

基于 SFA 模型的我国海洋渔业绿色生产效率时空分异研究

朱爱方, 平瑛

(上海海洋大学 上海 201306)

摘要:为应对海洋渔业发展新挑战,促进渔业经济与生态环境协同发展,践行全面协调可持续发展要求。文章基于2009—2019年我国沿海省(自治区、直辖市)数据,运用包含生态环境的随机前沿生产函数、泰尔指数分别量化我国海洋渔业绿色生产效率及其地区差异与变化程度,并对其影响因素进行回归分析。结果表明:(1)2009—2019年我国海洋渔业绿色生产效率呈现逐年上升的趋势,但整体水平仍不高,随着海洋渔业绿色生产效率水平的逐步提升,其增长率呈下降趋势;(2)泰尔指数逐年降低,表明我国海洋渔业绿色生产效率的区域差异正逐渐缩小;(3)海洋渔业经济总产值占地区GDP比重、海洋捕捞产量占海水产品产量比重、渔业从业人员专业化程度、水产技术推广经费对我国海洋渔业绿色生产效率产生显著的正向影响,水产品因污染造成损失产生负向影响。据此提出加强海洋资源监测、强化海洋渔业科技支撑、转变渔业发展模式等对策建议。

关键词:海洋渔业;绿色生产效率;随机前沿分析;泰尔指数

中图分类号:P74

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2023)03-0133-11

Research on Temporal and Spatial Differentiation of Green Production Efficiency of Marine Fishery in China Based on SFA Model

ZHU Aifang, PING Ying

(Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to cope with the new challenges of marine fishery development, promote the coordinated development of fishery economy and ecological environment, and practice the requirements of comprehensive and coordinated sustainable development, based on the data of coastal provinces and cities from 2009 to 2019, this paper used the stochastic frontier production function and the Thiel index including the ecological environment to quantify the green production efficiency of marine fisheries in China and its regional differences and changes, and conducted regression analysis of its influencing factors. The results showed that: (1) from 2009 to 2019, the green production efficiency of China's marine fisheries showed an upward trend year by year, but

收稿日期:2022-03-04;修订日期:2023-02-06

作者简介:朱爱方,硕士研究生,研究方向为应用经济学

通信作者:平瑛,教授,硕士,研究方向为渔业经济、产业经济

the overall level was still not high, and with the gradual improvement of the green production efficiency level of marine fisheries, its growth rate showed a downward trend; (2) the Thiel index decreased year by year, indicating that the regional differences in the green production efficiency of marine fisheries in China were gradually narrowing; (3) the proportion of marine fishery economic output value in regional GDP, the proportion of marine fishing output in seawater product production, and the degree of specialization of fishery practitioners, the funding for the promotion of aquatic technology had a significant positive impact on the green production efficiency of China's marine fisheries, and the loss of aquatic products due to pollution had a negative impact. Accordingly, countermeasures and suggestions such as strengthening the monitoring of marine resources, strengthening the scientific and technological support of marine fisheries, and changing the development mode of fisheries were proposed.

Keywords: Marine fisheries, Green production efficiency, Stochastic frontier analysis, Theil index

0 引言

长期以来,我国海洋渔业秉持着“变资源优势为经济优势”的发展思路,依托海洋资源取得快速发展,但同时海洋渔业资源衰退、生态环境恶化等问题日趋严重。现阶段我国渔业发展所面临的主要矛盾已转变为资源环境的刚性约束与渔业可持续发展之间的矛盾。渔业发展的战略与目标也做出重大调整,重心从以海洋捕捞为主、水产养殖为辅转为以水产养殖为主、海洋捕捞为辅;经济效益目标从单纯、盲目追求增长,转向以谋求可持续、稳定发展^[1]。党的十九大报告进一步强调贯彻绿色发展理念,大力推进生态文明建设目标要求;2019年的《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》中提出“将绿色发展理念贯穿于水产养殖生产全过程,推行生态健康养殖制度”等措施。这无疑对海洋渔业发展提出了新要求。

在此背景下,定量测度海洋渔业绿色生产效率,并进一步分析影响海洋渔业绿色生产效率的主要因素,对于促进渔业与生态环境协同演进,实现渔业可持续发展具有一定的现实意义。本研究通过文献梳理发现测度生产效率的方法主要有以下两种模型:一种是数据包络分析(Data Envelope Analysis, DEA)模型。如,张彤^[2]、岳冬冬等^[3]运用DEA方法测度海洋捕捞业生产效率,高强等^[4]、李

辉等^[5]、平瑛等^[6]分别对山东省、河北省全国海洋渔业生产效率进行测算。另一种是随机前沿分析(Stochastic Frontier Analysis, SFA)模型。孙炜琳等^[7]、梁铄等^[8]、卢昆等^[9]运用SFA模型分别测度淡水养殖渔业、近海捕捞业、远洋渔业技术效率。而以往仅仅测度海洋渔业技术效率、产出效率的研究逐渐与实际相背离,学者们也不约而同地将研究视角由测度生产效率向测度绿色生产效率、生态效率转变。包含生态环境因素的研究有两类处理方式:一类是将环境因素作为产出指标进行测度。如,郑慧等^[10]、张甜甜等^[11]、郑鹏等^[12]将碳排放量作为非期望产出测度海洋渔业绿色生产效率;秦宏等^[13]、韩增林等^[14]、张樾樾等^[15]、王泽宇等^[16]将海水养殖污染产出量作为非期望产出分别测度海水养殖以及我国海洋渔业生态效率。另一类是将环境因素作为投入指标进行测度。如,胡求光等^[17]将沿海地区工业“三废”排放量作为环境污染投入指标评估我国海洋生态效率。

综上发现测度我国海洋渔业绿色生产效率的研究相对匮乏,且大多采用DEA模型,将环境污染因素作为非期望产出,很少将其作为投入要素进行测度。但养殖生物所排放的污染物将伴随着渔业生产活动同时进行,并且囿于技术落后,无法将渔业生态环境中污染物全部清理,如此反复,环境中的污染物会对渔获物产出

造成影响,进而对渔业生产效率产生一定的影响,因此将其作为投入要素更为合理。同时构建包含环境因素的随机前沿生产函数测度农业生产效率的研究^[18-21]已相对成熟,考虑到渔业生产与农业一样,易受天气、自然灾害等不可控因素的影响,而 DEA 模型对样本异常值较为敏感^[18]。因此本研究借鉴农业相关研究,选择 SFA 模型估计前沿生产函数,将环境因素纳入投入指标体系,构建超越对数生产函数,量化我国海洋渔业绿色生产效率。并通过泰尔指数对区域差异化水平进行量化,最后深入探讨我国海洋渔业绿色生产效率影响因素,据此提出针对性建议,对促进我国海洋渔业绿色可持续发展具有一定的现实意义。

1 模型构建与数据说明

1.1 模型构建

1.1.1 海洋渔业绿色生产效率模型

构建由 Battese 等^[22]所提出的超越对数生产函数模型,并借鉴李兆亮等^[20]研究中模型,具体公式如下:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln X_{ij} + \sum_j \beta_{jj} (\ln X_{ij})^2 + \sum_j \sum_k \beta_{jk} X_{ij} X_{ik} + \beta_z \ln Z_{it} + \beta_{zz} (\ln Z_{it})^2 + \sum_j \beta_{jz} X_{ij} Z_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) \quad (2)$$

$$\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2) \quad (3)$$

式中: Y_{it} 为海洋渔业经济产值,表示第 i 个省(自治区、直辖市)第 t 年海洋渔业经济产值 $i=1,2,\dots,9, t=2009,2010,\dots,2019$; X 为海洋渔业生产要素投入, j, k 分别为劳动力及资本投入; Z 为环境污染因素; β 为待估计参数; v 为随机误差项; u 为无效率项; TE_{it} 为第 i 个省(自治区、直辖市)第 t 年海洋渔业绿色生产效率,表示包含环境污染因素在内的海洋渔业实际产出与最优产出前沿面之间的偏离; γ 为随机扰动项中无效率,若 γ 趋向于 1,则适用于随机前沿分析方法,若 γ 趋于 0,则说明不适用于随机前沿分析方法,用普通最小二乘法即可。具体指标选取如表 1 所示。

表 1 我国海洋渔业绿色生产效率指标体系

Table 1 Index system of green production efficiency of marine fishery in China

指标类型	一级指标	二级指标
产出指标	海洋渔业经济产值	海水养殖产值及海洋捕捞产值之和
投入指标	生产要素	劳动力(j):海洋渔业从业人员 资本(k):年末海洋机动渔船数量
	环境污染要素	海水养殖 N、P、COD 污染物排放量

从生产实际来看,除上述人为可控因素外,还有天气、自然灾害等不可控因素对海洋渔业绿色生产效率造成影响,由于数据的不可获得性,因此未将其纳入指标体系中。此外未将水产养殖面积纳入体系中的原因为:一是因为水产养殖面积易受自然灾害影响,造成数据偏差;二是海洋捕捞面积未知,且各沿海省(自治区、直辖市)养殖与捕捞结构不同,如浙江省以海洋捕捞业为主,广东省则以海水养殖业为主,仅水产养殖面积不能客观代表各地海洋渔业资源投入情况。

1.1.2 生产效率区域差异模型

应用泰尔指数^[23]测度我国海洋渔业绿色生产效率的空间差异,具体公式如下:

$$T = \sum_{n=1}^n \left[\frac{1}{n} \times \frac{TE_i}{TE} \times \ln \left(\frac{TE_i}{TE} \right) \right] \quad (4)$$

式中: n 为沿海省(自治区、直辖市)个数; TE_i 为第 i 省(自治区、直辖市)海洋渔业绿色生产效率; TE 为海洋渔业绿色生产效率平均值; $T \in [0, \ln n]$, T 值越小说明沿海省(自治区、直辖市)海洋渔业生产效率空间差异越小,反之亦然。泰尔指数可以分为区域间和区域内两个组成部分的泰尔指数之和,将 9 个沿海省(自治区、直辖市)分为黄渤海区(河北、辽宁、山东)、东海区(江苏、浙江、福建)、南海区(广东、广西、海南),其中区域间泰尔指数计算公式为:

$$T_R = \sum_{r=1}^3 \left[\frac{n_r}{n} \times \frac{TE_r}{TE} \times \ln \left(\frac{TE_r}{TE} \right) \right] \quad (5)$$

式中: n_r 为区域 r 中省(自治区、直辖市)数量; TE_r 为区域 r 海洋渔业绿色生产效率的均值。

1.2 数据说明

研究数据主要来源于《中国渔业统计年鉴》(2010—2020 年)直接统计数据或简单计算而得。

其中海洋渔业绿色生产效率模型中海水养殖生物 N、P、COD 污染物排放量数据参考宗虎民等^[24]研究根据以下公式获得:

$$L = R \times W \quad (6)$$

式中: L 为海水养殖生物 N、P、COD 污染物排放总量; R 为排污系数, 选取《水产养殖业污染源排污系数手册》中所列示的数据; W 为海水养殖生物产量(忽略水产种苗投放量)。

2 我国海洋渔业绿色生产效率结果分析

运用 Frontier4.1 软件对随机前沿生产函数进行最大似然估计, 参数估计结果详见表 2。

表 2 随机前沿生产函数估计结果

Table 2 Stochastic frontier production function estimation results

变量	参数	系数	标准误	t 值
常数项	beta 0	7.098 6***	7.599 3	9.341
$\ln X_k$	beta 1	0.605 1***	2.121 6	2.852
$(\ln X_k)^2$	beta 2	-0.402 3	0.286 5	-1.404 5
$\ln X_j$	beta 3	-3.918 1***	2.303 5	-17.010
$(\ln X_j)^2$	beta 4	0.219 7*	0.207 2	1.060 3
$\ln Z$	beta 5	0.980 9***	1.122 2	8.741
$(\ln Z)^2$	beta 6	-0.070 5	0.057 2	-1.231 8
$\ln X_k \times \ln X_j$	beta 7	0.665 3	0.460 5	1.444 6
$\ln X_k \times \ln Z$	beta 8	-0.267 5*	0.151 3	-1.768 7
$\ln X_j \times \ln Z$	beta 9	0.237 6	0.153 8	1.545 2
σ^2		0.412 6	0.324 3	1.272 3
γ		0.957 7***	0.036 2	26.459 0
η		0.079 1***	0.016 8	4.715 6
单边误差检验值=144.027 4				

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

由表 2 可知 $\gamma = 0.957 7$, 在 1% 水平下通过了显著性检验, 说明技术非效率所占比为 95.77%, 其余 4.23% 来自统计误差等影响。且单边似然估计量为 144.027 4, 通过了 1% 水平下的显著性检验, 技术非效率项对我国海洋渔业绿色生产效率影响显著, 表明运用随机前沿生产函数能够有效地估计我国海洋渔业绿色生产效率。同时参数 η 通过了 1% 水平下的显著性检验且大于 0, 表明 2009—2019 年技术效率在不断提高。

2.1 我国海洋渔业绿色生产效率时空差异分析

根据 2009—2019 年我国各沿海省(自治区、直

辖市)海洋渔业绿色生产效率测算结果绘制表 3。

表 3 2009—2019 年我国 9 个沿海省(自治区、直辖市)海洋渔业绿色生产效率

Table 3 From 2009 to 2019, the green production efficiency of marine fisheries in 9 coastal provinces (autonomous regions and municipalities directly under the central government) of China

年份	河北	辽宁	江苏	浙江	福建	山东	广东	广西	海南	均值
2009	0.162 4	0.517 7	0.368 3	0.431 0	0.295 4	0.379 4	0.306 2	0.121 7	0.153 0	0.303 9
2010	0.186 5	0.544 2	0.397 3	0.459 4	0.324 1	0.408 4	0.335 0	0.142 8	0.176 5	0.330 5
2011	0.211 9	0.569 9	0.426 1	0.487 4	0.353 0	0.437 1	0.364 0	0.165 6	0.201 3	0.357 4
2012	0.238 4	0.594 8	0.454 7	0.514 7	0.382 1	0.465 5	0.393 0	0.189 9	0.227 4	0.384 5
2013	0.265 8	0.618 7	0.482 7	0.541 3	0.411 0	0.493 3	0.421 9	0.215 4	0.254 5	0.411 6
2014	0.294 0	0.641 7	0.510 2	0.567 2	0.439 8	0.520 5	0.450 5	0.242 1	0.282 4	0.438 7
2015	0.322 6	0.663 7	0.536 9	0.592 1	0.468 1	0.547 0	0.478 7	0.269 6	0.310 9	0.465 5
2016	0.351 6	0.684 6	0.562 9	0.616 2	0.495 9	0.572 6	0.506 2	0.297 9	0.339 7	0.492 0
2017	0.380 7	0.704 6	0.588 0	0.639 3	0.523 0	0.597 4	0.533 1	0.326 6	0.368 8	0.517 9
2018	0.409 7	0.723 6	0.612 2	0.661 4	0.549 4	0.621 2	0.559 2	0.355 6	0.397 8	0.543 3
2019	0.438 4	0.741 6	0.635 5	0.682 5	0.575 0	0.644 1	0.584 5	0.384 7	0.426 7	0.568 1

2.1.1 我国海洋渔业绿色生产效率时序演化分析

由表 3 可知, 2009—2019 年我国海洋渔业绿色生产效率呈现逐年提升的趋势, 由 2009 年 0.303 9 升至 2019 年 0.568 1, 年均增长率约为 6.46%, 但整体水平仍不高。在理想化水平下, 预计 2025 年我国海洋渔业绿色生产效率将突破 80%。

将 2009 年和 2019 年沿海地区海洋渔业绿色生产效率及其增长率绘制图 1, 可以发现国内 9 个沿海地区生产效率均有不同程度的提升。其中广西海洋渔业绿色生产效率大幅提升, 2019 年生产效率为 0.384 7 约为 2009 年的 3.2 倍, 海南和河北增长率分别以 179%、170% 仅次于广西, 浙江和辽宁增长率较低分别为 58.35% 和 43.25%。由此可以表明我国 9 个沿海地区海洋渔业绿色发展水平均逐步提高。

通过对比沿海地区生产效率与其增长率大小关系, 发现沿海地区海洋渔业绿色生产效率增长率与效率水平的高低呈现相反态势, 即高生产效率的地区具有较低的增长率, 低生产效率的地区具有较高的增长率。这是由于生产效率较低的地区海洋渔业发展起步较晚, 且规模较小, 通过不断扩大规模, 积极发展海洋渔业, 产生规模经济带来绿色生产效率迅速提升。以广西为例, 其海洋渔业专业从

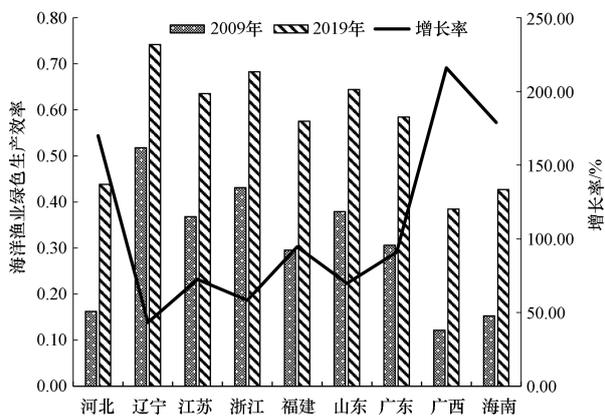


图1 2009年和2019年9个沿海地区海洋渔业绿色生产效率及增长率

Fig.1 Green production efficiency and growth rates of marine fisheries in nine coastal areas in 2009 and 2019

业人员规模急剧扩大,11年间增长了约47.24%,产值增长了约1.7倍,绿色生产效率增长率高达216.04%。辽宁、浙江和山东等生产效率较高的地区,海洋渔业发展相对成熟,已形成较为稳定的发展模式。但目前囿于技术落后,所造成的技术非效率尚未有实质性改变,很难再取得快速的增长,因此高生产效率的地区增长率较低。由此推断我国海洋渔业绿色生产效率空间差异正在逐渐缩小。

2.1.2 我国海洋渔业绿色生产效率空间差异分析

我国海洋渔业绿色生产效率随时间推移而提升的同时,空间分布仍存在明显差异。参考李兆亮等^[20]研究中所示生产效率等级的划分标准(表4),将9个沿海地区分为3组。

表4 生产效率划分标准

Table 4 Division standard of production efficiency

生产效率值	等级
0.5~1.0	高效率
0.4~0.5	较高效率
0.3~0.4	中等效率
0.2~0.3	中低效率
0.0~0.2	低效率

(1)高效率水平组,包括辽宁、江苏、浙江和山东。辽宁均值约为0.6368位居第一,江苏、浙江和山东均值介于0.5~0.6,处于高效率水平,领先于其

他沿海地区。其中辽宁2009—2019年均已达到高效率水平,辽宁以海水养殖业为主,2019年水产养殖面积达到84万 hm^2 ,为全国之最。通过不断培育名特优品种,如虾夷扇贝、杂色蛤、海蜇等产品,建设浅海底播增殖区、内陆水域增殖区不断优化养殖结构。同时致力于保护近海渔业资源环境,其水产养殖N、P、COD排污量小于山东、广东等其他养殖大省。除此之外辽宁积极扶持远洋渔业发展,远洋渔业技术效率高于其他沿海地区^[9]。同时高达66.87%的专业人员占比率为海洋渔业生产效率的提升提供了必要条件。

浙江省坐拥舟山渔场,海洋资源丰富,远洋渔业起步早发展迅速,以海洋捕捞业为主,海洋捕捞产量占比高达76%。由于渔业资源的外部性,捕捞强度多年只增不降,致使海洋资源自我修复能力的减弱而逐渐衰竭,2015年浙江发布首个“海洋捕捞标准”,不断推进传统捕捞渔民转产转业进程,降低近海海域捕捞强度。同时建设舟山国家级远洋基地,积极推动海洋渔业纵深发展。发展嵊泗贻贝、大黄鱼等名特优产品,并依托于港口等基础设施的完善,不断扩大国外需求市场,推动海洋渔业提质增效。2017年建立“河长制”监督体系,整治入海排污,致力于修复海洋渔业生态环境,促使浙江11年间实现从较高效率到高效率水平的转变。

江苏和山东实现从中等效率到高效率水平的转变,其中山东海洋渔业拥有75.89万 hm^2 的水产养殖面积仅次于辽宁,为海水养殖业的发展提供了良好的物质基础,其海水养殖产值连续多年居全国首位。2019年海洋渔业专业从业人员高达98万人,在其他沿海地区都呈负增长时,仍实现50.25%的增长率。这得益于山东省内设有中国水产研究院、中国海洋大学等科研机构,吸纳了更多的高素质人才从事渔业活动、创新水产技术,大大提高了其海洋渔业生产效率。同时,近年来山东大力推动休闲垂钓、海洋牧场、休闲渔业等新型一、二、三产业融合发展模式,打造青岛、烟台、威海等海滨旅游城市,其休闲渔业产值近10年来均位居首位,2019年高达291.73亿元约为广西的58倍,为其海洋渔业绿色生产效率的提升奠定了基础。

江苏海洋机动渔船数量下降幅度最大,由2009年的12 262艘降至5 783艘,减少了约52.84%。依托于江苏较高经济水平,对渔民转产转业工作提供了保障,已实现327.78万渔民进行技术培训。同时对渔业水产技术推广经费投入力度较大,水产技术推广范围覆盖广,并且大力培育技术人才,其中高级技术人员占比约为43.7%,处于领先水平。养殖生物排污量与同期海洋渔业发达地区相比,明显较低。此外江苏地处长三角区域,积极开展增殖放流,养护海洋渔业资源,修复海洋生态环境。同时大力发展休闲渔业新型模式,其休闲渔业产值仅次于山东省。以上举措均积极提高江苏省海洋渔业绿色生产效率,实现向高效率水平的转变。

(2)较高效率水平组,包括福建和广东,均值介于0.4~0.5。福建海洋渔业发展迅速,海洋渔业产值由2009年的448.51亿元提升至2019年的1 162.32亿元,始终位于前列。其海水养殖产值与山东相当,但水产养殖面积仅为山东的1/3,这得益于福建大力发展立体养殖、高密度水产养殖业,同时不断提升养殖生物污染物排放量的治理技术。积极建设人工鱼礁区,保护海洋生态环境,贝类、藻类养殖产量位居全国第一、二位,海洋碳汇水平高。同时水资源、渔业资源丰富易于转型发展生态渔业。因此促使福建海洋渔业绿色生产效率由中低效率提升至高效率水平,但均值处于较高效率水平。

广东同浙江和山东一样,实现从中等效率到高效率水平的转变,但其绿色生产效率相对较低。广东是海水养殖大省,其观赏鱼相关联产业闻名全国,但其海洋捕捞产业发展较为落后。仅从2019年数据来看,广东海水养殖产值约621.87亿元,仅次于山东和福建,其海洋捕捞产值仅148.42亿元排第6位。养殖鱼类排污系数高于其他养殖生物,因此广东水产养殖N、P、COD污染物排放量均高于其他沿海地区,2019年高达6.59万t,约为排污量最小的河北48倍。同时污水处理技术以及提高饵料利用率项目尚未取得实质进展,因此较大的N、P、COD污染物排放量仍有碍于广东海洋渔业绿色生

产效率的提高。2009—2019年广东海洋渔业绿色生态效率的积极转变,一方面得益于其渔民专业化程度的提高,专业从业人员占比高达65.29%,领先于其他沿海地区;另一方面得益于广东率先设立人工鱼礁区,积极促进海洋资源的养护和生态环境的修复。

(3)中低效率水平组,包括河北、广西和海南。3个地区均值介于0.2~0.3,未达到全国平均水平,处于落后地位。2009—2019年河北和海南实现由低效率向较高效率的转变。其中河北主要以发展工业为主,海洋渔业产值占地区GDP比重约为0.8%,海洋渔业发展基础薄弱,未得到重视。河北的水产养殖面积为14万 hm^2 ,规模远小于辽宁和山东,同时地处环渤海地区,位置较为封闭难以开展远洋渔业,因此海洋渔业产值一直处于落后水平。海南海洋渔业产值占地区GDP比重约为12.38%,在9个沿海地区中比重最高,海洋渔业发展受到重视,主要以海洋捕捞业为主,海洋捕捞产量占比高达82%。随着海洋渔业政策重心向“以养为主”转移,海南也逐步调整养殖与捕捞结构,资源逐渐向海水养殖倾斜。但由于其海水养殖面积最小仅5万 hm^2 左右,水产养殖业发展受限,放缓了海洋渔业生产效率提升速度。广西仅实现由低效率向中等效率水平的转变,在9个沿海地区中排名末位。2009年生产效率为0.1217,与同期的辽宁相比相差近3倍。这是由于广西海洋渔业整体起步较晚,海洋渔业经济总产值较低,约为125亿元,仅为辽宁的1/3。要素投入规模整体偏低,海洋渔业从业人员17万人,专业人员占比不到50%,渔民专业化程度与其他沿海地区存在一定差距。但随着2009—2019年不断扩大海洋渔业生产规模,海洋渔业快速发展,经济产值增长率高达170%。同时发展海洋渔业带来的经济效益吸纳了更多有志从事渔业活动的高素质人才,海洋渔业专业从业人员提升了47.24%,渔业生态环境保护意识加强,大大提升了整个海洋渔业的生产效率。

2.2 我国海洋渔业绿色生产效率的区域差异

为进一步验证我国海洋渔业绿色生产效率地区差异化程度正逐渐缩小,运用泰尔指数量化

2009—2019 年我国黄渤海区、东海区和南海区海洋渔业绿色生产效率区域差异程度,根据式(4)、式(5)测算三大海区区域间、区域内泰尔指数,并据结果绘制图 2。

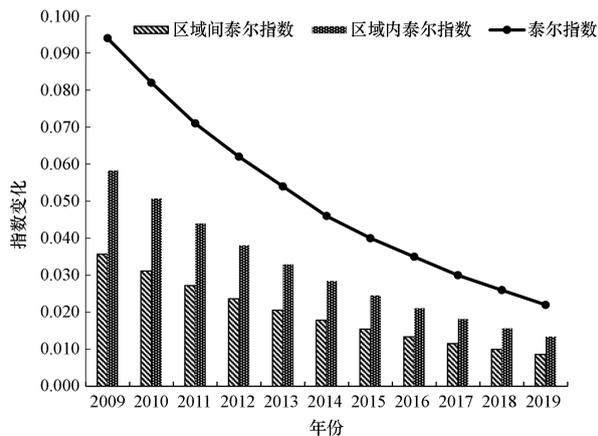


图 2 2009—2019 年我国海洋渔业绿色生产效率泰尔指数变化

Fig.2 2009—2019 changes in Tyre Index of green production efficiency of our marine fisheries

从总体来看,2009—2019 年我国海洋渔业绿色生产效率泰尔指数呈现逐年降低的趋势,由 2009 年 0.094 降至 2019 年 0.022,下降了 76.54%。我国海洋渔业绿色生产效率的区域差异更多表现为区域内差异,约占 61%,三大海区区域间差异相对较小。区域间与区域内泰尔指数与总体泰尔指数变化幅度保持同步。由此说明,我国海洋渔业绿色生产效率的区域差异正逐渐缩小,表现为低效率地区生产效率快速提高、高效率地区提升速度放缓,最终趋于均衡状态。

2009—2019 年三大海区泰尔指数由高到低仿效为黄渤海区、南海区、东海区的大小关系(图 3),均值依次为 0.051 2、0.041 9、0.006 0。表明我国海洋渔业绿色生产效率的区域差异主要集中于黄渤海区,其次为南海区,东海区区域差异较小。黄渤海区和南海区泰尔指数分别约是东海区的 8.5 倍和 7 倍。其中东海区的江苏、浙江和福建的海洋渔业绿色生产效率较为均衡,绿色海洋渔业发展水平相当。此外,三大海区泰尔指数均呈现不同幅度的下降趋势,其中黄渤海区和南海区下降幅度相对较大,东海区相对平稳。

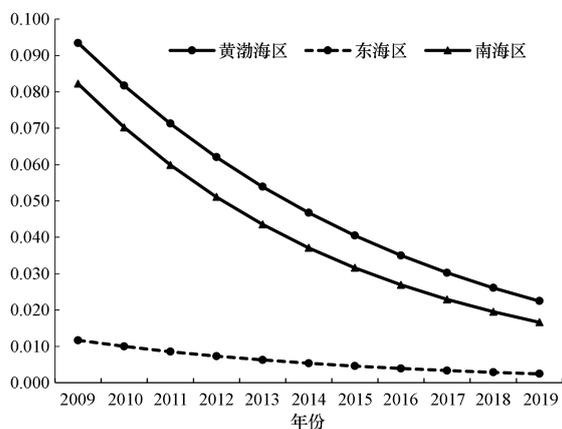


图 3 2009—2019 年三大海区海洋渔业绿色生产效率泰尔指数变化

Fig.3 2009—2019 changes in Tyre Index of green production efficiency of marine fisheries in three major sea areas

3 我国海洋渔业绿色生产效率影响因素研究

海洋渔业生产作为渔业产业链中一环,绿色生产效率的提高以及空间分布的差异性是多元要素作用结果,因此深入探讨我国海洋渔业绿色生产效率的影响因素能够明晰各因素对生产效率的贡献度,为进一步探寻提升海洋渔业绿色生产效率的发展路径提供参考。

3.1 模型构建

海洋渔业绿色生产效率不仅受资本、劳动力投入的影响,而且还受海洋渔业经济发展水平、产业结构、渔业科技水平等因素的影响^[10]。因此以海洋渔业绿色生产效率(TE)为因变量,为全面探究其影响因素,从海洋渔业经济发展水平、产业结构、渔业科技水平、环境因素、政府支持力度等方面选择自变量,构建回归模型,具体如下。

$$TE_{it} = \lambda_{it} + \sum_{a=1}^6 \lambda_{ait} X_{ait} + \epsilon_{it} \quad (7)$$

式中: λ_{it} 为常数项; ϵ_{it} 为随机误差; $X_1 \sim X_6$ 为海洋渔业绿色生产效率(TE)的 6 个影响因素,具体指标选取如下。

X_1 为海洋渔业经济产值占地区 GDP 比重,反映地区海洋渔业经济贡献率,其中海洋渔业经济产值由海洋捕捞产值以及海水养殖产值相加而得。一般而言,海洋渔业产值贡献率大的地区,其对于

海洋渔业发展的投入力度会大些,对海洋渔业绿色生产效率的提高有积极作用。且通过对数据的初步梳理,发现由于沿海各地经济发展水平不同,比重并未随海洋渔业经济产值的变化而单纯呈现相同变化态势。因此选用贡献率作为影响因素,测度其对海洋渔业绿色生产效率的作用程度,且有研究^[10,21]表明经济发展水平对于农业、渔业生态效率有显著的影响作用。

X_2 为海洋捕捞产量比重,比值由海洋捕捞产量/海水产品产量计算得出。其中海洋捕捞产量由近海捕捞以及远洋捕捞产量两部分组成,表征海洋渔业养殖—捕捞结构。现有研究中渔业产业结构主要由第三产业产值比重或产量比重来进行测度,且多数研究表明渔业产业结构对于渔业生产效率影响显著。

X_3 为渔业从业人员专业化程度,由海洋渔业专业从业人员/海洋渔业从业人员获得。一般而言,渔民专业化程度越高,对于创新的水产技术更易掌握,渔业生产活动越高效。同时在转产转业工作落实中,投身到渔业相关支持性产业中的可能性更大,这对延长渔业产业链有积极作用,从而推动渔业生产效率的提高。

X_4 为水产技术推广经费,表征海洋渔业科技投入水平。加大水产技术推广的资金支持力度,能够更加调动渔户水产养殖的生产积极性。同时通过提高水产养殖技术,如改良养殖污水处理设施、提高饵料利用率等,能更大程度地降低对渔业生态环境的负面影响,为海洋渔业创造良好的绿色生态环境。

X_5 为水产品因污染造成的损失,用来测度各地海洋渔业生态环境的保护程度。水产品的损失削减了水产品的产出量,不利于生产效率的提升,若因污染造成的损失严重,在一定程度上能够反向推动渔民提高保护渔业生态环境的重视程度,促进渔业绿色发展。

X_6 为渔民家庭生产补贴,表征政府对渔户进行渔业生产活动的保障力度。海洋捕捞渔业具有外部性效应,渔民进行生产活动主要追求经济利益,加大渔户生产补贴力度,在一定程度上能够促

使渔民转变发展方式,由盲目追求经济效益向注重渔业生态环境方向转变,能够促进政策的落实,对提升渔业绿色生产效率具有积极作用。

3.2 我国海洋渔业绿色生产效率影响因素实证分析

运用 STATA14.0 软件对影响因素进行回归分析,首先对面板数据进行 F 检验, P 值为 0 表明存在个体异质性,拒绝“截距项相等且为 0”的假设,需考虑固定效应或随机效应。再用豪斯曼检验对固定效应模型、随机效应模型进行选择, P -value = $0.000 < 0.05$,表明面板数据应选用固定效应模型。并对长面板数据进行自相关、异方差检验以及截面相关检验,最终使用广义最小二乘法(FGLS)对双固定效应模型进行回归,结果如表 5。

表 5 我国海洋渔业绿色生产效率影响因素回归结果

Table 5 The regression results of the influencing factors of green production efficiency of marine fisheries in China

X	系数	标准误	Z 值
X_1	0.149 502 9***	0.007 453 4	20.06
X_2	0.054 131 7**	0.002 071 5	26.13
X_3	0.011 225 5***	0.001 127 3	9.96
X_4	8.57e-08***	6.63e-09	12.92
X_5	-5.84e-09***	5.71e-10	-10.23
X_6	2.69e-08	2.36e-08	1.14
_cons	-54.189 76***	0.077 044	-703.36
Wald chi2(15)=4 560 997			
Prob > chi2 = 0.000 0			

注:*、**、***分别表示在 10%、5%、1%水平下通过了显著性检验。

由表 5 可知,渔民家庭生产补贴(X_6)在 10%水平下没有通过显著性检验,故应将其剔除,尽管该自变量未能通过显著性检验,但其参数估计值为正,也可以说明渔民家庭生产补贴对于海洋渔业绿色生产效率有正向作用。 $X_1 \sim X_5$ 均通过了 1%水平下的显著性检验,说明海洋渔业经济产值占地区 GDP 比重、海洋捕捞产量比重、渔业从业人员专业化程度、水产技术推广经费以及水产品因污染造成的损失对我国海洋渔业绿色生产效率的影响较为显著,其中水产品因污染造成损失(X_5)系数为负,对

我国海洋渔业绿色生产效率产生负影响。

将各影响因素按照系数由大到小排序依次为:海洋渔业经济产值占地区GDP比重(X_1)、海洋捕捞产量比重(X_2)、渔业从业人员专业程度(X_3)、水产技术推广经费(X_4)、水产品因污染造成的损失(X_5)。

海洋渔业产值在沿海各地区经济中的贡献度,可以间接说明该地区对发展海洋渔业的重视程度。若地区GDP增长的同时,海洋渔业产值占GDP比重也在增长,则说明该地加大海洋渔业的资金支持力度,大力发展海洋渔业,由此会带动渔民的生产积极性,提高海洋渔业的生产效率,因此经济增长仍是提升我国海洋渔业绿色生产效率的重要支撑。同时通过研究发现,休闲渔业产值较高的省(自治区、直辖市),其海洋渔业绿色生产效率也处于较高水平,如山东和福建。由此可以说明渔业一、二、三产业相融合的休闲渔业发展方式比渔业单一生产活动更为高效,对海洋生态环境更为友好。

海洋捕捞产量占比指标之所以对海洋渔业绿色生产效率有积极作用,主要缘于远洋渔业捕捞产量的比重增加,而不是近海捕捞。如远洋渔业发展较为成熟的浙江省,海洋捕捞产量占比高达75.96%,其效率水平也已达到高效率水平。但河北海洋捕捞产量比重仅为36.06%,由于远洋渔业发展较为落后,海洋捕捞产量主要靠近海捕捞,其海洋渔业绿色生产效率较为低下。因此,发展远洋渔业可以缓解近海海域资源压力,给予近海资源自主恢复期,修复海洋生态环境,对提升我国海洋渔业绿色生产效率具有正向作用。

渔业从业人员专业程度越高,能够合理养护渔业资源,将会减少鱼药或其他污染所造成的资源浪费,提高生产效率。如,广西在海洋渔业从业人员数量较少的基础上,专业人员占比也略低于其他沿海省(自治区、直辖市),从而致使海洋渔业发展疲软,绿色生产效率较为低下。

水产技术不仅包括水产养殖技术,还包括养殖尾水处理技术,加大水产技术推广资金支持力度可以扩大先进水产技术覆盖面,对提升海洋渔业绿色生产效率有显著的正向影响。如,江苏省近10年水

产技术推广经费高达22.59亿元,远高于其他沿海省(自治区、直辖市),其水产养殖N、P、COD污染物排放量明显较低,2019年3194.75t仅占广东的4.85%。

水产品因污染造成的损失首先不利于海洋渔业经济产值的增加,其次渔业生态环境因污染而遭受破坏,短时间内很难恢复,不利于渔业生产活动的开展,从而会阻碍生产效率的提升。随着政策引导以及专业水平的提升,近年来各地水产品因污染造成的损失正逐渐降低,由此表明我国海洋渔业生态环境正在逐步好转,政策的积极引导取得了阶段性成效。

4 结论与建议

4.1 结论

本研究基于2009—2019年我国沿海省(自治区、直辖市)数据对海洋渔业绿色生产效率进行定量分析,得出以下结论。

(1)2009—2019年我国海洋渔业绿色生产效率呈现逐年上升的趋势,由2009年0.3039上升至2019年0.5681,但整体水平仍不高;沿海省(自治区、直辖市)海洋渔业绿色生产效率仍存在明显差异,可以分为:辽宁、江苏、浙江和山东的高效率水平组;福建和广东的中效率水平组;河北、广西和海南的低效率水平组。沿海省(自治区、直辖市)海洋渔业绿色生产效率的增长率呈下降趋势,表现为高效率水平的省(自治区、直辖市)具有较低的增长率,低效率水平的省(自治区、直辖市)具有较高的增长率。

(2)2009—2019年我国海洋渔业绿色生产效率泰尔指数呈现逐年降低的趋势,由2009年0.094下降至2019年0.022,表明我国海洋渔业绿色生产效率的区域差异正逐渐缩小,并且效率差异主要表现为区域内差异,三大海区区域间差异相对较小。

(3)海洋渔业经济产值占地区GDP比重、海洋捕捞产量占海水产品产量比重、渔业从业人员专业化程度、水产技术推广经费对我国海洋渔业绿色生产效率产生显著的正向影响,水产品因污染造成损失系数为负,对我国海洋渔业绿色生产效率产生负向影响。

4.2 建议

据此研究,为提高我国海洋渔业绿色生产效率提出以下几点建议。

(1)加强海洋资源监测。沿海省(自治区、直辖市)应合理转换所具有的地域优势,推动海洋渔业向纵深发展,大力发展蓝色经济、发展远洋渔业,缓解近海海洋资源压力。同时开展增殖放流活动,稳定近海海域渔业资源。加强对海洋资源的密度和生态环境质量的动态监测,完善反馈机制,缩短渔业资源恢复期限。

(2)强化海洋渔业科技支撑。加大科研投入力度,加快资源养护与生态修复共性技术研发和水产绿色增养殖技术与模式集成等重点项目的进程。同时为实现“共同富裕”目标,提倡海洋渔业发达省(自治区、直辖市)组成渔业科技推广服务团队,对海洋渔业绿色生产效率较为低下的省(自治区、直辖市)提供帮扶,加快海洋渔业科技成果转化,缩小地区差异。

(3)转变渔业发展模式。在践行“以养为主”方针的同时,应提倡渔业一、二、三产业融合发展,加快国家级海洋牧场项目建设,延长渔业产业链,强化相关联产业的支撑作用,共同提升我国海洋渔业绿色生产效率。

参考文献(References):

[1] 刘子飞.中国渔业经济改革逻辑、成效与方向:纪念改革开放40年[J].世界农业,2019(1):41-48.
LIU Zifei. The logic, effect and direction of China's fishery economic reform: Commemorating the 40 years of reform and opening up[J]. World Agriculture, 2019 (1):41-48.

[2] 张彤.基于DEA方法的中国海洋捕捞产业动态生产效率[J].中国渔业经济,2007(4):6-10.
ZHANG Tong. Dynamic production efficiency analysis based on the DEA method of China's marine fishery[J]. Chinese Fisheries Economics, 2007 (4):6-10.

[3] 岳冬冬,王鲁民,鲍旭腾,等.中国近海捕捞渔业生产效率的实证研究:基于DEA-Malmquist指数方法[J].浙江农业学报,2014,26(6):1673-1679.
YUE Dongdong, WANG Lumin, BAO Xuteng, et al. Empirical analysis of total factor productivity of offshore fishing in China based on Malmquist index[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2014,26(6):1673-1679.

[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.
GAO Qiang, DING Huiyuan. Measurement of Shandong fisheries production efficiency and trends[J]. Chinese Fisheries Economics, 2011, 29(4):107-114.

[5] 李辉,刘文超.基于Malmquist指数的河北省海洋渔业生产效率分析[J].江苏农业科学,2014,42(6):442-444.
LI Hui, LIU Wenchao. Analysis of marine fishery production efficiency in Hebei Province based on Malmquist Index[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(6):442-444.

[6] 平瑛,蔡中华,张鸿杨.基于DEA模型的我国渔业生产效率的研究[J].中国渔业经济,2013,31(6):113-117.
PING Ying, CAI Zhonghua, ZHANG Hongyang. Research on production efficiency of fisheries in China based on DEA[J]. Chinese Fisheries Economics, 2013, 31(6):113-117.

[7] 孙炜琳,刘佩,高春雨.我国淡水养殖渔业技术效率研究:基于随机前沿生产函数[J].农业技术经济,2014(8):108-117.
SUN Weilin, LIU Pei, GAO Chunyu. Study on technical efficiency of freshwater aquaculture in China based on stochastic frontier production function[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2014(8):108-117.

[8] 梁铄,秦曼.中国近海捕捞业技术效率影响因素分析:基于省级面板数据[J].中国渔业经济,2016,34(1):55-62.
LIANG Shuo, QIN Man. The study on affecting factors of technical efficiency of inshore-offshore fishery in China: Based on provincial panel data[J]. Chinese Fisheries Economics, 2016,34(1):55-62.

[9] 卢昆,郝平.基于SFA的中国远洋渔业生产效率分析[J].农业技术经济,2016(9):84-91.
LU Kun, HAO Ping. Production efficiency analysis of pelagic fisheries in China based on SFA[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2016(9):84-91.

[10] 郑慧,代亚楠.中国海洋渔业空间生态格局探究:以我国沿海11个省市为例[J].海洋经济,2019,9(4):44-54.
ZHENG Hui, DAI Yanan. Exploration on the spatial ecological pattern of marine fishery: Taking 11 coastal provinces and cities of China for example[J]. Marine Economy, 2019, 9 (4):44-54.

[11] 张甜甜,李心怡.中国渔业生态效率评价及其改进路径分析[J].中国经贸导刊(中),2020(10):39-41.
ZHANG Tiantian, LI Xinyi. Evaluation of fishery eco-efficiency and analysis of its improvement path in China[J]. China Economic & Trade Herald, 2020 (10):39-41.

[12] 郑鹏,王欣宇,董春雨.中国海洋渔业绿色效率测度及其空间效应[J].国土资源科技管理,2021,38(6):1-11.
ZHENG Peng, WANG Xinyu, DONG Chunyu. Measurement of

- green efficiency of China's marine fisheries and its spatial effects [J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2021, 38(6): 1-11.
- [13] 秦宏,张莹,卢云云.基于SBM模型的中国海水养殖生态经济效率测度[J].*农业技术经济*, 2018(9): 67-79.
- QIN Hong, ZHANG Ying, LU Yunyun. Measurement and analysis of China's mariculture eco-economic efficiency: Based on SBM model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2018(9): 67-79.
- [14] 韩增林,计雪晴,胡盈,等.基于SBM模型的我国海洋渔业生态效率的时空演变[J].*海洋开发与管理*, 2019, 36(12): 3-8.
- HAN Zenglin, JI Xueqing, HU Ying, et al. The spatial-temporal evolution of marine fishery eco-efficiency based on SBM model in China[J]. *Ocean Development and Management*, 2019, 36(12): 3-8.
- [15] 张樾樾,郑珊,余粮红.中国海洋碳汇渔业绿色效率测度及其空间溢出效应[J].*中国农村经济*, 2020(10): 91-110.
- ZHANG Xixi, ZHENG Shan, YU Lianghong. Green efficiency measurement and spatial spillover effect of China's marine carbon sequestration fishery[J]. *Chinese Rural Economy*, 2020 (10): 91-110.
- [16] 王泽宇,曹江琦,王焱熙.中国海洋渔业生态效率的时空分异及其影响因素[J].*海洋开发与管理*, 2021, 38(8): 36-43.
- WANG Zeyu, CAO Jiangqi, WANG Yanxi. Spatial-temporal differentiation and influencing factors of ecological efficiency of China's marine fisheries [J]. *Ocean Development and Management*, 2021, 38(8): 36-43.
- [17] 胡求光,余璇.中国海洋生态效率评估及时空差异:基于数据包络法的分析[J].*社会科学*, 2018(1): 18-28.
- HU Qiuguang, YU Xuan. Spatial-temporal differences of marine eco-efficiency in China based on DEA[J]. *Journal of Social Sciences*, 2018(1): 18-28.
- [18] 王奇,王会,陈海丹.中国农业绿色全要素生产率变化研究: 1992-2010年[J].*经济评论*, 2012(5): 24-33.
- WANG Qi, WANG Hui, CHEN Haidan. A study on agricultural green TFP in China: 1992 - 2010 [J]. *Economic Review*, 2012(5): 24-33.
- [19] 张乐,曹静.中国农业全要素生产率增长:配置效率变化的引入——基于随机前沿生产函数法的实证分析[J].*中国农村经济*, 2013(3): 4-15.
- ZHANG Le, CAO JING. Chinese agricultural total factor productivity growth: The introduction of allocative efficiency change: an empirical analysis based on stochastic frontier production function method [J]. *Chinese Rural Economy*, 2013(3): 4-15.
- [20] 李兆亮,罗小锋,薛龙飞,等.中国农业绿色生产效率的区域差异及其影响因素分析[J].*中国农业大学学报*, 2017, 22(10): 203-212.
- LI Zhaoliang, LUO Xiaofeng, XUE Longfei, et al. Agricultural green technical efficiency and its affecting factors in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22 (10): 203-212.
- [21] 李翔,杨柳.华东地区农业全要素生产率增长的实证分析:基于随机前沿生产函数模型[J].*华中农业大学学报(社会科学版)*, 2018(6): 62-68+154.
- LI Xiang, YANG Liu. An empirical analysis of agriculture total factor productivity growth in east China: Based on stochastic frontier production function model [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2018(6): 62-68+154.
- [22] 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): 153-169.
- [23] 王文玲,陈通.基于泰尔指数的公共文化服务区域均等化测算[J].*统计与决策*, 2021, 37(18): 45-49.
- WANG Wenling, CHEN Tong. TheilIndex-based measurement on regional equalization of public cultural services [J]. *Statistics & Decision*, 2021, 37(18): 45-49.
- [24] 宗虎民,袁秀堂,王立军,等.我国海水养殖业氮、磷产出量的初步评估[J].*海洋环境科学*, 2017, 36(3): 336-342.
- ZONG Humin, YUAN Xiutang, WANG Lijun, et al. Preliminary evaluation on the nitrogen and phosphorus loads by mariculture in China [J]. *Marine Environmental Science*, 2017, 36(3): 336-342.