

王彬,王曦. 喀斯特地区资源环境承载力综合评价——以贵州为例[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2022, 37(1): 118–124. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2022.01.016

WANG B, WANG X. Comprehensive evaluation of resources and environment carrying capacity in karst areas: Take Guizhou as an example[J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2022, 37(1): 118–124. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2022.01.016

喀斯特地区资源环境承载力综合评价

——以贵州为例

王彬^{1*}, 王曦²

(1. 贵州省社会科学院 区域经济研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 安徽医科大学 卫生管理学院, 安徽 合肥 230032)

摘要: 将世界喀斯特集中分布区之一——贵州作为研究对象, 基于 PSDRDP 概念模型, 构建包含“压力—支撑力”“破坏力—恢复力”“退化力—提升力”3 对相互作用力的贵州资源环境承载力综合评价指标体系, 通过熵值法赋权, 运用 TOPSIS 方法测度贵州 2000 年—2020 年资源环境承载力水平. 结果表明: 2000 年—2020 年贵州资源环境承载力水平呈递增趋势, 2020 年综合贴近度为 0.551 5, 比 2000 年增长了 2.05 倍; 支撑力子系统在一定程度上遏制了压力子系统对贵州生态环境所带来的负面效应; 受恢复力子系统贴近度上升的影响, 破坏力子系统贴近度处于较低水平; 退化力子系统贴近度呈下降趋势, 这得益于提升力子系统上升的影响.

关键词: 资源环境承载力; PSDRDP-TOPSIS 模型; 喀斯特地区; 贵州

中图分类号: X821 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2022)01-0118-07

Comprehensive Evaluation of Resources and Environment Carrying Capacity in Karst Area: Taking Guizhou as an Example

WANG Bin¹, WANG Xi²

(1. Institute of Regional Economics, Guizhou Academy of Social Sciences, Guiyang 550002, China;

2. School of Health Management, Anhui Medical University, Hefei 230032, China)

Abstract: Taking Guizhou, one of the world's Karst concentrated distribution areas, as the research object. The Guizhou's comprehensive evaluation index system of resource and environmental carrying capacity including three pairs of interaction forces, i. e. “pressure – support force”, “destructive force – recovery force”, and “degeneration force–lifting force” is constructed based on the PSDRDP conceptual model. The TOPSIS method is used to measure the level of resource and environmental carrying capacity in Guizhou from 2000 to 2020 by the entropy method. The results show that the carrying capacity has an increasing trend, and the overall closeness in 2020 was 0.551 5, which was an increase of 2.05 times compared with 2000. The supporting subsystem restrained the pressure subsystem to the Guizhou ecological environment to a certain extent. The negative effects are brought about by the increase of the resilience subsystem's progress, the closeness of the destructive force subsystem is at a low level; the degeneration force subsystem's closeness shows a downward trend, which is due

收稿日期: 2020-04-10

基金项目: 贵州省社会科学院 2021 年度哲学社会科学创新工程项目资助(CXGD2106)

* 通信作者, E-mail: gzshehuiwb@126.com

to the impact of the lifting force subsystem.

Keywords: bearing capacity of resources and environment; PSDRDP-TOPSIS model; karst area; guizhou

资源环境承载力直接或间接地决定着区域经济社会的发展,已成为当前区域经济社会发展的主要制约因素.喀斯特地区生态环境的脆弱性、敏感性问题严重制约了该地区绿色经济的发展.贵州作为世界喀斯特集中分布区之一,喀斯特地貌分布面积占全省面积的三分之二以上,喀斯特地貌发育非常典型,科学系统地贵州开展资源环境承载力的综合评价,摸清喀斯特地区资源环境承载力的本底、约束力和潜力,对我国喀斯特地区高质量发展具有十分重要的意义.

当前,针对喀斯特地区开展资源环境承载力评价的研究积累了不少的成果.首先,关于资源环境承载力内涵方面,Errington^[1]于1934年提出承载力的概念,将其定义为生态系统在特定限制条件下达到饱和和水平时的最大生物量;1972年,“罗马俱乐部”在《增长的极限》一书中提出资源环境与经济增长的关系,即全球经济增长会因资源环境问题将在未来某个时期内达到极限^[2],也就是说未来经济增长的空间与资源环境承载力的极限具有一致性;封志明等^[3]认为资源环境承载力兼具综合性和限制性,即综合承载力和承载力的短板效应.从研究视角上来看,刘孝蓉等^[4]对喀斯特地区矿产开发的经济环境承载力进行分析,认为矿产开发对资源环境承载力的负面影响较大;戴明宏等^[5]认为生态环境质量的改善是喀斯特地区水资源承载力提高的主要驱动因素;周涛等^[6]认为喀斯特地区的人口变化和经济发展是地下水资源承载力提升的主要驱动因素,随着经济技术水平的提高以及用水方式的改进,喀斯特地貌对水资源承载力的影响将会减小.在指标体系构建上,荣月静等^[7]基于PSR概念模型,构建沁水区块煤层气开发区域生态环境承载力的评价指标体系;刘志明等^[8]基于DPSIR概念模型,构建涵盖水资源、社会经济、生态环境的评价指标体系,通过AHP法测度各指标权重,并引入Logistic对数承载模型对宜昌市水资源承载力进行综合评价;黄贤金和宋娅娅^[9]基于“共轭角力”机制,将资源环境承载力解构为“支撑力—敏感点”“破坏力—临界点”“发展力—平衡点”3对相互作用力,形成包含开发建设、环境灾害、资源生态、社会福祉4个维度的DENS评价模型;卢青等^[10]在开展湖北省风县资源环境承载力测算时,基于“木桶原理”,构建出了涵盖土地资源、水资源、水环境、大气环境子系统的区域资源环境承载力评价指标体系,其中大气环境子系统的引入进一步增强了区域资源环境承载力评价指标体系的客观性和准确性.在研究方法上,Slessor M^[11]引入ECCO模型来探究区域土地承载力问题;Karnopp D et al.^[12]提出从系统内部结构来解释事物因果关系的系统动力学方法;许联芳等^[13]利用GIS技术和系统动力学模型对广西河池喀斯特地区生态系统的资源承载力进行分析;张美玲等^[14]利用多目标灰色关联投影法将贵州省各地区的人口、生产总值、水资源量与其喀斯特地貌分布面积进行灰色关联度分析;罗娅等^[15]采用“纵横向”拉开档次动态综合评价法对喀斯特地区的可持续发展能力进行综合评价;贺中华等^[16]在开展贵州省喀斯特地区地下水资源承载力评价时,引入可变模糊集理论构建的喀斯特地区地下水资源承载力综合评价模型,拓展和丰富了资源环境承载力综合评价指标体系构建的理论基础;袁子勇等^[17]基于向量夹角余弦法对喀斯特地区水资源承载力进行综合评价;王雅敬等^[18]利用生态足迹理论对喀斯特高原山区生态系统承载力进行分析;王颖等^[19]以贵州省安顺市为例,运用主成分分析法对石漠化地带资源环境承载力进行综合评价.可见,研究者们从多个角度对资源环境承载力进行了研究,取得了丰硕的研究成果,但现有文献对喀斯特地区资源环境承载力的内涵与实证评价的研究有些不足.

鉴于此,本文从资源环境承载力的基本内涵出发,将资源环境承载力分解成多个力的合力,同时考虑“增长极限”及“结构稳定”2个问题,形成“预警导向式”喀斯特地区资源环境承载力评价机制——PSDRDP概念模型,运用TOPSIS法对贵州资源环境承载力进行综合评价,据此为贵州生态文明建设提供政策依据,也为喀斯特地区资源环境承载力评价提供新的研究思路.

1 指标体系与数据来源

1.1 指标体系

PSDRDP概念模型将资源环境承载力分解为“压力—支撑力”“破坏力—恢复力”“退化力—提升力”3

对相互作用力,分别对应资源支撑能力、环境容量、灾害抵御能力.其中,“压力—支撑力”这一对相互作用力中的压力,表现为人类社会活动对环境资源的消耗总量,而支撑力则表现为现行技术条件下自然环境可供人类社会利用的资源总量,于是,“压力—支撑力”的合力也就可以理解为资源的利用情况.因此,与之对应的资源支撑能力也就可以被界定为现行技术与经济发展水平条件下可获得资源总量所能支撑的最大人口规模.同样,“破坏力—恢复力”中的破坏力,主要表现为因人为活动而诱发的环境污染、自然灾害等问题反噬人类自身所带来的损失,恢复力则表现为人类治理环境污染、预防和抵抗自然灾害、修复自然灾害带来的损失等的能力,且“破坏力—恢复力”的合力可以理解为自然灾害的抵御能力.同时,与之对应的灾害抵御能力,也就可以被界定为在重大自然灾害冲击下所能保障的最大人口规模.最后,“退化力—提升力”中的退化力,主要表现为当前资源环境退化的状态,而提升力则表现为人类提高资源利用率,延缓和修复资源环境退化等的能力.“退化力—提升力”的合力也就表示着资源环境的退化程度.并且,其所对应的环境容量也就可以界定为环境可容纳的最大人口规模^[20].

结合上述 PSDRDP 概念模型中 3 对作用力的内涵,在参考王亮^[20]、王雅敬^[18]、王明杰^[21]等构建的指标体系基础上,本文选取资源、环境、人口、经济、社会等方面的指标共计 77 项,其中水、土、森林、能源资源、石漠化、灾害防治方面的指标能够体现喀斯特地区的典型特征,通过熵值法计算各指标的权重,具体数据如表 1~表 3 所示.与此同时,引入 Cronbach α 信度系数检验指标数据的一致性,得出可信度系数约为 0.9,表明所构建的评价指标体系可信度较高,能够较为客观地评价贵州资源环境承载力的水平.

表 1 压力和支撑力评价指标体系

准则层	要素层	指标层	单位	指标代码	指标性质	指标权重
压力	水资源压力	城市人均日生活用水量	L	D ₁ ¹	负向	0.011 0
		万元地区生产总值水耗	m ³ /万元	D ₂ ¹	负向	0.008 2
	土地资源压力	城市建设用地面积	km ²	D ₃ ¹	负向	0.007 6
		工业用地占城市建设用地面积比重	%	D ₄ ¹	负向	0.006 7
	能源压力	万元地区生产总值能耗	吨标准煤/万元	D ₅ ¹	负向	0.010 6
		万元地区生产总值电耗	kW·h/万元	D ₆ ¹	负向	0.018 8
		能源消费总量	万 t 标准煤	D ₇ ¹	负向	0.013 5
	人口压力	城市人口密度	人/km ²	D ₈ ¹	负向	0.016 3
		年末常住人口总数	万人	D ₉ ¹	负向	0.011 2
		人口自然增长率	‰	D ₁₀ ¹	负向	0.004 2
	社会压力	城镇登记失业率	%	D ₁₁ ¹	负向	0.012 8
		居民消费价格指数	无量纲	D ₁₂ ¹	负向	0.005 1
		城镇恩格尔系数	%	D ₁₃ ¹	负向	0.012 5
		农村恩格尔系数	%	D ₁₄ ¹	负向	0.008 7
资源环境支撑力	人均水资源量	m ³ /人	D ₁₅ ¹	正向	0.009 5	
	人均耕地面积	hm ² /人	D ₁₆ ¹	正向	0.006 4	
	人均粮食产量	t/人	D ₁₇ ¹	正向	0.010 5	
	人均有效灌溉面积	hm ² /人	D ₁₈ ¹	正向	0.016 8	
	森林覆盖率	%	D ₁₉ ¹	正向	0.014 9	
	煤炭保有储量	万 t	D ₂₀ ¹	正向	0.008 2	
	天然气生产量	亿 m ³	D ₂₁ ¹	正向	0.030 8	
	发电量	亿 kW·h	D ₂₂ ¹	正向	0.010 8	
社会经济支撑力	人均地区生产总值	元	D ₂₃ ¹	正向	0.022 0	
	地区生产总值增长速度	%	D ₂₄ ¹	正向	0.004 4	
	第二产业占地区生产总值的比重	%	D ₂₅ ¹	正向	0.007 8	
	第三产业占地区生产总值的比重	%	D ₂₆ ¹	正向	0.007 5	
	第三产业从业人员占比	%	D ₂₇ ¹	正向	0.013 4	
	规模以上工业增加值增长速度	%	D ₂₈ ¹	正向	0.006 4	

续表

准则层	要素层	指标层	单位	指标代码	指标性质	指标权重
支撑力	社会经济支撑力	人均固定资产投资额	元/人	D ₂₉ ¹	正向	0.026 6
		单位固定资产投资实现的生产总值	元	D ₃₀ ¹	正向	0.019 1
		一般公共预算收入	亿元	D ₃₁ ¹	正向	0.022 2
		农村居民人均可支配收入	元/人	D ₃₂ ¹	正向	0.023 7
		城镇居民人均可支配收入	元/人	D ₃₃ ¹	正向	0.018 0
		常住人口城镇化率	%	D ₃₄ ¹	正向	0.019 3
		就业人数	万人	D ₃₅ ¹	正向	0.017 4
		失业保险参保人数	万人	D ₃₆ ¹	正向	0.027 8
		在职职工参加养老保险人数	万人	D ₃₇ ¹	正向	0.026 8
		基本医疗保险参保人数	万人	D ₃₈ ¹	正向	0.032 2
		每万人拥有公共交通工具	标台	D ₃₉ ¹	正向	0.006 7
		公路路网密度	km/km ²	D ₄₀ ¹	正向	0.017 5
		每万人高速等级公路里程	km/万人	D ₄₁ ¹	正向	0.008 4
		人均拥有道路面积	m ² /人	D ₄₂ ¹	正向	0.004 1

表 2 破坏力和恢复力评价指标体系

准则层	要素层	指标层	单位	指标代码	指标性质	指标权重
破坏力	大气环境破坏力	二氧化硫排放总量	万 t	D ₁ ²	负向	0.017 6
		万元生产总值二氧化硫排放量	t	D ₂ ²	负向	0.006 1
		烟(粉)尘排放量	万 t	D ₃ ²	负向	0.008 5
	水环境破坏力	废水排放总量	亿 t	D ₄ ²	负向	0.005 5
		万元工业增加值废水排放量	t	D ₅ ²	负向	0.005 8
		废水中化学需氧量	万 t	D ₆ ²	负向	0.010 5
	土壤环境破坏力	工业固体废物产生量	万 t	D ₇ ²	负向	0.008 6
		农用化肥施用量(折纯)	万 t	D ₈ ²	负向	0.011 5
		农用塑料薄膜使用量	万 t	D ₉ ²	负向	0.012 1
		农药使用量	万 t	D ₁₀ ²	负向	0.014 3
	重大灾害破坏力	环境污染事故	起	D ₁₁ ²	负向	0.003 1
		旱灾受灾面积	10 ³ hm ²	D ₁₂ ²	负向	0.004 1
		洪涝、山体滑坡、泥石流和台风受灾面积	10 ³ hm ²	D ₁₃ ²	负向	0.005 3
		低温冷冻和雪灾受灾面积	10 ³ hm ²	D ₁₄ ²	负向	0.002 5
		农作物受灾面积	10 ³ hm ²	D ₁₅ ²	负向	0.006 9
		森林火灾次数	次	D ₁₆ ²	负向	0.007 7
恢复力	污染处理能力	环保资金投入	亿元	D ₁₇ ²	正向	0.015 3
		城市污水处理率	%	D ₁₈ ²	正向	0.016 3
		工业废水排放达标量	万 t	D ₁₉ ²	正向	0.021 5
		生活垃圾无害化处理率	%	D ₂₀ ²	正向	0.011 5
		工业固体废物综合利用率	%	D ₂₁ ²	正向	0.013 0
		二氧化硫去除率	%	D ₂₂ ²	正向	0.013 4
	防治灾害能力	烟(粉)尘去除率	%	D ₂₃ ²	正向	0.004 0
		自动气象站站点个数	个	D ₂₄ ²	正向	0.016 6
		地质灾害防治项目数	个	D ₂₅ ²	正向	0.027 4
		森林病虫害防治率	%	D ₂₆ ²	正向	0.003 6

表3 退化力和提升力评价指标体系

准则层	要素层	指标层	单位	指标代码	指标性质	指标权重
退化力	森林退化	受灾森林面积	hm ²	D ₁ ³	负向	0.003 0
		土地退化	石漠化面积	10 ³ hm ²	D ₂ ³	负向
		水土流失治理面积	10 ³ hm ²	D ₃ ³	正向	0.011 0
		造林总面积	10 ³ hm ²	D ₄ ³	正向	0.016 4
		自然保护区面积	10 ⁴ hm ²	D ₅ ³	正向	0.005 5
提升力	保护与治理	城市建成区绿化率	%	D ₆ ³	正向	0.013 3
		人均公园绿地面积	m ² /人	D ₇ ³	正向	0.022 8
		城市绿地面积	万 hm ²	D ₈ ³	正向	0.007 9
		治理固体废物项目投资	万元	D ₉ ³	正向	0.040 1

1.2 数据来源

数据主要来源于《贵州省统计年鉴》(2000—2021年)、《中国统计年鉴》(2000—2021年)、《贵州省国民经济和社会发展统计公报》(2000—2020年)、《中国城市建设年鉴》(2000—2021年)等。

2 综合评价

2.1 资源环境承载力综合贴进度分析

如图1和图2所示,2000年—2020年贵州资源环境承载力水平呈增长趋势,2020年综合贴进度为0.051 5,比2000年增长了2.05倍,年均增长率为5.74%。2000年—2020年从0.051 5下降到0.032 1,逐渐趋于正理想解,从0.011 4上升到0.039 5,逐渐偏离负理想解。原因是贵州实施大生态战略,大力推进生态文明建设,开展环境保护体制机制改革,持续推进退耕还林工程建设,加强石漠化和水土流失综合治理,加强污染源治理,积极探索生态产品价值实现机制,发展绿色经济。受2011年《贵州省水利建设生态建设石漠化治理综合规划》实施的影响,贵州水利建设、生态文明建设、石漠化治理得到了国家政策的大力支持,2011年贵州资源环境承载力水平变化较大。

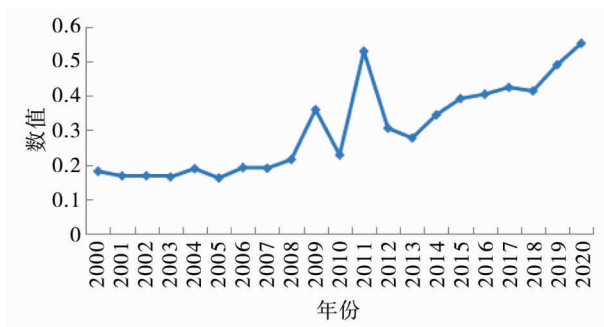


图1 贵州资源环境承载力综合贴进度变化趋势

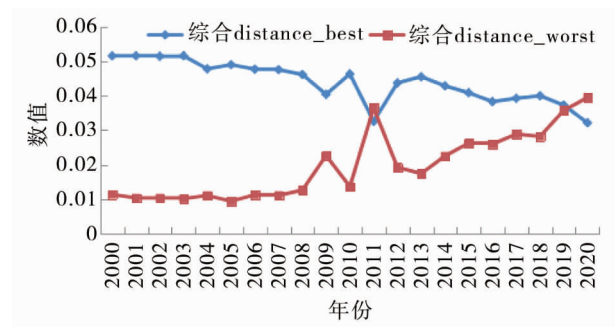


图2 贵州资源环境承载力变化趋势

2.2 压力和支撑力子系统资源环境承载力贴进度分析

如图3所示,2000年—2020年贵州支撑力子系统资源环境承载力的贴进度呈增长态势,2020年支撑力子系统资源环境承载力贴进度为0.883 5,比2000年增长了5.78倍,其中2000年—2002年略有下降,2002年—2015年缓慢增长,自2015年起呈跨越式增长态势,年均增长率为17.05%。原因是贵州加速破解交通基础设施瓶颈;贵州坚决打好污染防治攻坚战,环境污染治理明显改善;加快退耕还林工程建设,资源环境支撑容量明显提升;持续推进新型工业化、新型城镇化和农业现代化,经济社会发展同资源环境自我修复愈发契合。

受支撑力子系统资源环境承载力贴进度上升的影响,2000年—2020年压力子系统资源环境承载力的贴进度呈小幅下降态势,由2000年的0.520 0下降至2020年的0.402 3。

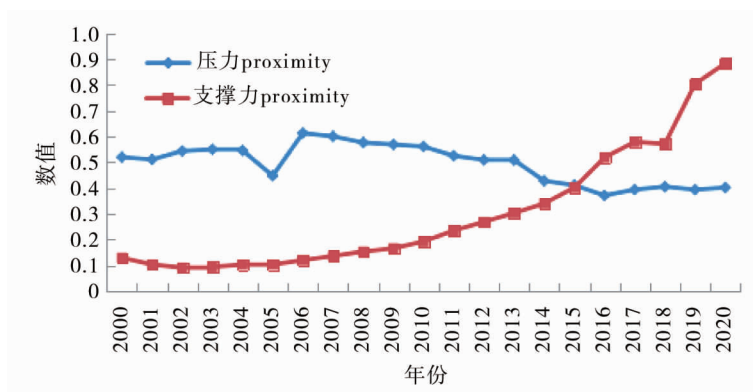


图3 压力和支撑力子系统资源环境承载力贴进度变化趋势

2.3 破坏力和恢复力子系统资源环境承载力贴进度分析

如图4所示,2000年—2020年贵州恢复力子系统资源环境承载力的贴进度呈现增长态势,其中2010年—2015年快速增长,原因是贵州开展大气污染防治,推进火电、钢铁、有色、水泥等行业脱硫设施建设和技术改造,加强机动车尾气排放、噪声等污染治理,大力实施磷化工、煤化工等行业的污染专项治理,加快城镇污水处理厂及配套管网建设,加快城镇生活垃圾无害化、资源化处理,加强自然灾害防治,提升应对自然灾害的综合防治能力,2013年因工业化、城镇化快速发展导致恢复力子系统资源环境承载力的贴进度有所下降,但很快回转,到2015年达到峰值。

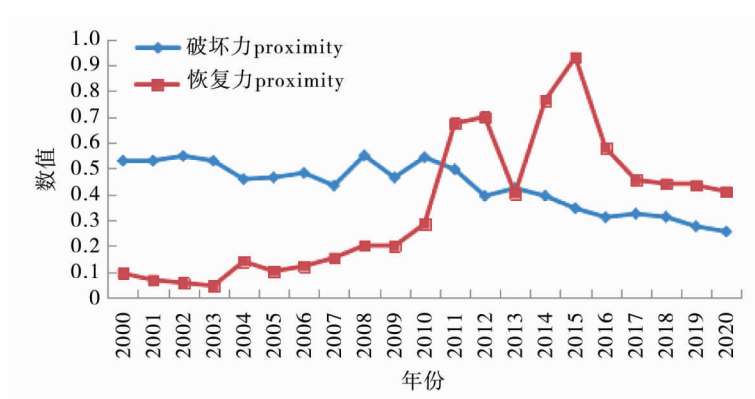


图4 破坏力和恢复力子系统资源环境承载力贴进度变化趋势

受恢复力子系统资源环境承载力贴进度持续上升的影响,2000年—2020年破坏力子系统资源环境承载力的贴进度一直处于较低水平,并呈现一定的下降趋势。

受恢复力子系统资源环境承载力贴进度持续上升的影响,2000年—2020年破坏力子系统资源环境承载力的贴进度一直处于较低水平,并呈现一定的下降趋势。

2.4 退化力和提升力子系统资源环境承载力贴进度分析

如图5所示,2000年—2020年提升力子系统资源环境承载力的贴进度呈稳步上升趋势。原因是贵州不断加大石漠化治理力度,大力推进退耕还林工程建设,加快重点生态功能区建设。

受提升力子系统资源环境承载力贴进度上升的影响,2000年—2020年退化力子系统资源环境承载力的贴进度呈波动下降趋势,其中,2000年—2005年和2012年—2020年,下降比较缓慢;同时,从2006年至2012年,退化力子系统资源环境承载力贴进度波动剧烈,2006年波动上升,2010年—2012年剧烈下降。

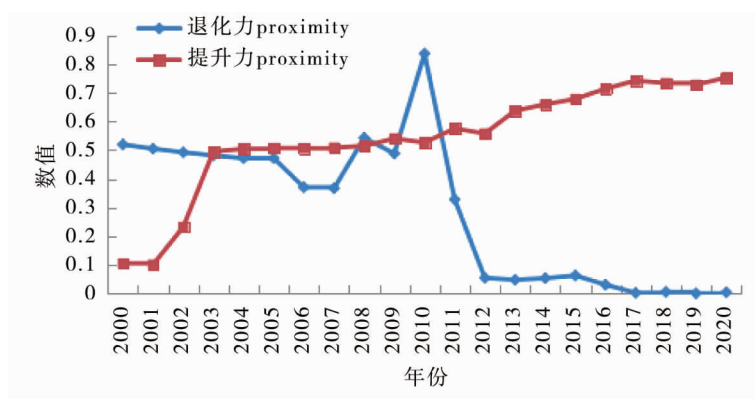


图5 退化力和提升力子系统资源环境承载力贴进度变化趋势

3 结论

1) 构建了基于PSDRDP概念模型和“预警导向式”的喀斯特地区资源环境承载力评价指标体系,通过熵值赋权法赋予各指标权重,并运用TOPSIS方法对全国喀斯特典型地区——贵州的资源环境承载力

进行了综合评价.研究发现:2000年—2020年,喀斯特典型地区贵州的资源环境承载力水平不断提高,到研究期末地区资源环境承载力综合贴进度指数上升到0.5515,较研究期初增长了2.05倍.其中,研究区域的支撑力子系统在一定程度上遏制了压力子系统带来的负面效应,地区资源环境支撑能力不断增强;破坏力子系统一直处于较低水平状态,而恢复力子系统一致处于持续上升态势,地区资源环境容量不断增加;退化力子系统水平波动下降,而提升力子系统水平稳步上升,地区对自然灾害的抵御能力持续增强.

2) 建立的适应喀斯特地区特有地质环境的资源环境承载力评价模型,纳入了水、土、森林、能源资源、石漠化、灾害防治等方面的指标体系,研究结果更具有针对性、全面性和准确性,丰富了资源环境承载力评价的理论、方法和内容.

参考文献:

- [1] Errington P L. Vulnerability of Bob-White Populations to Predation[J]. *Ecology*, 1934, 15(2):110-127.
- [2] Meadows D H, Rome C O. The Limits to growth; a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 1973, 4(3):323-332.
- [3] 封志明,杨艳昭,闫慧敏,等.百年来的资源环境承载力研究:从理论到实践[J].*资源科学*,2017,39(3):379-395.
- [4] 刘孝蓉,胡明扬,苏志华,等.贵州矿业经济与环境保护协调发展研究[J].*中国矿业*,2013,22(12):43-47.
- [5] 戴明宏,王腊春,汤淏.基于多层次模糊综合评价模型的喀斯特地区水资源承载力研究[J].*水土保持通报*,2016,36(1):151-156.
- [6] 周涛,梁虹,焦树林,等.基于主成分分析和熵的喀斯特地区地下水资源承载力评价[J].*水科学与工程学报*,2016(4):16-19.
- [7] 荣月静,郭新亚,杜世勋,等.基于生态系统服务功能及生态敏感性与PSR模型的生态承载力空间分析[J].*水土保持研究*,2019,26(1):323-329.
- [8] 刘志明,周召红,王永强,等.区域水资源承载力及可持续发展综合评价研究[J].*人民长江*,2019,50(3):145-150.
- [9] 黄贤金,宋娅娅.基于共轭角力机制的区域资源环境综合承载力评价模型[J].*自然资源学报*,2019,34(10):2103-2112.
- [10] 卢青,胡守庚,叶菁,等.县域资源环境承载力评价研究——以湖北省团风县为例[J].*中国农业资源与区划*,2019,40(1):103-109.
- [11] Sleeser M. Enhancement of Carrying Capacity Options ECCO[J]. *The Resource Use Institute*, 1990, 10: 5.
- [12] Karnopp D, Rosenberg R, Perelson A S. System Dynamics: A Unified Approach[J]. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 1976, 6(10): 724-724.
- [13] 许联芳,杨勋林,王克林,等.西南喀斯特区域农业生态系统承载力系统动力学仿真模型[J].*农业系统科学与综合研究*,2007(3):312-319.
- [14] 张美玲,梁虹,祝安.贵州省水资源承载力的空间地域差异[J].*长江流域资源与环境*,2008(1):68-72.
- [15] 罗娅,熊康宁,陈起伟,等.喀斯特生态治理区可持续发展能力评价——以贵州毕节鸭池、遵义龙坪、沿河淇滩示范区为例[J].*长江流域资源与环境*,2010,19(7):808-813.
- [16] 贺中华,梁虹,黄法苏,等.喀斯特地区地下水资源承载力综合评价研究——以贵州省为例[J].*水文*,2010,30(3):22-27.
- [17] 袁子勇,焦树林,杨萍,等.基于向量夹角余弦的喀斯特地区水资源承载力评价[J].*安徽农业科学*,2011,39(11):6668-6669.
- [18] 王雅敬,谢炳庚,李晓青,等.喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡[J].*生态学报*,2017,37(21):7030-7038.
- [19] 王颖,喻阳华,孙波.贵州省安顺市资源环境承载能力研究[J].*环境科学与技术*,2019,42(s1):253-260.
- [20] 王亮,刘慧.基于PS-DR-DP理论模型的区域资源环境承载力综合评价[J].*地理学报*,2019,74(2):340-352.
- [21] 王明杰,余斌,李卓凡,等.长江经济带综合承载力时空分异特征及其影响因素研究[J].*信阳师范学院学报(自然科学版)*,2020,33(2):235-243.