

# 基于主成分分析法的我国海洋资源承载力变化趋势研究

任光超,杨德利,管红波

(上海海洋大学 经济管理学院,上海 201306)

**摘要:**为了更加合理有效地评价我国海洋资源承载力,分析了我国海洋资源承载力评价的现状、主成分和变化趋势。结果表明:基于主成分分析法的海洋资源承载力研究方法克服了专家打分法的缺陷,它以实际数据为支撑,更为客观地评价出了我国海洋资源承载力近年来的变化趋势,为我国海洋资源承载力的可持续发展提供理论支持。

**关键词:**海洋资源;承载力;主成分分析;评价

**中图分类号:**F205

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2011)08-0047-04

我国拥有绵长的海岸线和丰富的海洋资源,陆地资源的日渐稀缺使人们把更多的目光投向海洋。合理有效地开发利用海洋资源离不开对海洋资源承载力的正确评价。主成分分析法不仅能够客观有效地提取海洋资源承载力的影响因子,而且能够较为便捷地计算海洋资源承载力各项指标值。通过主成分分析法,可以清晰地得出我国近年的海洋资源承载力变化趋势,因此,是一种值得推广的科学性和实用性兼备的方法。

## 1 我国海洋资源承载力评价的现状 & 问题

海洋资源和其它自然资源一样,在开发和利用的过程中都涉及承载力的问题。我国对海洋资源承载力的研究开始的较晚,在海洋资源承载力的界定及内在关系方面,栾秀芝等对海域承载力进行了综合性论述<sup>[1]</sup>;刘康等进行了海域承载力本质及内在关系的探析<sup>[2]</sup>;韩立民等研究了海域承载力与海洋产业布局之间相互影响、相互制约的关系<sup>[3]</sup>;狄乾斌等从理论上探讨了有关海域承载力的内涵、研究内容以及与海洋可持续发展的关系,并指出展开海域承载力研究的工作方向<sup>[4]</sup>;忻海平围绕海洋资源开发利用的若干理论和实践问题进行研究和探讨<sup>[5]</sup>。在海洋资源承载力的评价方面,刘蕊在探讨海洋资源承载力指标体系设

计原则的基础上,构建了科学、系统、可操作的海洋资源评价指标体系,运用专家咨询法筛选指标,并以广州为实例验证<sup>[6]</sup>;狄乾斌创造性地提出海域承载力的定义、评价指标体系、定量化方法,并借助状态空间方法,以辽宁海域为实例,采用全新的思路进行海域承载力的定量化测度和海域承载状况的趋势预测<sup>[7]</sup>。

纵观目前我国海洋资源承载力的评估体系与评估方法构建,都脱离不了专家打分这一环节。虽然专家打分有诸多优点,但是其弊端也是显而易见的,由于海洋资源承载力涉及诸多学科、诸多环节,专家不可能完全知晓其中的全部信息,因此在打分的过程中只能凭借自身所知晓的专业知识和经验进行打分,具有较强的主观性,以此为基础的海洋资源承载力评价结果缺乏实际数据的支持,可能与现实情况相距较大<sup>[8-11]</sup>。

## 2 我国海洋资源承载力的主成分分析

海洋是一个庞大的自然系统,研究海洋资源承载力更是一个复杂的系统工程。如何对众多错综复杂的影响变量进行整理和分类,从中提取尽可能少但是又具有代表性包容性强的变量是一项关键的工作。针对目前我国海洋资源承载力评价以专家打分法为主的主观性较强的弊端,主成分分析法无疑为解决这一难题提供了新的思路与方法。主成分分析法采用降维简化数据结构的方法,用几个综合因子来代替原来众多的变量,其权数是通过信息和数据确定的<sup>[12]</sup>。

### 2.1 主成分分析法的基本步骤

#### 2.1.1 原始数据的归一化处理 不同指标的数

收稿日期:2011-04-26

第一作者简介:任光超(1986-),女,浙江省鄞县人,在读硕士,从事海洋经济学研究。E-mail: haobai317@126.com。

通讯作者:杨德利(1963-),男,黑龙江省宾县人,硕士,教授,从事财务管理研究。E-mail: dlyang@shou.edu.cn。

据值大小不尽相同,有的成千上万,有的只是一个百分数,为了更加直观和便于比较,需要将指标的数据值变换到 $[0,1]$ <sup>[13]</sup>。对于效益型指标,采用公式: $Y_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$ ;对于成本型指标在量化中采用的公式为: $Y_{ij} = (X_{j\max} - X_{ij}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$ 。 $X_{j\max}$ 和 $X_{j\min}$ 分别为指标 $X_j$ 的最大值和最小值, $Y_{ij}$ 为无量纲化后的指标值。

2.1.2 求 R 阵的特征根  $\lambda_g (g=1,2,\dots,p)$  计算指标值得相关矩阵 R,再求其特征根。特征向量  $C_g$  和贡献率  $\alpha_g$ 。按预定的累积贡献率,通常累积贡献率达到 85% 以上为宜。

2.1.3 确定主成分的个数 若用  $y_1, y_2, \dots, y_n$  代表主成分,则有:

$$y_1 = C_{11}Z_1 + C_{21}Z_2 + \dots + C_{p1}Z_P$$

$$y_2 = C_{12}Z_1 + C_{22}Z_2 + \dots + C_{p2}Z_P$$

.....

$$y_n = C_{1n}Z_1 + C_{2n}Z_2 + \dots + C_{pn}Z_P$$

通过计算主成分  $y_1, y_2, \dots, y_n$  的值,就可以综合反映出各单位的情况,并由此对各单位进行排序。

2.1.4 求主成分的综合得分并排序  $F = A_1 \times F_1 + A_2 \times F_2 + A_i \times F_i + \dots + A_m \times F_m (i = 1, 2, \dots, m)$

其中, $A_i$ 是综合因子  $F_i$  的权数,它是根据  $F_i$  的贡献率,即  $F_i$  的方差占全部方差的比重确定的。

## 2.2 我国海洋资源承载力主成分分析评价

根据现有的海洋资源方面的文献资料与专家问卷的方式,将海洋资源承载力作为分析目标分为海洋资源的供给能力、海洋产业的经济功能、海洋环境的保护功能 3 个一级指标。

就海洋资源的供给能力而言,该文从《中国海洋统计年鉴》(2004~2009)<sup>[14]</sup>中选取了海洋渔业产量、甲壳类产量、藻类产量、头足类产量、沿海地区海洋原油产量、沿海地区海洋天然气产量、沿海地区海洋矿业产量、沿海地区海盐产量、沿海地区星级饭店数量、生产用码头数量这些可以获取数据的指标进行主成分分析,并且按照主成分累计贡献率 $\geq 85\%$ 提取主成分(见表 1),提取主成分为 2 个。经过方差最大化旋转得到主成分载荷(见表 2)。

表 1 主成分贡献率即累计贡献率

成分	初始特征值		
	特征值	方差的贡献率	累计贡献率
F <sub>1</sub>	5.853	58.533	58.533
F <sub>2</sub>	2.666	26.661	85.194

表 2 成分载荷

指标	成分	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
X <sub>1</sub> 海洋渔业产量	-0.730	0.661
X <sub>2</sub> 甲壳类产量	-0.522	0.817
X <sub>3</sub> 藻类产量	-0.611	0.772
X <sub>4</sub> 头足类产量	-0.767	0.017
X <sub>5</sub> 沿海地区海洋原油产量	0.821	0.508
X <sub>6</sub> 沿海地区海洋天然气产量	0.912	0.182
X <sub>7</sub> 沿海地区海洋矿业产量	-0.034	-0.586
X <sub>8</sub> 沿海地区海盐产量	0.963	0.124
X <sub>9</sub> 生产用码头数量	0.862	0.502
X <sub>10</sub> 沿海地区星级饭店数量	0.954	0.250

由表 2 可知,沿海地区海洋原油产量、沿海地区海洋天然气产量、沿海地区海盐产量、生产用码头数量、沿海地区星级饭店数量在  $F_1$  上有较大的载荷因子,即  $F_1$  反映了海洋非生物资源和海洋服务资源的情况;海洋渔业产量、甲壳类产量、藻类产量在  $F_2$  上有较大的载荷因子,即  $F_2$  反映了海洋生物资源的情况。2 个主成分从海洋非生物资源和海洋服务资源以及海洋生物资源量大方面刻划了海洋资源的供给能力,其累计贡献率达 85.194%。以成份得分系数矩阵(见表 3)求得主成分的值:

表 3 成份得分系数矩阵

指标	成分	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
X <sub>1</sub> 海洋渔业产量	0.028	0.307
X <sub>2</sub> 甲壳类产量	0.087	0.337
X <sub>3</sub> 藻类产量	0.073	0.348
X <sub>5</sub> 沿海地区海洋原油产量	0.230	0.130
X <sub>6</sub> 沿海地区海洋天然气产量	0.177	-0.002
X <sub>8</sub> 沿海地区海盐产量	0.140	-0.107
X <sub>9</sub> 生产用码头数量	0.228	0.104
X <sub>10</sub> 沿海地区星级饭店数量	0.179	-0.027

$$F_1 = 0.23ZX_5 + 0.18ZX_6 + 0.14AX_8 + 0.23ZX_9 + 0.18ZX_{10}$$

$$F_2 = 0.31ZX_1 + 0.34ZX_2 + 0.35ZX_3$$

以主成分的贡献率为权数求加权均值得到综合得分  $F$ 。 $F = 0.585F_1 + 0.267F_2$ 。对 2 个主成分计算因子得分见表 4,为综合评价每年海洋资源的供给能力的水平。

表 4 海洋资源的供给能力评价

年份	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	总分
2003 年	0	0.33	0.088
2004 年	0.24	0.71	0.330
2005 年	0.54	1.00	0.583
2006 年	0.72	0.02	0.427
2007 年	0.80	0.03	0.476
2008 年	0.95	0.77	0.761

就海洋产业的经济功能而言,该文从《中国海洋统计年鉴》(2004~2009)中选取了海洋生产总值、海洋生产总值占全国生产总值的比重、主要海洋产业增加值、海洋第三产业所占比重、海洋第二产业所占比重这些可以获取数据的指标进行主成分分析。

计算过程与海洋资源的供给能力相同。按照主成分累计贡献率 $\geq 85\%$ 提取主成分 2 个,其中海洋生产总值( $ZY_1$ )、主要海洋产业的增加值( $ZY_3$ )在  $F_3$  上有较大的载荷因子,即  $F_3$  反映了海洋经济总量的情况;海洋第二产业所占比重( $ZY_4$ )、海洋第三产业所占比重( $ZY_5$ )在  $F_4$  上有较大的载荷因子,即  $F_4$  反映了海洋经济结构的情况。2 个主成分累计贡献率达 95.084%。根据成份得分系数矩阵可得:

$$F_3=0.35ZY_1+0.35ZY_3$$

$$F_4=0.47ZY_4-0.68ZY_5$$

以主成分的贡献率为权数求加权均值得到综合得分  $F=0.768F_3+0.182F_4$ 。

计算结果(见表 5),作为综合评价每年海洋产业的经济功能的水平。

表 5 海洋产业的经济功能评价

年份	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	总分
2003 年	0	-0.50	-0.091
2004 年	0.07	-0.44	-0.026
2005 年	0.20	-0.37	0.086
2006 年	0.36	-0.33	0.216
2007 年	0.52	-0.60	0.290
2008 年	0.70	0.47	0.623

就海洋环境的保护功能而言,该文从《中国海洋统计年鉴》(2004~2009)中选取了海域水质清洁率、海洋倾倒区数量、工业废水排放总量、工业废水排放达标率、工业固体废弃物排放量、工业固体废弃物循环利用率、赤潮发生次数、风暴潮直接经济损失、环境执法达标率这些可以获取数据的指标进行主成分分析。

计算过程与海洋资源的供给能力相同。按照主成分累计贡献率 $\geq 85\%$ 提取主成分 3 个,其中

工业废水排放总量( $ZZ_3$ )、工业废水排放达标率( $ZZ_4$ )、工业固体废弃物排放量( $ZZ_5$ )在  $F_5$  上有较大的载荷因子,即  $F_5$  反映了海洋污染的情况;海域水质清洁率( $ZZ_1$ )、海洋倾倒区数量( $ZZ_2$ )、工业固体废弃物循环利用率( $ZZ_6$ )、环境执法达标率( $ZZ_9$ )在  $F_6$  上有较大的载荷因子,即  $F_6$  反映了海洋环保投入的情况;赤潮发生次数( $ZZ_7$ )、风暴潮直接经济损失( $ZZ_8$ )在  $F_7$  上有较大的载荷因子,即  $F_7$  反映了海洋灾害的情况。3 个主成分累计贡献率达 93.185%。根据成份得分系数矩阵可得:

$$F_5=0.18ZZ_3+0.24ZZ_4+0.19ZZ_5$$

$$F_6=-0.07ZZ_1+0.03ZZ_2-0.001ZZ_6-0.12ZZ_9$$

$$F_7=0.17ZZ_7+0.06ZZ_8$$

以主成分的贡献率为权数求加权均值得到综合得分  $F=0.628F_5+0.178F_6+0.126F_7$ 。

计算结果(见表 6),作为综合评价每年海洋环境保护功能的水平。

表 6 海洋环境的保护功能评价

年份	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	总分
2003 年	0.61	0.09	0.05	0.438
2004 年	0.47	-0.02	0.14	0.309
2005 年	0.58	-0.01	0.12	0.378
2006 年	0.01	-0.08	0.11	0.005
2007 年	0.07	-0.07	0.18	0.054
2008 年	0.09	-0.05	0.20	0.073

通过分析,可以得到一个比较完整的基于主成分分析法的海洋资源承载力评价指标体系(见图 1)。

将关于海洋资源的供给能力、海洋产业的经济功能、海洋环境保护功能的分数进行相加,就可得到最终的 2003~2008 年每年的海洋资源承载力分数(见表 7)。

表 7 海洋资源承载力总分值

年份	海洋资源的供给能力总分	海洋产业的经济功能总分	海洋环境的保护功能总分	海洋资源承载力总分值
2003 年	0.088	-0.091	0.438	0.435
2004 年	0.330	-0.026	0.309	0.613
2005 年	0.583	0.086	0.378	1.047
2006 年	0.427	0.216	0.005	0.648
2007 年	0.476	0.290	0.054	0.820
2008 年	0.761	0.623	0.073	1.457

3 我国海洋资源承载力变化趋势分析

将这些数据进行综合整理,可得到我国海洋资源承载力变化趋势(见图 2)。

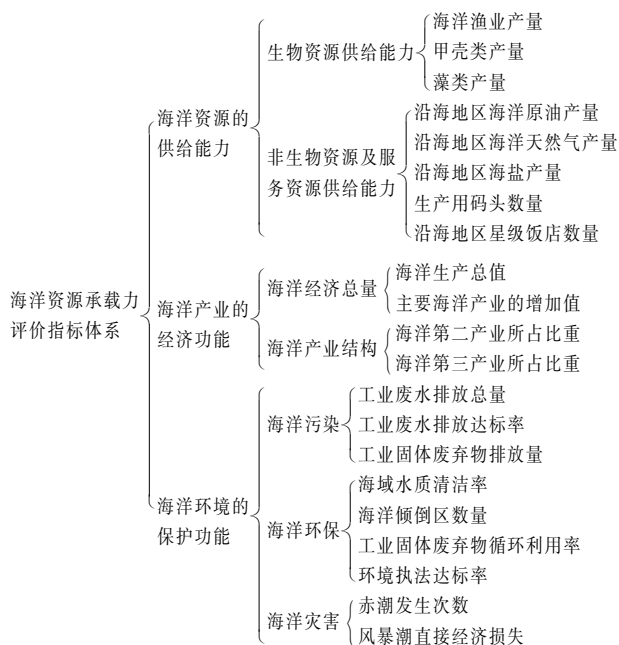


图1 海洋资源承载力评价指标体系

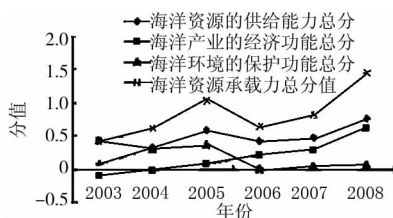


图2 我国海洋资源承载力变化趋势

从图2可看出：第一，近年来我国海洋资源承载力虽然有波动，但是整体处于上升趋势，2006年我国海洋资源承载力逆势走低的主要原因在于海洋鱼类捕捞量减少及沿海地区工业废水和固体废弃物排放量增加；第二，我国海洋资源的供给能力增长幅度明显减缓；第三，我国海洋产业的经济功能持续上升；第四，我国海洋环境的保护功能下降严重，在2006年跌至最低，此后虽有好转但效果不明显。

针对我国海洋资源承载力的现状和出现的问题，首先，在海洋资源的供给能力方面，要注意对海洋自然和非自然资源的可持续利用，严禁过度捕捞和过度开采，保持海洋资源供给能力的稳定性；其次，在海洋产业的经济功能方面，要在不破坏海洋资源和海洋环境的前提下继续大力发展各项海洋产业，继续保持海洋经济的快速发展势头；再次，在海洋环境的保护功能方面，要进一步加大对海洋环境保护在人力、物力、财力方面的投入力度，严格控制各项海洋倾倒行为，加强海洋灾害的监测和预报，广泛开展海洋环境检查，深入开展对海洋三废再利用的科学研究。

#### 参考文献：

- [1] 韩立民, 栾秀芝. 海域承载力研究综述[J]. 海洋开发与管理, 2008(9): 32-36.
- [2] 刘康, 韩立民. 海域承载力本质及内在关系探析[J]. 太平洋学报, 2008(9): 69-75.
- [3] 韩立民, 都晓岩. 海洋产业布局若干理论问题研究[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2007(3): 1-4.
- [4] 狄乾斌, 韩增林. 海域承载力的量化探讨——以辽宁海域为例[J]. 海洋通报, 2005(1): 47-55.
- [5] 忻海平. 海洋资源经济价值的模型分析[J]. 海洋开发与管理, 2008(5): 7-12.
- [6] 刘蕊. 海洋资源承载力指标体系的设计与评价[J]. 广东海洋大学学报, 2009(5): 6-9.
- [7] 韩增林, 狄乾斌, 刘错. 海域承载力的理论与评价方法[J]. 地域研究与开发, 2006(1): 1-5.
- [8] 刘容子, 吴姗姗. 环渤海地区海洋资源对经济发展的承载力研究[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [9] 崔力拓, 李志伟. 河北省海域承载力多层次模糊综合评价[J]. 环境管理, 2010(8): 26-30, 47.
- [10] 毛汉英, 余丹林. 环渤海地区区域承载力研究[J]. 地理学报, 2001(3): 363-371.
- [11] 吴姗姗, 刘容子. 渤海海洋资源价值量核算的研究[J]. 中国人口、资源与环境, 2008(2): 70-75.
- [12] 赵光华. 管理定量分析方法[M]. 北京: 北京大学出版社, 2008.
- [13] 孙建军, 成颖. 定量分析方法[M]. 南京: 南京大学出版社, 2005.
- [14] 国家海洋局. 中国海洋统计年鉴[M]. 北京: 海洋出版社, 2004-2009.

## Research on Variation Tendency of Marine Resource Carrying Capacity in China Based on Principal Component Analysis

REN Guang-chao, YANG De-li, GUAN Hong-bo

(Economics and Management College of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

**Abstract:** In order to evaluate marine resource carrying capacity in our country more reasonably and more effectively, the actuality, problems, principal component and variation trend of marine resource carrying capacity evaluation in our country were analyzed. The results showed that the research method based on principal component analysis(PCA) overcome the defect of expert scoring method. Supported by real data, it showed the variation tendency of marine resource carrying capacity in recent years in our country more objectively, and provided theoretical support for the sustainable development of marine resource carrying capacity in our country.

**Key words:** marine resource; carrying capacity; principal component analysis(PCA); evaluation