

海洋科技创新效率与海洋经济韧性协同关系研究

施晓丽^{1,2}, 陈 樱²

(1. 集美大学 地方财政绩效研究中心, 福建 厦门 361021; 2. 集美大学 财经学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 采用三阶段 DEA 模型测算 2008—2019 年我国沿海 11 个省市的海洋科技创新效率, 构建海洋经济韧性水平评价指标体系, 利用熵权 - TOPSIS 法测算海洋经济韧性, 构建海洋科技创新效率与海洋经济韧性的协调发展度模型, 对二者的协调发展度进行时空演变分析。结果表明: (1) 各省市海洋科技创新效率差距较大, 海洋科技创新效率受环境因素影响较显著, 剔除外部因素后只有广东、江苏两省始终处于效率前沿面; (2) 海洋经济韧性水平呈波动上升趋势, 多数省市海洋经济韧性仍有较大的提升空间; (3) 海洋科技创新效率与海洋经济韧性协调发展度呈稳步上升态势, 空间差异呈缩小趋势。

[关键词] 海洋科技创新效率; 海洋经济韧性; 三阶段 DEA 模型; 熵权 - TOPSIS 法; 协调发展度模型
[中图分类号] F 061.5; F 204 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1008-889X (2023) 01-0033-09

一、引言

21 世纪是海洋的世纪, 全球对海洋经济研究的关注度普遍提升。我国作为海洋经济领域研究的核心力量之一, 提出将海洋强国作为我国的战略目标, 在党的十九大报告中明确要求“坚持陆海统筹, 加快建设海洋强国”^[1]。“十四五”规划将海洋科技创新写入 12 个重点领域中。科技创新作为建设海洋强国的重要一环, 有助于海洋经济高质量发展^[2], 沿海各省市海洋科技创新效率的测度、科技创新效率水平的差异性及其影响因素, 成为一个值得探讨的问题。在经历了新冠疫情、全球经济衰退和经济摩擦三重冲击之下, 我国在应对冲击时展现了强大的经济韧性, 使经济保持长期向好的趋势。良好的经济韧性代表着经济稳定, 有抵御危机、恢复平衡的能力。海洋经济比陆域经济更具开放性、敏感性和复杂性^[3], 因此, 海洋经济如何应对不利外界冲击并保持增长, 海洋经济韧性如何度量及其与其他影响海洋经济因素之间的协同关系, 对海洋经济持续健康发展、加快走向深蓝步伐具有至关重要的作用。

关于海洋科技创新效率的测度, 目前文献中

较多采用随机前沿模型 (SFA) 和数据包络模型 (DEA)。随机前沿模型依赖函数设定, 且只能衡量单一产出变量, 相比之下, 数据包络模型可以测度多投入多产出的效率。传统的 DEA 方法或改进后的 DEA - Tobit 方法、SBM 模型或两阶段 DEA 方法等对效率值测算都无法考虑随机冲击如环境变化因素对海洋科技创新效率值的影响。2002 年, Fried 等人提出了三阶段 DEA 模型, 该模型在第二阶段中剔除环境因素和随机噪声, 使 DEA 模型测算的结果更接近于真实值^[4]。国内学者最早对三阶段 DEA 模型的介绍始于 2008 年, 并不断运用、实践。

海洋经济韧性的概念由孙才志等人于 2020 年提出, 将其定义为海洋经济系统在遭受不利因素的扰动与冲击下依靠自身结构和组成要素适应内外环境变化, 并保持增长的能力^[3]。“韧性”一词最早由 Reggiani 等引入空间经济学^[5], 一般认为经济韧性是经济社会系统遭受冲击后的恢复能力^[6]。关于经济韧性, 国外学者侧重于城市的发展韧性, 开展了大量理论与实证研究; 国内的有关研究相对滞后, 仍处于理论引入阶段, 主要围绕区域经济韧性的研究^[7]。对经济韧性的测度, 研究方法多采用层次分析法、因子分析

[收稿日期] 2021 - 12 - 29

[基金项目] 国家社会科学基金项目 (16CJL013); 福建省社会科学基金项目 (FJ2019B096); 福建省社会科学
研究基地重大项目 (FJ2022JDZ040)

[作者简介] 施晓丽 (1981—), 女, 浙江乐清人, 副教授, 博士, 主要从事区域经济理论与实践、城市与区域
可持续发展研究。

法、主成分分析法、熵值法或 TOPSIS 模型等^[8-9]。层次分析法侧重于定性研究; 因子分析法侧重于各个指标的成因; 主成分分析法需要有较高的样本数量; 熵值法能反映大部分数据的原始信息; TOPSIS 法通过比较各评价对象对应点与正理想点和负理想点的相对距离进行量化排序。基于熵权的 TOPSIS 法分析模型, 将后两种方法的优点结合, 可以实现面板数据的横向纵向对比, 更具客观性、综合性。

国内外学者对海洋经济方面的协同关系研究主要采用 3 类方法: 第一类为计量经济学模型, 包括 VAR 模型、向量自回归、脉冲响应函数、VEC 模型、协整分析等; 第二类为关联分析法, 如主成分分析法、灰色关联度分析法; 第三类为综合评价方法, 如层次分析法、熵值法、协调度评价法等。关于海洋经济协同关系的研究对象主要有海洋科技、海洋生态、海洋产业、海洋渔业与海洋环境等。如孙才志、郭可蒙等利用协调发展度模型测算海洋经济和海洋科技的协调发展度以探究两者的协同关系^[10]; 王泽宇、刘凤朝对海洋经济发展和海洋科技创新能力进行了协调度测算^[11]; 韩增林、朱文超等利用哈肯模型探究海洋渔业的韧性和效率协同演化关系^[12]。目前直接对海洋科技创新效率和海洋经济韧性之间关系的研究较少, 如何使沿海地区海洋科技创新效率与海洋经济韧性相协调也是一个值得探讨的问题。

综合已有文献, 现有研究还存在如下不足: 在评价沿海地区海洋科技创新效率的方法上, 没有充分考虑环境因素和随机因素对海洋科技创新效率值的影响, 从而影响最终评价结果的科学性; 在海洋经济韧性测度方面, 研究对象主要集中在城市经济韧性或区域经济韧性上, 缺少单纯以海洋经济为主体的经济韧性研究; 目前的研究对海洋科技创新效率和海洋经济韧性之间的相互关系关注不够, 文献数量相对较少。鉴于此, 本研究以我国沿海 11 个省市为研究对象, 首先利用三阶段 DEA 模型测度海洋科技创新效率, 计算得到更为科学客观的海洋科技创新效率值; 再构建海洋经济韧性评价指标体系, 利用熵权 - TOPSIS 法测算海洋经济韧性值; 最后通过构建协调发展度模型, 分析海洋科技创新效率和海洋经济韧性之间协调发展度的时空演变, 以期为国

家海洋强国战略实施和海洋经济发展提供参考。

二、研究方法

(一) 海洋科技创新效率测算

本研究采用三阶段 DEA 模型测算海洋科技创新效率, 具体测算过程为: 首先利用传统 DEA 模型分析初始的海洋科技创新效率, 得到综合技术效率、纯技术效率、规模效率; 其次利用似随机前沿模型 (SFA) 剔除环境因素和统计噪声; 最后运用调整后的投入产出变量再次进行传统的 DEA 效率分析^[9]。

在第一阶段, 使用原始投入产出进行初始效率评价。DEA 模型分为投入导向和产出导向, 兼顾规模报酬, 其中投入导向是指不改变产出的情况下通过减少投入来提高效率^[13]。由于海洋科技创新效率规模报酬可变和海洋资源的有限性, 采用投入导向的 BCC 模型更具有现实的意义。对于每一个决策单元, 投入导向下的 BCC 模型表示为式 (1)、(2):

$$\min \theta - \varepsilon(\hat{e}^T S^- + \hat{e}^T S^+) \quad (1)$$

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

式 (2) 中, $j = 1, 2, \dots, n$ 表示决策单元, X 和 Y 分别是投入变量、产出变量。当 $\theta = 1, S^+ = S^- = 0$, 代表决策单元 DEA 有效。

第二阶段排除环境因素和随机噪声需借助似 SFA 回归, 用投入松弛变量对环境变量和混合误差项进行回归。构造投入导向的海洋科技创新效率似随机前沿模型, 如式 (3) 所示:

$$S_{ni} = f(Z_i; \beta_n) + v_{ni} + \mu_{ni}; i = 1, 2, \dots, I; n = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

式 (3) 中, S_{ni} 是第 i 个决策单元第 n 项投入的松弛值; Z_i 是环境解释变量, β_n 是环境变量的系数; $f(Z_i; \beta_n)$ 表示环境变量对松弛量的影响; $v_{ni} + \mu_{ni}$ 是混合误差项^[14], v_{ni} 表示随机干扰, μ_{ni} 表示管理无效率。

第二阶段对投入的 SFA 调整公式, 如式

(4) 所示:

$$X_{ni}^A = X_{ni} + [\max(f(Z_i; \hat{\beta}_n)) - f(Z_i; \hat{\beta}_n)] + [\max(v_{ni}) - v_{ni}], i = 1, 2, \dots, I; n = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

式(4)中, X_{ni}^A 是调整后的投入; X_{ni} 是调整前的投入; $[\max(f(Z_i; \hat{\beta}_n)) - f(Z_i; \hat{\beta}_n)]$ 是对海洋科技创新效率的外部环境因素进行调整; $[\max(v_{ni}) - v_{ni}]$ 为随机扰动项的调整。第二阶段关于无效率项的分离, 本研究采用罗登跃推导并验证过的公式^[15]:

$$\hat{E}[v_{ni} | v_{ni} + u_{ni}] = \sigma_* \left[\frac{\varphi_a(\lambda \frac{v_{ni} + u_{ni}}{\sigma})}{\varphi_b(\lambda \frac{v_{ni} + u_{ni}}{\sigma})} \right] + \lambda \left(\lambda \frac{v_{ni} + u_{ni}}{\sigma} \right) \quad (5)$$

$$\text{式(5)中, } \sigma_* = \frac{\sigma_\mu \sigma_v}{\sigma}, \sigma = \sqrt{\sigma_\mu^2 + \sigma_v^2},$$

$\lambda = \frac{\sigma_\mu}{\sigma_v}$ 。剔除了环境因素和统计噪声影响后的投入产出值是相对真实的。第三阶段则通过将调整后的海洋科技创新投入数值替换原始值, 利用BCC模型再次测算各个省市的海洋科技创新效率, 得到调整后相对精确的效率值。

(二) 海洋经济韧性测算

利用熵权-TOPSIS法计算海洋经济韧性水平评价体系中的指标熵值和权重系数, 既可以横向对比不同省市的海洋经济韧性水平, 又可以纵向比较单个省市海洋经济韧性水平发展情况。 X_{ij} 表示第*i*个省市第*j*个评价指标体系的原始数据, 具体操作步骤如下:

1. 构建原始指标数据矩阵:

$$X = \{X_{ij}\}_{m \times n} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

2. 将数据进行标准化处理, 正向指标和负向指标分别采用公式(7)和(8)处理:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (7)$$

$$Y_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (8)$$

3. 计算各项指标所占的比重 P_{ij} :

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

4. 计算各项指标的熵值 E_j :

$$E_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m P_{ij} \cdot \ln P_{ij} \quad (10)$$

5. 确定各项指标的信息效用 D_j 和各项指标的权重 W_j :

$$D_j = 1 - E_j, W_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

6. 构建加权规范矩阵:

$$U = (U_{ij})_{m \times n} = W_j^T \cdot Y_{ij} \quad (12)$$

7. 确定正理想解 U_j^+ 和负理想解 U_j^- , 即最优解和最劣解:

$$U_j^+ = \max\{U_{ij}\} = \{Y_1^+, Y_2^+, \dots, Y_n^+\} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

$$U_j^- = \min\{U_{ij}\} = \{Y_1^-, Y_2^-, \dots, Y_n^-\} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (14)$$

8. 确定不同目标即第*i*个省市到正理想解 U_j^+ 和负理想解 U_j^- 的欧式距离 D_i^+ 和 D_i^- :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (U_{ij} - U_j^+)^2} \quad (15)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (U_{ij} - U_j^-)^2} \quad (16)$$

9. 计算各项指标的相对贴近度 C_i , 得到各个沿海省市的海洋经济韧性水平:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (17)$$

式(17)中, 相对贴近度 C_i 处于0到1之间, C_i 越大表明第*i*个省市的海洋经济韧性水平越接近于理想值, 反之, C_i 越小表明第*i*个省市的海洋经济韧性水平越低。相对贴近度的大小排序就是被评价对象的海洋经济韧性水平的优劣排序。

(三) 海洋科技创新效率与海洋经济韧性的协同关系度量

耦合度对应系统或系统内要素的整体发展情况, 强调系统的充分发展。协调度是指系统或系统内要素在某一时刻处于相互匹配的有机组合状态, 对应于系统的平衡发展情况, 当系统或系统内要素处于协调有序的状态, 才能发展到最优水平。协同指的是协调不同系统为实现整体效应在内部作用和外部调节下和谐一致地达到特定状态的过程和能力。如果把海洋科技创新效率和海洋经济韧性视为两个系统, 则海洋科技创新效率和

海洋经济韧性的协同关系是这二者在有机协调的条件下的协调程度。根据物理学中的容量耦合模型^[16], 得到耦合度模型公式 (18) 如下:

$$C = 2 \times \left[\frac{G(X) \times G(Y)}{(G(X) + G(Y))^2} \right]^{1/2} \quad (18)$$

式 (18) 中, $G(X)$ 为海洋科技创新效率的测度结果; $G(Y)$ 为海洋经济韧性的测度结果。

耦合度虽然能够反映海洋科技创新效率与海洋经济韧性的相互作用强度, 但不能很好地反映海洋科技创新效率和海洋经济韧性之间是高水平相互促进还是低水平相互制约, 因此引入协调发展模型:

$$D = \sqrt{C \times T}, T = a \times G(X) + b \times G(Y) \quad (19)$$

式 (19) 中, D 为协调发展度; T 为海洋科技创新效率和海洋经济韧性的综合协调系数; 由于海洋科技创新效率和海洋经济韧性同样重要, 因此 a 、 b 均取值为 0.5。

三、数据来源与指标选取

鉴于数据可获得性等原因, 本研究选取的数据时段为 2008—2019 年, 研究单元为我国沿海 11 个省市。数据来源于 2008—2019 年的《中国海洋经济统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国渔业统计年鉴》和各年份中国海洋经济统计公报。

关于海洋科技创新效率的测度, 本研究通过对比已建立的海洋科技创新指标, 并在狄乾斌等人建立的海洋科技创新指标基础上^[17], 最终确定投入维度选取海洋科研机构科技活动人员数和海洋科研机构活动人员中硕士及以上学历的比重作为人才维度的衡量指标, 以海洋科研机构的经费收入衡量资金投入; 产出维度选择海洋科研机构的专利授权数和科技课题数; 环境维度的 4 个指标选取原则为决策单元自身无法控制但对效率有影响的变量, 分别为政府支持水平、海洋教育水平、海洋经济发展水平和对外开放的程度。

关于海洋经济韧性评价指标的选取, 遵循科学性、整体性^[18]、代表性、可比性和数据可获得性等原则, 从海洋经济稳定性、海洋经济多样性、海

洋经济恢复力 3 个方面, 共选取 15 个指标, 构建海洋经济韧性的综合评价指标体系。以海洋生产总值、渔业经济总产值、海洋劳动生产率、沿海地区外贸依存度、沿海地区失业率 5 项指标说明海洋经济的稳定性。海洋经济多样性是指海洋产业和海洋生态发展的多样化程度, 可由海洋第三产业占比、沿海地区财政收入、沿海地区全社会固定资产投资额、沿海地区外商投资额、海洋类自然保护区建成数量 5 项指标反映。海洋经济韧性的恢复力是指海洋经济在遭受外部冲击时, 在保持海洋经济结构和功能的前提下恢复到原有发展水平的能力, 由海洋产业固定资产投资收益率、海洋经济贡献率、沿海地区人均可支配收入、沿海地区涉海就业人员数和沿海地区风暴潮灾害直接经济损失这 5 项指标表征海洋经济的恢复力指标。

四、实证分析与结果

(一) 海洋科技创新效率测度结果

第一阶段的海洋科技创新效率值测算采用 DEAP 2.1 软件, 结果如表 1 所示。2008—2019 年, 江苏海洋科技创新效率始终处于技术有效前沿面; 广东海洋科技创新综合效率值基本处于最佳状态; 辽宁、上海在 2010—2016 年间的效率值较优; 山东、海南在 2008 年处于效率前沿面, 广西在 2011 年处于效率前沿面, 福建在 2010—2012 年间效率值较高, 这 4 个省份在其他年份均出现不同程度的下降或波动。第一阶段海洋科技创新效率值均值基本处于 0.5 以上, 存在一定程度的无规律波动, 走势不太明朗。

第二阶段使用 Frontier 4.1 软件测量, 得到投入变量的管理无效率。第三阶段使用调整后的投入变量, 再次测算剔除外部环境和随机因素的海洋科技创新效率值, 结果如表 2 所示。可知广东、江苏始终处于技术有效效率前沿面; 2015 年之前的山东的综合效率值较高, 接近 DEA 有效; 上海、辽宁在 2010—2016 年间处于较优状态, 在 2008 年、2017 年效率值有所下降; 浙江、天津、福建三省市效率值基本处于 0.5 上下的中等水平; 而海南、广西、河北三省效率值较低, 与其他省份差距较大。

表 1 2008—2019 年第一阶段海洋科技创新 DEA 效率值

省市	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
天津	0.587	0.449	0.414	0.343	0.363	0.423	0.512	0.523	0.546	0.355	0.224	0.340
河北	0.339	0.417	0.411	0.333	0.390	0.510	0.713	0.705	0.498	0.129	0.204	0.229
辽宁	0.260	0.106	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.520	0.344	0.360
上海	0.851	1.000	0.994	1.000	1.000	0.985	1.000	1.000	0.906	0.381	0.358	0.403
江苏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
浙江	0.575	0.437	0.647	0.469	0.400	0.368	0.482	0.488	0.482	0.317	0.590	0.389
福建	0.642	0.837	0.931	1.000	1.000	0.643	0.985	0.648	0.909	0.410	0.605	0.422
山东	1.000	1.000	0.895	0.847	0.825	0.747	0.908	0.760	0.656	0.543	0.866	0.588
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.501	0.440	0.593	1.000	0.912	0.918	0.782	0.191	0.235	0.562	0.330	0.677
海南	1.000	0.747	0.563	0.923	1.000	0.375	0.792	0.166	0.323	0.232	0.423	0.501
均值	0.705	0.676	0.768	0.810	0.808	0.724	0.834	0.674	0.687	0.496	0.540	0.537

表 2 2008—2019 年第三阶段海洋科技创新 DEA 效率值

省市	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
天津	0.502	0.438	0.459	0.374	0.372	0.415	0.509	0.502	0.505	0.407	0.361	0.175
河北	0.077	0.091	0.105	0.085	0.096	0.094	0.114	0.094	0.081	0.045	0.073	0.143
辽宁	0.132	0.091	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.517	0.352	0.328
上海	0.879	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.921	0.430	0.452	0.387
江苏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
浙江	0.496	0.448	0.599	0.442	0.399	0.376	0.462	0.439	0.446	0.352	0.345	0.340
福建	0.556	0.660	0.724	0.681	0.622	0.530	0.571	0.583	0.491	0.325	0.323	0.457
山东	1.000	0.989	0.993	0.849	0.870	0.794	0.992	0.906	0.754	0.618	0.641	0.955
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.045	0.047	0.204	0.204	0.157	0.144	0.141	0.142	0.158	0.124	0.143	0.213
海南	0.084	0.082	0.116	0.126	0.168	0.075	0.075	0.028	0.040	0.067	0.076	0.294
均值	0.525	0.529	0.655	0.615	0.608	0.584	0.624	0.609	0.582	0.444	0.433	0.481

总体来看,剔除外部环境和随机干扰后,第三阶段的海洋科技创新效率均值相较于第一阶段均有所降低。第三阶段的海洋科技创新纯技术效率值达到了最优状态,可见规模效率在很大程度上制约了海洋科技创新技术效率的提高。相较于第一阶段无明显规律的大幅波动,第三阶段的海洋科技创新效率值波动较为平稳。从空间分布上

看,剔除掉外部环境影响的第三阶段效率值在不同省市间差距明显,呈现出“广东、江苏、山东”高效率、“福建、天津、浙江”中等效率、“广西、河北、海南”低效率的分布状态。具体从各省市看,外部环境和随机干扰的剔除使得“广西、河北、海南”的第三阶段效率相较于第一阶段效率大幅降低,“广东、江苏”接近最优

DEA 状态几乎不变。这是因为经济总量较小，发展暂时落后的省份，相较于海洋强省和经济大省更依赖于外部环境。

（二）海洋经济韧性评价结果

以我国沿海 11 个省市作为海洋经济韧性的评价对象，使用 Python 编程，利用熵权法

确定各个指标的权重，进一步采用优劣解距离法（TOPSIS 法）对 11 个省市的海洋经济韧性进行测算和分析，限于篇幅，选取 2008 年、2011 年、2014 年、2017 年及 2019 年各省市海洋经济韧性相对接近度得分及排名结果如表 3 所示。

表 3 海洋经济韧性相对接近度得分及排名

省市	2008		2011		2014		2017		2019		综合评 价值	综合 排名
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名		
天津	0.151	3	0.154	4	0.167	6	0.143	7	0.158	10	0.157	7
河北	0.078	10	0.078	10	0.104	10	0.129	10	0.294	7	0.129	10
辽宁	0.086	9	0.106	9	0.137	8	0.140	8	0.377	6	0.146	8
上海	0.201	1	0.205	1	0.222	2	0.236	4	0.254	8	0.220	3
江苏	0.09	8	0.135	6	0.198	4	0.244	3	0.418	4	0.204	4
浙江	0.106	7	0.128	7	0.154	7	0.187	6	0.519	2	0.189	6
福建	0.136	6	0.149	5	0.169	5	0.215	5	0.386	5	0.195	5
山东	0.14	5	0.181	2	0.234	1	0.279	1	0.793	1	0.278	1
广东	0.143	4	0.18	3	0.215	3	0.271	2	0.458	3	0.244	2
广西	0.052	11	0.06	11	0.072	11	0.097	11	0.218	9	0.094	11
海南	0.155	2	0.126	8	0.131	9	0.136	9	0.155	11	0.140	9

由表 3 可以看出，研究期内海洋经济韧性综合排名波动较小，综合排名前 3 名分别是山东、广东和上海，综合排名后 3 名分别是海南、河北、广西。从空间上看，各省市海洋经济韧性存在较大的差异，综合排名第一的山东的综合评价价值为 0.278，排在最后的是广西，其综合评价价值为 0.094，广西的综合评价价值只有山东的 1/3 左右，具有较大悬殊。主要原因是山东的经济发展相对于广西较为发达，海洋建设经费的投入更为充足，而广西人力和财力均较为薄弱，海洋经济韧性值相对较低。海南海洋经济韧性在 2010 年略有上升，而后稳定在较低韧性水平，可能的原因是在海洋经济发展初期重视发展规模，使得海洋经济韧性有所上升，但海洋经济增速低于全国平均水平，导致韧性水平较低。辽宁虽然在 2011 年后有着较高的海洋科技创新效率，但其在东北经济整体下行形势下，展现出较低的海洋经济经济韧性。研究期内海洋经济韧性的综合评价价值均

值为 0.181，有 5 个省份未能达到均值。

从时间序列上看，2008—2019 年各个省市的海洋经济韧性相对接近度波动较小，各省市的海洋经济韧性均值逐年上升，展现出良好的态势。从排名上看，山东 2008 年排名第五位，至 2011 年上升排名至第二位，并从 2014 年始保持相对接近度排名第一位。广东在研究期内基本处于第二位或第三位。福建排名较稳定，处于中等位置。上海排名下降较大，从 2008 年排名第一下降至 2019 年排名第八，原因可能是上海的海洋第三产业占比较大，在研究期内的航运金融和中转贸易逐渐发展，海洋经济发展模式易受外部冲击的影响，但因上海数值相对稳定，综合排名仍处于第三。

（三）海洋科技创新效率与海洋经济韧性协同关系研究

1. 海洋科技创新效率与海洋经济韧性协调发展度时间演变分析。本研究通过构建海洋科技创新效率与海洋经济韧性之间的协调发展度模

型, 测度两者 2008—2019 年的协调发展度, 测度结果如表 4 所示。

表 4 协调发展度模型测度结果

省市	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
天津	0.512	0.48	0.521	0.478	0.478	0.496	0.532	0.538	0.532	0.475	0.468	0.393
河北	0.227	0.244	0.231	0.234	0.258	0.270	0.295	0.295	0.287	0.235	0.365	0.452
辽宁	0.282	0.257	0.522	0.533	0.557	0.573	0.59	0.599	0.580	0.502	0.514	0.609
上海	0.651	0.673	0.657	0.677	0.688	0.695	0.694	0.687	0.683	0.570	0.584	0.567
江苏	0.494	0.519	0.555	0.587	0.621	0.643	0.670	0.688	0.702	0.715	0.805	0.836
浙江	0.445	0.439	0.495	0.466	0.469	0.474	0.505	0.512	0.526	0.502	0.582	0.672
福建	0.506	0.532	0.578	0.551	0.549	0.532	0.550	0.570	0.560	0.514	0.559	0.669
山东	0.595	0.609	0.634	0.624	0.645	0.653	0.704	0.705	0.684	0.658	0.759	0.983
广东	0.599	0.617	0.647	0.649	0.664	0.679	0.687	0.709	0.722	0.738	0.849	0.858
广西	0.128	0.131	0.231	0.249	0.242	0.253	0.259	0.283	0.305	0.294	0.409	0.461
海南	0.314	0.300	0.357	0.329	0.364	0.284	0.285	0.181	0.224	0.278	0.296	0.449
均值	0.432	0.436	0.493	0.489	0.503	0.505	0.525	0.524	0.528	0.498	0.563	0.632

由表 4 可知, 研究期内我国海洋科技创新效率与海洋经济韧性之间的协调发展度均值稳步上升, 我国海洋强国建设取得了良好的成效。将协调发展度根据类型标准划分为失调、过渡与协调 3 个等级, 并细分为从极度失调、严重失调直至优质协调的 10 种类型, 在研究期内“山东、广东、福建、上海”4 个省市的协调发展度全部处于协调状态, “江苏、辽宁、浙江、天津”4 个省市从失调状态逐步转为协调状态, 其余 3 个省市仍处于失调状态。其中辽宁海洋科技创新效率和海洋经济韧性协调发展水平变化最大, 从 2008 年的 0.282 提升至 2019 年的 0.609, 和其海洋科技创新效率上升趋势相同, 可能的原因是国家对“辽宁沿海经济带”的建设, 发展“海上辽宁”战略, 使得辽宁海洋经济协调发展。广东的协调发展水平稳步提升, 这与广东“建设海洋强省”战略的实施、较高的海洋科技创新效率以及海洋经济韧性有关。山东的整体协调度仅次于广东, 研究期内均处于中级或良好协调程度, 并在 2019 年达到了优质协调。福建协调度上升幅度虽小, 但仍处于协调发展水平。江苏、浙江从过渡协调水平逐步上升到协调发展水平, 这与江苏、浙江良好的资源利用状况有关, 为协调发展奠定良好的基础。海南的协调度在

2013 年出现了下降趋势, 处于中度失调状态。河北、广西的协调度发展呈现出缓慢上升的状态, 但由于两省的海洋科技创新效率和海洋经济韧性水平都较低, 因此协调发展度也较低, 仍处于失调状态。

2. 海洋科技创新效率与海洋经济韧性协调发展度空间格局分析。2008—2019 年, 我国沿海 11 个省市海洋科技创新效率与海洋经济韧性协调发展度总体趋势向好, 差异逐步减小。2008 年沿海 11 个省市中有 4 个省市处于失调状态, 6 个省市正在转为协调的过渡阶段, 仅有上海市的海洋科技创新效率和海洋经济韧性是协调发展; 而 2019 年沿海 11 个省市中仅有天津市为轻度失调, 其他省市的海洋科技创新效率和海洋经济韧性均已转为协调发展或过渡发展程度。研究期内协调发展度发生明显变化的是辽宁, 由 2008 年的中度失调演变为勉强协调又转为 2019 年的初级协调, 说明研究期间辽宁的海洋科技创新建设较好。其他各省市的协调发展水平在数值上有所上升, 但在空间尺度上没有表现出明显的变化。浙江由濒临失调演变为初级协调, 说明其海洋科技创新效率与海洋经济韧性正在逐步走向协调, 但是协调发展度数值仍较小, 有较大的发展潜力。江苏协调度也在不断改善, 由濒临失调转为

良好协调。河北、广西两省的海洋科技创新效率与海洋经济韧性协调度在研究期内虽有所上升,但一直处于失调的状态,协调发展水平有待提高。海南的协调发展度在研究期内有所波动,仍处于轻度失调的状态,但从2015年后呈上升趋势。

五、结论与讨论

(一) 结论

探究海洋经济韧性与海洋科技创新效率的关系有助于推进海洋经济高质量发展。本研究的主要结论为:

1. 对我国海洋科技创新效率的测算结果表明,研究期内海洋科技创新效率受环境因素影响大,剔除外部因素和统计噪声后,效率均值有所降低,由第一阶段的无明显规律波动变为第三阶段的平稳波动。广东、江苏两省的海洋科技创新效率始终处于技术有效效率前沿面;山东的综合效率值较高,接近DEA有效。随机干扰的剔除使得广西、河北、海南3个省效率大幅降低,可见经济较为发达的省份在海洋科技创新效率上表现出较为显著的优势,而发展暂时落后的省份,相较于海洋强省和经济大省更依赖于外部环境。第三阶段的海洋科技创新效率在不同省市间差距明显,呈现出广东、江苏、山东3个省高效率,福建、天津、浙江3个省市中等效率,广西、河北、海南3个省低效率的分布状态。

2. 从时间上看,研究期内各省市的海洋经济韧性均值呈现出逐年波动上升,展现出良好的态势,但仍需警惕未来海洋经济韧性可能的下降或波动。各省市的海洋经济韧性波动较小,但省市间的海洋经济韧性存在较大的差异。研究期内有5个省市海洋经济韧性的综合评价价值均值未能达到均值,海洋经济韧性仍有较大的提升空间。从相对接近度排名变化上看,多数省市的相对接近度排名在稳定范围内上下浮动。

3. 研究期内我国沿海11个省市的海洋科技创新效率与海洋经济韧性协调发展度呈稳步上升趋势,空间差异呈缩小趋势,我国海洋建设取得了较好的效果。广东的海洋科技创新效率与海洋经济韧性协调发展水平稳步提升;山东的整体协

调度仅次于广东,处于中级或良好协调程度,并在2019年达到了优质协调;由于“辽宁沿海经济带”“海上辽宁”等战略,辽宁协调发展水平变化最大。2008年,我国沿海11省市中有4个省市处于失调状态,6个省市正在转为协调的过渡阶段;而在2019年,沿海11省市中仅有天津市为轻度失调,其他省市的海洋科技创新效率和海洋经济韧性均已转为协调发展或过渡发展程度。

(二) 讨论

海洋科技创新效率和海洋经济韧性二者均属复杂、变化的综合性系统,对二者的测度、研究和评价应从多角度、多指标考虑,以确保研究结果的准确性。但由于海洋经济方面数据获取受限,本研究仅以2008—2019年沿海11个省市为研究对象,以三阶段DEA的效率值作为海洋科技创新的效率值,以15个指标构成的评价体系评价海洋经济韧性水平,结果不一定完全反映各省市的海洋科技创新效率和海洋经济韧性水平,还存在一定的局限性。另外,在海洋科技创新效率和海洋经济韧性协同关系的研究上,仅以协调发展度的静态角度仍然不足,两个系统间的关系还可以从不断变化的空间关联等诸多角度去进一步分析。

[参考文献]

- [1] 习近平. 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利:在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2017-10-27)[2021-11-05]. http://www.gov.cn/zhuanti/2017-10/27/content_5234876.htm.
- [2] 秦琳贵,沈体雁. 科技创新促进中国海洋经济高质量发展了吗:基于科技创新对海洋经济绿色全要素生产率影响的实证检验[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(9): 105-112.
- [3] 孙才志,曹强,邹玮. 基于熵效率模型的环渤海地区海洋经济系统韧性研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2020, 33(1): 10-18.
- [4] FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 17(1-2): 157-174.
- [5] REGGIANI A, DE GRAAFF T, NIJKAMP P. Resilience: An evolutionary approach to spatial economic systems[J]. Net-

- works and Spatial Economics, 2002, 2(2): 211 – 229.
- [6] NAVARRO – EPIGARES J L, MARTÍN – SEGURA J A, HERNÁNDEZ – TORRES E. The role of the service sector in regional economic resilience [J]. The Service Industries Journal, 2012, 32(4): 571 – 590.
- [7] 程翔, 杨宜, 王泽然, 等. 民营经济韧性的评价体系构建与应用 [J]. 北京联合大学学报 (人文社会科学版), 2020, 18 (3): 79 – 88.
- [8] 王莹, 王慧敏. 基于熵权 TOPSIS 模型的城市建设用地供应绩效评价及障碍度诊断: 以西安市为例 [J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (5): 110 – 119.
- [9] 胡树光. 区域经济韧性: 支持产业结构多样性的新思想 [J]. 区域经济评论, 2019 (1): 143 – 149.
- [10] 孙才志, 郭可蒙, 邹玮. 中国区域海洋经济与海洋科技之间的协同与响应关系研究 [J]. 资源科学, 2017, 39 (11): 2017 – 2029.
- [11] 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.
- [12] 韩增林, 朱文超, 李博. 中国海洋渔业经济韧性与效率协同演化研究 [J]. 地理研究, 2022, 41 (2): 406 – 419.
- [13] COOK W D, SEIFORD L M. Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 192(1): 1 – 17.
- [14] 姜宝, 周晓敏, 李剑. 我国海洋科技投入产出效率的区域差异研究: 基于超效率 DEA 视窗 – Malmquist 指数 [J]. 科技管理研究, 2015, 35 (10): 49 – 53.
- [15] 罗登跃. 三阶段 DEA 模型管理无效率估计注记 [J]. 统计研究, 2012, 29 (4): 104 – 107.
- [16] VALERIE I. The penguin dictionary of physics [M]. Beijing: Foreign Language Press, 1996.
- [17] 狄乾斌, 徐礼祥. 科技创新对海洋经济发展空间效应的测度: 基于多种权重矩阵的实证 [J]. 科技管理研究, 2021, 41 (6): 63 – 70.
- [18] 殷克东, 方胜民. 海洋强国指标体系 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2008.

The Coordination between Marine Science and Technology Innovation Efficiency and Marine Economic Resilience

SHI Xiao – li^{1,2}, CHEN Ying²

(1. Research Center for Local Fiscal Performance, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. College of Finance and Economics, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: This paper calculates the marine science and technology innovation efficiency of 11 coastal provinces in China from 2008 to 2019 by the three – stage DEA model, constructs an evaluation index system to measure the marine economic resilience by using the Entropy – TOPSIS method, and then constructs an coordinated development degree model of the marine science and technology innovation efficiency and the marine economic resilience to analyze the temporal and spatial evolution of their coordinated development degree. The results show: (1) There is a big gap in the marine science and technology innovation efficiency among provinces, and it is greatly affected by environmental factors. Only Guangdong province and Jiangsu province are always at the forefront of efficiency after excluding external factors. (2) The marine economic resilience has an upward trend of fluctuation, and it still can get a great improvement in most provinces. (3) The coordinated development degree of the marine technological innovation efficiency and the marine economic resilience is steadily increasing, and the spatial difference is narrowing.

Key words: marine science and technology innovation efficiency; marine economic resilience; three – stage DEA model; Entropy – TOPSIS method; coordinated development degree model

(责任编辑 张永汀)