态承载产生压力的因素,主要包括人类活动对土地资源的压力及自然资源发生改变后的状态因素,涵盖碳排放总量、农用化肥施用量、新封山育林面积等指标;“S”(状态)即为人类活动及土地资源生态承载力经过驱动力及压力后所展现出来的当下状态,如城市建城区绿化覆盖率、森林覆盖率、第三产业产值占比、恩格尔系数等评价指标;“I”(影响)是土地资源在人与地之间在寻求协同发展刺激作用下的变化呈现,体现的指标有城镇化率、烟尘排放量、废水排放总量、人均粮食产量;“R”(响应)为经过内外部驱动力、压力、状态呈现、影响变化后采取的措施,由固体废弃物综合利用率、城市污水处理率、环保投资、人均绿地面积、水土流失治理面积等表征指标组成。结合以上分析构建详细指标体系详见表 1。

表 1 贵州省土地资源生态承载力 DPSIR 评价指标体系及权重

目标层	准则层	指标层	极性	指标编号	权重
贵州省土地资源生态承载力	D(驱动力)	地区生产总值/亿元	正向	X ₁	0.0560
		人均地区生产总值/元	正向	X ₂	0.0549

		人均地区能源消耗量/(吨/人)	正向	X ₃	0.0315
		能源消耗总量/万吨	正向	X ₄	0.0339
		常住人口/万人	正向	X ₅	0.0541
	P(压力)	单位GDP能耗/(吨标准煤/万元)	负向	X ₆	0.0365
		碳排放总量/万吨	负向	X ₇	0.0573
		农用化肥施用量/万吨	负向	X ₈	0.0502
		人口密度	负向	X ₉	0.0723
		新封山育林面积/公顷	正向	X ₁₀	0.0256
	S(状态)	城市建成区绿化覆盖率/%	正向	X ₁₁	0.0545
		森林覆盖率/%	正向	X ₁₂	0.0171
		第三产业产值占比/%	正向	X ₁₃	0.0169
		恩格尔系数/%	负向	X ₁₄	0.0256
	I(影响)	城镇化率/%	正向	X ₁₅	0.0182
		烟尘排放量/万吨	负向	X ₁₆	0.0298
		废水排放总量/万吨	负向	X ₁₇	0.0338
		地区人均粮食产量/公斤	正向	X ₁₈	0.0632
	R(响应)	固体废弃物综合利用率/%	正向	X ₁₉	0.0370
		城市污水处理率/%	正向	X ₂₀	0.0444
		环保投资/亿元	正向	X ₂₁	0.0506
		城市人均绿地面积/(平方米/人)	正向	X ₂₂	0.0797
		水土流失治理面积/平方千米	正向	X ₂₃	0.0566

2.2 土地资源生态承载力评价测算方法

(1) 指标标准化处理。

在指标评价之前,需考虑指标差异进行无量纲(标准)化处理。本文采取比重法对原始数据进行标准化处理^[10],计算公式如下:

正向指标:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

负向指标:

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

其中: x'_{ij} 表示指标标准化值, x_{ij} 表示研究区第*i*($i=1, 2, \dots, n$)年第*j*($j=1, 2, \dots, m$)项评价指标的数值, $\min(x_j)$ 为研究区所有评价年份中第*j*项评价指标的最小值, $\max(x_j)$ 为研究区所有评价年份中第*j*项评价指标的最大值。

(2) 指标权重的确定。

本文选用客观赋权法中的熵值法^[7]对指标权重进行测算。具体为在使用公式(3)进行无量纲化的基础上,通过公式(4)计算熵值,使用公式(5)计算差异系数,利用公式(6)计算指标权重。

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

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n y_{ij} \ln y_{ij} \quad (4)$$

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

$$\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (6)$$

式中: y_{ij} 为指标无量纲化值; e_j 为指标熵值; g_j 为指标的差异系数; ω_j 为指标权重,已将各指标权重列示于表1中。

(3) 生态承载力测算。

土地资源生态承载力的测算是一个系统综合计算的过程,本文采用线性加权求和函数法计算土地资源生态承载力:

$$Z_j = \sum_{j=1}^m \omega_j \cdot x'_{ij} \quad (7)$$

式中: Z_j 为土地资源生态承载力。

2.3 土地资源生态承载力障碍度模型

运用障碍度模型对指标进行障碍量化,有利于找出影响贵州省土地资源生态承载力的关键因素。障碍度模型是在指标权重的基础上计算因子在总因子指数的比重及指标与目标值的偏离程度,通过以上二者乘积占整个指标体系的比重得出障碍度。

$$Y_j = \omega_j \quad (8)$$

$$T_j = 1 - x'_{ij} \quad (9)$$

$$D_j = \frac{Y_j T_j}{\sum_{j=1}^m (Y_j T_j)} \times 100\% \quad (10)$$

式中： Y_j 为因子贡献度， T_j 为指标偏离度， D_j 为指标障碍度。

3 结果与分析

3.1 贵州省土地资源生态承载力指数动态变化分析

利用 DPSIR 模型对贵州省 2005—2018 年土地资源生态承载力综合指数进行测度,得到驱动力指数、压力指数、状态指数、影响指数、响应指数的评价结果。

3.1.1 土地资源生态承载力综合指数动态变化

从图 1 可以看出,2005—2018 年贵州省土地资源生态承载力总体呈上升态势,上升幅度为 91.09%。其中,2007—2009 年、2014 年土地资源生态承载力较上年度略有下降,2014—2018 年承载力指数增速明显,从 0.4699 增至 0.7365。从人地协同视角来看,综合承载力的提高,得益于生态环境的有效治理、经济技术的提高、土地资源利用的合理规划,以及贵州省夯实绿色生态本底、优化国土空间、推进生态文明建设、发展绿色经济、增加绿色产品供给的策略。土地资源生态承载力综合指数最大值较最小值提高 128.46%,人地矛盾得到缓解并向着更和谐的方向发展,人地协同正向发展。

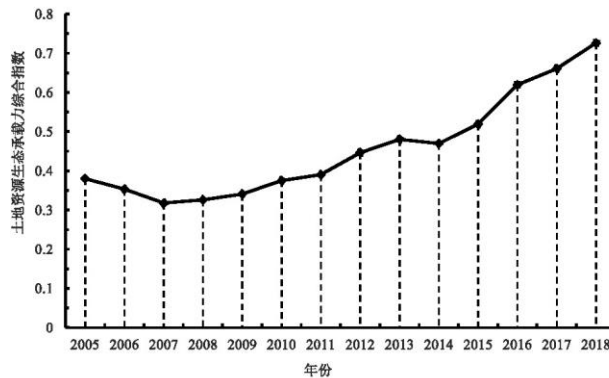


图 1 2005—2018 年贵州省土地资源生态承载力综合指数动态变化

3.1.2 土地资源生态承载力各指数动态变化

由图 2 可知,2005—2018 年贵州省土地资源生态承载力准则层驱动力指数(D)、状态指数(S)、响应指数(R)总体呈上升趋势,压力指数(P)、影响指数(I)呈现总体波动状态。具体分析如下:

(1)2005—2018 年,土地资源生态承载力驱动力指数呈现出上升态势,上升幅度为 275.96%,较最低年份 2007 年增长 277.49%。

从人地协同视角来看,主要是因为贵州省低碳经济的发展及人地矛盾进一步协调,以此推动经济发展、人均收入提高、能源消耗减少。

(2) 2005—2018年,压力指数总体上呈波动下降的状态,下降幅度为52.39%,其中2013—2018年,压力指数平缓发展。从人地协同视角来看,是由于经济社会发展对土地资源利用的效率不高,生态平衡受到一定的影响,人口增长及工业发展带来较高的消耗与污染,以及驱动力的不断增强,致使贵州省土地资源生态压力不断增大,面临的挑战逐渐增多。

(3) 2005—2018年,状态指数总体呈上升趋势,2018年较2005年提升9.06倍,2012年比上年度有所减缓。从人地协同视角来看,2013—2018年,城镇化建设注重生态环境的保护,技术型产业拉动社会发展速率与土地资源生态承载处于协调发展状态。

(4) 2005—2018年,影响指数表现出先降后升的变化趋势,2014年、2015年下降显著,从2005年的0.1049下降到2015年最低值0.0206,但2016—2018年,影响指数呈现出上升变化趋势,2018年较2015年增加160.85%。从人地协同视角来看,在城市化进程中,在粮食生产技术及土地保护上卓有成效,人均粮食产量得以提升,同时也显现出快速的城镇化、工业化发展带来的生态环境对土地资源协调的挑战。

(5) 2005—2018年,响应指数增长迅速,从2005年的0.0139增长至2018年的0.2661,响应指数极差为29.64倍。从人地协同视角来看,贵州省更加注重生态与经济社会的协调发展,固体废弃物及城市污染等综合处理率逐年提高,人均绿地面积及水土流失治理面积不断增加。

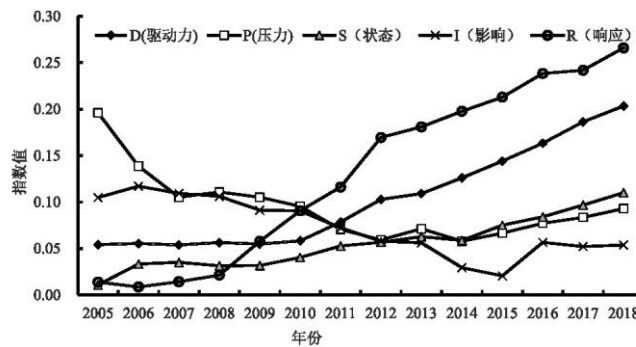


图2 2005—2018年贵州省土地资源生态承载力各指数动态变化

3.2 障碍因素诊断

3.2.1 贵州省土地资源生态承载力分指数障碍度分析

结合公式(8)~(10)对贵州省土地资源生态承载力进行各年度的障碍度测算,绘制出2005—2018年贵州省土地资源生态承载力各指数障碍度动态变化曲线(图3)。

由图3分析得出,随着经济社会的快速发展,贵州省不断调整和完善相关产业的发展政策及加强对生态环境的保护,驱动力指数、状态指数、响应指数与土地资源生态承载力需求匹配度逐年上升,所以三者障碍度在2005—2018年呈下降趋势。压力指数、影响指数的指标作为土地资源生态环境的直接反应,随着城市化、工业化进程的加快,成为影响贵州省土地资源生态承载力的主要障碍因素,2005年,压力指数、影响指数障碍度之和占总体障碍度的比例为13.86%,2018年该比例达87.86%。研究表明贵州省土地资源生态承载力与经济社会发展状态较为协调,但是还有一定的提升空间。

3.2.2 评价指标因子分析

对贵州省土地资源生态承载力的评价指标进行障碍度测算,得出影响贵州省土地资源生态承载力的因子排序(表 2),并进行频数统计及占比统计(表 3)。

根据表 2、表 3 统计分析结果可以看出,影响贵州省土地资源生态承载力的主要障碍因素为人口密度(X_6)、常住人口(X_5)、人均绿地面积(X_{22})、碳排放总量(X_7)、人均粮食产量(X_{18}),这 5 个指标在 14 年中障碍度出现频率均大于 50%,各年度首要障碍因素多为人口密度和人均绿地面积,反映出人在以土地资源为基础的各方面需求对土地生态的影响程度较大,人口数量与生态用地面积不匹配,农产品产量低,对技术需求较高,生态绿色经济发展产生的问题亟待解决。同时可以看出,农药化肥施用量、城市建成区绿化覆盖率、废水排放总量等直接作用于土地资源生态承载力的指标,也成为障碍因素,需要进一步加强生态环境的建设与保护。

4 结论与讨论

4.1 研究主要结论

文章通过 DPSIR 和障碍度模型对喀斯特山区贵州省土地资源生态承载力进行动态变化研究及评价,判断影响贵州省土地资源生态承载力的障碍因素,主要研究结论如下:

(1) 2005—2018 年,贵州省土地资源生态承载力总体上呈现出上升态势,综合承载指数极差达 128.46%,其中,2007—2009 年、2014 年,承载力指数较上年度略有下降;2014—2018 年,承载力指数增速明显,从 0.45 增至 0.73,表明人地协同正向发展。

(2) 2005—2018 年,贵州省土地资源生态承载力的综合指数、驱动力指数、状态指数、响应指数整体呈上升趋势,压力指数、影响指数呈波动下降的趋势。从人地协同视角看,贵州省更加注重生态与经济社会的协调发展,固体废弃物及城市污染等综合处理率逐年提高,人均绿地面积及水土流失治理面积不断增加,经济社会发展与土地资源生态环境承载力进一步协调,但还有一定的提升空间。压力指数、影响指数指标作为土地资源生态环境的直接反应,成为影响贵州省土地资源生态承载力状态的主要障碍因素。

(3) 通过对指标障碍因素诊断得知,影响贵州省土地资源生态承载力的主要障碍因素为人口密度、常住人口、人均绿地面积、碳排放总量、人均粮食产量。

4.2 讨论

本文结合喀斯特山区贵州省土地资源利用与经济发展实际,从社会发展、经济技术、生态环境、人口资源等维度构建贵州省土地资源生态承载力的指标体系,运用 DPSIR 模型和障碍度模型对 2005—2018 年其土地资源生态承载力进行评价及障碍因素诊断,研究表明,贵州省在城市发展过程中土地资源得到一定的优化配置,生态文明建设发展取得了一定的成效,人口与生态用地的匹配程度得以提升。研究的开展可为研究区以生态城市建设为目标的国土空间规划、土地资源优化配置及绿色可持续发展的愿景等提供一定参考。文章从时间维度上总体评价了贵州省土地资源生态承载力及其障碍因素,空间维度的差异性有待进一步研究。

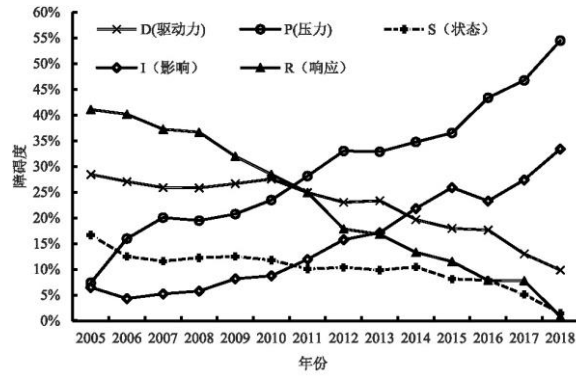


图 3 2005—2018 年贵州省土地资源生态承载力各指数障碍度动态变化

表 2 2005—2018 年排名前五的障碍因素

年份		指标排序				
		1	2	3	4	5
2005	排序	X ₂₂	X ₁	X ₂	X ₁₁	X ₂₃
	障碍度/%	11.3598	9.0415	8.8553	8.8001	8.4301
2006	排序	X ₂₂	X ₁	X ₂	X ₂₁	X ₂₃
	障碍度/%	12.3062	8.4408	8.2725	7.8224	7.8103
2007	排序	X ₂₂	X ₉	X ₂₃	X ₁	X ₂
	障碍度/%	11.6931	8.7716	8.3044	7.6531	7.4903
2008	排序	X ₂₂	X ₉	X ₂₃	X ₁	X ₁₁
	障碍度/%	11.5715	9.2404	8.3392	7.3080	7.2454
2009	排序	X ₂₂	X ₉	X ₁	X ₁₁	X ₂
	障碍度/%	11.5542	9.9119	7.2363	7.1226	7.0325
2010	排序	X ₂₂	X ₉	X ₅	X ₁₁	X ₂₃
	障碍度/%	11.2579	10.7889	8.3329	7.6812	7.5728
2011	排序	X ₉	X ₂₂	X ₅	X ₇	X ₁
	障碍度/%	11.8705	11.3005	8.8815	6.8387	6.5403
2012	排序	X ₉	X ₂₂	X ₇	X ₅	X ₁₈
	障碍度/%	11.5290	10.6166	9.5076	9.2147	8.4362
2013	排序	X ₉	X ₁₈	X ₂₂	X ₅	X ₇

	障碍度/%	12.2926	10.1935	9.1674	9.0926	8.6220
2014	排序	X ₉	X ₁₈	X ₇	X ₅	X ₈
	障碍度/%	11.6386	10.5280	9.4958	8.6841	8.6172
2015	排序	X ₉	X ₁₈	X ₇	X ₈	X ₅
	障碍度/%	13.4455	13.1516	11.1464	10.4429	8.6517
2016	排序	X ₁₈	X ₉	X ₈	X ₇	X ₅
	障碍度/%	16.1738	16.1315	13.1895	12.3335	9.5446
2017	排序	X ₉	X ₁₈	X ₇	X ₈	X ₅
	障碍度/%	18.2330	17.7959	14.5333	10.3398	9.1714
2018	排序	X ₉	X ₁₈	X ₇	X ₁₇	X ₅
	障碍度/%	21.7234	21.0263	20.9616	12.3690	9.8564

表 3 评价指标总体障碍度排名及占比分析

序号	指标	14 年出现频次/次	出现频次占比/%
1	X ₉	12	85.7143
2	X ₅	9	64.2857
3	X ₂₂	9	64.2857
4	X ₇	8	57.1429
5	X ₁₈	7	50.0000
6	X ₁	6	42.8571
7	X ₂₃	5	35.7143
8	X ₂	4	28.5714
9	X ₈	4	28.5714
10	X ₁₁	4	28.5714
11	X ₁₇	1	7.1429
12	X ₂₁	1	7.1429

参考文献:

-
- [1]封志明. 土地承载力研究的过去、现在与未来[J]. 中国土地科学, 1994(3):1-9.
- [2]阮小春, 朱红梅, 张健. 土地资源生态承载力研究进展[J]. 农村经济与科技, 2016(17):17-19.
- [3]邵光学. 系统把握中国生态文明建设的贡献[J]. 系统科学学报, 2019(4):70-76.
- [4]葛雪婷. 矿业用地区土地资源生态承载力评估模型研究[J]. 环境科学与管理, 2019(6):179-183.
- [5]温亮, 游珍, 林裕梅, 等. 基于层次分析法的土地资源承载力评价——以宁国市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017(3):1-6.
- [6]焦红, 汪洋. 基于 PSR 模型的佳木斯市土地生态安全综合评价[J]. 中国农业资源与区划, 2016(11):29-36.
- [7]张宁, 田美荣, 高吉喜, 等. 近 35 年科尔沁沙地生态系统健康诊断研究——以巴林右旗为例[J]. 水土保持研究, 2016(4):206-211.
- [8]Gregory A J, Atkins J P, Burdon D, et al. A problem structuring method for ecosystem-based management: The DPSIR modelling process[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 227(3):558-569.
- [9]李洁. 长江经济带土地综合承载力时空分异评价与障碍因子诊断[J]. 华东经济管理, 2019(8):67-75.
- [10]蔡绍洪, 魏媛. 喀斯特贫困山区低碳经济与环境系统耦合协调发展研究——以贵州省为例[J]. 贵州财经大学学报, 2018(4):90-98.