

文章编号: 1674-5566(2024)03-0799-12

DOI: 10.12024/jsou.20230604210

中国海水鱼养殖业绿色发展效率评价与影响因素分析

孙龙启^{1,2}, 杨正勇¹, 彭乐威¹, 张迪¹, 刘东¹, 赵志远¹

(1. 上海海洋大学 经济管理学院, 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 海水鱼养殖业作为中国海水养殖重要产业, 在大食物观背景下正面临推进绿色转型的关键阶段, 亟需提升绿色发展效率。运用超效率SBM模型, 构建起包含非期望产出的海水鱼养殖业绿色发展效率评价指标体系, 对中国海水鱼养殖业开展绿色发展效率评价, 并基于面板Tobit模型探究影响海水鱼养殖业绿色发展效率提升的关键因素。研究结果表明, 2017—2019年中国海水鱼养殖业绿色发展效率值分别为0.887、0.969、0.734, 整体未达到绿色发展效率有效率状态。其中, 卵形鲳鲹、军曹鱼在2017—2019年处于绿色发展效率有效率状态, 大黄鱼和大菱鲆分别在2018年和2019年处于绿色发展效率有效率状态, 其余养殖品种均未达到绿色发展效率有效率状态。海水鱼养殖绿色技术水平、海水鱼绿色养殖结构占比、海水鱼市场价格对绿色发展效率有显著的正向影响; 政策支持对绿色发展效率呈正向影响, 但不显著。本文通过对中国海水鱼养殖业绿色发展效率评价及影响因素分析, 提出提升中国海水鱼养殖业绿色发展效率的对策建议, 以期为促进中国海水鱼养殖业向绿色转型升级提供科学依据。

关键词: 海水鱼养殖业; 绿色发展效率; 效率评价; 影响因素; 非期望产出

中图分类号: F 326.4 **文献标志码:** A

大食物观构建起了多元化食物供给体系, 是粮食安全观在新时代的发展^[1]。海水鱼养殖业作为践行大食物观的典型代表, 不仅提供了优质动物蛋白, 也为富裕渔民生活做出了重要贡献^[2]。目前中国海水鱼养殖业正面临推进绿色发展, 促进绿色养殖模式的关键阶段^[2-4]。但中国海水鱼养殖业绿色发展现状及其影响因素仍不清楚, 影响海水鱼养殖业的绿色转型升级, 亟需开展相关研究。

绿色发展效率(Green development efficiency, GDE)作为衡量绿色发展水平的重要标准, 是考虑资源消耗和环境代价后的经济发展效率^[5], 已有学者聚焦在国家、区域和城市集群层面开展研究^[6-7], 在多个领域中也广泛应用^[8-9]。在海水鱼养殖业相关研究中, 国内外研究主要聚焦在养殖经济效率和技术效率等方面^[10-11], 对海水鱼养殖业绿色发展效率研究鲜有开展。

为此, 本文以中国海水鱼养殖产业为研究对象, 围绕“影响中国海水鱼养殖业绿色发展效率提升的关键因素”这一科学问题, 结合国内外已有研究^[12-13], 采用基于修正松弛变量的超效率SBM(Slack Based Measure)模型和面板Tobit模型开展研究, 评估中国海水鱼养殖业绿色发展效率, 探析海水鱼养殖业绿色发展效率的影响因素, 以期优化海水鱼养殖资源利用与配置, 促进海水鱼养殖业绿色发展和产业转型升级。

1 研究方法

1.1 指标选取与数据来源

1.1.1 投入产出指标与数据来源

海水鱼养殖业绿色发展效率能反映海水鱼养殖生产过程中的资源利用、经济增长及由此带来的环境影响三者之间的协调状况。因此, 本文在保留传统经济效率评价中衡量投入与经济产

收稿日期: 2023-06-07 修回日期: 2024-02-20

基金项目: 国家自然科学基金(42207552); 国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-47-G29); 国家社会科学基金重大项目(21&ZD100)

作者简介: 孙龙启(1988—), 男, 博士研究生, 研究方向为水产养殖经济。E-mail: sunlq@ysfri.ac.cn

通信作者: 杨正勇, E-mail: zyyang@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

出关系的基础上,从资源、经济和环境三个方面选取指标,构建包括投入、期望产出、非期望产出的海水鱼养殖业绿色发展效率评价指标体系(表1)。

表1 海水鱼养殖业绿色发展效率评价指标体系
Tab. 1 Evaluation index system for the GDE of marine fish culture industry in China

一级指标 First level indicators	二级指标 Second level indicators	具体内容 Indicators description	数据来源 Data sources	单位 Units
投入指标 Input indicators	资源投入 Capital input	鱼苗投入 Fry costs(x_1)	《中国渔业统计年鉴(2018—2020)》 ^[18] 与《国家海水鱼产业技术体系年度报告(2017—2019)》 ^[14] China Fishery Statistical Yearbook (2018—2020) ^[18] & Annual Report of China Agriculture Research System for Marine Fish Culture Industry (2017—2019) ^[14]	亿元 100 million yuan
		饵料投入 Fish feed costs(x_2)		
		渔药投入 Fishery drug costs(x_3)		
		水电燃油投入 Water-electricity-fuel costs(x_4)		
		运输投入 Transport costs(x_5)		
		单位固定资产折旧 Depreciation per unit of fixed assets(x_6)		
		设备维修 Equipment maintenance costs(x_7)		
	土地投入 Land input	海水鱼养殖面积投入 Marine fish culture areas(x_8)	《中国渔业统计年鉴(2018—2020)》 ^[18] 与《国家海水鱼产业技术体系年度报告(2017—2019)》 ^[14] China Fishery Statistical Yearbook (2018—2020) ^[18] & Annual Report of China Agriculture Research System for Marine Fish Culture Industry (2017—2019) ^[14]	公顷 10^4 km^2
	劳动力投入 Labor input	固定人员投入 Fixed workers costs(x_9)	《中国渔业统计年鉴(2018—2020)》 ^[18] 与《国家海水鱼产业技术体系年度报告(2017—2019)》 ^[14] China Fishery Statistical Yearbook (2018—2020) ^[18] & Annual Report of China Agriculture Research System for Marine Fish Culture Industry (2017—2019) ^[14]	亿元 100 million yuan
临时人员投入 Variable workers costs(x_{10})				
期望产出 Desirable output indicator	经济效益 Economic benefit	海水鱼养殖总产值 Gross value of marine fish culture(y_1^e)	《中国渔业统计年鉴(2018—2020)》 ^[18] 与《国家海水鱼产业技术体系年度报告(2017—2019)》 ^[14] China Fishery Statistical Yearbook (2018—2020) ^[18] & Annual Report of China Agriculture Research System for Marine Fish Culture Industry (2017—2019) ^[14]	亿元 100 million yuan
非期望产出 Undesirable output indicators	污染排放 Pollutant discharge	养殖水体化学需氧量排放量 Chemical Oxygen Demand emissions(y_1^u)	《中国渔业统计年鉴》 ^[18] 、《国家海水鱼产业技术体系年度报告(2017—2019)》 ^[14] 与《第一次全国污染源普查》 ^[19] 排污系数 China Fishery Statistical Yearbook (2018—2020) ^[18] & Annual Report of China Agriculture Research System for Marine Fish Culture Industry (2017—2019) ^[14] & The First National Census of Pollution Sources in China - Aquaculture Pollution Sources Discharge Coefficient Manual ^[19]	吨 Tons
		养殖水体总氮排放量 Total Nitrogen emissions(y_2^u)		
		养殖水体总磷排放量 Total Phosphorus emissions(y_3^u)		

注:非期望产出数据来自《中国渔业统计年鉴(2018—2020)》^[18]和《国家海水鱼产业技术体系年度报告(2017—2019)》^[14]加权得到各海水鱼养殖品种产量,进而与《第一次全国污染源普查》^[19]的排污系数转化计算并加总而得,单位为吨。

Notes: The undesirable output data were multiplied from pollution production coefficient of marine fish culture species^[19] and the production of marine fish culture species^[14,18], in tons.

投入指标方面,主要包括海水鱼养殖生产过程中的资源投入、土地投入和劳动力投入:资源投入主要指中国海水鱼养殖主要中间投入品、固定资产投资折旧及设备维修等成本^[14];土地投入指海水鱼养殖面积^[15];劳动力投入主要指固定人员投入和临时人员投入^[16]。

期望产出主要指海水鱼养殖生产活动中的

经济效益^[16],本文选取海水鱼养殖总产值为具体指标。

非期望产出是对生态环境无益和不符合期望的产出,伴随期望产出而产生。化学需氧量排放量、养殖水体总氮排放量和养殖水体总磷排放量能够反映出海水鱼养殖生产过程中对环境造成的影响^[17],本文选取上述三个指标累加的污染

排放值作为非期望产出指标。

本文数据来自于《国家海水鱼产业技术体系年度报告(2017—2019)》^[14]、《中国渔业统计年鉴(2018—2020)》^[18]、《第一次全国污染源普查》^[19]等,通过加权计算获得各指标数据,具体投入、期望产出、非期望产出数据来源详见表1。

1.1.2 影响因素指标与数据来源

本文根据已有研究中具有共性的影响因素^[14,17,20-24],同时考虑到数据的可获取性,选取政策支持(POL)、海水鱼养殖绿色技术水平(TEC)、海水鱼绿色养殖结构占比(STR)和海水鱼市场价格(PRI)四个主要影响因素作为解释变量,选取各海水鱼养殖品种绿色发展效率值(GDE_{it})作为被解释变量,数据年限为2017-2019年。主要变量的描述分析如下所示:

政策支持(POL)。本文借鉴已有研究成果^[25-26],选择当年度农业农村部发布的相关政策法规的数量来衡量政策支持(POL)。

海水鱼养殖绿色技术水平(TEC)。本文以海水鱼养殖品种*i*的绿色养殖模式面积之和占海水鱼养殖品种*i*养殖面积*S_{it}*的比重来衡量海水鱼养殖绿色技术水平(TEC)(公式1),数据来自于《中国渔业统计年鉴》^[18]、《国家海水鱼产业技术体系年度报告》^[14]等统计资料,单位为%。

$$TEC_{it} = \frac{S_{1it} + S_{2it} + S_{3it}}{S_{it}} \quad (1)$$

式中:TEC_{it}为海水鱼养殖品种*i*在第*t*年绿色养殖

模式面积占海水鱼养殖品种*i*养殖面积的比值,*S_{1it}*、*S_{2it}*、*S_{3it}*分别为第*t*年海水鱼养殖品种*i*的工厂化循环水养殖、工程化池塘养殖和深水网箱养殖的面积,*S_{it}*为第*t*年海水鱼养殖品种*i*养殖面积。

海水鱼绿色养殖结构占比(STR)。本文选取海水鱼养殖品种*i*的绿色养殖模式产量之和占海水鱼养殖品种*i*养殖产量*Q_{it}*的比重来衡量海水鱼绿色养殖结构占比(STR)(公式2),数据来自于《中国渔业统计年鉴》^[18]、《国家海水鱼产业技术体系年度报告》^[14]等统计资料,单位为%。

$$STR_{it} = \frac{Q_{1it} + Q_{2it} + Q_{3it}}{Q_{it}} \quad (2)$$

式中:STR_{it}为第*t*年第*i*种海水鱼养殖品种绿色养殖模式产量占比,*Q_{1it}*、*Q_{2it}*、*Q_{3it}*分别为第*t*年海水鱼养殖品种*i*的工厂化循环水养殖、工程化池塘养殖和深水网箱养殖的产量,*Q_{it}*为第*t*年海水鱼养殖品种*i*的养殖产量。

海水鱼市场价格(PRI)。本文以海水鱼养殖品种*i*的市场价格波动来衡量海水鱼市场价格(PRI_{it})对海水鱼养殖业绿色发展效率的影响(公式3)。数据来自于《国家海水鱼产业技术体系年度报告》^[14],单位为百元/千克。

$$PRI_{it} = P_{it} - \frac{\sum P_{it}}{3} \quad (3)$$

式中:*P_{it}*为海水鱼养殖品种*i*在*t*年时的市场价格, $\frac{\sum P_{it}}{3}$ 为海水鱼养殖品种*i*在3年内的平均市场价格。

表2 海水鱼养殖业绿色发展效率影响因素变量定义

Tab. 2 Definition of variables affecting the GDE of marine fish culture industry in China

变量类型 Category	变量名称 Variable	变量符号 Variable symbol	计算方法 Methods	单位 Units
被解释变量 Explained variable	海水鱼养殖业绿色发展效率 Green development efficiency	GDE	$GDE = \min \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}}{x_{i0}}}{\frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{p=1}^{s_1} \frac{y_{p0}^g}{y_{p0}^g} + \sum_{q=1}^{s_2} \frac{y_{q0}^b}{y_{q0}^b} \right)}$	-
解释变量 Explanatory variable	政策支持 Policy support	POL	当年度农业农村部发布的相关政策法规的数量	份
	海水鱼养殖绿色技术水平 Green technology level	TEC	$TEC_{it} = \frac{S_{1it} + S_{2it} + S_{3it}}{S_{it}}$	%
	海水鱼绿色养殖结构占比 Scale proportions of green modes	STR	$STR_{it} = \frac{Q_{1it} + Q_{2it} + Q_{3it}}{Q_{it}}$	%
	海水鱼市场价格 Market price	PRI	$PRI_{it} = P_{it} - \frac{\sum P_{it}}{3}$	百元/kg

1.2 超效率SBM模型

本文以中国海水鱼主要养殖品种(大菱鲆

Scophthalmus maximus、牙鲆 *Paralichthys olivaceus*、半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis*、石斑鱼

Epinephelus spp.、河鲀鱼 Tetraodontidae、海鲈鱼 *Lateolabrax japonicus*、大黄鱼 *Larimichthys crocea*、卵形鲳鲹 *Trachinotus ovatus*、军曹鱼 *Rachycentron canadum*) 为具体决策单元。之后对每个决策单元的投入数据、期望产出数据和非期望产出数据进行标准化处理,采用超效率SBM模型方法测量海水鱼养殖业绿色发展效率。超效率SBM模型的表达式如(4)所示。当效率值大于等于1时代表决策单元有效,当效率值小于1时则代表决策单元未达到有效率状态^[27]。

$$GDE = \min \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}_i}{x_{i0}}}{\frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{p=1}^{s_1} \frac{\bar{y}_p^g}{y_{p0}^g} + \sum_{q=1}^{s_2} \frac{\bar{y}_q^b}{y_{q0}^b} \right)} \quad (4)$$

s. t. $\bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_{ij}, \bar{y}^g \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_{pj}^g, \bar{y}^b \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_{qj}^b; \bar{x} \geq x_0, \bar{y}^g \leq y_0^g, \bar{y}^b \geq y_0^b; \lambda \geq 0, \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j = 1$

式中: GDE 为目标效率值,本文中 GDE 代表海水鱼养殖业绿色发展效率值; m, s_1 和 s_2 分别为投入、期望产出和非期望产出指标个数; n 为决策单元数量; x_{ij} 是第 j 个决策单元的第 i 项投入, y_{pj}^g 是第 j 个决策单元第 p 项期望产出, y_{qj}^b 是第 j 个决策单元的第 q 项非期望产出; λ 为所对应的投入、期望产出或非期望产出的权重向量。基于此,本文对海水鱼养殖业绿色发展效率进行评价,得到海水鱼养殖业绿色发展效率 GDE_{mfc} 。

1.3 面板Tobit模型

Tobit模型是对可观测的数据进行回归分析,模型为了得到参数的无偏估计量,采用最大似然值估计法对变量参数进行估计,其通常应用于被解释变量受到限制的分析中。本文将海水鱼养殖业绿色发展效率(GDE)作为被解释变量,当效率值大于等于1时代表决策单元有效^[27],可归并于1;当效率值小于等于0时都归并为0。为此可以认为 GDE 值域处于截断状态,因变量的值被截断为0和1。本文在参考Tobit模型的基础上,构建了海水鱼养殖业绿色发展效率影响因素的实证检验模型。模型具体设定如下:

$$GDE = \begin{cases} 0 & GDE^* \leq 0 \\ GDE^* = \alpha + \beta_1 POL + \beta_2 TEC + \beta_3 STR + \beta_4 PRI + \varepsilon & 0 < GDE^* < 1 \\ 1 & GDE^* \geq 1 \end{cases} \quad (5)$$

式中: GDE 为受限因变量,取值范围为0~1;当 $GDE^* \geq 1$,则 $GDE=1$;当 $GDE^* \leq 0$,则 $GDE=0$ 。 α 为常数项, $\beta_1 \sim \beta_4$ 为回归参数向量, POL 为政策支持, TEC 为海水鱼养殖绿色技术水平, STR 为海水鱼绿色养殖结构占比, PRI 为海水鱼市场价格, ε 为随机扰动项。基于此,分析得出各因素对海水鱼养殖业绿色发展效率的影响程度,甄别出海水鱼养殖绿色发展效率的关键影响因素。

2 结果与分析

2.1 海水鱼养殖业绿色发展效率评价

本文根据构建的海水鱼养殖业绿色发展效率评价指标体系,采用超效率SBM模型并通过MaxDEA软件计算,得到2017—2019年中国海水鱼养殖业绿色发展效率值分别为0.887、0.969、0.734,均小于1,中国海水鱼养殖业未达到绿色发展效率有效率状态。其中,以深水网箱养殖为主的卵形鲳鲹、军曹鱼的绿色发展效率值在2017—2019年均大于1,处于绿色发展效率有效率状态, $GDE_{\text{卵形鲳鲹}2017}=1.165$ 、 $GDE_{\text{卵形鲳鲹}2018}=1.251$ 、 $GDE_{\text{卵形鲳鲹}2019}=1.303$ 、 $GDE_{\text{军曹鱼}2017}=1.031$ 、 $GDE_{\text{军曹鱼}2018}=1.086$ 、 $GDE_{\text{军曹鱼}2019}=1.131$,且随着深水网箱养殖模式的推广,绿色发展效率值也逐年提升。同时,处于普通网箱绿色转型升级阶段的大黄鱼绿色发展效率值在2018年处于有效率状态, $GDE_{\text{大黄鱼}2018}=1.225$;工厂化流水养殖向工厂化循环水养殖转型升级的大菱鲆绿色发展效率值在2019年处于有效率状态, $GDE_{\text{大菱鲆}2019}=1.061$,但两者仍以传统养殖模式为主,其他年份未达到绿色发展效率有效率状态,未来需要继续推进绿色转型升级。

其余各养殖品种均未达到绿色发展效率有效率状态,2017年的半滑舌鳎、河鲀鱼、石斑鱼,2018年的半滑舌鳎、海鲈鱼、河鲀鱼,2019年的河鲀鱼绿色发展效率值介于0.8~1.0之间;2017年的海鲈鱼,2018年的石斑鱼、牙鲆,2019年的石斑

鱼、半滑舌鲷的绿色发展效率值介于0.6~0.8之间;2017年的牙鲆、2019年的牙鲆、海鲈鱼的绿色发展效率值均小于0.6。考虑到石斑鱼主要为普通池塘和普通网箱养殖,海鲈鱼、河鲀鱼、牙鲆主要为普通池塘养殖,半滑舌鲷主要为工厂化流水养殖,传统养殖模式仍占据主导地位,绿色养殖

模式占比低且每年波动明显,造成各养殖品种绿色发展效率存在明显差异。为此,海水鱼养殖业绿色发展效率的提升,亟需促进绿色养殖模式的稳定推广。

各海水鱼主要养殖品种的绿色发展效率值如图1所示。

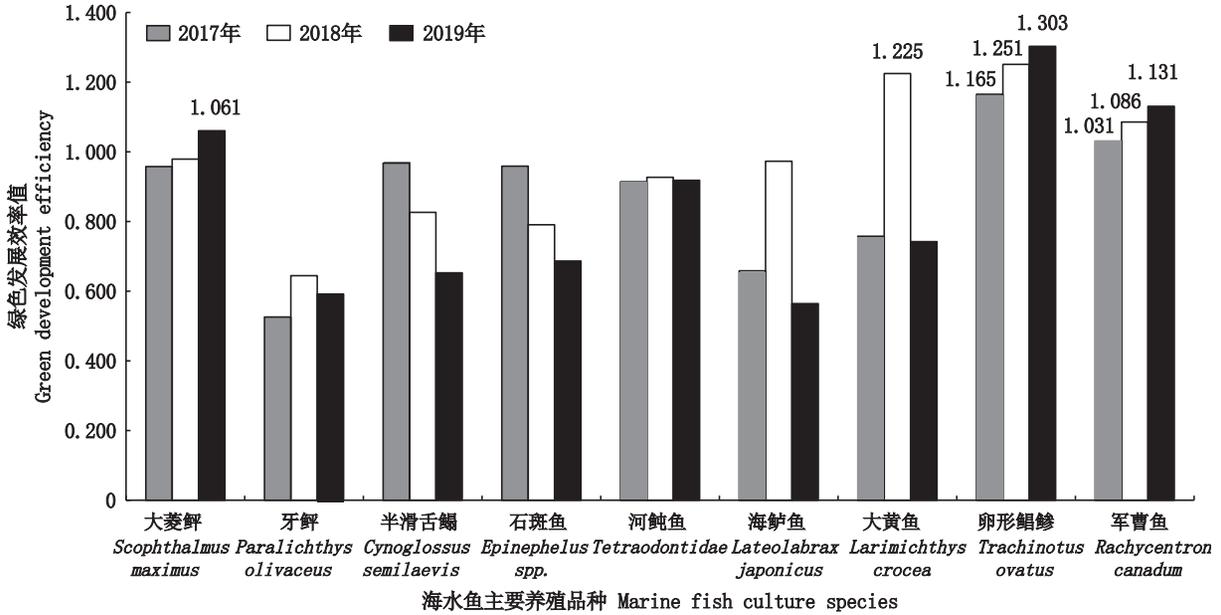


图1 2017—2019年中国海水鱼主要养殖品种绿色发展效率排序图
Fig. 1 Ranking of the GDE of marine fish culture species in China from 2017 to 2019

2.2 海水鱼养殖业绿色发展效率影响因素分析

中国海水鱼养殖业绿色发展效率水平未达到有效率状态,不同海水鱼养殖品种绿色发展效率存在显著差异。造成这个现象的原因,需要结合具体的影响因素进行判断和分析,海水鱼养殖业绿色发展效率的影响因素是关系其内在运行机制的外在表现,影响海水鱼养殖业绿色发展的

前景、模式和路径。本文运用STATA 17.0软件,构建面板Tobit模型对影响绿色发展效率的各因素进行分析,得出政策支持POL、海水鱼养殖绿色技术水平TEC、海水鱼绿色养殖结构占比STR和海水鱼市场价格PRI对海水鱼养殖业绿色发展效率GDE的影响程度。海水鱼养殖业绿色发展效率影响因素Tobit回归结果详见表3。

表3 海水鱼养殖业绿色发展效率影响因素Tobit回归结果
Tab. 3 Tobit regression results of factors affecting the GDE of marine fish culture industry in China

变量 Variable	系数估计 Coefficient estimation	标准差 Standard deviation	z	P
POL	0.029	0.081	0.350	0.724
TEC	0.679	0.303	2.240	0.025**
STR	0.455	0.261	1.750	0.081*
PRI	0.720	0.352	2.040	0.041**
常数项 Cons	0.628	0.075	8.410	0.000
对数似然值 Log likelihood	8.509			0.000

注:表中*代表回归系数在10%的显著性水平下显著,**代表回归系数在5%的显著性水平下显著。
Notes: * represents significance at the level of 10%, ** represents significance at the level of 5%.

在5%的显著性水平下,海水鱼养殖绿色技术水平 *TEC*、市场价格 *PRI*对海水鱼绿色发展效率 *GDE*的影响是正向显著;在10%的显著性水平下,海水鱼绿色养殖结构占比 *STR*对海水鱼绿色发展效率 *GDE*的影响是正向显著。

2.2.1 政策支持从宏观制度保障海水鱼养殖业绿色转型升级。

政策支持 *POL*对海水鱼绿色发展效率 *GDE*的影响是正向不显著。政策支持作为把控海水鱼养殖业发展的宏观推进力,其主要通过鼓励海水鱼养殖技术的创新和应用,激发源头经济主体绿色转型的内在动力,从而保障海水鱼养殖业绿色转型的有效推进。政策支持因素对海水鱼养殖业绿色发展效率的提高呈现正向影响。中国水产养殖业在发展过程中形成绿色发展的共识离不开政策的制定和实施^[28],政策支持通过税收减免政策、专项资金扶持、环境资源产权制度,降低了海水鱼养殖绿色养殖生产成本,提升绿色养殖技术水平,并解决环境资源外部性,进而促进产业绿色转型升级;但政策支持因素对海水鱼养殖业绿色发展效率影响不显著,表明政策支持主要通过技术推广和科技经费支持等方式促进产业绿色转型升级^[29]。为此,政策支持在促进海水鱼养殖业绿色发展效率提升方面,更多是为其提供宏观政策制度保障。

2.2.2 绿色养殖技术助推海水鱼养殖经济主体资源利用优化。

海水鱼养殖绿色技术水平 *TEC*对海水鱼养殖业绿色发展效率 *GDE*提升呈现显著的正向影响,海水鱼养殖绿色技术水平 *TEC*每提高1个百分点,海水鱼养殖业绿色发展效率 *GDE*便提高0.006 79。各海水鱼主要养殖品种 *GDE*也随绿色技术水平变化而正向变化(图2)。技术因素作为海水鱼养殖业向绿色转型升级的内在推动力,技术进步可避免生态极限危害,在经济增长与资源环境协调发展具有重要作用,可以实现对海水鱼养殖过程中投入要素的充分利用、尽可能地降低污染物排放,提高养殖生产效益。因此,通过绿色技术进步可以有效地提高海水鱼养殖业的生产效率及生态效益。借助政策支持的绿色养殖技术税收减免政策和专项资金扶持,推进关键性绿色养殖技术的引进、吸收和转化,遵循绿色发展理念主动淘汰低效率的养殖技术和方法、改

造落后设备,从而促进海水鱼养殖产业绿色转型升级。

2.2.3 绿色养殖结构占比促进海水鱼养殖业结构调整升级。

海水鱼绿色养殖结构占比 *STR*对海水鱼养殖业绿色发展效率 *GDE*的提升呈现显著的正向影响,海水鱼绿色养殖结构占比 *STR*每提高1个百分点,海水鱼养殖业绿色发展效率 *GDE*可提升0.004 55。各海水鱼主要养殖品种 *GDE*值也随绿色养殖结构占比而正向变化(图3)。产业结构调整是提升绿色发展效率的重要支撑条件,包括产业结构合理化和升级两个方面^[30]。绿色养殖模式(工厂化循环水、工程化池塘和深水网箱)作为集约、高效、环境友好的养殖模式^[31]和传统养殖模式(工厂化流水、普通池塘和普通网箱)相比,提高了投入要素的利用效率、提升期望产出、降低非期望产出。由此,需要发挥地方政府和产业在结构调整中的资源配置效应、规模效应及关联效应,强化海水鱼绿色养殖产业集聚、保证海水鱼绿色养殖面积、完善海水鱼绿色养殖模式全产业链,进而提升绿色养殖模式结构占比,推进海水鱼养殖业绿色转型升级。

2.2.4 市场价格引致源头经济主体生产消费行为绿色转变。

海水鱼市场价格 *PRI*对海水鱼养殖业绿色发展效率 *GDE*提升呈现显著的正向影响,市场价格 *PRI*每提升1元,海水鱼养殖业绿色发展效率 *GDE*便提升0.006 79。各海水鱼主要养殖品种 *GDE*也随市场价格变化而正向变化(图4)。主要可能原因是:市场经济背景下,海水鱼市场价格是海水鱼养殖业演化的外在拉力^[32];在养殖成本稳定的情况下,市场价格的波动会对海水鱼养殖业生产效率产生影响,海水鱼市场价格的提升可以提高养殖利润,从而促进生产者投入更多资本和劳动力^[33],实现产业的良性循环;通过市场价格的反馈机制,能够为海水鱼养殖生产者提供有价值的信息和反馈,从而进行自我调整,再从产业层面促进海水鱼养殖业的演化与发展。所以,考虑到中国海水鱼养殖业目前正面临绿色转型升级的关键阶段,未来需要加强绿色消费市场引导,构建绿色产品价格显示机制,进而促进海水鱼绿色养殖模式的推广和应用。

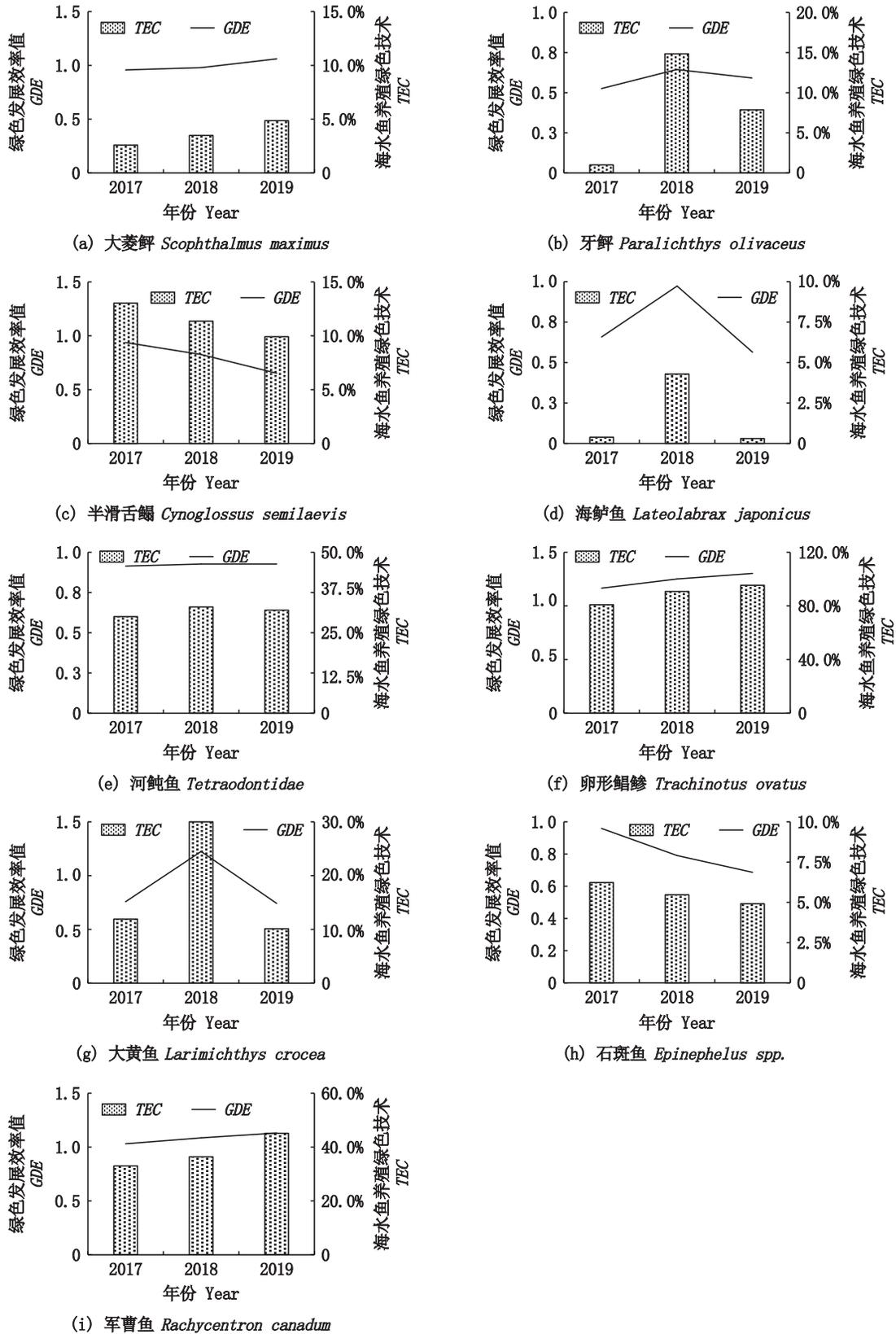


图2 2017—2019年中国海水鱼主要养殖品种的绿色发展效率值和海水鱼养殖绿色技术水平关系图

Fig. 2 Relationship between the green technology level and the GDE of marine fish culture industry in China from 2017 to 2019

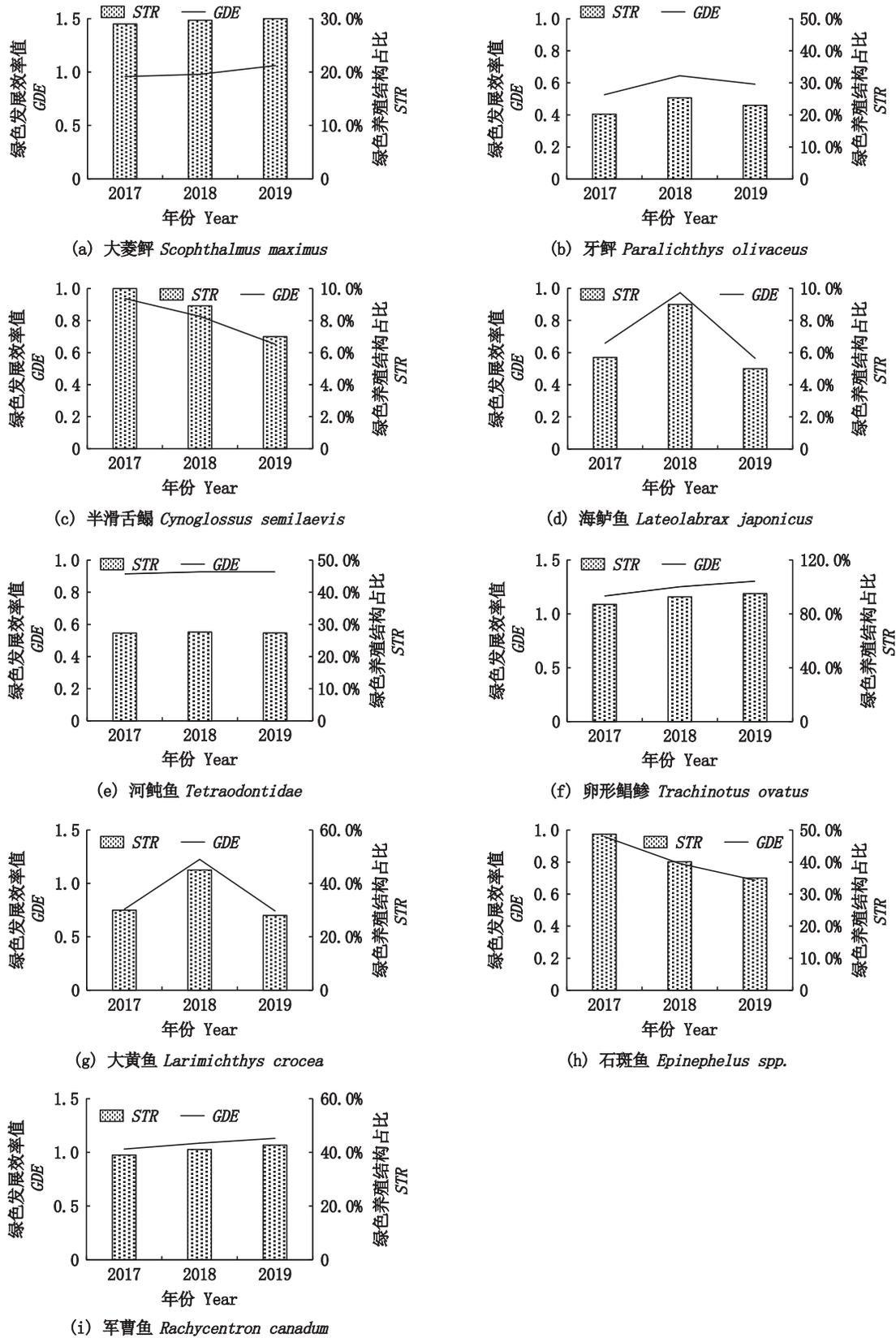


图3 2017—2019年中国海水鱼主要养殖品种的绿色发展效率值和绿色养殖结构占比关系图

Fig. 3 Relationship between the scale proportions of green modes and the GDE of marine fish culture industry in China from 2017 to 2019

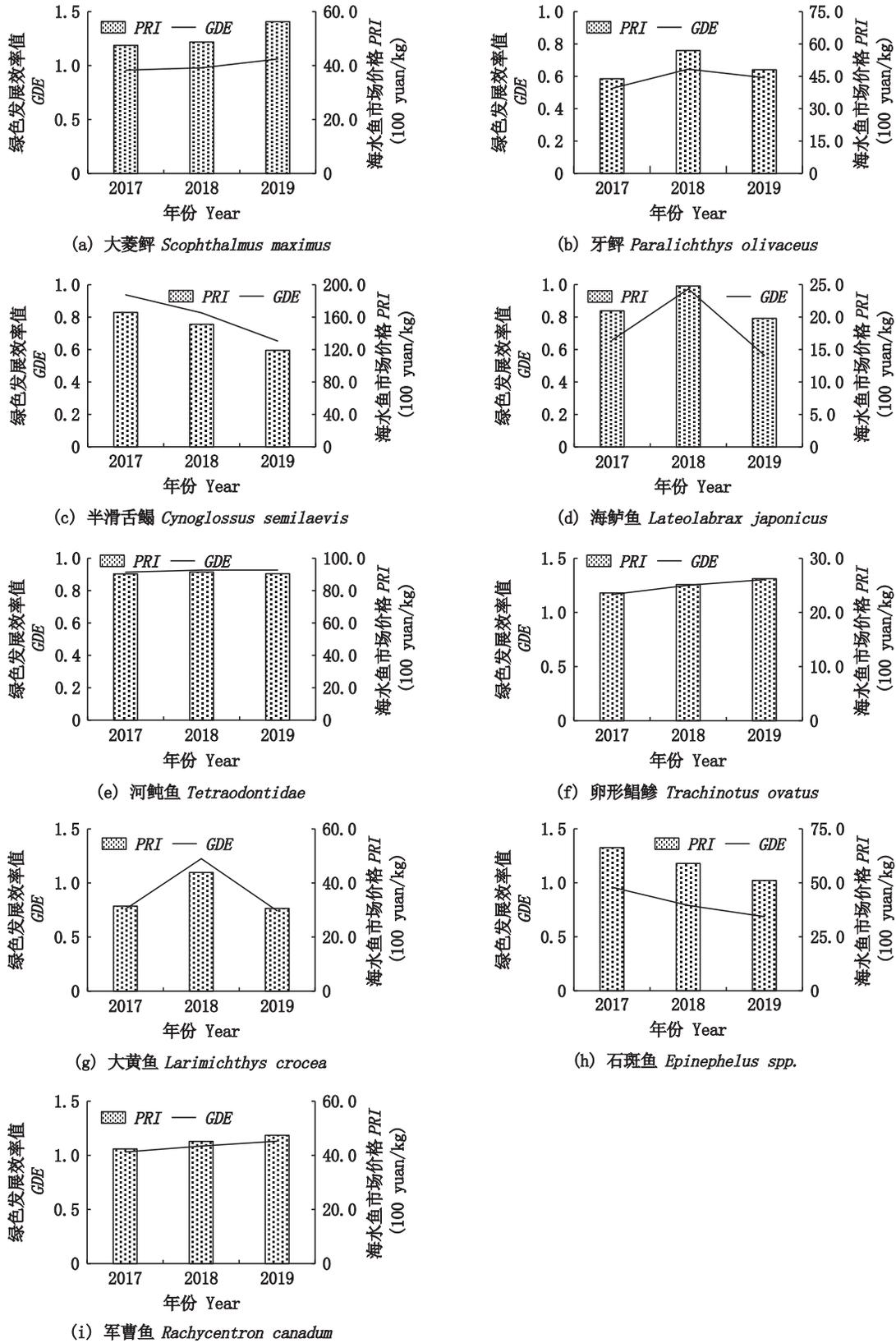


图4 2017—2019年中国海水鱼主要养殖品种的绿色发展效率值和市场价格关系图

Fig. 4 Relationship between the market price and the GDE of marine fish culture industry in China from 2017 to 2019

3 结论和建议

本文基于超效率SBM模型测度了中国海水鱼养殖业绿色发展效率水平,同时运用面板Tobit模型实证分析了影响海水鱼养殖业绿色发展效率的关键因素。结果显示,中国海水鱼养殖业未达到绿色发展效率有效率状态,不同海水鱼养殖品种发展存在不平衡现象。海水鱼养殖绿色技术水平、海水鱼绿色养殖结构占比和海水鱼市场价格对绿色发展效率存在显著的正向影响;政策支持对绿色发展效率的影响是正向不显著。根据以上结果,本文提出如下建议:一是完善绿色税收减免政策,强化专项资金扶持力度,健全环境资源产权制度;二是推进绿色养殖技术升级,拓展绿色养殖产品附加值;三是强化绿色养殖产业集聚、完善绿色模式全产业链、稳定绿色养殖模式规模效益;四是加强绿色消费市场引导,构建绿色产品价格显示机制,健全绿色产品市场竞争机制。通过本文研究,以期探究中国海水鱼养殖业绿色发展效率提升机制研究提供科学依据。

参考文献:

- [1] 刘长全,韩磊,李婷婷,等.大食物观下中国饲料粮供给安全问题研究[J].中国农村经济,2023(1):33-57.
LIU C Q, HAN L, LI T T, et al. The security of feed grains supply in China from the perspective of a big food concept[J]. Chinese Rural Economy, 2023(1): 33-57.
- [2] 农业农村部,生态环境部,自然资源部,等.关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见[R].2019.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of China, Ministry of Ecological Environment of China, Ministry of Natural Resources, et al. Several opinions on accelerating the green development of aquaculture[R]. 2019.
- [3] 唐启升.水产养殖绿色发展咨询研究报告[M].北京:海洋出版社,2017.
TANG Q S. Consulting report on green development of aquaculture[M]. Beijing: China Ocean Press, 2017.
- [4] GUI J F, TANG Q S, LI Z J, et al. Aquaculture in China: success stories and modern trends [M]. Oxford: John Wiley and Sons, 2018.
- [5] 李俊杰,景一佳.基于SBM-GIS的绿色发展效率评价及时空分异研究——以中原城市群为例[J].生态经济,2019,35(9):94-101,107.
LI J J, JING Y J. Research on green development efficiency evaluation and spatial-temporal differentiation based on SBM-GIS: take the central plains urban agglomeration as an example [J]. Ecological Economy, 2019, 35(9): 94-101, 107.
- [6] ZHANG S L, WANG Y, HAO Y, et al. Shooting two hawks with one arrow: could China's emission trading scheme promote green development efficiency and regional carbon equality? [J]. Energy Economics, 2021, 101: 105412.
- [7] YANG L S, NI M Y. Is financial development beneficial to improve the efficiency of green development? Evidence from the "Belt and Road" countries [J]. Energy Economics, 2022, 105: 105734.
- [8] LI W J, OUYANG X. Investigating the development efficiency of the green economy in China's equipment manufacturing industry [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27(19): 24070-24080.
- [9] DONG F, LI Y F, QIN C, et al. How industrial convergence affects regional green development efficiency: a spatial conditional process analysis [J]. Journal of Environmental Management, 2021, 300: 113738.
- [10] ZHANG Z Y, FANG X, SUN L Q. Comparison for ecological economic performance of Chinese sea perch (*Lateolabrax maculatus*) under different aquaculture systems[J]. Aquaculture and Fisheries, 2022, 7(6): 683-692.
- [11] TWUMASI M A, JIANG Y S, FOSU P, et al. The impact of credit constraint on artisanal fishers' technical efficiency: stochastic frontier and instrumental variable approach[J]. Regional Studies in Marine Science, 2022, 50: 102149.
- [12] KHAN S U, CUI Y, KHAN A A, et al. Tracking sustainable development efficiency with human-environmental system relationship: an application of DPSIR and super efficiency SBM model[J]. Science of the Total Environment, 2021, 783: 146959.
- [13] WU G Y, RIAZ N, DONG R. China's agricultural ecological efficiency and spatial spillover effect [J]. Environment, Development and Sustainability, 2023, 25(4): 3073-3098.
- [14] 国家海水鱼产业技术研发中心.2017—2019年国家海水鱼产业技术体系年度报告[M].青岛:中国海洋大学出版社,2018-2020.
National Marine Fish Industry Technology Research and Development Center. Annual report 2017-2019 of China agriculture research system for marine fish culture industry [M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2018-2020.
- [15] SEE K F, IBRAHIM R A, GOH K H. Aquaculture efficiency and productivity: a comprehensive review and bibliometric analysis [J]. Aquaculture, 2021, 544: 736881.
- [16] SHARMA K R, LEUNG P, CHEN H L, et al. Economic

- efficiency and optimum stocking densities in fish polyculture: an application of data envelopment analysis (DEA) to Chinese fish farms[J]. *Aquaculture*, 1999, 180(3/4): 207-221.
- [17] WANG P P, JI J Y. Research on China's mariculture efficiency evaluation and influencing factors with undesirable outputs-an empirical analysis of China's ten coastal regions [J]. *Aquaculture International*, 2017, 25(4): 1521-1530.
- [18] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2018-2020年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018-2020.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2018-2020 China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018-2020.
- [19] 全国污染源普查水产养殖业污染源产排污系数测算项目组. 第一次全国污染源普查水产养殖业污染源产排污系数手册[R]. 北京, 2010.
- Aquaculture Pollution Sources Production and Discharge Coefficient Measurement Project Team of National Census of Pollution Sources. The first national census of pollution sources in China - aquaculture pollution sources production and discharge coefficient manual [R]. Beijing, 2010.
- [20] REN W H, ZENG Q. Is the green technological progress bias of mariculture suitable for its factor endowment? Empirical results from 10 coastal provinces and cities in China[J]. *Marine Policy*, 2021, 124: 104338.
- [21] 杨正勇, 刘东, 彭乐威. 中国海水养殖业绿色发展: 水平测度、区域对比及发展对策研究[J]. *生态经济*, 2021, 37(11): 128-135.
- YANG Z Y, LIU D, PENG L W. Green development of mariculture in China: estimation, regional comparison and research on development strategy [J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(11): 128-135.
- [22] 刘东, 彭乐威, 张迪, 等. 中国海水养殖业资源-环境-经济系统耦合协调发展分析[J]. *上海海洋大学学报*, 2022, 31(5): 1317-1324.
- LIU D, PENG L W, ZHANG D, et al. Coordinative development analysis of China mariculture industry's resource-environment-economy system [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2022, 31(5): 1317-1324.
- [23] 彭乐威, 杨正勇, 闫周府, 等. 中国水产技术推广效率测度及影响因素研究[J]. *统计与决策*, 2022, 38(11): 78-82.
- PENG L W, YANG Z Y, YAN Z F, et al. Research on efficiency measurement and influencing factors of aquaculture extension in China [J]. *Statistics & Decision*, 2022, 38(11): 78-82.
- [24] 张莹, 韩立民, 秦宏. 我国海水养殖生态效率影响因素分析[J]. *海洋与湖沼*, 2022, 53(5): 1288-1298.
- ZHANG Y, HAN L M, QIN H. Factors on ecological efficiency of mariculture in China [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2022, 53(5): 1288-1298.
- [25] 陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008) [J]. *经济研究*, 2010, 45(11): 21-34, 58.
- CHEN S Y. Green industrial revolution in China: a perspective from the change of environmental total factor productivity [J]. *Economic Research Journal*, 2010, 45(11): 21-34, 58.
- [26] 安梦天. 基于DEA和Tobit模型的陕西省绿色发展效率测度及其影响因素研究[D]. 西安: 西北大学, 2019.
- AN M T. Research on the measurement of green development efficiency and its influencing factors in Shaanxi Province based on DEA [D]. Xi'an: Northwest University, 2019.
- [27] TONE K. Dealing with undesirable outputs in DEA: a slacks-based measure (SBM) approach [R]. Toronto, 2004.
- [28] ZOU L L, HUANG S L. Chinese aquaculture in light of green growth[J]. *Aquaculture Reports*, 2015, 2: 46-49.
- [29] LIU X T, CHEN S S. Has environmental regulation facilitated the green transformation of the marine industry? [J] *Marine Policy*, 2022, 144: 105238.
- [30] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. *经济研究*, 2011, 46(5): 4-16.
- GAN C H, ZHENG R G, YU D F. An empirical study on the effects of industrial structure on economic growth and fluctuations in China [J]. *Economic Research Journal*, 2011, 46(5): 4-16.
- [31] HALL S G, CAMPBELL M, GEDDIE A, et al. Engineering challenges in marine aquaculture [C]// *Proceedings of the 2018 ASABE Annual International Meeting*. 2018.
- [32] 李思敏, 孙龙启, 张迪, 等. 中国水产养殖产业演化影响因素研究[J]. *海洋开发与管理*, 2022, 39(1): 102-109.
- LI S M, SUN L Q, ZHANG D, et al. Study on the influence factors of the evolution of aquaculture in China [J]. *Ocean Development and Management*, 2022, 39(1): 102-109.
- [33] 王春晓, 李森. 基于DEA和SFA的我国海水养殖技术效率[J]. *海洋开发与管理*, 2018, 35(4): 9-15.
- WANG C X, LI S. Technical efficiency of China's mariculture based on DEA and SFA [J]. *Ocean Development and Management*, 2018, 35(4): 9-15.

Analysis of green development efficiency and its influence factors of marine fish culture industry in China

SUN Longqi^{1,2}, YANG Zhengyong¹, PENG Lewei¹, ZHANG Di¹, LIU Dong¹, ZHAO Zhiyuan¹

(1. College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract: Marine fish culture industry in China, as the pillar industry of aquaculture, has contributed to the optimization of China's aquaculture. However, the development of this industry is limited by a wide range of environmental concerns, resulting from the ecological impacts of aquaculture inputs and resources. In order to achieve sustainable social-economic-environmental development under the Greater Food Approach, marine fish culture industry is promoting green development and industrial transformation and upgrading. Green development efficiency (GDE) is an important criterion for measuring the level of green development. It considers not only economic development efficiency but also environmental costs. Therefore, this study focused on the key scientific issue of the key factors affecting the GDE of marine fish culture industry. This paper established an evaluation index system and used the super-slack-based measure model (Super-SBM) to evaluate the GDE of marine fish culture industry. Tobit model was constructed to analyze the factors affecting the GDE of marine fish culture industry. The results showed that the GDE of marine fish culture industry was in an inefficient state with the GDE of 0.8868, 0.9687, 0.7344 from 2017 to 2019. *Trachinotus ovatus* and *Rachycentron canadum* were the two culture species in an efficient state from 2017 to 2019, *Larimichthys crocea* was in an efficient state in 2018, and *Scophthalmus maximus* was in an efficient state in 2019. Other marine fish culture species were in an inefficient state from 2017 to 2019. With the Tobit model, the influence factors of the green technology level, the scale proportions of green modes and the market price had significant positive effects on the GDE, while the influence factor of the policy support had insignificant positive effects on the GDE. The results of this paper present suggestions to improve the GDE of marine fish culture industry in China and provide valuable insights for improving the GDE of marine fish culture industry.

Key words: marine fish culture industry; green development efficiency; efficiency evaluation; influence factors; undesirable outputs