

# 基于 DEA—SFA 模型的海洋科技 转化成果绩效测评<sup>\*</sup>

殷克东, 徐华林, 高文晶

(中国海洋大学经济学院 青岛 266100)

**摘 要:** 文章运用 DEA—SFA 模型, 对 2010 年我国海洋科技经济效益转化率、海洋科技生态效益转化率和海洋科技学术成果转化率进行了测算。通过第一阶段和第三阶段结果的对比分析, 得到文章主要结论: 剔除环境因素和随机因素影响的海洋科技转化效率整体有所下降, 这说明目前我国海洋科技转化率发展不平衡, 未来海洋科技在强调投入增加的同时要考虑人均海洋 GDP、建立海洋科研院所的数量以及社会综合发展指数的环境因素, 整体提升海洋科技转化效率。

**关键词:** DEA—SFA 模型; 海洋科技; 转化效率; 绩效评测; 环境因素

21 世纪是人类进入大规模开发利用海洋的新世纪, 海洋科技已成为海洋竞争与国家综合实力较量的制高点。21 世纪以来, 世界沿海国家相继出台侧重于海洋科技方面的海洋发展政策、规划, 而在海洋科技方面我国同世界海洋强国还有很大差距。近年来, 随着海洋战略地位的提高, 海洋科技发展在我国也逐步得到重视。《全国科技兴海规划纲要 (2008—2015 年)》明确指出, 我国要实施科技兴海工程, 着力提高海洋科技的整体实力, 为海洋事业发展提供保障。2011 年国家海洋局等联合发布的《国家“十二五”海洋科学和技术发展规划纲要》中指出, 我国海洋科技的发展目标是海洋科技创新体系更加完善, 海洋科技对海洋经济的贡献率达到 60% 以上, 基本形成海洋科技创新驱动海洋经济和海洋事业可持续发展的能力。在 2012 年, 党的十八大报告中更是将建设海洋强国上升为国家战略, 而建设海洋强国更需要海洋科技的推动。

国际开发海洋热潮和国内政策支持激发了新一轮的科技兴海高潮, 中央和地方政府对海洋科学研究和技术发展的经费投入不断增长, 科研活动产出稳步增长。在大幅增加海洋科技

资源投入总量的同时, 海洋科技的转化效率作为海洋科技实力的重要组成部分更应得到关注, 因此对海洋科技转化效率进行准确测度, 这对促进我国海洋科技可持续发展具有明显的现实指导意义。

所谓科技成果转化绩效指的是科技成果被转化为现实生产力所带来的效益或者效果。国外学者较早针对科技转化绩效方面进行理论与实证研究, 在区域科技转化绩效研究方面, Arrow 指出科技成果转化形成的资本品可以改善经济主体的经济效益<sup>[1]</sup>; Nasierowshi 和 Arcelus 用 DEA 方法测度了 OECD 国家的科技投入产出效率, 发现技术创新规模、资源配置对生产率的变化有重要影响<sup>[2]</sup>; 徐晨等<sup>[3]</sup>对我国 30 多个区域的科技投入及科技成果转化绩效做了详尽研究; 迟国泰等建立了评价指标体系并对 14 个省、市、自治区进行科技效率评价。在科研院所科技转化研究方面: ChiangKao, Hsi-TaiHung 及 Ray.s 分别对学校资源及学术部门的投入产出效率进行了分析; 田东平等对我国东部、中部、西部的高等院校科研效率进行评价; 张浩等对科研院所、企业和高等院校三类科研机构的科研效率进行分析。在企业科技转

<sup>\*</sup> 基金项目: 国家社会科学基金重点项目《中国海洋经济周期波动监测预警研究》(11AJY003) 资助。

换效率方面: Robertson 研究了科技成果转化的合作创新机制, 将企业科技创新模式分为内部开发、市场交易和合作开发三类; 夏来保等应用 DEA 模型对天津市 20 个区、县民营科技企业的科技资源配置效率进行研究。金宝峰对企业科技项目资源的综合效率进行评价, 利用投影分析对非有效的项目进行优化, 以期达到资源的合理配置。

国内外学者对海洋科技的转换效率的研究并没有引起广泛的关注。目前, 仅见到少量文献研究我国海洋科技转化效率: 刘大海等运用一阶段 DEA 方法对青岛市科研院所和高等院校两类机构的海洋科技效率进行评价, 对综合效率、技术效率和规模报酬等指标进行量化分析, 提出提高科技效率的途径<sup>[4]</sup>; 樊华等运用规模报酬可变的 DEA 模型测度区域海洋科技创新效率, 并采用 Tobit 方程进行影响因素分析。李平<sup>[5]</sup>, 谢子远等在对我国各相关地区的海洋科技创新效率进行测算的基础上分析了影响海洋科技创新的因素。

本研究首次采用 DEA-SFA 对海洋科技转化效率进行评价, DEA-SFA 模型最大的特点就是能够将影响效率的环境因素及随机误差剔除, 从而得到只反映管理水平的效率值, 以此得到对我国海洋科技转化效率的准确评估。目前国内学者主要运用 DEA-SFA 模型来分析我国商业银行的效率、我国区域技术创新效率; 宏观经济中(装备制造、农业、文化产业)的投入产出问题, 但应用 DEA-SFA 模型来分析海洋科技转换效率尚属首次, 消除外部环境以及随机变量的影响, 能较准确地对海洋科技转化效率进行评价, 为我国以及区域的海洋科技发展提供理论依据, 提升海洋科技整体水平, 早日实现海洋强省、海洋强市的战略目标。

## 1 研究方法和模型

本研究采用 Fried 等提出的 DEA-SFA 模型对海洋科技效率进行测评<sup>[6]</sup>。该模型能够剔除影响效率的环境因素以及随机误差, 从而得到只反映海洋科技效率的结果。DEA-SFA 模型共分为 3 个阶段。

第一个阶段: 采用投入导向型规模报酬可

变的 BCC (Banker-Chames-Cooper) 模型进行分析, BCC 模型区分了决策单元的技术效率 (TE, Technical Efficiency)、纯技术效率 (PTE, Pure Technical Efficiency) 以及规模效率 (SE, Scale Efficiency)。技术效率是指实现投入既定下产出最大或者产出既定下投入最小的能力; 纯技术效率是指剔除规模因素的效率; 规模效率是指与规模有效点相比规模经济性的发挥程度。三者的关系式:

$$TE = SE \times PTE \quad (1)$$

$$\begin{cases} \min [\theta - \epsilon (\sum_{j=1}^m s^- + \sum_{j=1}^s s^+)] = \gamma_d (\epsilon) \\ s. t. \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^+ = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^- = y_0 \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{cases}$$

(模型 1)

第二个阶段: 建立 SFA 模型, 去除第一阶段 DEA 模型为确定性模型的缺点由第一阶段的 DEA 模型投入变量的差额变量与环境变量进行回归分析。对每一种投入都设定一条差额回归方程, 这样就可以允许环境变量对不同的投入差额不同的影响。

投入变量的差额表示为:

$$S_{nk} = X_{nk} - X_{n\lambda} \quad (2)$$

其中  $X_{nk}$  是第  $k$  个 DMU 的第  $n$  个投入值,  $X_{n\lambda}$  为第  $k$  个 DMU 的最佳投入值。回归模型如下:

$$S_{nk} = f^n (z_k, \beta^n) + v_{nk} + u_{nk} \quad (3)$$

本研究中的  $S_{nk}$  包括资本投入差额, 资金投入差额和劳动投入差额。 $z_k$  是外生环境变量, 是个别 DMU 管理无效率环境揭示变量的观察值,  $\beta^n$  是需要估算的环境解释变量的未知参数,  $v_{nk}$  是第  $k$  个 DMU 在第  $n$  个投入时, 其生产过程的随机误差;  $u_{nk}$  是第  $K$  个 DMU 在第  $n$  个投入时, 其生产过程中管理无效率的非负随机变量,  $v_{nk}$  与  $u_{nk}$  相互独立。

如果视  $(v_{nk} + u_{nk})$  为一个误差项, 则公式 (3) 为一般式随机边界生产函数; 如果  $(v_{nk} + u_{nk})$  为联合误差项,  $v_{nk}$  为对称性随机误差项, 服从  $N(0, \sigma_{v_n}^2)$ ,  $u_{nk}$  为技术无效率, 服从截断性正

态分布  $N^*(\mu^n, \sigma_{in}^2)$ 。

本研究采用 Battese 和 Coelli 的 FRONTIER VERSION4.1 估计参数, 进一步求出  $v_{nk}$  与  $u_{nk}$ , 利用 Jondrow 等的方法 (JLMS) 求出  $\hat{E}[u_{ni} | v_{nk} + u_{nk}]$  之后, 可以得到:

$$\hat{E}[v_{ni} | v_{nk} + u_{nk}] = s_{nk} - z_k \hat{\beta}^n - \hat{E}[u_{ni} | v_{nk} + u_{nk}] \quad (4)$$

再将估计值带入下式调整:

$$x_{nk}^A = x_{nk} + [\max_k \{z_k \hat{\beta}^n\} - z_k \hat{\beta}^n] + [\max_k \{\hat{v}_{nk}\} - \hat{v}_{nk}] \quad (5)$$

其中, 第一个括号内所调整的是环境因素影响, 第二个括号内调整项则是对随机误差的剔除; 两个调整都是将所研究的 DMU 调整至相同环境因素影响状况之下。

第三个阶段: 将第二阶段所调整的投入变量值带入到第一阶段模型中, 重新对海洋科技效率进行测算<sup>[7]</sup>。

## 2 变量和数据

### 2.1 投入产出指标及环境变量的选取

借鉴 DEA-SFA 方法, 本研究结合数据的可得性构建了海洋科技转化效率评价指标体系。从投入指标来看, 根据新古典经济增长理论选择资本和劳动作为投入指标, 选择人力投入和财力投入两个一级指标, 人力投入中包括海洋

专业技术人才总数和拥有高级职称的海洋科研机构专业技术人员比重两个指标, 财力投入指标下为海洋专业技术人员人均拥有海洋科技活动的经费额。从产出指标来看, 本研究选择从学术成果、经济效益和生境效益 3 个一级指标进行评价, 旨在剥离海洋科技在不同方面的转化效率。

DEA-SFA 第二个阶段要剔除外部环境影响, 这些外部的因素会影响海洋科技转化效率, 选择环境因素要保证其不在样本主观可控范围之内。本文选择人均 GDP、综合发展指数和海洋科研机构数目作为环境标量指标。由于所研究的地区海洋经济的发展直接影响对于海洋科技的投入, 从而影响海洋科技的转化效率, 因而选择人均 GDP 作为环境变量之一。由于各沿海省市存在发展差距, 或者由于政策原因使得不同地区发展效益明显不同, 导致海洋科技的发展有所不同, 因而选择综合发展指数作为第二个环境变量。科研机构的个数反映的是该地区海洋基础设施水平的高低, 直接影响海洋科技的转化效率, 因而选择海洋科研机构的个数作为第三个环境指标。环境变量对不同的 DMU 造成不同的影响, 根据剔除环境影响后所有的 DMU 将处于同样的外部环境影响, 再计算其相对效率值。

表 1 海洋科技转化效率评价指标及环境指标

项目	一级指标	二级指标	单位
投入指标	人力投入	海洋专业技术人才总数	X1 人
		拥有高级职称的海洋科研机构专业技术人员比重	X2 %
	财力投入	海洋专业技术人员人均拥有科技活动经费额	X3 万元
产出指标	学术成果	海洋科技论文发表数量	Y1 篇
		海洋科技专利授权数	Y2 项
		承担海洋科研课题总数	Y3 项
	经济效益	海洋科技成果转化率	Y4 %
		海洋科技成果实现产业化总产值	Y5 万元
		海洋科技成果实现产业化总产值占海洋产业总产值的比重	Y6 %
	生态效益	工业废水达标率	Y7 %
		固体废物综合利用率	Y8 %
环境指标	发展推动	人均海洋 GDP	E1 万/人
		综合发展指数	E3 -
	基础水平	海洋科研机构数量	E2 个

## 2.2 数据来源及处理

本研究数据均来自《中国海洋统计年鉴 2011》《中国统计年鉴 2011》和《中国海洋经济统计年鉴》，为了保持指标体系的完整全面性，本研究对个别指标进行了技术替代。基于 DEA 模型对于数据量纲无要求这一优点，并没有对数据进行标准化处理，只是根据指标的定义对原始数据进行求比值的运算处理，以准确反映海洋科技的真实水平。

## 3 模型估计和经验分析

### 3.1 第一阶段 DEA 实证结果

根据所建立的投入产出指标体系，运用 DEAP2.1 软件对我国 11 个沿海省、市、自治区的科技效率进行了测算，结果如表 3—表 5 的第一阶段 (TE1/PTE1/SE1) 所示。

### 3.2 第二阶段 SFA 实证结果及分析

本文采用三个投入的原始值与目标投入值之差作为因变量，采用选择的 3 个环境指标作为自变量，利用 FRONTIER4.1 进行回归分析，见表 2。

表 2 第二阶段 SFA 回归结果

因变量	X1 差额			X2 差额			X3 差额		
	相关系数	标准差	T 值	相关系数	标准差	T 值	相关系数	标准差	T 值
C	203.48***	1.60	127.36	12.61*	13.39	0.94	-218.70***	2.06	-106.21
E1	-1 033.88***	1.96	-528.45	-1.04***	0.41	-2.54	-103.21***	14.01	-7.37
E2	36.81***	14.79	2.49	-0.02	0.19	-0.12	26.78***	4.70	5.70
E3	1 755.30***	1.31	1 344.42	-16.93**	10.88	-1.56	144.24***	9.60	15.02
$\delta^2$	7 502.69			2.87			1 968.21		
$\gamma$	0.04			0.00			0.05		
log	-63.140 7			-11.673 8			-31.171 2		

注：\*\*\* \*\* \* 分别表示通过 10%/5%/1%置信度检验；C 代表常数项；E1 表示环境变量中的人均海洋 GDP 指标；E2 表示海洋科研机构数目；E3 表示综合发展指数。

SFA 的结果横向来看：① 人均海洋 GDP 对 3 个投入差额的影响均为负相关，统计性显著。这说明人均海洋 GDP 的增大会使得对于海洋的人力物力投入差额逐渐缩小，从而导致课题经费投入增加和海洋科研人员数量的扩大，最终提升海洋科技的整体水平。② 综合发展指数同海洋科研机构人员及海洋科研经费成正向关系且通过显著性检验，而同拥有高级职称的海洋科研机构专业技术人员比重这一指标成负相关，这说明目前我国高顶尖的海洋科技人才太少，这也是海洋科技发展亟须解决的问题之一。③ 海洋科研机构数目与海洋科研机构人员和海洋科研经费的关系为正向，这说明随着科研机构数量的增多对人力及物力的需求量增大，从而导致课题经费投入增加和海洋科研人员数量的扩大。

SFA 的结果纵向来看：① 海洋科技人员总

数差额。人均海洋 GDP、海洋科研机构数目和综合发展指数与之均成正向关系，这表示随着人均海洋 GDP 的增加，海洋科研机构数目和综合发展指数的提高将会导致海洋科技人员总数差额增大，从而可能会使得大量科技人员冗余。② 高级职称的海洋科研机构专业技术人员比重差额。与海洋科研机构数目成负相关，统计性不显著。与人均海洋 GDP 及综合发展指数呈正相关且均统计性显著。这说明人均海洋 GDP 的增加和综合发展指数的增大会使得对于海洋科技高顶尖技术人才更多的培养和投入，会不断壮大高技术人才队伍。③ 科研经费投入差额。人均海洋 GDP、海洋科研机构数目和综合发展指数与之均呈正向关系。这说明随着人均海洋 GDP 的增加，海洋科研机构数目的增多以及综合发展指数的增大需要更多科研经费支撑，可导致科研经费投入差额增大。

### 3.3 DEA-SFA 实证结果

根据式 (4) 运用 MATLAB7.1 对 3 个投入变量进行调整, 运用 DEAP2.1 重复第一阶段的计算。可以得到第三阶段各 DMU 的效率值及规模报酬状态, 并将结果与第一阶段的结果进行对比展示环境因素和随机因素都会对海洋科技效率的测算造成影响。如果环境变量与投入差额值的相关系数为正, 就表示该环境变量数值

的增加可以使得投入差额值变大, 从而造成投入资源更大的浪费。随机误差项表示的是沿海省市的运气, 某沿海省市随机误差越小代表该地区面临好的运气, 从而使得投入差额值越小, 提高效率的真实值。因此, 有必要通过环境因素和随机因素对投入变量进行调整, 以使所有要研究的省市处于同样的海洋科技水平之下, 之后可得客观、准确的海洋科技转化效率值。

表 3 第一阶段和第三阶段海洋科技经济效益转化效率对比

地区	TE1	PTE1	SE1	规模报酬	TE3	PTE3	SE3	规模报酬
天津	0.628	0.689	0.912	irs	0.628	0.786	0.799	irs
河北	0.793	1	0.793	irs	0.722	0.959	0.753	irs
辽宁	0.612	0.659	0.929	irs	1	1	1	—
上海	0.741	0.802	0.924	irs	0.763	0.944	0.808	irs
江苏	0.667	0.790	0.844	irs	0.640	0.880	0.727	irs
浙江	0.926	0.980	0.946	drs	0.972	0.980	0.993	drs
福建	1	1	1	—	1	1	1	—
山东	1	1	1	—	1	1	1	—
广东	1	1	1	—	1	1	1	—
广西	0.570	1	0.570	irs	0.553	0.930	0.595	irs
海南	1	1	1	—	1	1	1	—

从第一阶段与第三阶段经济效益转化效率对比情况来看, 相对有效的 DMU 增加一个 (辽宁), 经过剔除环境因素和随机因素影响之后, 技术效率、纯技术效率以及规模效益都有显著变化, 这说明剔除影响因素的必要性和有效性。

从整体上来看, 第一阶段和第三阶段中经济效益绝大多数高于 0.9, 说明沿海省市海洋科技的经济效益转化效率非常乐观, 同时也意味着我国沿海省市已意识到海洋科技对于发展海洋经济的巨大推动作用。

表 4 第一阶段和第三阶段海洋科技生态效益转化效率对比

地区	TE1	PTE1	SE1	规模报酬	TE3	PTE3	SE3	规模报酬
天津	0.313	1	0.313	drs	0.313	1	0.313	drs
河北	1	1	1	—	1	1	1	—
辽宁	0.376	0.395	0.951	irs	0.376	0.395	0.951	irs
上海	0.314	0.376	0.834	drs	0.302	0.363	0.831	drs
江苏	0.461	0.599	0.770	drs	0.461	0.627	0.735	drs
浙江	0.319	0.323	0.987	irs	0.319	0.323	0.987	irs
福建	0.532	0.917	0.580	drs	0.532	0.961	0.553	drs
山东	0.377	0.602	0.627	drs	0.377	0.649	0.582	drs
广东	0.346	0.36	0.961	irs	0.346	0.36	0.961	irs
广西	1	1	1	—	1	1	1	—
海南	1	1	1	—	1	1	1	—

从生态效益的结果来看, 技术效率值普遍

数值较小, 尤其是天津、辽宁、上海、江苏等

省市效率值不高于 0.5, 这说明目前我国海洋科技生态效益转化水平普遍较低, 发展的同时缺乏对生态环境的保护。伴随海洋经济可持续发展以及海洋循环经济的一再强调, 尤其是十八大关于海洋强国战略关于“生态文明”的强调, 沿海各省市应该在发展海洋经济的同时强调海

洋长远发展, 注重生态环境。通过实施节能减排、海洋生态环境保护与修复、基于生态系统的海洋管理等技术集成开发与应用推广, 逐渐地形成海洋管理与生态环境保护技术应用体系, 推进海洋科技推动经济发展的同时, 注重向生态安全和产品质量安全型转变。

表 5 第一阶段和第三阶段海洋科技学术成果转化效率对比

地区	TE1	PTE1	SE1	规模报酬	TE3	PTE3	SE3	规模报酬
天津	0.790	0.822	0.961	irs	0.755	0.806	0.937	irs
河北	0.247	1	0.247	irs	0.291	1	0.291	irs
辽宁	0.684	0.747	0.916	irs	0.543	0.727	0.748	irs
上海	1	1	1	—	1	1	1	—
江苏	1	1	1	—	1	1	1	—
浙江	0.537	0.617	0.870	irs	0.364	0.461	0.789	irs
福建	0.874	0.937	0.932	irs	0.525	0.758	0.692	irs
山东	1	1	1	—	1	1	1	—
广东	1	1	1	—	1	1	1	—
广西	0.458	1	0.458	irs	0.541	1	0.541	irs
海南	0.446	1	0.446	irs	0.527	1	0.527	irs

从学术成果效益结果来看, 沿海省市的科技成果转化效率差异较大。天津、上海、江苏、山东、广东的转化效率较高, 这些地区普遍有海洋科研机构以及有涉海专业的高等院校, 这对于学术水平的提升起到关键作用。学术成果转化对于科技和管理创新的都具有促进作用, 因而要充分利用和共享科研机构 and 高等院校学术成果, 使学术成果得到充分的展现、运用和推广。

#### 4 结论与启示

利用传统 DEA 方法得到的技术效率值包含了环境变量不同程度的影响, 也没有考虑到随机因素的干扰作用, 这导致得到的相对效率值同真实效率值之间存在一定程度的偏差。本文采用 DEA-SFA 方法对海洋科技效率进行研究, 一方面考察了环境因素和随机因素对传统 DEA 方法效率值的影响, 另一方面剔除环境因素和随机因素影响后, 将所有 DMU 放置于同一环境水平之下,

对其效率值进行相对准确的测算。

对海洋科技转化效率的测算表明: 我国沿海省市海洋科技的经济效益转化效率水平普遍较高, 生境效益转化效率较低, 学术成果效益转化效率呈现差异化程度较大的现象, 过滤环境因素和随机因素影响之后效率值有明显变化, 这说明所考察的环境因素起了重要的影响作用。

人均海洋 GDP 指标、海洋科研机构数目、综合发展指数三个环境因素对海洋科技投入影响显著, 人均海洋 GDP 的增加对海洋科技转化效率具有促进作用; 海洋科研机构数目的增加和综合发展指数的提高会导致对于海洋科技人员和科研经费的需求增加, 进而不同程度影响海洋科技转化效率。

如果不对环境因素和随机因素进行有效剔除, 各沿海省市关于经济效益转化效率、生境效益转化效率以及学术成果转化效率中的规模效率会表现突出; 而调整之后可以将各沿海地区的环境状况调整到同一个水平之下, 此时各

项转化效率中表现突出的是纯技术效率,因而DEA-SFA方法表明了所考察的3个环境变量对各沿海省市海洋科技转化效率结构的重大影响,这说明不仅要注重海洋科技转化效率水平,更要注重基础设施建设、生态环境保护和社会发展水平的整体协调提升。

### 参考文献

- [1] ARROW K J. The Economic Implication of Learning by Doing [J]. *Review of Economics Studies*, 1962;155-173.
- [2] NASIEROWSKI W, ARCELUS F J. On the Efficiency of National Innovation Systems [J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2003(37):215-234.
- [3] 徐晨,邵云飞. 基于DEA的科技成果转化绩效评价研究[J]. *电子科技*, 2010(7):58-61.
- [4] 刘大海,臧家业,徐伟. 基于DEA方法的海洋科技效率评价研究[J]. *海洋开发与管理*, 2008, 25(1):48-51.
- [5] 李平. 沿海省市海洋科技成果转化绩效评测研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2011.
- [6] FRIED H O, LOVELL, et al. Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis [J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2002, 17(1-2):157-174.
- [7] 陶长琪,王志平. 技术效率的地区差异及其成因:基于三阶段DEA与Bootstrap-DEA方法[J]. 2011, 23(6):91-99.