

基于熵效率模型的环渤海地区海洋经济系统韧性研究

孙才志, 曹 强, 邹 玮

(辽宁师范大学 海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029)

摘要: 可持续发展理论难以深入解释区域经济为何能在扰动因素下保持增长, 而“韧性”是解析区域经济演化的重要概念. 本文基于演化韧性视角, 提出海洋经济系统韧性概念, 建立以信息熵为基础的评价体系, 并构建熵投入和熵产出的熵效率模型, 应用 SBM 模型测算环渤海地区 17 个沿海城市在 16 年间的海洋经济系统熵效率, 最后分析了海洋经济系统熵变过程及韧性的演化规律与机制. 研究表明 2000~2015 年环渤海地区: (1) 海洋经济系统的发展与韧性水平的提升由系统熵流与熵产生所形成的负熵所驱动; (2) 海洋经济系统韧性经历由慢到快、由差到优的发展过程, 目前韧性整体相对较好, 城市间的差异依然显著; (3) 海洋经济系统的完善与韧性的提升主要依赖于海洋经济系统压力输出的持续减小, 以及适应与更新能力的提升, 而受生产力水平与扰动因素的影响较小; (4) 为保持海洋经济持续健康增长, 应在强调可持续发展的同时, 注重提升海洋经济系统的韧性水平.

关键词: 韧性; 海洋经济; 熵效率模型; 演化韧性; 环渤海地区

中图分类号: F129.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2020) 01-0010-09

全球化浪潮和国际秩序使现有经济编织在一个非线性的复杂网络中, 气候变化、生态脆弱、逆全球化浪潮、地缘政治敏感以及贸易冲突等多种不确定因素使区域经济发展在可持续理论框架下变得难以预测^[1-2]. 为解释不同地区经济抵御冲击和恢复能力的差异, 韧性概念被引入经济地理研究中^[3-5], 并成为继“绿色”“可持续”“精明增长”等之后又一在全球范围内影响区域经济发展的重要理念^[6]. 总体来看, 韧性概念及内涵经历了从单一平衡的工程韧性到多重平衡的生态韧性, 再到循环动态的适应韧性的发展历程, 并从追求系统平衡转向强调系统适应性和更新能力^[7-9]. 早期, 韧性在物理视角下被理解为系统在不改变自身结构、功能和同一性的前提下所能承受的干扰量. 随后, Holling 在生态学领域承认系统的多重平衡, 并将韧性拓展为不仅可以使系统恢复到原始的平衡状态, 还可以使之从一种平衡状态向另一种平衡状态转化. 接着, 基于演进理论的学者认为区域是由外界获取新知识并不断发展演化的复杂适应性系

统^[10], 并把韧性定义为区域不断调整自身社会经济和制度结构以适应外部环境变化并持续增长的能力. 目前, 国外对经济韧性开展了大量理论与实证研究并取得丰硕成果^[8,11], 国内则处于理论引入阶段, 实证研究零星分布于城市地理研究^[12].

我国是海洋大国, 海洋经济关乎沿海地区乃至我国经济的整体稳定性与发展^[13]. 现阶段, 我国经济已进入“新常态”的攻坚期, 面对着趋势性因素、周期性因素以及不确定因素的多重叠加, 经济的下行压力十分明显. 而海洋经济相比陆域经济更具开放性、敏感性和复杂性, 国家提出“我国经济韧性好”的整体判断与“建设海洋强国”的宏大战略是否具有海洋经济基础, 海洋经济如何适应诸多不利因素并保持增长, 以及海洋经济韧性怎样进行时空演化与分异等问题值得学界进行深入探究与论证. 目前, 国内关于海洋经济可持续发展的研究主要以资源生态承载力^[14-15]、生态经济效率^[16-17]、产业结构^[18-19]、脆弱性^[20-21]等为视角, 侧重提升系统消除不确定因素影响的能力, 而较少

收稿日期: 2019-09-10.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 教育部人文社会科学重点研究基地重大课题(16JJD790021).

第一作者: 孙才志(1970-), 男, 山东烟台人, 博导/教授, 主要研究方向: 水资源与海洋经济. E-mail: suncaizhi@lnnu.edu.cn

考虑海洋经济对扰动因素的适应能力. 从研究尺度来看, 目前国内关于海洋经济的研究主要以省域为尺度, 并围绕沿海 11 省市展开. 演化经济地理学认为区域经济是一个有机整体, 其研究对象应该是连续的, 研究尺度应尽量微观. 因此, 有必要对较小尺度的市域单元在较长时间范围进行研究, 从而更深入地分析与揭示海洋经济系统的韧性水平、演化过程及发生机制, 以便为沿海地区经济和社会发展提供更为切实的理论与决策支持.

基于此, 本文提出海洋经济系统韧性概念, 并将其定义为海洋经济系统在不利因素的扰动和冲击下, 依靠不断调整自身结构和组成要素以适应内外环境变化并保持增长的能力. 同时, 本文基于信息熵模型构建了海洋经济系统韧性指标体系, 提出了熵效率模型, 计算了 17 个沿海城市的海洋经济系统熵效率, 最后分析了韧性的演化规律与驱动机制, 以期海洋经济研究与发展提供新的视角和理念.

1 研究区域

1.1 区域概况

环渤海地区是指由环绕渤海全部及黄海部分地区所形成的经济区域, 涵盖 17 个沿海城市(图 1). 环渤海地区作为我国沿海经济增长“三极”之一, 其经济占全国比重较大, 人口分布极为集中, 对我

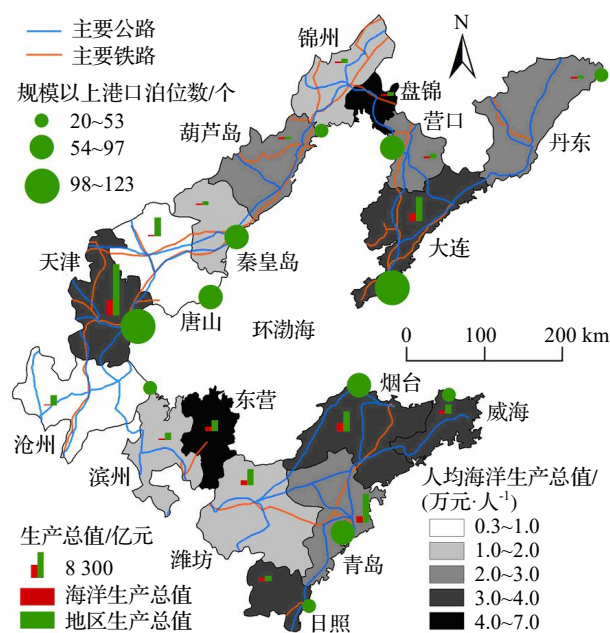


图 1 2015 年环渤海地区海洋经济基本状况

国经济稳定与发展具有重要意义. 改革开放 40 年来, 环渤海地区快速发展, 17 个城市已呈现出不同的经济基础、结构与状态(图 1).

1.2 数据来源

本文以环渤海地区 17 个沿海城市为研究对象, 限于统计数据具有延时性和有限性, 数据主要源于 2001~2016 年的《中国海洋统计年鉴》《中国区域统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》以及各省市统计年鉴和统计公报. 其中海洋产业全员劳动生产率、百万元生产总值捕捞量、百万元生产总值耗电量、环境污染指数、海洋产业结构与就业结构偏离系数、海洋产业结构转换率、海洋产业系统结构熵等数据根据年鉴数据综合处理得到.

2 研究方法与指标体系

2.1 海洋经济系统的熵变过程和熵效率模型

2.1.1 海洋经济系统的熵变过程

1948 年, Shannon 将熵引入信息论, 并将其命名为“信息熵”, 用以反映系统的无序度以及判断系统演化的方向. 耗散结构理论认为, 远离平衡态的非线性开放系统不断与外界进行物质、能量和信息交换, 促使系统通过涨落及突变由原本混沌无序状态向一种在时间、空间或功能上新的有序状态转变^[22]. 从本质上讲, 耗散结构就是由系统输入与输出所形成的宏观有序, 始终处于动态变化中的平衡. 海洋经济系统是外界有着广泛的物质、能量和信息交换的非线性开放系统, 且具有动态性、代谢性和自组织性等复杂系统的一般特征, 其结构随外部扰动和内部涨落的变化而发生着结构性的演替和变化, 是一种动态稳定的有序结构, 符合耗散结构系统的预定假设, 具有耗散结构的一切特征^[23].

从熵的角度看, 海洋经济系统的演化过程就是通过系统的输入与输出, 使得旧的结构不断解体和新的耗散结构不断形成的过程. 因此, 海洋经济系统的演化过程以及系统状态可以用耗散结构系统熵变来表征.

依据耗散结构理论和海洋经济系统的结构、特征以及性质, 海洋经济系统的熵变过程可分为 2 个部分: (1) 海洋经济系统在生产过程中进行物质、能量和信息交换时产生的熵变, 称为“熵流”, 主要

表征海洋经济系统的生产效率; (2) 海洋经济系统在发展过程中扰动因素与系统之间相互作用所产生的熵变, 称为“熵产生”, 主要表征系统的适应力. 总熵变为熵流和熵产生之和, 主要反映海洋经济系统的整体演化方向.

2.1.2 海洋经济系统的熵效率模型

熵流、熵产生及总熵变只能反映系统的演化过程与方向, 而不能量化系统的韧性水平. 海洋经济系统韧性大小的本质是系统应对各种扰动因素的恢复与适应效率. 同时, 数据包络分析(DEA)是进行效率评价最为常见的方法, 并已被证明在测度决策单元的效率方面是一种非常有效的工具. 本文基于耗散结构和信息熵理论, 提出将压力型输出熵和扰动型熵作为海洋经济系统的韧性投入, 将支持型输入熵和适应型熵作为海洋经济系统的韧性产出, 运用 DEA 中的 SBM 模型计算海洋经济系统韧性的信息熵投入产出效率, 以熵效率得分反映海洋经济韧性的相对大小.

2.2 信息熵与熵效率计算方法

2.2.1 信息熵计算

对于一个不确定性系统, 若用随机变量 X 表示其状态特征, 对于离散型随机变量, 设 X 取值为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} (n \geq 2)$, 每一取值对应的概率为 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\} (0 \leq p_i \leq 1)$, 且有 $\sum p_i = 1$, 则该系统的信息熵为:

$$S = -\sum p_i \ln(p_i), \quad (1)$$

式中: S 为不确定性系统的信息熵, p_i 为不确定性系统状态随机变量 X 的概率.

海洋经济系统熵流和熵产生的计算针对不同年份的信息熵. 若对 m 个年份 n 个评价指标进行评价, ΔS 为上文所构建的支持型输入熵、压力型输出熵、扰动型熵、适应型熵等 4 种类型熵, 则:

$$\Delta S = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^n \frac{P_{ij}}{P_j} \ln \frac{P_{ij}}{P_j}, \quad (2)$$

式中: P_{ij} 为原始指标的归一化值; P_j 为第 j 年指标标准化值的求和, 即: $P_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$.

2.2.2 基于 SBM 模型的熵效率计算

DEA 从本质上看是个“投入-产出”系统的效率评价模型^[21]. 其中, Tone 提出基于松弛变量测度的非径向-非角度的 SBM 模型, 相比传统 DEA 模

型直接把松弛变量纳入了目标函数中, 解决了存在非期望产出时的效率测量问题以及投入和产出“松弛”问题, 具有更强的分辨率和灵活性^[21]. 本文选用 Tone 提出的 SBM 模型从信息熵的“投入-产出”角度测度海洋经济系统的熵效率.

$$P = \left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{i0}} \right) / \left(1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \sum_{r=1}^{s_1} \frac{S_r^g}{y_{r0}^g} \right), \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} x_0 = X + s^-, \\ y_0^g = Y^g - s^g, \\ y_0^b = Y^b - s^b, \\ s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \end{cases} \quad (4)$$

式中: P 为海洋经济系统的熵效率值; x, y^g 分别为投入与产出; s^-, s^g 分别为投入和产出的弛变量.

2.3 指标体系构建

海洋经济系统是一个涉及经济、自然与社会的复合性系统, 难以用少数几个指标来刻画其复杂的状态和演化过程, 因此构建系统的综合性指标体系在海洋经济研究中具有较好的适用性, 目前已被专家学者广泛验证与应用. 指标体系的构建和具体指标的筛选是准确测度的关键, 本文借鉴“压力-状态-响应”模型, 以系统性、代表性以及数据可获得性为原则, 依据耗散结构理论建立以熵流和熵产生为基础的指标体系(图 2).

指标体系中: (1) 支持型输入指标主要表征海洋经济系统的生产力水平. 海洋经济系统的生产力是多维度的综合能力, 为全面揭示该能力, 在考虑具体产出能力的基础上, 进一步将影响海洋经济的交通与生产效率等因素纳入其中, 同时考虑海洋经济对地区经济的贡献, 从多维度量化海洋经济生产力; (2) 压力型输出指标主要表征海洋经济系统在发展过程中对社会、资源和生态造成的压力. 由于现代各产业之间相互交融, 海洋经济所产生的压力难以简单地从沿海区域经济中有效剥离, 同时限于统计数据的有限性, 目前常采用综合指标法以测度海洋经济所形成的压力. 因此, 本文以城市人口密度表征社会压力, 以海洋养殖面积、百万元海洋生产总值捕捞量、百万元海洋生产总值耗电量表征资源压力, 以环境污染指数、工业废水直排入海密度表征生态压力; (3) 扰动型指标主要表征海洋经济系统的自身敏感性与遭受的胁迫性. 海洋经济受扰动因素的影响既有外部因素, 又有

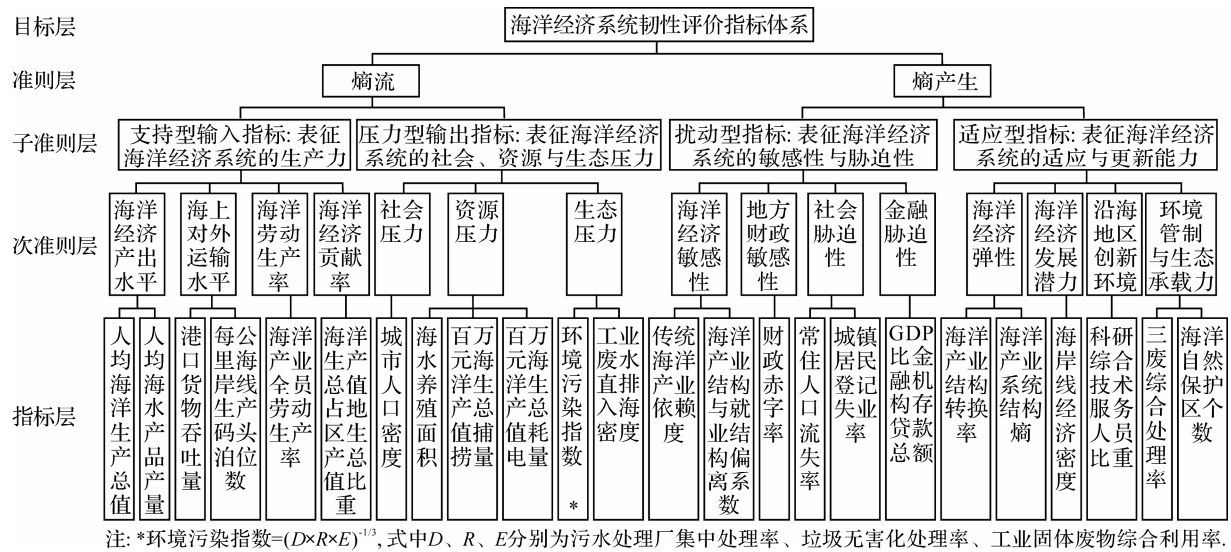


图2 海洋经济系统韧性评价指标体系

内部基础。因此, 可从敏感性与胁迫性的系统内外角度对扰动型指标进行遴选; (4)适应型指标主要表征海洋经济系统的适应与更新能力。韧性的本质是抵御力、恢复力、再组织力以及更新力。基于该本质, 同时考虑适应性特征, 主要从海洋经济弹性、海洋经济发展潜力、沿海地区创新环境及环境管制与生态承载力等维度对适应型指标进行筛选。

3 结果分析

3.1 环渤海地区海洋经济演化的熵变分析

运用上述方法得出海洋经济系统的支持型输入熵、压力型输出熵、扰动型熵和适应型熵, 并由此得出总熵变。限于篇幅, 表1仅列出2000、2007和2015年数据。为直观显示数据趋势与时空差异,

表1 环渤海地区海洋经济系统熵值

地区	支持型输入熵/压力型输出熵			扰动型熵/适应型熵			总熵变		
	2000年	2007年	2015年	2000年	2007年	2015年	2000年	2007年	2015年
天津	0.42/0.56	0.53/0.52	0.54/0.34	0.50/0.53	0.46/0.55	0.55/0.54	0.12	-0.11	-0.20
唐山	0.56/0.46	0.62/0.41	0.47/0.45	0.52/0.41	0.49/0.48	0.56/0.45	0.00	-0.20	0.08
秦皇岛	0.56/0.49	0.57/0.44	0.61/0.42	0.48/0.59	0.34/0.50	0.44/0.53	-0.18	-0.29	-0.27
沧州	0.36/0.48	0.40/0.36	0.45/0.22	0.46/0.28	0.48/0.36	0.51/0.40	0.30	0.07	-0.12
大连	0.55/0.50	0.61/0.54	0.60/0.47	0.55/0.57	0.51/0.56	0.52/0.58	-0.07	-0.12	-0.20
丹东	0.52/0.56	0.57/0.56	0.62/0.45	0.52/0.53	0.48/0.53	0.41/0.53	0.03	-0.06	-0.28
锦州	0.54/0.50	0.58/0.42	0.61/0.41	0.53/0.44	0.50/0.50	0.45/0.52	0.05	-0.17	-0.27
营口	0.55/0.58	0.61/0.56	0.62/0.51	0.52/0.51	0.51/0.47	0.46/0.52	0.04	-0.01	-0.17
盘锦	0.47/0.48	0.49/0.41	0.52/0.22	0.55/0.50	0.51/0.58	0.49/0.57	0.06	-0.16	-0.38
葫芦岛	0.39/0.46	0.44/0.44	0.44/0.53	0.51/0.53	0.45/0.49	0.39/0.54	0.04	-0.03	-0.05
青岛	0.59/0.53	0.59/0.38	0.55/0.46	0.52/0.49	0.43/0.55	0.46/0.56	-0.04	-0.32	-0.19
东营	0.46/0.44	0.49/0.36	0.49/0.29	0.44/0.41	0.43/0.52	0.37/0.59	0.00	-0.23	-0.41
烟台	0.55/0.49	0.60/0.52	0.59/0.51	0.47/0.50	0.45/0.54	0.41/0.57	-0.08	-0.18	-0.24
潍坊	0.37/0.44	0.41/0.40	0.44/0.38	0.47/0.30	0.42/0.46	0.39/0.48	0.23	-0.05	-0.15
威海	0.43/0.48	0.52/0.44	0.52/0.39	0.49/0.46	0.44/0.48	0.40/0.56	0.07	-0.12	-0.29
日照	0.35/0.49	0.53/0.55	0.54/0.45	0.43/0.38	0.47/0.45	0.37/0.48	0.19	0.05	-0.20
滨州	0.24/0.49	0.39/0.52	0.51/0.47	0.48/0.36	0.48/0.46	0.46/0.51	0.37	0.14	-0.09

将 2000~2015 年熵变数据进行可视化处理(图 3)。

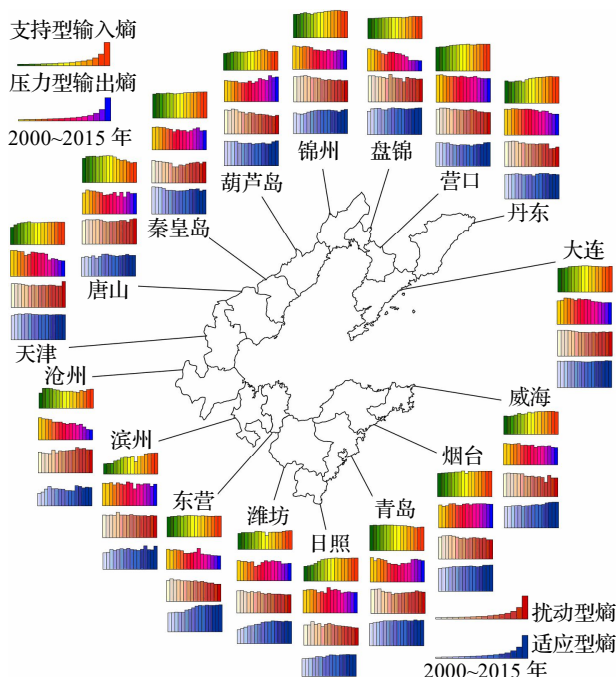


图 3 环渤海地区海洋经济系统信息熵时空差异

(1)支持型输入熵、压力型输出熵及熵流。2000~2015 年间, ①大多数城市的支持型输入熵呈上升态势, 且集中在 2008 年以前, 说明海洋经济生产力水平在前期得到有效提升, 后期相对放缓。其中, 唐山与青岛在 2008 年之后海洋产值增长缓慢, 海水产品产量持续下滑; 滨州海洋经济基础极其薄弱, 但依赖于对海洋产业的持续投入, 海洋生产总值、海水产品产量以及劳动生产率不断提高; 葫芦岛、大连与营口在经历上升后由于海洋经济增长放缓出现缓慢下降; 以天津为代表的其余 11 市在后期主要受海洋生产总值的影响而表现为小幅波动。②压力型输出熵整体呈相对稳定的下降态势, 且集中在 2005 年之后。其中, 以大连为代表的丹东、秦皇岛、唐山、日照与烟台等 6 市的压力型输出熵在 2004 年前为波动上升, 这主要是由于海洋经济发展以及城市人口的快速集聚对地区资源和生态造成的压力持续增大; 2005 年之后, 随着国家对资源生态的重视以及海洋经济逐渐由第一产业向第二、第三产业转型, 如大连与天津的工业废水直排入海量快速下降, 使得区域生态压力持续减小。③总体来看, 支持型输入熵整体上升与压力型输出熵持续下降, 使熵流呈现快速下降的态势, 并分别在这 16 年的前后期起着相对较大的作用。

现阶段, 为保持环渤海地区海洋经济的持续发展, 应在加大创新与开发以提高海洋经济生产力水平的同时, 注意提高海洋资源生态的利用效率, 以减小海洋经济系统的压力输出。

(2)扰动型熵、适应型熵及熵产生。16 年间, ①扰动型熵整体下降, 部分城市小幅波动上升。其中, 沧州、唐山由于长期依赖于传统海洋产业以及海洋产业与就业相偏离, 天津与唐山地方财政长期敏感, 天津失业率较高, 致使天津、唐山以及沧州等 3 市呈小幅波动上升; 以潍坊为代表的其余 14 个城市, 在海洋经济不断得到提升的过程中, 依赖传统海洋产业、产业与就业相偏离、财政赤字等扰动因素持续减弱, 而呈现出持续或波动下降的态势。②适应性韧性方面, 环渤海地区在整体稳定中略有小幅上升, 部分城市呈小幅下降。其中, 大连、丹东、营口、天津等 4 市保持相对稳定; 秦皇岛因海洋经济弹性水平的下降呈波动下滑态势; 以威海为代表的其余 12 个城市因海洋经济弹性不断提高, 海洋经济发展潜力随区域经济整体发展显著扩大, 地方政府加大对资源环境的管制力度, 以及如大连、青岛、烟台和威海等城市的自然保护区不断建立, 使得这些城市海洋经济的适应与更新能力得到有效提升。③整体来看, 熵产生持续下降主要得益于扰动因素不断下降, 以及适应与更新能力小幅上升。海洋经济在发展过程中, 始终面临着各种扰动因素的影响与冲击。因此, 在建立避免扰动因素机制的同时, 目前还应重点提升海洋经济的适应与更新能力, 以应对未来发展过程中的不确定性。

(3)由总熵变来看, 16 年间各城市(除唐山外)均呈现显著且稳定的下降态势, 并呈现部分负值向绝大部分负值演化。从耗散结构以及系统演化的角度来看, 16 年间环渤海地区各城市的海洋经济朝着更加有序和健康的方向发展。根据对熵流和熵产生的解析, 环渤海地区海洋经济的快速发展首先得益于系统压力输出的快速下降, 其次是适应与更新能力的整体上升, 而生产力的持续提升具有稳定作用, 扰动因素的整体下降则提供了较好的发展环境。总之, 从系统熵变过程来看, 环渤海地区海洋经济的持续发展依赖于系统熵流与熵产生所形成的负熵。

3.2 环渤海地区海洋经济系统韧性的时空分析

通过将海洋经济系统的压力型输出熵和扰动型熵作为投入, 将支持型熵和适应型熵作为产出, 应用 SBM 模型计算其熵效率, 用以反映环渤海地区海洋经济系统韧性的相对大小. 限于篇幅, 仅展示奇数年和 2000~2015 年的均值结果(表 2). 从表中可知, 除唐山与葫芦岛保持基本稳定以外, 其余 15 个城市整体上呈上升态势, 说明环渤海地区在这 16 年间海洋经济系统韧性水平以及绝大部分城市的总体水平得到不同程度的提升. 为深入探究环渤海地区海洋经济系统韧性的时空演化和分异过程与机制, 以下从时空角度进行解析.

表 2 环渤海地区海洋经济系统熵效率得分

城市	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	均值
天津	0.61	0.66	0.74	0.69	0.69	0.81	0.81	0.77	0.71
唐山	0.58	0.60	0.62	0.73	0.64	0.59	0.61	0.57	0.62
秦皇岛	0.76	0.76	0.79	0.91	0.92	0.85	0.79	0.82	0.83
沧州	0.50	0.64	0.59	0.56	0.53	0.58	0.61	0.76	0.58
大连	0.64	0.65	0.69	0.69	0.70	0.73	0.73	0.74	0.69
丹东	0.59	0.60	0.60	0.66	0.70	0.71	0.90	0.84	0.69
锦州	0.57	0.57	0.64	0.72	0.79	0.80	0.75	0.81	0.70
营口	0.58	0.60	0.59	0.61	0.63	0.61	0.67	0.73	0.63
盘锦	0.62	0.67	0.75	0.72	0.76	0.79	0.96	1.00	0.78
葫芦岛	0.60	0.62	0.64	0.64	0.68	0.69	0.63	0.68	0.65
青岛	0.68	0.72	0.81	0.87	0.83	0.80	0.70	0.75	0.77
东营	0.61	0.63	0.76	0.80	0.76	0.90	0.94	1.00	0.79
烟台	0.68	0.66	0.72	0.75	0.75	0.72	0.75	0.81	0.73
潍坊	0.49	0.58	0.70	0.66	0.65	0.67	0.73	0.74	0.63
威海	0.56	0.60	0.62	0.70	0.77	0.77	0.76	0.84	0.71
日照	0.51	0.53	0.67	0.59	0.67	0.73	0.75	0.80	0.65
滨州	0.40	0.48	0.54	0.53	0.52	0.59	0.61	0.68	0.53

3.2.1 时间演化

为从时间尺度上整体分析环渤海地区海洋经济系统韧性的演化, 依据熵效率得分应用核密度估计绘制 17 个沿海城市 2000、2005、2010、2015 年等 3 个阶段的核密度分布图(图 4), 其分布具有以下几个显著特征:

首先, 从位置上看, 2000~2015 年间整体呈现向右演进的态势, 熵效率的最大、最小值分别呈稳定、波动增长, 说明环渤海地区海洋经济系统韧性整体呈上升态势. 根据核密度最大值的横向移动

距离来看, 3 个阶段的移动距离依次递增, 说明环渤海地区海洋经济系统韧性提升速度呈现较为稳定的增长.

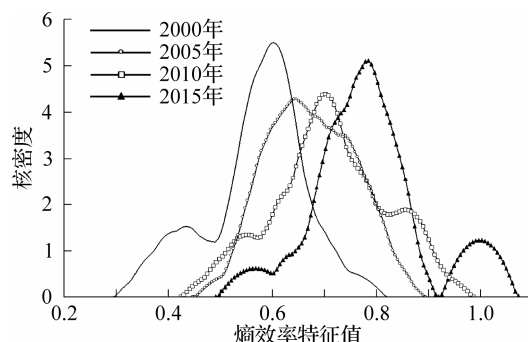


图 4 环渤海地区海洋经济系统熵效率的核密度分布

其次, 从形状上看, 16 年间呈现由“瘦高型”向“矮胖型”再向“瘦高型”转变, 且第一阶核密度的峰值显著下降, 而第三阶段的峰值有所上升. 说明环渤海地区海洋经济系统韧性的集聚现象出现阶段性缓解, 其中第一阶段经历了由集聚走向分散的显著过程, 第二阶段保持稳定, 第三阶段则由分散向相对集聚转变. 因此, 海洋经济系统韧性在不断提升的过程中, 各城市之间的差距呈现波动变化, 差距现象未发生本质变化.

最后, 从峰度上看, 16 年间呈现由尖峰向宽峰演化的整体态势. 同时, 根据核密度最大值对曲线划分可以看出, 2000 年曲线左侧面积显著大于右侧面积, 而在 2005 年之后的曲线右侧面积基本大于左侧面积. 说明大多数城市的海洋经济系统韧性早期分布在较低水平, 而在 2005 年之后则主要演化为相对较高韧性水平.

3.2.2 空间分异

为分析海洋经济系统韧性的空间分异与演化过程, 选取 2000、2003、2006、2009、2012、2015 以及 2000~2015 年的平均值, 依据熵效率得分, 运用自然断点法将韧性划分为 5 级, 并制作空间分布演化图(图 5). 从图中可知, 2000~2015 年, 环渤海地区的海洋经济韧性整体由极低、较低韧性向中等、较高、极高韧性演化, 空间分布存在局部集聚整体分异现象.

由 2000~2015 年的平均值可知, 环渤海地区海洋经济系统韧性长期处于中等、较低与较高韧性, 环渤海内外侧城市整体上存在一定差距. 其中, 以滨州、营口为代表的极低、较低韧性的 5 个城市, 其

韧性水平长期较低;其余 12 个城市为中等或较高韧性,说明这些城市的韧性水平长期较好。从空间分异来看,环渤海外侧城市呈现丹东与大连、烟台与威海两大中等韧性区,内侧各城市则分异明显。从韧性整体水平来看,外侧城市韧性水平整体略高于内侧城市水平。这主要是由于海洋经济的发展依赖于海洋资源以及城市区位,而内侧城市相对外侧城市海域面积较小,对外海上交通路线被拉长,同时内侧城市存在一定的产业趋同,区域内部竞争在一定程度上阻碍了内侧城市的整体发展。

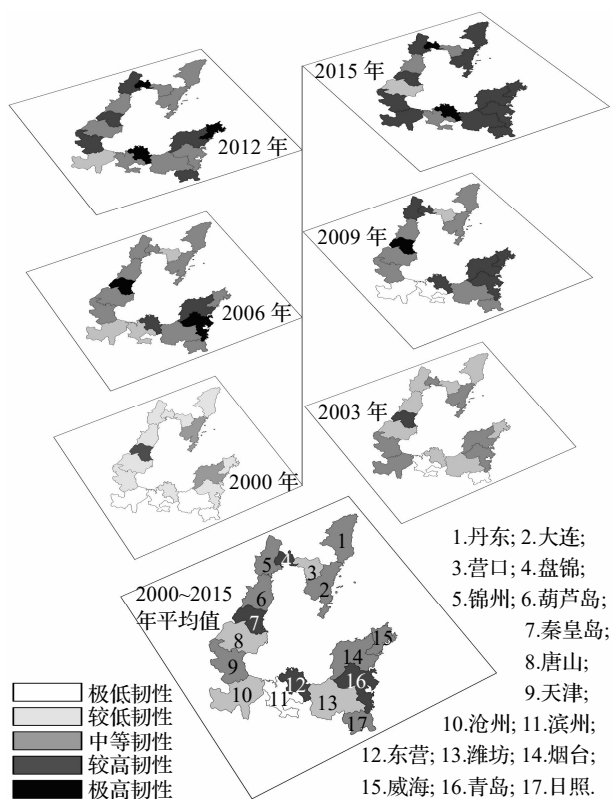


图5 环渤海地区海洋经济系统韧性时空分布

2000~2006 年,海洋经济韧性整体水平得到显著提升,各城市间的差距显著拉大,2000 年的局部集聚现象被延续。在此期间,沧州压力输出与扰动因素快速下降,滨州海洋生产能力与适应能力有所提升,使其提升为较低韧性;潍坊与日照海洋生产能力快速提升,日照适应能力有所提高;丹东、盘锦、锦州、葫芦岛、唐山、天津与威海等 7 市海洋经济系统整体得到优化,并形成丹东与大连,盘锦、锦州与葫芦岛,唐山与天津,潍坊与日照等 4 大中等韧性区;东营与烟台海洋生产力水平与适应能力快速提升,使其提升为较高韧性;青岛压力

输出急剧缓解,海洋经济产出与适应能力大幅提升,秦皇岛海洋经济系统整体快速优化,使其提升为极高韧性;大连与营口海洋经济系统略有优化,压力输出小幅上升,韧性水平未发生本质变化。

2006~2012 年,海洋经济系统韧性整体上进一步得到提升,局部地区由集聚走向分散。在此期间,营口与滨州海洋生产能力与适应能力继续提升,形成以丹东、大连与营口为集聚的中等韧性区;日照、锦州与天津的海洋经济系统整体进一步优化,天津面临的扰动因素略有增加,使 3 市由中等韧性提升为较高韧性;盘锦、威海、东营的海洋经济系统继续优化,使盘锦与威海的中等韧性与东营的较高韧性均提升为极高韧性;秦皇岛扰动因素与压力输出略有上升,青岛扰动因素小幅提高,使得秦皇岛与青岛由极高韧性分别降为较高、中等韧性,并形成潍坊与日照的中等集聚区。

2012~2015 年,部分城市海洋经济系统韧性水平继续得到有效提升,空间分布出现向集聚转变的趋势,但内侧城市分散特征未发生本质变化。在此期间,沧州海洋经济在低水平背景下得到有效优化,形成天津与沧州为集聚的较高韧性区;丹东、大连、沧州、潍坊与青岛等 5 市的海洋经济系统进一步得到有效优化,其中青岛压力输出略有上升,大连与威海面临的扰动因素有所加剧,从而形成以丹东与大连,潍坊、烟台、威海、青岛与日照为集聚的较高韧性区;唐山扰动因素显著增多以及适应能力有所下降,威海扰动因素增加,使得唐山由中等韧性降为较低韧性,威海由极高韧性降为较高韧性。从空间分异来看,2015 年环渤海外侧城市的海洋经济系统韧性水平显著高于内侧城市的韧性水平,同时外侧城市整体快速发展而呈现更为典型的集聚现象。

4 结论

本文基于演化韧性视角,应用耗散结构和 SBM 模型,将熵效率与海洋经济系统韧性相结合,探讨“我国经济韧性好”的整体判断是否具有海洋经济基础,海洋经济如何适应扰动因素并保持增长,以及海洋经济系统韧性如何进行时空演化与分异等问题。通过对 2000~2015 年环渤海 17 个沿海城市海洋经济系统的实证分析,得出以下主要

结论:

(1)环渤海地区海洋经济系统经历了由慢到快,由极低、较低韧性向中等、较高与极高韧性的演化过程。目前,环渤海地区海洋经济系统韧性较好,为“我国经济韧性好”的整体判断提供了较好的基础。但韧性水平在显著提升的过程中,各城市间依然存在较大差距。

(2)从信息熵演化来看,熵流与熵产生持续下降导致总熵变由部分负值向绝大部分负值演化,使得海洋经济系统在16年间向更成熟与健康的方向演化。环渤海地区海洋经济的快速发展首先得益于海洋经济转型对生态环境压力的持续减小,其次是适应与更新能力的有效提升,海洋经济生产力的持续提高则起着稳定作用,扰动因素的下降则为海洋经济发展提供了较好的稳定环境。

(3)从熵效率得分来看,环渤海地区海洋经济系统的熵效率得分持续提高,并与信息熵演化过程相吻合。说明将压力型输出熵与扰动型熵作为投入,支持型输入熵与适应型熵作为产出,运用SBM模型计算熵效率得分,以评价海洋经济系统韧性水平的研究方法具有较好的适用性与可行性。

(4)海洋经济系统是多重平衡的非线性经济系统,其之所以能在各种不利因素中保持较高速度的增长,主要得益于海洋经济系统的韧性机制。从信息熵的角度来看,海洋经济系统中支持型输入熵、压力型输出熵、扰动型熵以及适应型熵等熵变过程产生的负熵,是使系统不断发展与系统韧性得到提升的主要原因。

(5)通过对熵变过程与韧性的时空演化分析,发现为保持环渤海地区海洋经济的持续发展,应继续注意提高海洋资源、生态的利用效率,以减小对海洋经济系统的压力输出。同时,应重点提升海洋经济系统的适应与更新能力,以应对未来发展过程中的不确定因素。其次,注意各市海洋经济的协调发展以及海洋产业的差异化发展,以缩小各市之间的差距和区域内海洋经济的恶性竞争。另外,海洋经济系统具有敏感性、开放性以及复杂性等特点,海洋经济在发展过程中将不可避免地受到各种扰动因素的影响与冲击,因此在强调提升可持续发展能力的同时,还应注重提升积极“拥抱”不确定因素的韧性能力。

对比以往关于环渤海地区海洋经济系统的研究成果^[20-21,24],本文得出的评价结果与以往相关研究基本相符,但从韧性这一新的视角评价与解析海洋经济系统的演化过程与机理,为海洋经济研究提供了新的研究视角与方法。然而,目前关于经济韧性的研究仍处于引入与起步阶段,从韧性的视角来解析海洋经济的长期发展还缺乏相应理论框架,对揭示海洋经济长期发展机理的解释力仍显不足。但正因此,更有必要对韧性不断进行探索与创新,强化此概念在海洋经济领域的实证研究,进而逐渐明确其内涵与外延,从而为海洋经济发展提供更科学的理论基础与实践指导。

参考文献:

- [1] Hassink R. Regional resilience: A promising concept to explain differences in regional economic adaptability[J]. Social Science Electronic Publishing, 2010, 3(1):45-58.
- [2] Pike A, Dawley S, Tomaney J. Resilience, adaptation and adaptability[J]. Social Science Electronic Publishing, 2010, 3(1):59-70.
- [3] Martin R, Sunley P, Gardiner B, et al. How regions react to recessions: Resilience and the role of economic structure[J]. Regional Studies, 2016, 50(4):561-585.
- [4] Marchese D, Reynolds E, Bates M E, et al. Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications[J]. Science of the Total Environment, 2018, 613/614:1275-1283.
- [5] Martin P S R. On the notion of regional economic resilience: Conceptualization and explanation[J]. Papers in Evolutionary Economic Geography, 2015, 15(1):1-42.
- [6] 曾冰, 张艳. 区域经济韧性概念内涵及其研究进展评述[J]. 经济问题探索, 2018(1):176-182.
- [7] Christopherson S, Michie J, Tyler P. Regional resilience: Theoretical and empirical perspectives[J]. Cambridge Journal of Regions Economy & Society, 2010, 3(1):3-10.
- [8] 陈梦远. 国际区域经济韧性研究进展——基于演化论的理论分析框架介绍[J]. 地理科学进展, 2017, 36(11): 1435-1444.
- [9] 孙久文, 孙翔宇. 区域经济韧性研究进展和在中国应用的探索[J]. 经济地理, 2017, 37(10):1-9.
- [10] Boschma R. Towards an evolutionary perspective on regional resilience[J]. Regional Studies, 2015, 49(5):733-751.
- [11] 苏杭. 经济韧性问题研究进展[J]. 经济学动态, 2015(8): 144-151.

- [12] 孙阳, 张落成, 姚士谋. 基于社会生态系统视角的长三角地级城市韧性度评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(8):151-158.
- [13] 张耀光, 刘锴, 王圣云, 等. 中国与世界多国海洋经济与产业综合实力对比分析[J]. 经济地理, 2017(12):103-111.
- [14] 盖美, 钟利达, 柯丽娜. 中国海洋资源环境经济系统承载力及协调性的时空演变[J]. 生态学报, 2018, 38(22):7921-7932.
- [15] 王泽宇, 卢雪凤, 韩增林. 海洋资源约束与中国海洋经济增长——基于海洋资源“尾效”的计量检验[J]. 地理科学, 2017, 37(10):1497-1506.
- [16] 胡伟, 韩增林, 葛岳静, 等. 基于能值的中国海洋生态经济系统发展效率[J]. 经济地理, 2018(8):162-171.
- [17] 赵林, 张宇硕, 吴迪, 等. 考虑非期望产出的中国省际海洋经济效率测度及时空特征[J]. 地理科学, 2016, 36(5):671-680.
- [18] 马仁锋, 候勃, 张文忠, 等. 海洋产业影响省域经济增长估计及其分异动因判识[J]. 地理科学, 2018, 38(2):177-185.
- [19] 张耀光, 刘锴, 王圣云, 等. 中国和美国海洋经济与海洋产业结构特征对比——基于海洋 GDP 中国超过美国的实证分析[J]. 地理科学, 2016(11):1614-1621.
- [20] 李博, 苏飞, 杨智, 等. 基于脆弱性视角的环渤海地区人海关系地域系统时空特征及演化分析[J]. 生态学报, 2018, 38(4):1436-1445.
- [21] 孙才志, 覃雄合, 李博, 等. 基于 WSBM 模型的环渤海地区海洋经济脆弱性研究[J]. 地理科学, 2016, 36(5):705-714.
- [22] 王光耀, 韦惠兰. 沙化土地封禁保护区与经济社会系统耦合模型分析——基于耗散结构理论[J]. 生态经济, 2017, 33(11):187-190.
- [23] 孙才志, 张坤领, 邹玮, 等. 中国沿海地区人海关系地域系统评价及协同演化研究[J]. 地理研究, 2015, 34(10):1824-1838.
- [24] 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[J]. 地理学报, 2018, 73(6):1121-1132.

Assessment of marine economy resilience of coastal cities in Bohai Sea Ring Area based on entropy efficiency model

SUN Caizhi, CAO Qiang, ZOU Wei

(Marine Economics and Sustainable Development Research Center, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: The sustainable development theory is difficult to explain why regional economy can keep growing under disturbance factors, whereas “resilience” is an important concept to analyze the evolution of regional economy. Based on the evolutionary resilience, this paper proposes the concept of marine economic system resilience and establishes an evaluation system on the basis of Information entropy. An entropy efficiency model is built based on entropy input and entropy output, and SBM model is applied to calculate the entropy efficiency of marine economic system of 17 coastal cities in Bohai Sea Ring Area over the past 16 years. Finally, the paper analyzes the entropy change process and the evolution law and mechanism of resilience of marine economic system. The concrete results are given as follows: (1) The development and resilience of marine economic system are driven by the negative entropy generated by entropy flow and entropy generation from 2000 to 2015. (2) The resilience of the marine economic system has experienced a process of improving on all fronts. At present, the overall resilience is relatively satisfying, but the significant differences can still be noted among cities. (3) The decrease of the output pressure and the increase of the adaptability and renewal capacity of marine economic system are the main causes contributing to the development and the improvement of its resilience. However, it is found that the productivity level and disturbance factors have less effect on them. Therefore, to maintain the sustained and healthy growth of marine economy, the resilience of marine economic system should be kept with improvement while emphasizing sustainable development.

Key words: resilience; marine economy; entropy efficiency model; evolutionary resilience; Bohai Sea Ring Area

(责任编辑 韩 超)