

## 中国海水养殖效率分析

朱梓豪 (浙江海洋大学经济与管理学院, 浙江舟山 316022)

**摘要** 基于2004—2019年中国沿海9省海水养殖面板数据,运用传统BCC-DEA模型和Malmquist生产率指数模型对我国海水养殖业进行了效率测算。结果表明,2004—2019年沿海9省海水养殖的整体效率不断提升,全要素生产率(TFPCH)动态均值为1.051,增长5.1%;2004—2019年沿海9省海水养殖的综合效率(EFFCH)动态均值为0.998,降低0.2%,部分省份海水养殖具有“粗放型”特征;全要素生产率的增长动力绝大部分来自技术进步;河北、浙江、辽宁3省的投入持续不足,投入产出组合需要进一步优化。结合研究结论为推动我国海水养殖业的绿色高效发展提出相关建议。

**关键词** 海水养殖;DEA;Malmquist指数;全要素生产率

**中图分类号** S9-9 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)24-0213-04

**doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.24.052



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Efficiency Analysis of Mariculture in China

ZHU Zi-hao (College of Economics and Management, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316022)

**Abstract** Based on the panel data of mariculture in 9 coastal provinces of China from 2004 to 2019, this paper estimated the efficiency of mariculture industry in China by using traditional BCC-DEA model and Malmquist productivity index model. Research conclusions: From 2004 to 2019, the overall efficiency of mariculture in the nine coastal provinces has been continuously improved, with the dynamic mean of total factor productivity (TFPCH) being 1.051, increasing by 5.1%; from 2004 to 2019, the dynamic mean of the comprehensive efficiency (EFFCH) of mariculture in 9 coastal provinces was 0.998, decreasing by 0.2%, and some provinces had the characteristics of “extensive” mariculture. Most of the growth of total factor productivity comes from technological progress. The input of Hebei, Zhejiang and Liaoning provinces continues to be insufficient, and the input-output mix needs further optimization. Based on the research conclusions, some suggestions are put forward to promote the green and efficient development of mariculture industry in China.

**Key words** Mariculture; DEA; Malmquist index; Total-factor productivity

新中国成立以来,我国海水养殖产业迅速发展,从1992年至今海水养殖产量稳居世界第一。《2020中国渔业统计年鉴》数据显示,2019年中国海水养殖产值为3575.29亿元,养殖产品与捕捞产品的产值比例为79.5:20.5。水产品养殖产量和养殖产值连年上升,有效缓解了渔业捕捞的压力,满足了海鲜产品的供给,优化了人民的食品消费结构。然而海水养殖迅速发展的背后也带来了环境污染和效率低下等问题。为解决以上问题,加强对渔业发展方向的引领,国务院及有关部门不断出台有关渔业健康发展、绿色水产养殖的政策意见。2019年发布的《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》是第一个经国务院同意、专门针对水产养殖业的指导性文件,对我国水产养殖业绿色发展提出了具体要求,是当前和今后一个时期指导中国水产养殖业绿色发展的纲领性文件。2021年国务院发布《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》,再次强调要加快农业绿色发展,推行水产健康养殖。为解决人民对高质量、多数量水产品的需求和水产品养殖盲目发展带来的环境污染和效率低下之间的矛盾,必须以绿色发展为导向,不断提高我国海水养殖的生产效率。

目前,国内学者对中国渔业和海水养殖领域的研究,主要侧重于渔业发展的现状研究和粗略的效率测算。李周等<sup>[1]</sup>利用DEA模型对西部地区12个省900个县的农业生产效率进行测算。王珏等<sup>[2]</sup>运用Malmquist方法对中国各地区的农业全要素生产率进行了测算,并分析了农业全要素生产

率的影响因素。于淑华等<sup>[3]</sup>运用Malmquist指数分析了2002—2009年我国沿海省份渔业产业的效率。高强等<sup>[4]</sup>测度了山东省渔业生产效率,总结出山东省渔业存在的问题,并提出改善方案。夏春萍等<sup>[5]</sup>分析了我国大陆31省(市、自治区)的渔业产业的时空演变特征,并提出具体的政策建议。操建华<sup>[6]</sup>以江西、烟台和安吉为例,总结了我国绿色养殖的主要特点、模式和问题,并提出可靠性的建议。操建华等<sup>[7]</sup>对比8种绿色水产养殖模式,提出了水产养殖绿色发展评价三级指标体系。张成等<sup>[8]</sup>利用Malmquist指数方法,测算了我国29个省份的水产养殖技术效率和全要素生产率,并提出相关建议。纪建悦等<sup>[9]</sup>利用DEA模型对我国海水养殖业绿色效率进行评价。

通过总结相关文献,国内学者对海水养殖业效率的研究比较少,且相关研究缺乏时效性,其研究数据和研究结果已经不能说明当前我国海水养殖业的现状和未来的发展方向。笔者结合DEA分析方法和Malmquist生产率指数对我国2004—2019年的海水养殖生产效率进行综合测算,通过定量和定性相结合的方法分析中国海水养殖业近16年来全要素生产率、技术进步和技术效率的变动情况。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 理论与模型

**1.1.1 数据包络分析(DEA)**。DEA分析方法的第一个模型是由美国运筹学家Charnes等在1978年创建的,被称为CCR模型。由于CCR模型中规模报酬不变的条件太过苛刻,不能广泛适用于多种行业和领域的效率测算,Banker、Charnes等对CCR模型进行了改进,将规模报酬不变改成了规模报酬可变,即BCC模型。BCC模型将效率分析进一步分解成

**作者简介** 朱梓豪(1997—),男,山东淄博人,硕士研究生,研究方向:海洋经济。

**收稿日期** 2021-04-21

综合效率(crste)和纯技术效率(vrste),同时明确了规模效率(scale)与综合效率和纯技术效率之间的关系,即规模效率等于综合效率和技术效率的比值。为了更加直观地从结果中分析出中国海水养殖的技术变化、效率变化和规模的有效性,进而探究中国海水养殖业的发展方向,该研究采用基于产出导向的BCC模型,通过模型运算结果找到在当前产出水平和生产环境下,最小化投入的优化方向。

BCC模型<sup>[10]</sup>具体形式为:

$$\min[\theta - \varepsilon(e^T S^- + e^T S^+)]$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m X_j \lambda_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^m Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, m \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

该模型的最优解为 $\lambda, S^-, S^+, \theta$ 。

特别说明:若 $\theta < 1$ ,则非DEA有效;若 $\theta = 1$ ,且 $S^- = S^+ = 0$ ,则说明DEA有效;若 $\theta = 1$ ,且 $S^- \neq 0$ 或者 $S^+ \neq 0$ ,则说明弱DEA有效。

模型(1)中, $j$ 表示设有 $m$ 个决策单元 $DMU_j(j=1, 2, \dots, m)$ ;  $X$ 表示投入变量;  $Y$ 表示产出变量;  $\theta$ 表示径向优化量或“距离”;  $S^-$ 和 $S^+$ 表示松弛变量,  $S^-$ 表示投入冗余,即现有产出

下可以减少的投入量,  $S^+$ 表示产出不足,即现有投入情况下可以增加的产出量;  $\varepsilon$ 是非阿基米德无穷小量(通常取 $\varepsilon = 10^{-6}$ )。

**1.1.2 Malmquist指数。**Malmquist在1953年分析消费的过程中提出Malmquist指数,此后与传统DEA模型相结合成为一种生产效率的测算方法,在各个领域的生产率测算中被广泛应用<sup>[11]</sup>。其基本原理可以用以下3个公式进行说明:

$$M_0^t(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \frac{D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^t(X_t, Y_t)} \quad (2)$$

$$M_0^{t+1}(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^t(X_t, Y_t)} \quad (3)$$

$$M_0(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \sqrt{\frac{D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^t(X_t, Y_t)} \times \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^t(X_t, Y_t)}} \quad (4)$$

公式(2)表示 $t$ 时期的Malmquist指数;公式(3)表示 $t+1$ 时期的Malmquist指数;公式(4)表示Malmquist全要素生产率指数。其中, $(X_t, Y_t)$ 和 $(X_{t+1}, Y_{t+1})$ 分别表示 $t$ 时期和 $t+1$ 时期的投入和产出向量,  $D_0^t(X_t, Y_t)$ 和 $D_0^{t+1}(X_t, Y_t)$ 表示以 $t$ 和 $t+1$ 时期技术为参照的 $t$ 时期投入产出向量的产出距离函数。

**1.1.3 测算步骤。**DEA模型测算步骤见图1。

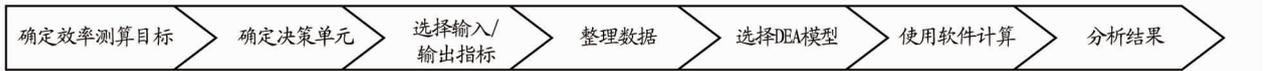


图1 DEA模型测算步骤

Fig.1 DEA model calculation steps

**1.2 数据来源** 选择2004—2019年浙江、山东、辽宁、福建、江苏、广东、广西、海南、河北9个沿海省份的海水养殖面板数据作为实证分析的样本数据。数据摘自《中国渔业统计年

鉴(2005—2020)》。2004—2019年中国海水养殖投入、产出指标描述性统计见表1。

表1 2004—2019年中国海水养殖投入、产出指标描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of input and output indicators of mariculture in China during 2004—2019

指标类型 Indicator type	指标 Indicators	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	标准差 Standard deviation
投入指标 Input indicators	海水养殖人员//人	225 139 (福建 2019)	13 128 (河北 2004)	94 920.59	61 951.380
	海水养殖面积//hm <sup>2</sup>	942 050 (辽宁 2013)	9 120 (海南 2007)	217 955.22	217 308.640
	海水养殖渔船功率//kW	289 092 (山东 2018)	280 (广西 2004)	102 291.35	87 774.840
产出指标 Output indicators	海水养殖产值//万元	9 098 346 (山东 2018)	150 206 (河北 2004)	234 1147.91	2 172 609.387
	海水养殖产量//t	5 210 855 (山东 2018)	160 155 (海南 2004)	1 829 584.72	1 452 272.952

## 2 结果与分析

**2.1 BCC-DEA模型测算结果** 该研究使用DEAP 2.1软件进行测算,采用BCC模型、投入导向(Input orientated)的方法核算得到如下结果。数据显示大部分省份综合效率(crste)、技术效率(vrste)、规模效率(scale)为最优,规模报酬不变,所以表2仅列出非最优省份的测算结果。由于2013—2019年测算结果变化不大,故2014—2018年结果省略。变量之间的关系:规模效率=综合效率/技术效率。

从整体结果来看,2004—2019年福建、广西、海南、山东4省(区)的海水生产综合效率、技术效率、规模效率、规模报酬均为最优。说明4省(自治区)投入要素的组合效率、技术更

新速度、技术推广效果、区域发展水平一直保持在较好的状态。生产效率非最优省份中河北省出现次数最多,为16次,随后分别是辽宁13次,浙江12次,江苏5次,广东1次。特别注意的是,2013—2019年生产效率非最优省份均为河北、辽宁、浙江3省。

从综合效率一栏的具体数据来看:福建、广西、海南、山东4省(自治区)16年来综合效率均为1,河北、浙江、辽宁、江苏、广东5省的海水养殖综合效率年平均分别分别为0.70、0.85、0.88、0.96、0.99。数据说明河北海水养殖整体水平低于其他省份,还有进一步提升的空间。从技术效率一栏的具体数据来看,福建、广西、海南、山东、河北5省(自治区)16年来

技术效率均为 1, 辽宁、浙江、江苏、广东 4 省海水养殖技术效率年平均平均值分别为 0.91、0.94、0.99、0.99。说明辽宁等 4 省利用现有资源的能力有待提升, 需要加快海水养殖技术更新速度、提高技术推广效率。特别注意河北的综合效率全部低于 1, 但技术效率全部等于 1, 说明导致河北省综合效率值低的原因全部来源于规模效率不足, 同时说明河北省海水养殖技术水平和技术推广效率水平较高。

表 2 BCC—DEA 模型测算结果(非最优省份)

Table 2 BCC—DEA model calculation results(non-optimal province)

年份 Year	省份 Provinces	综合效率 (crste)	技术效率 (vrste)	规模效率 (scale)	规模报酬 Return to scale
2004	广东	0.900	0.918	0.981	drs
	河北	0.909	1.000	0.909	irs
2005	河北	0.652	1.000	0.652	irs
	辽宁	0.950	0.972	0.977	irs
2006	河北	0.805	1.000	0.805	irs
2007	河北	0.954	1.000	0.954	irs
2008	河北	0.687	1.000	0.687	irs
	江苏	0.978	1.000	0.978	irs
2009	辽宁	0.692	0.713	0.971	irs
	浙江	0.836	0.839	0.996	drs
	河北	0.656	1.000	0.656	irs
2010	江苏	0.948	1.000	0.948	irs
	辽宁	0.690	0.699	0.988	irs
	浙江	0.792	0.793	0.998	drs
2011	河北	0.824	1.000	0.824	irs
	江苏	0.919	1.000	0.919	irs
	辽宁	0.884	0.896	0.987	irs
2012	浙江	0.846	0.893	0.948	irs
	河北	0.379	1.000	0.379	irs
	江苏	0.687	0.931	0.738	irs
2013	辽宁	0.620	0.631	0.983	irs
	浙江	0.884	0.925	0.955	irs
	河北	0.650	1.000	0.650	irs
2019	江苏	0.815	1.000	0.815	irs
	辽宁	0.831	0.863	0.962	irs
	浙江	0.815	0.912	0.894	irs
2019	河北	0.610	1.000	0.610	irs
	辽宁	0.893	0.921	0.969	irs
	浙江	0.798	0.896	0.891	irs
2019	河北	0.857	1.000	0.857	irs
	辽宁	0.950	0.983	0.967	irs
	浙江	0.797	1.000	0.797	irs

从规模效率一栏的具体数据来看, 福建、广西、海南、山东 4 省(自治区) 16 年来效率规模均为 1; 河北、浙江、辽宁、江苏、广东 5 省海水养殖规模效率年平均值为 0.70、0.91、0.97、0.96、0.99。说明河北等 5 个省份资源配置效率有待提升, 没有在当前投入水平下实现最大的产出。

从规模报酬来看, 福建、广西、海南、山东 4 省(自治区) 16 年来海水养殖生产全部是最优规模; 河北 16 年来均为规模报酬递增, 说明该省海水养殖的投入不足, 潜能未能得到充分的发挥; 辽宁 12 年报酬效率递增; 浙江 10 年报酬效率递增, 2 年报酬效率递减; 江苏 5 年报酬效率递增; 广东 1 年

报酬效率递减。报酬效率递增的地区和年份说明要素投入不足要增加投入, 报酬效率递减的地区和年份说明现有生产力水平下投入的生产资料过量, 边际收益递减, 需要减少投入量。

由于过去时间节点的投入已无法重新配置, 该研究仅针对 2019 年的截面数据进行详细分析。DEA 计算结果显示, 辽宁省 2019 年松弛变量不为 0, 即存在投入冗余。可在 2019 年基础上将  $input_1$ (海水养殖人数) 减少 1 767 人;  $input_2$ (海水养殖面积) 减少 290 696.207  $hm^2$ , 将  $input_3$ (海水养殖渔船功率) 减少 19 013.587 kW。

**2.2 Malmquist 指数测算结果** 总体来看, 由表 3 可知, 2004—2019 年 9 省份海水养殖的平均全要素生产率 (tfpch) 增长了 5.1%, 且所有省份的全要素生产率均大于 1。从平均值来看, 技术效率 (effch) 平均值降低了 0.2%, 技术进步 (techch) 平均值增长了 5.3%, 说明全要素生产率的增长全部来自技术进步; 其中技术效率 (effch) 又可进一步分解为纯技术效率 (pech) 和规模效率 (sech), 纯技术效率增长了 0.1%, 规模效率降低了 0.2%, 因此技术效率降低的主要原因是规模效率的降低。

表 3 Malmquist 指数测算结果(不同省份)

Table 3 Malmquist index measurement results(different provinces)

省份 Provinces	effch	techch	pech	sech	tfpch	排序 Sort
福建 Fujian	1.000	1.046	1.000	1.000	1.046	8
广东 Guangdong	1.007	1.052	1.006	1.001	1.060	3
广西 Guangxi	1.000	1.050	1.000	1.000	1.050	6
海南 Hainan	1.000	1.009	1.000	1.000	1.009	9
河北 Hebei	0.996	1.068	1.000	0.996	1.064	2
江苏 Jiangsu	1.000	1.067	1.000	1.000	1.067	1
辽宁 Liaoning	0.997	1.054	0.999	0.998	1.050	6
山东 Shandong	1.000	1.055	1.000	1.000	1.055	5
浙江 Zhejiang	0.985	1.075	1.000	0.985	1.059	4
平均值 Average value	0.998	1.053	1.001	0.998	1.051	

从各省份的差异来看, 沿海 9 省份的全要素生产率全部提高, 其中 7 个省份增长率超过 5%, 福建增长率为 4.6%, 只有海南省增长较慢, 仅为 0.9%。从全要素生产率提高的动力来看, 除广东以外的其余 8 个省份技术效率均小于或等于 1, 说明除广东外的其余各省份技术效率未对全要素生产率的增长作出贡献; 已知全要素生产率 = 技术效率 × 技术进步, 并且结合表 3 数据, 可以发现沿海 9 省份全要素生产率的提高主要来自技术进步, 均属于技术进步驱动型, 表明沿海 9 省份对海水养殖的科技投入力度很大, 科研成果丰硕。具体来看, 每个省技术效率降低的原因也各有不同, 河北、浙江是规模效率的降低所导致, 需要不断优化配置投入产出组合; 辽宁则是纯技术效率和规模效率的共同减低所导致, 不仅需要优化投入产出组合还要提高海水养殖技术推广的效果, 不断提高科技进步的利用效率。

从图 2 来看, 2004—2005 年、2005—2006 年、2007—2008 年、2010—2011 年 4 个时期全要素生产率小于 1。2009—2010 年、2011—2012 年 2 个时期全要素生产率增幅最大, 达

到30%以上,到达2个波峰。随后2012—2019全要素生产率仍大于1,但增速逐渐放缓较为平稳,说明带动全要素增长的动力逐渐衰退需要不断挖掘新的增长极。具体来看,2009—2010年全要素生产率增幅较大的原因是技术进步,2011—2012年全要素生产率增幅较大则是技术效率和技术进步共同作用的结果。2007—2008年、2010—2011年2个时期到达波谷,5项指标结果均小于1,说明这2个时期我国海水养殖业相对落后。

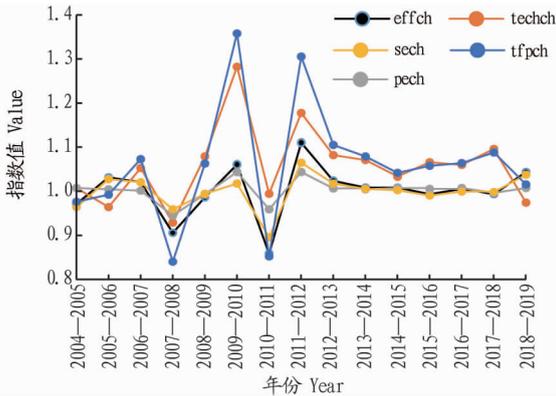


图2 Malmquist 指数测算结果折线图(不同年份)

Fig.2 Malmquist index measurement results(different years)

### 3 结论与建议

#### 3.1 结论

(1)从BCC-DEA模型测算结果可以得出,2004—2019年福建、广西、海南、山东4省(自治区)各项效率值均为最优,广东趋于最优,上述5个省份无须进行大规模调整。河北一直受规模效率的影响导致整体效率持续偏低,具有“粗放型”的特征,需要不断提高规模效率,在投入产出规模和资源配置方面进行优化;江苏同样需要提高规模效率;辽宁应加强科技投入,充分利用科研建设成果提高技术效率;浙江应在优化资源配置和技术水平等方面同步提高。

(2)从Malmquist指数测算结果可以得出,2004—2019年我国海水养殖业持续增长。同时,指数测算结果充分说明了我国海水养殖业进步的动力来源是全要素增长率的提高,并非单纯的投入型增长。符合李克强总理《2015年政府工作报告》中提到的中国经济要通过提升全要素生产率来提高发展质量和效益的理念和方向。

**3.2 中国海水养殖业SWOT分析结果** 中国海水养殖业SWOT分析结果见图3。

#### 3.3 建议

**3.3.1 推动养殖适度规模化。**我国大部分海水养殖从业者生产规模较小,以“小农”经营为主,生产效率低,单位成本高,抵御风险的能力弱。因此未来要适度规模经营,不断靠近规模化、工业化、标准化的生产模式。同时,各地政府要做好统筹规划,充分挖掘自己区域内的比较优势,开展特色养

殖。同时,养殖规模要适度,不可盲目发展,保证养殖活动在海洋资源的承载范围内。

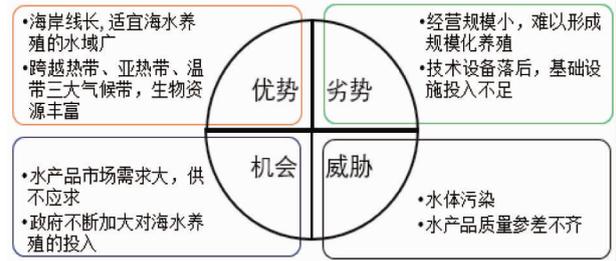


图3 中国海水养殖SWOT分析

Fig.3 SWOT analysis of mariculture in China

**3.3.2 加强技术成果普及化。**国家和地方政府要加大对海水养殖技术研究的投入,整合科研资源,鼓励高校、科研机构、企业之间建立产学研相结合的海水养殖技术创新模式,加快科技成果的转化速度。努力从依赖科技投入推动产业经济增长向依靠技术进步推动产业经济增长转变。

**3.3.3 加强政策扶持精准化。**海水养殖业具有较强的弱质性,需要政府不断加强政策扶持。重点是金融领域的扶持,通过提供低息或无息贷款、适当延长偿还期限、设立专项基金等方式,解决养殖户资金困难的问题。同时,要加强市场信息服务,构建信息收集、整理和发布机制,发展网上贸易和电子商务,降低海水养殖户的风险。

**3.3.4 推进海水养殖标准化。**我国海水养殖业处于“粗放型”的养殖阶段,应当转变以往的养殖方式,推进养殖全过程的标准化和专业化。因此,今后要大力推行海水养殖全过程的标准化,提高水产品质量,生产出既符合国情又适应国际市场的高标准水产品。

#### 参考文献

- [1] 李周,于法稳.西部地区农业生产效率的DEA分析[J].中国农村观察,2005(6):2-10,81.
- [2] 王珏,宋文飞,韩先锋.中国地区农业全要素生产率及其影响因素的空间计量分析:基于1992~2007年省域空间面板数据[J].中国农村经济,2010(8):24-35.
- [3] 于淑华,于会娟.中国沿海地区渔业产业效率实证研究:基于DEA的Malmquist指数分析[J].中国渔业经济,2012,30(3):140-146.
- [4] 高强,丁慧媛.山东省渔业生产效率及其变动趋势的测算与分析[J].中国渔业经济,2011,29(4):107-114.
- [5] 夏春萍,董蓓.我国省域渔业可持续发展水平测度及时空演变特征分析[J].农业技术经济,2014(12):118-126.
- [6] 操建华.水产养殖业的绿色发展模式与生态支持政策案例研究:以江西、烟台和安吉为例[J].农村经济,2018(5):34-39.
- [7] 操建华,桑靠儿.水产养殖业绿色发展理论、模式及评价方法思考[J].生态经济,2020,36(8):101-106,153.
- [8] 张成,张伟华,高志平.我国水产养殖业技术效率和全要素生产率研究[J].农业技术经济,2014(6):38-45.
- [9] 纪建悦,曾琦.基于全局DEA的中国海水养殖业绿色技术效率时空演化分析[J].中国管理科学,2016,24(S1):774-778.
- [10] 魏权龄,崔宇刚.评价相对有效性的几个重要DEA模型——数据包络分析(二)[J].系统工程理论与实践,1989(2):55-68.
- [11] 章祥荪,贵斌威.中国全要素生产率分析:Malmquist指数法评述与应用[J].数量经济技术经济研究,2008(6):111-122.