

辽宁省海洋产业生态系统适应性测度研究

李博¹, 张志强¹, 苏飞², 韩增林¹, 狄乾斌¹

(1. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心 大连 116029; 2. 浙江工商大学旅游与城市管理学院 杭州 310018)

摘要: 文章提出海洋产业生态系统的概念, 对辽宁省海洋产业生态系统适应性进行测度, 采用均方差法进行权重赋值, 运用集对分析法得出海洋产业生态系统中各子系统的适应性指数和海洋产业生态系统适应性综合指数, 并运用耦合协调度对适应性水平进行分类。结果表明: 2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统适应性指数呈上升趋势; 海洋产业子系统、海洋生态子系统、海洋社会子系统同一性上升、对立性下降, 适应性指数呈上升趋势; 海洋产业生态系统耦合协调度不断提升, 由较高度协调的耦合上升到高度协调的耦合, 但海洋产业子系统与海洋生态子系统耦合协调度最低且发展速度缓慢, 因而在海洋产业发展中要加强海洋生态环境保护。

关键词: 海洋产业生态系统; 海洋经济; 区域经济; 生态环境; 可持续发展

中图分类号: X322; P74

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2017)01-0003-08

Adaptability Assessment of Marine Industrial Ecosystem in Liaoning Province

LI Bo¹, ZHANG Zhiqiang¹, SU Fei², HAN Zenglin¹, DI Qianbin¹

(1. Study Center of Marine Economy and Sustainable Development, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China;

2. School of Tourism and City Administration, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The concept of marine industry ecosystem was put forward in this paper, measuring the adaptability of marine industry ecosystem in Liaoning Province. This paper adopted mean square deviation weighting method to assign weight, using set pair analysis method to determine the adaptability index of each subsystem in marine industry ecosystem and marine industry ecosystem adaptability index. The adaptability level was classified by coupling coordination degree. The result showed that: the adaptability index of marine industry ecosystem had been improving constantly in Liaoning Province from 2006 to 2013, the marine industry subsystem, marine ecosystem, marine social subsystem was rising, and the opposition was declining, the adaptability index was rising. The coupling coordination degree of marine industry ecosystem had been improving constantly and the coupling coordination degree type rose from the high to the highly coordinated coupling. The coupling coordination index of marine industry subsystem and marine ecosystem

收稿日期: 2016-05-23; 修订日期: 2016-10-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401176, 41571127); 2015 年辽宁省教育厅人文社会科学重点研究基地专项项目(ZJ2015033); 大连市社科联重点项目(2015dlskzd077)。

作者简介: 李博, 副教授, 博士, 研究方向为区域发展和海洋经济地理, 电子信箱: libo_ok@126.com

was in lowest level and slowly developing, with the development of marine industry, it is important to strengthen the protection of the marine ecological environment.

Key words: Marine industry ecosystem, Marine economy, Regional economies, Ecological environment, Sustainable development

1 引言

“适应性”这一概念最早起源于自然科学研究。自 20 世纪 70 年代气候变化及其对人类社会产生的影响被提出以来,国际学界就开始研究人类如何响应这种变化并采取相应的措施。全球变化的四大科学计划——国际地圈生物圈计划 (IGBP)、国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP)、国际生物多样性计划 (DIVERSITAS) 和世界气候研究计划 (WCRP) 都将科学地适应未来环境变化作为人类社会保持可持续发展的重要准则^[1-4],由此可见适应性已成为当前全球变化科学领域的前沿和核心概念之一。我国于 2006 年颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》把全球变化的区域适应问题研究列为面向国家重大战略需求的基础研究,表明在未来一段时期内适应性将是我国经济社会发展迫切需要研究的重要科学问题。通过分析适应性的研究内容,可以发现其始终围绕解决“什么需要适应”“什么去适应”以及“如何适应”这 3 个核心问题^[5]。目前正呈现由关注物种适应性的研究转向更加关注人地系统尤其是产业生态系统适应性的综合性研究,这从理论和方法论上为探讨产业生态系统的耦合作用机理提供了新的研究视角^[6]。

产业生态系统着重从产业系统与生态环境系统相互作用的角度对产业生产活动进行重新安置,从而寻求自然、经济与社会协调可持续发展的途径^[7]。本研究在产业生态系统的基础上,结合海洋产业、生态环境和社会发展特征,针对沿海地区海洋属性引申的新内涵,提出海洋产业生态系统的概念。目前国内外对于海洋的相关研究不断增多、研究内容不断丰富,逐渐由单一系统研究转向复合系统研究,并引申出人海关系地域系统^[8]、海洋经济地域系统^[9]、海洋生态经济系统^[10]等研究。本研究认为海洋在本质上也是产业生态的复合体,是地球产业

生态大复合系统的一部分;海洋产业子系统、海洋生态子系统和海洋社会子系统相互作用、相互交织、相互渗透,从而构成具有一定结构和功能的特殊复合系统——海洋产业生态系统。其中,海洋产业子系统主要以海洋资源的开发、利用为核心,主要包括海洋渔业、海洋矿业、海洋化工业、海洋工程建筑业、滨海旅游业等产业部门要素;海洋生态子系统由海洋自然资源环境构成,包括海洋生物、海洋矿产资源、海洋能源、海水资源等自然要素;海洋社会子系统包括具有海洋特性的教育、科技和法律制度以及人民的生活质量、思想观念等社会要素,这些要素是以海洋为依托、人民在生产或生活中所创造的。

海洋的各种生产活动不仅受自然规律的限制,而且受社会和经济的制约,同时人类社会和经济对海洋产业生态系统具有反馈作用,可为海洋产业生态系统提供劳动力和智力支持,因此必须将海洋生态子系统、海洋产业子系统和海洋社会子系统的互动机制联结为一个整体(图 1)。

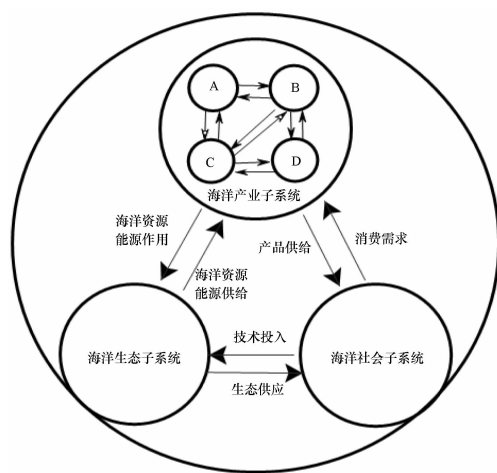


图 1 海洋产业生态系统结构模型

图 1 中, A 代表海洋资源开采者、B 代表海洋资源加工者、C 代表海洋废物利用者、D 代表海洋产品消费者,可以看出,这一系统运行的目的不是单纯

地追求海洋产业的规模扩张和经济总量的快速增长,也不是海洋产业子系统内部封闭式的循环发展,而是海洋产业子系统、海洋生态子系统与海洋社会子系统的协调与互动,即以这 3 个子系统之间的协同共赢、和谐发展为目标,形成海洋产业合理、生态优化、社会和谐的发展格局。

海洋产业生态系统适应性就是根据海洋产业发展的现状、阶段以及所处环境的变化对海洋产业生态系统未来可能出现的状况和发展的目标等进行调整,通过科学的测度和调控,提高海洋产业、海洋生态和海洋社会的适应能力;即海洋产业生态系统对应未来预期可能或实际发生的变化所具有的调整能力、学习能力,以及降低海洋产业系统脆弱性、促进海洋产业可持续发展的能力。目前把海洋产业子系统、海洋生态子系统、海洋社会子系统相结合进行研究的较少,没有对海洋产业生态系统概念的明晰界定,深入探讨海洋社会、生态、产业之间的关联和耦合的研究成果尚不多见,也未构建起协调发展的基本模式,相关理论基础和研究深度存在欠缺;此外,尚未有沿海地区海洋产业生态系统适应性的理论体系,也缺乏从多要素角度综合测度海洋产业生态系统适应性的科学性与实用性方法。因此,分析判断海洋产业生态系统适应性的动态变化规律和优化机制,对于丰富适应性理论研究和指导海洋经济发展实践都具有十分重要的意义。

2 研究区概况

辽宁省位于欧亚大陆东岸、我国东北地区南部,南临黄海、渤海,东与朝鲜一江之隔,与日本、韩国隔海相望,是我国东北地区唯一的既沿海又沿边的省份,也是东北地区对外开放的门户。辽宁省海岸线漫长曲折、类型复杂多样,东起鸭绿江口、西至山海关老龙头,海岸线长约 2 100 km,居全国第 5 位;海域面积约 15 万 km²;沿海岛屿众多,有海岛 506 个,数量居全国第 5 位。辽宁省海洋海岛资源丰富、禀赋优良、开发潜力大,海洋产业实力较强,陆域和海域交通体系发达,其发展对振兴东北老工业基地、完善我国沿海经济布局、促进区域协调发展和扩大对外开放都具有重要战略意义。然而,随着社会经济发展和海洋生态环境保护的矛盾不断突出,海洋逐渐成

为陆域污染输出的空间载体;由于生活污水和工业废水入海排放量增加以及污染治理力度不够,海水污染物浓度上升、海洋生物资源减少、海洋生态灾害频发以及随之产生一系列海洋生态环境问题,已严重影响辽宁省的可持续发展^[11]。因此,增强海洋产业生态系统的适应性,对于辽宁省的可持续发展迫在眉睫。

3 研究方法 with 数据获取

3.1 评价指标体系构建

构建科学合理的评价指标体系是对辽宁省海洋产业生态系统适应性做出科学、系统、合理判断的基础。遵循适应性和可持续发展的科学性原则、层次性和可比性原则、完备性和简明性原则、相关性和动态性原则^[12],根据海洋产业生态系统的概念和适应性的特征,将海洋产业生态系统适应性评价指标体系分成 4 个层次:第一层次反映海洋产业生态系统总体适应性水平;第二层次为系统层,反映海洋各子系统的适应性,包含海洋产业、海洋生态和海洋社会 3 个子系统适应性指标;第三层次为结构层,反映各子系统适应性的影响要素,其中海洋产业子系统包括海洋产业规模、产业活力、产业结构等 3 个影响要素,海洋生态子系统包括海洋生态压力、生态响应、生态条件等 3 个影响要素,海洋社会子系统包括社会人口、生活质量、教育和科研等 3 个影响要素;第四层次为具体指标,绝大部分指标可以通过统计资料直接获取,部分指标需要通过计算获得。采用以上方法构建辽宁省海洋产业生态系统适应性评价指标体系(表 1)。

具体计算指标主要包括:①产业系统结构熵,反映产业系统的结构发育程度,计算公式为 $X_1 = -\sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i$ 。其中 P_i 为第 i 种产业比重、 n 为第 n 种产业;②海洋第三产业增长弹性系数,即海洋第三产业增长率/海洋生产总值增长率;③非渔产业结构指数,即海洋第二、三产业产值之和/海洋就业人口;④海洋产业竞争优势指数,即海洋产业劳动生产率×海洋产业资本产出率;⑤海洋产业区位熵,即地区海洋生产总值占全部地区比重/地区 GDP 占全部地区比重。

表 1 辽宁省海洋产业生态系统适应性评价指标体系

一层	第二层	第三层	具体指标	权重
海洋产业生态系统适应度综合指数	海洋产业子系统适应性 (0.2013)	产业规模 (0.1132)	海洋生产总值占 GDP 比重/%	0.0429
			人均固定资产投资/(万元·人 ⁻¹)	0.0357
			人均海洋生产总值/(万元·人 ⁻¹)	0.0356
		产业结构 (0.0694)	海洋第三产业增长弹性系数	0.0218
			海洋产业增加值/亿元	0.0205
			海洋产业系统结构熵	0.0422
		产业活力 (0.0782)	海洋产业竞争优势指数	0.0185
			非渔产业结构指数	0.0307
			海洋产业区位熵	0.0417
	海洋生态子系统适应性 (0.4324)	生态条件 (0.1578)	海洋观测台数/个	0.0344
			涉海湿地面积占国土面积比重/%	0.0486
			人均海岸线长度/(m·人 ⁻¹)	0.0506
		生态响应 (0.1230)	工业固体废物综合利用量/万 t	0.0445
			工业废水综合利用率/%	0.0340
			海洋自然保护区面积/km ²	0.0402
		生态压力 (0.1047)	万元地区生产总值能耗/(吨标准煤·万元 ⁻¹)	0.0355
			工业废水排放量/万 t	0.0424
			工业固体废物产生量/万 t	0.0316
	海洋社会子系统适应性 (0.3663)	生活质量 (0.0879)	城镇居民人均可支配收入/(万元·人 ⁻¹)	0.0335
			人均绿地面积/(m ² ·人 ⁻¹)	0.0356
			沿海地区风能发电能力/万 kW	0.0318
		社会人口 (0.1411)	人口密度/(km ² ·人 ⁻¹)	0.0418
			涉海就业人口/万人	0.0450
			城镇化水平/%	0.0411
		教育和科研 (0.1247)	海洋科技研究人员比重/%	0.0381
			海洋专业硕博生在校人数/人	0.0429
			海洋科技创新能力(海洋科技专利数)/个	0.0391

3.2 数据标准化

$$Z_{ij} = (z_{ij} - z_{jmin}) / (z_{jmax} - z_{jmin}) \tag{1}$$

$$Z_{ij} = (z_{jmax} - z_{ij}) / (z_{jmax} - z_{jmin}) \tag{2}$$

当正向评价时,采用式(1)计算;当负向评价时,采用式(2)计算。式中: Z_{ij} 为指标值; Z_{jmax} 为同一指标的最大值; Z_{jmin} 为同一指标的最小值; i 为第 i 个样本; j 为第 j 个指标。

3.3 权重确定

本研究采用均方差赋权法来确定辽宁省海洋产业生态系统适应性评价体系中具体指标的权重。

3.3.1 基础指标权重的确定

计算步骤^[13]为:

(1)随机变量的均值

$$E(G_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{ij} \tag{3}$$

(2) G_i 的均方差

$$\partial(G_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [Z_{ij} - E(G_i)]^2} \tag{4}$$

(3)指标 G_j 的权重

$$W_i = \frac{\partial(G_i)}{\sum_{i=1}^n \partial(G_i)} \tag{5}$$

3.3.2 要素层指标权重的确定

为提高评价结果的客观性和科学性,对第二层次(D_k)和第三层次(A_r) 指标采用客观赋权方法计算其权重,步骤为如下。

(1)计算第二、三层次指标的属性值,采用线性加权求和的方法计算,计算公式为:

$$A_r = \sum Z_{ij} \omega_i \tag{6}$$

$$D_k = A_r \omega_r \tag{7}$$

式中: ω_i 为具体指标权重; Z_{ij} 为基础指标的标准化值; A_r 为第三层次指标属性值; D_k 为第二层次指标

属性值; w_r 为第三层次指标权重。

(2) 计算第二、三层次指标的权重,采用均方差赋权方法,以第二、三层次指标属性值为随机变量,计算出第二、三层次指标的权重值 W_k 和 W_r 。

3.4 评价模型及步骤

集对分析是由赵克勤^[14]提出的一种定量分析理论,用于解决多目标决策和多属性评价问题;李博^[15-16]用集对分析法对人海经济系统脆弱性进行测度,王泽宇等^[17]将集对分析用于海洋综合实力评价研究。海洋产业生态系统受海洋自然、社会、经济等诸多因素影响,具有典型不确定性的特征,因此本文利用集对分析法评估辽宁省海洋产业生态系统适应性变化,以科学分析 2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统变化趋势。

集对分析的基本思路为:在一定问题背景下对所论 2 个集合所具有的特性作同、异、反分析并加以度量刻画,得出这 2 个集合在所论问题背景下的同、异、反联系度表达式^[14];如将有关联集合 Q 、 T 看成一个集对 D ,按照集对某一特性在问题 E 的背景下,建立其确定与不确定关系。其联系度 μ 用公式表示为:

$$\mu = \frac{A}{N} + \frac{B}{N}i + \frac{C}{N}j = a + bx + cy \quad (8)$$

对集对 D 分析,有 N 个特性数,其中 A 、 B 和 C 分别为集合 Q 与 T 的同一、差异和对立个数,且 $N = A + B + C$; x 和 y 是差异度和对立度系数,规定 x 取值为 $[-1, 1]$ 、 y 值恒为 -1 ; $a = A/N$ 、 $b = B/N$ 、 $c = C/N$,分别为同一度、差异度和对立度,显然 $a + b + c = 1$ ^[14]。

根据集对分析思想,设辽宁省海洋产业生态系统适应性为 $Q = \{E, G, W, D\}$,评价方案 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$,每个评价方案有 n 个指标 $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$,指标权重 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$,评估指标值记为 d_{kp} ($k = 1, 2, \dots, m; p = 1, 2, \dots, n$),则问题 Q 的评价矩阵 D 为:

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdots & d_{mn} \end{pmatrix} \quad (9)$$

确定最优方案集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ (即各个

指标的最大值)和最劣方案集 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ (即各个指标的最小值)。集对 $B\{E_k, U\}$ 在区间 $\{X, Y\}$ 上的联系度 μ 为:

$$\begin{cases} \mu_{\in H_k, U} = a_k + b_k i + c_k j \\ a_k = \sum w_p a_{kp} \\ c_k = \sum w_p c_{kp} \end{cases} \quad (10)$$

式中: a_{kp} 、 c_{kp} 分别为评价指标 d_{kp} 与集合 $[x_p, y_p]$ 的同一度和对立度,且当评价指标 (d_{kp}) 为正向时:

$$\begin{cases} a_{kp} = \frac{d_{kp}}{x_p + y_p} \\ c_{kp} = \frac{x_p y_p}{d_{kp} (x_p + y_p)} \end{cases}$$

当评价指标 (d_{kp}) 为负向时:

$$\begin{cases} a_{kp} = \frac{x_p y_p}{d_{kp} (x_p + y_p)} \\ c_{kp} = \frac{d_{kp}}{x_p + y_p} \end{cases} \quad (11)$$

方案 H_k 与最优方案的贴近度 r_k 定义式为:

$$r_k = \frac{a_k}{a_k + c_k} \quad (12)$$

运用集对分析法,针对辽宁省海洋产业生态系统适应性这一具体问题,按照海洋产业子系统、海洋生态子系统、海洋社会子系统以及海洋产业生态系统进行分析, r_k 指数反映被评价方案 E_k 与最优方案集合 X 的贴近度, r_k 指数越大表明待评价对象越接近最优评价标准。本研究用 r_k 指数反映辽宁省海洋产业生态系统适应性强度,当 r_k 指数较大时表示系统适应性较强^[17-18]。

3.5 适应性分类

耦合度是反映海洋产业生态系统耦合程度的重要指标,对于判别海洋产业生态系统及其各子系统耦合作用的强度具有重要意义。然而在某些情况下耦合度对海洋产业生态系统及其各子系统的整体“功效”与“协同”效应难以作出有效反映^[19],尤其是在区域内部对比研究的情况下,由于各地海洋产业生态系统都有动态和不平衡的特性,仅依靠耦合度判断可能产生误导。因此,进一步构造耦合协调度公式:

$$H = \sqrt{C \times [\alpha \cdot m(x) \beta \cdot l(y)]} \quad (13)$$

式中: H 是海洋产业子系统与海洋生态子系统的耦

合协调度; α 、 β 分别是海洋产业子系统、海洋生态子系统的权重,且 $\alpha=0.201\ 3$ 、 $\beta=0.432\ 4$ 。海洋产业子系统与海洋社会子系统的耦合协调度、海洋生态子系统与海洋社会子系统的耦合协调度含义同上。

构造海洋产业生态系统耦合度公式:

$$C=\left\{[m(x)\times l(y)\times n(z)]/\left[\frac{m(x)+l(y)+n(z)}{3}\right]^3\right\}^k$$

(14)

式中: C 是海洋产业生态系统耦合度; k 是调节系数、取 $1/3$,进一步构造耦合协调度公式:

$$H=\sqrt{C\times[\alpha\cdot m(x)\beta\cdot l(y)\theta\cdot n(z)]}$$

(15)

式中: H 是海洋产业生态系统的耦合协调度; α 、 β 、 θ 分别是海洋产业子系统、海洋生态子系统和海洋社会子系统的权重,且 $\alpha=0.201\ 3$ 、 $\beta=0.432\ 4$ 、 $\theta=0.366\ 3$ 。根据前人的研究成果^[20]和辽宁省海洋产业生态系统的发展特征,对适应性耦合协调度进行分类:当 $0<H\leqslant 0.4$ 时,为低度协调的耦合;当 $0.4<H\leqslant 0.5$ 时,为中度协调的耦合;当 $0.5<H\leqslant 0.7$ 时,为较高度协调的耦合;当 $0.7<H<8$ 时,为高度协调的耦合;当 $0.8\leqslant H<1$ 时,为极度协调的耦合。

3.6 数据获取

文中所涉及的数据主要来自 2007—2014 年《中国海洋统计年鉴》《天津市统计年鉴》《河北经济年鉴》《辽宁统计年鉴》《山东统计年鉴》以及国家各相关部门统计公报中的数据。此外,根据指标数据的可获得性和准确性,进行适当修正。

4 结果分析

4.1 适应性评价结果

计算辽宁省海洋产业生态系统及其各子系统的适应性指数,对海洋产业生态系统及其各子系统的适应性进行耦合协调测度并进行适应性分类,得出辽宁省海洋产业生态系统适应性的特征。

从总体分析,2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统适应性整体呈逐渐上升趋势,适应性指数 r_k 由 $0.479\ 7$ 上升到 $0.615\ 9$,2007—2008 年出现下降;同一性 a_k 保持持续上升态势,由 $0.144\ 7$ 上升到 $0.196\ 7$,2007—2008 年出现小幅度下降;对立性 c_k

由 $0.156\ 9$ 下降到 $0.122\ 7$ (表 2)。2007—2008 年适应性指数下降的原因主要是海洋生态环境恶化,全球经济不景气且海洋经济外向性特征明显,随之产生一系列海洋产业、社会问题。

表 2 2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统适应性评价结果

年份	海洋产业生态系统		
	a_k	c_k	r_k
2006	0.144 7	0.156 9	0.479 7
2007	0.147 9	0.146 1	0.503 0
2008	0.139 3	0.147 2	0.486 1
2009	0.169 5	0.130 8	0.564 4
2010	0.171 8	0.129 6	0.570 1
2011	0.184 3	0.125 4	0.595 1
2012	0.194 2	0.128 8	0.601 3
2013	0.196 7	0.122 7	0.615 9

从海洋产业子系统分析(表 3),2006—2013 年同一性一直呈现上升趋势,由 $0.083\ 3$ 上升到 $0.116\ 0$;对立性由 $0.103\ 6$ 下降到 $0.074\ 9$,其中 2009—2010 年和 2011—2012 年出现上升;适应性指数由 $0.445\ 9$ 上升到 $0.607\ 6$,其中 2011—2012 年出现下降,主要原因是海洋产业生产总值占地区 GDP 比重下降以及海洋产业竞争优势指数和海洋产业区位熵有所下降。

从海洋生态子系统分析(表 3),2006—2013 年同一性由 $0.185\ 4$ 上升到 $0.200\ 6$,其中 2009—2010 年出现下降;对立性由 $0.227\ 0$ 下降到 $0.179\ 7$,其中 2007—2008 年出现上升;适应性指数由 $0.449\ 6$ 上升到 $0.527\ 4$,其中 2007—2008 年和 2009—2010 年出现下降,主要原因是海洋自然保护区面积锐减以及涉海湿地面积占国土面积比重和工业废水排放达标率有所下降。

从海洋社会子系统分析(表 3),2006—2013 年同一性由 $0.130\ 2$ 上升到 $0.236\ 6$;对立性由 $0.103\ 5$ 下降到 $0.081\ 6$,其中 2006—2007 年出现上升;适应性指数由 $0.557\ 2$ 上升到 $0.743\ 6$,其中 2008—2009 年增速最快,2009 年以后增速平稳,2012—2013 年增速放缓。

表 3 2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统各子系统适应性评价结果

年份	海洋产业子系统			海洋生态子系统			海洋社会子系统		
	a_k	c_k	r_k	a_k	c_k	r_k	a_k	c_k	r_k
2006	0.083 3	0.103 6	0.445 9	0.185 4	0.227 0	0.449 6	0.130 2	0.103 5	0.557 2
2007	0.084 1	0.096 0	0.467 0	0.187 8	0.204 1	0.479 1	0.135 7	0.105 1	0.563 5
2008	0.090 7	0.086 9	0.510 7	0.161 6	0.218 8	0.424 8	0.139 6	0.095 9	0.592 7
2009	0.091 5	0.085 3	0.517 7	0.189 4	0.186 5	0.503 8	0.188 9	0.090 1	0.677 1
2010	0.095 9	0.087 3	0.523 3	0.186 3	0.185 6	0.501 0	0.196 5	0.086 7	0.694 0
2011	0.110 8	0.074 4	0.598 5	0.195 3	0.184 8	0.513 7	0.211 7	0.083 2	0.717 9
2012	0.112 5	0.093 7	0.545 5	0.200 6	0.184 8	0.520 4	0.231 5	0.081 8	0.738 9
2013	0.116 0	0.074 9	0.607 6	0.200 6	0.179 7	0.527 4	0.236 6	0.081 6	0.743 6

在海洋产业生态系统 3 个子系统的适应性指数中(图 2),海洋社会子系统最高、适应能力最强,海洋产业子系统次之,海洋生态子系统最低、适应能力最弱。

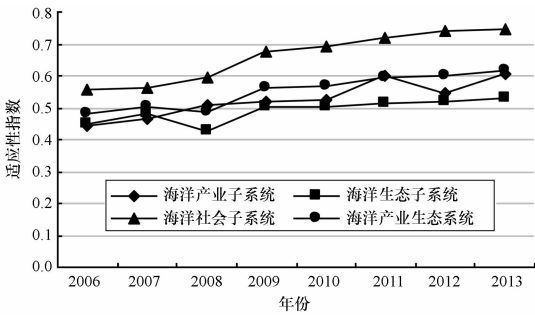


图 2 2006—2013 辽宁省海洋产业生态系统适应性指数变化

4.2 适应性类型

运用耦合协调度模型计算可得(表 4),2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统及其各子系统的耦合协调度总体都呈现上升趋势,耦合协调度类型有所提高。其中海洋产业子系统与海洋生态子系统耦合协调度由 0.533 1 上升到 0.591 2,为较高度协调的耦合;海洋产业子系统与海洋社会子系统耦合协调度由 0.629 5 上升到 0.702 2,由较高度协调的耦合上升到高度协调的耦合;海洋生态子系统与海洋社会子系统耦合协调度由 0.540 4 上升到 0.626 6,为较高度协调的耦合;海洋产业生态系统耦合协调度由 0.696 9 上升到 0.785 2,由较高度协调的耦合上升到高度协调的耦合。海洋产业生态

系统耦合协调度最好,海洋产业子系统与海洋社会子系统耦合协调度次之,海洋产业子系统与海洋生态子系统耦合协调度最差且发展速度最慢,因此在海洋产业发展中要加强对海洋生态环境保护。

表 4 2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统适应性耦合协调度

年份	海洋产业与海洋生态耦合协调度	海洋产业与海洋社会耦合协调度	海洋生态与海洋社会耦合协调度	海洋产业生态系统耦合协调度
2006	0.533 1	0.629 5	0.540 4	0.696 9
2007	0.548 8	0.642 1	0.546 9	0.711 2
2008	0.534 1	0.628 7	0.564 8	0.706 4
2009	0.567 5	0.678 8	0.590 8	0.751 6
2010	0.567 4	0.681 7	0.596 6	0.755 0
2011	0.584 5	0.691 7	0.617 9	0.774 5
2012	0.578 6	0.698 7	0.613 3	0.773 3
2013	0.591 2	0.702 2	0.626 6	0.785 2

4.3 因子分析

4.3.1 海洋产业子系统

辽宁省海洋产业规模不断扩大、海洋产业结构不断优化、海洋产业活力不断增强,海洋生产总值、人均固定资产投资不断增加。但在海洋经济发展中海洋产业依然无法摆脱对海洋资源的高度依赖,海洋产业结构需要进一步优化调整;在海洋产业发展中与海洋生态环境的矛盾尤其突出,海洋产业子系统与海洋生态子系统耦合协调性较差。

4.3.2 海洋生态子系统

辽宁省海洋生态环境得到不断改善,海洋生态

子系统可持续发展能力不断增强,其中海洋工业固体废弃物利用量不断增加、工业废水利用率不断提升、万元地区生产总值能耗不断下降、工业固体废物排放量不断减少。与此同时,辽宁省沿海地带地形闭塞、海水交换能力差、海洋灾害频发,加之人口、工业密集,导致海洋自然保护区面积、人均海岸线长度减小,海洋生态环境压力仍较大;海洋产业子系统与海洋生态子系统耦合协调度最差、发展速度最缓慢,因此在海洋产业发展中应更加注重海洋生态环境保护,实现海洋产业、生态可持续发展。

4.3.3 海洋社会子系统

辽宁省区位优势条件优良、城镇化水平高、科研和创新水平领先、人口素质高、社会发展基础好,随着海洋产业的不断发展,沿海地区科技水平进一步提升、基础设施建设持续增强、人民生活质量不断改善、各项社会事业显著提升,此外城镇居民人均可支配收入、人均绿地面积、涉海就业人口不断增加,海洋科技研究人员数量、海洋专业硕博生在校人数、海洋科技专利数不断增加。但辽宁省海洋科技和人才仍存在的问题,如海洋科技成果转化率低,海洋人才类型中从事基础海洋科技研究的人员居多,而具有交叉学科知识的应用型和高层次海洋技术人员较少。

5 结语

本研究提出海洋产业生态系统的概念,设计用以描述海洋产业生态系统适应性的评价指标体系,尝试用均方差法确定指标权重,并采用集对分析法对海洋产业生态系统进行综合测度,运用耦合协调度模型确定辽宁省海洋产业生态系统及其各子系统的适应性耦合协调度,并对耦合协调度进行分类,通过分析得出辽宁省海洋产业生态系统适应性及耦合协调度的特征。

本研究是针对 2006—2013 年辽宁省海洋产业生态系统适应性的研究,在时间上具有一定局限性,难以反映辽宁省海洋产业生态系统适应性未来的发展变化。因此,建立海洋产业生态系统适应性预测模型,对辽宁省海洋产业生态系统适应性进行预测分析,从而为辽宁省海洋产业生态系统适应性和可持续发展提供对策建议是今后研究的方向。

参考文献

- [1] The World Climate Research Programmer. Achievements: scientific knowledge for climate adaptation, mitigation and risk management[R]. WCRP, 2009.
- [2] ERIKSEN S. Sustainable adaptation: Emphasizing local and global equity and environmental integrity[R]. IHDP Update, 2009: 40—44.
- [3] ICSU-IGFA. Review of the international geosphere-Bi-sphere programme (IGBP)[R]. Paris: International Council for Science, 2009.
- [4] WALTHER B A, LARGAUDERIE A, LOREAU M. Divewaitas: biodiversity science integrating research and policy for human well-being[M]. Springer, 2009.
- [5] STAKHIV E Z. Evaluation of IPCC adaptation strategies[R]. Institute for Water Resources and US Army Corps of Engineers, 1993: 12—39.
- [6] BROOKS N. Vulnerability, risk, and adaptation: A conceptual framework[R]. Tyndall Centre Working Paper No. 38, 2003.
- [7] 仇方道, 佟连军, 姜萌. 东北地区矿业城市产业生态系统适应性评价[J]. 地理研究, 2011, 30(2): 243—255.
- [8] 李博. 辽宁沿海地区人海经济系统脆弱性评价[J]. 地理科学, 2014, 34(6): 711—716.
- [9] 张耀光, 刘锴, 刘桂春, 等. 基于定量分析的辽宁区域海洋经济地域系统的时空差异[J]. 资源科学, 2011, 33(5): 863—870.
- [10] 高乐华, 高强. 海洋生态经济系统交互胁迫关系验证及其协调度测算[J]. 资源科学, 2012, 34(1): 173—184.
- [11] 叶宝明. 东北南部沿海港口体系的演变特征及发展趋势[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 2005(2): 122—127.
- [12] 孙久文. 区域经济学[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2002.
- [13] 张雷. 能源生态系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [14] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[J]. 大自然探索, 1994, 13(47): 67—72.
- [15] 李博, 杨智, 苏飞, 等. 基于集对分析的中国海洋经济系统脆弱性研究[J]. 地理科学, 2016, 36(1): 47—54.
- [16] 李博, 杨智, 苏飞. 基于集对分析的大连市人海经济系统脆弱性测度[J]. 地理研究, 2015, 34(5): 967—976.
- [17] 王泽宇, 郭萌雨, 韩增林. 基于集对分析的海洋综合实力评价研究[J]. 资源科学, 2014, 36(2): 351—360.
- [18] 韩瑞玲, 佟连军, 佟伟铭, 等. 基于集对分析的鞍山市人地系统脆弱性评估[J]. 地理科学进展, 2012, 31(3): 343—352.
- [19] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005, 1(20): 105—112.
- [20] 胡喜生, 洪伟, 吴承祯. 福州市土地生态系统服务与城市化耦合度分析[J]. 地理科学, 2013, 33(10): 1216—1223.