

中国海洋生态效率及其影响因素研究

——基于 DEA 与 Tobit 模型的分析

许亮,徐忠

(上海海洋大学经济管理学院 上海 201306)

摘要:提高海洋生态效率对海洋经济可持续发展具有重要意义。文章基于2010—2015年沿海地区11个省、市、自治区的面板数据,采用DEA和Tobit模型,对中国海洋生态效率进行了测度和影响因素分析。结果发现:2010—2015年,中国平均海洋生态效率为0.720,整体处于无效状态并呈现效率下降的趋势。从省际层面看,海洋生态效率较高的多为经济发达地区,海洋生态效率较低的多为欠发达地区。从区域层面看,海洋生态效率呈现出“长三角—环渤海—泛珠三角”递减的格局。在海洋生态效率影响因素中,人均收入和海洋生态效率之间存在“正U型”库兹涅茨曲线关系,R&D投入、海洋保护力度对海洋生态效率产生正向影响,港口发展和区位因素对海洋生态效率产生负向影响。

关键词:海洋生态效率;DEA;Tobit;影响因素;海洋经济;可持续发展

中图分类号:F062.2;P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2019)09-0089-07

Study on Marine Eco-efficiency and Influencing Factors in China: Based on Analysis of DEA and Tobit Models

XU Liang, XU Zhong

(School of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Improving marine eco-efficiency is of great significance to the sustainable development of marine economy. Based on the panel data of 11 provinces and cities in the coastal areas from 2010 to 2015, this paper used DEA and Tobit models to measure and analyze the marine eco-efficiency and its influencing factors in China. Results showed that: From 2010 to 2015, the average level of marine eco-efficiency in China was 0.720, the overall situation was ineffective and showed a trend of decreasing efficiency. From the provincial perspective, most of the areas with high marine eco-efficiency were economically developed areas, while the areas with low marine eco-efficiency were mostly underdeveloped areas. From the regional perspective, marine eco-efficiency showed a pattern of decreasing in the “Yangtze River Delta-Bohai Rim -Pan Pearl River Delta”. Among the influencing factors of marine eco-efficiency, there was a positive “U” Kuznets curve

relationship between per capita income and marine eco-efficiency. R&D input and marine protection had a positive impact on marine eco-efficiency, while port development and location factors had a negative impact on marine eco-efficiency.

Key words: Marine eco-efficiency, DEA, Tobit, Influencing factors, Marine economy, Sustainable development

0 引言

海洋在国家经济中的作用日益凸显。近年来,海洋经济产出水平不断提高,截至 2017 年,海洋生产总值达到 77 611 亿元,占国内生产总值的 9.4%^[1]。同时,随着“海洋强国”战略和“一带一路”构想的提出,中国经济形态和开放格局呈现出前所未有的“依海”特征。然而,海洋经济快速发展的同时,陆源污染物质持续排放和海洋资源掠夺式开发对海洋生态环境造成了严重破坏。因此,提高海洋生态效率,合理协调海洋产出、环境保护和资源投入三者之间的关系,对于实现生态环境友好型的海洋经济可持续发展具有重要意义。

生态效率由德国学者 Schaltegger 等^[2]首次提出,由于兼顾了经济发展和资源环境,为解决资源环境和地区发展之间的矛盾提供了新思路。伴随我国资源趋紧、环境污染和生态退化问题日益严重,运用生态效率综合评价地区经济活动影响成为近年来学术界研究的热点。笔者通过对相关文献的梳理发现,在生态效率测算方法上主要有价值—影响比值法^[3]、指标体系法^[4]、能值分析法^[5]、随机前沿分析法^[6](SFA)和数据包络分析法(DEA)^[7,8]。其中 DEA 因具有处理多投入多产出、无需统一指标单元以及无需做出函数假设等优势,在保证原始信息完整的基础上减少了研究的主观争议性,成为学者评价生态效率最常用的方法。从生态效率的应用区域看,相比较国外热衷于企业及其产品系统生态效率的研究,国内的研究更偏好于行业和区域层面的应用。譬如,卢燕群等^[9]测算了 2005—2014 年工业生态效率,发现中国大部分省域的工业生态效率呈现波动上升的趋势,且省际差异明显。潘丹等^[10]对中国 30 个省、市、自治区的农业生态效率测算发现,中国农业生态效率呈现缓慢上升态势,但整体水平依旧较低,同时指出资源的

过度消耗和环境污染物过量是农业生态效率损失的主要原因。成金华等^[11]和潘兴侠等^[12]分别基于超效率 DEA 模型和多指标评价体系法对我国的生态效率进行测算,发现我国生态效率呈整体波动状态,并且生态效率呈现沿海向内陆、由东部向中西部递减的“俱乐部收敛”现象。此外还有学者针对不同地域间的旅游生态效率进行了分析^[13-14]。

尽管国内关于生态效率的研究已较为丰富,但是关于海洋生态效率的文献尚不多见,对海洋生态效率影响因素的研究更是微乎其微。海洋生态效率是生态效率在海洋经济中的拓展,其理念是以尽可能小的资源消耗和环境污染投入,得到尽可能多的海洋产出。因此,笔者基于 2010—2015 年中国沿海地区 11 个省、市、自治区的面板数据,采用 DEA 和 Tobit 模型对海洋生态效率及影响因素进行了分析,并针对提高我国海洋生态效率提出相应建议。

1 研究方法和指标选取

1.1 研究方法

本研究拟对中国海洋生态效率进行测算,并对影响海洋生态效率的因素进行分析,在对数据的处理和分析中具体运用到 DEA 模型、熵值法和 Tobit 模型。

1.1.1 DEA 模型

数据包络分析方法(DEA)是根据多项投入指标和多项产出指标,利用线性规划的方法,对具有可比性的同类型单位进行相对有效性评价的一种数量分析方法。DEA 模型又可以分为规模不变的 CCR 模型和规模可变的 BCC 模型。假设在海洋经济活动中,共有 n 个决策单元,每个决策单元共有 p 个投入和 q 个产出,分别用 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ 和 $Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iq})$ 表示第 i 个省、市、自治区的投入变量和产出变量,则基于规模不变的 CCR 模型可表示为:

$$s.t. \begin{cases} \min [\theta - \epsilon(e^T S^- + e^T S^+)] \\ \sum_{i=1}^n \tau_i X_i + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{i=1}^n \tau_i Y_i - S^+ = Y_0 \\ \tau_i, S^-, S^+ \geq 0, i=1,2,\cdots,n \end{cases} \quad (1)$$

式中： θ 为待计算的海洋生态效率值，介于 0 和 1 之间； ϵ 为阿基米德无穷小； S^- 和 S^+ 为投入产出的松弛变量； τ_i 为权重向量。

令得到的最优解依次为 θ^*, S^{*-}, S^{*+} ，那么判断各省、市、自治区海洋生态效率的准则为：①当 $\theta^* = 1$ ，且 $S^{*-} = S^{*+} = 0$ ，表示第 i 个省、市、自治区海洋生态效率为 DEA 有效；②当 $\theta^* = 1$ ，且 S^{*-} 和 S^{*+} 不同时为 0，表示第 i 个省、市、自治区海洋生态效率 DEA 弱有效；③当 $\theta^* < 1$ ，则表示第 i 个省、市、自治区海洋生态效率 DEA 无效。

1.1.2 熵值法

利用 DEA 测算效率时，需要确保决策单元数量不能少于投入产出指标数的两倍，避免由于投入产出指标个数过多造成决策单元相对不足，导致评价失真。当投入产出指标过多时，可以通过主成分分析法和熵值法来降低投入指标的维度，达到数据包络分析对指标个数的要求。本研究利用熵值法将多项环境污染指标综合为一项指数，以减少投入指标个数，提高海洋生态效率测算的准确度。熵值法是一种客观赋权法，其根据各项指标观测值所提供的信息的大小来确定指标权重，利用熵值法计算综合指数的基本步骤可以参照相关文献^[15-17]。

1.1.3 Tobit 模型

在分析影响海洋生态效率的因素时，因数据包络分析上测算出来的效率值是位于 0~1 之间具有非负截断特征的值。对于这类受限因变量的估计，通常采用 Tobit 模型进行估计，避免用 OLS 估计造成的有偏结果。Tobit 模型是 logit 模型的多元扩展模型，可以左右截尾不会出现超域值，并且 Tobit 模型中因变量与自变量是 S 型关系，只是通过一个连接函数转换成线性来处理，因此可以算是广义线性模型。具体到本研究中的 Tobit 模型如下。

$$eff_i = \alpha + \beta_i x_i + u_i \quad (2)$$

式中， eff_i 是海洋生态效率， x_i 是一系列影响因素， α 是截距项， β_i 是待估计系数， u_i 为满足独立且服从正太分布的误差项。

1.2 指标选取

海洋生态效益的重点是综合平衡海洋投入、海洋产出、海洋生态环境三者间的关系。基于研究的目标性、准确性和数据的可获性原则，并结合投入—产出分析思路，本研究选取海洋生产总值作为海洋生态效率评价的产出指标，投入指标包括资源消耗和环境污染两个方面。资源消耗主要包括传统生产要素中的劳动力投入、资本投入和土地投入（表 1）。

表 1 海洋生态效率的投入产出指标

一级指标	二级指标	变量及单位
资源投入	劳动力投入	涉海就业人员数量/万人
	土地投入	海水养殖面积/hm ²
	资本投入	社会固定资本投入/亿元
环境污染	三废综合指数	工业废水直排入海量/万 t
		工业固体废物排放量/万 t
		工业废气排放量/10 ⁹ m ³
产出指标	海洋生产总值	海洋生产总值/亿元

在资源投入方面，选取各地区的涉海就业人员数作为劳动力要素投入，以社会固定资本投入反映海洋经济活动中所需的资本要素投入，以海水养殖面积衡量土地要素投入。在环境污染方面，因海洋环境污染主要来源于沿海地区以临海临港工业体系为核心的相关生产活动产生的废气、废水和固体废物。所以，本研究选取沿海各地区的工业废水直排入海量、工业废气排放量和工业固体废物排放量作为环境污染的 3 个指标，但考虑到现有投入指标及产出指标的总数超过 11 个决策单元数的一半，通过熵值法将 3 项污染指标综合为三废污染综合指数。最终，本研究共得到 4 项投入指标和 1 项产出指标构成 DEA 模型的海洋生态效率指标体系。各指标数据来源于 2010—2015 年的《中国海洋统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》。

2 海洋生态效率分析

2.1 海洋生态效率的时序变化

本研究从沿海 11 个省、市、自治区层面出发,基

于表 1 的投入产出指标体系,采用 DEAP 2.1 软件对中国海洋生态效率进行了测算。测算结果见表 2。

表 2 2010—2015 年中国沿海地区海洋生态效率

地区	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	均值	排名
天津	0.818	0.889	1.000	1.000	1.000	1.000	0.951	3
河北	0.532	0.568	0.599	0.607	0.722	0.692	0.620	8
辽宁	0.540	0.579	0.454	0.755	0.408	0.340	0.513	9
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1
江苏	1.000	0.935	0.926	0.936	0.976	0.985	0.960	2
浙江	0.524	0.793	0.769	1.000	0.542	0.451	0.680	6
福建	0.625	0.582	0.790	0.522	0.713	0.556	0.631	7
山东	1.000	1.000	1.000	1.000	0.796	0.732	0.921	5
广东	1.000	1.000	1.000	0.683	1.000	1.000	0.947	4
广西	0.356	0.202	0.237	0.264	0.302	0.309	0.278	11
海南	1.000	0.349	0.302	0.293	0.279	0.274	0.416	10
平均	0.763	0.718	0.734	0.733	0.703	0.667	0.720	
有效数	5	3	4	4	3	3	3.666	

由表 2 可知,从 2010—2015 年,全国平均海洋生态效率值从 0.763 减为 0.667,同时海洋生态 DEA 有效的地区数从 5 个减少到 3 个,当前有效地区数只占到总数的 27%,表明我国的海洋生态效率整体处于较低水平,并随时间的发展呈现出下降的态势,反映出我国的海洋经济发展存在着资源节约和环境保护的提升空间。此外,不同省际之间海洋生态效率时空演变差异较大:①从海洋生态效率平均值的大小来看,大致可以分成 3 个梯队。第一个梯队为效率值为 0.8~1 之间,依次包括上海、江苏、天津、广东和山东。第二个梯队为效率值在 0.6~0.8 之间,包括浙江、福建和河北。第三个梯队为效率值为 0.6 以下,包括辽宁、海南和广西。其中,上海市的海洋生态效率整体为 1,海洋生态处于 DEA 有效状态,排在第一位,广西壮族自治区的海洋生态效率值最低,仅为 0.278,排名最末。②从海洋生态效率的变化趋势来看,11 个沿海省、市、自治区中,广东(除 2013 年)和上海在整个时间段保持平稳有效状态,天津呈现上升趋势并保持在有效地位,河北、江苏和浙江海洋生态效率呈现先上升再下降

的趋势,广西呈现先下降再上升趋势,辽宁和福建呈现波动式下降趋势,山东和海南则呈现一直下降趋势。

总体上看,海洋生态效率排名靠前多为经济发达的地区,排名较后者多为欠发达地区,而造成这种现象的根本原因在于与经济发达地区相比,欠发达地区的海洋经济增长更依赖于“资源高投入、低利用和高污染”的粗放型发展方式,而这种粗放型海洋经济增长模式严重制约着海洋生态效率的提高。同时,在研究末期,海洋生态效率变化呈现出下降趋势的地区多达 7 个,其中又以辽宁和海南海洋生态效率值相对更低,因此,这些地区亟须加大对海洋生态环境的保护,提升地区海洋生态效率。

2.2 海洋生态效率的区域比较

将 11 个沿海省、市、自治区划分 3 个区域,以考察海洋生态效率是否存在明显的区域特征。其中黄渤海经济区包括辽宁、天津、河北和山东,长三角经济区包括上海、江苏和浙江,泛珠三角经济区包括福建、广东、广西和海南(图 1)。

从图 1 可以看到,三大经济区海洋生态效率差

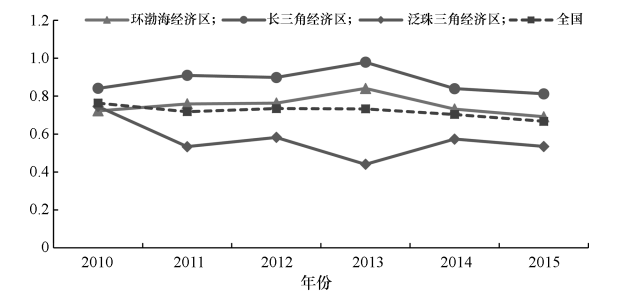


图 1 2010—2015 年中国海洋生态效率变化走势

异明显,2010—2015 年海洋生态效率总体呈现“长三角—环渤海—泛珠三角”递减的格局。长三角经济区平均海洋生态效率最高,达到 0.879,泛珠三角经济区的平均海洋生态效率为 0.568,低于全国水平,而环渤海经济区平均海洋生态效率居于两者之间,与全国水平较为接近。长三角经济区海洋生态效率整体较高,主要得益于江苏、浙江、上海 3 地对长三角近海海域环境“公共池塘”治理困境取得显著成效。继 2005 年江苏、浙江和上海二省一市共同签署了《“长三角”海洋生态环境保护与建设合作协议》后,又于 2008 年和 2009 年分别签署了《长江三角洲地区环境保护工作合作协议》和《长江三角洲地区环境保护工作合作协议》,不同地区间海洋主管部门及环境保护部门的管理职能进一步发挥和合作,使得长三角海洋生态环境治理改善明显,海洋生态效率因此高于其他区域。泛珠三角经济区海洋生态效率较低的原因在于近几年来海南省和广西壮族自治区经济的快速发展对海洋环境治理力度不够,加上风暴潮、海浪等海洋灾难频发,邻近海域生态环境状况破坏较为严重,一定程度上拉低了泛珠三角经济区的整体海洋生态效率。此外,长三角经济区和环渤海经济区的海洋生态效率表现出“先升后降”的高度相似变化趋势,但总体看,三大区域海洋生态效率整体均呈现出下降趋势,这可能说明我国海洋经济发展对海洋环境的破坏达到了一定累计,导致海洋生态效率全面下降。

3 海洋生态效率的影响因素分析

3.1 变量说明

在测算沿海各地区海洋生态效率的基础上,进一步分析影响海洋生态效率的因素。由于目前关

于海洋生态效率影响因素的研究较少,参考已有生态效率的相关研究,本研究选取了沿海地区人均收入、海洋产业结构、R&D 投入、港口发展、地方海洋保护力度和区位因素 6 个潜在影响变量,各变量的有关说明见表 3。

表 3 海洋生态效率影响因素

变量	表征单位及单位	预期影响
人均收入	沿海地区人均收入/元	未知
产业结构	海洋第三产业占总产值比/%	正向
R&D 投入	R&D 经费支出/亿元	正向
港口发展	沿海港口货物吞吐量/万 t	负向
海洋保护力度	自然保护区/个	正向
区位因素	环渤海=1,长三角=2,泛珠三角=3	未知

在各影响因素中:①人均收入。沿海地区人均收入和海洋生态效率的可能存在库兹涅茨曲线关系,即随人们收入的提高,海洋生态效率可能经历先下降后上升的变化过程,因此在模型中引入人均收入的平方项。②海洋产业结构。韩永辉等^[18]指出发展中国家经济增长与环境保护的共融更多体现为产业结构的优化升级,本研究以海洋生产总值中第三产业比重作为海洋产业结构的替代变量,并预期产业结构对海洋生态效率的影响为正。③R&D投入。R&D投入是衡量科技活动规模和科技投入水平的重要指标,沿海地区科学技术的发展有利于提高海洋资源有效利用意识,减少污染物的排放和资源的过度消耗、浪费,所以预期 R&D 投入对海洋生态效率影响为正。④港口发展。港口是海洋贸易与物流的引领,能够有效促进海洋经济的发展,但也会增加沿海地区海洋环境污染,所以港口发展对海洋生态效率的影响并不确定。⑤环境保护力度。海洋自然保护区个数反映了对海洋生态的保护力度,一般来说,地方海洋保护力度越强,海洋生态效率就越高。⑥区位因素。从上文的海

洋生态效率的区域对比分析中可以看到,不同区域的海洋生态效率存在明显差异,因此本研究在模型中加入区位因素的虚拟变量。

为使数据尽可能的平滑消除异方差的影响,对人均收入、港口发展和 R&D 投入数据较大的变量

进行对数处理。上述所有数据均来源于相应年份的《中国海洋统计年鉴》。

3.2 结果分析

2010—2015 年海洋生态效率的 Tobit 模型估计结果见表 4。从表 4 可知,除去产业结构变量不显著外,人均收入、港口吞吐量和区位因素在 5% 的显著水平上对海洋生态效率产生影响,R&D 支出及海洋保护力度在 1% 的显著水平上对海洋生态效率产生影响。

表 4 海洋生态效率影响因素的 Tobit 回归结果

变量	系数值	标准值	Z 值	P 值
人均收入(对数)	-8.887 5	4.086 4	-2.17	0.034 **
人均收入(对数平方)	0.489 7	0.221 8	2.21	0.031 **
产业结构	-0.203 4	0.585 8	-0.35	0.730
港口吞吐量(对数)	-0.171 6	0.069 8	-2.46	0.017 **
R&D 支出(对数)	0.133 4	0.028 5	4.67	0.000 ***
海洋保护力度	0.010 8	0.003 8	2.85	0.006 ***
区位因素	-0.135 7	0.059 8	2.19	0.027 **

注: *、* *、* * * 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

①人均收入系数显著为负,同时人均收入的平方项显著为正,说明沿海地区人均收入与海洋生态效率之间存在“正 U 型”库兹涅茨曲线关系。当人们收入相对较低时,海洋的产出是属于靠以资源超载、环境透支为代价的粗放式传统发展模式。随着人们收入的进一步提高,因粗放发展模式对海洋生态的负面影响日益严重,这反过来促使沿海地区开始注重海洋生产的可持续发展。②R&D 投入对海洋生态效率影响与预期一致。R&D 投入通过生产新知识和新产品进而促进技术进步和经济增长。沿海地区的 R&D 支出越高,意味着该地区的海洋生产过程中的相关科技成果越多,并有效转化为实际的海洋生产率,极大地减少海洋生产的投入损耗,从而促进海洋生态效率的提高。③港口发展对海洋生态效率具有负向显著影响。港口发展在海洋经济增长中占据着举足轻重的地位^[19],沿海各地也在积极推动港口带动政策,但港口发展存在重复建设、恶劣竞争、低效益等问题,同时也是资源消耗、环境污染的重灾区。港口建设及运营过程中所

产生的废气、污水、噪音和固体废弃物,给周边海洋生态环境带来很大压力,造成对海洋生态效率的负向影响,这意味着我国港口发展需要尽快向“资源节约型、环境友好型”的绿色港口转变。④海洋保护力度对海洋生态效率影响为正。海洋保护力度体现了政府在海洋资源开发和海洋环境保护中的协调管理程度,政府通过制定相关海洋保护政策约束私人和企业对海洋环境、资源的过度破坏行为,建立起规范的海洋经济发展秩序,增强了海洋经济的可持续发展能力,因此相对严格的海洋环保力度将有利于海洋生态效率的提高。⑤此外,区位因素同样显著影响海洋生态效率。不同地区之间经济水平和资源禀赋不同,海洋经济发展模式不同,因此各地区间的海洋生态效率差异也较为明显。

4 结论与启示

本研究基于 2010—2015 年沿海 11 个省、市、自治区的面板数据,采用 DEA 模型测算了我国海洋生态效率,并运用 Tobit 模型对影响海洋生态效率的因素进行了分析,得到以下主要结论:①2010—2015 年中国平均海洋生态效率为 0.720,整体处于 DEA 无效状态。2010 年平均海洋生态效率为 0.763,有效地区数为 5,2015 年平均海洋生态效率为 0.667,有效地区数为 3,海洋生态效率整体呈现下降趋势。②海洋生态效率在省际和区域之间差异明显。具体而言,省际层面上,海洋生态效率较高的多为经济发展较好的省市地区,海洋生态效率较低的为经济发展欠佳的省市地区;区域层面上,海洋生态效率呈现“长三角—环渤海—泛珠三角”递减的格局。③从海洋生态效率影响因素的实证结果看,沿海地区人均收入和海洋生态效率之间存在“正 U 型”库兹涅茨曲线关系。R&D 投入、自然保护力度对海洋生态效率产生正向影响,港口发展和区位因素对海洋生态效率产生负向影响。

本研究的启示是:我国海洋生态效率整体处于较低水平,多数省、市、自治区的海洋生态效率仍存在巨大提升潜力。特别是欠发达地区应积极转变高消耗、高污染的传统海洋经济发展模式,结合自身情况以及海洋生态效率的影响因素,制定相关配套措施,提升我国海洋生态效率水平。实证表明,

加快转变港口运营模式,实现绿色港口发展;加强海域环境治理的地方政府合作力度,制定更为完善的海洋环境保护政策;加大沿海地区 R&D 经费支出,建立“科技兴海”长效机制,将有利于促进海洋经济与生态环境的和谐发展。

参考文献

[1] 盖美,朱静敏,孙才志,等.中国沿海地区海洋经济效率时空演化及影响因素分析[J].资源科学,2018,40(10):1966—1979.

[2] SCHALTEGGER S, STURM A. Ökologische rationalität ansatzpunkte zur ausgestaltung vonökologieorientierten management instrumenten[J].Die Untemehmung,1990(4):273—290.

[3] 黄和平,胡晴,乔学忠.基于绿色 GDP 和生态足迹的江西省生态效率动态变化研究[J].生态学报,2018,38(15):5473—5484.

[4] 戴铁军,陆钟武.钢铁企业生态效率分析[J].东北大学学报(自然科学版),2005,26(12):1168—1173.

[5] 孙玉峰,郭全营.基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析[J].生态学报,2014,34(3):710—717.

[6] 李在军,姚云霞,马志飞,等.中国生态效率的空间格局与影响机制分析[J].环境科学学报,2016,36(11):4208—4217.

[7] 吴小庆,王亚平,何丽梅,等.基于 AHP 和 DEA 模型的农业生态效率评价:以无锡市为例[J].长江流域资源与环境,2012,21(6):714—719.

[8] 杨斌.2000—2006 年中国区域生态效率研究:基于 DEA 方法的实证分析[J].经济地理,2009,29(7):1197—1202.

[9] 卢燕群,袁鹏.中国省域工业生态效率及影响因素的空间计量分析[J].资源科学,2017,39(7):1326—1337.

[10] 潘丹,应瑞瑶.中国农业生态效率评价方法与实证:基于非期望产出的 SBM 模型分析[J].生态学报,2013,33(12):3837—3845.

[11] 成金华,孙琼,郭明晶,等.中国生态效率的区域差异及动态演化研究[J].中国人口·资源与环境,2014,24(1):47—54.

[12] 潘兴侠,何宜庆,胡晓峰.区域生态效率评价及其空间计量分析[J].长江流域资源与环境,2013,22(5):640—647.

[13] 彭红松,章锦河,韩娅,等.旅游地生态效率测度的 SBM—DEA 模型及实证分析[J].生态学报,2017,37(2):628—638.

[14] 姚治国.旅游生态效率模型及其实证研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(11):113—120.

[15] 王兆华,丰超,郝宇,等.中国典型区域全要素能源效率变动走向及趋同性分析:以八大经济区域为例[J].北京理工大学学报(社会科学版),2013,15(5):1—9.

[16] 王会,郭超艺.线性无量纲化方法对熵值法指标权重的影响研究[J].中国人口·资源与环境,2017(S2):95—98.

[17] 吕开宇,李春肖,张崇尚.基于主成分分析法和熵值法的地区农业保险发展水平分析:来自 2008—2013 年中国省级层面的数据[J].农业技术经济,2016(3):4—15.

[18] 韩永辉,黄亮雄,王贤彬.产业结构优化升级改进生态效率了吗? [J].数量经济技术经济研究,2016(4):40—59.

[19] 谢冠艺,谢童伟.港口发展对海洋经济增长与区域收敛性的影响:基于动态面板与 β -收敛模型的实证分析[J].调研世界,2015(11):57—59.