

基于 DPSIR-TOPSIS 模型的江苏省生态承载力评价及障碍因素诊断

顾家明¹, 胡卫卫², 田素妍¹

(1. 南京农业大学 人文与社会发展学院, 江苏 南京 210095; 2. 南京农业大学 公共管理学院, 江苏 南京 210095)

摘要: [目的] 以江苏省为研究对象, 依据其资源禀赋对 2001—2015 年的生态承载力进行评价, 并对其障碍度进行诊断, 为促进该区域生态承载力的提升提供科学依据。[方法] 利用 DPSIR 模型构建评价指标体系, 通过熵权法对指标权重进行赋值, 采用 TOPSIS 分析法和障碍度模型进行实证分析。[结果] 江苏省生态承载力呈 N 形的演变态势, 综合贴近度处于“差”状态; 从分类指标情况看, 压力、驱动力和响应子系统评价指数呈不同程度的上升趋势, 影响子系统的评价指数呈下降趋势, 而状态子系统的评价指数保持稳定; 从障碍度诊断结果看, 响应子系统是影响江苏省生态承载力的主要障碍因素。[结论] 江苏省的社会、经济和生态的耦合协调度较低, 应从加大环境财政的投入、完善基础设施建设、加强生态文明制度建设和拓展生态发展空间等方面提出改进策略。

关键词: 生态承载力; DPSIR-TOPSIS 模型; 障碍度诊断; 江苏省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)02-0246-07

中图分类号: F205, X24

文献参数: 顾家明, 胡卫卫, 田素妍. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的江苏省生态承载力评价及障碍因素诊断[J]. 水土保持通报, 2019, 39(2): 246-252. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 02. 039; Gu Jiaming, Hu Weiwei, Tian Suyan. Evaluation of ecological carrying capacity and diagnosis of obstacle factors in Jiangsu Province based on DPSIR-TOPSIS model[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(2): 246-252.

Evaluation of Ecological Carrying Capacity and Diagnosis of Obstacle Factors in Jiangsu Province Based on DPSIR-TOPSIS Model

Gu Jiaming¹, Hu Weiwei², Tian Suyan¹

(1. College of Humanities and Social Development, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China; 2. College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: [Objective] Taking Jiangsu Province as the research object, the ecological carrying capacity during 2001—2005 was evaluated according to its resource endowment and the degree of obstacle was diagnosed in order to provide scientific basis for the promotion of ecological bearing capacity in the area. [Methods] The DPSIR was used to construct and establish index system and then the index weights were assigned by the entropy weight method, the TOPSIS analysis method and obstacle degree model were applied for empirical analysis. [Results] The ecological carrying capacity of Jiangsu Province indicated a “N” shaped trend evolution, and the comprehensive closeness was at the poor stage. From the perspective of classification indicators, the pressure, driving and response subsystem evaluation index experienced different levels of upward trend while the evaluation index of subsystem was a downward trend, station subsystem remains stable. From the diagnostic result of obstacle degree, the response subsystem is one of the main factors that affect the ecological carrying capacity of Jiangsu Province. [Conclusion] The coupling and coordination degree of society, economy and ecology is relatively low in Jiangsu Province. It should put forward increasing investment in environmental finance, improving infrastructure construction, strengthening the construction of ecological civilization

收稿日期: 2018-09-18

修回日期: 2018-10-10

资助项目: 2018 年度江苏省研究生培养创新工程项目“农村政治生态重构中公众参与机制研究”(KYCX18_0731); 2018 年国家级 SRT 计划项目“生猪养殖户参与生态补偿的行为选择: 以淮安地区为例”(20181037072)

第一作者: 顾家明(1998—), 女(汉族), 江苏省南京市人, 本科生, 研究方向为农村区域发展。E-mail: 807674020@qq.com。

通讯作者: 田素妍(1973—), 女(汉族), 河北省衡水市武邑县人, 博士, 副教授, 主要从事农业技术经济方面的研究。E-mail: tiansuyan 1973@126.com。

system and expanding the space for ecological development, so as to promote the improvement of ecological carrying capacity in Jiangsu Province.

Keywords: ecological carrying capacity; DIPSIR-TOPSIS model; disability diagnosis; Jiangsu Province

生态承载力表示特定环境条件下某种个体存在数量的最高值,1921年,Park 和 Burgess^[1]在人类生态学领域首次应用了生态承载力的概念。作为评判地区可持续发展能力和反映人与生态系统和谐共生程度的生态承载力概念经历种群—资源—环境—生态系统的四种演变。自生态承载力的概念提出以来,国内外学者从跨学科、多领域的视角对其展开深入研究。其中,国内学者从生态系统的结构和功能出发,研究范围涵盖流域、城市、生态脆弱区、农业以及生态旅游等诸多领域。生态经济的理念是指地区经济的发展既要注重经济提升的质量和效率,又要考虑资源消耗以及耗竭后的持续发展问题。人口的不断增长和经济的飞速发展会导致生态系统遭到破坏,是超出其本身所具备的生态承载力的主要原因^[2]。虽然当前江苏省的经济发展实力全国领先,但是经济的发展是否在合理的生态承载力范围之内,生态系统的整体协调能力如何,当前的生态承载力状态如何以及经历过怎样的动态演变历程是值得探讨的问题。近年来,关于生态承载力评价的研究主要集中在压力和支持两个角度。其中,李金海^[3]运用净初级生产力估测

法,通过生态系统的 NPP 背景值确定生态系统承载力的阈值来研究河北丰县的生态承载力;Global Footprint Network 运用生态足迹评价法,以收入为标杆通过地区分组,研究不同组的生态承载力状况;高吉喜^[4]运用供需平衡法,通过计算生态系统所提供的资源量和社会经济发展之间的需求量之间的差值来衡量生态承载力;余丹林^[5]运用综合指标评价法,引入欧式几何中三维状态空间轴的概念,从承压、压力和区际交流来构建生态承载力评价指标;还有学者如 Jusup 和 Klanjseek^[6]在菲律宾地区评价海域生态承载力时提出了海洋生物养殖与自然环境间的仿真交互模型。可见,对生态承载力评价的方法更加多元,为本研究提供借鉴。生态承载力评价的第一步是构建生态承载力指标体系,本研究运用驱动力—压力—状态—影响—响应框架构建江苏省生态承载力指标体系,利用熵权法确定各个指标的权重,并采用 TOPSIS 法(逼近于理想值的排序方法)进行指标综合,获得生态承载力评价标准和等级结果,最终利用障碍度模型诊断各单项指标的障碍度,探寻影响生态承载力的主要障碍因素。具体评价和诊断流程如图 1 所示。

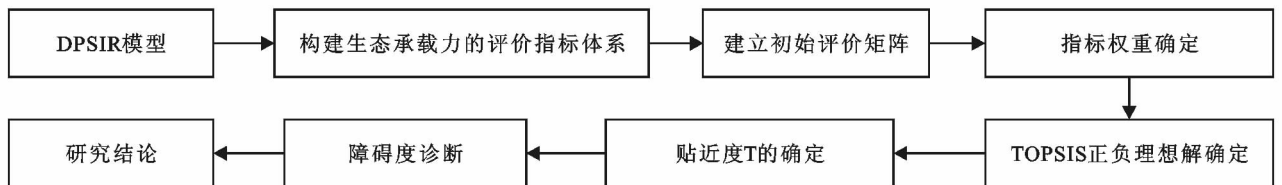


图 1 江苏省生态承载力评价流程图

1 江苏省生态承载力评价指标体系构建及数据来源

DPSIR 模型是 1993 年欧洲环境局 (EEA) 在经济合作与发展组织 (OECD) 提出的 PSR 模型基础上发展而来,该模型涵盖社会、经济、政治和生态等多种元素,主要反映人类社会经济活动对生态的影响^[7]。DPSIR 概念模型中,D 代表“驱动力”,表示社会经济发展的内在驱动力;P 表示“压力”,是指社会经济活动对生态环境的影响;S 指“状态”,即生产活动在驱动力和压力下所呈现的状况;I 表示“影响”,表示生态系统的各种状态对经济、社会、资源、环境等的影响程度;R 代表“响应”,是指为实现经济社会可持续发展而采取策略^[8]。

1.1 指标体系建构及权重确定

生态承载力评价的研究在国内较为成熟,池源等^[9]从海岛开发强度和海岛生态状况 2 个一级指标和 4 个二级指标构建海岛资源环境承载力评估指标体系;郭文栋等^[10]从生态系统、资源环境、经济和社会承载情况进行生态承载力评价;王奎峰等^[11]采用 PSR 模型从自然环境、生态环境、人口环境和污染环境 4 个维度共 17 个指标对山东半岛的生态承载力进行评价;周智等^[12]从自然资源和社会资源 2 个方面采用 21 个指标构成农村生态环境承载力评价体系,并运用因子分析法对指标体系进行评价,探明农村生态环境承载力空间异质性的变化规律;郑晶^[13]基于 DPSIR 概念模型,从驱动力、压力、状态、影响和响应 5 个层面选取了 29 个指标,构建了福建省生态环境

承载力评价体系。

本研究在综合前人研究成果的基础上,结合江苏省的实际情况,依据其资源禀赋,根据客观性、可获取性、有效性和可量化的原则,基于 DPSIR 概念模型,

从驱动力、压力、状态、影响和响应五个维度构建江苏省生态承载力评价指标体系。根据对评价结果的影响,将指标区分为正向指标和负向指标^[14],具体详见表 1。

表 1 生态承载力评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标代码	指标性质	权重
生态承载力	驱 区 力 D	人均 GDP(元/人)	C ₁	正向	0.119 123 64
		人口自然增长率/%	C ₂	正向	0.004 414 69
		城镇居民人均可支配收入/元	C ₃	正向	0.088 502 94
		农村居民人均可支配收入/元	C ₄	正向	0.082 473 77
		城镇居民恩格尔系数/%	C ₅	负向	0.005 722 17
		农村居民恩格尔系数/%	C ₆	负向	0.005 397 31
	压 力 P	人口密度/(人·km ⁻²)	C ₇	负向	0.001 654 54
		二氧化硫排放量/10 ⁴ t	C ₈	负向	0.008 189 00
		工业废水排放量/10 ⁴ t	C ₉	负向	0.005 739 05
		生活污水废水排放量/10 ⁸ t	C ₁₀	负向	0.035 119 67
		工业固体废弃物排放量/10 ⁴ t	C ₁₁	负向	0.064 232 99
	状 态 S	建成区绿化覆盖率/%	C ₁₂	正向	0.004 135 00
		第二产业贡献率/%	C ₁₃	正向	0.003 304 45
		建成区面积/km ²	C ₁₄	正向	0.027 642 05
		水资源总量/10 ⁴ m ³	C ₁₅	正向	0.030 803 01
		人均公园绿地面积/m ²	C ₁₆	正向	0.021 868 65
	影 响 I	环境空气质量优良率/%	C ₁₇	正向	0.004 290 09
		近岸海域水环境质量达标率/%	C ₁₈	正向	0.001 505 43
		第三产业比重/%	C ₁₉	正向	0.001 673 56
		自然保护区面积占辖区面积的比重/%	C ₂₀	正向	0.007 857 46
		城镇登记失业率/%	C ₂₁	负向	0.005 389 79
		每万人拥有医院、卫生院床位数/张	C ₂₂	正向	0.024 341 20
		自然保护区面积/10 ⁴ hm ²	C ₂₃	正向	0.026 424 16
	响 应 R	能源消费总量/10 ⁴ t 标准煤	C ₂₄	负向	0.070 625 74
		垃圾粪便年处理量/10 ⁴ t	C ₂₅	正向	0.010 154 82
		无害化处理厂日处理能力/t	C ₂₆	正向	0.044 590 34
		生活垃圾清运量/10 ⁴ t	C ₂₇	正向	0.020 919 11
		城市市政工程污水处理率/%	C ₂₈	正向	0.006 211 06
		环境管理业投资额/亿元	C ₂₉	正向	0.145 509 13
		环护支出占一般公共预算支出的比重/%	C ₃₀	正向	0.122 185 18

本研究主要采用熵权法对指标进行赋值,相对来说,熵权法是一种比较客观科学的赋权方法,它是将多个指标对象进行因果分析的综合评价方法,其得出的结果主要是依据客观数据,几乎不受主观因素的干扰^[15]。

在计算指标权重之前,采用极值法对指标进行标准化处理:①正向和负向指标的标准化处理公式如公式(1)~(2);②计算第 i 个指标的信息熵 H_i ;③计算第 i 个指标的权重 W_i 。

$$r_{ij} = \frac{v_{ij}}{\max(v_{ij})} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{\min(v_{ij})}{v_{ij}} \quad (2)$$

$$H_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (3)$$

$$W_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

式中: V_{ij} ——指标原始值; R_{ij} ——标准化值; i ——评价指标的数目; j ——评价的年份。

1.2 数据来源

本文原始数据主要来源于 2001—2015 年的《江苏省统计年鉴》《江苏省环境状况公报》和《江苏省国民经济和社会发展统计公报》。

2 江苏省生态承载力评价方法

2.1 TOPSIS 模型

Yoon 和 Hwang^[16] 提出逼近于理想解的排序法即 TOPSIS 模型,该模型旨在对多维度、多项指标进行比较。依据评价对象和最优解和最劣解的距离进行排序,其计算步骤为:

$$Y = |Y_{ij}|_{m \times n} = R_{ij} \cdot W_i \quad (5)$$

$$Y^+ = \{\max y_{ij} | i=1, 2, \dots, m\} = \{y_1^+, y_2^+, \dots, y_m^+\} \quad (6)$$

$$Y^- = \{\min y_{ij} | i=1, 2, \dots, m\} = \{y_1^-, y_2^-, \dots, y_m^-\} \quad (7)$$

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i^+ - y_{ij})^2} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i^- - y_{ij})^2} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

$$T_j = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-} \quad (j=1, 2, \dots, n; 0 \leq T_j \leq 1) \quad (10)$$

式中: R_{ij} ——标准化后的矩阵; W_i ——第 i 个指标的权重; Y^+ ——正理想解; Y^- ——负理想解; D_j^+ ——评价向量到正理想解的距离; D_j^- ——评价向量到负理想解的距离; T_j ——评价对象与理想解的贴近度。其中, D_j^+ 越小,表明评价指标与正理想解越接近,生态状态越好; D_j^- 越小,表明评价指标与负理想解越接近,生态状况越差; T_j 值越大,表明第 j 年生态承载力越高。

2.2 障碍度模型

障碍度模型是对生态承载力评价后的进一步分析,旨在识别影响生态承载力的障碍因素,本文引入因子贡献度 F_{ij} 、障碍度 (P_{ij}, P_{ij}) 和偏离度 I_{ij} ,因子贡献度表示单项指标对生态承载力的权重,偏离度是指单向指标与生态承载力目标的差距,障碍度是第 j 年分类指标和单项指标对生态承载力的障碍度,其计算公式为:

$$F_{ij} = \omega_{ij} \cdot \omega_i \quad (11)$$

$$I_{ij} = 1 - R_i \quad (12)$$

$$P_{ij} = \frac{F_{ij} \cdot I_{ij}}{\sum_{i=1}^m (F_{ij} \cdot I_{ij})} \times 100\% \quad (13)$$

$$P_{ij} = \sum P_{ij} \quad (14)$$

式中: ω_{ij} ——第 i 个准则层第 j 个指标的权重; ω_i ——第 j 个指标所在的第 i 个准则层的权重; R_i ——单项指标标准值。

3 江苏省生态承载力评价及障碍度诊断的实证分析

3.1 江苏省生态承载力评价结果与分析

本文运用 TOPSIS 模型,对江苏省 2001—2015 年的生态承载力进行测度,结果详见表 2。①驱动力

子系统。2001—2015 年驱动力子系统的贴近度总体呈上升的趋势,形成 V 形变化态势。表明江苏省在社会经济方面进步成效显著,社会发展的驱动力十足。分阶段来看,2001—2010 年是轻微波动下降阶段,2010 年达到最低值,之后逐年上升,预计未来几年,还会保持波动上升的态势。江苏省人均 GDP 从 2001 年的 12 879 元增加到 87 995 元,增长幅度为 6.8 倍,城镇居民的支配收入从 7 375 元到 37 173 元,农村居民的支配收入从 3 785 元到 16 257 元,这都为社会经济发展提供强大支持。2011 年以后,驱动力子系统的贴近度基本保持平稳,这与江苏省“稳增长、促转型”的经济发展策略相关。②压力子系统。2001—2015 年,压力子系统的贴近度整体呈上升趋势,特别是 2004 年以后,上升的变化趋势较为明显。可见,江苏社会经济发展所承载的生态压力较大,这与江苏省的产业结构和一直以来的经济发展方式有关。近些年来,江苏省的社会经济发展与生态脆弱之间的矛盾十分突出,人口密度由 2001 年每 1 km² 的 717 人上升到 2015 年的 744 人,生活污水废水排放量和工业固体废弃物排放量随着经济的发展逐年增加,对环境造成严重威胁,使城市转型面临的压力越来越大。③状态子系统。2001—2015 年,状态子系统的贴近度基本保持一个平稳状态,导致出现这种结果的根本原因是江苏省的产业结构变化不明显,一直以来,工业对地区生产总值的贡献率保持在 50% 左右,第一产业的比重相对较少,且第一产业的降低和第三产业的增加保持的比例一致。建成区绿化覆盖率和人均公园绿地面积保持一个比较平稳的增幅,但是状态子系统易在驱动力系统和压力系统的共同影响下易出现大幅波动。④影响子系统。2001—2015 年,影响子系统的贴近度呈现“下降—上升—下降”走势,但是波动程度较低。2001—2015 年,空气质量优良率、自然保护区面积占辖区面积的比例,都有不同程度的下降,而城镇失业登记率和第三产业的比重略有上升,可见,社会经济的发展对生态的负面作用在一定程度上是加重的。特别是自然保护区面积 2006 年的 8.62×10^5 hm² 下降到 2015 年 5.66×10^5 hm²,经济的发展过多的占用了生态的空间,产业结构优化的成效不明显使得影响子系统的生态承载力不断下降,为整体生态承载力水平的降低奠定基础。⑤响应子系统。进入 21 世纪以来,江苏省的工业化和城镇化进程明显加快,经济建设型政府为追求高额 GDP 政绩,面对日益严重的环境危机并未作出真正的响应。因此,2001—2006 年,响应子系统的贴近度是持续走低的,到 2006 年达到最低值。2006 年,江

苏省出台《关于推进环境保护工作的若干政策措施》，该措施从产业结构调整、发展循环经济、建立完善污染物排放总量控制制度、全面深化环境价格改革和建立生态补偿机制等方面提出江苏省“生态省”建设的具体举措，江苏省委、省政府的高度重视大大的提升了响应子系统的贴近度，从 2006 年开始，贴近度上升，

并保持一个稳定态势。在参考其他研究成果基础上，结合江苏省生态承载力实际，采用学界常用的文献调研和模糊隶属度的方法，根据生态承载力综合评价的系数，按照程度的大小，依据五分法，将其划分为 5 个等级，差(0,0.3]；较差(0.3,0.5]；一般(0.5,0.7]；较好(0.7,0.9]；优秀(0.9,1]。

表 2 江苏省生态承载力评价体系评价结果

贴近度 T	$T_{\text{驱动力}}$	$T_{\text{压力}}$	$T_{\text{状态}}$	$T_{\text{影响}}$	$T_{\text{响应}}$	$T_{\text{综合}}$
2001 年	0.483 36	0.396 75	0.482 95	0.368 86	0.178 91	0.253 69
2002 年	0.499 17	0.397 09	0.524 56	0.364 73	0.165 13	0.267 91
2003 年	0.501 33	0.397 40	0.398 54	0.358 78	0.153 74	0.299 06
2004 年	0.483 64	0.384 28	0.499 45	0.354 76	0.145 56	0.329 66
2005 年	0.471 01	0.410 40	0.472 01	0.349 71	0.138 51	0.392 02
2006 年	0.465 45	0.435 37	0.525 23	0.347 98	0.137 18	0.393 79
2007 年	0.459 14	0.436 52	0.495 84	0.402 61	0.149 69	0.311 29
2008 年	0.451 42	0.444 93	0.551 02	0.406 12	0.171 69	0.240 86
2009 年	0.448 87	0.438 57	0.556 29	0.413 01	0.179 14	0.226 92
2010 年	0.438 16	0.446 87	0.538 76	0.417 43	0.173 55	0.275 11
2011 年	0.537 84	0.451 45	0.531 75	0.427 01	0.166 11	0.308 25
2012 年	0.543 40	0.446 42	0.514 13	0.408 12	0.168 43	0.312 48
2013 年	0.544 10	0.457 02	0.485 32	0.389 76	0.170 01	0.304 57
2014 年	0.543 90	0.455 60	0.508 52	0.382 04	0.179 28	0.257 84
2015 年	0.546 58	0.451 44	0.526 98	0.351 48	0.183 47	0.272 44

图 2 反映江苏省 2001—2015 年生态承载力的综合评价情况，从评价结果的走势来看，呈现“N”态势，从评价结果所体现的生态承载力程度来看，处于“差”和“较差”的状态。2001—2006 年，这几年生态承载力总体是上升趋势，这与江苏省出台的环保政策相关，2001 年江苏省通过《关于加强环境综合整治推进生态省建设的决定》，明确环境与发展综合决策以及生态建设的目标。2004 年，出台《关于落实科学发展观促进可持续发展的意见》，实施《江苏生态省建设规划纲要》确定江苏生态省建设的指导思想、目标任务、建设内容和工作措施。一系列生态规划和政策出台为提升生态承载力提供制度保障。2006 年之后，生态承载力急剧下降，且到 2009 年达到最低值，主要原因是这段时间我国爆发了严重的金融危机，作为沿海的省份，江苏省的众多企业受到重创，经济一度陷入疲软状态，这段时间，江苏省政府进行产业结构调整、资源重组以及加大对能源的消耗力度。2009 年之后，生态承载力有明显的回升迹象，但是提升的程度不高。总之，江苏省的生态承载力水平总体水平较差，主要原因是经济发展和生态建设协同性不足，从绝对量来看，江苏省的生产总值占全国 GDP 的贡献

率仅次于广东，排在第二位，全省人均 GDP 位居全国第四，整体经济发展程度较高，但是粗放型的发展模式在很长一段时间内占主导地位。面对国内经济换挡、结构升级加速的新常态，江苏省产业结构转型升级的难题凸显，集群低端产业和产业链低端的“双重锁定”，低成本竞争优势的路径依赖、低水平增长陷阱等问题也日益显现。特别是近 10 a，江苏省的第二产业占地区生产总值的 50% 左右，经济的高速发展不可避免的带来生态环境问题，资源的过度消耗，能源的强度开采，导致生态承载力的压力增加。

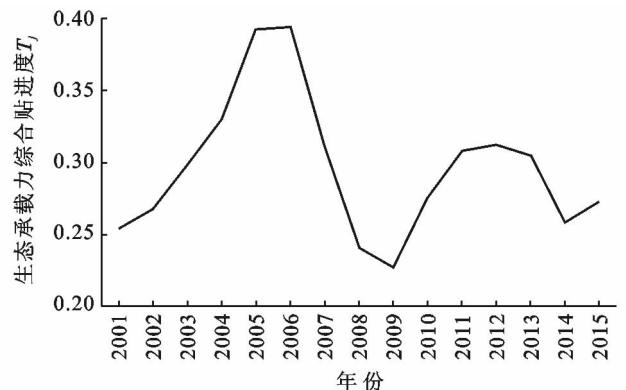


图 2 江苏省生态承载力综合评价结果

由图 3 可以看出, D_j^+ 从 0.325 上升到 0.737, 逐步偏离于正理想解, D_j^- 从 0.111 上升到 0.281, 逐步偏离负理想解, 说明江苏省生态承载力水平较低, 社会经济发展与生态环保的耦合协调度不够, 生态文明建设的道路任重道远。

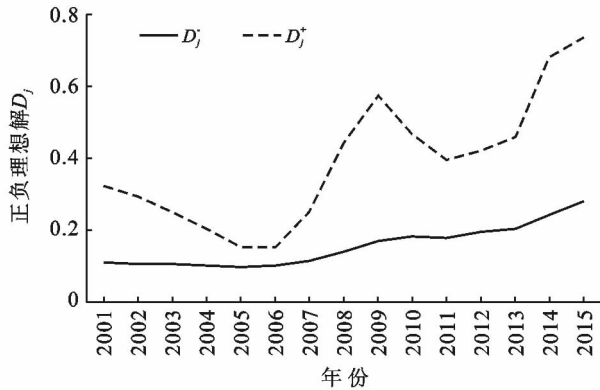


图 3 江苏省生态承载力综合评价 D_j^+ , D_j^- 的变化情况

3.2 江苏省生态承载力障碍度诊断结果与分析

根据单项指标障碍度的诊断结果, 测算得出 2001—2015 年江苏省生态承载力分类指标的障碍度, 其测度结果详见表 3。

表 3 江苏省 2001—2015 年生态承载力各分类指标障碍度

年份	驱动力子系统	压力子系统	状态子系统	影响子系统	响应子系统
2001	0.212 6	0.043 3	0.098 4	0.020 1	0.963 7
2002	0.195 8	0.046 7	0.091 2	0.023 3	0.900 6
2003	0.231 1	0.032 8	0.085 0	0.023 6	0.921 6
2004	0.173 6	0.021 5	0.080 4	0.010 9	0.918 4
2005	0.172 4	0.053 0	0.077 0	0.010 0	0.883 9
2006	0.143 7	0.062 1	0.066 1	0.009 8	0.881 1
2007	0.106 0	0.059 4	0.051 1	0.009 7	0.902 7
2008	0.131 7	0.032 0	0.058 3	0.007 8	0.906 8
2009	0.094 0	0.041 7	0.049 4	0.007 1	0.932 8
2010	0.089 9	0.048 1	0.019 7	0.006 6	0.881 6
2011	0.065 0	0.036 6	0.041 5	0.005 2	0.900 7
2012	0.060 8	0.031 9	0.034 7	0.002 0	0.927 1
2013	0.046 3	0.020 4	0.031 3	0.003 7	0.905 5
2014	0.033 7	0.108 8	0.026 0	0.001 0	0.786 9
2015	0.001 1	0.090 5	0.020 9	0.005 6	0.702 4

研究发现, 2001—2015 年, 江苏省生态承载力各个子系统障碍度呈现不同的演变趋势, 总体来说, 驱动力子系统、压力子系统、状态子系统、影响子系统和响应子系统的障碍度呈不同程度的下降趋势。具体来看, 2001—2015 年, 驱动力子系统的障碍度由

0.212 6 下降到 0.001 1, 下降的趋势比较明显, 这与江苏省快速的经济水平有关。压力子系统的障碍度不稳定, 呈大幅度的波浪式形态, 值得关注的是, 2013—2014 年, 障碍度由 0.020 4 骤然上升到 0.108 8, 乃至 2015 年 0.090 5 也是保持较高的程度, 预计未来几年, 压力子系统的障碍度还会呈现比较高的水平。状态子系统和影响子系统的障碍度也是明显的下降趋势, 同时横向比较来看, 响应子系统的障碍度要明显高于其他几个子系统。2001—2015 年内, 分类障碍度的总体情况表现为: 响应子系统 > 驱动力子系统 > 压力子系统 > 影响子系统 > 状态子系统, 可见, 响应子系统的障碍度最高, 为提升江苏省生态承载力, 政府和社会各界必须作为响应。

4 结论与讨论

(1) 从生态承载力总体评价结果来看, 2001 年以来, 江苏省的生态承载力逐步增长, 其综合评价指数从 2001 年的 0.254 上升到 2015 年的 0.272, 年平均增长幅度为 7.08%。同时看到, 15 a 期间经历了两次重大的波动, 呈现 N 形态势, 总体水平较差, 如何协调社会经济进步同生态保护之间的关系仍是以后江苏省亟待解决的问题。

(2) 从 DPSIR 各子系统来看, 除了响应子系统的贴进度下降外, 其他子系统的贴进度呈不同程度的上升趋势, 但是上升的幅度较低。表明江苏省经济社会在取得快速发展的同时, 所面临的环境压力也逐步增加, 当前的生态状况又反过来对人们的生产生活造成一定影响, 但是相关的公共部门在环境政策制定、环境执法方面响应性仍需提升。

(3) 从障碍因素诊断结果来看, 2001—2015 年期间, 各个子系统障碍度总体上呈下降趋势, 其中, 响应子系统承载力是影响江苏省生态承载力综合指数提高的主要障碍因素, 其次是驱动力子系统、压力子系统、影响子系统和状态子系统。具体来说, 能源消费总量、垃圾粪便年处理量、无害化处理厂日处理能力和环境管理业投资额等是影响江苏生态承载力的主要障碍因子。

(4) 对策建议。①加大环境财政的投入。增加环境管理业投资额, 提高环境保护支出占一般公共预算支出的比重, 进而提高城市市政工程污水处理率。②完善基础设施建设。合理的控制能源的消费量, 加大垃圾粪便和生活垃圾的处理量, 提升无害化处理厂日处理能力。③加强生态文明制度建设。进一步完善生态教育制度、生态规划制度、生态政绩考核制度和生态补偿制度, 通过提升响应度促进制度的落地生

根。④拓展生态发展空间。增加自然保护区面积和人均土地、森林等资源的保有量,划定保护红线,增加生态空间,不断提高生态环境承载力水平。

[参 考 文 献]

- [1] 曹智,闵庆文等. 基于生态系统服务的生态承载力:概念、内涵与评估模型及应用[J]. 自然资源学报,2015,30(1):1-11.
- [2] 刘晶,林琳. 长江生态经济区城市群综合承载力的实证分析[J]. 统计与决策,2018(17):94-97.
- [3] 李金海. 区域生态承载力与可持续发展[J]. 中国人口·资源与环境,2001,11(3):76-78.
- [4] 高吉喜. 可持续发展理论探讨:生态承载力理论、方法与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社,2001.
- [5] 余丹林,毛汉英,高群. 状态空间衡量区域承载状况初探:以环渤海地区为例[J]. 地理研究,2003,22(2):201-210.
- [6] Jusup M, Klanjsek J. Estimating ecological carrying capacity for finfish mariculture[C]// Abstracts of Eco-Summit 2007: Ecological Complexity and Sustainability: Challenges & Opportunities for 21st Century's Ecology. Beijing: Ecological Society of China, 2007.
- [7] 李民,邓楚雄等. 基于 DPSIR 模型的长沙市低碳经济发展水平变化评价[J]. 农业现代化研究,2016,37(3):453-459.
- [8] 乔蕪强,程文仕. 基于 DPSIR 模型的土地整治规划环境影响评价[J]. 水土保持通报,2017,37(2):308-312.
- [9] 池源,石洪华,孙景宽,等. 城镇化背景下海岛资源环境承载力评估[J]. 自然资源学报,2017,32(8):1374-1384.
- [10] 郭文栋,梁雪石,魏延军,等. 五大连池国家地质公园生态承载力综合评价指标体系研究[J]. 国土与自然资源研究,2018(4):58-60.
- [11] 王奎峰,李娜,于学峰,等. 基于 P-S-R 概念模型的生态环境承载力评价指标体系研究:以山东半岛为例[J]. 环境科学学报,2014,34(8):2133-2139.
- [12] 周智,黄英,黄娟. 农村生态环境承载力的空间异质性变化[J]. 贵州农业科学,2014,42(4):194-198.
- [13] 郑晶,于浩,黄森慰. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的福建省生态环境承载力评价及障碍因素研究[J]. 环境科学学报,2017,37(11):4391-4398.
- [14] 金悦,陆兆华,檀菲菲,等. 典型资源型城市生态承载力评价:以唐山市为例[J]. 生态学报,2015,35(14):4852-4859.
- [15] 何刚,夏业领,朱艳娜,等. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的安徽省土地承载力评价及预测[J]. 水土保持通报,2018,38(2):127-134.
- [16] 雷勋平,邱广华. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价实证研究[J]. 环境科学学报,2016,36(1):314-323.
- [17] 杨梅焕,曹明明,朱志梅. 毛乌素沙地东南缘沙漠化过程中植被的退化和稳定性[J]. 水土保持通报,2017,37(5):10-15.
- [18] 杨梅焕,曹明明,朱志梅,等. 毛乌素沙地东南缘沙漠化过程中土壤理化性质分析[J]. 水土保持通报,2010,30(2):169-172,176.
- [19] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京:中国标准出版社,1996.
- [20] 中华人民共和国农业部. NY/T1121.6-2006 土壤有机质的测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [21] 党廷辉. 有机质、全氮、土壤质地与土壤供氮能力的关系[J]. 陕西农业科学,1990(1):27-28,43.
- [22] 王莹. 土壤有机质与氮磷钾的相关性[J]. 土壤肥料,2008(17):32-33.
- [23] 袁子茹,任灵,陈建纲,等. 祁连山不同草地类型土壤有机质与全氮分布的关系[J]. 草原与草坪,2016,36(3):12-16.

(上接第 245 页)

- [10] Han Jichang, Liu Yansui, Zhang Yang. Sand stabilization effect of feldspathic sandstone during the fallow period in Mu Us sandy land [J]. Journal of Geographical Sciences, 2015,25(4):428-436.
- [11] 韩霁昌,付佩,王欢元,等. 砒砂岩与沙复配成土技术在毛乌素沙地土地整治工程中的推广应用[J]. 科学技术与工程,2013,13(25):7287-7293.
- [12] Wang Huanyuan, Han Jichang, Tong Wei, et al. Analysis of water and nitrogen use efficiency for maize (*Zea mays* L.) grown on soft rock and sand compound soil [J]. Journal of the science of Food and agriculture, 2017,97(8):2553-2560.
- [13] 赵宣,韩霁昌,王欢元,等. 毛乌素沙漠—黄土高原过渡带土壤养分空间异质性[J]. 生态学报,2016,36(22):7446-7452.
- [14] 李娟,韩霁昌,成生权. 砒砂岩与沙复配土对土壤团聚体和有机碳质量分数的影响[J]. 西北农业学报,2015,