

DOI: 10.5846/stxb201905211047

张衢, 贺桂珍, 吕永龙. 基于 AHP-DEA 的滨海湿地保护利用管理效率评价. 生态学报, 2020, 40(15): 5210-5219.

Zhang Q, He G Z, Lü Y L. Management efficiency evaluation of coastal wetland conservation and utilization based on AHP-DEA methods. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(15): 5210-5219.

基于 AHP-DEA 的滨海湿地保护利用管理效率评价

张 衢^{1, 2}, 贺桂珍^{1, 2, *}, 吕永龙^{1, 2}

1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 提高滨海湿地保护利用管理水平对于保护滨海湿地, 维持海岸带生态系统平衡具有非常重要的意义。选择沿海辽宁、河北、天津等 10 省市作为研究区域, 在综合考虑经济、社会和生态三方面影响因素的基础上, 构建评价滨海湿地保护利用管理效率指标体系, 运用层次分析法 (AHP, Analytic Hierarchy Process) 对指标体系进行优化处理, 代入到非导向超效率 SBM (Slack-Based Measurement) 模型中计算得到 2006—2015 年各省市滨海湿地保护利用管理效率值。结果表明: 2006—2015 年沿海 10 省市滨海湿地保护利用管理效率评价总体呈现“两头高, 中间低”的变化情况; 在 100 个决策单元中, 达到有效的决策单元占 71%, 无效决策单元占 29%; 滨海湿地保护面积不足和资金投入冗余是无效决策单元效率值低下的主要原因。在效率结果分析的基础上提出滨海湿地保护利用的管理建议。

关键词: 滨海湿地; AHP-DEA; 超效率 SBM; 效率评价

Management efficiency evaluation of coastal wetland conservation and utilization based on AHP-DEA methods

ZHANG Qu^{1, 2}, HE Guizhen^{1, 2, *}, LÜ Yonglong^{1, 2}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China

Abstract: The coastal wetland of China is facing the problems of continuing reduction of acreage, degrading ecological functions and depletion of coastal fishery resources. Consequently, natural coastal wetland area was substantially lost due to land conversion, petroleum production, coastal aquaculture, and salt farms. However, with the implementation of the National Wetland Conservation Program (2002—2030), the increase investments of the central and local governments, have not done that much to mitigate the existing problems. This paper aims to measure 10 coastal provincial management of coastal wetland conservation and utilization from 2006 to 2015. We collected land use data, the number of staffs, capital investment, coastal wetland conservation areas, coastal wetland production and sewage treatment rate. First, we constructed an evaluation indicator system for coastal wetland protection and utilization management. Second, we used Analytic Hierarchy Process (AHP) method to optimize indicator system to acquire the values of all input and output indicators. Finally, we used Super Efficiency-Slack Based Measurement of Data Envelopment Analysis (Super SBM-DEA) model to calculate the management efficiency of the 10 coastal provinces. The results showed that the effective Decision-Making Units (DMUs) accounted for 71% and the invalid DMUs accounted for 29%. Most effective DMUs were seen in 2006, 2007,

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2019YFC0507501, 2017YFC0505801); 国家自然科学基金项目 (41877529); 青海省重点研发与转化计划项目 (2018-0204-SFC-0001)

收稿日期: 2019-05-21; 网络出版日期: 2020-05-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gzhe@cees.ac.cn

2008, 2014 and 2015. Fujian, Guangdong, Hainan, and Jiangsu contained nearly half of the inefficient DMUs. While Shandong, Hebei and Zhejiang showed the most efficient DMUs scoring nearly 90%. Out of six indicators, two main indicators contributed to a reduction efficiency which are lack of protected areas of coastal wetland and the under-utilization of capital investment. Our results will lay a scientific foundation to improve the efficient management of coastal wetland.

Key Words: coastal wetland; AHP-DEA; Super Efficiency-Slack Based Measurement; efficiency evaluation

我国海岸线长达一万八千公里,涉及辽宁、河北、天津等 11 个省、自治区、直辖市及港澳台地区。沿岸约有 1500 多条大中河流入海,形成了浅海滩涂、河口湾、海岸湿地、红树林、珊瑚礁、海岛等六大生态系统和 30 多个类型的滨海湿地,是构成我国自然湿地网络的重要组成部分^[1]。滨海湿地拥有极其丰富的生物多样性,孕育着丰富的渔业资源、红树林和海草床,支撑着具有重要国际意义的东亚-澳大利西亚鸟类迁飞路线上的数百万水鸟迁徙,是全球生物多样性的重要组成部分,同时也为中国沿海经济发达地区的可持续发展提供了生态安全屏障^[2]。

随着沿海地区城市化和产业化进程的加剧,各地对滨海湿地的开发一直有增无减。滩涂湿地围垦、海水养殖、盐业生产和油气资源开发等人为经济活动导致滨海湿地不断地减少。在过去 50 年中,中国总共失去了大约 53% 的温带沿海湿地、73% 的红树林湿地和 80% 的珊瑚礁。滨海湿地的大规模丧失,必然会严重威胁到沿海地区的生态安全,因此,保护滨海湿地刻不容缓^[3-6]。

中国政府真正将湿地作为一类具有共同属性的生态系统加以管理和研究始于 1992 年加入《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(简称《湿地公约》,又称《拉姆萨尔公约》)。加入公约以来,中国相继出台了《关于加强湿地保护管理的通知》、《全国湿地保护工程规划(2002—2030 年)》、《湿地保护管理规定》等政策文件,成立了跨部门的国家履约委员会,加强了对包括 41 处国际重要湿地、500 多个湿地自然保护区在内的湿地生态的保护管理。从“十一五”开始,《全国湿地保护工程规划(2002—2030 年)》开始落实到每一个五年计划中,中央和地方对湿地保护的投资规模都在不断的增大,从“十一五”期间的 90.04 亿元,分别增加到“十二五”的 129.87 亿元和“十三五”的 176.81 亿元。然而,环境保护投资效率较低,政策实施不完善,是我国以及世界上许多地区所面临的难题。只有提高滨海湿地保护利用效率,才能使资金、人力、土地以及其他各项资源得到充分利用,滨海湿地的保护才能取得良好效果^[7-9]。

国内外对滨海湿地及其他自然保护地管理效率的评价研究主要是针对某一自然保护地进行的。李国平等运用“WCPA 评估框架”(WCPA,世界保护地委员会)对陕西省牛背梁国家级自然保护区的管理效率开展了评估^[10];Frank 等^[11]运用文本分析的方法,选取了生物物理、社会经济、政府管理等相关指标,评估了肯尼亚最古老的海洋自然保护区 Malindi-Watamu 在 1993—2005 年滨海生物多样性保护以及基于经济利益的海洋生物循环利用管理计划的实施情况;Stoll-Kleemann^[12]总结了保护区管理的快速评估和优先排序法(RAPPAM, Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management),管理效率跟踪评价工具(METT, Management Effectiveness Tracking Tool),联合国教科文组织的遗产加强管理工具包(EoH, Enhancing our Heritage)等相关评价方法。而基于国家尺度上规划政策层面滨海湿地管理效率的评价国内外都鲜有涉及,国内主要有徐道炜等运用数据包络分析(DEA, Data Envelopment Analysis)的方法对林业系统近 20 年的投入产出效率进行评价^[13];李婷^[8]和杨楠楠^[9]结合成本效益、系统分析,层次分析等多种方法进行了湖北省、武汉市湿地政策实施绩效评价研究。以上研究基本都是基于自然保护地管理进行的,而滨海湿地不仅包含重要的生物物质资源,也具有非常重要的经济价值,因此在评估滨海湿地管理效率时,并不能从单一的保护角度出发,而应该就保护和利用两个层面对其管理效率进行评价。

本文选择沿海辽宁、河北、天津等 10 省市作为研究区域,在综合考虑经济、生态和社会三方面影响因素的基础上,构建了滨海湿地保护利用管理效率评价体系,提出了层次分析(Antalytic Hierarchy Process, AHP)和数

据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)相结合的方法。在利用 AHP 方法对投入、产出指标进行优化处理的基础上,运用 DEA 的方法对沿海省份进行实证评价。最后提出改进滨海湿地保护利用管理效率的建议,以期提升滨海湿地管理水平提供参考。

1 研究方法

1.1 层次分析法

层次分析法(AHP, Analytic Hierarchy Process)是 20 世纪 70 年代中期由美国运筹学家 Thomas L. Saaty 提出的一种定性分析方法。AHP 是基于人的决策思维,定性与定量相结合的系统分析方法。它能够从复杂的问题找到解决问题的主线和决策的目标,为解决复杂问题提供一种全面科学的评价体系和决策依据,从而将复杂问题简单化、将抽象问题具体化^[14-16]。

AHP 将研究目标分解成目标、领域、指标等层次,建立层次分析结构模型。利用分解形成的逻辑结构,将主观的、定性的信息进行定量处理。为了解决输入指标数量过多的问题,得到 DEA 模型运算的一级指标,通过专家打分法确定二级指标间的重要程度,对影响评价结果的控制因素进行两两比较,构建判断矩阵,利用特征值的方法,确定各二级指标的相对重要性^[17-19],得到各二级指标的处理值相加作为一级指标,以满足 DEA 运算中指标和决策单元间的数量关系,同时减少各指标之间的相关性。其中专家打分法是指设计调查问卷,通过匿名方式征询有关专家的意见,将二级指标进行两两比较打分,对专家打分结果进行统计、分析和处理,最后客观地综合多数专家经验与主观判断,再结合研究背景,专家意见多轮调整后,最后得出各二级指标间的相对重要数值。

1.2 数据包络分析

数据包络分析(DEA, Data Envelopment Analysis)是美国 Charnes 等三位学者以 Farrell 的技术效率边界法为基础发展出来的效率评价模式^[20],是一种常用的效率评估方法,用以评价一组具有多个投入、多个产出的决策单元(DMUs, Decision Making Units)之间的相对效率^[21]。其中最基本的模型是 C^2R 和 BC^2 ^[22],属于假设各投入或产出同比例变化的径向 DEA 模型,忽视了效率中的松弛。为弥补此缺点, Tone 在 2001 年提出了一个新的基于松弛变量的非径向 DEA 模型,即 SBM(Slack-Based Measurement)模型,此模型不仅考虑了松弛变量,而且还将松弛变量加入了目标函数,因此更能准确地测算而不是高估效率值^[23]。2002 年 Tone 又提出了一种基于松弛变量的超效率 SBM 模型,结合了超效率 DEA 模型和 SBM 模型的优点,弥补了传统 DEA 模型不能区分多个有效决策单元 DMUs 的缺陷^[24-26]。

根据对效率的测量方式,DEA 模型还可分为投入导向、产出导向和非导向。其中投入导向和产出导向分别是在固定投入或者产出的前提下,测量相对应产出或者投入应该减少或增加的程度。而非导向模式则是同时从投入和产出两个方向进行效率测量的模型。由于滨海湿地保护利用政府管理的特殊性,滨海湿地保护利用管理的各项投入在增加的同时,随着技术的进步和保护工作的进一步加强,滨海湿地产生的相关效益和滨海湿地的保护面积都在增加,因此在滨海湿地保护利用管理效率评价的过程中需要从投入和产出两个方向同时进行测量^[27-34]。综合以上考虑,本文选用 DEA 模型中的非导向超效率 SBM 模型进行滨海湿地保护利用管理效率的评价。

基于 DEA 模型运算的特点,需要得到投入指标和产出指标。通过文献分析和专家访谈,根据滨海湿地保护利用的特点,指标层共构建六个投入产出一级指标,投入指标分别为资金投入、人力投入和土地投入,产出指标分别为滨海湿地相关产量、滨海湿地保护面积和入海污水处理率^[8, 35-38]。

本论文综合以上 AHP 和 DEA 两种方法,先利用 AHP 确定影响因素的权重,筛选出评价指标;然后以这些指标为基础,运用 DEA 进行相对效率评价。这种方法利用 AHP 反映评价者主观偏好的能力,弥补了 DEA 评价结果经常出现的现实可行性不足的缺陷;又通过由 AHP 得出 DEA 输入、输出指标的做法,提高了 DEA 方法的科学性。

运用 AHP 构建指标层次模型,对二级指标进行优化处理,列出判断矩阵,在符合一致性检验的前提下,计算出各二级指标所占的比重,综合得出一级指标值。将 AHP 方法计算得到的一级指标值代入 DEA-Solver Pro5.0 软件中的非导向超效率 SBM 模型进行效率计算,得到滨海湿地保护利用管理效率值和改进结果。

2 数据收集和指标处理

2.1 数据收集

原国家林业局、国家海洋局,环保部和农业部是滨海湿地管理的主要国家政府部门,其中以林业局为滨海湿地主要管理部门。由于政府职责与权力的划分以及海洋和环境保护与滨海湿地保护管理的相关性,原海洋局和环保部均有涉及滨海湿地保护利用的管理内容;农业部主要负责管理近海滩涂养殖和捕捞。对应到地方层面,各省、市、自治区的林业局为滨海湿地主要管理部门,海洋局、环保厅(局)和农业厅(局)为相关部门。鉴于职责的重叠,本文将以上四部门作为一个整体,代表政府对滨海湿地的保护利用管理主体,作为评价对象。

为评估滨海湿地保护利用管理效率,以政府在滨海湿地保护利用管理方面投入的资金、人力和土地作为投入指标,滨海湿地已纳入自然保护区的保护面积、滨海湿地主要相关产量、入海污水处理率作为产出指标,代入到超效率 SBM 模型中进行滨海湿地政府管理效率的评价。在选取滨海湿地保护利用管理效率评估指标时,首先基于 AHP 方法的特点,评估指标需要从经济、社会、生态效益三个方面进行选取,并结合滨海湿地主要保护特征,如滨海湿地保护面积划分、保护治理投资、管理人员投入等;主要利用特征,包括滩涂湿地围垦、海水养殖、盐业生产和油气资源开发等进行选取。同时查阅自然保护区效率评价研究相关的文献、资料等,分析评估常用的指标类型,列出所需各项指标。其次,结合统计资料对所选的指标进行调整,对于统计资料里没有所需指标详细信息的,用其他相关指标进行替代或作同类调整。最后咨询相关领域的专家,去掉不符合评估条件的指标,增加新的必要指标,对所选指标进行详细筛选后得到最终评价指标。

研究时间段为 2006—2015 年。由于港澳台地区的数据难以掌握以及上海市相关数据的缺失,本文以中国大陆沿海 10 个省、市、自治区:辽宁省、河北省、天津市、山东省、浙江省、江苏省、福建省、海南省、广东省、广西壮族自治区共 10 年的滨海湿地政府保护利用管理相关数据作为样本。

样本数据主要来源于国家政府以及各地方政府出台的滨海湿地保护计划(《湿地保护工程“十一五”规划》和《湿地保护工程“十二五”规划》)、《中国投资统计年鉴》、《中国林业统计年鉴》、《中国海洋统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》,各省市相关统计年鉴;原国家林业局、国家海洋局、环保部,农业部官方网站数据库、各省市市政府官方网站数据库等。

2.2 指标处理

由于影响效率评价的因素众多,关系比较复杂。经过综合考虑我国滨海湿地保护利用管理特点,政策导向,按照政府管理效率评价可行性的要求,基于指标层的一级指标,综合文献分析和专家访谈意见,提出滨海湿地保护利用管理效率评价的二级指标(表 1)。

设计滨海湿地保护利用管理效率评价 AHP 专家咨询调查问卷,于 2019 年 4 月邀请了来自中科院生态环境研究中心环境经济管理、环境政策、生态学、生态工程效益评估、产业生态学和自然保护地体系规划等领域的 12 位研究人员进行填写,对各二级指标的重要性进行两两打分比较,对打分结果进行几何加权平均,再结合研究背景和本领域专家意见进行调整,构建二级指标判断矩阵。

对判断矩阵进行一致性检验,计算各二级指标的权重,换算得出应用于 DEA 分析的一级指标值^[35,37]。B2 与 B3 这两个一级指标值可以通过数据收集直接得到数据值,因此没有相对应的二级指标。

构建各二级指标判断矩阵,根据一致性检验的计算原理,编写 MATLAB 计算程序进行计算,对指标数量超过 2 的判断矩阵进行一致性检验并计算相对应的比重,指标数不超过 2 的判断矩阵只计算其比重。由检验结果可知各判断矩阵都符合一致性检验,并得出了二级指标在各一级指标下所占的比重(表 2)。

表 1 滨海湿地保护利用管理效率评价指标体系

Table 1 Indicators for management efficiency evaluation of coastal wetland conservation and utilization

指标类型 Type of indicators	一级指标 First level indicators	二级指标 Second level indicators
投入指标 A Input indicators A	资金投入 A_1 /亿元	农林牧渔固定资产投资 a_1 /亿元 水利、环境和公共设施管理投资 a_2 /亿元 湿地恢复与保护投资 a_3 /亿元 废水治理投资 a_4 /亿元
	人力投入 A_2	农林牧渔业从业人员 a_5 水利、环境和公共设施管理业从业人员 a_6
	土地投入 A_3 /hm ²	浅海养殖面积 a_7 /公顷 盐田年产面积 a_8 /公顷
产出指标 B Output indicators B	产量 B_1 /万 t	近海养殖产量 b_1 /万吨 近海捕捞产量 b_2 /万吨 海盐产量 b_3 /万吨
	滨海湿地保护面积 B_2 /km ²	
	入海污水处理率 B_3 /%	

表 2 判断矩阵一致性检验以及权重结果

Table 2 Consistency test result and weight of judgment matrix

判断矩阵 A_1 Judgment matrix A_1						一致性检验 Consistency test	判断矩阵 A_2 Judgment matrix A_2			
A_1	a_1	a_2	a_3	a_4	W		A_2	a_5	a_6	W
a_1	1	1/2	1/3	3	0.199	CR=0.067 < 0.1	a_5	1	2	0.667
a_2	2	1	1/4	4	0.289					
a_3	3	4	1	5	0.443					
a_4	1/3	1/4	1/5	1	0.069		a_6	1	1/2	10.333
判断矩阵 B_1 Judgment matrix B_1						一致性检验 Consistency test	判断矩阵 A_3 Judgment matrix A_3			
B_1	b_1	b_2	b_3	W			A_3	a_7	a_8	W
b_1	1	2	3	0.465	CR=0.046 < 0.1		a_7	1	1/2	0.667
b_2	1/2	1	3	0.398						
b_3	1/3	1/3	1	0.137			a_8	1/2	1	0.333

W: 二级指标比重值 Weight; CR: 一致性比率 Consistency rate

结合 MATLAB 计算得到的各二级指标的比重,以及数据收集所得各二级指标具体数值,换算得各一级指标的数值(表 3)。

表 3 输入输出指标变换处理

Table 3 Transformation of input and output indicators

输入/输出指标 Input/output indicators	指标变换 Transformation of indicators
资金投入 A_1 Capital investment A_1	$A_1 = 0.199a_1 + 0.289a_2 + 0.443a_3 + 0.069a_4$
人力投入 A_2 Human resources investment A_2	$A_2 = 0.667a_5 + 0.333a_6$
土地投入 A_3 Land resources investment A_3	$A_3 = 0.667a_7 + 0.333a_8$
产量 B_1 Production B_1	$B_1 = 0.465b_1 + 0.398b_2 + 0.137b_3$

3 结果及分析

经由 DEA Solver-Pro5.0 软件将数据代入超效率 SBM 模型进行运算,可以获得 2006—2015 年沿海 10 省

的滨海湿地保护利用管理效率评价结果(表4)。由于 DEA 效率值的计算高度依赖参考集的选取,不同的参考集下所得到的效率值不尽相同。因此本文以各个省份为研究对象,将每个省份 2006—2015 年的指标组成一个相应的参考集进行计算,比较不同地区时间序列下的效率值大小以及变化情况,得到以下评价结果。

表 4 滨海湿地保护利用管理效率评价结果

Table 4 Evaluation results for management efficiency of coastal wetland conservation and utilization in 10 provinces from 2006 to 2015

省/市 Provinces	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	平均值 Average value
福建	1.250 *	1.073 *	1.000 *	0.292 ***	0.114 ***	0.112 ***	0.061 ***	1.021 *	1.016 *	1.607 *	0.755 ***
广东	1.102 *	1.115 *	1.007 *	0.053 ***	0.047 ***	1.489 *	0.158 ***	1.031 *	1.013 *	1.039 *	0.806 **
海南	1.377 *	1.189 *	0.078 ***	1.073 *	1.374 *	1.004 *	0.438 ***	0.487 ***	0.654 ***	1.157 *	0.883 **
江苏	1.053 *	1.152 *	1.000 *	0.619 ***	1.022 *	0.862 **	0.533 ***	0.639 ***	0.629 ***	1.380 *	0.889 **
天津	1.031 *	1.007 *	1.035 *	0.435 ***	0.485 ***	1.005 *	1.031 *	0.931 **	1.014 *	1.037 *	0.901 **
广西	1.154 *	1.121 *	1.029 *	1.085 *	1.001 *	1.001 *	0.756 ***	0.466 ***	1.001 *	1.042 *	0.966 **
辽宁	1.277 *	1.205 *	1.042 *	1.027 *	0.514 ***	0.629 ***	1.004 *	0.877 **	1.016 *	1.074 *	0.966 **
山东	1.158 *	1.014 *	1.001 *	1.017 *	0.925 **	1.016 *	1.033 *	0.946 **	1.039 *	1.023 *	1.017 *
河北	1.218 *	1.014 *	1.017 *	1.000 *	1.012 *	1.019 *	1.060 *	0.942 **	1.019 *	1.048 *	1.035 *
浙江	1.100 *	1.291 *	1.013 *	1.011 *	1.001 *	0.721 ***	0.869 **	1.001 *	1.001 *	1.366 *	1.037 *

*** 效率值<0.8, ** 0.8≤效率值<1, * 效率值≥1

3.1 效率值分析

从滨海湿地保护利用管理效率评价结果可以看出(表4),总体上来说,在 100 个决策单元中,相对有效(效率值≥1)的决策单元共 71 个,相对无效的决策单元共 29 个。其中有 8 个决策单元效率值均大于 0.8,稍加改进就可达到有效水平;4 个决策单元的效率值小于 0.1,为极度无效的决策单元。所有的决策单元中,效率值最大的为 1.61,最小的为 0.047。

山东、河北、浙江三省平均效率值大于 1,总体达到了有效水平;广东、海南、江苏三省平均效率值在 0.8 到 0.9 之间,虽然平均效率值较高,但不能说明广东、海南、江苏三省滨海湿地保护利用管理效果较好;由于广东、海南、江苏三省有效决策单元的效率值较高,和无效决策单元的效率值相差较大,因此导致平均值较高。天津、广西、辽宁三省效率值达到了 0.9 以上,其无效决策单元基本保持在 2—3 个左右,并且效率值相对较高,容易改进。福建省的平均效率值最低,为 0.76,其无效 DMU 集中在 2009—2012 年,效率值都在 0.3 以下,拉低了平均水平。

从时间序列上来看,2006—2015 年滨海湿地保护利用管理效率评价总体呈现“两头高,中间低”的变化情况:2006—2008 年各决策单元普遍都达到了有效水平,2009—2012 年集中了 73%低效率的无效决策单元,其中江苏、福建、广东三省占到了 50%。2013 年容易改进的无效决策单元达到了总数的 57%,稍加改进就可达到有效水平。2014—2015 年决策单元普遍达到有效水平(图 1)。

3.2 效率改进分析

2009—2012 这四年,广东、福建两省效率值低于 0.2,DEA Solver-Pro5.0 计算得出的各投入产出的冗余值中,滨海湿地保护面积都为第一改进要素,且改进空间巨大(表 5)。改进冗余率为 999.90%,即改进值为原保护面积的十倍。各决策单元的第二改进要素不尽相同,包括人力投入、滨海湿地相关产量和入海污水处理率,资金投入和土地投入则基本没有冗余。

效率值在 0.2—0.8 之间的决策单元,除了 2011 年的辽宁省,保护面积依然是其他决策单元效率低下的第一改进要素,第二改进因素表现为资金投入的冗余和少量决策单元人力投入和土地投入的冗余。滨海湿地相关产量和入海污水处理率的冗余率较小,稍加改进就可以达到有效目标值。可以看出,投入冗余是效率值在 0.2—0.8 之间决策单元的主要改进要素。

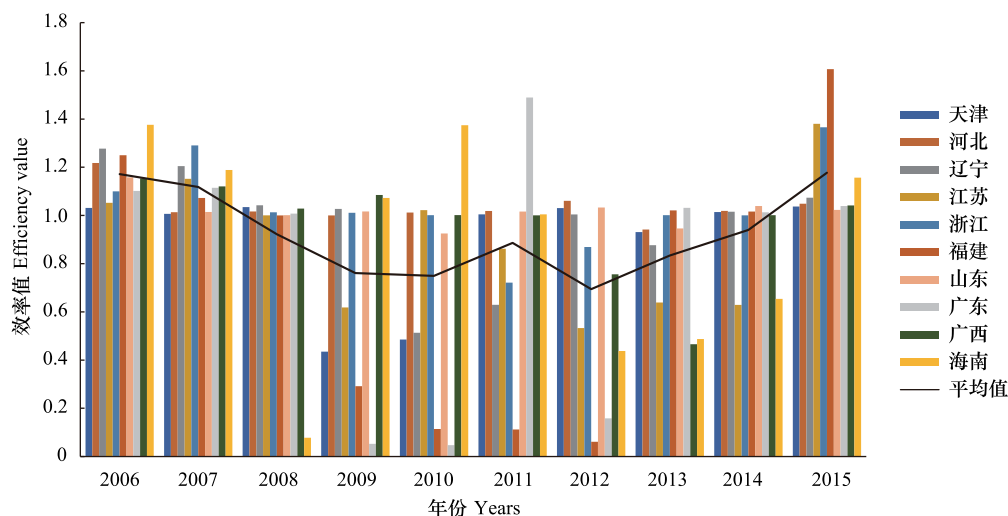


图1 2006—2015年滨海湿地保护利用管理效率图

Fig.1 Management efficiency of coastal wetland protection and utilization in 10 provinces from 2006 to 2015

效率值在0.8以上的决策单元,造成无效的原因各有不同,主要体现在资金投入和人力投入的冗余以及滨海湿地相关产量和保护面积的不足,入海污水处理率则基本达到了目标值,虽然效率值在0.8以上决策单元的改进要素不尽相同,但各个投入和产出指标的冗余率都保持在40%以下,稍加改进就可达到有效水平。

4 讨论与管理建议

4.1 讨论

本文选用AHP对基础指标进行处理,构建了滨海湿地保护利用管理指标体系,采用超效率SBM模型对我国滨海湿地保护利用管理效率进行评价。对效率评价的结果进行讨论如下:

(1) 2006—2015年滨海湿地保护利用管理效率评价合计100个决策单元中,相对有效(效率值 ≥ 1)的决策单元共71个(71%);相对无效的决策单元(效率值 < 1)有29个(29%)。总体上呈现“两头高,中间低”的变化情况。这种变化趋势部分是由政策变化引起的:“十一五”制定了《全国湿地保护工程实施规划(2005—2010年)》之后,对滨海湿地的保护出现了一定的关注。2006—2007年广东省和辽宁省响应国家规划,相继出台了《湿地保护条例》。但在2008—2011年,沿海未有省份发布任何关于湿地保护的省级行政法规或部门规章。热度的消减和关注度的淡化导致在2009—2012年沿海各省出现了不同程度的管理无效。直到2012年,《山东省湿地保护办法》和《浙江省湿地保护条例》出台,2013年国家林业局《湿地保护管理规定》的发布,又把湿地保护推上了政府工作的前线,滨海湿地保护利用管理效率又重新开始接近有效水平。

(2) 从投入产出改进分析来看,2006—2015年中国滨海湿地保护利用管理效率低下的原因主要在于滨海湿地有效保护面积不足和资金投入的不完全利用。结合具体指标值进行分析,沿海十省对滨海湿地保护利用管理的资金投入在不断增加,但滨海湿地保护面积不同程度地有所减少,基本在2009、2010这两年内呈现断崖式的减少。虽然后续投入资金不断增多,但滨海湿地保护面积的减少不可逆转。从原始数据还可以看出,除了资金投入,政府机构相关的人力投入在不断的减少,这符合机构改革的趋势要求。虽然作为滨海湿地养殖和盐产的土地投入变化不大,但随着科技的进步,滨海湿地相关产量却有所增加,入海污水处理率也不断地提高,越来越接近100%。

本研究通过由层次分析法专家评估得出数据包络分析输入、输出指标比重的做法,提高了数据包络分析方法的科学性。但层次分析法是基于主观分析得出的结论,在一定程度上带有主观偏见,影响评估结果的客观性。此次选取12位研究人员进行层次分析法的调查,虽然选取的研究人员专业覆盖面广,但组成较为单

一,样本数据略显不足。后续研究在层次分析法环节,可以增加政府管理人员,滨海湿地保护志愿者等相关人员进行参与。并且在指标选取的过程中,由于统计数据获得的有限性,去掉了若干生物类相关指标,如保护物种等级,生物数量等。虽然选取的指标在一定程度上反映了有关滨海湿地政府管理大致的发展过程,但并不能完全代表滨海湿地保护利用的状况。后续可以根据增加的统计数据进行更深入细致的评估。与同类型关于湿地保护政策绩效研究的结果相比,虽然研究具有相似性,但其研究方法主要是采用单一的层次分析法等主观分析方法,将滨海湿地保护与渔业相联系,选取多种渔业指标进行评估,在一定程度上反应的评价结果主观性太强,反应层面过于单一,可以结合本文的方法再加以改进。

表 5 滨海湿地保护利用管理效率投入和产出的优化结果

Table 5 Input and output optimization of coastal wetland protection and utilization management efficiency							
决策单元 (DMUs, Decision Making Units)	效率值 Efficiency value	投入冗余率/% Input surplus rate			产出冗余率/% Output surplus rate		
		资金投入 Capital investment	人力投入 Human resources investment	土地投入 Land resources investment	产量 Production	保护面积 Protected areas	入海污水处理率 Sewage treatment rate
广东 10	0.047	0.0%	-15.3% **	0.0%	4.7% *	999.9% ***	0.0%
广东 09	0.053	0.0%	0.0%	0.0%	2.3% **	999.9% ***	0.7% *
福建 12	0.061	0.0%	-5.6% *	0.0%	2.7% *	999.9% ***	44.6% **
海南 08	0.078	0.0%	-13.7% **	0.0%	5.4% *	999.9% ***	1.9% *
福建 11	0.112	0.0%	-1.7% *	0.0%	2.8% *	999.9% ***	6.8% **
福建 10	0.114	0.0%	0.0%	-9.2% **	0.0%	999.9% ***	5.3% *
广东 12	0.158	0.0%	-7.8% **	0.0%	0.0%	999.9% ***	0.0%
福建 09	0.292	0.0%	0.0%	-3.1% *	0.0%	703.4% ***	14.2% **
天津 09	0.435	-37.1% **	-0.3% *	0.0%	4.7% *	298.6% ***	0.7% *
海南 12	0.438	-8.4% *	-12.9% **	-3.6% *	0.0%	318.3% ***	9.8% *
广西 13	0.466	-22.1% **	0.0%	0.0%	1.9% *	294.5% ***	0.0%
天津 10	0.485	-19.1% **	-11.5% *	0.0%	6.2% *	248.1% ***	0.8% *
海南 13	0.487	-7.8% *	-6.3% *	-6.6% *	0.0%	260.7% ***	12.7% **
辽宁 10	0.514	-72.4% **	-5.5% *	-34.4% *	15.3%	49.8% ***	0.5% *
江苏 12	0.533	0.0%	-20.9% **	-8.8% *	0.0%	207.1% ***	0.1% *
江苏 09	0.619	0.0%	-6.2% *	-7.6% **	0.0%	162.6% ***	0.3% *
江苏 14	0.629	-43.4% **	0.0%	-2.6% *	0.0%	103.9% ***	0.0%
辽宁 11	0.629	-72.0% ***	0.0%	-30.5% **	11.5% *	1.3% *	1.1% *
江苏 13	0.639	-39.9% **	-4.9% *	-2.9% *	0.0%	94.9% ***	0.0%
海南 14	0.654	0.0%	-12.8% **	-1.5% *	0.0%	135.6% ***	1.5% *
浙江 11	0.721	-21.0% **	0.0%	-5.0% *	0.0%	79.9% ***	0.0%
广西 12	0.756	-35.0% **	0.0%	0.0%	5.8% *	44.7% ***	0.0%
江苏 11	0.862	-29.7% ***	0.0%	-11.8% **	0.0%	0.0%	0.0%
浙江 12	0.869	0.0%	-4.9% **	0.0%	0.0%	39.6% ***	0.0%
辽宁 13	0.877	-7.4% **	-21.8% ***	-1.0% *	6.5% *	0.0%	1.5% *
山东 10	0.925	0.0%	-1.1% *	-7.3% **	0.0%	15.3% ***	0.0%
天津 13	0.931	-9.2% ***	-7.2% **	0.0%	4.4% *	0.2% *	0.0%
河北 13	0.942	-4.2% **	-1.5% *	0.0%	12.4% ***	0.0%	0.1% *
山东 13	0.946	0.0%	-7.5% ***	-1.5% *	7.1% **	0.6% *	0.0%

广东 10:广东省 2010 年相关数据下的决策单元,其他各决策单元的含义类推; * * * 第一改进要素, * 第二改进要素, * 其余改进要素

4.2 管理建议

针对以上滨海湿地保护利用管理效率评价结果,提出以下几项建议:

(1) 增加滨海湿地保护面积。滩涂围垦、石油开采、近海养殖等活动严重破坏了滨海湿地,其中滩涂围垦是主要因素。2009—2010 年围海造地的兴起导致滨海湿地呈现断崖式的减少。2018 年,国务院发布的《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》,将对遏制填海造地起到重要作用,持续性效果有待观察。但仅仅禁止开发还不够,国家及地方政府应该将更多的滨海湿地纳入保护范围,并且通过建立湿地自然保护区和开展湿地修复,使已经破坏的滨海湿地恢复其功能。

(2) 提高滨海湿地保护利用投入资金的利用效率。滨海湿地保护利用管理效率评价结果显示,资金投入冗余是第二改进要素。“十一五”和“十二五”期间,湿地保护工程实际投资占计划投资的比例分别仅为 33.3% 和 51.6%。做好投资规划并有效实施是提高实际投资比例的必要条件。提高实际投资比例的同时,在湿地保护工程、农林牧渔固定资产、环境公共设施建设管理的过程中,提高资金的利用效率,对于提高滨海湿地保护利用管理效率也至关重要。

(3) 提高滨海湿地保护利用相关规划、政策的可持续性。2009—2012 年,沿海各省滨海湿地保护利用出现了不同程度的无效管理,可见沿海各省由湿地保护规划、政策刚出时的积极响应转而变成了消极应付。因此,有必要对滨海湿地的保护利用规划目标实行考核制度,定期进行考核验收,以保证各地方政府长期地积极响应。

(4) 建立健全滨海湿地保护利用管理体系:2013 年国家林业局出台的《湿地保护管理规定》是我国第一部关于湿地保护的部门规章,出台后的两年,各个省份滨海湿地保护利用管理效率值明显上升,并于 2015 年达到了普遍有效。截至 2018 年,沿海十一省除去上海市,其他省份都相继出台了《湿地保护条例》。从分析结果可以看到,海南、江苏、天津、福建等在 2016 年及以后出台《滨海湿地保护条例》的省份,平均效率值都偏低。因此,湿地保护利用政策的发布、规划的实施,都对提高滨海湿地保护利用管理效率具有非常重要的作用。虽然有了《湿地保护管理规定》和《湿地保护条例》,但到目前为止,国家还没有出台任何一部专门保护湿地的法律或者行政法规,因此不能在法律层面上有效的保护滨海湿地。通过完善我国湿地保护利用法律法规政策管理体系,确保滨海湿地在环境保护中的重要地位,才能更加有效的保护和利用滨海湿地。

综合以上结果,将还没有被破坏的重要滨海湿地纳入保护,确保资金、土地、人力投入的最大化利用,降低污染物的入海排放量,保证规划的有效实施和政策的长期响应,建立健全滨海湿地保护利用管理体系,是保证滨海湿地保护利用管理一直保持在有效水平,从而增强滨海湿地保护的有效途径。

致谢:中国人民大学环境学院张盛博士帮助一致性检验,特此致谢。

参考文献 (References):

- [1] 国家林业局. 中国湿地保护行动计划. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [2] 张立, 于秀波, 姜鲁光, 夏少霞, 柏樱岚, 张博文. 中国沿海湿地保护绿皮书——沿海湿地保护十大进展与最值得关注的十块滨海湿地. 生物学通报, 2018, 53(8): 4-9.
- [3] Lin Q Y, Yu S. Losses of natural coastal wetlands by land conversion and ecological degradation in the urbanizing Chinese coast. Scientific Reports, 2018, 8(1): 15046.
- [4] 徐东霞, 章光新. 人类活动对中国滨海湿地的影响及其保护对策. 湿地科学, 2007, 5(3): 282-288.
- [5] 李晶, 雷茵茹, 崔丽娟, 潘旭, 张骁栋, 张曼胤, 李伟. 我国滨海滩涂湿地现状及研究进展. 林业资源管理, 2018, (2): 24-28, 137-137.
- [6] 张晓龙, 李培英, 李萍, 徐兴永. 中国滨海湿地研究现状与展望. 海洋科学进展, 2005, 23(1): 87-95.
- [7] 刘婷婷, 李军军. 福建省区域环境管理绩效评价和提升研究. 福建师大福清分校学报, 2017, (4): 54-60.
- [8] 李婷. 湿地保护利用政策绩效评价——以武汉市为例[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [9] 杨楠楠. 湖北省湿地保护政策绩效评价研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- [10] 李国平, 郭勇, 刘大为. 自然保护区管理效率评价研究——以牛背梁国家级自然保护区为例. 旅游学刊, 2015, 30(3): 76-85.
- [11] Frank C, Kairo J G, Bosire J O, Mohamed M O S, Dahdouh-Guebas F, Koedam N. Involvement, knowledge and perception in a natural reserve under participatory management; Mida Creek, Kenya. Ocean & Coastal Management, 2017, 142: 28-36.

- [12] Stoll-Kleemann S. Evaluation of management effectiveness in protected areas: Methodologies and results. *Basic and Applied Ecology*, 2010, 11(5): 377-382.
- [13] 徐道炜, 刘金福, 洪伟. 近 20 年中国林业系统自然保护区投入产出效率评价. *福建农林大学学报: 自然科学版*, 2015, 44(3): 276-281.
- [14] 彭国甫, 李树丞, 盛明科. 应用层次分析法确定政府绩效评估指标权重研究. *中国软科学*, 2004, (6): 136-139.
- [15] 安利鹏. 生态文明理念下的省级政府绩效评价研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2018.
- [16] 翟治芬, 王兰英, 孙敏章, 严昌荣, 梁瑜珊. 基于 AHP 与 Rough Set 的农业节水技术综合评价. *生态学报*, 2012, 32(3): 931-941.
- [17] 于晶. 使用 MATLAB 程序实现层次分析法(AHP)的简捷算法. *科技风*, 2016, (8): 13-14.
- [18] 王鉴雪, 宁云才. 基于 DEA/AHP 的煤炭资源消费效率评价. *资源与产业*, 2011, 13(3): 66-71.
- [19] 侯孟阳, 姚顺波. 1978-2016 年中国农业生态效率时空演变及趋势预测. *地理学报*, 2018, 73(11): 2168-2183.
- [20] 贺桂珍, 吕永龙. 太湖水污染防治计划实施效率评估. *生态学报*, 2008, 28(12): 6348-6354.
- [21] 杨国梁, 刘文斌, 郑海军. 数据包络分析方法(DEA)综述. *系统工程学报*, 2013, 28(6): 840-860.
- [22] 刘渝, 宋阳. 基于超效率 SBM 的中国农业水资源环境效率评价及影响因素分析. *中国农村水利水电*, 2019, (1): 102-107.
- [23] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498-509.
- [24] Pongpanich R, Peng K C. Assessing the operational efficiency of agricultural cooperative in Thailand by using Super-SBM DEA approach. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2016, 6(5): 247-253.
- [25] Ma X J, Wang C X, Yu Y B, Li Y D, Dong B Y, Zhang X Y, Niu X Q, Yang Q, Chen R M, Li Y F, Gu Y H. Ecological efficiency in China and its influencing factors—a super-efficient SBM metafrontier-Malmquist-Tobit model study. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(21): 20880-20898.
- [26] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 2002, 143(1): 32-41.
- [27] 宋勇祥, 姜圣华, 姜玮, 金晓莉, 吴春锋. 基于 DEA-Malmquist 指数的中国区域生态效率研究. *资源开发与市场*, 2015, 31(2): 172-174, 154-154.
- [28] 李雪婷. 基于 DEA-Malmquist 指数的中国林业生态效率研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [29] Du J, Liang L, Zhu J. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis: a comment. *European Journal of Operational Research*, 2010, 204(3): 694-697.
- [30] 李静, 程丹润. 基于 DEA-SBM 模型的中国地区环境效率研究. *合肥工业大学学报: 自然科学版*, 2009, 32(8): 1208-1211.
- [31] Zhou P, Poh K L, Ang B W. A non-radial DEA approach to measuring environmental performance. *European Journal of Operational Research*, 2007, 178(1): 1-9.
- [32] 罗艳. 基于 DEA 方法的指标选取和环境效率评价研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2012.
- [33] 卞亦文. 基于 DEA 的多部门结构的决策单元的环境效率评价. *系统工程*, 2007, 25(9): 80-84.
- [34] 高玉华, 张二勋, 田亚芸. 基于 SBM 模型的山东省循环经济效益评价. *滨州学院学报*, 2018, 34(6): 52-58.
- [35] 赵哲, 白羽萍, 胡兆民, 陈建成, 邓祥征. 基于超效率 DEA 的呼伦贝尔地区草牧业生态效率评价及影响因素分析. *生态学报*, 2018, 38(22): 7968-7978.
- [36] 彭红松, 章锦河, 韩娅, 汤国荣, 张瑜. 旅游地生态效率测度的 SBM-DEA 模型及实证分析. *生态学报*, 2017, 37(2): 628-638.
- [37] 许智钊, 严力蛟. 基于 SDEA 的滨海地区生态林工程综合效益分析——以浙江省台州市玉环县为例. *生态学报*, 2010, 30(18): 4928-4939.
- [38] 费威, 刘心, 杨晨. 基于 MFA 和 DEA 的区域经济环境效率评价——以辽宁省为例. *生态学报*, 2015, 35(11): 3797-3807.