

海洋安全指数测算方法

曲丽虹,程骏超,张驰,何元安

中国船舶工业系统工程研究院;国防科技工业海洋安全体系创新中心,北京 100036

摘要 提出了海洋安全指数的概念,并选取了海洋主权安全、海洋科技安全、海洋生态安全、海洋经济安全等4个方面的12个代表性指标,构建了海洋安全指标体系;初步设计了海洋安全指数测算方法,并测算了2013—2015年中国海洋安全指数;分析了影响海洋安全指数变化的因素。

关键词 海洋安全指数;指标体系;测算方法

21世纪,人类进入了大规模开发利用海洋的时期。海洋在国家经济发展格局和对外开放中的作用越发重要,在维护国家主权、安全、发展利益中的地位突出,在国家生态文明建设中的角色更加显著,在国际政治、经济、军事、科技竞争中的战略地位也明显上升,海洋安全、可持续发展在国家经济发展格局和对外开放中的作用越发重要。党的十八大做出建设海洋强国的战略部署,提出“提高海洋资源开发能力,发展海洋经济,保护海洋生态环境,坚决维护国家海洋权益,建设海洋强国”。党的十九大报告中也提出,实施区域协调发展战略,坚持陆海统筹,加快建设海洋强国。

海洋安全既是海洋强国战略的必然要求,又是推进海洋强国建设的重要保障。一方面,海洋安全本就是海洋强国的内涵之一,海洋强国必然是一个海洋安全稳定,海洋管控有力的国家;另一方面,海洋安全是海洋强国建设的基础和保障,没有安全,发展也无从谈起。海洋安全关系到国家主权和领

土完整、军事、经济、资源、科技、生态等国家安全领域的诸多内容,既是国家安全的支撑与保障,也是国家安全的重要组成部分。因此,需要量化中国海洋安全的程度及变化轨迹,有效维护国家安全、发展及生态文明建设,提升中国在国际政治、经济、军事、科技竞争等方面的战略地位^[1-2]。

本研究基于海洋安全量化评价的内涵及基本原则,建立海洋安全指数的指标评价体系,分别解释一二级指标间的支撑关系;详细推演海洋安全指数的权重确定方法及计算公式,并使用真实有效的数据进行演示验证。

1 海洋安全指标体系设计

1.1 海洋安全指标体系内涵

在建设海洋强国战略背景下,海洋安全指标体系建立的基本目的是有效表征海洋安全变化轨迹,充分反映特定时期、特定海域国家的海洋安全现

收稿日期:2020-04-15;修回日期:2020-07-30

基金项目:海南省重大科技计划项目(ZDKJ2019003);中船集团创新计划项目(KZ2QB9923J)

作者简介:曲丽虹,副研究员,研究方向为智慧海洋、海洋安全体系,电子信箱:84323758@qq.com

引用格式:曲丽虹,程骏超,张驰,等.海洋安全指数测算方法[J].科技导报,2020,38(21):54-59;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.21.006

状,对于突发事件进行安全性预判,并有效预测关键海域的海洋安全发展态势,引导海洋安全利用。据此,将海洋安全指数定义如下:海洋安全指数(ocean security index)是对一定时期海洋安全整体水平的量化评价。海洋安全指数力求涵盖海洋的各个领域安全,以客观数据分析为主,公正地度量海洋安全状况^[3-5]。

为了使海洋安全评价指标体系更加科学、规范,在构建指标体系时,评价指标体系的设计及评价指标的选择必须以科学性为原则,能够真实客观地反映当前中国海洋军事安全、科技安全、经济安全和生态安全的状况。指标设置能够全面反映海

洋安全的评价要素。在建立海洋安全指标体系时,要全面把握海洋安全的内涵和外延,从多个方面和角度选择能够反映海洋安全水平的指标,在实际操作中,选取代表性强的能够反映海洋安全本质的指标。数据资料立足于统计年鉴和权威的文献资料,保证数据来源连续可靠。

1.2 海洋安全指标体系

海洋安全指标体系的目标层即海洋安全。设计了一级指标4个,分别为海洋主权安全、海洋科技安全、海洋经济安全、海洋生态安全。由12个二级指标及21个三级指标共同构成了中国海洋安全指标体系,整体的数据需求量共有41处(表1)。

表1 海洋安全指标体系

目标层	一级指标	二级指标	三级指标	序号	四级指标	指标性质	指标解释		
海洋安全	海洋主权安全	军事力量	海军军费	1	海军军费	+	单位:亿元		
				2	海军军费支出占GDP比重	+	当年海军军费/当年国家GDP×100%		
				3	海军军费增长率	+	(当年海军军费-去年海军军费)/去年海军军费		
				4	研发支出占海军军费支出比重	+	当年研发支出/当年海军军费×100%		
				5	训练费占海军军费比重	+	当年训练费/当年海军军费×100%		
		人员装备	6	海军总兵力	+	单位:人			
			7	本科及以上学历占比	+	本科及以上学历人数/总人数			
			8	各型战舰排水总量	+	各型战舰排水量之和			
			9	排水量1500吨以上舰船数量占比	+	排水量1500t及以上舰船数量/舰船总量			
			10	海军年度演习次数	+	单位:次			
	海洋科技安全	冲突情况	经济冲突	演习训练	11	历史遗留问题件数	-	单位:件	
					12	年度因主权纠纷冲突次数	-	单位:次	
					13	年度渔业纠纷数量	-	单位:次	
					14	年度矿业资源纠纷数量	-	单位:次	
		管控能力	外交关系	会议会晤	机构数	15	盟国数量	+	合作伙伴及以上关系的国家数量
						16	参与国际合作组织数量	+	单位:个
						17	双边	+	单位:次
						18	多边	+	单位:次
	软实力	科研力量	科研力量	数量	19	科研机构数量	+	从事海洋基础科学、工程技术、信息服务、技术服务的科研机构的总数。单位:个	
					20	教育机构数量	+	各海洋专业点数(含博士、硕士、本科)单位:个	
					21	从业人员数量	+	海洋科研机构从业人员数量。单位:人	
					22	科技人员储备	+	各海洋专业博士研究生、硕士研究生、普通高等教育本科生(在校)总数。单位:人	

表1 海洋安全指标体系(续)

目标层	一级指标	二级指标	三级指标	序号	四级指标	指标性质	指标解释
海洋科技安全	产出力	产出及效率	23	海洋科技相关论文	+	海洋科研机构发表科技论文的数量。单位:篇	
			24	每千人专利拥有数	+	当年海洋科研机构科技专利授权数量/海洋科研机构从业人员数量×1000×100%。单位:个/1000人	
海洋经济安全	发展现状	规模水平	25	海洋生产总值	+	海洋生产总值。单位:亿元	
			26	海洋从业人员人均海洋生产总值	+	海洋生产总值/涉海就业人员数。单位:万元/人	
	竞争能力	增长潜力	27	海洋生产总值同比增速	+	(当年海洋生产总值-去年海洋生产总值)/去年海洋生产总值×100%	
			28	海洋经济产出的国际占比	+	(中国捕捞产量/世界主要沿海国家(地区)捕捞总量+中国主要沿海城市接待入境旅游客人数/世界主要沿海国家(地区)入境旅游人数之和+中国海上商船拥有量/海上商船用量居前20位的国家或地区的海上商船拥有量之和)/3×100%	
					29	海洋经济产出的出口比例	-
海洋安全	经济活动	30	沿海港口货物吞吐量	-	单位:万t		
			31	沿海地区工业废水排放总量	-	单位:万t	
	破坏	承载人口	32	沿海地区年末人口数	-	单位:万人	
			33	沿海地区赤潮灾害影响地区最大面积累计	-	单位:km ²	
					34	沿海地区风暴潮灾害直接经济损失	-
	海洋生态安全	现状	资源	35	二类水质海域面积占比	+	海区第二类水质海域面积/(海区第二、三、四、劣四类水质海域面积之和)×100%。注:各类水质海域面积取春夏秋冬三季算术平均值
				36	矿产资源储量(石油、天然气)	+	海区海洋石油天然气储量。(海区海洋石油剩余技术可采储量+海区海洋天然气剩余技术可采储量/1000)。单位:油气当量
37				沿海地区湿地总面积	+	单位:10 ⁷ km ²	
38				全国海洋生态监控区总面积	+	单位:km ²	
保护				行动	39	沿海区域海洋类型自然保护区面积	+
	40	沿海地区污染治理项目数	+		当年竣工项目,包含治理废水和治理固体废物。单位:个		
	41	法律、政策	+		海洋法规和文件的数量。单位:件		

海洋主权安全,主要考察海洋主权是否处于安全的状态,以及通过政治军事手段维护主权安全的能力。它由3个二级指标构成,分别是海上冲突情况、海洋管控能力、国家军事力量。海上冲突情况是指海洋权益存在的争议、冲突、纠纷,体现了主权安全面临的问题多少;海洋管控能力是指国家在面对冲突情况时,动用政治、经济等其他非军事手段管控和解决冲突的能力;国家军事力量是指一个国家用军事手段解决冲突、维护海洋权益的能力。

海洋科技安全,主要考察与海洋相关的科技力量的强弱。它由3个二级指标构成,分别是海洋科技硬实力、海洋科技软实力、海洋科技产出力。海洋科技硬实力是指科技机构数量等科技实力的外在表现;海洋科技软实力是指科研人员数量等科技实力的内在表现;海洋科技产出力是指科技力量产生实际成果的能力。

海洋经济安全,主要考察海洋经济的总体实力以及可持续发展的能力。它由3个二级指标构成,分别是海洋经济发展现状、海洋经济竞争能力、海洋经济对外依存度。海洋经济发展现状是指海洋经济的总体实力情况;海洋经济竞争能力是海洋经济在国际市场上生存发展和取得优势地位的能力;海洋经济对外依存度是海洋经济对外部市场、资源的依赖程度。

海洋生态安全,主要考察海洋生态环境的安全状况,是否会对经济及其他领域的可持续发展和人们居住环境、健康产生影响。它由3个二级指标构成,分别是海洋生态破坏情况、海洋生态现状、海洋生态保护。海洋生态破坏情况,是指人类活动和自然灾害等情况对海洋生态产生的压力和破坏;海洋生态现状,是指海洋生态目前的总体状况;海洋生态保护,是指为了减轻压力和破坏所采取的手段和投入^[6-9]。

2 海洋安全指数测算

2.1 权重确定方法

多指标综合评价是统计分析研究工作中经常遇到的问题,而指标权数的确定是一项最重要的工

作。确定指标权数的方法很多,基本上可以分为主观赋权法和客观赋权法两大类。其中,主观赋权方法包括德尔菲法、层次分析法等;客观赋权方法包括主成分分析、因子分析、熵值法、变异系数法等。

研究采用层次分析法,主要原因包括以下2个方面。一是海洋安全指数指标体系中包含了定量指标和定性指标,各指标的影响因素各不相同;二是与各指标相关的数据较少,不利于客观分析。因此,采用定性与定量相结合的层次分析方法确定各级指标体系权重,具有适应性和可行性。

运用层次分析方法确定各层指标所在比重是进行综合评价的关键,在建立了递阶层次结构以后,上下层次之间指标的隶属关系就确定了。但是对于大部分的社会经济问题,指标的权重不容易直接获得,应通过适当方法导出它们的权重。假定以上一层指标 C 为准则,所支配的下一层次的指标为 u_1, u_2, \dots, u_n 。这是构造判断矩阵 A , A 是由指标 C 中所包含的 n 个被比较指标构成的两两比较判断矩阵。

$$A = [a_{ij}]_{n \times n}$$

式中, a_{ij} 是指标 u_i 和 u_j 相对于 C 的重要性的比例标度, $a_{ij} > 0, a_{ji} = 1/a_{ij}, a_{ii} = 1$ 。

指标 u_i 和 u_j 比较时,由专家根据实际情况按1~9的比例标度对指标的重要程度赋值。表2列出了1~9比例标度的含义。

表2 1~9比例标度的含义

标度	含义
1	表示两个指标相比,具有同样重要性
3	表示两个指标相比,前者比后者稍重要
5	表示两个指标相比,前者比后者明显重要
7	表示两个指标相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个指标相比,前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若指标 i 和指标 j 的重要性之比为 a_{ij} ,那么指标 j 和指标 i 的重要性之比为 $1/a_{ij}$

根据各指标评价标度计算其相对权重 w_1, w_2, \dots, w_n ,相对权重可写成向量形式

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$$

式中,权重 w^T 的计算方法有和法、根法、特征根法、对数最小二乘法。和法是比较常用的一种方法,它通过采用 n 个列向量算术平均作为权重向量,计算公式为

$$w_i = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}$$

式中, $i = 1, 2, \dots, n$ 。最后,根据各指标的评价值和权重^[10],利用简单线型加权法

$$K = \sum_{i=1}^n p_i w_i$$

式中, p_i 为第 i 个指标的评价值; w_i 为第 i 个指标的权重^[11]。

针对海洋安全评价指标体系,请专家对指标重要性进行评价,并依次得到四级指标权重,为使各指标的评价权重更加客观公正,对专家的评价结果取均值,得到第四级指标权重,然后反推得到二、三级指标权重。

2.2 指标评价数据的标准化处理

在多指标评价体系中,由于各评价指标的性质不同,通常具有不同的量纲和数量级。当各指标间的水平相差很大时,如果直接用原始指标值进行分析,就会突出数值较高的指标在综合分析中的作用,相对削弱数值水平较低指标的作用。因此,为了保证结果的可靠性,需要对原始指标数据进行标准化处理。

目前,数据标准化方法有多种,归结起来可以分为直线型方法(极值法、标准差法)、折线型方法(三折线法)、曲线型方法(半正态性分布)。不同的标准化方法,对系统的评价结果会产生不同的影响,然而在数据标准化方法的选择上,还没有通用的法则可以遵循。常见的方法有:min-max 标准化(min-max normalization)、log 函数转换、atan 函数转换、z-score 标准化(zero-mena normalization,此方法最为常用)、模糊量化法,其中 z-score 标准化方法最为常用。

数据的标准化(normalization)是将数据按比例缩放,使之落入一个小的特定区间。在某些比较和评价的指标处理中经常会用到,去除数据的单位限

制,将其转化为无量纲的纯数值,便于不同单位或量级的指标能够进行比较和加权。其中最典型的就是数据的归一化处理,即将数据统一映射到[0,1]区间上,常见的数据归一化的方法有:min-max 标准化(min-max normalization)也叫离差标准化,是对原始数据的线性变换,使结果落到[0,1]区间,转换函数如下:其中 max 为样本数据的最大值, min 为样本数据的最小值。这种方法有一个缺陷就是当有新数据加入时,可能导致 max 和 min 的变化,需要重新定义。log 函数转换通过以 10 为底的 log 函数转换的方法同样可以实现归一化。

根据提供的数据,选择归一化方法作为评价标准化处理方法,其中利用该方法数据标准化过程如下。

对正项数列 x_1, x_2, \dots, x_n 进行变换

$$y_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

则新序列 $y_1, y_2, \dots, y_n \in [0, 1]$ 且无量纲,并且显然有 $\sum_{i=1}^n y_i = 1$ 。

2.3 海洋安全指数测算

根据第四级指标权重、指标方向以及标准化之后的评价数据,利用简单线型加权法

$$K = \sum_{i=1}^n p_i w_i$$

式中, p_i 为第 i 个指标的评价值; w_i 为第 i 个指标的权重^[12-13]。

2.4 指标赋值

中国海洋安全指数的测算按年度进行,基础数据主要来源于《中国海洋统计年鉴》《中国海洋年鉴》《中国统计年鉴》《中国海洋环境状况公报》等权威统计数据,测算结果见表 3。

表 3 年度海洋安全指数测算结果

年份	2013	2014	2015
安全指数	16.05	17.33	19.29

注:海洋安全评价指数是一个相对值,并不存在最大值或最小值,不同年份或不同国家之间进行比较,指数越大代表海洋安全状况越好。

3 结论

经过测算,得出中国3年的海洋安全指数结果。2013—2015年,海洋安全指数呈逐年上升趋势,表明中国海洋安全水平逐年改善。相较于2013年,2014年海洋安全指数增长7.98%,2015年海洋安全指数比2014年增长11.31%,海洋安全状况加速优化。

对于海洋安全的总体水平,海洋军事安全、科技安全、经济安全和生态安全同等重要,每项指标均构成海洋安全的重要一环。在所有二级指标中(12个),按照综合排序,排在前3位的分别为(军事)军事力量、(科技)产出力和(生态)破坏程度,因此,海洋军事力量、科技产出水平和生态破坏程度(负向)成为影响海洋安全水平的主要二级因素。

构建中国海洋安全指标体系,对海洋安全进行量化指数测算,能够充分反映当前中国海洋安全现状,数据化表征海洋安全变化轨迹,深入分析引起指数变化的关键因素。海洋安全指数填补了中国海洋安全领域量化评价的空白,能够有效地引岛海洋安全体系的设计与建设。

参考文献 (References)

- [1] 张耀. 中国海洋安全观的历史分析[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2015, 36(2): 82-84.
- [2] 孙存良. 总体国家安全观: 超越传统理念的“新国家安全观”海外网[EB/OL]. [2018-04-23]. <http://theory.hainet.cn/n/2018/0423/c3542937-31303078.html>.
- [3] 何广顺, 王占坤, 赵锐, 等. 中国海洋发展指数研究与测度[J]. 海洋经济, 2014, 4(6): 2-3.
- [4] 刘大海, 王春娟, 李晓璇, 等. 国家海洋创新指数构建与评估研究[J]. 科技进步与对策, 2015(12): 115-116.
- [5] 国家海洋信息中心, 新华(青岛)国际海洋咨询中心, 国家金融信息中心指数研究院. 中国海洋发展指数报告(2014)[R]. 北京: 国家海洋信息中心, 2014: 13-18.
- [6] 吴慧, 张丹. 当前我国海洋安全形势及建议[J]. 国际关系学院学报, 2010(5): 49-51.
- [7] 肖鹏. 树立新型海洋安全观[J]. 海洋世界, 2009(9): 62-64.
- [8] 朱坚真. 中国海洋安全体系研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2015: 6-33.
- [9] 朱坚真. 中国海洋经济发展重大问题研究[M]. 北京: 中国海洋出版社, 2015: 15-38.
- [10] 王莲芬. 层次分析法中新元素导入的保序性条件[J]. 系统工程学报, 1991, 6(1): 77-80.
- [11] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990: 6-23.
- [12] 许树柏. 层次分析方法中一种新的动态排序模型[J]. 系统工程学报, 1986, 1(2): 46-49.
- [13] 杨鞞鞞, 李平. 新型工业化评价指标体系及测度分析[J]. 经济管理, 2011(10): 1-8.

Measurement and calculation methods of ocean security index

QU Lihong, CHENG Junchao, ZHANG Chi, HE Yuan'an

Systems Engineering Research Institute, China State Shipbuilding Corporation Limited; Marine Safety System Innovation Center, Science and Technology for National Defense System Engineering Innovation Center, Beijing 100036, China

Abstract In the context of building up a maritime power, the purpose of the establishment of the ocean security index is to effectively represent the trajectory of ocean security changes, so that we can effectively forecast the development of ocean security in key sea areas and guide safety use of the oceans. This paper puts forward the concept of the ocean security index. The ocean security index contains 12 representative indicators involving ocean marine science, technology security, ocean ecological security and ocean economic security. At the same time this research explores the method of measuring the ocean security index, and gives a quantitative evaluation of Chinese ocean security indexes for 2013-2015. This paper also briefly analyzes the factors affecting the change of the ocean security index.

Keywords ocean security index; indicator system; measure and calculate ●



(责任编辑 刘志远)