



中国渔业的要素投入、规模报酬与技术效率分析

姜启军^{1*}, 刘辰萱¹, 邱亢铖²

(1. 上海海洋大学经济管理学院, 上海 201306;

2. 全国水产技术推广总站, 中国水产学会, 北京 100125)

摘要: 近年来, 中国不断加大渔业科技投入, 但中国渔业技术效率表现如何, 渔业要素投入结构是否合理, 都是值得关注的问题。本研究运用 CD 随机前沿生产函数, 通过对 2012—2019 年全国 29 个省的 232 组面板数据进行测算, 分析渔业要素投入结构和渔业技术效率。结果显示: ①中国渔业从业人员、渔业养殖面积、机动渔船功率水平、鱼苗投入要素弹性呈现递增的趋势, 但除鱼苗以外, 渔业从业人员、渔业养殖面积、机动渔船功率水平的要素投入贡献份额都为负, 渔业从业人员、养殖面积、渔船功率等要素投入过量; ②中国渔业规模报酬较低, 还没有实现规模报酬效用, 生产效率较低, 渔业科技要素投入不足; ③中国渔业技术效率低于农业领域其他行业技术效率水平, 但是渔业技术效率呈递增的趋势, 沿海地区的技术效率大于内陆地区。研究表明, 渔业技术效率低和要素投入协同存在相关性, 要素结构配置不合理是技术效率低的主要原因, 要素投入协同才能促进生产效率提高。

关键词: 中国渔业; 技术效率; 随机前沿分析; 全要素生产率

中图分类号: S 934

文献标志码: A

渔业作为农业的重要组成部分, 在国民经济中具有重要战略地位。当前, 中国水产业处于快速发展向科学发展、绿色发展的转型关键期, 渔业资源环境硬约束和消费需求多样化的矛盾交织并存, 加快构建中国水产业高质量发展的产业结构、生产方式和管理模式刻不容缓。农业农村部办公厅发布的《2020 年渔业渔政工作要点》^[1]强调, 坚持不懈稳数量、提质量、转方式、保生态, 持之以恒推进渔业高质量发展。科技要素是渔业要素的重要组成部分, 近年来, 中国不断加大渔业科技投入, 希望通过科技创新, 促进渔业产业升级, 然而, 渔业科技投入只有和其他生产要素投入相匹配, 才能产生协

同效应, 才能真正促进渔业高质量发展。

本研究通过对 2012—2019 年中国渔业全要素生产率进行测算, 分析渔业投入要素弹性的变化, 计算渔业技术效率和渔业规模报酬收益变动率, 旨在分析中国渔业技术效率, 分析渔业要素投入结构合理性, 尤其是渔业技术要素投入的合理性、渔业规模报酬收益变动趋势等, 以期为中国渔业高质量发展提供理论支持。

1 文献评述

目前已有很多国外学者对全要素生产率进行分解测算, 在技术贡献率、技术效率等方面

收稿日期: 2020-07-11 修回日期: 2020-08-30

资助项目: 2019 年度教育部哲学社会科学后期资助项目 (19JHQ064); 中国渔民收入、渔民生计和渔民社会保障研究项目

通信作者: 姜启军, E-mail: qjjiang@shou.edu.cn



做了研究。例如, Solow^[2]首次使用增长速度方程对美国科技进步进行了测度, 大大推进了科技进步对经济增长作用研究的发展, 研究把产出增长率减去要素增长率后的剩余部分作为技术进步率, 也就是全要素生产率。全要素生产率 (total factor productivity, TFP) 表示在保持一定生产要素 (如土地和资本等) 投入水平时, 对生产效率进行的测算。1978年, Charnes等^[3]提出了数据包络分析法 (DEA), 这一方法用于评价决策单元效率, 后来对于 TFP 的测算有较多应用。Farrell^[4]开创了用随机前沿生产函数 (SFA) 测度 TFP 的方法, 主要通过前沿生产函数对投入要素、产出以及技术效率进行分析。Christensen等^[5]提出用超越对数 (Translog) 生产函数计算狭义技术进步率。Kumbhakar等^[6]用经济增长理论对全要素生产率增长进行分解, 并对狭义技术进步率、技术效率提升以及规模效率对中国经济增长的贡献率进行估算, 即广义技术进步贡献率。在渔业应用上, 主要的研究有 Cinemre等^[7]对土耳其黑海罗非鱼养殖业使用 DEA 法, 测算了技术效率、资源配置效率以及成本效率, 并进行深入分析。Alam等^[8]运用 SFA 法, 分析孟加拉国的转基因罗非鱼养殖的技术效率, 以及技术效率低下的重要决定因素。

中国学者也对全要素生产率的分解测算方面进行了探索。例如, 朱希刚^[9]使用 CD 生产函数模型, 并通过 Solow 余值法, 测算出中国从“一五”至“九五”时期的全要素生产率。Fan^[10]运用 Quasi-translog 函数, 测算中国的全要素生产率, 并分析各要素的弹性变动。也有学者采用基于 DEA 的 Malmquist 指数法测算全要素生产率^[11-14]。与上述思路不同, 顾焕章等^[15]总结评析了 4 种测算技术进步贡献率的方法, 并用农业边界生产函数测算中国“七五”期间农业技术进步对农业经济增长的贡献率, 这种方法又称确定性前沿生产函数。随着计量经济学的发展, 随机前沿生产函数逐渐取代确定性前沿生产函数。例如, 袁开智^[16]运用了超越对数随机前沿模型, 对中国 1985—2005 年的农业技术进步率进行测算, 并将 TFP 分解为狭义技术进步、技术效率、规模报酬和资源配置效率等 4 个部分。张社梅等^[17]采用改进后的 CD 随机前沿生产函数模型, 对四

川 1998—2012 年农业经济增长结构进行定量分析。在渔业领域, 林群等^[18]检验变量之间是否存在长期稳定的均衡关系, 模拟估计了山东省渔业 CD 生产函数模型, 并分析了资本、技术、劳动对渔业产出的贡献。郑莉等^[19]运用 CD 生产函数和索洛余值法, 测算 1988—2016 年沿海地区的海洋渔业科技进步贡献率均高于 55%。许多学者运用基于 DEA 的 Malmquist 指数法, 测算了中国渔业的全要素生产率及其分解的技术进步、技术效率、规模效率等^[20-22]。还有一些学者采用 SFA 法, 例如刘盼成等^[23]对中国渔业全要素生产率及其分解的技术进步、规模效率进行估计; 纪建悦等^[24]对中国海洋经济的效率进行估计。

上述关于全要素生产率分解测算的研究成果, 对渔业技术效率与规模报酬的测算有较大的参考价值, 但也存在如下不足: ①多数研究对全要素生产率进行分解的不够全面; ②在研究方法上, 多数研究集中于 CD 生产函数法和非参数 DEA 法, 这两种方法忽视了随机因素所产生的误差。针对上述不足, 本研究将用改进的 CD 函数和随机前沿生产函数法测算渔业技术效率与规模报酬表现, 并回答以下问题: ①从技术效率、规模报酬的角度分解中国渔业的全要素生产率, 分析技术效率的具体表现, 并对比分析沿海地区和内陆地区的不同; ②分析中国渔业技术要素投入是否和其他要素投入相匹配, 渔业要素投入结构是否合理及其原因; ③深入分析中国渔业规模报酬收益的变动。

2 研究方法和计算过程

2.1 全要素增长率和随机前沿生产函数

由随机前沿函数中技术效率的定义, 有:

$$Y_{it} = f(X_{it}, t; \beta) e^{v_{it} - u_{it}} \quad (u_{it} > 0, t = 1, 2, \dots, T)$$

两边同时取对数得:

$$\ln Y_{it} = \ln f(X_{it}, t; \beta) + v_{it} - u_{it}$$

$$Y_{it} = f(X_{it}, t; \beta)$$

式中, X_{it} 为面板数据, 分别表示渔业第 i 地区第 t 年产生的最大值、实际产出值以及解释变量。 β 表示所有待定系数, $t(t=1, 2, \dots, T)$ 是时间趋势项, 作为技术进步的代理变量。 v_{it} 表示随机误差项, 并假设服从于正态分布 $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$, u_{it} 表

示技术效率误差项, v_{it} 和 u_{it} 相互独立。

等式两边同时对 t 求导得:

$$\frac{d\ln Y}{dt} = \frac{\partial \ln F}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial \ln F}{\partial \ln X_i} \frac{d\ln X_i}{dt} - \frac{\partial u}{\partial t} = \dot{TP} + \sum_i \varepsilon_i \frac{d\ln X_i}{dt} + \dot{TE}$$

根据 Divisia 的全要素增长公式, 有:

$$TF\dot{P} = \frac{d\ln Y}{dt} - \sum_i S_i \times \frac{d\ln X_i}{dt}$$

式中, $TF\dot{P}$ 表示全要素增长率, $S_i = \frac{\omega_i X_i}{\sum \omega_i X}$, ω_i 表示第 i 种要素的价格。带入得:

$$TF\dot{P} = \dot{TP} + \sum_i (\varepsilon_i - S_i) \frac{d\ln X_i}{dt} + \dot{TE} = \dot{TP} + (\varepsilon - 1) \sum_i \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} \frac{d\ln X_i}{dt} + \sum_i \left(\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} - S_i \right) \frac{d\ln X_i}{dt} + \dot{TE}$$

式中, 等式右边第一项为狭义技术进步率, 第四项表示技术效率变化率, 可通过 CD 生产函数和随机前沿生产函数测算; 第二项表示规模报酬收益率, 它等于投入弹性份额与要素增长率乘积的加权平均值, 再乘以规模报酬递增的份额, 规模报酬指数为 $\varepsilon = \sum \varepsilon_i$, 将 ε 与 1 进行比较, 可以得出规模报酬如何变动。等式右边的第三项为生产要素配置效率变化率, 它等于投入要素的弹性份额和支出份额相减, 再与要素投入增长率乘积的加权平均。测算生产要素配置效率时需要价格数据, 由于投入要素的价格数据难以真实获得, 尤其是劳动与土地要素价值的估量, 存在数据偏差等问题, 本研究设这部分的变化率为零, 参考文献 [16-17], 则有以下简化公式:

$$TF\dot{P} = \dot{TP} + (\varepsilon - 1) \sum_i \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} \frac{d\ln X_i}{dt} + \dot{TE}$$

2.2 模型构建

生产函数包括 CD 函数和超越对数函数, CD 函数虽然能较为全面地解释经济增长, 但在描述要素投入对产出的贡献时, 只能表现数量变动, 不能表现随时间的变动; 超越对数函数放松了要素间替代弹性不变的假定, 但在模型的回归估计中可能产生多重共线性问题。为避免回归存在多重共线性, 也为避免遗漏要素投

入随时间的变动, 本研究将使用改进后的 CD 随机前沿模型测算分析。参考文献 [17], 模型具体形式设定为:

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + \sum_{j=1}^4 (\beta_j + \beta_{Aj} t) \ln x_j + \beta_D \text{disa}_{it} + v_{it} - u_{it} = \alpha_{it} + \sum_{j=1}^4 (\beta_j + \beta_{Aj} t) \ln x_j + \beta_D \text{disa}_{it} + v_{it} \alpha_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 - u_{it}$$

式中, y_{it} 表示 i 地区第 t 年渔业总产值 ($i=1, 2, 3, \dots, 29$); x_j ($j=1, 2, 3, 4$) 为该地区当年渔业从业人员数量、渔业养殖面积、机动渔船的功率水平、鱼苗数量, disa_{it} 为成灾面积占养殖面积的比率, t 为时间变量, 作为技术进步的代理变量, v_{it} 表示随机误差项, 并假设服从于正态分布 $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$, u_{it} 表示技术效率误差项, v_{it} 和 u_{it} 相互独立, α_{it} 、 β_j 、 β_{Aj} 、 β_D 均为待估参数。

2.3 数据与指标

投入和产出的数据主要包括渔业经济总产值、渔业从业人员投入量、渔业养殖面积、机动渔船的功率水平, 由于西藏和青海渔业产值较小, 许多年份和投入变量的数据存在缺失, 因此本研究中省份包括天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西、海南 11 个沿海地区, 北京、山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、新疆 18 个内陆地区全国共 29 个省(市、自治区、直辖市)。本研究采用 2012—2019 年 29 个省的 232 组面板数据进行估计。渔业经济总产值指以货币表现的核算期内渔业经济总产出, 其中包括渔业的工业、建筑业、流通和服务业, 为了消除通货膨胀的影响, 本研究以 1978 年为基期的 GDP 平减指数对变量进行平减; 渔业从业人员投入即为从事渔业相关劳动的人员; 渔业养殖面积包括淡水养殖面积和海水养殖面积, 主要用于养殖水产品; 机动渔船包括渔业生产船和渔业辅助船, 主要依靠船自身的主机动力来推进, 水产苗种数量为淡水鱼苗和海水鱼苗之和, 机动渔船的功率水平和鱼苗数量用于近似代替物质投入; 气候灾害为渔业生产的成灾面积占养殖面积的比例。以上相关数据均来自 2013—2020 年的《中国渔业统计年鉴》(表 1)。

表 1 全国渔业产出和投入情况

Tab. 1 National fishery output and input

年份 year	渔业经济总产值/万元 total fishery economic output	渔业从业人员/人 fishery labour	渔业养殖面积/hm ² fishery aquaculture area	机动渔船的功率水平/kW vessel power	鱼苗/万尾 fish fry
2012	38784691	14439553	8045942	21466453	112302142
2013	41728776	14429624	8279237	21919431	191998186
2014	43218120	14287297	8343898	21990826	128109780
2015	43897636	14145493	8422542	22312154	127436814
2016	45678789	13813997	8303903	22098893	130266310
2017	45981712	13590346	7431630	20820263	133185902
2018	46413524	13253612	7172120	20485670	132382397
2019	45967290	12913334	7091094	19655160	126313059
年均增长率/% average annual growth rate	2.46	-1.58	-1.79	-1.25	1.69
均值 mean	43958817	13859157	7886295	21343606	135249324

注：表中渔业经济总产值是以1978年为基期进行折算

Notes: The total economic output value of the fishery in the table is the level depreciation based on 1978

3 结果

3.1 回归结果

运用 Frontier 4.1 软件对除西藏和青海之外 29 个省 2012—2019 年中国渔业的面板数据进行测算，得到极大似然估计法 (MLE) 的回归结果 (表 2)。当 $u_{it}=0$ 时， $\hat{TE}=1$ ，表明中国渔业投入产出函数处于最优点上，技术效率非常高；如果 $u_{it}>0$ ，则 $0<\hat{TE}<1$ ，此时中国渔业生产存在技术相对无效率，当 \hat{TE} 值越趋向于 0 时，技术效率越低。极大似然估计法中使用的方差参数为 $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ ， $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}$ ，当 γ 为 0 时，拒绝中国渔业生产存在技术无效率的原假设，而 γ 的估计值为 0.995 9， t 检验值为 670.143 4，在 1% 的显著水平下不拒绝原假设，表明中国渔业生产存在显著的技术无效率，影响渔业的生产效率。 $LR=425.57$ ，在 1% 的显著水平下拒绝原假设，这说明中国渔业生产存在技术无效率项，也可以证明随机前沿生产函数可以用于分析技术效率。模型的 t^2 项系数为正值，说明存在狭义技术进步。 $disa_{it}$ 项的回归系数 β_D 为负值则度量了自然灾害因素大约每年使渔业产值减少 22.42%。

3.2 全国渔业规模报酬和技术效率测度及分析

投入要素弹性的变化 根据要素弹性计算公式： $\varepsilon_i = \frac{\partial \ln(\ln x_j, t)}{\partial \ln x_j} = \beta_j + \beta_{Aj}t$ 式中， x_j ($j=$

表 2 CD 随机前沿生产函数回归结果

Tab. 2 CD stochastic frontier production function results

变量 variable	回归系数 coefficient	标准误 standard error	t 检验值 t -value
a_0	10.9882	1.6865	6.5154
a_1	-0.3511	0.1065	-3.2972
a_2	-0.0010	0.0022	-0.4693
β_1	0.0569	0.1006	0.5660
β_2	0.2969	0.0869	3.4182
β_3	0.0071	0.0264	0.2696
β_4	-0.0074	0.0205	-0.3611
β_{A1}	0.0119	0.0076	1.5680
β_{A2}	0.0013	0.0070	0.1818
β_{A3}	0.0032	0.0043	0.7530
β_{A4}	0.0095	0.0039	2.4273
β_D	-0.2242	0.1517	-1.4775
σ^2	4.6882	1.5298	3.0646
γ	0.9959	0.0015	670.1434
η	0.0363	0.0084	4.3431
LR	425.57		
观测量 observation	232		

1, 2, 3, 4) 依次为该地区当年的渔业从业人员数量、渔业养殖面积、机动渔船的功率水平、

鱼苗数量, β_j 、 β_{A_j} 均为待估参数, $t(t=1, 2, \dots, T)$ 是时间趋势项, ε_i 为要素弹性。计算得到渔业从业人员数量、渔业养殖面积、机动渔船的功率水平、鱼苗的生产弹性。要素对产出的贡献等

于要素弹性与要素增长率的乘积, 气候灾害对产出的作用以每年成灾比例的平均值乘以其回归系数 β_D 表示(表3)。

表3 全国渔业投入要素弹性值和气候变化率

Tab. 3 Elasticity of fishery input factors and climate change rate

年份 year	渔业从业人员 fishery labour	渔业养殖面积 fishery aquaculture area	机动渔船的功率水平 vessel power	鱼苗 fish fry	气候 climate
2012	0.068 9	0.298 2	0.010 4	0.002 1	-0.027 5
2013	0.080 8	0.299 4	0.013 6	0.011 5	-0.024 2
2014	0.092 7	0.300 7	0.016 8	0.021 0	-0.021 0
2015	0.104 6	0.302 0	0.020 0	0.030 4	-0.016 5
2016	0.116 5	0.303 2	0.023 2	0.039 9	-0.022 4
2017	0.128 4	0.304 5	0.026 5	0.049 3	-0.017 9
2018	0.140 3	0.305 8	0.029 7	0.058 8	-0.014 6
2019	0.152 3	0.307 0	0.032 9	0.068 2	-0.016 0
弹性平均值 mean of flexibility	0.110 6	0.302 6	0.021 6	0.035 1	-0.020 0
要素贡献份额 factor contribution	-0.001 8	-0.005 4	-0.000 3	0.000 6	0.001 5

由表3可以看出, 中国渔业从业人员要素弹性从2012年的0.0689上升到2019年的0.1523, 递增趋势十分显著, 这表明近年来中国渔业劳动力需求不断增多。渔业养殖面积要素弹性从2012年的0.2982上升到2019年的0.3070, 呈现出稳步递增的趋势, 表明中国渔业对土地要素的需求仍在增大。机动渔船的功率水平和鱼苗的弹性稳中有升, 说明近年来中国渔业仍处于加大要素投入的阶段。

从弹性平均值可以看出中国渔业养殖面积的弹性最大, 说明中国渔业经济的发展主要依赖于区域养殖面积的大小, 发展方式是水域资源依赖型, 对渔业从业人员、机动渔船功率水平、鱼苗投入的依赖较小。表2可以说明, 渔业从业人员、渔业养殖面积、机动渔船功率水平和鱼苗投入与时间交互项的系数估计值都为正, 而时间变量是技术进步的代理变量, 因此, 渔业从业人员、渔业养殖面积、机动渔船功率水平和鱼苗投入在技术进步中对渔业总产值有正向的调节作用。

但是, 渔业从业人员、渔业养殖面积、机动渔船功率水平等要素对渔业总产出的要素贡献份额为负, 由于要素投入对产出的贡献等于

要素弹性与要素增长率的乘积, 而这三种要素投入的弹性为正, 增长率却都是负值, 对渔业总产出的影响是负向的, 即其要素投入的变动都对渔业总产出产生负面影响, 只有鱼苗的影响为正, 但所占份额非常小, 这说明中国渔业要素投入配置不尽合理。从渔业从业人员、养殖面积、渔船功率等增长率为负的表现说明中国传统渔业生产要素投入处于“过量”的阶段, 劳动力(渔业从业人员)、土地(养殖面积)和资本(渔船功率)的要素投入过量, 而渔业科技要素的投入不足。下面通过分析渔业各个要素投入的构成变化, 进一步解释渔业要素投入配置不合理的原因。

渔业养殖从业人员在渔业从业人员中占比大, 渔业养殖从业人员和渔业捕捞从业人员整体呈下降趋势(图1), 与表1中渔业从业人员变化趋势相同, 渔业捕捞从业人员在2013—2014年上升, 而2015—2019年渔业养殖从业人员和渔业捕捞从业人员下降幅度均较大。对于全国而言, 劳动力供给总量下降; 对于渔业而言, 渔业劳动力老龄化趋势明显, 渔业劳动力具有季节性, 空间转向频繁, 受近年来渔业可持续发展政策影响, 不断完善休渔制度并加强实施,

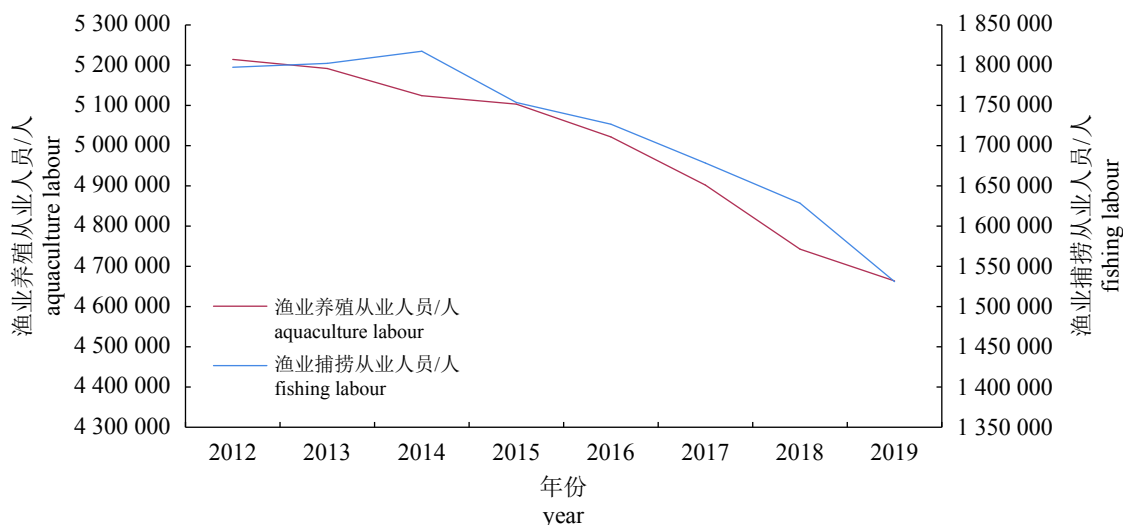


图 1 渔业从业人员投入构成变化

Fig. 1 Composition changes in fishery labour

促使渔业劳动力转移加剧，促进渔民转产转业。结合表 3 中渔业从业人员的要素增长率为负，而渔业劳动力对渔业产出的弹性为正，渔业从业人员的要素贡献份额为负，渔业剩余劳动力的转移并未导致渔业劳动生产率的提高。中国渔业目前还是属于劳动密集型和资源依赖型的产业，机械化、工业化水平较低，通过上述分析发现渔业劳动力对渔业产出的弹性为正，虽然劳动力不断减少，但是要素贡献份额为负，这是中国渔业要素投入构成不合理的原因之一。

由图 2 可以看出，淡水养殖面积在渔业养殖总面积中占比较大，淡水养殖面积和海水养殖面积整体波动下降，2012—2015 年有所回升，2015 年后下降明显。结合表 3 可以看出，自然灾害影响在 2012—2015 年逐渐减小，2015—2016 年急剧增大，即成灾面积占养殖面积的比例变大，但对养殖面积的影响具有一定的滞后性，可以解释养殖面积的波动；2016 年后，淡水养殖总面积维持相对稳定的水平，而海水养殖面积下降幅度较大，养殖面积呈整体下降趋势。渔业养殖面积的要素增长率为负，近年来渔业养殖面积虽然不断减少，渔业养殖面积对渔业产出的弹性为正，但是渔业养殖面积的要素贡献份额为负，渔业养殖面积投入不合理是渔业要素投入构成不合理的原因之一。

捕捞渔船功率水平在渔业机动渔船功率水平中的占比非常大，捕捞渔船和养殖渔船功率水平变动趋势虽然都是下降的，但是捕捞渔船

功率水平在 2012—2015 年逐渐上升，2015—2019 年下降明显；养殖渔船功率水平在 2012—2019 年缓慢下降 (图 3)。这与近年来的渔业可持续发展理念相关，尤其是 2016 年，中国渔业提出“减量增收、提质增效”和“生态优先、绿色发展”战略。结合表 3 中渔业机动渔船功率水平的要素增长率为负，渔业机动渔船功率水平对渔业产出的弹性为正，近年来国家通过控制捕捞能力等方式，使渔船功率水平要素投入不断下降，但是机动渔船功率水平的要素贡献份额为负，渔业机动渔船功率水平投入的不合理是渔业要素投入构成不合理的原因之一。

淡水鱼苗在渔业鱼苗中的比重非常大，而淡水鱼苗和海水鱼苗的变动趋势有显著的区别，淡水鱼苗的投入在 2013 年大幅度增多，之后回到原来水平，并趋于平缓；海水鱼苗的投入 2012—2017 年逐渐增多，在 2017—2019 年趋于平缓 (图 4)。中国水产养殖业政策近年来从数量增长转向质量提升，因此鱼苗作为渔业养殖的重要物质投入要素，在数量上的增长不是很明显。结合表 3，鱼苗的要素弹性在 2012—2013 年逐渐增加，说明 2013 年大量投放淡水鱼苗对渔业产值是有益的，之后鱼苗投入虽然增长不大，但要素弹性依然稳步增长，表明鱼苗的质量需要进一步提高。鱼苗的要素贡献份额为正，表明随着鱼苗投入的增加，对渔业产值带来的是正向影响，鱼苗投入较为合理，这说明国家应加大对鱼苗的科技投入力度。

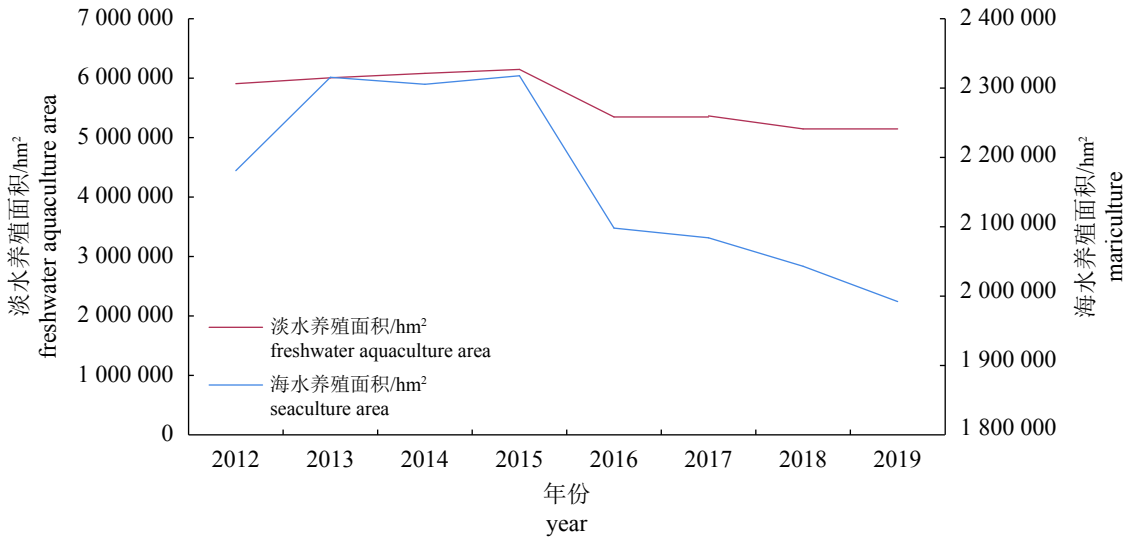


图 2 渔业养殖面积投入构成变化

Fig. 2 Composition change of fish farming area

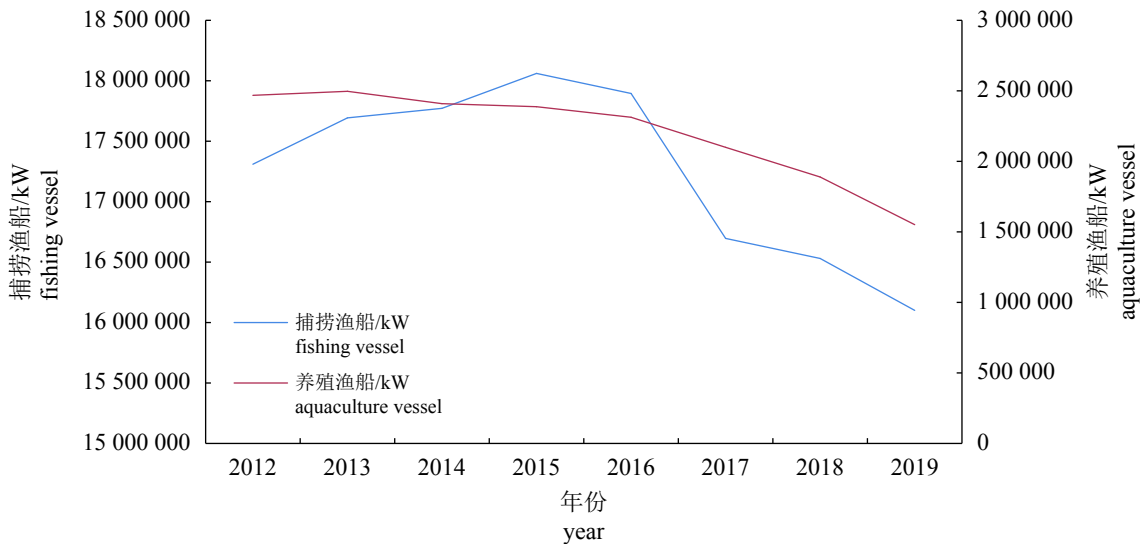


图 3 渔业机动渔船功率水平投入构成变化

Fig. 3 Composition changes of power level of vessels

总体上看, 中国渔业长期以来粗放式经营, 渔户分散经营, 各主体间的同质化和无序竞争相当严重, 渔业生产要素投入过度集中, 导致要素投入效率低下。

渔业规模报酬收益变动率的计算 使用要素投入增长率 (表 1) 和要素产出弹性 (表 3), 计算渔业规模报酬收益变动率:

$$SR = (\varepsilon - 1) \sum_i \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} \frac{dLnX_i}{dt}$$

2012—2019 年渔业规模报酬指数 (即 $\varepsilon = \sum \varepsilon_i$) 的范围为 0.379 4~0.560 4, 均比 1 小 (表 4), 说明中国渔业生产存在规模报酬递减, 说明产出增

加的比例小于要素投入增加的比例, 结合上文分析的渔业要素投入效率低下, 表明中国渔业处于规模不经济的阶段, 也体现出渔业“减量增收”的必要性。由表 1 中的渔业从业人员投入量、渔业养殖面积、机动渔船功率水平的年均增长率为负, 再结合表 3 中的要素贡献份额为负, 进一步证明了渔业要素投入配置不合理, 渔业从业人员、养殖面积、渔船功率等要素投入过量, 渔业科技要素投入不足的结论。中国渔业近年来在不断落实“减量”的理念, 但是还未达到“增收”的效果, 表明中国渔业规模化、集约化的程度虽然不断提高, 但仍然以小规模、分散式经

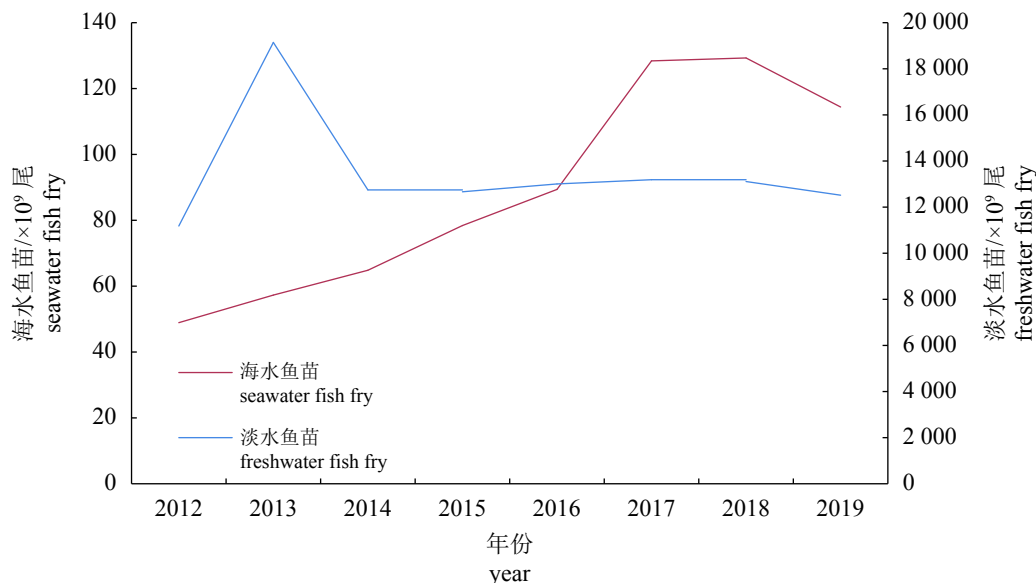


图4 渔业鱼苗投入构成变化

Fig. 4 Composition changes of fish fry input

表4 全国渔业规模报酬收益变动率

Tab. 4 Change rate of national fishery scale returns

年份 year	规模报酬指数 return on scale index	规模报酬收益变动率 change rate of scale returns
2012	0.3794	0.0190
2013	0.4053	0.0178
2014	0.4311	0.0167
2015	0.4570	0.0156
2016	0.4829	0.0144
2017	0.5087	0.0135
2018	0.5346	0.0126
2019	0.5604	0.0117
平均值 mean	0.4699	0.0151

营为主体，单个经营主体的“减量”并不能促进渔业投入要素整体的合理配置。

规模报酬收益变动率是在经济规模变动的影 响下，渔业经济效益随时间变化的速率，由 计算公式 $SR = (\varepsilon - 1) \sum_i \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon} \frac{d \ln X_i}{dt}$ 可以看出，当 规模报酬递增时，若要得到正向的规模报酬收 益率，则要增加投入要素；当规模报酬不变时， 规模报酬收益率恒等于零；当规模报酬递减时， 若要得到正向的规模报酬收益率，则要减少投 入要素。由于每一年的规模报酬收益变动率都 为正，表明中国渔业经济效益的速率是上升的，

虽然“减量”还未达到“增收”的效果，但是有一定 成效，因此可以在投入要素合理配置下继续缩 小渔业整体规模。

渔业技术效率变动率 利用 Frontier 4.1 软件，可直接计算出 29 个省 2012—2019 年的技 术效率值 (表 5)。

近年来，全国渔业技术效率的范围在 22.21%~ 27.55%，平均值为 24.80% (表 5)，而中国农业不 同产业的技术效率水平的研究结果如表 6 所示。

从表 6 农业领域不同行业技术效率的表现， 可以看出中国渔业的技术效率较低，低于农业 领域内其他行业的水平，全国渔业生产技术水 平较低。在不增加要素投入的前提下，如果消 除技术效率损失达到前沿生产面上，即当 γ 接近 于 0，中国渔业生产不存在技术无效率，那么中 国渔业总产值可以增加 75.20%，提升的空间很 大。中国渔业技术效率的变动呈上升的趋势， 这说明近年来中国对渔业科技的重视程度不断 提高，生产技术水平不断提高。具体而言，沿 海的渔业技术效率水平相对较高，平均值为 47.17%，而内陆的渔业技术效率水平相对较低， 平均值为 11.14%，说明沿海和内陆的生产技术 水平和生产技术管理水平差距较大，沿海应利 用好自身的发展优势，如水资源优势、技术优 势和经济优势，内陆也要提升生产技术水平， 合理利用自身资源，从而提升中国渔业技术效率。

表 5 全国、沿海和内陆渔业技术效率

Tab. 5 National, coastal and inland fisheries technical efficiency

年份 year	全国 national		沿海 coastal		内陆 inland	
	技术效率/% technical efficiency	技术效率变动率 technical efficiency change rate	技术效率/% technical efficiency	技术效率变动率 technical efficiency change rate	技术效率/% technical efficiency	技术效率变动率 technical efficiency change rate
2012	22.21		44.07		8.84	
2013	22.91	0.70	44.94	0.87	9.44	0.60
2014	23.63	0.72	45.82	0.88	10.06	0.63
2015	24.37	0.74	46.71	0.89	10.72	0.66
2016	25.13	0.76	47.60	0.89	11.40	0.69
2017	25.92	0.78	48.50	0.90	12.12	0.72
2018	26.72	0.81	49.40	0.90	12.87	0.75
2019	27.55	0.83	50.31	0.91	13.64	0.78
平均值 mean	24.80	0.76	47.17	0.89	11.14	0.69

表 6 中国农产品不同部门的技术效率

Tab. 6 Technical efficiency in different sectors of Chinese agricultural products

文献 references	研究样本 research object	年份 year	技术效率/% technical efficiency
[25]	中国奶牛养殖	2011—2015	66.20
[26]	中国苜蓿产业	2011—2017	85.00
[27]	中国大豆产业	2004—2016	86.20
[28]	湖北省水稻产业	2009—2011	75.90~79.00

从事渔业技术推广的总人数下降了, 这一变化趋势可以解释中国渔业生产技术水平较低的原因, 再加上中国渔业科技创新平台和能力建设滞后, 科技成果应用转化率低, 导致整体渔业科技竞争力不高; 水产技术推广经费逐年递增, 且党的“十八大”以来, 中国渔业科技投入不断增加, 这一变化可以解释中国渔业技术效率的变动呈上升趋势的原因。

由图 5 可以发现, 渔业科研机构数量呈下降趋势, 虽然说水产技术推广经费增加了, 但

各省渔业技术效率差距较明显, 福建省渔业技术效率最高, 为 94.3%, 主要原因是福建渔业具有自然资源优势, 滩涂面积大, 内陆水域资源丰富, 良种培育技术好, 育苗效率高, 养

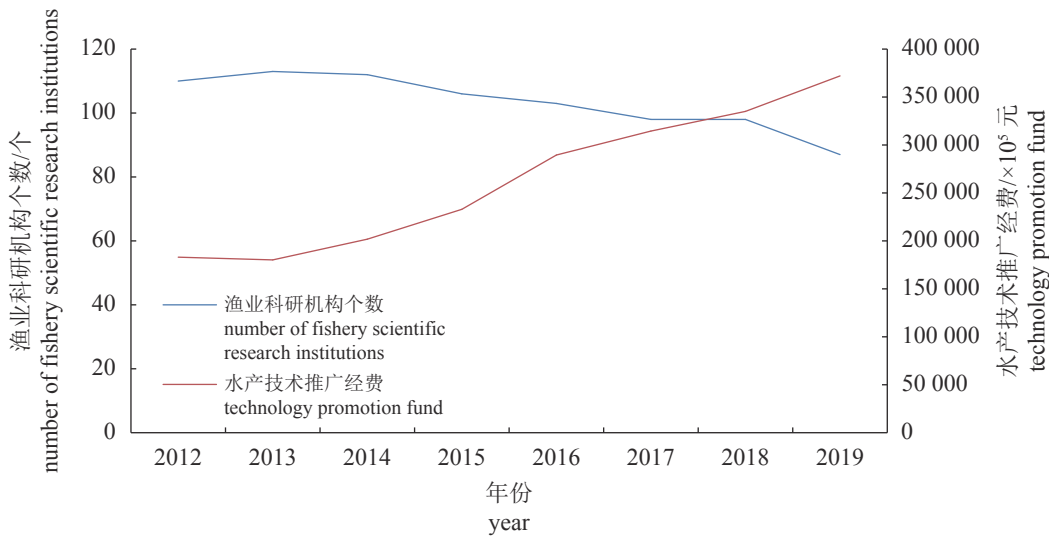


图 5 技术水平相关投入变化

Fig. 5 Changes in input related to technology

殖技术体系较完整,上述因素能促使渔业要素投入产生协同效应,提高渔业技术效率(表7)。甘肃省的渔业技术效率最低,为0.6%。广西、安徽、四川、湖南、河北、上海、河南、天津、云南、重庆、北京、陕西、黑龙江、贵州、宁夏、吉林、新疆、内蒙古、山西、甘肃的2012—2019年渔业技术效率都低于全国平均水

平。作为发达地区的上海等地渔业技术效率并不太高,甚至低于全国平均水平,是由于这些地区劳动力成本很高,养殖面积不断减少,渔船数量很少,政府限制渔业传统要素的投入,限制传统渔业的发展。

4 讨论

本研究运用CD随机前沿生产函数,采用2012—2019年全国29个省的232组面板数据,对近8年来全国渔业要素投入结构、渔业规模报酬和技术效率进行分析。研究表明:①中国渔业从业人员、渔业养殖面积、机动渔船功率水平、鱼苗投入要素弹性呈现出递增的趋势,但除鱼苗以外,渔业从业人员、渔业养殖面积、机动渔船功率水平要素贡献份额都为负,要素结构配置不合理,渔业从业人员、养殖面积、渔船功率等要素投入过量。②中国渔业规模报酬较低,还没有获得规模报酬收益,渔业基础较为薄弱,生产效率较低,科技要素投入不足,对渔业经济产生较大的负向影响。③中国渔业技术效率低于农业领域内其他行业技术效率水平,全国渔业的技术效率损失较大,生产技术水平和技术管理水平都较低,但是渔业技术效率呈递增的趋势,沿海地区的技术效率大于内陆地区。渔业技术效率低和要素投入协同存在相关性,要素结构配置不合理是技术效率低的主要原因。要素投入协同才能促进生产效率提高,这与邵汉华等^[29]关于实体经济与各要素协同发展水平提高能显著促进全要素生产率增长,对经济高质量增长具有显著促进作用的结论相一致。

根据以上结论,本研究提出对策建议:改善渔业要素投入结构,加大对渔业科技投入力度,进一步强化渔业科技创新和供需对接,提高渔业技术水平。因地制宜,沿海地区发挥科技优势,内陆地区根据自身要素禀赋特点,合理配置渔业要素投入,促进要素投入协同。

参考文献 (References):

- [1] 中华人民共和国农业部. 农业农村部办公厅关于印发《2020年渔业渔政工作要点》的通知[EB/OL].(2020-03-11)[2020-03-11]. http://www.moa.gov.cn/ztl/2020-gzgd/gsjgzyd/202003/t20200311_6338654.htm.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Notice of the Ministry of Agriculture on printing
中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

表7 中国2012—2019年各省渔业技术效率
Tab. 7 2012—2019 Fisheries technical efficiency of various provinces

省份 provinces	技术效率/% technical efficiency	排序 rank
福建 Fujian	94.3	1
山东 Shandong	92.6	2
浙江 Zhejiang	70.6	3
江苏 Jiangsu	68.4	4
广东 Guangdong	65.2	5
湖北 Hubei	55.3	6
辽宁 Liaoning	37.6	7
海南 Hainan	33.3	8
江西 Jiangxi	28.2	9
广西 Guangxi	23.2	10
安徽 Anhui	22.2	11
四川 Sichuan	15.3	12
湖南 Hunan	14.3	13
河北 Hebei	13.0	14
上海 Shanghai	10.8	15
河南 Henan	10.4	16
天津 Tianjin	9.8	17
云南 Yunnan	8.4	18
重庆 Chongqing	7.8	19
北京 Beijing	6.7	20
陕西 Shaanxi	6.1	21
黑龙江 Heilongjiang	5.1	22
贵州 Guizhou	4.6	23
宁夏 Ningxia	4.5	24
吉林 Jilin	4.1	25
新疆 Xinjiang	2.6	26
内蒙古 Inner Mongolia	2.5	27
山西 Shanxi	1.8	28
甘肃 Gansu	0.6	29
平均值 mean	24.8	

- and distributing key points of fisheries and fisheries administration in 2020) [EB/OL]. (2020-03-11) [2020-03-11]. http://www.moa.gov.cn/ztl/2020gzzd/gsjgzzyd/202003/t20200311_6338654.htm (in Chinese).
- [2] Solow R M. Technical change and the aggregate production function[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1957, 39(3): 312-320.
- [3] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [4] Farrell M J. The measurement of productive efficiency[J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, 120(3): 253-290.
- [5] Christensen L R, Jorgenson D W, Lau L J. Transcendental logarithmic production frontiers[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1973, 55(1): 28-45.
- [6] Kumbhakar S C, Denny M, Fuss M. Estimation and decomposition of productivity change when production is not efficient: a paneldata approach[J]. *Econometric Reviews*, 2000, 19(4): 312-320.
- [7] Cinemre H A, Ceyhan V, Bozoğlu M, *et al.* The cost efficiency of trout farms in the Black Sea Region, Turkey[J]. *Aquaculture*, 2006, 251(2-3): 324-332.
- [8] Alam M F, Khan M A, Huq A S M A. Technical efficiency in tilapia farming of Bangladesh: a stochastic frontier production approach[J]. *Aquaculture International*, 2012, 20(4): 619-634.
- [9] 朱希刚. 农业技术经济分析方法及应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- Zhu X G. Analysis method and application of agricultural technology economy[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1997 (in Chinese).
- [10] Fan S G. Effects of technological change and institutional reform on production growth in Chinese agriculture[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1991, 73(2): 266-275.
- [11] 吴方卫. 中国农业的增长与效率 [M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2000.
- Meng L J. Growth and efficiency in Chinese agriculture[M]. Shanghai: Shanghai University of Finance and Economics Press, 2000 (in Chinese).
- [12] 谈存峰. 技术进步、技术效率与农业生产率增长——基于甘肃省的实证分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2015, 36(6): 93-98.
- Tan C F. Technical progress, technical efficiency and agricultural productivity growth: a empirical analysis in Gansu Province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2015, 36(6): 93-98(in Chinese).
- [13] 席增雷, 袁青川, 徐伟. 基于Malmquist-TFP模型的京津冀地区科技创新经济效率评价[J]. *宏观经济研究*, 2018(7): 132-140.
- Xi Z L, Yuan Q C, Xu W. Economic efficiency evaluation of science and technology innovation in Beijing-Tianjin-Hebei region based on Malmquist-TFP model[J]. *Macroeconomics*, 2018(7): 132-140(in Chinese).
- [14] 刘潇. 京津冀和长三角地区制造业生产效率的比较研究——基于Malmquist-DEA模型的全要素生产率分析[J]. *统计与信息论坛*, 2019, 34(7): 85-91.
- Liu X. A comparative study on manufacturing production efficiency in Beijing-Tianjin-Hebei and Yangtze River Delta Region: Analysis of total factor productivity based on Malmquist-DEA model[J]. *Statistics and Information Forum*, 2019, 34(7): 85-91(in Chinese).
- [15] 顾焕章, 王培志. 农业技术进步对农业经济增长贡献的定量研究[J]. *农业技术经济*, 1994(5): 11-15.
- Gu H Z, Wang P Z. Quantitative research on the contribution of agricultural technological progress to agricultural economic growth[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 1994(5): 11-15(in Chinese).
- [16] 袁开智. 中国农业技术进步率测算及分解(1985~2005年)——基于超越对数随机前沿模型的分析 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- Yuan K Z. Estimation and decomposition of China's agricultural technological progress rate (1985 ~ 2005) -- analysis based on the transcendental logarithmic stochastic frontier model[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008 (in Chinese).
- [17] 张社梅, 蒋远胜. 四川省农业经济增长结构变动分析[J]. *农业技术经济*, 2015(2): 85-94.
- Zhang S M, Jiang Y S. Analysis on structural changes of agricultural economic growth in Sichuan Province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2015(2): 85-94(in Chinese).
- [18] 林群, 邵文慧, 高齐圣, 等. 山东省渔业生产函数的协整分析[J]. *中国渔业经济*, 2009, 27(6): 104-109.
- Lin Q, Shao W H, Gao Q S, *et al.* Cointegration analysis of fishery production function in Shandong Province[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2009, 27(6): 104-109(in Chinese).

- [19] 郑莉, 林香红, 付瑞全. 区域海洋渔业科技进步贡献率的测度与分析——基于面板数据模型的实证[J]. 科技管理研究, 2019, 39(12): 85-90.
Zheng L, Lin X H, Fu R Q. Measure and analysis on contribution rate of scientific and technological progress of regional marine fisheries in China: empirical evidence based on panel data model[J]. Science and Technology Management Research, 2019, 39(12): 85-90(in Chinese).
- [20] 席利卿, 彭可茂. 技术进步、技术效率与中国渔业增长分析[J]. 中国科技论坛, 2010(3): 124-128, 138.
Xi L Q, Peng K M. Analysis on technical efficiency, technological progress and growth of the fishery in China[J]. Forum on Science and Technology in China, 2010(3): 124-128, 138(in Chinese).
- [21] 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.
Yu S H, Yu H J. An empirical study on fishery the coastal areas fishery efficiency in China: based on DEA-Malmquist index[J]. Chinese Fisheries Economics, 2012, 30(3): 140-146(in Chinese).
- [22] 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.
Zhang C, Zhang W H, Gao Z P. Research on technical efficiency and Total factor Productivity of Chinese aquaculture industry[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2014(6): 38-45(in Chinese).
- [23] 刘盼成, 杨正勇. 全要素生产率视角下的我国渔业转型发展研究——基于SFA的实证分析[J]. 海洋开发与管理, 2017, 34(7): 98-106.
Liu P C, Yang Z Y. The transition development of China's fishery from the perspective of total factor productivity: an application of stochastic frontier analysis[J]. Ocean Development and Management, 2017, 34(7): 98-106(in Chinese).
- [24] 纪建悦, 王奇. 基于随机前沿分析模型的我国海洋经济效率测度及其影响因素研究[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2018(1): 43-49.
Ji J Y, Wang Q. A study on the marine economic efficiency and its influencing factors in China based on stochastic frontier analysis model[J]. Journal of Ocean University of China (Social Sciences Edition), 2018(1): 43-49(in Chinese).
- [25] 胡峰, 任志敏, 俞荣建, 等. 中国奶牛养殖技术效率及影响因素研究[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(5): 139-145.
Hu F, Ren Z M, Yu R J, et al. Study on technical efficiency and influencing factors of cattle breeding in China[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2019, 55(5): 139-145(in Chinese).
- [26] 石自忠, 王明利. 我国苜蓿生产技术效率测度: 2011~2017年[J]. 中国草地学报, 2019, 41(3): 100-106.
Shi Z Z, Wang M L. Study on alfalfa production technical efficiency in China: 2011—2017[J]. Chinese Journal of Grassland, 2019, 41(3): 100-106(in Chinese).
- [27] 王善高, 薛超, 徐章星, 等. 中国大豆种植技术效率及其增产潜力分析——兼论效率优先还是面积优先[J]. 世界农业, 2019(12): 96-106, 135.
Wang S G, Xue C, Xu Z X, et al. Analysis of technical efficiency of Soybean planting in China and its potential to increase yield: on efficiency priority and area priority[J]. World Agriculture, 2019(12): 96-106, 135(in Chinese).
- [28] 刘颖, 洪道远. 要素投入、技术效率与水稻生产潜力研究——基于湖北省农村固定观察点的面板数据[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(3): 35-43.
Liu Y, Hong D Y. Study on factors investment, technical efficiency and potential of rice production: panel data based on fixed observation points in Hubei province[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2018(3): 35-43(in Chinese).
- [29] 邵汉华, 刘克冲. 实体经济与要素投入协同发展的时空差异及效应研究——高质量发展视角[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(12): 36-45.
Shao H H, Liu K C. Research on spatio-temporal differences and effects of synergetic development of real economy and factor input: from the perspective of high-quality development[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2020, 37(12): 36-45(in Chinese).

Factor inputs, returns to scale and technical efficiency analysis of Chinese fisheries

JIANG Qijun^{1*}, LIU Chenxuan¹, QIU Kangcheng²

(1. College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries, Beijing 100125, China)

Abstract: In recent years, China has been increasing the input of fishery technology, but the performance of China's fishery technology efficiency and whether the structure of fishery factor input is reasonable deserve attention. In this paper, CD stochastic frontier production function was used to analyze the structure of fishery factor input and fishery technical efficiency through 232 sets of panel data from 29 provinces from 2012 to 2019. The results showed: ① the flexibility of labour, aquaculture area, the vessel power and fish fry showed a trend of increase, but in addition to the fish fry, the contribution of labour, aquaculture area, and the vessel power are negative, moreover the input of labour, aquaculture area, and the vessel power are excessive; ② China's fishery returns to scale are low, the utility of returns to scale has not yet been realized, the production efficiency is low, and the input of fishery technology factors is insufficient; ③ China's fishery technical efficiency is lower than that of other agricultural industries, but the fishery technical efficiency shows an increasing trend. The technical efficiency of coastal areas is greater than that of inland areas. Research shows that low technical efficiency of fishery is correlated with factor input synergy, and unreasonable factor allocation is the main reason for low technical efficiency, so factor input synergy can promote the improvement of production efficiency.

Key words: Chinese fishery; technical efficiency; stochastic frontier analysis; total factor productivity

Corresponding author: JIANG Qijun. E-mail: qjjiang@shou.edu.cn

Funding projects: 2019 Late-Stage Funding Project for Philosophy and Social Science Research of the Ministry of Education (19JHQ064); Research on Chinese Fishermen's Income, Livelihood and Social Security of Fishermen