

基于 DEA 和 SFA 的我国海水养殖技术效率

王春晓, 李森

(上海海洋大学经济管理学院 上海 201306)

摘要: 文章采用 2005—2015 年我国沿海地区的面板数据,运用数据包络分析(DEA)和随机前沿分析(SFA)方法对海水养殖技术效率进行测度,并系统分析海水养殖技术效率的影响因素和意义。研究结果表明:我国海水养殖投入和产出水平较合理,但投入资源的优化配置仍有不足;海水养殖面积、海水养殖人员数量和中间物质消耗对海水养殖产量有显著的正相关影响,投入的鱼苗数对产量的影响不显著;运用 DEA 和 SFA 方法测度海水养殖技术效率存在显著相关性和差异性,在排序上存在显著一致性;海水养殖技术水平、海水养殖结构、机动渔船比例、海水养殖产值水平和海水养殖规模与海水养殖技术效率呈显著正相关,海产品加工水平呈正相关但不显著;研究海水养殖技术效率对海水养殖产业的发展具有重要意义。最后,基于海水养殖技术效率的影响因素提出相关建议。

关键词: 海水养殖;技术效率;海洋渔业;数据包络分析;随机前沿分析

中图分类号: F326.4;S967 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9857(2018)04-0009-07

Technical Efficiency of China's Mariculture Based on DEA and SFA

WANG Chunxiao, LI Sen

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

Abstract: Based on the panel data of China's coastal areas from 2005 to 2015, this paper used DEA and SFA methods to measure the efficiency of mariculture technology, and systematically analyzed the influencing factors and significance of the efficiency of mariculture technology. The results showed that the level of input and output of mariculture in China was reasonable, but the optimal allocation of input resources was still insufficient. The area of mariculture, the number of mariculturists and the consumption of intermediate matter had significant positive correlation on the yield of mariculture, but the number of fish fry invested had no significant effect on the yield. The DEA and SFA methods were used to measure the efficiency of mariculture technology, which showed that there was significant correlation and difference, and significant consistency in ranking; the technical level of mariculture, the structure of mariculture, the proportion of motorized fishing boats, the production value of mariculture and the scale of mariculture were

收稿日期:2017-06-22;修订日期:2018-03-19

基金项目:现代农业产业技术体系专项资金项目(CARS-49-G29)。

作者简介:王春晓,副教授,博士,研究方向为资源与环境经济学和农(渔)业经济

通信作者:李森,硕士研究生,研究方向为渔业技术经济

positively correlated with the technical efficiency of mariculture, while the processing level of marine products was positively correlated but not significant. It was of great significance to study the technical efficiency of mariculture for the development of mariculture industry. Based on the factors affecting the efficiency of mariculture technology, some suggestions were put forward.

Key words: Mariculture, Technical efficiency, Marine fishery, Data envelopment analysis, Stochastic frontier analysis

0 引言

海水养殖产业是海洋渔业经济的重要组成部分,随着海水养殖技术的不断进步和养殖规模的不断扩大,其创造的产值不断提升,成为海洋经济发展的重要增长点。近年来,我国政府对海水养殖产业在技术培训和推广以及生产补贴等方面提供大力支持,对海水养殖技术效率进行研究有利于促进产业发展。

数据包络分析(DEA)和随机前沿分析(SFA)是不同的效率评估方法。国内外学者运用参数法(SFA)和非参数法(DEA)对海水养殖技术效率进行研究。在运用参数法方面:缪为民等^[1]运用随机前沿生产函数模型对池塘养殖技术效率进行测度;孙兆明^[2]运用超越对数生产函数对长岛县海水养殖技术效率进行实证分析;Alam 等^[3]运用柯布-道格拉斯生产函数对孟加拉国虾养殖的技术效率进行测度;Iliyasu 等^[4]运用柯布-道格拉斯生产函数对马来西亚半岛网箱养殖技术效率进行测度。在运用非参数法方面:郑奕等^[5]运用 DEA 中的 CCR 模型对海洋渔业进行测评;林东年等^[6]运用 DEA 中的 CCR 模型对茂名市海洋渔业生产技术效率进行测评;刘洋^[7]运用 DEA 中的 CCR 模型对我国 2004—2013 年海水养殖全要素生产率和沿海部分地区海水养殖规模效率进行测度;张萌^[8]运用 Malmquist 指数和 DEA 对我国沿海地区海洋渔业产出效率进行测度;Rasmus^[9]运用 DEA 中的 CCR 模型对丹麦水产养殖在不同净水系统和农场规模的技术效率进行测度。目前对海水养殖技术效率影响因素的研究主要集中在养殖家庭成员数量、养殖人员经验和教育程度、养殖结构、机械化程度以及养殖规模等方面^[10-14]。

运用 DEA 和 SFA 分析海水养殖技术效率各有

利弊,目前尚未有运用 SFA 对我国沿海地区总体海水养殖技术效率进行测度的研究。本研究运用 DEA 和 SFA 测度我国海水养殖技术效率,以探讨 2 种方法在该领域的适用性,并力求反映我国海水养殖技术效率的真实水平;进一步研究相关因素对海水养殖技术效率的影响,探讨海水养殖技术效率研究的理论意义。

1 研究方法和数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 DEA

目前运用 DEA 分析海水养殖技术效率多采用 CCR 模型和 BCC 模型。CCR 模型主要基于规模报酬不变的情况,由于我国海水养殖产业的发展受技术应用水平、劳动力和地理区位等多种因素的影响,各沿海地区很难保持最优生产规模,因此在 Banker 等^[15]研究的基础上,本研究选用投入导向的 BCC 模型。

在引入阿基米德无穷小量 ϵ 、投入松弛变量 S^+ ($S^+ \geq 0$) 和产出松弛变量 S^- ($S^- \geq 0$) 后, BCC 模型的理论公式为:

$$\begin{cases} \min [\theta - \epsilon (\sum_{j=1}^m S^- + \sum_{j=1}^r S^+)] \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + S^- = \theta x_{ij0} \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j + S^+ = y_{rj0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{cases} \quad (1)$$

式中: n 为决策单元; m 为投入变量; r 为产出变量; λ_j 为系数, $\lambda_j \geq 0$; θ 为相对效率值; x_{ij} 为第 j 个单元对第 i 种输入的投入量; y_{rj} 为第 j 个单元对第 r 种输出的产出量; $\mathbf{X}_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$, $\mathbf{Y}_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{rj})^T$ 。

1.1.2 SFA

本研究选取 4 个投入变量,选用柯布-道格拉斯生产函数,参照 Battese & Coelli 模型^[16]的基本原理,假设模型为:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln ACR_{i(t-1)} + \beta_2 \ln NUM_{i(t-1)} + \beta_3 \ln MAT_{i(t-1)} + \beta_4 \ln AMO_{i(t-1)} + v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

式中: y 为海水养殖产量;ACR 为海水养殖面积;NUM 为海水养殖人员数量;MAT 为中间物质消耗;AMO 为投入的鱼苗数; β 为待估计参数。误差项由相互独立的 v_{it} 和 u_{it} 组成,其中 v_{it} 为随机误差,服从 $N(0, \sigma_v^2)$ 的正态分布; u_{it} 为效率残差项,即技术无效项。

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) \quad (3)$$

式中:若 $u_{it} = 0$, $TE = 1$, 则该地区海水养殖技术处于有效状态;若 $u_{it} > 0$, $0 < TE < 1$, 则该地区海水养殖技术处于无效状态。

$$u_{it} = u_i \exp\{-\eta(t - T)\} \quad (4)$$

式中: η 为时间变化对技术效率的影响。若 $\eta < 0$, 则 u_{it} 随时间变化呈上升趋势;若 $\eta > 0$, 则 u_{it} 随时间变化呈下降趋势;若 $\eta = 0$, 则 u_{it} 不变。

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad (5)$$

式中: σ_v^2 为随机误差的方差; σ_u^2 为技术效率的方差; γ 为待估计参数,其值用 ML 进行估计,若估计结果 t 统计量显著则表示适合采用 SFA 方法,否则采用 OLS 方法。

1.2 数据来源和变量选择

本研究以 2005—2015 年我国沿海地区海水养殖数据为样本,原始数据来源于《中国渔业统计年鉴(2006—2016)》和《中国农村统计年鉴(2006—2016)》。由于 SFA 具有多投入单产出的特性,本研究选择单产出指标和多投入指标。产出指标采用海水养殖产量,剔除价格变动的影响。投入指标包括:①海水养殖面积,作为基础投入量,在其他要素不变的情况下与产量正相关;②海水养殖人员数量,对产量有重要影响;③中间物质消耗,借鉴刘佩^[10]的计算方法,以《中国农村统计年鉴(2006—2016)》的数据整理计算;④投入的鱼苗数,在合理范围内与产量正相关,个别年份相关数据缺失采用插数法处理。上述指标的描述性统计值如表 1 所示。

表 1 2005—2015 年我国海水养殖技术效率测度指标描述性统计

统计值	统计指标				
	海水养殖产量/t	海水养殖面积/hm ²	海水养殖人员数量/个	中间物质消耗/亿元	投入的鱼苗数/万尾
最大值	4 995 454.00	942 050.00	357 194	337.37	381 661.00
最小值	10 543.00	3 165.00	858	0.60	0.00
均值	1 540 446.97	195 861.87	89 167	73.81	44 529.48
标准差	1 376 364.77	218 404.47	71 769	74.13	87 054.74

2 测度结果

采用 Deap2.1 软件对我国海水养殖的总体技术效率进行分析,结果如表 2 所示。

续表

表 2 2005—2015 年我国海水养殖技术效率

年份	综合效率值	纯技术效率值	规模效率值	规模收益
2005	1.000	1.000	1.000	不变
2006	1.000	1.000	1.000	不变
2007	1.000	1.000	1.000	不变
2008	0.930	0.956	0.973	递减

年份	综合效率值	纯技术效率值	规模效率值	规模收益
2009	0.904	0.930	0.972	递减
2010	0.939	0.956	0.982	递减
2011	0.937	0.972	0.964	递减
2012	0.924	0.995	0.928	递减
2013	0.956	1.000	0.956	递减
2014	0.993	1.000	0.993	递减
2015	1.000	1.000	1.000	不变

由表 2 可以看出,2005—2015 年综合效率、纯技术效率和规模效率的平均值分别为 0.962、0.983 和 0.979,其中 2005 年、2006 年、2007 年和 2015 年的综合效率、纯技术效率和规模效率都达到有效。从纯技术效率角度看,有 6 个年份达到有效,占总体决策单元的 54.5%,其余年份的水平也较高,均值为 0.962,表明我国海水养殖的面积、劳动力和资本投入较合理,海水养殖的总体产出水平也较合理。而规模收益主要处于递减状态,表明我国海水养殖的劳动力和资本投入存在一定程度的冗余,各方面投入资源没有有效地优化配置,今后应加强生产投入要素的协调作用,有效促进产出的最大化。

采用 Frontier4.1 软件对海水养殖技术效率的相关参数进行估计,结果如表 3 所示。

表 3 参数估计结果			
系数	参数	标准差	T 检验值
β_0	9.872 0***	0.451 0	21.870
β_1	0.282 0***	0.038 0	7.315
β_2	0.038 0*	0.025 0	1.865
β_3	0.262 0***	0.037 0	6.997
β_4	0.003 1	0.022 0	0.140
σ^2	0.810 0***	0.127 0	6.358
γ	0.992 0***	0.001 6	593.890
η	0.002 3**	0.001 1	2.079
LR 检验		157.36	

注: *、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下通过显著性检验。

由表 3 可以看出, γ 的值为 0.992 0,表明海水养殖无效率项占 99.2%;且 γ 值在 1% 水平下显著,

表明该面板数据适合用 SFA 方法测度技术效率。 η 的值为 0.002 3,且在 5% 水平下显著,表明技术效率随时间推移下降速率加快。海水养殖面积(β_1)、海水养殖人员数量(β_2)和中间物质消耗(β_3)的系数都为正,且都通过显著性检验,表明其对海水养殖产量有显著的正相关影响;投入的鱼苗数(β_4)的系数为正,但对产量的影响不显著。

采用 Deap2.1 和 Frontier4.1 软件,运用 SFA 和 DEA 方法,对我国沿海 10 省(自治区、直辖市)的海水养殖技术效率进行测度(因数据不全,不包含上海市),结果如表 4 所示。

由表 4 可以看出,运用 SFA 测度位于前 3 名的分别为福建省、山东省和广东省,而运用 DEA 测度位于前 3 名的分别为广西壮族自治区、福建省和山东省,2 种方法测度结果有所差异。

为检验 2 种方法测度结果排序的一致性,采用 Spss21 软件对二者排序进行 Spearman 等级相关检验,得出运用 2 种方法排序的相关性为 0.782,显著性概率为 0.008,通过 1% 水平下的显著性检验,表明运用 2 种方法测度的海水养殖技术效率排序具有显著一致性。

随后对测度结果进行配对样本 T 检验,相关系数为 0.678,且线性相关显著性系数为 0.034,表明运用 2 种方法测度的海水养殖技术效率具有显著相关性; T 检验 95% 的置信区间为 (−0.351, −0.087), T 统计量为 −3.761,自由度为 9,双尾显著性概率为 0.004,表明运用 2 种方法测度的海水养殖技术效率具有显著差异性。

表 4 我国沿海 10 省(自治区、直辖市)海水养殖技术效率						
沿海地区	SFA			DEA		
	均值	标准差	排序	均值	标准差	排序
天津市	0.461	0.011 7	6	0.371	0.102	10
河北省	0.205	0.002 6	10	0.580	0.101	8
辽宁省	0.530	0.002 6	5	0.833	0.135	5
江苏省	0.265	0.002 7	9	0.576	0.053	9
浙江省	0.420	0.002 9	7	0.626	0.072	7
福建省	0.921	0.000 5	1	0.961	0.041	2
山东省	0.815	0.001 3	2	0.880	0.108	3
广东省	0.758	0.001 7	3	0.866	0.099	4
广西壮族自治区	0.601	0.002 3	4	0.982	0.026	1
海南省	0.270	0.002 8	8	0.766	0.091	6

3 海水养殖技术效率的影响因素和意义

3.1 海水养殖技术效率的影响因素

根据海水养殖相关数据的可得性,结合其他研究成果,本研究以 DEA 测度的海水养殖技术效率作为被解释变量,选取解释变量包括:①海水养殖技术水平,即工厂化海水养殖面积/海水养殖总面积^[11];②海水养殖结构,即海水养殖鱼类产量/海水养殖总产量^[11];③海水养殖规模,即海水养殖面积/水产养殖总面积^[11];④机动渔船比例,即海水养殖机动渔船数量/海水养殖渔船总数量^[10];⑤海产品加工水平,即海产品加工量/海产品总产量^[10];⑥海水养殖产值水平,即海水养殖产值/渔业总产值。所有数据均根据《中国渔业统计年鉴(2006—2016)》计算得出。

本研究采用 Tobit 模型和 Stata14 软件对海水养殖技术效率的影响因素进行回归分析,根据上述解释变量和被解释变量,其模型设定为:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 BTL_{it} + \beta_2 CSF_{it} + \beta_3 MFV_{it} + \beta_4 APL_{it} + \beta_5 MSF_{it} + \beta_6 SPR_{it} + u_{it} \quad (6)$$

式中: E_{it} 为 i 地区在 t 年的海水养殖技术效率; β_0 为常数项系数, β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 和 β_6 为各影响因素的系数; BTL_{it} 、 CSF_{it} 、 MFV_{it} 、 APL_{it} 、 MSF_{it} 和 SPR_{it} 分别为 i 地区在 t 年的海水养殖技术水平、海水养殖结构、机动渔船比例、海水养殖产值水平、海水养殖规模和海产品加工水平; u_{it} 为误差项。回归结果如表 5 所示。

表 5 海水养殖技术效率影响因素的 Tobit 回归结果			
解释变量	系数估计值	Z 值	P 值
海水养殖技术水平	1.770 057 0	4.11	0.026 **
海水养殖结构	0.933 794 6	1.70	0.093 *
机动渔船比例	0.346 491 4	2.06	0.042 **
海水养殖产值水平	1.043 479 0	1.94	0.055 *
海水养殖规模	2.692 290 0	2.85	0.065 *
海产品加工水平	0.258 045 3	1.27	0.205
常数项	-0.844 881 6	-4.19	0.000 ***

注: *、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下通过显著性检验。

显著正相关。随着我国海洋科技水平的不断提高,国家对海水养殖产业的支持也不断加大,为工厂化海水养殖的推广和应用创造便利条件。工厂化养殖是利用先进科学技术对传统养殖方式进行改造,使养殖各环节得到有效监控和科学管理,同时还节约了一定的劳动力,因此海水养殖技术水平对技术效率具有重要影响。

(2)海水养殖结构与海水养殖技术效率呈显著正相关。不同养殖结构的产出存在差异,海水养殖品种包括鱼类、甲壳类、贝类和藻类等,其中鱼类是海水养殖产量最高的品种,相对于其他品种具有生长周期短等优势。海水养殖品种中鱼类的产量所占比例越高,越有助于提高海水养殖技术效率,因此应科学规划和优化海水养殖结构,合理安排各品种的养殖比例。

(3)机动渔船比例与海水养殖技术效率呈显著正相关。海水养殖属于劳动密集型产业,渔船作为重要的生产要素,投饵机、网箱清洗机 and 投苗机等机械设备都运行在机动渔船上,机动渔船的应用有利于从总体上提高海水养殖的机械化水平。随着各种新式养殖机械的研发和推广以及国家政策补贴力度的加大,机动渔船比例越高,越有助于提高海水养殖技术效率。

(4)海水养殖产值水平与海水养殖技术效率呈显著正相关。海水养殖产值水平越高,越会吸引大量的资本和劳动力进入海水养殖产业,从而使海水养殖产业拥有更多的发展资源,在一定程度上促进产业的发展。从个体角度看,海水养殖产值水平越高,从事海水养殖的渔民收益越大,越能充分调动渔民的生产积极性,从而促进海水养殖技术效率的提高。

(5)海水养殖规模与海水养殖技术效率呈显著正相关。随着海水养殖规模的扩大,在一定范围内能产生规模效应,有利于劳动力和资本优化配置,从而降低生产成本。具有规模优势的生产者更能提高其机械化水平,同时可促进应用新的养殖技术,养殖水平整体提高所产生的规模效应带动海水养殖技术效率的提高。

(1)海水养殖技术水平与海水养殖技术效率呈

(6)海产品加工水平与海水养殖技术效率呈正

相关但不显著。海产品加工有利于产品流通,同时能减少产品过剩造成的损失。目前我国大部分地区的海产品加工水平低于淡水产品加工水平,导致其对海水养殖技术效率的提升较不显著。

3.2 海水养殖技术效率的意义

技术效率是评价海水养殖产业质量的重要指标,对海水养殖技术效率进行全面研究的主要目的是考察技术效率和生产绩效的交互关系,从而促进海水养殖产量的增长。借鉴程慧平^[17]对技术效率意义的分析,本研究建立模型:

$$Y_{it} = C + \beta TE_{it} + \omega \tag{7}$$

式中: Y_{it} 为 i 地区在 t 年的海水养殖产量; C 为常数项; TE_{it} 为 i 地区在 t 年运用 DEA 和 SFA 测度的海水养殖技术效率; ω 为随机误差项。

由于采用面板数据可降低截面数据样本少和多元共线性的影响,本研究采用面板数据固定效应模型和随机效应模型对海水养殖技术效率进行分析。分别对 SFATE 和 DEATE 进行 Hausman 检验,结果表明, SFATE 拒绝原假设而 DEATE 接受原假设,因此 SFATE 和 DEATE 分别采用固定效应模型和随机效应模型。采用 Stata14 软件进行回归分析,分析结果如表 6 所示。

表 6 海水养殖技术效率意义的回归结果

检验结果	检验项目	
	SFATE	DEATE
常数	-8 303 726	744 071.7
系数	18 600 000	1 069 482
标准差	6 273 581	290 808.3
t 值	2.96	3.68
P 值	0.004***	0.000***

注:***表示在 1%水平下通过显著性检验。

由表 6 可以看出,运用 SFA 和 DEA 测度海水养殖技术效率都对海水养殖产量呈显著正相关,即研究海水养殖技术效率对海水养殖产业的发展具有重要意义。

4 建议

为促进我国海水养殖技术效率的提高,本研究提出 6 点建议。

(1)增加工厂化养殖面积,对海水养殖实施精细化和集约化管理,以高效率、高产量、高质量和生态型为目标,促进海水养殖产业由注重数量向注重质量和环境友好生态型转变。

(2)优化海水养殖结构,采用以鱼类为主,不同养殖品种间养、混养和立体养殖的方法;积极探索新的养殖模式,如海水养殖品种与其他农作物品种共养等。

(3)提高海水养殖的机械化水平,对海水养殖的整个过程实行自动化和智能化管理。加强海水养殖机械化技术研究,研发和优化海水养殖设备,建立科学的海水养殖机械化生产技术规范;针对海水养殖对环境的特殊要求,加强相关研究和研发环境调节设备;加强海水养殖数字化管理技术研究和相关物联网系统的开发。

(4)提高海水养殖产值水平,增加海产品附加值和降低相应成本。海水养殖产品要依托强大的物流体系,提高流通速度和扩大流通范围,获取更高的附加值;同时加大产品出口贸易力度,满足国外市场需求。

(5)提高海水养殖规模化程度。有效组织个体养殖户实行专业化养殖和标准化经营,精细分工,紧密合作,努力形成低成本、生态型和高产值的生产机制;发展海水养殖规模经济有利于促进海水养殖产业的专业化、规范化和现代化,加快科技转化为生产力的进程,促进产业的可持续发展。

(6)提高海产品加工水平,为海产品流通和出口贸易提供保障。目前我国海产品加工水平与发达国家相比还有一定的差距,发展空间较大,应积极发挥龙头企业的作用,树立安全观念和品牌意识,依托科技进步、政策支持和相关企业的发展为海水养殖产业创造更多附加值。

5 结语

本研究采用 2005—2015 年我国沿海地区的面板数据,运用 DEA 和 SFA 方法对海水养殖技术效率进行测度,并系统分析海水养殖技术效率的影响因素和意义。研究结果表明:我国海水养殖投入和产出水平较合理,但投入资源的优化配置仍有不足;海水养殖面积、海水养殖人员数量和中间物质

消耗对海水养殖产量有显著的正相关影响,投入的鱼苗数对产量的影响不显著;运用 DEA 和 SFA 方法测度海水养殖技术效率存在显著相关性和差异性,在排序上存在显著一致性;海水养殖技术水平、海水养殖结构、机动渔船比例、海水养殖产值水平和海水养殖规模与海水养殖技术效率呈显著正相关,海产品加工水平呈正相关但不显著;研究海水养殖技术效率对海水养殖产业的发展具有重要意义。最后,基于海水养殖技术效率的影响因素提出相关建议。

参考文献

- [1] 缪为民,袁新华,钱继仁,等.鲤科鱼类池塘养殖技术效率的研究[J].中国渔业经济,2003(4):38—41.
- [2] 孙兆明.我国海水养殖生产要素弹性实证研究:基于超越对数生产函数[J].中国渔业经济,2012(3):133—139.
- [3] ALAM M F, KHAN M A, HUQ A. Technical efficiency in tilapia farming of Bangladesh: a stochastic frontier production approach[J]. Aquacult. International, 2012, 20(4): 619—634.
- [4] ILIYASU A, MOHAMED Z A, ISMAIL M M, et al. Technical efficiency of cage fish farming in Peninsular Malaysia: a stochastic frontier production approach[J]. Aquacult Research, 2016, 47(1): 101—113.
- [5] 郑奕,周应棋.DEA 理论及其在我国海洋渔业中的应用[J].上海水产大学学报,2002,11(1):37—43.
- [6] 林东年,古新标,冯波.基于 DEA 的茂名市渔业生产技术效率评价[J].茂名学院学报,2007,17(3):70—73.
- [7] 刘洋.我国海水养殖投入产出动态效率研究:基于 2004—2013 年 9 省、市面板数据分析[J].海洋开发与管理,2015,32(12):94—99.
- [8] 张萌.基于 DEA 的沿海省市海洋渔业产出效率分析[J].南方农村,2016,32(1):26—30.
- [9] RASMUS N. Green and technical efficient growth in Danish fresh water aquaculture[J]. Aquaculture Economics and Management, 2011, 15(4): 262—277.
- [10] 刘佩.我国淡水养殖的技术效率分析:基于淡水养殖主产区的 SFA 实证分析[D].北京:中国农业科学院,2014.
- [11] 王萍萍.考虑非期望产出的我国海水养殖业效率测评与提升对策研究[D].青岛:中国海洋大学,2015.
- [12] SCHWARK H. Elements which delimitate technical efficiency of fish farms in Ghana[J]. World Aquacult, 2010, 41(4): 506—518.
- [13] ILIYASU A, MOHAMED Z A. Evaluating contextual factors affecting the technical efficiency of fresh water pond culture systems in Peninsular Malaysia: a two-stage DEA approach[J]. Aquaculture Reports, 2016, 3: 12—17.
- [14] ILIYASU A, MOHAMED Z A, TERANO R. Comparative analysis of technical efficiency for different production culture systems and species of freshwater aquaculture in Peninsular Malaysia[J]. Aquaculture Reports, 2016, 3: 51—57.
- [15] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1984, 30(9): 1078—1092.
- [16] BATTESE G E, COELLI T J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India[J]. Journal of Productivity Analysis, 1992, 3(6): 153—169.
- [17] 程慧平.基于 DEA 和 SFA 方法的信息服务业技术效率研究[J].科学学与科学技术管理,2013,34(4):28—34.