

# 陆海统筹视角下中国沿海地区陆海多要素的匹配测度及影响因素

盖美<sup>1,2</sup>, 徐玉梅<sup>3</sup>, 斯铁鑫<sup>1,2</sup>

(1. 教育部人文社科重点研究基地, 海洋经济与可持续发展研究中心, 大连 116029;

2. 辽宁师范大学海洋可持续发展研究院, 大连 116029; 3. 辽宁师范大学地理科学学院, 大连 116029)

**摘要:** 多要素匹配是沿海地区演化和实现可持续发展的重要途径, 探究陆海人口、资源、环境、科技和资金多要素匹配度及其影响因素则是沿海地区陆海统筹研究的一个难点问题。鉴于2005—2019年中国沿海11省(市、自治区)数据, 采用DCI模型、主导要素法和随机森林模型进行陆海多要素的匹配测度及影响因素研究。结果显示: (1) 陆域驱动型省份有辽宁、河北和山东, 海域驱动型省(市、自治区)有广西、天津、江苏、浙江、福建和海南, 陆海互动型省(市)有上海和广东, 多数省(市、自治区)多年间陆海功能交互驱动, 作用机制及稳定性存在明显差异; (2) 陆海人口、资源、环境、科技和资金要素交互驱动, 对各个省(市、自治区)的驱动作用存在显著差别, 主导或拉动陆海多要素系统发展; (3) 陆海多要素匹配度的影响因素重要性由大到小分别为产业结构、政府调控力、经济发展水平、对外开放、人才支持力、社会发展水平。研究结论为陆海统筹建设及海洋强国战略的实施具有重要的理论和实践意义。

**关键词:** 陆海统筹; 沿海地区; 多要素匹配; DCI模型; 随机森林模型; 影响因素

陆海统筹作为中国建设海洋强国的重要指导原则, 具有鲜明的中国特色。陆域与海域之间存在的复杂交互作用使陆海统筹成为解决海岸带系统韧性、实现海岸带可持续发展的根本途径<sup>[1]</sup>。党的“二十大”报告指出“发展海洋经济, 保护海洋生态环境, 加快建设海洋强国”。受传统“重陆轻海”思想影响, 陆域和海域二者长期处于空间割裂状态, 对海洋的开发及其战略设计未能与陆域的崛起同步发展, 缺乏紧密空间规划和资源配置联接以及生态和产业融合, 致使人地冲突凸显, 人海、陆海竞争剧烈, 如人口扩张、资源短缺、生态退化和环境污染等不均衡、不协调发展问题日益突出, 陆海系统韧性脆弱。如何科学有效地调控陆海复合系统, 优化国土空间布局, 对于海岸带经济社会发展具有深远意义。陆海要素科学匹配为实现陆海统筹提供有效测度手段, 只有从陆海统筹战略高度重视陆海联动治理, 谋划统筹陆海多要素科学匹配, 才能最大限度地发挥要素对陆海系统韧性的协同增效作用, 这已在政府和学术界形成共识<sup>[2]</sup>, 但利用陆海统筹思想解决沿海地区可持续发展的机制和实践方面的文献尚少。目前, 国内大多数学者从陆海经济、陆海交通、陆海资源、陆海生态环境、陆海科技等方面单一视角协调统筹展开研究, 从陆海统筹和要素匹配视角对陆海要素相互作用的综合分析则相对较少。已有研究可概括为: 一是通过陆海空间规划、生态环境监测与

收稿日期: 2022-10-24; 修订日期: 2023-02-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(42276231); 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(22JJD790028); 辽宁省社会科学界联合会基金项目(2023lsjdybkt-018)

作者简介: 盖美(1971-), 女, 辽宁大连人, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向为区域经济与可持续发展。

E-mail: gaimei71@163.com

综合管理缓解陆海人地、人海矛盾,分别以完善国土空间陆海统筹规划策略<sup>[3-5]</sup>、建立近海一体化智能监测体系<sup>[6,7]</sup>和获取海岸带管理规划经验<sup>[8-10]</sup>为目标,实现海岸带地区科学发展。二是科学统筹要素配置,优化陆海复合系统功能。一方面通过识别不同驱动要素及流动方向<sup>[11,12]</sup>,测度要素贡献量的空间差异性,助推陆海统筹建设<sup>[13]</sup>;另一方面通过整合陆海空间资源相对优势<sup>[14]</sup>,判别陆海驱动因子<sup>[15]</sup>,测度要素发展水平及其诱因,试图解决陆海经济、社会、环境等问题<sup>[16,17]</sup>。研究方法多基于协调耦合、LMDI分解、多要素空间叠置等对要素的结构关系进行分析,少有全面测度多要素内部相互作用关系。由RCI模型演变而来的DCI模型可从增长率和增长量角度诠释系统或要素内部发展驱动关系,将其应用于陆海系统研究,优化要素间多目标、多系统评价,为进一步开展陆海统筹综合评价与系统分析提供技术支持。

总体来看,国内外有关从陆海统筹和要素匹配视角对陆海要素相互作用的综合研究取得了一定进展,但仍存在以下不足之处:(1)学者们多数是从单一视角出发,探究人口增长、水资源存量、耕地面积等要素匹配程度对经济社会发展的重要作用,关于陆海系统中的要素研究多指向资源环境间,忽略人口、科技、资金作为基础要素的参与且多把要素作为独立对象进行分析,对多要素协同演化规律研究尚存不足。因此,本文根据中国沿海地区人口、资源、环境、科技和资金现状,在系统分析陆海多要素匹配理论前提的基础上,构建陆海多要素匹配指标体系。采用DCI模型,测度2005—2019年中国沿海11个省(市、自治区)陆海多要素匹配度。(2)学者们多从系统论、协同学视角测度陆海两大独立系统的协同性,较少剖析系统间的驱动性。因此,利用主导要素法对各省(市、自治区)的驱动要素进行识别,聚焦于多要素系统匹配效率,利用两个或多变量相互契合来提升陆海系统整体绩效,为强化沿海社会经济系统驱动机制提供研究参考。本文首次将随机森林模型应用于陆海多要素匹配度的影响因素研究中。随机森林模型是基于Bagging的集成学习方法,具有训练速度快、准确率高、良好抗噪能力等多重优点,并且引入随机性,能够很好地处理回归方法上的易过拟合问题,进而取得良好拟合效果以进行更深入的研究。综上,本文在已有研究基础上更进一步探究陆海人口、资源、环境、科技、资金多要素的匹配测度及影响因素识别,以期对陆海统筹的优化和可持续发展提供理论借鉴。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 陆海多要素匹配的理论基础

多要素协调发展理论为陆海多要素匹配提供了理论研究基础,包括三方面:马克思主义唯物辩证法,系统论、控制论和信息论,科学发展观<sup>[18]</sup>。目前,多数学者仍以陆域要素发展研究为主,陆海要素互动研究尚存不足。因陆海系统涉及多种要素交互联动,而具有韧性的陆海系统有益于推动多要素匹配,各要素之间流畅运转、功能互补、优势转换和动态协调,促使系统平衡不断被打破和重新建立,人口输入输出、资源互补、环境互通、科技相互交流与资金流通转换等相互作用形式越来越突出,系统间的复杂性越来越强,构成陆海多要素网络(图1),助推陆海统筹发展。

人口主导海岸带系统性质和发展方向。人口重心由陆向海加速迁移,人口数量激增和不合理的就业结构使其自复制能力减弱,海洋在承担更多资源要素供给的同时,承接

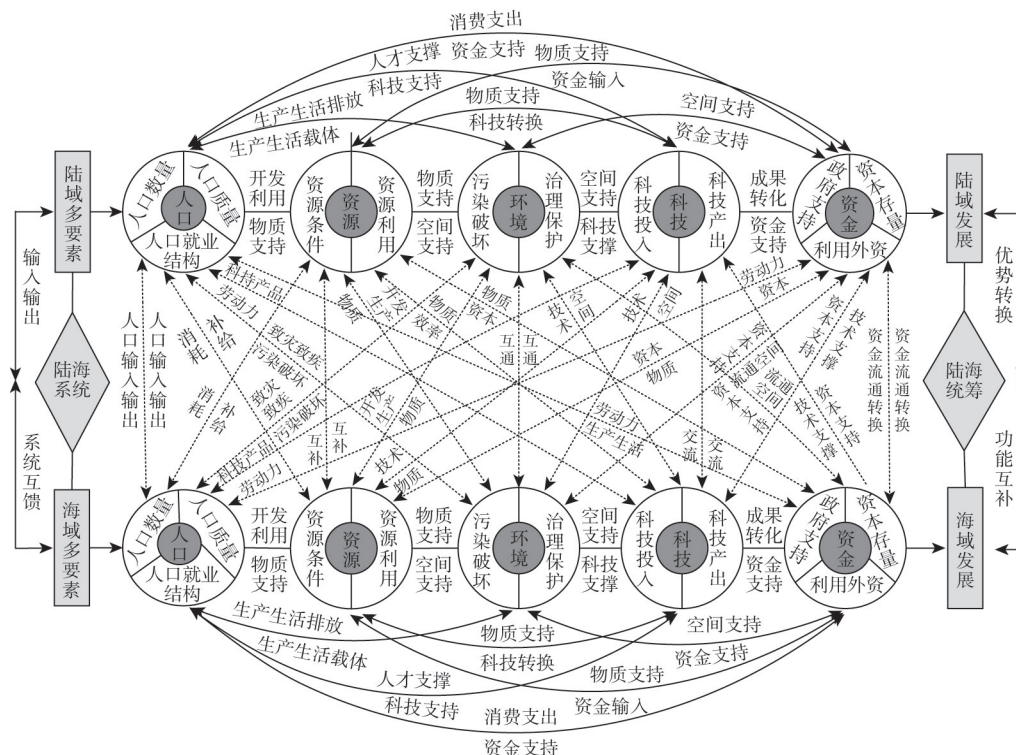


图1 陆海多要素匹配理论分解

Fig. 1 Theoretical decomposition of multiple factor matching of land and sea

更多废弃物,致使海岸带系统抵御外部干扰及应对内部压力能力骤降,海岸带韧性弹性不足,而海岸带高质量人口培养为复杂压力下的多要素系统提供智力支持。海岸带是一个自复制组元,但在资源、环境等方面,人类活动尤其是人口数量激增和不合理的就业结构使其自复制能力减弱。人口重心由陆向海加速迁移,使海岸带系统自我循环变缓。人口趋海性集聚要求海洋在承担更多资源要素供给的同时,承接更多废弃物,致使海岸带生态系统抵御外部干扰及应对内部压力能力骤降,海岸带韧性弹性不足。而海岸带高质量人口培养为复杂压力下的多要素系统提供了智力支持,不断改善多要素系统状态,使之向好发展。所以,从人口数量、人口质量、人口就业结构三个角度反映陆海发展过程中人口系统状态变化和功能建设;资源依托海岸带在陆海各子系统中循环流通,是支撑海岸带系统韧性的重要物质要素,资源能否被合理利用决定海岸带韧性的维持、适应和恢复能力。陆海资源开发消耗最小化非期望产出,制约海岸带地区多要素系统的发展,如人口疾病、环境破坏、多发灾情、资金供应不足等问题出现。所以,以陆海资源条件为基础,结合资源利用来衡量和评价陆海发展过程中资源系统的空间配置与布局,陆海环境保护是现阶段海岸带发展的首要目标。海岸带的污染及破坏给海岸带可持续发展带来巨大压力,影响多要素系统状态,而环境保护及治理为环境及各要素提供良好的生存发展空间,是海岸带可持续发展的重要支撑。所以,从环境污染和环境治理两方面评价陆海发展过程中环境系统状态,科技与多要素系统的互动、融合,是海岸带经济社会繁荣发展的强大动力之源。科技投入为科技发展注入强大活力,科学物化速度越来越



快,知识、技术转化为生产力的周期越来越短,科技智力产出提高了生产率,改变着多要素系统以及海岸带的发展结构,带来生产方式、生活方式、思维方式变革,所以,从科技投入和科技产出两方面评价陆域与海域发展过程中科技系统发展变化情况。资金是海岸带发展的重要保证,为其加强宏观调控、更好地应对外部冲击提供资金手段上的支持。政府的财政支持是海岸带资本系统发展的重要来源,资本容量整合有利于区域结合自身情况有针对性地提升资本要素水平,外资比较准确地把握陆海资本市场动态,对资本市场需求有较高的敏锐度。因此,从政府支持、资本容量和利用外资三方面评价陆海发展过程中资金系统发展变化情况。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 DCI模型分析

参考郭建科等<sup>[19]</sup>研究成果并提出新的研究视角,即在研究周期和研究区域确定的情况下,陆域要素“增长”相对于海域要素“增长”的重要程度。*DCI*通过陆海多要素匹配的弹性系数和相对集中指数两个指标来体现。其中,陆海多要素匹配的弹性系数强调陆域要素相对于海域要素匹配的增长率,陆海多要素匹配的相对集中指数强调陆域要素相对于海域的增长量比例,两者分别从增长速度和增长规模角度诠释陆海两系统多要素的相对关系。

(1) 陆海多要素匹配的弹性系数,即  $D_eCI$ , 缩写为  $D_e$ 。指在一定时间内,陆域多要素的平均增长率与海域多要素的平均增长率的比值,计算公式为:

$$D_e = \left( \sqrt[n-1]{\frac{T_n}{T_1}} - 1 \right) / \left( \sqrt[n-1]{\frac{C_n}{C_1}} - 1 \right) \quad (1)$$

式中:  $T_n$  为研究期内第  $n$  年的陆域多要素标准量;  $C_n$  为研究期内第  $n$  年海域多要素标准量。

(2) 陆海多要素增长的相对集中指数,即  $D_iCI$ , 缩写为  $D_i$ 。指在一定时间内,区域中陆域多要素平均增长量比例与海域多要素平均增长量比例的比值,计算公式如下:

$$D_i = \left( \frac{T_n - T_1}{(n-1) \times \sum_{i=1}^n T_i} \right) / \left( \frac{C_n - C_1}{(n-1) \times \sum_{i=1}^n C_i} \right) \quad (2)$$

在 *DCI* 计算模型的基础上,参考相关文献<sup>[19-21]</sup>,同时根据中国沿海省(市、自治区)陆域与海域的关系,构建沿海地区陆域与海域空间匹配分类标准(图2),反映陆海统筹空间差异。认为 *DCI* 值接近于 1 ( $0.8 \leq DCI \leq 1.2$ ) 表示陆域功能和海域功能之间的一个相对平衡状态,认为 *DCI* 值  $> 1.2$  的被解释为陆域功能较强,而 *DCI*  $< 0.8$  的则被认为是海域功能较强。当  $0.6 < DCI < 0.8$  时,海域功能略高于陆域功能;当  $DCI \leq 0.6$  时,海域功能远高于陆域功能;当  $1.2 < DCI \leq 1.4$  时,陆域功能略高于海域功能;当  $DCI > 1.4$  时,陆域功能远高于海域功能。

### 1.2.2 主导要素法

主导要素法即综合比较各种要素,查明各研究单元形成和分异的主导要素<sup>[22]</sup>。本文首次将其引入陆海系统驱动要素类型划分中,以确定沿海省(市、自治区)主导要素的

类别, 具体公式如下:

$$\begin{aligned} Y_{a1} &= Y_{a1} - \bar{Y}_{a1}; Y_{a2} = Y_{a2} - \bar{Y}_{a2} \\ Y_{b1} &= Y_{b1} - \bar{Y}_{b1}; Y_{b2} = Y_{b2} - \bar{Y}_{b2} \\ Y_{c1} &= Y_{c1} - \bar{Y}_{c1}; Y_{c2} = Y_{c2} - \bar{Y}_{c2} \\ Y_{d1} &= Y_{d1} - \bar{Y}_{d1}; Y_{d2} = Y_{d2} - \bar{Y}_{d2} \\ Y_{e1} &= Y_{e1} - \bar{Y}_{e1}; Y_{e2} = Y_{e2} - \bar{Y}_{e2} \end{aligned} \quad (3)$$

式中:  $Y_{a1}$ 、 $Y_{b1}$ 、 $Y_{c1}$ 、 $Y_{d1}$ 、 $Y_{e1}$ 、 $Y_{a2}$ 、 $Y_{b2}$ 、 $Y_{c2}$ 、 $Y_{d2}$ 、 $Y_{e2}$  分别为陆域人口、陆域资源、陆域环境、陆域科技、陆域资金、涉海人口、海域资源、海域环境、海域科技、海域资金要素与其平均值的差值(即离均差)。若离均差  $> 0$ , 则确定为优势功能, 若离均差  $< 0$ , 则确定其为非优势功能。

### 1.2.3 随机森林模型

随机森林模型是由 Breiman<sup>[23]</sup>在 2001 年所提出的一种基于分类树的机器学习算法, 按决策树投票分数计算随机森林算法的回归结果。本文将所有影响因素作为解释变量, 陆海多要素匹配度(即 DCI 值)为因变量, 基于 R 语言构建随机森林回归模型, 对所选特征的重要程度做出评价以及偏依赖分析, 确定特征对陆海多要素匹配度的影响程度, 参数设置为: ntree(生长树的数目)=300, mtry(在每一个分裂节点处样本预测器的个数)=3, 其他为默认值。

(1) 重要性公式如下:

$$P_k = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^t D_{kij}}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^t D_{kij}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $P_k$  表示第  $k$  个因子的重要性;  $m$ 、 $n$ 、 $t$  分别表示总的特征数(个)、决策树棵数(棵)、单棵决策树的节点数(个);  $D_{kij}$  表示第  $k$  个特征在第  $i$  棵树的第  $j$  个节点的平均基尼指数减少率。

(2) 偏依赖图表达式为:

$$\hat{f}_{x_s}(x_s) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{f} \left[ \left( x_s, x_m^{(i)} \right) \right] \quad (5)$$

式中:  $\hat{f}$  表示随机森林模型;  $n$  表示数据集中的实例数(例);  $x_s$  表示应该绘制部分依赖函数的特征和;  $x_m$  表示机器学习模型中使用的其他特征;  $x_m^{(i)}$  表示特征空间中除  $S$  外的其他特征在数据集中的实际特征值。

### 1.3 指标选取

沿海省(市、自治区)作为陆域与海域的交汇节点, 由陆域系统与海域系统组成了陆海复合地域系统。依据上述陆海多要素匹配的理论解析, 从陆海人口、资源、环境、科技和资金角度探索中国陆海多要素的匹配关系。在陆海系统内部, 人口系统通过能动性变化影响资源、环境、科技、资金系统状态, 例如, 人口开发利用资源、污染破坏环境、改革科学技术、管理消费资金等。而资源、环境、科技和资金系统在被动适应人口发展影响的同时, 其状态变化也会迫使人类的决策方式、发展模式和生产生活发生转

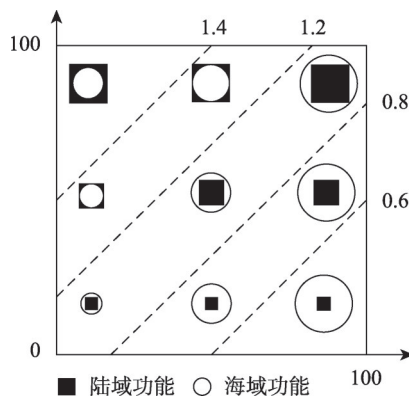


图2 陆域功能和海域功能关系的组合类型

Fig. 2 Combination types of the relationship between land and sea functions

变。资源作为物质基础，为各系统发展提供物质支持；环境是系统运行的前提，为系统发展提供空间支持；科技是海岸带发展的重要引擎；资金是海岸带发展的重要支撑。当前，随着中国海岸带人口数量增加，海岸带地区发展随之面临着资源供给和需求的失衡<sup>[24]</sup>、生产生活排放、海洋环境保护矛盾深化<sup>[25,26]</sup>等多重挑战。

总体来看，多要素系统间形成人口输入输出、资源互补、环境互通，科技相互交流，资金流通转换等相互作用形式，不断构成陆海多要素网络。鉴于陆海多要素间的复杂性和子系统间耦合关系的动态性、交错性、非平衡性等特性，基于科学性、综合性和可操作性等原则设计陆海多要素匹配的指标体系。此外，为了使陆域与海域研究具有可比性，尽量做到陆域与海域相对应，具体指标设定参考相关文献研究成果<sup>[27-30]</sup>以建立陆海多要素匹配评价指标体系（图3），在此基础上，展开陆海系统多要素匹配综合分析，综合协调陆地和海洋多要素开发与保护，以达到陆海协同发展。

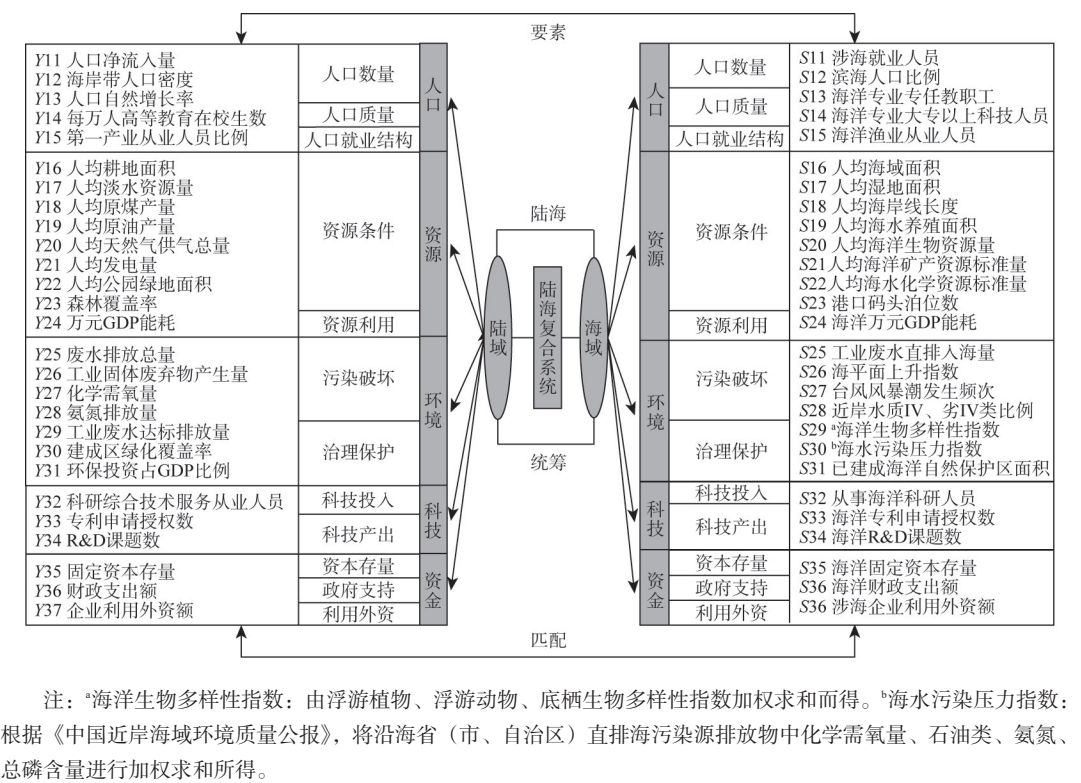


图3 陆海多要素匹配指标体系

Fig. 3 Matching index system of land and sea multiple factors

1.4 数据来源

本文研究区域覆盖中国沿海11个省（市、自治区）：天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西和海南，鉴于数据的可获得性，暂不包含中国香港、澳门和台湾，对研究区2005—2019年间陆海多要素匹配度进行实证研究。指标数据来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国海洋统计年鉴》《国土资源统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国海洋经济统计公报》《中国海洋生态环境状况公报》《中国海洋灾害公报》及各省、市统计年鉴和公报，部分海洋数据来自

中国科学院海洋研究所海洋大数据中心 (<http://msdc.qdio.ac.cn/>)、中国海洋信息网 (<http://www.nmdis.org.cn/>)、国家海洋科学数据中心 (<http://mds.nmdis.org.cn/>) 等有关海洋数据网站。

2 结果分析

2.1 基于DCI模型的陆海关系动态测度

2.1.1 陆海关系分类

中国沿海地区 11 个省（市、自治区）的  $DCI$  值、 $D_e$  值、 $D_i$  值分布如表 1，由结果可知：（1） $DCI$  值  $> 1.2$  的省（市、自治区）为河北，陆域发展处于活跃期，并带动海域发展，称为陆域驱动型省（市、自治区）。此外，辽宁陆域平均增速（0.025）大于海域平均增速（-0.005），山东陆域平均增长量比例（0.001）大于海域平均增长量比例（0），受海域平均增速和增长量比例限制， $DCI$  值为负值，因其陆域拉动作用较强，可将其归为陆域驱动型省（市、自治区）。（2） $DCI$  值接近 1（ $0.8 \leq DCI \leq 1.2$ ）的省（市、自治区）有上海（1.047）和广东（0.927），表明陆域与海域发展几乎相同，称为陆海互动型省（市、自治区）。（3） $DCI$  值  $< 0.8$  的省（市、自治区）有天津、浙江、江苏、广西、福建、海南，海域发展快于陆域，海域发展相对处于活跃期，称为海域驱动型省（市、自治区）。

表 1 2005—2019 年沿海省（市、自治区）陆海  $DCI$  值、 $D_e$  值、 $D_i$  值比较

Table 1 Comparison of land-sea  $DCI$ ,  $D_e$  and  $D_i$  values of coastal provincial-level regions from 2005 to 2019

地区	$DCI$	$D_e$	$D_i$	地区	$DCI$	$D_e$	$D_i$
天津	0.624	0.319	0.305	福建	0.375	0.045	0.330
河北	1.634	1.064	0.570	山东	-0.543	1.326	-1.868
辽宁	-2.859	-2.571	-0.288	广东	0.927	0.443	0.484
上海	1.047	0.474	0.574	广西	0.713	0.318	0.395
江苏	0.751	0.292	0.459	海南	0.681	0.502	0.178
浙江	0.782	0.318	0.465				

通过比较各省（市、自治区） $D_e$  值、 $D_i$  值，可以发现各省（市、自治区）以下特征：（1）在陆域驱动型省（市、自治区）中，河北的  $D_e$  值和  $D_i$  值取向相反。 $D_e$  值为 1.064， $D_i$  值为 0.570，表明其陆域规模与海域规模相比仍较小，但增长速度远远快于海域，陆域发展是现阶段整个省（市、自治区）发展的源动力。辽宁和山东的  $D_e$  值和  $D_i$  值均为负值，源于海域增长速度和增长规模的负增长，表明陆海增长速度和增长规模发展严重不平衡，陆域功能带动整体发展。（2）在海域驱动型省（市、自治区）中，各个省份的  $D_e$  值和  $D_i$  值取向相同， $D_e$  值和  $D_i$  值均  $< 0.8$ ，说明其海域在增长速度和增长规模上均大于陆域，海域功能进一步发挥重要作用。（3）在陆海互动型省（市、自治区）中，上海和广东的  $D_e$  值和  $D_i$  值取向相同， $D_e$  值和  $D_i$  值均  $< 0.8$ ，表明现阶段海域功能发挥增速与增量占比较大，但从整体来看，陆海协同发展趋势增强。

2.1.2  $DCI$  值变化趋势分析

2005—2019 年数据测算的  $DCI$  值、 $D_e$  值和  $D_i$  值综合反映了陆海关系在较长时期内的



总体状况,但这种关系处于不断变化之中,为了深入探讨各省(市、自治区)*DCI*值变化情况,分别选取2006—2009年、2010—2014年和2015—2019年三个时间段,计算各省(市、自治区)*DCI*值,观察三个阶段*DCI*值动态变化趋势(表2),其中历年*DCI*值是对比2005年数据计算而得,以2006年为起点计算相关增长率与增长量。

表2 不同发展阶段陆海*DCI*值变化

Table 2 Changes of *DCI* values in land and sea at different development stages

时段/年	天津	河北	辽宁	上海	江苏	浙江	福建	山东	广东	广西	海南
2006—2009	0.388	0.396	-0.174	0.614	0.935	0.139	-0.110	-0.288	1.108	0.255	-2.160
2010—2014	0.868	-3.368	-0.730	0.638	1.103	0.509	0.498	-0.377	0.790	0.656	0.997
2015—2019	0.622	4.955	-2.048	0.881	0.735	0.717	0.311	-4.003	0.810	0.675	1.179

由表2可知:(1)在陆域驱动型省(市、自治区)中,河北2006—2009年*DCI*值为0.396,海域发展较快;而2010—2014年受多数年份海域发展速度负增长,*DCI*值为-0.368,陆域功能驱动较强;2015—2019年的*DCI*值为4.955,可见陆域发展速度及规模远远高于海域,陆域功能驱动较强。辽宁和山东2006—2019年*DCI*值为负值,源于计算过程中个别年份海域增速和增量的负增长,整体上陆域发展速度和规模均大于海域发展。(2)在海域驱动型省(市、自治区)中,天津2006—2009年、2015—2019年*DCI*值均<0.8,海域驱动作用较强;2010—2014年*DCI*值为0.906,陆海协同发展趋势显著,整体上海域驱动保持主导地位。浙江、福建和广西在三个阶段的*DCI*值均<0.8,海域驱动作用明显大于陆域驱动作用。江苏2006—2009年、2010—2014年两阶段的*DCI*值分别为0.935和1.103,陆海协同互动发展;2015—2019年的*DCI*值为0.735,近年来海域增速较快。海南2006—2009年的*DCI*值为负值,源于计算过程中个别年份陆域增量的负增长,整体上海域发展速度和规模均大于陆域发展;2010—2019年*DCI*值渐近于0.8~1.2之间,有陆海协同发展的趋势。(3)在陆海互动型省(市、自治区)中,上海2006—2014年*DCI*值<0.8,海域驱动作用较强;2015—2019年*DCI*值为0.881,陆海协同驱动发展。广东2006—2009年、2015—2019年*DCI*值均渐近0.8~1.2之间,陆海协同驱动发展;2010—2014年*DCI*值为0.079,有陆海协同互动发展的趋势。

综合上述对比分析,多数省(市、自治区)多年间陆海交互驱动,但陆海交互作用机制及稳定性存在明显差别。以上陆海关系分类及变化特征可总结为表3。

2.1.3 陆海驱动要素分析

在判别陆海驱动型省(市、自治区)基础上,对2019年各省(市、自治区)的驱动因素进行识别。根据测算结果(图4)得知沿海11个省(市、自治区)陆海驱动要素总体波动较大,最大值为0.574,最小值为-0.102。

陆海人口要素。陆域人口要素对沿海大多数省(市、自治区)总体发展起到了推动作用,但推动力量强弱呈现出明显的地区差异。其中,对广东和广西贡献较大,离均差值分别为0.098和0.071,得益于轻工业和农业类人口的供求,而对河北、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、海南的贡献相对较小,对天津和上海的驱动作用较差,因此还需继续控制人口数量,努力发挥人口活力,注重人才培养,不断加快推动陆海总体发展。涉海人口要素对山东和广东的贡献最大,离均差值分别为0.173和0.112,对天津和辽宁的驱动作用较差,因此还需在海洋人口要素上加大投入力度,更好地适应陆海各要素统筹发展。



表3 2005—2019年沿海省（市、自治区）陆海统筹分类及动态变化特征

Table 3 Overall land-sea classification and dynamic changes of coastal provincial-level regions from 2005 to 2019		
陆海关系类型	省（市、自治区）	变化特征
陆域驱动型省（市、自治区）	河北	海域驱动—陆域驱动—陆域驱动，陆域驱动保持主导地位
	辽宁	陆域驱动—陆域驱动—陆域驱动，陆域驱动保持主导地位
	山东	陆域驱动—陆域驱动—陆域驱动，陆域驱动保持主导地位
海域驱动型省（市、自治区）	天津	海域驱动—陆海复合驱动—海域驱动，海域驱动保持主导地位
	浙江、福建、广西	海域驱动—海域驱动—海域驱动，海域驱动保持主导地位
	江苏	陆海复合驱动—陆海复合驱动—海域驱动，海域驱动保持主导地位
	海南	海域驱动—陆海复合驱动—陆海复合驱动，海域驱动保持主导地位
陆海互动型省（市、自治区）	上海	海域驱动—海域驱动—陆海复合驱动，陆海复合驱动发展
	广东	陆海复合驱动—海域驱动—陆海复合驱动，陆海复合驱动发展

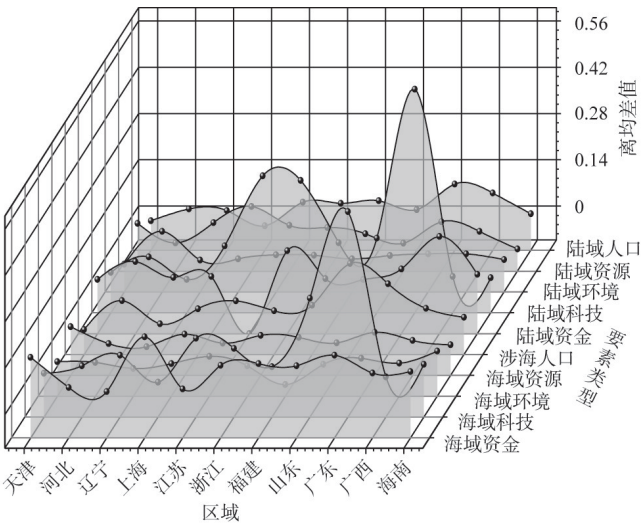


图4 2019年沿海省（市、自治区）陆海驱动要素的离均差

Fig. 4 Dispersion mean difference of driving factors on land and sea in coastal provincial-level regions in 2019

陆海资源要素。陆域资源要素对上海的驱动力最大，离均差值为0.093，得益于其利用自身资源及科技优势，不断提高对陆域资源开发的深度和广度。浙江、福建和广西陆域资源开发利用程度相对较低，开发方式较为粗放，因而对陆海总体发展贡献较小。受地缘劣势、能源利用效率低等限制，陆域资源要素对河北、山东和海南驱动较差。海域资源要素对沿海多数省（市、自治区）发展的驱动较差，其中，天津、上海、浙江、福建、广东和广西离均差值在0.003~0.045之间，总体驱动力较弱；河北、辽宁、江苏、山东和海南离均差均为负数，总体驱动力较差。因此，各省（市、自治区）应加大海域资源开发力度，提高资源利用效率，综合利用海域资源。

陆海环境要素。陆海环境要素对沿海大多数省（市、自治区）总体发展的推动作用较小，说明在陆海经济社会发展的背景下，陆海环境状况与总体发展逐渐由“同步发展”走向“异向发展”，陆海环境要素一定程度上阻碍陆海统筹战略实施。因此，需更加

重视环境保护问题，寻找污染及破坏的根源，把监督力量和切入点提高到新高度。一方面，加速技术创新，对已有污染及破坏的地区进行治理；另一方面，加强民众环境保护意识，从源头上对存在的环境问题进行防治，从而提高陆海统筹发展的动力。

陆海科技要素。陆域科技要素对上海、江苏、浙江、福建、山东和广东的驱动力较大，离均差值分别为0.100、0.312、0.298、0.110、0.124和0.574，对其余省份的驱动作用较差。海域科技要素对江苏、浙江、山东和广东的驱动力较大，离均差值分别为0.136、0.105、0.257和0.519，对其余省份的驱动作用较差。因此，陆海科技水平较低的省（市、自治区），如河北、辽宁、广西等省（市、自治区）应进一步加大科技投入，提高科技体制机制建设，深化科研体制改革，紧跟科技形势的发展，建立可持续发展科技创新体系，为早日实现陆海协同发展提供动力支撑。

陆海资金要素。陆域资金要素对广西、浙江和河北的驱动力较大，离均差值分别为0.192、0.149和0.116，对其余省份的驱动作用相对较差。海域资金要素对山东、浙江、福建、天津、广东和上海的驱动力较大，离均差值分别为0.116、0.117、0.122、0.141、0.148和0.203，对其余省份的驱动作用较差。因此，陆海资金要素驱动作用较低的省（市、自治区），还需加大财政资金投入，促进生产力发展，在此基础上积极引进外资，建立高效资本运转体系，促进海岸带经济社会发展。

结合上述陆海关系、DCI变化关系以及驱动要素分析可总结为表4，限于篇幅，驱动要素关系中仅对具有优势功能的要素进行分析。

表4 沿海地区陆海统筹分类、驱动要素及动态变化特征

Table 4 Overall classification, driving factors and dynamic change characteristics of coastal provincial-level regions			
陆海关系类型	地区	驱动要素关系	变化特征
陆域驱动型省 (市、自治区)	辽宁	海域科技>陆域资金>陆域资源>海域资金>陆域人口	陆海要素交互驱动，海域科技要素拉动增强
	河北	陆域资金>陆域环境>陆域科技>涉海人口>海域科技>海域资金>陆域人口>海域环境	陆海要素交互驱动，陆域驱动要素主导
	山东	海域科技>涉海人口>陆域科技>海域资金>陆域资金>陆域人口>陆域环境	陆海要素交互驱动，海域科技要素拉动增强
海域驱动型省 (市、自治区)	广西	陆域资金>海域资金>陆域人口>涉海人口>海域科技>陆域资源>陆域环境>陆域科技>海域资源	陆海要素交互驱动，陆域资金要素拉动增强
	天津	海域资金>陆域资金>海域资源>陆域资源>海域科技>陆域科技>海域环境	陆海要素交互驱动，海域要素驱动主导
	江苏	陆域科技>海域科技>涉海人口>海域资金>陆域人口>陆域资源>海域环境>陆域环境	陆海要素交互驱动，陆域科技要素拉动增强
	浙江	陆域科技>陆域资金>海域资金>海域科技>陆域人口>陆域资源、涉海人口>海域资源>陆域环境	陆海要素交互驱动，陆域科技要素拉动增强
	福建	海域资金>陆域科技>陆域资金>海域科技>陆域人口>涉海人口>海域资源>陆域资源	陆海要素交互驱动，海域要素驱动主导
	海南	海域资金>陆域资金>海域科技>海域环境>涉海人口>陆域人口>陆域科技	陆海要素交互驱动，海域要素驱动主导
陆海互动型省 (市、自治区)	上海	海域资金>陆域科技>陆域资源>陆域资金>涉海人口>海域资源>海域科技	陆海要素交互驱动，海域资金要素拉动增强
	广东	陆域科技>海域科技>海域资金>涉海人口>陆域人口>陆域资金>陆域资源>海域资源>陆域环境>涉海人口	陆海要素交互驱动，陆域科技要素拉动增强

## 2.2 陆海多要素匹配度的影响因素分析

### 2.2.1 影响因素指标选取

中国陆海多要素匹配受多种因素作用影响, 本文通过参考现有相关研究<sup>[5,16,17,31]</sup>, 并根据沿海各省(市、自治区)的要素匹配状况对影响因素进行选取, 具体如下: (1) 经济发展水平的高低直接影响多要素的投入与产出。经济发展驱动多要素向高水平区域流动, 通过要素共享, 有效减弱要素在区域间、行业间的信息不对称, 优化其传统要素的配置结构, 提高多要素匹配度, 故选取地区生产总值表征经济发展水平(*EDL*)。 (2) 产业结构影响多要素的合理化配置。根据现有需求结构和技术水平调整与经济发展不相适应的产业结构, 科学配置生产要素, 使产业间和产业内部的人力、资源、环境等要素布局趋于合理化的动态调整, 进而提高多要素匹配度, 故选取产业高级化指数表征产业结构(*IS*)。 (3) 合理的人才配置是提高多要素匹配度的重要支撑。将更多地人才智力产出融入陆海生产发展, 对提高资源利用效率、环境治理、科技发展等有重要影响, 是维持陆海系统适应性的迫切需要, 故选取教育经费投入表征人才支持力(*TS*)。 (4) 政府为各省要素匹配发展路径指明方向, 做到放活与管好的有机结合, 提升监管和服务能力, 围绕人口、资源、环境等要素研究制定出台配套政策措施, 引导各区域各类要素协同匹配, 进一步提高多要素匹配度, 促进沿海地区先进生产力发展, 故选取财政自给率政府调控力(*GRP*)。 (5) 对外开放程度主要影响要素匹配效率, 进出口贸易、“走出去”和“引进来”均有助于推动多要素的合理配置, 优化要素配置效率, 是化解陆海经济社会结构深层次矛盾的重要突破口, 抓住对外开放建设这一有利契机尤为可贵, 故选取进出口贸易总额数表征对外开放水平(*LOOU*)。 (6) 社会发展水平在一定程度上能够体现社会和谐稳定程度, 社会安定和繁荣利于多要素匹配与协调, 是多要素系统健康发展的重要基础, 随着社会发展水平提高, 更加协调统一的社会保障体系快速发展, 人口、资源、环境等要素系统发展水平也相应得到提升, 故选取医疗卫生水平表征社会发展水平(*SDL*)。

### 2.2.2 模型适用性检验

首先, 对选取的各影响因素与陆海多要素匹配度进行相关性分析, 6个影响因素中有1个影响因素通过0.01显著性检验, 2个影响因素通过了0.05显著性检验, 其中与多要素匹配度相关性较大的有3个, 同时方差膨胀系数 *VIF* 值均  $< 4$ , 不存在多重共线性。其次, 将可能存在的内生变量利用 Wu-Hausman 检验进行判断是否存在内生性, 结果显示 *P* 值均  $> 0.05$ , 不存在内生性, 不做剔除。将这三个影响因素作为自变量进行多元线性回归, 所得系数由大到小依次是产业结构(0.456)、政府调控力(0.245)、对外开放(0.231)。最后, 将上述三个影响因素输入多元线性回归模型, 将所有影响因素输入随机森林模型, 分别计算多元线性回归与随机森林回归的  $R^2$  与 *RMSE*。结果显示: 多元线性回归的  $R^2$  为 0.072, *RMSE* 为 3.299; 随机森林回归的  $R^2$  为 0.681, *RMSE* 为 0.259。随机森林回归的误差远小于多元线性回归, 随机森林在该研究中的精度更高, 其结果更值得信任。

### 2.2.3 影响因素重要性排序

图5显示 %IncMSE 和 IncNodePurity 方法影响因子的重要性排序, %IncMSE 为精度平均减少值, 指通过对每一个预测变量随机赋值, 进而进行随机森林模型估算, 其值被随机替换后模型预测的误差相对于原来误差的升高幅度, IncMSE 值越大说明该变量越重

要。IncNodePurity为节点不纯度平均减少值,指每个变量对分类树每个节点上观测值的异质性的影响程度,IncNodePurity值越大说明该变量越重要。%IncMSE排序结果显示,产业结构>政府调控力>经济发展水平>对外开放>人才支持力>社会发展水平;IncNodePurity方法排序结果显示,政府调控力>产业结构>经济发展水平>对外开放>人才支持力>社会发展水平。由于%IncMSE、IncNodePurity的计算方法和侧重点各有差异,排序结果也存在差异,如果排序均靠前的影响因素,可以判定该因素为主导影响因素<sup>[32]</sup>。

为进一步探究主导影响因素的作用强度,本文利用影响因素偏依赖关系来展现差异性(图6),囿于文章篇幅,重点参考%IncMSE的排序结果进行影响因素的重要性分析,随着影响因素作用效果的变化,要素匹配度的可变效应做出显著变化。

(1) 产业结构对陆海多要素匹配度的影响最大,重要程度约为23%。由图6a可知,前期受产业结构影响,致使匹配度迅速增加,对陆域发展影响较大,后期随着产业结构优化,匹配度逐渐趋于陆海协同发展。产业结构升级使得陆海经济比例关系调整和再平

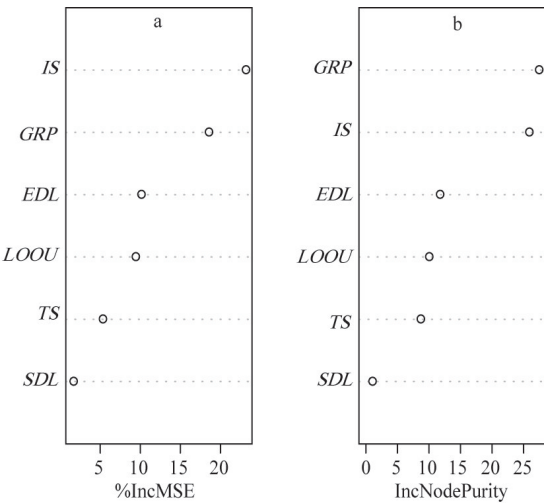


图5 影响因素重要性排序  
Fig. 5 The importance ranking of influencing factors

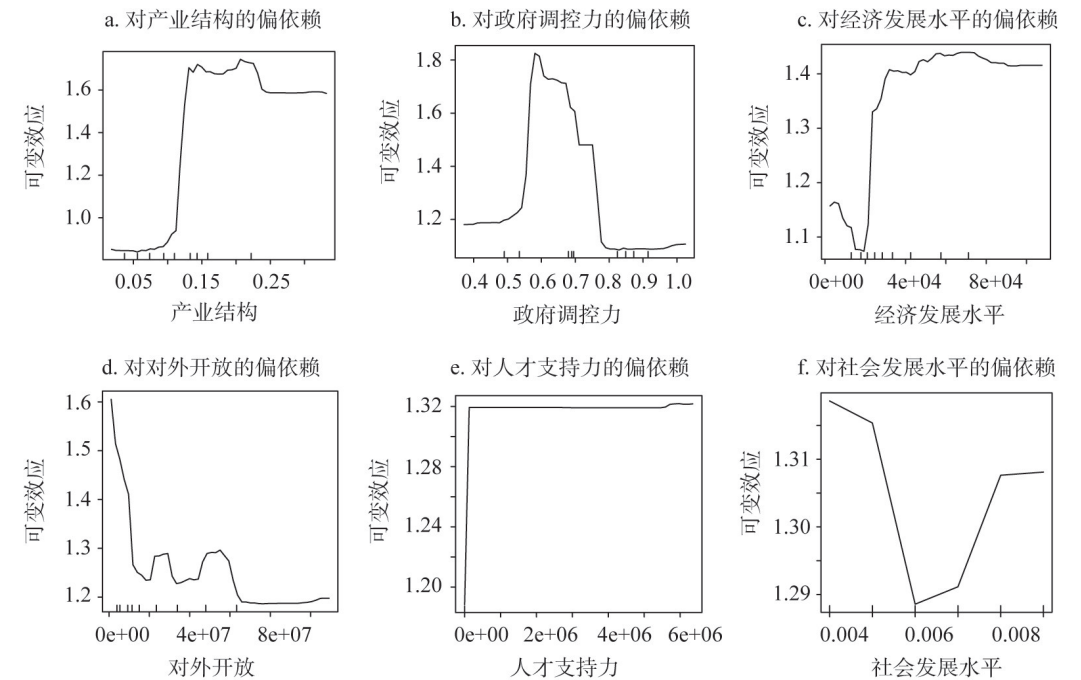


图6 陆海多要素匹配度偏依赖图  
Fig. 6 Partial dependence diagram of matching degree of multiple factors of land and sea



衡, 因此, 要素匹配与产业结构升级协同演变、不断耦合, 才能促使陆海经济实现新旧动力的转换。未来沿海各省(市、自治区)需依托现有的产业基础, 改造传统产业结构, 经济发展方式逐渐由粗放式向集约式转变, 同时注重发挥海港作为陆海要素匹配这一中介作用, 大力发展不同区位、水准的海港, 促进区域海洋产业系统的形成过程, 推动陆海多要素匹配空间格局向均衡方向演化。

(2) 政府调控力对陆海多要素匹配度的重要性约为18%。由图6b可知, 政府调控力对多要素匹配度的影响呈“先上升后下降”的非线性趋势, 并逐渐接近于1.2, 意在统筹陆海要素平衡发展, 在约0.55~0.75期间, 调控能力弱, 导致陆海多要素发展可变效应值较高, 陆海发展不协同, 后期随着政府调控能力不断优化与提高, 陆海匹配度稳步提升, 逐渐实现陆海平衡发展。陆海多要素的匹配度与政府调控力有着密切关系, 主要体现在部门体制和经济社会投入方面, 未来需基于政府行政职能, 促进陆海系统部门权责统一, 科学配置要素投入, 促进区域经济与多要素匹配双向发展, 保证区域内陆海统筹建设。

(3) 经济发展水平对陆海多要素匹配度的重要性约为10%。由图6c可知, 前期可变效应变化剧烈, 可变效应最大阈值 $>1.4$ , 随着陆海经济发展水平的提高, 陆海要素匹配度的可变效应逐渐趋于平缓, 但仍对陆域发展影响较大, 有促进陆海平衡发展的趋势。经济发展水平与要素匹配度互为影响, 要素匹配规模的扩大拓宽了区域经济的传导渠道, 促进区域间经济增长。区域经济发展水平的提高会促进区域间贸易和要素匹配规模扩大, 反之则会缩减要素匹配规模及效率。中国大陆域经济水平高的沿海地区要素资源基础雄厚、要素种类众多, 陆域要素发展较快, 因此, 未来应加强海洋要素与陆域要素之间密切的联系, 促进陆域要素与海洋要素交换, 为提升陆海要素匹配度提供可能。

(4) 对外开放水平对陆海多要素匹配度的重要程度约为9%。如图6d所示, 随着对外开放水平的提高, 陆海匹配度由1.6下降至1.2, 逐渐趋于平衡发展状态。对外开放有利于海域要素配置, 使之对海域要素开发利用, 贡献作用显著, 趋海性较强。沿海地区发展外向型经济, 使得海域进出口贸易规模扩大, 不断刺激国内外人才、资源、资本等要素跨海流动, 加快要素匹配速度, 并提高要素生产率, 从而激发海洋经济发展活力, 形成高质量的海洋发展格局。此外, 当海洋经济达到高质量发展阶段, 较高的对外开放水平也会促使沿海区域在全球化进程中逐步实现国际信息流动、共享, 并实现要素最优配置。因此, 沿海省(市、自治区)应继续加强对外开放, 实施更为主动的开放战略, 逐步实现区域陆海要素及系统协同发展。

(5) 人才支持力对陆海多要素匹配度的重要程度约为5%。如图6e所示, 前期由于人才数量较少, 陆海多要素匹配度较低; 后期随着人才支持力不断提升, 陆海多要素匹配度明显回升, 并逐渐趋于陆海平衡发展。人才要素的投入产出很大程度影响地区经济发展, 尤其是科研人员队伍建设, 提高社会人口质量、人口素质, 对于陆海资源环境承载力建设也有重要影响。研究表明人才建设能力不足会对海洋经济发展进程存在制约作用, 沿海各省(市、自治区)应扩大先进设备的覆盖广度与深度, 引进专业技术人才, 进而促进陆海多要素合理配置。

(6) 社会发展水平对陆海多要素匹配度的重要程度约为1%。如图6f可知, 多要素匹配度未来稳定于1.30~1.31之间, 亲陆性较强, 社会发展水平对多要素匹配度的贡献作用

较弱。随着各省(市、自治区)社会发展水平提高,区域内部催生的生产与消费推动了区域经济发展,为各区域内部要素交互发展提供契机。但当社会发展水平提高后,人口压力下的资源摄取力度加大,环境不断遭受污染与破坏等问题层出不穷,导致前期匹配水平急速下降。未来在提高社会发展水平的过程中需大力加强社会民生方面建设,如医疗卫生、基础设施、人口素质教育等方面,加强环境保护、资源合理利用等教育宣传,提高可持续发展意识,共创美好家园。

### 3 结论与建议

#### 3.1 结论

本文以DCI算法为基础,分析2005—2019年沿海地区陆海多要素匹配状况及驱动模式,利用随机森林模型测度陆海多要素匹配的影响因素。主要结论为:(1)通过计算DCI值可将中国沿海省(市、自治区)陆海关系及地区分类状况概括如下:陆域驱动型省份为辽宁、河北、山东,海域驱动型省(市、自治区)为广西、天津、江苏、浙江、福建和海南,陆海互动型省(市)为上海和广东。(2)陆海系统内部要素交互驱动,对沿海各省(市、自治区)的驱动作用存在显著差别,主导或拉动陆海多要素系统发展。(3)陆海多要素匹配度的影响因素重要性排序由大到小分别为产业结构、政府调控力、经济发展水平、对外开放、人才支持力、社会发展水平。因此,在结合以上结论的基础上,将陆海多要素匹配与陆海统筹有机结合,并以多要素匹配对陆海统筹的驱动理论与实证研究为导向,对陆海统筹的驱动与互馈机制展开多层次研究,是解决海岸带人海矛盾、缓解海岸带要素发展冲突,进而实现海岸带可持续发展的重要理论基础,也为陆海协调发展道路提供借鉴和参考。

#### 3.2 建议

本文尝试将DCI模型引入陆海多要素匹配研究,为解决陆海多要素不均衡发展问题,实现陆海统筹、陆海经济社会可持续发展提供了一个新的研究范式。从区域角度出发,辽宁、河北和山东未来应加强海域系统建设,激发海域功能效率最大化,而广西、天津、江苏、浙江、福建和海南应加强陆域系统建设,完善陆域系统各要素体系,促进沿海区域陆海复合系统协同发展。沿海多数省(市、自治区)应加强海域人口系统建设,从人口数量、人口质量、人口素质等方面出发,重视陆域人口质量提升,加强人才引进,全面提升陆海人口系统建设水平。因陆海域资源利用效率低下,应结合科学技术攻克难关,提升资源供给与利用水平。同时,需精准治污、科学治污、依法治污,加强制度和科技支撑保障,实现标本兼治,精准改善陆海环境,继续注重科技以及资金等要素应用发展,使陆海多要素系统平衡发展,提高陆海统筹建设效率。

结合影响因素,从整体角度出发,提出以下四点建议:(1)着重发挥政府的调控能力。抓住“十四五”经济发展机遇期,以国家战略需求为导向,更好地发挥政府的陆海经济调节、制度监管、公共服务等职能作用,引领发展范式变革,以科学适度的宏观调节促进人口系统优化、资源内外均衡、环境友好建设、科技自立自强、资金稳健循环。(2)提高地区经济发展水平。加快陆海一体化建设,助力国内国际双循环建设。同时优化产业结构,推动经济向更高级的“三、二、一”产业结构迈进,促进陆海统筹下多要素高质量发展。(3)加大人才支持力。坚持科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发

展战略, 不断完善人才引进机制和人才引进政策, 加大科学资金扶持力度, 促进创新发展。(4) 提高对外开放水平。党的“二十大”报告指出, 坚持对外开放基本国策, 推进高水平对外开放。沿海地区特别是沿海重要城市, 应当充分利用国际市场、资源、资金和技术, 同时加强同内地的经济联合和技术协作, 有效地促进陆海统筹。

### 参考文献(References):

- [1] 孙久文, 蒋治. 中国沿海地区高质量发展的路径. 地理学报, 2021, 76(2): 277-294. [SUN J W, JIANG Z. Paths of high-quality development in China's coastal areas. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(2): 277-294.]
- [2] 栾维新, 王辉, 片峰, 等. 中国陆海统筹战略研究. 北京: 科学出版, 2020: 16-21. [LUAN W X, WANG H, PIAN F, et al. *Research on Land and Marine Coordinated Development Strategy of China*. Beijing: Science Press, 2020: 16-21.]
- [3] 李加林, 田鹏, 李昌达, 等. 基于陆海统筹的陆海经济关系及国土空间利用: 现状、问题及发展方向. 自然资源学报, 2022, 37(4): 924-941. [LI J L, TIAN P, LI C D, et al. Land-sea economic relations and land spaceutilization based on land-sea coordination: Research status, problems and future priorities. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(4): 924-941.]
- [4] 刘柄麟, 张振克, 纪学朋, 等. 海岸带国土空间开发适宜性评价及功能空间配置: 以海南岛为例. 自然资源学报, 2022, 37(4): 862-879. [LIU B L, ZHANG Z K, JI X P, et al. Research on suitability evaluation of land space development and functional space allocation in coastal zone: A case study of Hainan Island. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(4): 862-879.]
- [5] 李彦平, 刘大海, 罗添. 国土空间规划中陆海统筹的内在逻辑和深化方向: 基于复合系统论视角. 地理研究, 2021, 40(7): 1902-1916. [LI Y P, LIU D H, LUO T. The internal logic and developing direction of land-sea coordination in land space planning: From the perspective of complex system theory. *Geographical Research*, 2021, 40(7): 1902-1916.]
- [6] 王飞飞, 钱灵颖, 丁升, 等. 基于陆海统筹的九龙江—厦门湾海岸生态过渡带综合监测体系构建. 生态学报, 2021, 41(11): 4271-4277. [WANG F F, QIAN L Y, DING S, et al. Constructing integrated monitoring system in Jiulong River-Xiamen Bay Coastal Complex Ecotone based on land and sea coordination. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(11): 4271-4277.]
- [7] 潘静云, 章柳立, 李挚萍, 等. 陆海统筹背景下我国海洋生态修复制度构建对策研究. 海洋湖沼通报, 2022, 44(1): 152-159. [PAN J Y, ZHANG L L, LI Z P, et al. Study on the establishment of marine ecological restoration system in China. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2022, 44(1): 152-159.]
- [8] JUPITER S D, WENGER A, KLEIN C J, et al. Opportunities and constraints for implementing integrated land-sea management on islands. *Environmental Conservation*, 2017, 44(3): 254-266.]
- [9] 陈克亮, 高宇, 吴侃侃, 等. 我国海岸带综合管理制度、实践及存在问题. 应用海洋学, 2022, 41(3): 524-532. [CHEN K L, GAO Y, WU K K, et al. Integrated coastal zone management in China: System, practices and problems. *Journal of Applied Oceanography*, 2022, 41(3): 524-532.]
- [10] REUTER K E, JUHN D, GRANTHAM H S. Integrated land-sea management: Recommendations for planning, implementation and management. *Environmental Conservation*, 2016, 43(2): 181-198.
- [11] CONNERY C L. Ideologies of land and sea: Alfred Thayer Mahan, Carl Schmitt, and the shaping of global myth elements. *Boundary*, 2001, 28(2): 173-201.
- [12] 陈明宝. 要素流动、资源融合与开放合作: 海洋经济在粤港澳大湾区建设中的作用. 华南师范大学学报: 社会科学版, 2018, (2): 21-26, 191. [CHEN M B. Factor flow, resource integration and open cooperation: Understanding the role of marine economy in the construction of Guangdong-Hong Kong-Macao Bay Area. *Journal of South China Normal University: Social Science Edition*, 2018, (2): 21-26, 191.]
- [13] 刘桂春, 史庆斌, 王泽宇, 等. 中国海洋经济增长驱动要素的时空差异. 经济地理, 2019, 39(2): 132-138. [LIU G C, SHI Q B, WANG Z Y, et al. Spatial and temporal difference of driving factors of China's marine economic growth. *Economic Geography*, 2019, 39(2): 132-138.]
- [14] 纪学朋, 黄贤金, 陈逸, 等. 基于陆海统筹视角的国土空间开发建设适宜性评价: 以辽宁省为例. 自然资源学报, 2019, 34(3): 451-463. [JI X P, HUANG X J, CHEN Y, et al. Comprehensive suitability evaluation of spatial develop-

- ment and construction land in the perspective of land-ocean coordination: A case study of Liaoning province, China. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(3): 451-463.]
- [15] O'HAGAN A M, PATERSON S, TISSIER M L. Addressing the tangled web of governance mechanisms for land-sea interactions: Assessing implementation challenges across scales. *Marine Policy*, 2020, 112(2): 1-12.
- [16] 韩增林, 夏康, 郭建科, 等. 基于 Global-Malmquist-Luenberger 指数的沿海地带陆海统筹发展水平测度及区域差异分析. *自然资源学报*, 2017, 32(8): 1271-1285. [HAN Z L, XIA K, GUO J K, et al. Research of the level and spatial differences of land-sea coordinate development in coastal areas based on Global-Malmquist-Luenberger index. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(8): 1271-1285.]
- [17] 李博, 史钊源, 韩增林, 等. 环渤海地区人海经济系统环境适应性时空差异及影响因素. *地理学报*, 2018, 73(6): 1121-1132. [LI B, SHI Z Y, HAN Z L, et al. Spatio-temporal difference and influencing factors of environmental adaptability measurement of human-sea economic system in Bohai Rim Region. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(6): 1121-1132.]
- [18] 房丽娟. 我国人口、资源与环境协调发展研究. 长春: 东北师范大学, 2005. [FANG L J. The research of development in population, resource and environment in harmony. Changchun: Northeast Normal University, 2005.]
- [19] 郭建科, 杜小飞, 孙才志, 等. 环渤海地区港口与城市关系的动态测度及驱动模式研究. *地理研究*, 2015, 34(4): 740-750. [GUO J K, DU X F, SUN C Z, et al. Research on dynamic measurement and driving mode of harbour-city relationship in the Bohai Rim in China. *Geographical Research*, 2015, 34(4): 740-750.]
- [20] 汪桂生, 徐佳. 安徽省人口与经济空间关系研究. *地域研究与开发*, 2020, 39(5): 23-29. [WANG G S, XU J. Spatial correlation between population and economy in Anhui province. *Areal Research and Development*, 2020, 39(5): 23-29.]
- [21] 宋周莺, 车姝韵, 王姣娥, 等. 中国沿边口岸的时空格局及功能模式. *地理科学进展*, 2015, 34(5): 589-597. [SONG Z Y, CHE S Y, WANG J E, et al. Spatiotemporal distribution and functions of border ports in China. *Progress in Geography*, 2015, 34(5): 589-597.]
- [22] 王成, 何焱洲. 重庆市乡村生产空间系统脆弱性时空分异与差异化调控. *地理学报*, 2020, 75(8): 1680-1698. [WANG C, HE Y Z. Spatio-temporal differentiation and differentiated regulation of the vulnerability of rural production space system in Chongqing. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(8): 1680-1698.]
- [23] BREIMAN L. Random forests. *Machine Learning*, 2001, 45(1): 5-32.
- [24] 李伟峰, 吕小瑜, 王朝, 等. 京津冀城市群人—地、人—水与人—碳交互胁迫关系及其叠加效应. *生态学报*, 2021, 41(11): 4318-4329. [LI W F, LYU X Y, WANG C, et al. Decoupling relationship and rebound effect between economic growth and the resource environment for Tianjin. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(11): 4318-4329.]
- [25] 候勃, 岳文泽, 马仁锋, 等. 国土空间规划视角下海陆统筹的挑战与路径. *自然资源学报*, 2022, 37(4): 880-894. [HOU B, YUE W Z, MA R F, et al. Research on the challenges and realization path of sea-land coordination in territorial spatial planning. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(4): 880-894.]
- [26] 李杨帆, 向枝远, 杨奕, 等. 基于韧性理念的海岸带生态修复规划方法及应用. *自然资源学报*, 2020, 35(1): 130-140. [LI Y F, XIANG Z Y, YANG Y, et al. Application of ecological restoration and planning based on resilience thinking in coastal areas. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(1): 130-140.]
- [27] 刘建华, 黄亮朝, 左其亭. 黄河下游经济—人口—资源—环境和谐发展水平评估. *资源科学*, 2021, 43(2): 412-422. [LIU J H, HUANG L C, ZUO Q T. Evaluation of harmonious development of economy-population-resource-environment in the lower reaches of the Yellow River. *Resources Science*, 2021, 43(2): 412-422.]
- [28] 张继飞, 邓伟, 刘邵权. 中国西南山区资源环境安全态势评价. *地理研究*, 2011, 30(12): 2305-2315. [ZHANG J F, DENG W, LIU S Q. Quantitative assessment of resource and environment security: A case study in mountainous areas of Southwest China. *Geographical Research*, 2011, 30(12): 2305-2315.]
- [29] 崔丹, 卜晓燕, 徐祯, 等. 中国资源型城市高质量发展综合评估及影响机理. *地理学报*, 2021, 76(10): 2489-2503. [CUI D, BU X Y, XU Z, et al. Comprehensive evaluation and impact mechanism of high-quality development of China's resource-based cities. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(10): 2489-2503.]
- [30] 盖美, 展亚荣. 中国沿海省区海洋生态效率空间格局演化及影响因素分析. *地理科学*, 2019, 39(4): 617-625. [GAI M, ZHAN Y R. Spatial evolution of marine ecological efficiency and its influential factors in China coastal regions. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(4): 616-625.]
- [31] 王泽宇, 王焱熙. 中国海洋经济弹性的时空分异与影响因素分析. *经济地理*, 2019, 39(2): 139-145, 151. [WANG Z



Y, WANG Y X. Spatial and temporal differentiation and influencing factors of the marine economy resilience in China. *Economic Geography*, 2019, 39(2): 139-145, 151.]

- [32] 赵艳艳, 张晓平, 陈明星, 等. 中国城市空气质量的区域差异及归因分析. *地理学报*, 2021, 76(11): 2814-2829.  
[ZHAO Y Y, ZHANG X P, CHEN M X, et al. Regional variation of urban air quality in China and its dominant factors. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(11): 2814-2829.]

## The matching measurement and influencing factors of land-sea factors in China's coastal areas from the perspective of land-sea coordinate

GAI Mei<sup>1,2</sup>, XU Yu-mei<sup>3</sup>, SI Tie-xin<sup>1,2</sup>

- (1. Key Research Base of Humanities and Social Sciences of the Ministry of Education, Center for Studies of Marine Economy and Sustainable Development, Dalian 116029, Liaoning, China;  
2. Institute of Marine Sustainable Development, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China;  
3. School of Geographical Sciences Liaoning, Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China)

**Abstract:** Multi-factor matching is an important approach to the evolution and sustainable development of coastal areas. To explore the multi-factor matching degree of land-sea population, resources, environment, science and technology and capital and its influencing factors is a difficult problem in the land-sea overall study of coastal areas. Based on the data of 11 coastal provincial-level regions (hereafter provinces) in China from 2005 to 2019, this paper adopts DCI model, dominant factor method and random forest model to study the matching measurement and influencing factors of land-sea multiple factors. The results show that: (1) Land-driven provinces include Liaoning, Hebei and Shandong; sea-driven provinces include Guangxi, Tianjin, Jiangsu, Zhejiang, Fujian and Hainan; land-sea interaction provinces include Shanghai and Guangdong. Most of the provinces are interdriven by land-sea functions over the years, and there are obvious differences in the mechanism and stability of land-sea functions. (2) The factors of population, resources, environment, science and technology and capital are driven by each other, and there are significant differences in the driving effects of each province, leading or driving the development of land-sea multi-factor system. (3) Industrial structure, government regulation, economic development level, opening to the outside world, talent support and social development are the most important factors of land-sea multi-factor matching degree. The research has important theoretical and practical significance for the overall construction of land and sea and the implementation of marine power strategy.

**Keywords:** land-sea coordination; coastal areas; multi-element matching; DCI model; random forest model; influencing factor