

我国海洋科技创新效率及其动态演化实证研究

王园, 吴净, 张仪华

(集美大学工商管理学院, 福建厦门361021)

[摘要] 在建设海洋强国的背景下, 基于2006—2016年中国海洋4类行业面板数据, 利用超效率SBM模型和Malmquist指数从静态和动态两个视角对我国海洋科技创新效率进行测度和比较。研究发现: (1) 从静态视角来看, 我国海洋4类行业科技创新效率低, 各行业间存在显著差距, 4类行业均未达到最优生产规模, 均存在不同程度投入冗余或产出不足的问题。(2) 从动态视角来看, 2006—2016年, 我国海洋4类行业全要素科技创新率年均负增长, 但得益于国家政策扶持和财政资助, 在2010年后全要素科技创新率实现波动中增长。此外, 我国海洋4类行业虽未达到最优生产规模, 但生产规模在逐渐优化, 规模效率实现年均正增长。根据实证分析结果提出提高我国海洋4类行业科技创新效率的对策建议。

[关键词] 海洋行业; 科技创新效率; 超效率SBM模型; Malmquist指数

[中图分类号] F 224; P 74 [文献标识码] A [文章编号] 1008-889X (2022) 03-0038-10

一、引言

近年来, 各国海洋争夺愈演愈烈, 海洋“国土化”的趋势不断增强, “蓝色经济”俨然成为国民经济的重要组成部分和增长极。根据自然资源部海洋战略规划与经济司于2021年3月发布的《2020年中国海洋经济统计公报》显示, 2020年我国海洋生产总值为80 010亿元, 占沿海地区生产总值的比重为14.9%^①。21世纪以来, 我国海洋生产总值占国内生产总值的比重始终保持在9%左右, 蓝色正逐渐渗入中国经济的底色。党的十九大提出“坚持海陆统筹, 加快建设海洋强国”。创新是引领发展的第一动力, 是建设现代化经济体系的战略支撑。海洋科技创新是推进我国海洋产业结构优化升级、提升海洋竞争力、促进海洋可持续发展的重要途径; 是推动海洋生态与海洋经济平衡发展、促进海洋包容性发展的重要手段; 是海洋经济发挥国民经济引擎作用的重要支撑; 是实现“21世纪海上丝绸

之路”伟大战略构想和建设“粤港澳大湾区”“山东蓝色半岛经济区”“北部湾经济区”等沿海经济区的重要力量。

21世纪是我国海洋科技政策全面部署时期, 2006年, 中国海洋局、科学技术部等联合印发了我国首个海洋科学和技术发展规划《国家“十一五”海洋科学和技术发展规划纲要》, 提出发挥科技对海洋事业发展的支撑和引领作用, 统筹考虑全国海洋科技力量和资源; 2007年, 国务院发布《全国科技兴海规划纲要(2008—2015年)》, 提出实施创新驱动战略, 拓展蓝色经济发展新空间; 2016年, 国家海洋局联合科技部印发了《全国科技兴海规划(2016—2020年)》, 提出到2020年形成有利于创新驱动发展的科技兴海长效机制, 使中国逐步成为海洋科技领先的海洋强国。海洋科技创新的效率关系着海洋经济发展的质量和速度, 通过对我国海洋各行业科技创新效率进行研究, 有助于全面掌握我国海洋资源配置的方向和重点, 了解海洋各行业科技创新存在的差距和面临的问题, 为评价多年来

[收稿日期] 2021-01-25

[基金项目] 福建省社会科学规划项目(FJ2019B096); 福建省本科高校教育教学改革研究一般项目(FBJG20200177); 集美大学国家自然科学基金培育计划项目(ZP2020070); 福建省科协科技创新智库课题研究项目(FJKX-A2108)

[作者简介] 王园(1980—), 女, 山东无棣人, 副教授, 博士, 主要从事技术经济及管理研究。

① 自然资源部海洋战略规划与经济司. 2020年中国海洋经济统计公报[DB/OL]. http://gi.mnr.gov.cn/202103/t20210331_2618719.html.

我国海洋科技创新成果提供重要依据, 为今后海洋强国战略部署提供决策参考。

二、文献综述

目前中外学者对海洋科技创新效率的研究对象集中在国家、省份、区域、省际等。如周达军等对浙江省海洋科技投入产出进行分析; 徐进研究了浙江、山东和广东三大国家海洋经济示范区的科技创新能力; Guan 和 Zuo 对 35 个国家科技创新效率进行比较; 徐胜和李新格对中国 11 个省(自治区、直辖市)的海洋科技创新效率进行测度; 宁靓等对我国环渤海地区海洋科技资源配置进行测算和时空对比分析^[1-5]。

一些学者对海洋科技创新效率进行测度, 李彬和戴桂林测度山东半岛蓝色经济区海洋科技创新能力, 发现山东省海洋科技创新能力的综合实力较强, 在海洋科技创新的基础条件与投入水平方面优势明显; 谢子远采用主成分分析法测度我国沿海 11 个省(自治区、直辖市)的海洋科技发展水平; 刘大海等测算全国涉海城市的海洋科技梯度, 结果显示我国海洋科技资源配置在区域空间上呈现“东高北高、南低中西低”的布局; 高田义等以青岛市海洋经济产业结构转型升级为研究对象, 对青岛市海洋经济的科技创新效率进行评价; 揭晓蒙等选取熵权-TOPSIS 法测量中国 36 个涉海城市的海洋科技创新能力, 发现 36 个涉海城市的海洋科技创新能力呈现“金字塔”结构^[6-10]。

海洋科技创新效率研究方法包括参数估计法和非参数估计法, 分为以随机前沿模型(SFA)和数据包络分析模型(DEA)为代表。鄢波等采用 C²R 模型测算了我国沿海 11 个省(自治区、直辖市) 2009—2014 年的海洋科技投入产出效率^[11]; 宁靓等运用超效率 SBM 模型和 Malmquist-Luenberger 指数从静态和动态两个视角测算环渤海地区科技资源配置效率^[5]; 王晓辰等使用 SBM 超效率模型测度中国沿海 11 个省(自治区、直辖市) 2006—2014 年海洋科技创新效率; 鲁亚运等运用随机前沿模型测算 2011—

2016 年中国沿海 11 个省(自治区、直辖市)海洋科技创新投入产出效率, 研究发现海洋科技创新效率处于规模报酬递减阶段, 海洋科技创新效率省际差异较大; 康旺霖等构建复杂网络 DEA 模型, 探究我国海洋科技创新总体效率, 发现我国海洋科技创新效率整体偏低, 地区差距较大, 海洋科技创新效率较高地区为福建和上海, 最低地区为浙江和广西^[12-14]。

综上所述, 现有研究多从纵向角度出发, 研究某一区域海洋科技创新的效率, 而忽视了行业与行业之间、同一行业内部之间的横向比较。根据国家海洋局发布的《中国海洋统计年鉴》中对海洋产业的分类, 将海洋各行业划分为: 海洋基础科学研究、海洋工程技术研究、海洋信息服务业和海洋技术服务业^①。通过测度海洋 4 类行业的科技创新效率, 研究海洋各行业科技创新效率。掌握各行业科技创新效率存在的差距和不足, 对于优化海洋资源配置、调整海洋产业结构、促进海洋各行业协调发展、推动海洋可持续发展具有重要意义。从研究视角来看, 现有的文献研究大多是从静态的研究视角出发, 虽然研究分析基于面板数据, 但是计算的科技创新效率实际上是研究期内的科技创新效率的均值, 缺乏对科技创新效率的动态演化分析。本研究利用 Malmquist 生产指数对海洋 4 类行业的科技创新效率进行动态演化分析, 对掌握我国海洋科技创新效率的发展轨迹、了解海洋科技创新的时代背景、把握我国海洋发展方向、让海洋科技创新更好地服务于海洋强国建设具有重要指导意义。从研究方法来看, 由于传统的 CCR 模型和 BCC 模型没有考虑松弛变量的测度问题, SBM 模型无法对有效决策单元进行排序, 鉴于此, 拟采用能够实现决策单元全排序的超效率 SBM 模型对海洋 4 类行业进行科技创新效率分析。

三、研究方法 with 数据来源

(一) 研究方法

1. 超效率 SBM 模型。Charnes 等提出数据包络分析法(DEA), 基于规模报酬不变的假设

① 国家资源部. 中国海洋统计年鉴 [M]. 北京: 海洋出版社, 2017.

构建了 CCR - DEA 模型, 由于 DEA 基于统计学自动赋权法, 普遍被认为是评价资源要素投入产出效率更有效的方法; Banker 等提出了基于报酬可变的 BCC - DEA 模型, 用于计算投入产出纯技术效率问题。当投入过多或产出不足, 存在非零松弛变量时, 基于径向的 DEA 模型可能会高估 DMU 的效率值。基于角度的 DEA 模型只能从投入或产出单一角度衡量 DMU 的效率值, 可能产生误差; Tone 提出基于松弛测度的 SBM - DEA 模型, 该模型可以非径向非角度充分考虑投入、产出松弛变量, 最大化提高改善程度。CCR、BCC 和 SBM - DEA 模型测度效率时, 只能区分有效率值和无效率值, 所有的高效率值皆为 1, 无法实现有效率值排序; Tone 对 SBM - DEA 模型进行改进, 最终提出了基于松弛测度的超效率 SBM 模型, 实现了所有决策单元全排序^[15-18]。具体如公式 (1)。

$$\rho^* = \min \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i^- / x_{ik}}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \delta_r^+ / y_{rk}} \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda - \delta_i^- x_{ij} (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda - \delta_r^+ y_{rj} (r = 1, 2, \dots, s)$$

$$\lambda \geq 0, j = 1, 2, \dots, n (j \neq k), \delta_i^- \geq 0, \delta_r^+ \geq 0$$

其中, ρ^* 为效率值; n 为决策单元 (DMU) 的个数; m 、 s 分别为投入、产出指标个数; x 、 y 分别为各投入、产出要素; i 、 r 分别为投入、产出的决策单元; δ_i^- 、 δ_r^+ 分别为投入、产出松弛变量, 第 k 个决策单元第 i 种投入无效率为 δ_i^- / x_{ik} , 该决策单元所有投入无效率为 $\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta_i^- / x_{ik}$, 第 k 个决策单元第 r 种产出无效率为 δ_r^+ / y_{rk} , 该决策单元所有产出无效率为 $\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \delta_r^+ / y_{rk}$; x_{ik} 表示第 k 个决策单元的第 i 个投入要素, y_{rk} 表示第 k 个决策单元的第 r 个产出要素; λ 为权重向量。当 $\rho^* \geq 1$ 时, 生产决策单元相对有效; $0 < \rho^* < 1$ 时, 生产决策单元相对无效, 存在效率缺失。

2. Malmquist 指数。传统的 DEA 模型适用于截面数据, 进行决策单元横向对比。当加入时间参数时, 不同的时期会出现多个前沿面, 导致

缺乏纵向比照的基准。Malmquist 指数可以反映决策单元若干年效率变动趋势, 弥补以上模型的不足。Malmquist 指数最初由 Malmquist 提出, Rolf Färe 等将这一理论与 DEA 相结合, 使得 Malmquist 指数被广泛应用^[19]。本研究采用 Malmquist 指数, 研究分析我国海洋 4 类行业科技创新效率动态特征, 并结合 Ray & Desli 分解方法, 将全要素生产率指数 (Tfpch) 变化分解为不变规模报酬假设下技术效率变化 (Effch) 和技术进步变化 (Techch)。技术效率变化可以进一步分解为可变规模报酬假设下纯技术效率变化 (Pech) 和规模效率变化 (Sech), 原理如公式 (2), 其中, (x^t, y^t) 和 (x^{t+1}, y^{t+1}) 分别表示 t 期和 $t+1$ 期的投入和产出向量; $D_v^t(x^t, y^t)$ 和 $D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 分别表示以 t 时期技术为参照, 时期 t 期和时期 $t+1$ 期在规模可变的假定下的距离函数, $D_c^t(x^t, y^t)$ 和 $D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 分别表示以 t 时期技术为参照, 时期 t 期和时期 $t+1$ 期在规模不变的假定下的距离函数。

$$M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_v^t(x^t, y^t)} \times$$

$$\sqrt{\frac{D_v^t(x^t, y^t) D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_v^{t+1}(x^t, y^t) D_v^t(x^{t+1}, y^{t+1})}} \times$$

$$\sqrt{\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}) D_c^{t+1}(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) D_c^t(x^t, y^t)}} =$$

$$\text{Pech} \times \text{Techch} \times \text{Sech} \quad (2)$$

Pech 为纯技术效率变化, 可以理解为在规模报酬可变的情况下, 各种要素利用效率的变化对全要素生产率的影响, 导致 Pech 变化的因素有组织管理水平、资源配置情况和体制改革等; Techch 为技术进步变化, 反映了在相同要素投入下, 由于采用了新技术、新工艺, 开发了新产品等导致全要素生产率发生变化; Sech 为规模效率变化, 表示每增加一单位的投入所带来产出的变化对生产率的影响。

(二) 指标选取与数据来源

1. 指标选取。现有学者对科技创新投入指标的选取主要考虑人力、财力两方面, 对科技创新产出基于数据的可获取性, 往往选取直接产出作为衡量指标。王泽宇和刘凤朝选取海洋科研机

构数、海洋从业人员、从事科技活动人员、科研经费额作为投入指标, 海洋科研机构数、发表科技论文数、科技著作数和论文数作为产出指标评价我国沿海地区科技创新能力; 刘超和崔旺来对我国海洋科技投入产出分析时选取了海洋科研机构科技活动人员数、高级职称人员数和 R&D 经费内部支出为投入指标, 课题数和论文数为产出指标; 闫实和张鹏以海洋科研机构发表科技论文数和立项科技课题数、海洋科研机构从业人员数和海洋科研机构经费收入分别作为投入、产出指标来构建海洋科技创新效率测度模型^[20-22]。本研究借鉴闫实、王泽宇以及刘超等学者的文献, 结合指标的代表性和数据可获得性, 选取以下指标作为测度海洋 4 类行业科技创新效率的投入产出指标, 具体各项评价指标见表 1。

表 1 4 类行业海洋科技创新效率评价指标体系^①

一级指标	变量符号	二级指标	单位
投入	X_1	海洋科技活动人员数	人
	X_2	海洋科研机构科研经费收入总额	千元
产出	X_3	海洋科研机构课题数	项
	X_4	发表科技论文数	篇
	X_5	涉海专利授权数	件

2. 数据来源。根据《中国海洋统计年鉴》的划分和归类, 选取海洋 4 类行业作为研究对象, 对其海洋科技创新效率进行测度。4 类行业分别为海洋基础科学研究、海洋工程技术研究、海洋信息服务业和海洋技术服务业。其中, 海洋基础科学研究包括海洋自然科学、海洋社会科学、海洋农业科学、海洋生物医药; 海洋工程技术研究包括海洋化学工程技术、海洋生物工程技术、海洋交通运输工程技术、海洋能源开发技术、海洋环境工程技术、河口水利工程技术及其他海洋工程技术; 海洋技术服务业包括海洋工程管理服务和其他海洋专业技术服务。鉴于目前最新的《中国海洋统计年鉴》只更新到 2017 年,

因此选取的研究区间设定为 2006—2016 年。数据来源于 2007—2017 年《中国海洋统计年鉴》^①和 2007—2017 年《中国统计年鉴》^②。

四、实证分析

(一) 海洋 4 类行业科技创新效率静态分析

1. 海洋 4 类行业科技创新效率静态测算与比较。利用 DEA - SOLVER Pro5.0 软件计算得到 2006—2016 年中国海洋 4 类行业静态科技创新效率的平均值 (见表 2), 其中技术效率和纯技术效率分别通过 Super - SBM - C 模型、Super - SBM - V 模型计算得到。

表 2 2006—2016 年中国海洋 4 类产业静态科技创新效率平均情况

行业	技术效率	纯技术效率	规模效率
海洋基础科学研究	0.888	1.255	0.710
海洋自然科学	0.932	1.038	0.896
海洋社会科学	1.077	1.113	0.966
海洋农业科学	1.157	1.222	0.942
海洋生物医药	0.444	3.931	0.238
海洋工程技术研究	0.422	0.831	0.578
海洋化学工程技术	0.835	0.878	0.916
海洋生物工程技术	0.070	0.098	0.725
海洋交通运输工程技术	0.261	0.275	0.952
海洋能源开发技术	0.568	0.753	0.864
海洋环境工程技术	0.189	0.208	0.926
河口水利工程技术	0.480	0.718	0.767
其他海洋工程技术	0.581	0.902	0.743
海洋信息服务业	0.091	0.119	0.871
海洋技术服务业	0.327	0.350	0.942
海洋工程管理服务	0.096	0.122	0.802
其他海洋专业技术服务	0.425	0.899	0.490

① 国家资源部. 中国海洋统计年鉴 [M]. 北京: 海洋出版社, 2017.

② 国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.

从表 2 可以看出: (1) 4 类行业静态效率值绝大部分小于 1, 存在效率不足的情况, 说明由于海洋资源、人力、资金等要素配置能力和利用水平不足, 阻碍了海洋科技创新效率的提高。(2) 规模效率全部小于 1, 均未达到最优生产规模, 没有形成规模效益。其中, 海洋生物医药规模效率最低, 仅为 0.238, 实际生产规模与最优生产规模存在巨大差距。纯技术效率为在最优生产规模下 4 类行业科技创新可以达到的效率, 可以看到, 所有的纯技术效率均优于技术效率。(3) 各行业科技创新效率差距显著, 在规模不变的假设下, 4 类行业科技创新效率值从高到低依次为: 海洋基础科学研究 (0.888)、海洋工程技术研究 (0.422)、海洋技术服务业 (0.327)、海洋信息服务业 (0.091), 4 类行业科技创新效率值极差为 0.797。其中海洋基础科学研究在我国发展时期较久, 具备一定科技创新的理论基础、人才储备、硬件设施等, 科技创新效率相对较高; 而我国海洋信息服务业起步较晚, 科技创新基础薄弱, 科技创新效率在 4 类行

业中最低。从各行业内部来看, 海洋基础科学研究所涵盖的海洋自然科学、海洋社会科学、海洋农业科学和海洋生物医药的纯技术效率值均大于 1, 说明在现有的技术水平上, 由于管理水平提升和技术进步, 其投入资源的利用是有效的, 而海洋自然科学和海洋生物医药综合效率无效, 根本原因在于规模无效, 未形成规模效应。

2. 海洋 4 类行业科技创新投入冗余与产出不足测算与比较。超效率 SBM 模型不仅可以测算海洋科技创新效率值, 还可以得到非有效决策单元投入产出松弛值, 也即非有效海洋科技创新投入产出观测值到有效投入产出观测值所构成前沿面的距离。模型中最优决策单元可以作为非有效决策单元的对比目标, 通过对比可以得出实际投入量与最优投入量之间的差值, 即投入冗余值, 投入冗余值就是可以改进的科技活动人数和经费收入总额。基于海洋科技创新投入产出数据特征, 测算海洋各行业科技创新投入冗余值和产出不足值并进行分析, 可以为今后海洋科技创新资源配置指明方向, 测算结果见表 3。

表 3 2006—2016 年中国海洋 4 类行业科技创新投入冗余与产出不足

行业	投入冗余		产出不足		
	科技活动人数	经费收入总额	课题数	发表论文	专利授权数
海洋基础科学研究	0	0	0	0	34.69
海洋自然科学	380.601	0	296.604	0	0
海洋社会科学	0	18 994.115	61.171	136.402	0
海洋农业科学	0	254 795.759	192.627	0	0
海洋生物医药	40.368	0	0	7.55	10.991
海洋工程技术研究	0	3 096 728.641	2 846.826	3 114.179	0
海洋化学工程技术	0	0	0	0	153.633
海洋生物工程技术	14.317	0	14.167	56.651	49.925
海洋交通运输工程技术	0	2 632.784	47.516	710.267	559.453
海洋能源开发技术	0	154 341.086	105.676	277.187	338.151
海洋环境工程技术	277.428	0	0	187.305	126.639
河口水利工程技术	91.205	0	0	164.521	184.887
其他海洋工程技术	0	123 274.006	186.654	2.15	0
海洋信息服务业	339.157	0	22.363	0	119.742
海洋技术服务业	0	12 430.757	298.522	265.742	0
海洋工程管理服务	353.482	0	0	3.378	33.189
其他海洋专业技术服务	0	0	0	0	106.560

由表3可以看出, (1) 2006—2016年, 4类行业均未达到投入产出均衡, 均某种程度上存在着投入冗余或产出不足或两者兼有的问题, 这说明我国海洋4类行业资源配置不合理, 投入资源未得到充分利用, 由于未形成规模效益, 产出也不足, 且产出不足问题是提高海洋行业科技创新效率面临的主要问题。(2) 从投入冗余角度来看, 海洋基础科学研究、海洋化学工程技术和其他海洋专业技术服务不存在投入冗余, 科技活动人员配置和科研经费收入合理。而海洋自然科学、海洋信息服务业、海洋工程管理服务科技活动人员冗余较为严重, 存在较多科技创新能力有待提高、科技创新意愿不高的工作者, 这说明其管理方式、激励机制急需转变。海洋农业科学、海洋工程技术研究、海洋能源开发技术经费收入有较大冗余, 经费收入中的政府投资收入可以适当缩减, 以投资技术经费收入不足的行业, 经费收入中的贷款收入也应减少筹集, 降低行业负债。(3) 从产出不足角度来看, 海洋4类行业均存在产出不足的问题, 4类行业科技创新产出不足主要集中在“发表论文”和“专利授权数”两项指标上。其中海洋基础科学研究、海洋化学工程技术和其他海洋专业技术服务3个行业的课

题数和发表论文数都达到了产出要求, 要使这3个行业在现阶段投入产出达到均衡需提高专利授权数, 海洋基础科学研究由于行业性质, 主要是探索海洋形成和发展规律, 而“科学发现”是不授予专利的, 因而专利授权数不足。海洋工程技术研究侧重于海洋应用科学, 成果易构成技术方案, 符合专利申请要求, 因而专利授权数不存在产出不足的情况, 并且由于拥有专利有利于开展专利质押、融资等金融业务, 获得政府财政资助和贷款优惠, 从而导致海洋工程技术研究经费收入冗余最高。海洋技术服务作为海洋研究的新兴行业, 可以加大人才引进的力度, 配置更多的科技活动人数。

(二) 海洋4类行业科技创新效率动态分析

为进一步探讨海洋4类行业科技创新效率随时间演变规律, 完善4类行业科技创新效率测度结果, 采用Malmquist指数及其分解法从动态角度分析2006—2016年中国海洋4类行业科技创新效率(见表4)。为更直观表示海洋4类行业科技创新效率及其分解效率在时间序列上的变动趋势, 绘制了2006—2016年海洋4类行业全要素科技创新率及分解效率变化趋势图(见图1)。

表4 2006—2016年海洋4类行业分年份科技创新效率及分解效率结果

时段	全要素科技创新率	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率
	Tfpch	Effch	Techch	Pech	Sech
2006—2007	0.959	0.984	0.974	1.029	0.957
2007—2008	1.049	1.071	0.980	1.213	0.882
2008—2009	0.386	1.481	0.261	1.307	1.133
2009—2010	0.310	1.016	0.305	1.009	1.006
2010—2011	1.275	1.213	1.052	1.000	1.213
2011—2012	1.266	1.139	1.111	1.000	1.139
2012—2013	0.906	0.826	1.097	1.000	0.826
2013—2014	0.974	1.025	0.950	0.997	1.028
2014—2015	1.406	1.234	1.139	1.003	1.230
2015—2016	1.094	0.873	1.253	0.930	0.939
平均值	0.875	1.072	0.817	1.044	1.027

由表 4 可以发现,从全要素科技创新率分解结果来看,技术效率年均增长率 7.2%,技术进步年均增长率为 -18.3%,全要素科技创新率年均增长率为 -12.5%。由此我们可以得出,技术效率为我国海洋 4 类行业全要素科技创新率的增长做出了贡献,但技术进步对海洋 4 类行业全要素科技创新率的削弱作用更明显。进一步将技术

效率分解为纯技术效率和规模效率,2006—2016 年,我国海洋 4 类行业纯技术效率和规模效率年均增长率分别为 4.4%、2.7%,说明在研究期内我国海洋行业管理水平和组织方式有所改善,行业规模在不断扩大,促进了海洋行业技术效率的提高。

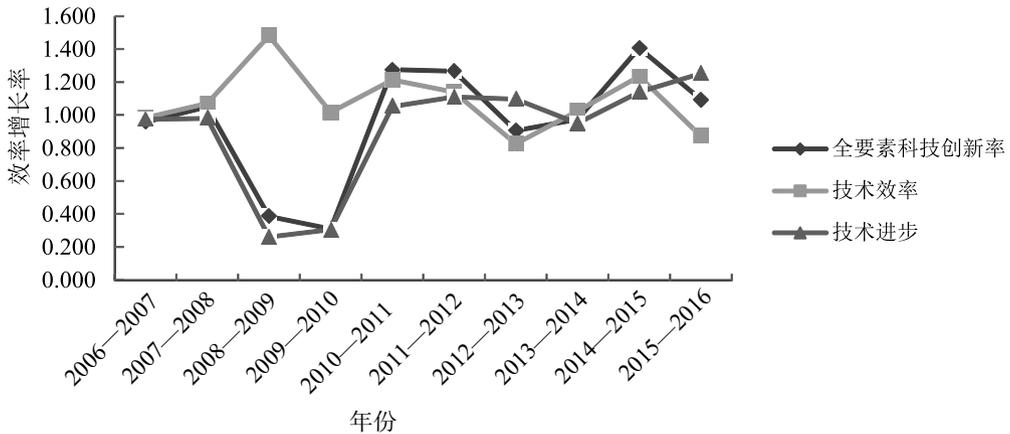


图 1 2006—2016 年海洋 4 类行业全要素科技创新率及分解效率变化趋势图

结合表 4 和图 1 可以发现,2006—2016 年我国海洋 4 类行业全要素生产率随时间呈“驼峰”型,以 2011 年为界,可以分为 2006—2011 年剧烈震荡期和 2012—2016 年波动调整期。2006—2008 年我国海洋 4 类行业全要素科技创新率小额增长,2006 年“十一五”规划提出“保护和开发海洋资源,开发利用气候资源”,在这个规划的指导下,各地区加大海洋资源的开发力度,促进海洋经济发展,使得海洋科技创新能力得到提高。2008—2010 年,我国海洋 4 类行业全要素科技创新率剧烈下降,究其原因主要是由于 2008 年全球金融危机,严重阻碍我国海洋各行业技术进步和创新发展,整体海洋行业出现技术衰退的趋势,导致我国海洋各行业全要素科技创新率达到研究期内最低点。2010—2012 年我国海洋 4 类行业全要素科技创新率得到快速增长,这一方面得益于国务院为应对 2008 年金融危机出台的 4 万亿人民币经济刺激计划,在 4 万亿的分配方案中,有 1 600 亿用于自主创新结构调整,大幅度地提升了我国海洋行业科技创新能力;另一方面,自 2012 年党的十八大报告中

提出“建设海洋强国”,我国持续加大对海洋科技创新的政策支持和财政投入。2012—2014 年我国海洋 4 类行业全要素科技创新率小幅回落,这可能与“十二五”规划提出的“加快建设资源节约型、环境友好型社会,提高生态文明水平”有关,海洋各行业在经历粗放式快速增长后,海洋污染问题越来越严重,这一阶段海洋工作的重心在于调整产业结构、治理海洋污染、缓解海洋污染对海洋经济发展的抑制作用。2014—2016 年我国海洋 4 类行业全要素科技创新率稳定增长,在海洋污染防治过程中越来越依托于海洋科技创新,国务院于 2015 年印发的《全国海洋经济发展“十二五”规划》中强调发挥科学技术在海洋经济发展与海洋生态环境保护中的协调作用,一定程度上促进了海洋科技创新。

由表 5 海洋 4 类行业分行业全要素科技创新率及其分解效率的计算结果可以看出,中国海洋 4 类行业全要素科技创新率年均增长率为 -11.8%、3.6%、-4.7%、-32.6%,只有海洋工程技术研究实现了全要素科技创新率的年均正增长。从全要素生产率分解情况来看,2006—

2016年海洋4类行业技术效率均实现年均正增长, 增长率分别为3%、10.4%、16%、0, 4类行业技术效率增长率均值为7.2%; 海洋4类行业技术进步均呈现年均负增长, 增长率分别为-14.4%、-6.2%、-17.8%、-2.6%, 4类行业技术进步增长率均值为-18.3%, 全行业全要素科技创新率增长率为-12.5%。可见我国海洋各行业的技术进步对全要素生产率的削弱作用要显著强于技术效率对全要素生产率的提升作用, 技术进步负增长是由于受到2008年金融危

机的巨大冲击。这说明仅仅从资源配置和利用的角度去测算科技创新效率往往是不够的, 科技创新效率还受到宏观经济因素等的影响, 尤其当相关重大事件发生时, 对科技创新效率的影响可能是剧烈和持续的。因而纳入时间因素, 考虑特定环境背景, 对我国海洋4类行业科技创新效率进行动态分析是十分必要的。海洋技术服务业全要素科技创新率增长率最低, 这与我国海洋新兴产业高层次人才短缺有关。

表5 2006—2016年海洋4类行业分行业全要素科技创新效率及其分解效率结果

行业	全要素科技创新率 Tfpch	技术效率 Effch	技术进步 Techch	纯技术效率 Pech	规模效率 Sech
海洋基础科学研究	0.882	1.030	0.856	1.000	1.030
海洋工程技术研究	1.036	1.104	0.938	1.052	1.050
海洋信息服务业	0.953	1.160	0.822	1.128	1.028
海洋技术服务业	0.674	1.000	0.974	1.000	1.000
平均值	0.875	1.072	0.817	1.044	1.027

五、结论与启示

(一) 结论

根据超效率SBM模型对我国海洋4类行业科技创新效率的静态测度, 结果发现: (1) 我国海洋4类行业科技创新效率低, 且各行业间存在显著差距。其中海洋基础科学研究由于发展时间长, 具备一定的科技创新基础, 科技创新效率值最高, 而海洋信息服务业和海洋技术服务业作为海洋新兴行业, 缺乏科技创新理论基础和人才储备, 科技创新效率低下。(2) 从技术效率的分解结果来看, 4类行业均未达到最优生产规模。(3) 从投入冗余和产出不足结果来看, 海洋4类行业均存在投入冗余或产出不足的情况。其中海洋基础科学专利授权数不足, 海洋工程技术研究出现大额经费收入冗余, 海洋信息服务业和海洋技术服务业各存在着科技活动人数冗余和经费收入冗余、专利授权数和课题数不足的问题。

根据Malmquist指数及其分解法对我国海洋4类行业科技创新效率的动态测度, 结果发现: (1) 2006—2016年, 我国海洋4类行业全要素科技创新率年均增长呈负增长。其主要是受到2008年全球金融危机的冲击导致技术衰退, 由于国家政策扶持和财政资助, 我国海洋4类行业全要素科技创新效率在2010年后实现了波动中增长。(2) 从各行业来看, 海洋工程技术研究全要素科技创新效率实现了年均正增长, 而海洋技术服务业由于发展不成熟又遭到金融危机的波及, 科技创新效率陷入了持续的低迷。(3) 从技术效率的分解结果发现, 虽然我国海洋4类行业未达到最优生产规模, 但生产规模在逐渐优化, 规模效率实现年均正增长。

(二) 对策建议

根据对海洋4类行业科技创新效率及其动态演化的实证研究, 结合当前海洋科技创新发展的现状, 可知提高技术效率和促进技术进步是实现海洋科技创新效率增长的关键途径。

从Super-SBM模型对我国海洋科技创新效率测度结果来看, 我国海洋技术效率低下, 海洋

资源配置能力欠缺和海洋要素利用水平不足严重阻碍了海洋技术效率的提高。根据 Super - SBM 模型的效率分析结果, 提出两点提高技术效率的建议: (1) 促进海洋资源有利流动, 优化海洋资源配置效率。打破行业壁垒, 顺畅海洋资源要素自由流动机制, 建立开放式数据管理体系, 实现海洋数据跨区域、跨部门、跨行业共享。构建更加紧密的行业间合作机制, 充分利用行业间的联系通道促进海洋科创人才、海洋资源能源、海洋数据、海洋资金充分流动, 加强各行业的优势互补和交流合作, 发挥海洋技术效率领先行业的辐射带动作用, 缩小行业间科技创新效率的差距, 提高海洋资源的配置效率。(2) 完善海洋管理体系, 提升海洋管理能力和海洋要素利用水平。加快推进人工智能、大数据等先进技术与海洋管理融合, 将科技创新的成果积极运用到海洋管理过程中。完善海洋管理事务集中处理平台, 提高涉海事务“放管服”水平, 简化审批流程, 提高海洋事务的处理效率, 提升海洋综合管理水平。搭建海洋科技创新服务平台, 完善服务内容, 提升服务质量。

从 Malmquist 指数分解结果来看, 技术进步年均负增长极大削弱了技术效率年均正增长对海洋科技创新效率的贡献。根据 Malmquist 指数的分解结果, 提出两点促进技术进步的建议: (1) 培养海洋领军人才和团队, 建设一流海洋科技创新基地。加快推进海洋领域“双一流”大学建设, 涉海高校作为海洋人才培养基地, 既要扩大招生规模, 更要注重提升人员质量, 建设联合培养基地和实训基地, 紧密结合国家海洋战略、海洋领域技术前沿和行业需求, 实现人才供需平衡与精准对接, 为海洋强国建设输送专业型、应用型人才。建设涉海高端研发平台和高水平的国家海洋实验室, 打造海洋科技创新高地。(2) 加大政策扶持和财政支持力度。推动设立专业性海洋开发银行, 设置配套资金或专项资金用于支持海洋科技创新与研发。优化海洋行业的投融资环境, 制定出台优惠的税收政策, 如对大型设备的购进、重要技术和专利引进给予减免, 进一步加大企业研发投入费用税前加计扣除的力度, 减少海洋科技创新成本, 鼓励海洋科技创新。

[参考文献]

- [1] 周达军, 崔旺来, 汪立, 等. 浙江省海洋科技投入产出分析 [J]. 经济地理, 2010, 30 (9): 1511 - 1516.
- [2] 徐进. 国家三大海洋经济示范区海洋科技创新能力比较研究 [J]. 科技进步与对策, 2012, 29 (16): 35 - 39.
- [3] ZUO - K, GUAN J. A cross - country comparison of innovation efficiency [J]. Scientometrics, 2014, 100 (2): 100 - 102.
- [4] 徐胜, 李新格. 创新价值链视角下区域海洋科技创新效率比较研究 [J]. 中国海洋大学学报 (社会科学版), 2018 (6): 19 - 26.
- [5] 宁靓, 胡全峰, 王岚, 等. 环渤海地区绿色海洋科技资源配置效率研究 [J]. 云南师范大学学报 (哲学社会科学版), 2020, 52 (2): 123 - 132.
- [6] 李彬, 戴桂林. 基于组合模型的山东半岛蓝色经济区海洋科技创新能力综合评价 [J]. 科技管理研究, 2014, 34 (21): 61 - 65.
- [7] 谢子远. 沿海省市海洋科技创新水平差异及其对海洋经济发展的影响 [J]. 科学管理研究, 2014, 32 (3): 76 - 79.
- [8] 刘大海, 徐孟, 王春娟, 等. 中国海洋科技资源配置研究 [J]. 科技进步与对策, 2016, 33 (21): 32 - 39.
- [9] 高田义, 常飞, 高斯琪. 青岛海洋经济产业结构转型升级研究: 基于科技创新效率的分析与评价 [J]. 管理评论, 2018, 30 (12): 42 - 48.
- [10] 揭晓蒙, 汪航, 汪永生, 等. 中国海洋科技创新能力测度及空间特征: 基于 36 个涉海城市的实证分析 [J]. 科技管理研究, 2020, 40 (10): 65 - 71.
- [11] 鄢波, 杜军, 冯瑞敏. 沿海省份海洋科技投入产出效率及其影响因素实证研究 [J]. 生态经济, 2018, 34 (1): 112 - 117.
- [12] 王晓辰, 韩增林, 彭飞, 等. 中国海洋科技创新效率发展格局演变与类型划分 [J]. 地理科学, 2020, 40 (6): 890 - 899.
- [13] 鲁亚运, 唐李伟, 李杏筠. 中国海洋科技创新效率省际差异及驱动因素分析 [J]. 科技管理研究, 2020, 40 (11): 59 - 65.
- [14] 康旺霖, 邹玉坤, 王垒. 我国省域海洋科技创新效率研究 [J]. 统计与决策, 2020, 36 (4): 100 - 103.
- [15] 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.
- [16] BANKER R D, COOPER A C W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. *Management Science*, 1984, 30 (9): 1078-1092.
- [17] KAORU TONE. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130 (3): 498-509.
- [18] KAORU TONE. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 143 (1): 32-41.
- [19] ROLF-FÄRE A, SHAWNA-GROSSKOPF A, LEE WEN-FU. Productivity in Taiwanese manufacturing industries [J]. *Applied Economics*, 1995, 27 (3): 259-265.
- [20] 王泽宇, 刘凤朝. 我国海洋科技创新能力与海洋经济发展的协调性分析 [J]. *科学学与科学技术管理*, 2011, 32 (5): 42-47.
- [21] 刘超, 崔旺来. 中国沿海地区海洋科技竞争力评价及影响因素分析 [J]. *科技管理研究*, 2016, 36 (16): 55-60.
- [22] 闰实, 张鹏. 中国沿海省域海洋科技创新效率空间格局及空间效应研究 [J]. *山东大学学报 (哲学社会科学版)*, 2019 (6): 143-150.

An Empirical Study on Innovation Efficiency and Dynamic Evolution of Marine Science and Technology in China

WANG Yuan, WU Jing, ZHANG Yi-hua

(School of Business Administration, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: In the context of “Building a Maritime Power”, based on the panel data of China’s four marine industries from 2006 to 2016, the super-efficiency SBM model and Malmquist index are used to measure and compare the efficiency of our country’s marine technological innovation. The research found: (1) From a static perspective, the four types of marine industries had low technological innovation efficiency, and there were significant gaps among them. The industries did not reach an optimal production scale, and all had different levels of input redundancy or output insufficiency. (2) From a dynamic point of view, the total factor technology innovation rate of the industries grew at an average annual rate of negative growth, but it fluctuated after 2010 thanks to national policy and financial support. In addition, the production scale of the marine industries was gradually optimized, and the scale efficiency achieved an average annual positive growth. Based on the above findings, countermeasures and suggestions are put forward.

Key words: marine industry; technological innovation efficiency; super-efficiency SBM model; Malmquist index

(责任编辑 陈蒙腰)