

海洋科技与海洋经济的协调发展关系研究^{*}

殷克东¹ 王 伟¹ 冯晓波²

(1. 中国海洋大学经济学院 青岛 266071; 2. 财政部 北京 100820)

摘 要 通过构建海洋科学技术与海洋经济可持续发展的评价指标体系,运用主成分分析方法分别对海洋科学技术与海洋经济可持续发展的综合水平进行了测度与评价;根据测度与评价结果,建立了海洋科学技术对海洋经济可持续发展贡献度的计量经济学模型,并构建了海洋科学技术和海洋经济可持续发展的协调关系模型。实证研究结果表明,海洋科学技术与海洋经济可持续发展的内在关联性及其互动关系研究,为沿海地区制定海洋科技与海洋经济发展规划提供了科学的理论依据。

关键词 海洋科技;海洋经济;可持续发展;贡献度;协调度

1 引言

海洋科技包括海洋科学和海洋技术。海洋科学是研究海洋中各种自然现象和过程及其变化规律的科学,包括物理海洋学、生物海洋学、海洋地质学、海洋化学等;海洋技术是指海洋开发活动中积累起来的经验、技巧和使用的设备等,包括海洋工程技术、海洋生物技术、海底矿产资源勘探技术、海水资源开发利用技术、海洋环境保护技术、海洋观测技术、海洋预报预测技术和海洋信息技术等。可以说,海洋科技是众多传统科技和现代高新技术在海洋领域里的集成。发展海洋科学技术的根本目的是用越来越先进的科学知识和技术手段进行海洋资源和环境调查、勘探,不断获得新的海洋科学知识,发现新的可开发资源,研究新的开发、保护技术和方法,培养海洋开发保护的科技人才队伍,以

及提高和增长国民的海洋意识和海洋知识,为海洋经济持续发展、海洋资源和环境可持续利用、海洋公益事业和海洋军事利用服务。

海洋经济是指开发、利用和保护海洋的各类产业活动,以及与之相关联活动的总和(GB/T 20794-2006)。为开发、利用和保护海洋资源和海洋空间而进行的生产活动,以及直接或间接为开发、利用和保护海洋资源及海洋空间的相关服务活动,这样一些产业活动形成的经济集合被笼统地称之为海洋经济。海洋经济可持续发展是可持续发展观念在海洋发展领域的延伸,它是一种新的发展观,是指以人类社会与自然和谐发展为目标,以经济社会与环境协调为途径,逐步实现人口、环境、资源与发展相协调。海洋资源的丰富性和多样性、开发环境的艰巨性和复杂性、开发方式的综合性和高技术性等因素,决定了海洋经济的可持续发展必

^{*} 本文是课题《海洋科技对海洋开发的影响与评价研究》(AOCZD20070107)阶段性研究成果。

须要建立在依靠科技进步的基础上, 实施“科技兴海”战略。

2 评价指标体系构建

根据完整性、客观性、科学性、简洁性、可操作性的构建原则, 以及海洋科学技术与海洋经济可持续发展的内涵, 结合目前可获得数据的统计口径和统计内容, 采用层次分析的方法将总体目标进行逐层分解, 形成各有侧重又相互联系, 能综合反映海洋科技水平和海洋经济可持续发展水平的指标体系 (表 1 和表 2)。

表 1 海洋科学技术评价指标体系

	一级指标	二级指标	三级指标
海洋科技发展水平	海洋科技投入	海洋人力投入	海洋科技人员活动数 X_1 /万人
			每万人中海洋科技人员数 X_2 /人
			海洋科学家工程师人数 X_3 /万人
		海洋财力投入	海洋科技经费 X_4 /亿元
			海洋科技经费人均占有额 X_5 /%
			海洋科技 R&D 经费 X_6 /亿元
			海洋 R&D 经费/海洋 GDP X_7 /%
	海洋科技活动	海洋科研机构	海洋科研机构数 X_8 /个
		海洋科研课题	海洋科研课题数 X_9 /项
	海洋科技产出	海洋专利产出	海洋专利申请数 X_{10} /项
			海洋专利授权数 X_{11} /项
		海洋论文产出	海洋论文发表数 X_{12} /篇
			海洋高技术产品成交额 X_{13} /亿元
	海洋市场产出		海洋高技术产品成交额 X_{13} /亿元
			海洋高技术产品出口额 X_{14} /亿美元

表 2 海洋经济可持续发展评价指标体系

	一级指标	二级指标
海洋经济可持续发展水平	海洋资源承载能力	海洋生物资源总量 Y_1 /万 t
		海洋矿产资源总量 Y_2 /万 t
		海洋化学资源总量 Y_3 /万 t
		海洋油气资源开发量 Y_4 /万 t
	海洋产业发展能力	海洋产业总产值 Y_5 /亿元
		海洋产业结构水平 Y_6 /%
		港口货物吞吐量 Y_7 /万 t
		滨海旅游人数 Y_8 /人

续表

	一级指标	二级指标
海洋经济可持续发展水平	海洋科技综合能力	海洋技术人员总数 Y_9 /万人
		海洋科技经费占海洋 GDP 比例 Y_{10} /%
		海洋科技资本投入产出比 Y_{11} /%
		海洋科技论文年发表数量 Y_{12} /篇
	海洋环境保护能力	海洋类型自然保护区个数 Y_{13} /个
		海洋工业废水处理量/排放量 Y_{14} /%
		海洋工业固体废物综合利用率 Y_{15} /%
		海洋环境保护法规数日 Y_{16} /条
		滨海观测台站 Y_{17} /个

注: 由于数据的限制, 将海洋第三产业从业人数在海洋产业从业总人数中所占的比例视为衡量海洋产业结构水平的指标。

3 海洋科技对海洋经济可持续发展的贡献度

主成分分析法 (Principal Components Analysis) 也称主分量分析, 是由 Hotelling 于 1933 年首先提出的。在多因素评价中, 由于涉及指标多, 各指标之间往往又存在一定的相关关系, 且因量纲差异, 使不同指标难以进行直接比较, 因此有必要从多个指标中构造出少数几个综合指标, 既能综合反映原来指标的信息, 又尽可能不含重复信息。主成分分析法就是利用降维的思想, 将多个指标重新组合成一组相互独立的少数几个综合指标, 并且反映原指标主要信息的方法。

根据建立的指标体系和统计数据, 采用统计软件 SPSS 对山东省 2000—2005 年的数据进行主成分分析。利用软件对原始数据进行标准化, 可以计算出相关矩阵, 由相关矩阵可看出上述指标中有一些彼此之间存在很强的相关性, 指标反映的信息就有很大的重叠, 可以进行主成分分析, 从而评估出海洋科学技术与海洋经济可持续发展水平综合评价价值。

3.1 海洋科技发展水平综合评价

运用软件 SPSS 得到山东省海洋科技各指标对应的特征值及贡献率, 可以看出: 特征值大于 1 的主成分有 2 个, 且按主成分因子累计贡献率 (即

主成分解释的方差占总体方差的比例) 超过 85% 的原则, 提取 2 个主成分因子, 累计贡献率已达 91. 523%, 表明前 2 个主成分因子反映了原指标信息的 91. 523%, 这 2 个主成分因子可以作为反映山东省海洋科技发展的综合指标。

计算每个主成分在每个指标上的负荷, 得到因子载荷矩阵如表 3。

由主成分载荷矩阵可以看出: 在第 1 主成分对以上 14 个变量的因子载荷中, $X_1 \cdots X_9$ 都比较大,

因此第 1 主成分反映了山东省的海洋科技资源; 在第 2 主成分对以上 14 个变量的因子载荷中, 比较大的是 $X_{10} \cdots X_{14}$, 因此它反映了山东省的海洋科技成果。2 个主成分分别从不同方面刻画了山东省海洋科技的发展水平, 累计贡献率为 91. 523%。因此, 用其对 2000—2005 年山东省海洋科技发展水平进行评价是合适的。

通过因子载荷矩阵算出第 1、2 主成分的系数, 也就是 2 个主成分对应的特征向量 (表 4)。

表 3 因子载荷矩阵

指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	
主成分	F_{11}	.943	.940	.959	.976	.815	.985	.916	.809	.911	.545	.469	.591	.364	.348
	F_{12}	1.6E-2	.101	-3.6E-2	-.168	.384	-.138	.369	.374	-.275	.649	.559	.752	.651	.472

表 4 2 个主成分对应的特征向量

指标		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
主成分	F_{11}	.081	.072	.083	.084	.070	.085	.079	.053	.079	.081	.084	.077	.083	.082
	F_{12}	.013	.083	-.029	-.138	.314	-.113	.303	.552	-.225	-.204	-.131	.288	-.206	-.223

计算综合汇总得分值, 即山东省海洋科技发展水平综合评价函数 F_1 (表 5), 公式为:

$$F_1 = 0.828\ 1 \cdot F_{11} + 0.087\ 2 \cdot F_{12}$$

表 5 2000—2005 年海洋科技发展水平主成分得分

年份	F_{11}	F_{12}	F_1
2000	-1.184 49	-1.198 47	-1.085 39
2001	-0.927 96	0.069 33	-0.762 40
2002	-0.265 24	1.385 21	-0.098 85
2003	0.202 76	0.683 06	0.227 47
2004	0.727 27	0.049 51	0.606 57
2005	1.447 66	-0.988 64	1.112 60

3.2 海洋经济可持续发展水平综合评价

运用软件 SPSS 得到山东省海洋经济可持续发展各指标对应的特征值及贡献率, 特征值大于 1 的主成分有 3 个, 且按主成分因子累计贡献率 (即主成分解释的方差占总体方差的比例) 超过 85% 的原则, 提取 3 个主成分因子, 累计贡献率已达 91. 923%, 表明前 3 个主成分因子反映了原指标信息的 91. 923%, 这 3 个主成分因子可以作为反映山东省海洋经济可持续发展水平的综合指标。

计算每个主成分在每个指标上的负荷, 得到因子载荷矩阵如表 6。

表 6 因子载荷矩阵

指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	
主成分	F_{21}	.894	.907	.901	-.807	.985	.910	.889	.937	.634	.539	.525	.403	.462	.112	.958	.984	.735
	F_{22}	.397	.319	.391	.404	7.2E-2	.368	.401	.296	-.817	-.632	-.597	-.619	.298	.378	-.151	-.156	-.244
	F_{23}	-.357	-7.6E-2	.182	4.9E-2	-.159	-.114	-.180	.138	-.159	.364	.143	.225	-.689	.817	-.546	.648	-.610

在第 1 主成分对以上 17 个变量的因子载荷中, $Y_1 \cdots Y_8$ 都比较大, 因此第 1 主成分反映了山东省的海洋资源承载发展能力; 在第 2 主成分对以上 17 个变量的因子载荷中, 比较大的是 $Y_9 \cdots Y_{12}$, 因此它反映了山东省的海洋科技综合能力; 同理, 第 3 主成分在 $Y_{13} \cdots Y_{17}$ 的载荷较大, 它反映了山东省的海洋环境保护能力。3 个主成分分别从不同方面刻画了山东省海洋经济的可持续发展水平, 累计贡献率为 91.923%, 因此, 用其对 2000—2005 年山东省海洋经济可持续发展水平进行评价是合适的。

通过因子载荷矩阵算出第 1、2、3 主成分的系数, 也就是 3 个主成分所对应的特征向量, 并计算综合汇总得分值, 即山东省海洋经济可持续发展水平综合评价函数 F_2 , 公式为:

$$F_2 = 0.685\ 4 \cdot F_{21} + 0.141\ 8 \cdot F_{22} + 0.092\ 0 \cdot F_{23}$$

3.3 海洋科技贡献度测算

根据海洋科技发展水平综合评价函数和海洋经济可持续发展水平综合评价函数, 计算出 F_1 、 F_2 的结果 (表 7)。

表 7 F_1 和 F_2 的结果

综合评价值	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
F_1	-1.085 39	-0.762 40	-0.098 85	0.227 47	0.606 57	1.112 60
F_2	-0.759 55	-0.596 85	-0.192 09	-0.040 13	0.436 86	1.151 76

运用 Eviews 软件进行回归分析, 构建 2000—2005 年山东省海洋科技对海洋经济可持续发展贡献度的评价模型:

$$F_2 = -1.234\ 0 (-3.98) + 0.827\ 6 \cdot F_1$$

(8.12) $R^2 = 0.943$ $F = 65.957$

结果表明: 在 2000—2005 年, 山东省海洋科技发展对海洋经济可持续发展的贡献度为 82.76%, 拟合优度 $R^2 = 0.943$, 模型的拟合度为 94.3%; $F = 65.957$, 该评价模型的总体线性关系显著成立。

4 海洋科技与海洋经济可持续发展协调度测评

协调度是指在某一时刻系统或系统要素之间达到合理匹配、有机组合状态的程度。发展则是指在一定的约束条件下, 系统从小变大、从简单到复杂、从无序到有序、从低级到高级的进化趋势。系统处在不断的动态变化之中, 只有系统或系统要素之间协调有序, 系统的发展才可得到保证并达到最优状态。把海洋科学技术与海洋经济可持续发展看作两个关联系统, 海洋科学技术水平与海洋经济可持续发展水平的协调发展是两个系统及其内部要素

在有机协调的条件下, 从弱到强、从无序到有序、从低级到高级的优化发展趋势。

4.1 协调度评价测算模型

运用系统动力学和模糊数学的原理, 建立协调度评价测算模型:

设描述海洋科学技术水平的特征向量为: $x = (x'_{1t}, x'_{2t}, \cdots, x'_{mt})$

描述海洋经济可持续发展水平的特征向量为: $y = (y'_{1t}, y'_{2t}, \cdots, y'_{nt})$

进行标准化得:

$$x_{it} = \frac{x'_{it} - \beta_b}{\beta_g - \beta_b} \quad y_{jt} = \frac{y'_{jt} - \beta_b}{\beta_g - \beta_b} \quad (1)$$

其中, β_g , β_b 分别为相应特征指标的最优值和最劣值。

海洋科学技术与海洋经济可持续发展水平的综合评价函数分别为:

$$F_1 = \sum_{i=1}^m a_i x_{it} \quad F_2 = \sum_{j=1}^n b_j y_{jt}$$

其中, a_i , b_j 为各特征指标的权重。

定义海洋科学技术与海洋经济可持续发展的协调度为:

$$G(t) = \left\{ \frac{F_1(t,x) \cdot F_2(t,y)}{\left[\frac{F_1(t,x) + F_2(t,y)}{2} \right]^2} \right\}^K$$

其中, $K \geq 2$, 为辨别系数。

从数学角度讲, 只有当 $F_1(t, x) = F_2(t, y)$ 时, $F_1(t, x) \cdot F_2(t, y)$ 才达到最大值, 表明海洋科学技术与海洋经济可持续发展最协调, 即: $G(t) = 1$

协调度仅仅反映了系统的协调程度, 而不能反映出系统当时所处的发展水平的高低。因此将协调度与系统的发展水平综合, 表明系统的协调发展程度, 用 $GD(t)$ 表示, 并定义为:

$$GD(t) = [G(t) \cdot F_1(t)^\alpha \cdot F_2(t)^\gamma] \frac{1}{2} \quad (2)$$

其中, α, γ 为待定系数, 且 $\alpha + \gamma = 1$ 。

协调发展度是反映海洋科学技术与海洋经济可持续发展协调发展水平的综合性指标, 能够揭示海洋经济与海洋科学当时的协调程度和发展水平。计

算出的协调发展度数值将在 0 与 1 之间变化。

海洋科技综合评价函数值和海洋经济可持续发展综合评价函数值越大、越接近, 说明两个系统发展水平越高、越协调, 协调发展度系数就越接近 1, 反之亦然。当海洋科技综合评价函数值和海洋经济可持续发展综合评价函数值相等且等于 1 时, 样本的协调发展度系数为 1, 达到最高境界。

4.2 协调发展度阈值设定

为评价方便, 把协调发展度在 $[0, 1]$ 范围内划分为三个大类, 按协调发展度数值由小到大依次命名为发展不协调、发展基本协调和协调发展。对于发展不协调情况, 还可根据海洋科技综合评价函数值 $F_1(t, x)$ 和海洋经济可持续发展综合评价函数值 $F_2(t, y)$ 的大小确定可持续发展和科技进步的协调状态, 具体分类与评价见表 8。

表 8 协调发展度阈值设定及其分类

协调发展度	$0 \leq GD(t) < 0.5$			$0.5 \leq GD(t) < 0.8$	$0.8 \leq GD(t) < 1.0$
发展状态	发展不协调			发展基本协调	协调发展
	$F_1 < F_2$	$F_1 = F_2$	$F_1 > F_2$		
	海洋科技滞后	同步发展	海洋科技超前		

4.3 协调发展趋势分析

海洋科学技术与海洋经济可持续发展在 t 时刻的协调发展度 $GD(t)$ 反映出的仅仅是某一时间的协调发展程度。为了充分反映出协调程度的动态发展趋势, 定义协调发展趋势指数 $\beta_1(t)$ 和 $\beta_2(t)$, 用来分别反映一个时段内和相对时刻的协调发展趋势。

定义 1: $GD(t_1), GD(t_2), \dots, GD(t_n)$ 为海洋科学技术与海洋经济可持续发展在 $[t_1, t_n]$ 这一时段中各个时刻协调发展度, 定义:

$$\beta_1(t_1, t_n) = \frac{1}{t_n - t_1 + 1} \sum_{i=1}^n GD(t_i)$$

为二者在 $[t_1, t_n]$ 时段的协调发展趋势, 简

记为: $\beta_1(t_1, t_n), 0 \leq \beta_1(t_1, t_n) \leq 1$ 。

若: $\beta_1(t_1, t_{n-1}) < \beta_1(t_1, t_n)$, 说明协调发展的趋势是处于增长状态;

若: $\beta_1(t_1, t_{n-1}) = \beta_1(t_1, t_n)$, 说明协调发展的趋势是处于平稳状态;

若: $\beta_1(t_1, t_{n-1}) > \beta_1(t_1, t_n)$, 说明协调发展的趋势是处于衰退状态。

定义 2: 设 $GD(t-1), GD(t)$ 分别为海洋科学技术与海洋经济可持续发展在 $t-1, t$ 时刻的协调发展度, 定义:

$$\beta_2(t) = \frac{GD(t)}{GD(t-1)} \quad (3)$$

若: $\beta_2(t) > 1$, 说明协调发展的趋势是处于增长状态;

若： $\beta_2(t)=1$ ，说明协调发展的趋势是处于平稳状态；

若： $\beta_2(t)<1$ ，说明协调发展的趋势是处于衰退状态。

5 海洋科技与海洋经济可持续发展协调评价实证分析

5.1 协调发展度

由协调度测算模型式（1）可知，综合评价值

$F_1 \in [0, 1], F_2 \in [0, 1]$ ，因此，先将前面用主成分分析法得到的 $F_1、F_2$ 进行变形：

$$F'_1 = \frac{F_1 - f_1}{f_2 - f_1}, F'_2 = \frac{F_2 - f_1}{f_2 - f_1}$$

其中， $f_2、f_1$ 为 $F_1、F_2$ 中的最大值和最小值。

因此， $F_1 \in [0, 1], F_2 \in [0, 1]$ 。

然后，运用协调发展度模型式（2），可以得到 2000—2005 年山东省海洋科学技术与海洋经济可持续发展的协调发展度数值，并根据表 5 和式（3）进行判断，结果见表 9。

表 9 山东省 2000—2005 年海洋科技与海洋经济可持续发展的协调发展度

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005
F'_1	0	0. 144 38	0. 440 98	0. 586 85	0. 756 30	0. 982 50
F'_2	0. 145 65	0. 218 38	0. 399 30	0. 467 23	0. 680 44	1
$GD(t)$	0	0. 295 35	0. 445 40	0. 479 70	0. 743 44	0. 895 48
发展状态	科技进步滞后		科技进步超前		发展基本协调	协调发展
	发展不协调					

注：根据中国是发展中国家以及山东省海洋发展状况，令 $K=3, \alpha=\gamma=0.5$ 。

5.2 协调评价结果分析

从表 4 和表 6 可以看出，2000—2003 年山东省海洋科学技术与海洋经济可持续发展水平都很低，且处于发展不协调状态，2000—2001 年海洋科技进步相对滞后，2002—2003 年海洋科技进步相对超前；2004 年海洋科学技术与海洋经济可持续发展处于基本协调发展状态，且发展水平增长迅速；2005 年海洋科学技术与海洋经济可持续发展处于协调发展状态，发展水平增长也很快。2000—2005 年山东省海洋科学技术与海洋经济可持续发展的协调发展一直处于增长状态。

同时，从表 4 可以看出，2005 年山东省海洋科学技术的综合评价值为 1.112 60，海洋经济可持续发展的综合评价值为 1.151 76，协调发展度为

0.895 48。可见，海洋科学技术与海洋经济可持续发展已经协调，但发展水平还有待于进一步提高。

6 结论

研究了海洋科学技术与海洋经济可持续发展的内在关联性及其互动关系，全面分析了海洋科技对于海洋经济可持续发展的影响力，说明了海洋科技实力对于海洋经济可持续发展的重要意义，为海洋科学技术发展提供了意见，以促进海洋经济的可持续发展。研究海洋科学技术和海洋经济可持续发展的关系为我国海洋事业发展方向提供了理论依据和科学指导，对于实施科学的海洋发展观，制定科学的海洋科技强国战略和海洋事业的整体发展规划有值得借鉴的理论意义和现实意义。