

沿海城市经济与环境协调关系的时空演变分析

徐 孟¹, 刘大海^{1*}, 邢文秀¹, 李 森²

(1. 自然资源部 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 2. 复旦大学 社会发展与公共政策学院, 上海 200433)

摘 要:运用耦合协调模型和空间相关性模型研究了 2006—2016 年 53 个沿海城市的经济发展与生态环境协调关系的时空演变趋势、重心迁移、空间相关性。结果表明:我国沿海城市经济发展与生态环境的协调发展状况总体呈向好态势,但总体协调度不高,仍处于协调发展的初级阶段;协调度发展存在严重的空间不均衡性,且呈逐步扩大态势,高值区域主要分布在省会城市和计划单列市,而其他大部分城市仍处于失调状态;2006—2016 年协调度重心均位于浙江省金华市,并逐步向西南方向迁移;全局 Moran's I 指数和局部 Moran 散点图显示协调度在空间上呈现明显的正相关,空间集聚性较强。

关键词:协调度;时空演变;沿海城市;重心迁移;空间相关性

中图分类号:P748

文献标识码:A

文章编号:1002-3682(2019)02-0154-11

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2019.02.008

引用格式: XU M, LIU D H, XING W X, et al. Spatial-temporal evolution of the coordination relationship between economy and environment in coastal cities[J]. Coastal Engineering, 2019, 38(2): 154-164. 徐孟, 刘大海, 邢文秀, 等. 沿海城市经济与环境协调关系的时空演变分析[J]. 海岸工程, 2019, 38(2): 154-164.

改革开放以来,中国经济持续高速增长,工业化、城市化进程快速推进,人民生活水平极大提高。但发展过程中,也日益面临资源紧缺、环境破坏、生态失衡等问题^[1]。经历了 40 a 的高速发展后,当前我国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段,正确处理好环境保护与经济发展关系,探索生态优先和绿色发展协同推进新路径,是推动经济高质量发展的内在要求。沿海地区是我国改革开放的前沿地带,也是我国经济最发达、人口最密集、资源环境矛盾最突出的区域。根据《中国统计年鉴》^[2]和《中国城市统计年鉴》^[3]数据可知,2017 年中国沿海地区 11 省(市、区)以约占陆地 13.5% 的国土面积承载了中国 43% 的人口,创造了 57% 的国内生产总值;而沿海城市更是以占全国 4.6% 的面积承载着全国 18.4% 的人口,创造了全国约 34% 的生产总值。但是,随着人口和经济趋海化进程的发展,沿海地区面临着人口密度过大、资源退化、环境污染、生境破坏、灾害频发等一系列资源环境问题,其经济的可持续发展受到制约。因此,如何突破经济发展过程中的资源环境瓶颈,统筹生态环境与经济社会的协调发展关系成为当前沿海地区乃至国家面临的重要任务。

近年来,国内外学者对于经济发展与生态环境的协调关系开展了较为广泛的理论研究和实证研究。理论研究方面,学者们主要围绕环境导致经济增长是否存在极限的问题和经济与环境协调发展的条件问题两个方面开展,1972 年以 Meadows 为首的罗马俱乐部发表了《增长的极限》,预言了经济增长不可能无限期地持续下去^[4]。由此引发了学者们对于经济增长是否存在极限展开讨论:悲观主义者认为只有保护生态环境才能增进人类福利,经济增长不能解决环境问题,必须调整发展模式^[5];乐观主义者认为,可以利用技术进步来改善生态环境,经济增长就不会达到极限。20 世纪 70 年代开始,学者们将生态环境因素纳入经济增长的要素,运用经济增长理论模型探讨经济增长与生态环境之间协调发展的条件,Stiglitz 考虑到资源耗竭对经

收稿日期:2019-03-06

资助项目:海洋公益性行业科研专项——基于生态系统的海洋功能区划关键技术研究与应用(201505001);自然资源部支持项目——海洋战略规划制定与实施(QT4219001)和海洋经济高质量发展政策制定实施和监测评估(QT4319001)

作者简介:徐 孟(1993-),女,硕士研究生,主要从事环境经济评价与规划方面研究. E-mail: xumeng@fio.org.cn

*** 通讯作者:**刘大海(1983-),男,高级工程师,博士,主要从事海洋经济规划与海洋政策方面研究. E-mail: liudahai@fio.org.cn

(陈 靖 编辑)

济发展的制约,并认为加速技术进步可避免稀缺生态环境资源对于可持续发展的约束^[6]。Romer^[7]和Lucass^[8]经济学家们开始将环境污染引入内生经济增长模型,研究自然资源约束下经济持续增长的条件。王海建基于内生经济增长模型,将耗竭性资源引入生产函数中,分析了资源利用、人均消费和环境质量之间的相互关系^[9]。实证研究方面,主要围绕是否存在环境库兹涅茨曲线进行,美国学者 Grossman 和 Krueger 于 1991 年最先提出环境库兹涅茨曲线,该理论认为,经济增长与环境质量之间存在倒“U”型关系,表明环境质量随经济增长先是恶化,而后得到改善的情形^[10]。这一模型已在大量国家、城市的经济与环境的发展案例中得到实证研究^[11-15]。定量评价方面,国内外主要运用评价模型的方式开展经济环境的协调关系研究,首先基于研究区域的特征建立评价指标体系,其次运用相关的评价模型对其协调发展状况进行量化评价,但在沿海区域的研究相对较少。张远等建立海岸带城市的环境—经济协调发展评价指标体系,并对天津市进行了实证分析^[16]。蔡静运用主成分分析方法探讨了大连海洋经济和生态环境的关系^[17]。王辉等^[18]、关伟和刘勇凤^[19]以及张京美等^[20]构建了辽宁沿海经济带经济与环境协调发展度评价指标体系,并对研究区域的协调发展度的时空演变分析。熊永柱和陈芒珊^[21]以及翟仁祥^[22]基于 PSR 框架构建评价指标体系,并将其应用到深圳和江苏的海岸带经济与环境协调发展水平评价中。郑华敏等基于环境库兹涅茨曲线和协调度方法探讨了广西海洋环境与沿海经济发展的关系^[23]。王嵩等建立沿海 11 个省(市、区)的海洋生态与海洋经济的共生演化 Logistic 模型,并进一步运用 PSIR 模型计算海洋生态与海洋经济之间的共生系数^[24]。李国柱等构建海洋经济与资源环境评价体系,运用耦合协调度模型对沿海 11 个省(市、区)的耦合度和协调度进行了分析^[25]。

总体来看,在定量评价方面,学者们主要采用投入产出模型、CGE 模型、EKC 模型、系统动力学模型、综合评价法、耦合协调度模型等评价方法^[26-28];研究尺度主要集中在全国、流域和省域层面^[29-30],但是针对沿海区域范围的研究仅涉及单一的沿海省份或沿海城市,缺乏对我国整个沿海区域及区域间差异的分析;研究的时间尺度方面,缺乏对沿海区域的长时间的趋势观测。总体来看,有必要在研究尺度和区域空间差异分析等方面进行更多探索。鉴于此,本文选取沿海地区 53 个地级单元为研究对象,运用耦合协调度模型测算其 2006—2016 年的经济发展与生态环境协调度,分析其时空演进和空间差异规律,以期为沿海地区经济与环境协调发展及区域政策制定提供一定的参考价值。

2 数据与方法

2.1 研究区域

本文以城市为基本单元开展沿海地区的研究,根据《中国海洋统计年鉴 2017》^[31]确定我国共有 53 个沿海城市,具体见表 1。

表 1 沿海城市^[31]
Table 1 Coastal cities in China^[31]

沿海省(市、区)	沿海城市	数 量	沿海省(市、区)	沿海城市	数 量
天津市	天津	1	福建省	福州、厦门、莆田、泉州、漳州、宁德	6
河北省	唐山、秦皇岛、沧州	3	山东省	青岛、东营、烟台、潍坊、威海、日照、滨州	7
辽宁省	大连、丹东、锦州、营口、盘锦、葫芦岛	6	广东省	广州、深圳、珠海、汕头、江门、湛江、茂名、惠州、汕尾、阳江、东莞、中山、潮州、揭阳	14
上海市	上海	1	广西壮族自治区	北海、防城港、钦州	3
江苏省	南通、连云港、盐城	3	海南省	海口、三亚	2
浙江省	杭州、宁波、温州、嘉兴、绍兴、舟山、台州	7	合计		53

2.2 指标体系与数据来源

关于协调度评价指标体系的研究较多,结合已有研究使用频率较高的指标,基于科学性、全面性、可操作性和数据可获得性的原则,构建经济发展与生态环境协调度指标体系,见表 2(其中指标权重的测算将在 2.3 中进行具体说明)。从经济规模、经济结构、发展水平和经济活力四个方面反映经济发展综合水平,从生态保护、环境污染和环境治理三方面反映生态环境的综合水平。社会经济数据来源于 2006—2016 年的《中国城市统计年鉴》,个别城市的缺失数值采用线性插值法进行拟合获得。各个地级单元的地理信息数据来自中国科学院资源环境数据中心。

表 2 经济发展与生态环境协调度评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of coordination degree between economic development and ecological environment

一级指标	二级指标	权重 λ_i	三级指标	权重 ω_i
经济发展系统	经济规模 B_1	0.312 5	GDP/万元	0.224 7
			公共财政收入/万元	0.365 8
			规模以上工业总产值/万元	0.211 4
			固定资产投资/万元	0.198 0
	经济结构 B_2	0.062 5	第二产业产值占 GDP 比重(—)/%	0.395 1
			第三产业产值占 GDP 比重/%	0.604 9
	发展水平 B_3	0.312 5	人均 GDP/元	0.520 1
			财政收入占 GDP 比重/%	0.412 5
			GDP 增长率/%	0.067 4
	经济活力 B_4	0.312 5	人均科教支出/(元·人 ⁻¹)	0.251 0
			社会消费品零售总额/万元	0.280 8
			实际使用外资金额/万美元	0.468 2
生态环境系统	生态保护 B_5	0.200 0	人均绿地面积/(m ² ·人 ⁻¹)	0.897 0
			建成区绿化覆盖率/%	0.103 0
	环境污染 B_6	0.400 0	工业废水排放量(—)/万 t	0.468 9
			工业二氧化硫排放量(—)/t	0.477 3
			工业烟(粉)尘排放量(—)/t	0.053 8
	环境治理 B_7	0.400 0	一般工业固体废物综合利用率/%	0.932 3
			污水处理厂集中处理率/%	0.036 9
			生活垃圾无害化处理率/%	0.030 8

注:指标层中(—)表示该指标为负向指标,未作说明的为正向指标

2.3 协调度评价方法

2.3.1 数据标准化

为解决数据指标的可比性问题,使各指标处于同一数量级,便于进行综合对比分析,采用归一化处理方法消除量纲不一致的影响。

对正向指标:

$$C_i = \frac{y_i - \min y_i}{\max y_i - \min y_i}, \tag{1}$$

对负向指标:

$$C_i = \frac{\max y_i - y_i}{\max y_i - \min y_i}, \tag{2}$$

式中: i 为我国涉海城市序列号, y_i 表示各项指标的原始数据值, C_i 表示各项指标归一化处理后的值。

2.3.2 指标权重的确定

指标权重的确定是评价的关键,直接影响着评价结果的好坏。本文采用层次分析法和熵值法相结合的方法确定权重,运用熵值法对三级指标权重 w_i 进行测算,运用层次分析法对二级指标权重 λ_j 进行测算,测算结果见表 2。

熵值法是一种在综合考虑各因素提供信息量的基础上计算综合指标的方法,可以较大程度地消除各指标权重计算中的人为干扰。运用熵值法计算 w_i :

$$w_i = (1 - e_i) / (n - \sum_{i=1}^{53} e_i), \tag{3}$$

式中: $e_i = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^{53} R_i \ln R_i$, $R_i = C_i / \sum_{i=1}^{53} C_i$ 。

层次分析法是一种定性分析与定量分析相结合的多准则决策方法。它将一个复杂的多目标决策问题的有关元素分解成若干层次和若干因素(指标),通过定性指标客观量化人们的主观判断,可作为多指标、多方案优化决策的系统方法。层次分析法引入 1-9 标度法,专家和决策者通过两两比较指标的重要程度,逐层判断评分,写成判断矩阵形式,然后根据判断矩阵的特征向量确定每个指标的权重^[32]。设定判断值是下一层 2 个元素相对上一层的相对权重值,2 个元素可分别设为 i 和 j ,相对权重值设为 B_{ij} ,元素的数量设为 n ,则判断矩阵可设为 $\mathbf{B} = (B_{ij})_{n \times n}$,其中的赋值多采用专家打分法等^[33]。对 B_{ij} 值的判定值量化标准通常使用 1-9 标度法进行赋值,如表 3 所示。

表 3 判断矩阵取值含义
Table 3 The meaning of the value of judgment matrix

B_{ij}	重要性	B_{ij}	重要性	B_{ij}	重要性
1	B_i 与 B_j 同等重要	7	B_i 比 B_j 强烈重要	1/3	B_j 比 B_i 稍微重要
3	B_i 比 B_j 稍微重要	9	B_i 比 B_j 极其重要	1/5	B_j 比 B_i 明显重要
5	B_i 比 B_j 明显重要	2,4,6,8	B_i 与 B_j 的重要性分别介于 1~3,3~5,5~7,7~9	1/7	B_j 比 B_i 强烈重要
				1/9	B_j 比 B_i 极其重要

经济系统和环境系统的子系统的相对重要性判断矩阵见表 4 和表 5,其随机一致性检验指标均满足 $CR=0<0.1$ 。因此,经济系统中经济规模(B_1)、经济结构(B_2)、发展水平(B_3)、经济活力(B_4)的相对重要性权重值分别为:0.312 5,0.062 5,0.312 5,0.312 5;环境系统中生态保护(B_5)、环境污染(B_6)和环境治理(B_7)的相对重要性权重值分别为 0.200 0,0.400 0,0.400 0。

表 4 经济系统 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 的相对重要性的判断矩阵
Table 4 Judgment matrix of relative importance of economic system B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4

指 标	B_1	B_2	B_3	B_4	λ_i	一致性检验
B_1	1	5	1	1	0.312 5	$CI=0$ $CR=0<0.1$
B_2	0.2	1	0.2	0.2	0.062 5	
B_3	1	5	1	1	0.312 5	
B_4	1	5	1	1	0.312 5	

表 5 环境系统 B_5 、 B_6 、 B_7 的相对重要性的判断矩阵Table 5 Judgment Matrix of relative importance of environment system B_5 、 B_6 、 B_7

指 标	B_5	B_6	B_7	λ_i	一致性检验
B_5	1	0.5	0.5	0.2	$CI=0$ $CR=0<0.1$
B_6	2	1	1	0.4	
B_7	2	1	1	0.4	

2.3.3 协调度测算模型

耦合度是指 2 个及以上系统通过相互作用而产生相互影响的现象,表示系统或要素之间相互影响的程度,但无法反映系统间协调发展的状况^[30]。而经济与环境协调度是用来衡量一个地区可持续发展能力的重要定量指标^[27],通过引入协调度测算模型以进一步反映经济与环境的综合协调发展程度。

经济发展系统和生态环境系统的综合评价公式:

$$E = \sum_{j=1}^n (\lambda_j \times B_j), \quad (4)$$

式中: E 为经济发展系统或生态环境系统的综合值; B_j 为二级指标的值, $B_j = \sum_{i=1}^m (\omega_i \times C_i)$, 其中 C_i 为三级指标归一化处理后的值, ω_i 为指标 C_i 的权重, m 为每个二级指标下的三级指标的个数; λ_j 为二级指标的权重; n 为二级指标个数; 定义 E_1 为经济发展指数, E_2 为生态环境指数。

D 为协调度,为解释各城市经济发展与生态环境协调度所处的状态,将协调度划分为 6 个等级, $D \in [0, 0.2)$ 为严重失调, $D \in [0.2, 0.4)$ 为中度失调, $D \in [0.4, 0.5)$ 为轻度失调, $D \in [0.5, 0.6)$ 为初级协调, $D \in [0.6, 0.8)$ 为中级协调, $D \in [0.8, 1.0]$ 为优良协调。

$$D = \sqrt{C \times T}, \quad (5)$$

式中: $C = \left[\frac{E_1 \times E_2}{[a E_1 + b E_2]^2} \right]^k$, $T = a E_1 + b E_2$, 其中 a, b 为待定系数,依据“绿水青山就是金山银山”的发展理念,本文界定经济发展和生态环境的重要程度一致,故取 $a = b = 0.5$; k 为协调系数,因度量的是由经济和环境两个系统构成的协调度模型,故 $k = 2$ 。

2.4 空间自相关模型

采用 Moran's I 指数对经济发展与生态环境的协调度的空间相关性进行度量,全局 Moran's I 计算公式见式(6)。Moran's I 的值介于 $-1 \sim 1$; 当 > 0 时,表示空间正相关;当 < 0 时,表示空间负相关;当 $= 0$ 时,表示不存在空间相关性。Moran's I 的显著性检验通过构造服从正态分布的统计量 Z 来实现, Z 值显著为正时,区域间相似值趋于集聚;显著为负时,区域间相似值趋向分散, $Z = 0$ 时区域间相似值呈随机分布。

$$Moran's I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (6)$$

$$Z(I) = \frac{Moran's I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}, \quad (7)$$

式中: n 为城市个数; x_i 和 x_j 分别表示 i 地区和 j 地区的协调度观察值; w_{ij} 为二元邻接空间权重矩阵的元素,当城市 i 与 j 相邻时,取值为 1,反之为 0。

全局 Moran's I 指数只能体现变量的全局空间相关性,无法识别空间单元与邻接单元的关系,进一步采用空间局部指标——局部 LISA 散点图从局部探测区域间协调性的高值与低值。

3 结果分析

3.1 经济发展水平的演变分析

沿海城市经济发展水平总体呈上升趋势,2006—2016年53个城市经济发展指数的平均值从0.0794稳步上升到0.1854,各个城市均呈不同程度的上升,其中天津变化最为明显,这说明改革开放以来,凭借区位和政策优势,人口、资金、技术等生产要素不断向沿海地区集聚,带来了经济的快速发展。2006—2016年,超过平均值的城市数量保持相对稳定,为15~19个,占比为28.30%~35.85%,其中有14个城市始终高于平均值,包括上海、深圳、天津、广州、杭州、青岛、宁波、厦门、大连、东莞、三亚、南通、福州和珠海,这些城市大部分为中心城市、直辖市或计划单列市。区域经济发展存在空间不均衡性,2006—2016年,经济发展指数的标准差由0.0481增长到0.1263,说明城市间的差距在不断增大,其中上海作为国家的经济中心、金融中心,其经济发展指数始终位居首位,平均值为0.5074,指数增幅最大,发展较为迅速;揭阳的平均经济发展指数最低,仅为0.0508,有8年排名末位。

3.2 生态环境状况的演变分析

沿海城市生态环境指数呈略微上升趋势,2006—2016年53个城市生态环境指数的平均值从0.3628上升到0.4011,大部分城市的生态环境指数呈现不同程度的上升,仅有秦皇岛、盘锦、潍坊、深圳、揭阳和防城港六个城市呈现微小的下降趋势,说明沿海城市的生态环境状况总体呈向好态势。2006—2016年超过平均值的城市个数相对较多,为32~36个,占比60.38%~67.92%。城市间生态环境状况的空间差距相对较小且呈缩小态势,2006—2016年生态环境指数的标准差由0.0629下降到0.0347。生态环境指数高值区域主要分布在珠三角和环北部湾地区,其中深圳的平均生态环境指数为最高值,得益于其较好的生态保护和较低的环境污染;而唐山的生态环境指数最低,唐山属于重工业城市,空气污染较为严重,拉低了其生态环境指数。

3.3 协调度的演变分析

从协调度的发展趋势(图1)可知,2006—2016年53个沿海城市协调度的平均值从0.2558上升到0.4240,2006—2012年经济发展与生态环境的整体协调发展状态为中度失调阶段,2012年以后,转为轻度失调阶段。说明沿海城市经济发展与生态环境发展的协调度状况呈向好态势,但总体协调度不高,仍处于协调发展的初级阶段,或向初级协调的过渡阶段。各城市的协调度也均呈现不同程度的上升,其中东营市上升最为明显,由2006年的0.1848上升到2016年的0.3395,年均增速达6.27%。2006—2016年期间协调度>0.4(即处于轻度失调及以上)的城市数量不断增加,由最初的5个增加至30个,其中处于协调状态的城市由无增加至13个。

分析协调度的空间差异可知,53个城市协调度的空间差异较大,且呈逐步扩大态势,标准差由2006年的0.2558逐步上升到2016年的0.4240,其中2016年协调度最高值为深圳,达0.7102,协调度最低值为汕尾,仅为0.2182。到2016年,深圳、天津、上海和广州四城市进入中级协调状态,青岛、杭州、宁波、厦门、东莞、烟台、福州、珠海、南通九个城市进入初级协调状态,而其他大部分城市的经济环境协调关系仍处于失调状态,其中阳江、北海、揭阳、钦州、潮州和汕尾六个城市的协调度值仍低于0.3。综上所述,协调度高值区域主要分布在直辖市、省会省市、计划单列市或区域的中心城市,低值区域主要分布在广西和广东两个省份。

分析协调度重心的空间演变可知,以经济发展指数、生态环境指数和协调度为权重,计算2006—2016年11年的重心,通过重心的转移来反映空间结构特征变化情况。53个沿海城市的几何重心位于安徽省芜湖市,经济发展指数重心、生态环境指数重心和协调度指数重心明显偏离几何重心,并偏东南方向,说明东南部

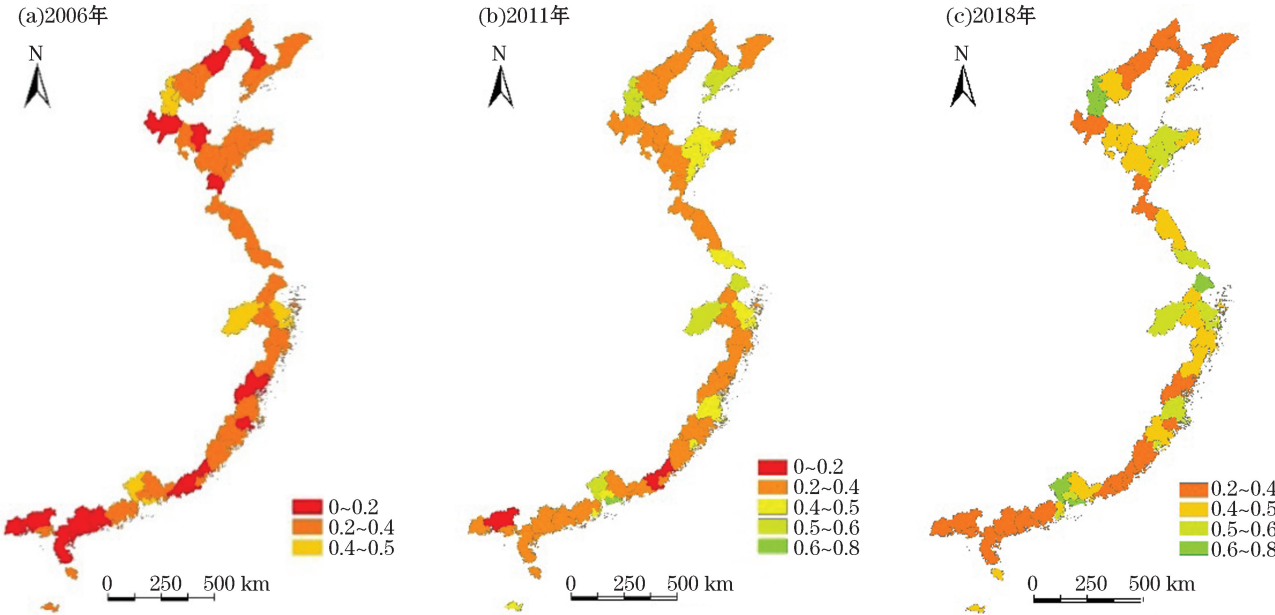


图 1 沿海城市协调度的时空演变

Fig.1 Spatial-temporal evolution of the coordination degree in coastal cities

城市各方面总体水平较高。由重心迁移轨迹(图 2)可知,经济发展指数重心总体向东北方向移动,向北移动幅度大于向东的移动幅度,2006 年经济发展指数重心位于浙江省中部城市金华市,到 2007 年移动到绍兴市,到 2010 年继续移动到杭州市;生态环境指数重心移动方向与经济发展指数相同,2006 年生态环境重心位于浙江省丽水市,2007 年开始总体向东北方向移动,向北和向东移动幅度基本相当,2007 年以后重心均位于金华市;协调度重心迁移方向与前两者相反,总体向西南方向移动,向南移动幅度大于向西移动幅度,2006—2016 年重心均位于金华市。从重心移动距离来看,经济发展指数重心>协调度重心>生态环境指数重心。总之,区域上东北方向的城市的经济发展指数和生态环境指数的变化幅度大于其他城市,西南方向城市的协调度的变化幅度大于其他城市;而指标上经济发展指数的变化幅度大于协调度和生态环境指数。

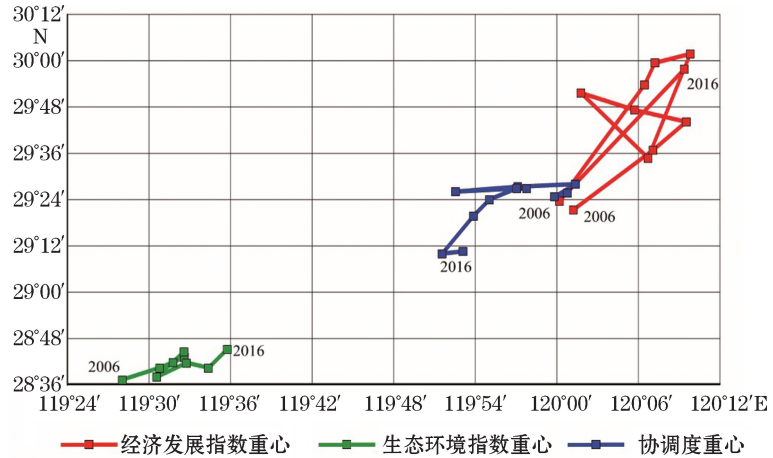


图 2 2006—2016 年经济发展指数、生态环境指数和协调度的重心迁移轨迹

Fig.2 The gravity center migration trajectories of economic development index, ecological environment index and coordination degree from 2006 to 2016

从协调度的空间相关性来看,使用软件 Geoda 测算了 2006—2016 年沿海城市的经济发展与生态环境协调度的全局 Moran's I 值,结果表明,2006—2016 年协调度全局 Moran's I 均为正值,且均通过 Z 值检验 ($P \leq 0.05$),表明沿海城市间协调度在空间上呈现明显的空间相关性,表现为较强的集聚性;时间趋势上,协调度的空间相关性随时间呈现“U”型发展趋势,2006—2012 年协调度的空间集聚性逐渐变弱,2013—2016 年空间集聚不断加强。由局部 Moran 散点图(图 3)可知,高值与高值集聚、低值与低值集聚两种同质性类型多于高低值集聚的异质性类型,2006 年位于 H—H 象限和 L—L 象限的城市有 31 个,到 2016 年增加至 40 个,占有沿海城市数量的 75.5%,说明相邻区域间协调度呈现正的空间相关性,集聚趋势增强,区域协调度受到周围城市的影响较大。

表 6 2006—2016 年沿海城市经济发展与生态环境协调度全局自相关分析结果

Table 6 Global autocorrelation analysis of coordinated degree between economic development and ecological environment of coastal cities in 2006—2016

年 份	Moran's I	Z	P
2006	0.812 994	8.412 817	0.000 000
2007	0.807 112	8.351 926	0.000 000
2008	0.779 562	8.066 972	0.000 000
2009	0.738 944	7.646 847	0.000 000
2010	0.737 554	7.632 624	0.000 000
2011	0.718 600	7.436 396	0.000 000
2012	0.692 029	7.161 523	0.000 000
2013	0.744 325	7.702 396	0.000 000
2014	0.765 399	7.920 22	0.000 000
2015	0.873 637	9.039 975	0.000 000
2016	0.914 081	9.458 505	0.000 000

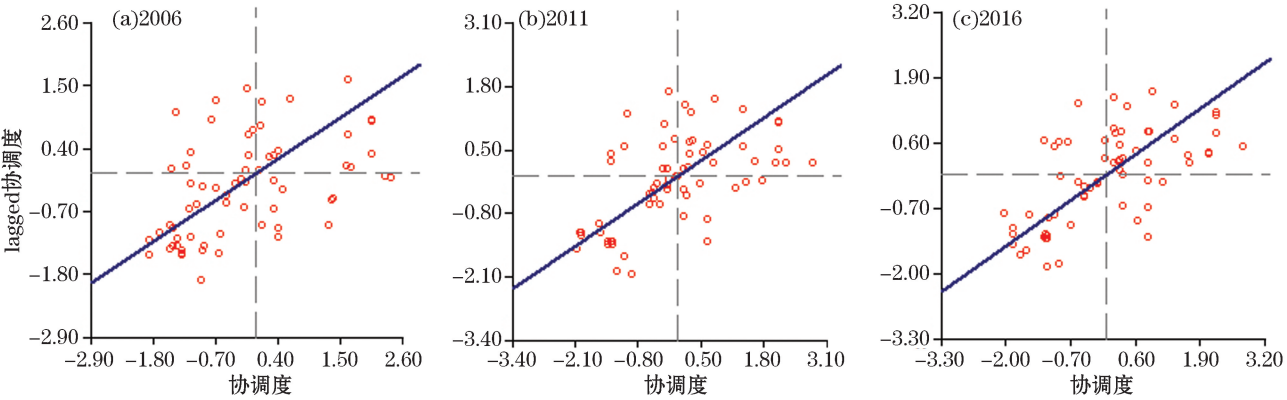


图 3 2006 年、2011 年和 2016 年协调度局部 Moran 散点图

Fig.3 The local Moran scatter graphs of coordination degree in 2006, 2011 and 2016

4 结论与讨论

通过对沿海地区的经济发展与生态环境的协调关系进行探讨,得出主要研究结论:

1)从经济和环境发展水平来看,我国沿海城市的经济发展指数总体呈上升趋势,平均值由 2006 年的 0.079 4 稳步上升到 2016 年的 0.185 4,但区域经济发展存在空间不均衡且差距不断加大,高值主要分布在中心城市和计划单列市。生态环境指数总体呈向好态势,平均值由 2006 年的 0.362 8 上升到 2016 年的 0.401 1,城市间生态环境状况的空间差距相对较小且呈缩小态势,高值主要分布在珠三角和环北部湾地区。

2)从协调度的发展趋势来看,我国沿海城市经济发展与生态环境的协调度呈向好态势,2006—2016 年协调度平均值由 0.255 8 上升到 0.424 0,由中度失调状态转为轻度失调状态,但协调度不高,仍处于协调发展的初级阶段,或向初级协调的过渡阶段。

3)从协调度的空间差异来看,协调度存在严重的空间不均衡性,且呈逐步扩大趋势。其中高值区域主要分布在深圳、广州、天津、上海等中心城市及杭州、青岛、大连、宁波、厦门等省会城市和计划单列市,大部分城市仍处于失调或者初级协调状态。

4)从重心迁移来看,沿海城市的经济发展指数重心、生态环境指数重心和协调度指数重心明显偏离几何重心,并偏东南方向。2006—2016 年经济发展指数重心和生态环境指数重心总体向东北方向移动,协调度重心向西南方向迁移且始终位于浙江省金华市;重心移动距离,经济发展指数重心>协调度重心>生态环境指数重心。

5)从协调度的空间相关性来看,全局 Moran's I 指数均显著为正,空间上呈现较强的正相关,局部 Moran 散点图显示高值与高值集聚、低值与低值集聚两种同质性类型多于高低值集聚的异质性类型,区域协调度受到周围城市的影响较大。

总体来看,我国沿海地区经济发展与生态环境协调度的整体水平较低且区域间不均衡,大部分城市仍处于失调或者初级协调状态。为提高经济发展与生态环境协调度,各城市应牢固树立和践行“绿水青山就是金山银山”的理念,正确处理好经济发展和生态环境之间的关系,通过绿色转型、绿色发展实现经济高质量发展。同时充分利用城市间协调度的空间相关性,协调度较高的城市在保持经济稳步发展的同时,要注重生态环境保护与修复,充分利用其核心地位,提高对周边城市协调度的辐射扩散作用;协调度较低的城市一方面要发现自身优势促进经济发展,另一方面要建立区域联动机制,积极向周边发达地区靠拢,借鉴其经济环境协调发展经验,统筹规划产业、人口和生态布局,促进自身协调发展。

最后,本文以我国 53 个沿海城市为研究单元,探讨了经济发展与生态环境协调关系的时空演变趋势、重心迁移和空间相关性等。但是经济环境系统是一个非常复杂的系统,内涵远比本文的指标体系所能反映的更为丰富,受限于数据获取原因,未能选择代表海洋经济和海洋生态环境的相关指标,如海洋产业产值、近岸海域污染等指标。此外,环保投资、空气污染等方面的指标有待在未来的研究中进一步完善。

参考文献(References):

- [1] JIN Y Q. New Idea and realization pathways of high-quality green development[J]. Journal of Hebei University of Economics and Trade, 2018, 39(6): 22-30. 金乐琴. 高质量绿色发展的新理念与实现路径——兼论改革开放 40 年绿色发展历程[J]. 河北经贸大学学报, 2018, 39(6): 22-30.
- [2] National Bureau of Statistics. China statistical yearbook 2018[M]. Beijing: Chinese Statistics Press, 2018. 国家统计局. 2018 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
- [3] Department of Urban Socio-Economic Survey. National Bureau of Statistics. China city statistical yearbook 2018[M]. Beijing: Chinese Statistics Press, 2018. 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
- [4] MEADOWS D H, MEADOWS D L, RANDERS J, et al. The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind[M]. New York: Universe Books, 1974.
- [5] ZHANG R P. A Review of the research on the harmonious development of ecological environment and economic growth[J]. Inquiry into Economic Issues, 2016(12): 179-183. 张瑞萍. 生态环境与经济增长协调发展研究综述[J]. 经济问题探索, 2016(12): 179-183.
- [6] STIGLITZ J. Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths[J]. The Review of Economic Studies, 1974, 41(5): 123-137.

- [7] ROMER P. Increasing returns and long-run growth[J]. *Journal of Political Economy*, 1986, 94(5): 1002-1037.
- [8] LUCASS R. On the mechanics of economic development[J]. *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1): 3-42.
- [9] WANG H J. Endogenous economic growth model under resource and environment constraints[J]. *Forecasting*, 1999(4): 37-39. 王海建. 资源环境约束之下的一类内生经济增长模型[J]. *预测*, 1999(4): 37-39.
- [10] HU D, XU K P, YANG J X, et al. Economic development and environmental quality: progress on the Environmental Kuznets Curve [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004(6): 1259-1266. 胡聘, 许开鹏, 杨建新, 等. 经济发展对环境质量的影响——环境库兹涅茨曲线国内外研究进展[J]. *生态学报*, 2004(6): 1259-1266.
- [11] LINDMARK M. An Eck-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden 1870-1997[J]. *Ecological Economics*, 2002, 42(1-2): 333-347.
- [12] SURI V, CHAPMAN D. Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve[J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(2): 195-208.
- [13] COLE M A, RAYNER A J, BATES J M. The environmental Kuznets curve: an empirical analysis[J]. *Environment and Development Economics*, 1997, 2(4): 401-416.
- [14] DE BRUYN S M, VAN DEN BERGH J C J M, OPSCHOOR J B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curve[J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(2): 161-175.
- [15] PAUDEL K P, ZAPATA H, SUSANTO D. An empirical test of environmental Kuznets curve for water pollution[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2005, 31(3): 325-348.
- [16] ZHANG Y, LI F, ZHENG B H, et al. Evaluation of coordinated development of economy-environment system in coastal zone city and its application[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2005(2): 53-56. 张远, 李芬, 郑丙辉, 等. 海岸带城市环境—经济系统的协调发展评价及应用——以天津市为例[J]. *中国人口、资源与环境*, 2005(2): 53-56.
- [17] CAI J, ZHANG C X, HOU L. Principal component analysis on marine economy and environmental development[J]. *Marine Environmental Science*, 2007(3): 264-267. 蔡静, 张翠霞, 侯磊. 海洋经济与环境发展的主成分分析[J]. *海洋环境科学*, 2007(3): 264-267.
- [18] WANG H, GUO L L, SONG L. Spatial evolution of the economic and environmental coordination degree for 14 cities in Liaoning Province[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(5): 35-40. 王辉, 郭玲玲, 宋丽. 辽宁省 14 市经济与环境协调度的时空演变研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(5): 35-40.
- [19] GUAN W, LIU Y F. The analysis of spatiotemporal evolution of economic and environmental coordination development degree in Liaoning coastal economic belt[J]. *Geographical Research*, 2012, 31(11): 2044-2054. 关伟, 刘勇凤. 辽宁沿海经济带经济与环境协调发展的时空演变[J]. *地理研究*, 2012, 31(11): 2044-2054.
- [20] ZHANG J M, GAI M, GENG Y D. Spatial evolution of economic and environmental coordination degree for Liaoning coastal economic belt[J]. *Resource Development & Market*, 2012, 28(5): 409-413. 张京美, 盖美, 耿雅冬. 辽宁省沿海经济带经济与环境协调度时空演变研究[J]. *资源开发与市场*, 2012, 28(5): 409-413.
- [21] XIONG Y Z, CHEN Y S. Analysis of coordinative development of environment and economy of coastal zone in the Shenzhen City[J]. *Marine Economy*, 2013, 3(5): 42-49. 熊永柱, 陈燕珊. 深圳市海岸带经济与环境协调发展分析[J]. *海洋经济*, 2013, 3(5): 42-49.
- [22] ZHAI R X. Study on the harmonious development of economic and environmental system in the marine zone of Jiangsu Province[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2014, 42(12): 487-489. 翟仁祥. 江苏省海洋带经济与环境系统协调发展研究[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(12): 487-489.
- [23] ZHENG H M, ZHANG J B, ZHOU Y Y, et al. Relationship between ocean environment and coastal economic development in Guangxi [J]. *Journal of Guangxi Academy of Sciences*, 2017(33): 200-208. 郑华敏, 张建兵, 周游游, 等. 广西海洋环境与沿海经济发展的关系[J]. *广西科学院学报*, 2017(33): 200-208.
- [24] WANG S, SUN C Z, FAN F. Marine economic and ecological symbiosis form of coastal provinces and cities in China based on symbiosis theory[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(3): 342-350. 王嵩, 孙才志, 范斐. 基于共生理论的中国沿海省市海洋经济生态协调模式研究[J]. *地理科学*, 2018, 38(3): 342-350.
- [25] LI G Z, HAO T T, ZHAO K X. The analysis of the coupling and coordinated development of marine economy and resource environment in coastal provinces of China[J]. *Jilin Normal University Journal (Humanities & Social Science Edition)*, 2018, 46(2): 81-87. 李国柱, 郝婷婷, 赵可鑫. 我国沿海地区海洋经济与资源环境耦合协调发展分析[J]. *吉林师范大学学报(人文社会科学版)*, 2018, 46(2): 81-87.
- [26] LI Y, LI J Q. China's environment regulation policy on its economic growth based on a computable nonlinear dynamic input-output model[J]. *Systems Engineering*, 2009, 27(11): 7-13. 李泳, 李金青. 环境规制政策与中国经济增长——基于一种可计算非线性动态投入产出模型[J]. *系统工程*, 2009, 27(11): 7-13.
- [27] WANG Y, WANG E D, BI Y. Impact of a peak in carbon emissions on China's economy in different situations: analysis based on CGE

- model[J]. *Resources Science*, 2017, 39(10): 1896-1908. 王勇, 王恩东, 毕莹. 不同情景下碳排放达峰对中国经济的影响——基于 CGE 模型的分析[J]. *资源科学*, 2017, 39(10): 1896-1908.
- [28] HE S C, WANG Y, GAO Q, et al. System dynamics simulation for the coordinated development of urban economy and environment[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, 18(8): 698-703. 贺晟晨, 王远, 高倩, 等. 城市经济环境协调发展系统动力学模拟[J]. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(8): 698-703.
- [29] WU Y M, ZHANG Y. Analyzing coupled regional economic growth and environmental conservation in China[J]. *Resources Science*, 2008(1): 25-30. 吴玉鸣, 张燕. 中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J]. *资源科学*, 2008(1): 25-30.
- [30] DU B, ZHENG G H, LIU Y F. A study on the coordinated development of economy and environment in the Yangtze River economic zone[J]. *East China Economic Management*, 2016, 30(6): 78-83. 杜宾, 郑光辉, 刘玉凤. 长江经济带经济与环境的协调发展研究[J]. *华东经济管理*, 2016, 30(6): 78-83.
- [31] Ministry of Natural Resources. China marine statistical yearbook 2017[M]. Beijing: China Ocean Press, 2018. 自然资源部. 中国海洋统计年鉴 2017[M]. 北京: 海洋出版社, 2018.
- [32] YAO Z Q, ZHANG L J, XIONG A B, et al. The analysis and application of the principal component analysis based on analytic hierarchy process[J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2016, 46(18): 176-183. 姚泽清, 张洛嘉, 熊安邦, 等. 基于层次分析的主成分分析法及其应用[J]. *数学的实践与认识*, 2016, 46(18): 176-183.
- [33] SHEN Z D. Analysis of analytic process to build a state-owned enterprises evaluation system[J]. *Auditing Research*, 2013(2): 106-112. 申志东. 运用层次分析法构建国有企业绩效评价体系[J]. *审计研究*, 2013(2): 106-112.

Spatial-Temporal Evolution of the Coordination Relationship Between Economy and Environment in Coastal Cities

XU Meng¹, LIU Da-hai¹, XING Wen-xiu¹, LI Sen²

(1. *First Institute of Oceanography, MNR, Qingdao 266061, China;*

2. School of Social Development and Public Policy, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The spatial and temporal evolution trend, gravity center migration and spatial correlation of the coordinated relationship between economic development and ecological environment in 53 coastal cities from 2006 to 2016 are studied by using coupled coordination and spatial correlation models. The results indicate that the coordinated development between the economic development and the ecological environment in the coastal cities of China shows, as a whole, a good trend, but the overall coordination degree is not high and still in an initial stage of coordinated development. A serious spatial imbalance occurs in the degree of coordinated development among the coastal cities and tends to expand gradually. The areas with a relatively high coordination degree are mainly distributed in the provincial capital cities and the cities specifically designed in the state plan, whereas most other cities are still in an imbalance state. From 2006 to 2016, the gravity center of the coordination degree was located in Jinhua City of Zhejiang Province and migrated toward southwest gradually. Both the global Moran's I index and the local Moran scatter graph show that the degree of coordination is positively correlated in space and has a strong spatial agglomeration.

Key words: coordination degree; spatial-temporal evolution; coastal city; gravity center migration; spatial correlation

Received: March 6, 2019