

# 中国海洋经济绿色全要素生产率 空间关联及原因分析

薛诚<sup>1</sup>, 王小华<sup>1,2</sup>, 付秀梅<sup>\*3</sup>

(1. 中国海洋大学海洋与大气学院, 青岛 266000; 2. 新南威尔士大学科学学院, 堪培拉 2600;  
3. 中国海洋大学经济学院, 青岛 266000)

**【摘要】**海洋经济为未来国民经济发展提供了新动能, 海洋经济高质量发展是海洋强国建设的重要支撑。本文使用 ML (Malmquist-Lenberger) 指数测算 2008—2016 年中国沿海 11 省份的海洋经济绿色全要素生产率, 利用修正的引力模型获得各省份间的空间关系矩阵, 并进一步运用社会网络分析方法 (SNA, Social Network Analysis) 和二次指派程序 (QAP, Quadratic Assignment Procedure) 方法, 探索了海洋经济绿色全要素生产率的网络关联特征和影响因素。研究表明: (1) 研究期内中国海洋经济绿色全要素生产率空间关联强度呈上升趋势, 但整体关联程度并不高; 关联网络连通效果较好, 网络等级特征明显; 网络中的空间溢出存在多重叠加的现象, 网络具有较强的稳定性。(2) 天津、海南、广西和江苏 4 省份有最多的网络关联关系, 网络通达性最好; 天津、河北、山东和上海 4 省份有较强的网络资源获取能力, 海洋经济高质量发展可获得外部助力; 天津、广西、海南和上海 4 省份对网络中的信息流和物质流的传导有较强的控制能力, 在网络关系中起到桥梁作用。(3) 中国沿海省份可分为 4 个功能板块, 板块之间呈现明显的集聚效应和溢出效应, 海洋经济绿色全要素生产率的空间关联特征明显。(4) 地区经济发展水平差异、海洋产业结构差异和海洋科研实力差异对海洋经济绿色全要素生产率空间关联产生正向影响, 地理距离产生负向影响。本文最后从整体角度、区域角度和网络功能角度提出促进中国海洋经济高质量发展的建议。

**【关键词】**海洋经济; 绿色全要素生产率; 空间关联; 社会网络分析

中图分类号: X22 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2022)04-0028-09 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202204028

进入 21 世纪以来, 海洋已经成为人类社会经济发展的重要空间和资源保障。我国高度重视海洋开发利用工作。党的十九届五中全会提出, 坚持陆海统筹, 发展海洋经济, 建设海洋强国, 强调了海洋经济在国民经济发展中的重要作用。中国海洋经济发展迅速。以可比价格计算, 2011—2019 年, 全国海洋生产总值由 45570 亿元上升到 78740 亿元, 总体增长 72.8%, 年均增长 7.1%。海洋经济已经成为推动中国经济增长的重要一极。然而, 传统粗放的发展方式造成海洋自然资源枯竭、海洋生态环境恶化等问题日益严重, 不仅对当下海洋经

济的发展形成严重制约, 更影响了未来海洋经济发展的可持续性。如何在资源与环境的双重约束下, 实现海洋经济高质量可持续发展, 已成为当下研究的重要课题。作为评价经济可持续发展水平的重要指标, 全要素生产率 (TFP, Total Factor Productivity) 的增长速度及其对产出增长的贡献是衡量经济依托技术进步实现内生增长的主要依据。推动全要素生产率驱动发展是跳出依靠人口红利释放、高投资增长、高出口增长的发展模式, 避免“中等收入陷阱”的必要途径<sup>[1]</sup>。而绿色全要素生产率 (GTFP, Green Total Factor Productivity) 进一步将资源消耗和

基金项目: 国家自然科学基金(41830535)

作者简介: 薛诚, 博士研究生, 主要研究方向为海洋资源与环境综合管理

通讯作者: 付秀梅, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为海洋资源环境与经济可持续发展

环境污染纳入经济发展的分析框架,更能体现高质量发展内涵<sup>[2]</sup>。鉴于此,科学地评价中国海洋经济绿色全要素生产率、理清海洋经济绿色全要素生产率的空间网络结构及关联特征,对今后我国区域海洋经济发展战略和海洋经济政策的制订有着重大的现实意义。

## 1 文献综述

作为衡量经济发展方式转变和增长质量的主要依据,全要素生产率已经越来越多地被引入新古典增长核算分析中<sup>[3]</sup>。近年来,国内学者对中国海洋经济全要素生产率进行了大量研究,研究视角主要集中在三个方面:一是海洋经济全要素生产率时空演进特征。戴彬等<sup>[4]</sup>对2006—2011年中国沿海11省份的海洋经济全要素生产率进行测度,并使用探索性空间数据分析(ESDA, Exploratory Spatial Data Analysis)方法对其时空格局演变进行分析;杜海东等<sup>[5]</sup>对2006—2013年中国沿海省份海洋科技进步贡献率进行测度,并借助Malmquist指数<sup>①</sup>模型对效率变化情况进行分解研究;刘大海等<sup>[6]</sup>通过对海洋产业进行加权汇总,构建了海洋经济全要素生产率的测算模型,实现了长时间序列的海洋经济全要素生产率测算。二是海洋经济全要素生产率影响因子分析。苏为华等<sup>[7]</sup>使用空间计量分析,得到海洋经济全要素生产率受区域开放程度、教育等相关因素的影响,海洋经济发展受政策影响显著的结论;狄乾斌等<sup>[8]</sup>得出在碳排放约束条件下,海洋经济发展水平、海洋产业结构水平和海洋科研人力资本水平是海洋经济效率的驱动因素的结论;宁凌等<sup>[9]</sup>通过面板向量自回归(PVAR, Panel Vector AutoRegression)分析,发现我国海洋科技创新与海洋经济全要素生产率之间存在自我增强机制和双向促进关系,海洋经济发展对海洋经济全要素生产率的影响程度大于对海洋科技创新的影响。三是海洋经济全要素生产率的预测分析。韩增林等<sup>[10]</sup>使

用PVAR对未来十年的海洋经济全要素生产率及其内在机制的变化趋势进行了预测。

伴随经济发展,资源环境问题日益突出,越来越多的学者认为:资源和环境不仅是经济发展的必要投入,也是经济发展的刚性约束<sup>[11]</sup>。传统的全要素生产率分析忽视了能源环境因素而未能对经济绩效和社会福利变化做出准确评价<sup>[12]</sup>,从而使得生产率度量结果有偏差<sup>[13]</sup>。Chung等<sup>[14]</sup>首先提出了运用方向性距离函数,将污染排放看作非期望产出,以测算考虑环境因素的全要素生产率。Feng等<sup>[15]</sup>将能源消耗与环境污染纳入全要素生产率评价中,进而衍生出绿色全要素生产率的概念。近年来,国内学者对中国海洋经济绿色全要素生产率的研究逐渐重视。杜军等<sup>[16]</sup>分析了海洋环境规制、海洋科技创新与海洋经济绿色全要素生产率之间的关系,发现我国海洋经济绿色全要素生产率存在区域异质性,并验证了“波特假说”的存在。秦琳贵等<sup>[2]</sup>从线性和非线性角度研究海洋科技创新对海洋经济绿色全要素生产率的影响,发现科技创新对海洋经济绿色全要素生产率有显著促进作用,且该作用存在单一门槛效应,越过门槛之后,促进作用会更加显著。胡晓珍<sup>[17]</sup>通过对中国海洋经济绿色全要素生产率进行收敛分析,发现中国海洋绿色Malmquist指数不存在收敛趋势,海洋经济的区域差距将长期存在。此外,丁黎黎等<sup>[18-19]</sup>、盖美等<sup>[20]</sup>、赵昕等<sup>[21]</sup>分别测度了不同时期的中国海洋经济绿色全要素生产率,并对其空间演进特征及影响因子进行了分析。

综上,现阶段关于海洋经济绿色全要素生产率的研究主要聚焦于效率评价、时空演进描述和影响因子分析,缺乏对海洋经济绿色全要素生产率空间网络关系的考察。而无论是新古典经济增长理论还是新增长理论都强调,在市场的作下,区域间要素的自由流动、商品的自由交易及由经济活动带来的知识溢出,必然会

①不同学者使用不同的Malmquist指数进行相关研究,本文中Malmquist-Luenberger(ML)指数就是Malmquist指数下的一个分类。

加深区域之间的经济联系,产生经济增长的空间溢出效应<sup>[22]</sup>。传统的空间计量模型虽然可以反映空间关系,却忽视了对结构数据的考察。社会网络分析(SNA, Social Network Analysis)方法能够研究结构数据及其关联关系<sup>[23]</sup>,可有效解决上述问题。基于此,本文使用 Malmquist-Luenberger(ML)指数测算研究期内中国沿海11省份海洋经济绿色全要素生产率,使用社会网络分析方法构建其空间关系网络,考察网络关联特征及演进规律,进而提出促进中国海洋经济高质量协同发展的对策建议,以期为中国海洋经济可持续发展提供理论支撑与决策参考。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 ML 指数模型

ML 指数模型是目前较为常用的测算绿色全要素生产率的非参数模型。本文首先借鉴 Li 等<sup>[24]</sup>的方法,构建包含非期望产出的超效率 SBM 模型(SBM, Slacks-based Model)。在此基础上,根据 Chung 等<sup>[14]</sup>的方法,计算研究时期内各地区的 ML 指数。

### 2.2 修正的引力模型

经济活动空间关联关系的确立是经济空间网络研究的基础。引力模型作为研究空间作用的核心工具,现已被广泛应用于经济研究<sup>[25-28]</sup>。传统的引力模型所依据的是距离衰减理论,即如果各经济现象之间存在着相互作用,则作用的强度将随着彼此间距离的增加而降低<sup>[29]</sup>。本文借鉴该理论思想,将地区间海洋经济绿色全要素生产率联系强度定义为综合经济质量与空间距离的函数,得到修正的引力模型,相关计算过程可参照侯赞慧等<sup>[28]</sup>的研究。

### 2.3 社会网络分析方法

社会网络分析方法是用于分析关系数据的一类方法,其目标是通过考察社会网络中关系的内容和模式来理解行动者之间的联系以及这些联系的意义。该方法使用图论工具或代数模型探索网络关系结构,并在网络整体特征、个体

网络特征和块模型分析等层面做出定量分析<sup>[27-30]</sup>。本文使用社会网络分析方法对中国海洋经济绿色全要素生产率的空间关系进行解构分析。

### 2.4 指标选取与数据来源

本文以我国沿海11省份(天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西、海南)为研究对象。考虑到数据可得性,本文的研究时段选择为2007—2016年。文中数据来源为《中国海洋统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国城市统计年鉴》及各省份的统计公报。货币型指标使用2007年为基期的国内生产总值(GDP, Gross Domestic Product)平减指数进行平减,部分海洋经济数据使用省份整体数据乘以省份海洋生产总值(GOP, Gross Ocean Product)与GDP的比值进行估算。文中投入指标包括劳动力投入、能源投入和资本投入。其中,劳动力投入指标以“涉海就业人员数量”表示,能源投入以“海洋能源消耗”表示,资本投入以“海洋资本存量”表示。由于“海洋资本存量”无法直接获取,本文借鉴丁黎黎等<sup>[18]</sup>的方法对其进行估算。文中的产出指标包括GOP和海洋环境消耗。其中,GOP作为期望产出指标,海洋环境消耗作为非期望产出指标。选取“海洋工业化学需氧量排放量”“海洋工业氨氮排放量”“海洋工业二氧化硫排放量”作为海洋经济活动对环境影响的体现,并通过熵值法构建海洋环境消耗指标。

## 3 实证分析

### 3.1 海洋经济绿色全要素生产率测算

使用 Malmquist-Luenberger 指数模型测算2008—2016年中国沿海11省份海洋经济绿色全要素生产率,并在时间维度和空间维度上求得均值(表1)。在时间维度上,研究期内全国海洋经济绿色全要素生产率呈现波动上升的趋势。除2011年均值小于1以外,其余年份均值都大于1,显示我国海洋经济高质量发展水平得到持续提升。2013年后均值逐年递增,并在

2016 年达到最大值 1.276,表明海洋经济高质量发展能力显著提高,科技推动和集约化发展政策成效显著。在空间维度上,除广西、海南、河北 3 省份以外,其他省份海洋经济绿色全要

素生产率均值都大于 1,显示出良好的海洋经济高质量发展势头。广西、海南、河北 3 省份海洋经济发展过于依赖要素驱动,科技贡献率低,从而导致了海洋经济发展不可持续的问题。

表 1 2008—2016 年中国沿海 11 省份海洋经济绿色全要素生产率

省份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	省份均值
福建	1.045	1.034	1.120	1.000	1.210	1.154	0.993	1.705	1.304	1.174
广东	1.120	1.065	1.162	0.965	1.028	1.015	1.030	1.018	1.071	1.053
广西	0.980	0.912	0.927	0.948	0.922	0.958	0.974	0.979	1.172	0.975
海南	0.660	0.887	1.695	0.076	0.956	0.916	1.047	0.891	1.770	0.989
河北	1.001	0.994	1.006	0.891	0.989	0.990	0.995	0.994	1.070	0.992
江苏	1.061	1.092	1.046	0.948	1.013	1.054	1.127	1.146	1.167	1.073
辽宁	0.934	1.033	1.047	0.885	1.005	1.048	0.994	1.011	1.121	1.009
山东	1.186	1.421	1.313	0.999	1.257	1.167	1.210	1.137	1.224	1.213
上海	1.076	0.934	1.139	0.975	1.029	1.044	1.045	1.030	1.121	1.044
天津	1.185	1.025	1.131	0.766	1.025	1.058	1.231	1.030	1.895	1.149
浙江	1.193	1.080	1.231	0.740	1.072	1.041	1.098	1.016	1.125	1.066
时间均值	1.040	1.043	1.165	0.836	1.046	1.040	1.068	1.087	1.276	—

### 3.2 中国海洋经济绿色全要素生产率空间网络分析

#### 3.2.1 网络整体特征及其演变

使用修正的引力模型构建海洋经济绿色全要素生产率空间关联矩阵。分别选取 2008 年和 2016 年的截面数据,绘制空间网络拓扑图。由图 1 可知,中国海洋经济绿色全要素生产率存在复杂的空间网络结构,每个省份至少存在一个空间关联,省份间的空间联系打破了地理上“相邻”或“相近”的限制,非邻近区域之间也会产生空间溢出效应。因此,中国海洋经济绿色全要素生产率在空间上存在普遍联系。

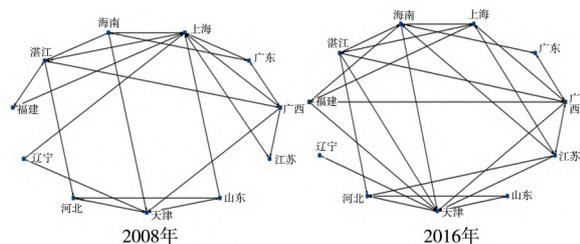


图 1 中国海洋经济绿色全要素生产率的空间关联网络

考察中国海洋经济绿色全要素生产率空间网络的整体特征。首先计算网络密度与网络关联数,见图 2(a)。研究期内网络密度由 0.264 升高到 0.291,网络关联数由 29 升高到 32,表明中国海洋经济绿色全要素生产率空间关联程度呈增大趋势。2013 年,网络密度和网络关联数达到最大值,分别为 0.309 和 34,但仍与理论上的最大值(分别为 1 和 110)存在较大差距,表明各省份间海洋经济发展的关联程度并不高,海洋经济协作还有较大的进展空间。其次计算网络关联度、网络等级度和网络效率,见图 2(b)。结果显示,研究期内空间关联网络的关联度为 1,表明网络连通效果好,各省份海洋经济绿色全要素生产率存在普遍的空间溢出效应。网络等级度呈现明显上升的趋势,由 0.182 提升到 0.625,说明各省份间海洋经济发展成果的空间溢出是有等级差异的,溢出效应的非对称可达程度较大,且受到海洋经济发展水平的影响。网络效率呈现出先降低后升高的波动趋势,但始终保持在 0.66 以上,说明网络

中存在较多的冗余连线,海洋经济发展的溢出效应存在多重叠加的现象,关联网具有较弱的空间稳定性。

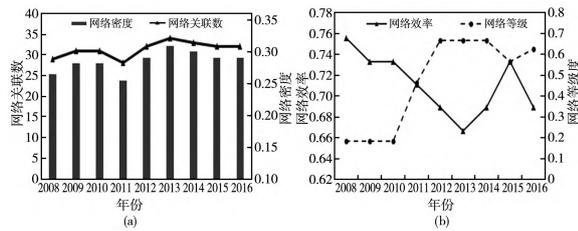


图2 中国海洋经济绿色全要素生产率空间网络整体特征

### 3.2.2 网络个体特征及其演变

此部分主要考察中国海洋经济绿色全要素生产率空间网络的个体中心性特征。计算2016年沿海各省份的度数中心度、接近中心度和中间中心度(表2)。结果表明,天津、广西、海南和江苏4省份的度数中心度位列前四,表明网络中与这些省份直接关联的关系数最多。在有向网络中,空间关联关系包括空间溢出关系和空间受益关系,分别用点出度和点入度表示。2016年,福建、江苏、辽宁、山东和浙江5省份点出度大于点入度,说明这些省份海洋经济高质量发展具有溢出效应,促进了关联省份海洋经济绿色全要素生产率的提升;河北、上海和天津3省份点出度小于点入度,说明这些省份的海洋经济发展表现出对创新成果与资源要素的净吸收;广东、广西和海南3省份点出度等于点入度,表明这些省份的海洋经济发展具有较强独立性,未与关联区域产生明显的互动关系。使用接近中心度衡量具体区域利用网络中其他区域海洋经济高质量发展成果的难易程度。2016年接近中心度排名前四位的省份为天津、河北、山东和上海,这些省份容易吸收其他区域的溢出要素,进而促进本省份海洋经济高质量发展;接近中心度排名后三位的省份为福建、辽宁、浙江和广东,这些省份难以利用其他区域的溢出要素,外部的成果对该省份海洋经济发展没有显著的推动作用。使用中间中心度衡量具体区域对网络中的信息流和物质流的控制能力。2016年中间中心度排名前四

位的省份为天津、广西、海南和上海,这些省份对网络资源的传导有较强的控制能力,在传导过程中起到重要的桥梁和中枢作用;中间中心度排名后四位的省份为福建、河北、辽宁和山东,这些省份在网络中处于弱势地位,不能对网络资源进行有效控制。

表2 中国沿海11省份海洋经济绿色全要素生产率空间关联网络的个体特征

省份	度数中心度				接近中心度		中间中心度	
	点出度	点入度	关联关系数	排名	接近中心度	排名	中间中心度	排名
福建	4	0	4	6	9.09	9	0.00	6
广东	2	2	4	6	18.18	7	1.00	5
广西	4	4	8	2	19.23	5	5.67	2
海南	4	4	8	2	19.23	5	5.67	2
河北	1	4	5	5	58.84	2	0.00	6
江苏	5	3	8	2	18.87	6	5.50	3
辽宁	1	0	1	8	9.09	9	0.00	6
山东	2	1	3	7	47.62	3	0.00	6
上海	2	5	7	3	19.61	4	5.67	2
天津	2	8	10	1	83.33	1	12.50	1
浙江	5	1	6	4	17.86	8	3.00	4

### 3.2.3 块模型分析

本部分主要对2016年中国沿海11省份海洋经济绿色全要素生产率空间网络进行块模型分析。使用迭代相关收敛法(CONCOR, Convergence of iterated CORrelation),最大分割深度设定为2,收敛标准设定为0.2,得到四个非重叠的空间板块(表3)。第一个板块包括福建、广东、浙江和江苏4省份,该板块向外部板块发送关系数明显大于接收外部板块关系数,属于“净溢出板块”;第二个板块包括山东和天津2省份,该板块向外部板块发送关系数明显小于接收外部板块关系数,属于“净受益板块”;第三个板块包括海南、广西和上海3省份,该板块内部关系数较少,同时与外部板块存在双向空间联系,在网络物质流和信息流的传递中起到桥梁作用,属于“经纪人板块”;第四个板块包括河北和辽宁2省份,该板块同时向内部和外部发出关系数,属于“双向溢出板块”。

表 3 中国海洋经济绿色全要素生产率板块划分与溢出效应分析

空间板块	第一板块 接收关系	第二板块 接收关系	第三板块 接收关系	第四板块 接收关系	期望内部关系 比例/%	实际内部关系 比例/%	接收板块 外关联数	板块特征
第一板块	0	3	11	2	30	0	6	净溢出板块
第二板块	0	2	0	2	10	50	7	主受益板块
第三板块	6	2	2	0	20	20	11	经纪人板块
第四板块	0	2	0	0	10	0	4	双向溢出板块

计算各板块的密度矩阵以反映溢出效应在各板块之间的分布情况。由于空间网络密度为 0.291,若板块密度大于 0.291,则表明该板块中具有集聚的趋势。将大于 0.291 的格值赋值为 1,小于 0.291 的格值赋值为 0,得到各板块的像矩阵。像矩阵可更清晰地展示板块之间的溢出情况。由表 4 可知,第二、第三板块对角线元素为 1,说明这两个板块内部具有显著的集聚特征,表现出明显的集聚效应。同时,第一板块对第二板块和第三板块、第二板块对第四板块、第三板块对第一板块和第二板块、第四板块对第二板块都表现出明显的溢出效应,表明中国海洋经济高质量发展存在明显的空间关联特征。

表 4 中国海洋经济绿色全要素生产率空间网络板块的像矩阵

	第一板块	第二板块	第三板块	第四板块
第一板块	0	1	1	0
第二板块	0	1	0	1
第三板块	1	1	1	0
第四板块	0	1	0	0

### 3.3 中国海洋经济绿色全要素生产率空间关联影响因素分析

#### 3.3.1 模型设定

现有研究发现中国区域经济发展的空间关联性与地理因素有关,相邻地区之间更可能具有显著的空间溢出效应<sup>[31]</sup>。通过块模型分析可知,产生空间关联的板块之间在经济基础和科技水平上存在明显差异,由此可知经济基础和科技水平的差异也会影响空间关联的形成。

此外,政府对海洋环境污染的治理力度会影响入海污染物的排放数量,进而影响海洋经济绿色全要素生产率水平。通过地区经济发展水平、海洋生产总值占比和海洋产业结构衡量地区经济基础差异,通过海洋科研实力、海洋科技支撑能力衡量科技水平差异,通过海洋污染治理投资衡量污染治理力度,建立模型如下:

$$R = f(D, G_p, G_o, S_i, E_b, R_t, P_r)$$

其中  $R$  为海洋经济绿色全要素生产率空间关联矩阵;  $D$  为地理距离矩阵;  $G_p$  为地区经济发展水平差异,以人均 GDP 差异矩阵表示;  $G_o$  为海洋生产总值占比差异,以 GDP 中  $GOP$  的占比差异矩阵表示;  $S_i$  为海洋产业结构差异,以海洋经济中第二产业的占比差异矩阵表示;  $E_b$  为海洋科研实力差异,以科研人员中研究生及以上学历占比差异矩阵表示;  $R_t$  为海洋科技支撑能力差异,以海洋基础研究课题数目差异矩阵表示;  $P_r$  为海洋环境污染治理投资差异矩阵。

#### 3.3.2 二次指派程序(QAP, Quadratic Assignment Procedure) 分析

由于模型中的变量都是关系数据,数据之间可能存在高度相关性,使用传统的参数估计方法会存在“多重共线性”的问题,导致参数估计量标准差增大,显著性检验失去意义。本文使用非参数的 QAP 方法,该方法不需要自变量独立的假设,较传统的参数估计方法更为稳健<sup>[32]</sup>。

首先使用 QAP 相关性分析检验空间关联矩阵与自变量矩阵的相关关系。设置随机置换

次数为 5000 ,结果如表 5 所示。其中 ,空间关联关系与地理距离、地区经济发展水平差异、海洋产业结构差异和海洋科研实力差异的相关系数分别为-0.225、0.42、0.187 和 0.206 ,且均在 10%水平上显著 ,说明地理距离、地区经济发展水平和海洋科研实力都会对海洋经济绿色全要素生产率的空间关联产生影响。空间关联关系与海洋生产总值占比差异、海洋科技支撑能力差异和海洋环境污染治理投资差异的相关系数分别为 0.057、-0.018 和 -0.079 ,但均在 10%水平上不显著 ,说明海洋经济的相对体量不能衡量海洋经济高质量发展水平的高低 ,海洋基础研究成果转化效果欠佳 ,海洋环境污染治理对海洋经济绿色全要素生产率的提升效果有限。此外 ,表中  $P \geq 0$  表示随机置换后获得的相关系数不小于实际相关系数的概率 , $P \leq 0$  表示随机置换后获得的相关系数不大于实际相关系数的概率。

表 5 空间关联矩阵 R 与影响因素的 QAP 相关性分析

变量	相关系数	显著性水平	标准差	最小值	最大值	$P \geq 0$	$P \leq 0$
D	-0.255	0.009	0.115	-0.338	0.441	0.991	0.009
Gp	0.420	0.001	0.116	-0.404	0.428	0.001	1.000
Go	0.057	0.285	0.109	-0.364	0.417	0.285	0.715
Si	0.187	0.069	0.126	-0.377	0.381	0.069	0.932
Eb	0.206	0.048	0.121	-0.394	0.385	0.048	0.952
Rt	-0.018	0.430	0.129	-0.364	0.353	0.570	0.430
Pr	-0.079	0.246	0.113	-0.358	0.414	0.754	0.246

QAP 回归分析可用来研究一个矩阵与多个矩阵之间的回归关系 ,并对判定系数  $R^2$  的显著性进行评价。设定置换次数为 5000 ,运行 QAP 回归分析。回归调整后判定系数为 0.30 ,且在 1%的水平上显著 ,表明 4 个差异矩阵变量可以解释海洋经济绿色全要素生产率空间关联变异的 30%。由表 6 可知 ,地理距离系数为负 ,表明地理因素对中国海洋经济绿色全要素生产率空间联系产生负向作用 ,地区间相隔越近 ,越容易产生空间溢出 ,空间联系表现出地理距离

越短关系越密切的特征。海洋产业结构差异系数为正 ,说明具有不同海洋产业结构的区域更易于优势互补 ,产生空间协同效应 ,地区间海洋产业异质性发展有助于海洋绿色增长成果的交流。地区经济发展水平差异系数为正 ,说明地区间经济发展的非均衡性是海洋经济绿色全要素生产率空间关联的条件之一 ,先进地区的发展经验对后发地区海洋经济绿色增长具有现实的借鉴意义。海洋科研实力差异系数为正 ,说明具有不同海洋科技水平的地区间更容易产生知识成果和信息要素的流动。

表 6 空间关联矩阵 R 与影响因素的 QAP 回归分析

变量	回归系数	显著性水平	$P \geq 0$	$P \leq 0$	标准差
截距	0.000	—	—	—	—
D	-0.382	0.001	1.000	0.001	0.007
Gp	0.385	0.002	0.002	0.999	0.001
Si	0.180	0.012	0.012	0.989	0.006
Eb	0.177	0.016	0.016	0.985	0.406

#### 4 结论

本文使用 Malmquist-Luenberger 指数测算中国沿海 11 省份海洋经济绿色全要素生产率 ,利用修正的引力模型获得地区间的空间关联矩阵。在此基础上 ,使用社会网络分析方法对中国海洋经济绿色全要素生产率的空间关联特征进行解构 ,运用 QAP 分析方法探索对空间关联关系产生影响的因素。研究得出结论如下:

(1) 从网络整体特征来看 ,研究期内中国海洋经济绿色全要素生产率空间关联强度呈上升趋势 ,但总体水平仍较弱 ,地区间海洋经济协作还有较大的拓展空间;关联网络连通效果较好 ,地区间存在普遍的空间溢出效应;地区间的溢出效应受到海洋经济发展水平的影响 ,网络等级特征明显;网络中存在较多的冗余连线 ,空间溢出存在多重叠加的现象 ,网络具有较强的稳定性。

(2) 从网络个体特征来看 ,天津、海南、广西和江苏 4 省份的度数中心度最高 ,表明这些

省份具有最多的网络关联关系,网络通达性最好;天津、河北、山东和上海4省份接近中心度最高,表明这些省份有较强的网络资源获取能力,海洋经济高质量发展可获得外部助力;天津、广西、海南和上海4省份中间中心度最高,表明这些省份对网络中的信息流和物质流的传导有较强的控制能力,在网络关系中起到重要的桥梁作用。

(3) 从块模型分析来看,板块之间呈现明显的集聚效应和溢出效应。第二、第三板块内部具有显著的关联性,表现出明显的集聚效应。第一板块对第二和第三板块、第二板块对第四板块、第三板块对第一和第二板块、第四板块对第二板块都表现出明显的溢出效应,表明中国海洋经济高质量发展的空间关联特征明显。

(4) 从关联关系影响因素来看,地理距离影响为负,表明邻近区域更容易产生溢出效应;省份经济发展水平差异、海洋产业结构差异和海洋科研实力差异影响为正,验证了经济基础和科技水平的差异会对空间关联关系产生影响的假设。

综合以上研究,为推动中国海洋经济高质量发展,提出政策建议如下:

(1) 从整体角度上,在鼓励地方提升海洋经济质量的同时,更加注重区域间海洋经济协同发展,增加海洋经济高质量发展成果的交流渠道,鼓励对海洋高科技成果的引进转化,鼓励建立区域间的帮扶机制,切实降低涉及海洋经济要素的跨省份流动成本。

(2) 从板块角度上,加强海洋经济高质量发展的梯度层级建设。对于海洋经济发达、资源吸收能力强的省份,鼓励其成果转化与输出;对于要素流动的中介省份,进一步增强其信息流与物质流的传导功能;对于海洋经济落后省份,加快海洋基础设施建设与海洋科技发展,增强其自身的要素接收能力。

(3) 加强各省份的交通基础设施建设与信息化水平的提高,降低区域间经济差距,加快各

类资源要素跨区域流通,推动中国海洋经济一体化融合发展。

#### 参考文献:

- [1] 杨汝岱.中国制造业企业全要素生产率研究[J].经济研究, 2015(02): 61-74.
- [2] 秦琳贵,沈体雁.科技创新促进中国海洋经济高质量发展了吗:基于科技创新对海洋经济绿色全要素生产率影响的实证检验[J].科技进步与对策, 2020, 37(09): 105-112.
- [3] 陈诗一.中国的绿色工业革命:基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008)[J].经济研究, 2010(11): 21-34.
- [4] 戴彬,金刚,韩明芳.中国沿海地区海洋科技全要素生产率时空格局演变及影响因素[J].地理研究, 2015, 34(02): 328-340.
- [5] 杜海东,关伟,王嵩,等.我国海洋科技进步贡献率效率研究:基于索罗和三阶段DEA混合模型[J].海洋开发与管理, 2017(04): 70-80.
- [6] 刘大海,李晓璇.海洋全要素生产率测算研究:2001—2015年[J].海洋开发与管理, 2018(01): 3-6.
- [7] 苏为华,王龙,李伟.中国海洋经济全要素生产率影响因素研究:基于空间面板数据模型[J].财经论丛, 2013(03): 9-13.
- [8] 狄乾斌,梁倩颖.碳排放约束下的中国海洋经济效率时空差异及影响因素分析[J].海洋通报, 2018, 37(03): 272-279.
- [9] 宁凌,宋泽明.海洋科技创新、海洋全要素生产率与海洋经济发展的动态关系:基于面板向量自回归模型的实证分析[J].科技管理研究, 2020(06): 164-170.
- [10] 韩增林,王晓辰,彭飞.中国海洋经济全要素生产率动态分析及预测[J].地理与地理信息科学, 2019, 35(01): 95-101.
- [11] 李玲,陶峰.污染密集型产业的绿色全要素生产率及影响因素:基于SBM方向性距离函数的实证分析[J].经济学家, 2011(12): 32-39.
- [12] HAILU A, VEEMAN T S. Environmental sensitive productivity analysis of the Canadian pulp and paper industry, 1959—1994: an input distance function approach[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2000(40): 251-274.
- [13] MARTIN N, FRASER I, QUAZI A, et al. Environmentally adjusted productivity measurement: an Australian case study[J]. Journal of Environmental Management, 2007, 85(02): 350-362.
- [14] CHUNG Y H, FARE R, GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach[J]. Journal of Environmental Management, 1997, 51(03): 229-240.

- [15] FENG G H ,SERLETIS A.Undesirable outputs and a primal divisia productivity index based on the directional output distance function[J].Journal of Econometrics ,2014( 183) : 135-146.
- [16] 杜军,寇佳丽,赵培阳.海洋环境规制、海洋科技创新与海洋经济绿色全要素生产率:基于 DEA-Malmquist 指数与 PVAR 模型分析[J].生态经济,2020,36(01):144-153.
- [17] 胡晓珍.中国海洋经济绿色全要素生产率区域增长差异及收敛性分析[J].统计与决策,2018(17):137-140.
- [18] 丁黎黎,朱琳,何广顺.中国海洋经济绿色全要素生产率测度及影响因素[J].中国科技论坛,2015(02):72-78.
- [19] 丁黎黎,郑海红,王伟.基于改进 RAM-Undesirable 模型的我国海洋经济生产率的测度及分析[J].中央财经大学学报,2017(09):119-128.
- [20] 盖美,刘丹丹,曲本亮.中国沿海地区绿色海洋经济效率时空差异及影响因素分析[J].生态经济,2016,32(12):97-103.
- [21] 赵昕,彭勇,丁黎黎.中国海洋绿色经济效率的时空演变及影响因素[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2016,17(05):81-89.
- [22] 李敬,陈澎,万光华.中国区域经济增长的空间关联及其解释:基于网络分析方法[J].经济研究,2014(11):4-16.
- [23] 王凤,刘艳芳,孔雪松,等.基于社会网络理论的农村社会空间联系分析:以武汉市黄浦区李集镇为例[J].经济地理,2016,36(04):141-148.
- [24] LI H ,SHI J F.Energy efficiency analysis on Chinese industrial sectors: an improved super-SBM model with undesirable outputs[J].Journal of Cleaner Production ,2014( 65) : 97-107.
- [25] 朱道才,吴信国,郑杰.经济研究中引力模型的应用综述[J].云南财经大学学报,2008(05):19-24.
- [26] 方大春,孙明月.高铁时代下长三角城市群空间结构重构:基于社会网络分析[J].经济地理,2015,35(10):50-56.
- [27] 彭芳梅.粤港澳大湾区及周边城市经济空间联系与空间结构:基于改进引力模型与社会网络分析的实证分析[J].经济地理,2017,37(12):57-64.
- [28] 侯赞慧,刘志彪,岳中刚.长三角区域经济一体化进程的社会网络分析[J].中国软科学,2019(12):90-101.
- [29] 刘佳,宋秋月.中国旅游产业绿色创新效率的空间网络结构与形成机制[J].中国人口·资源与环境,2018,28(08):127-137.
- [30] 刘军.社会网络分析导论[M].北京:社会科学文献出版社,2004:45-186.
- [31] 潘文卿.中国的区域关联与经济增长的空间溢出效应[J].经济研究,2012(01):54-65.
- [32] WASSERMAN S ,FAUST K.Social network analysis: methods and applications [M]. London: Cambridge University Press , 1994: 48-126.

## Study on spatial correlation and relevant factors of green total factor productivity of marine economy in China

XUE Cheng<sup>1</sup>, WANG Xiaohua<sup>1,2</sup>, FU Xiumei<sup>\* 3</sup>

(1. College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2. School of Science, University of New South Wales, Canberra 2600, Australia;

3. School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** The marine economy has provided new impetus for future development of the national economy and the high-quality development of marine economy is an essential approach to build a maritime power. In this paper, the Malmquist-Lenberger (ML) index was used to estimate the green total factor productivity of marine economy of 11 coastal provinces and cities in China from 2008 to 2016, and the spatial relationship matrix between regions was obtained by using the modified gravity model. Furthermore, the Social Network Analysis (SNA) method and the Quadratic Assignment Procedure (QAP) method were used to explore the network correlation characteristics and influencing factors of the marine green total factor productivity.

**Keywords:** marine economy; green total factor productivity; spatial correlation; Social Network Analysis (SNA)

(责任编辑 安祺)