

# 山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化研究

王松茂, 牛金兰

(山东农业大学经济管理学院, 泰安 271018)

**摘要:** 探究旅游经济与城市生态韧性的协同演化特征, 可为黄河流域生态保护和高质量发展提供理论支撑和量化依据。本文从演化韧性视角, 基于“抵抗—响应—创新”构建城市生态韧性指标体系, 依据协同学理论分析旅游经济与城市生态韧性协同演化理论框架, 以山东省为例, 借助哈肯模型、核密度估计和时空地理加权回归探析旅游经济与城市生态韧性协同演化特征及影响因素。结果表明: ① 时间维度上, 旅游经济表现为先持续上升后短暂下降趋势, 城市生态韧性呈现稳定增长的态势; 空间分异方面, 旅游经济与城市生态韧性分别呈现“高高集聚、低低集聚”和“双核领跑”的空间格局。② 旅游经济为协同演化的序参量, 主导着整个系统的演化方向, 且主要表现为正反馈效应; 旅游经济与城市生态韧性协同演化呈现倒“V”型变化趋势, 并形成了“胶东经济圈>鲁南经济圈>省会经济圈”的空间格局。③ 协同演化的影响因素存在明显的区域差异, 经济发展水平、外商投资、环境规制、金融发展和创新能力呈现积极促进作用; 产业结构、人力资本对协同演化的贡献基本为负; 政府干预表现为“胶东经济圈显著为正, 鲁南经济圈和省会经济圈存在不显著负影响”。

**关键词:** 旅游经济; 城市生态韧性; 协同演化; 山东省

DOI: 10.11821/dlxb202310013

## 1 引言

黄河流域生态保护和高质量发展已上升为重大国家战略<sup>[1]</sup>。如何取得经济发展与环境保护的双赢, 是黄河流域生态保护和高质量发展的关键。新形势下, 旅游业作为绿色朝阳产业, 已成为中央及各级政府解决经济发展和生态环境复杂问题、促进黄河流域绿色高质量发展的重要方向<sup>[2]</sup>。2021年10月国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展纲要》(简称《纲要》)明确指出, 推动黄河流域文旅融合发展, 把文化旅游产业打造成为支柱产业。然而, 旅游业所具有的环境友好与资源消耗双重产业属性, 决定了其与生态环境存在对立统一的二元矛盾关系。已有研究表明全球8%温室气体排放来自于旅游业, 旅游业碳排放量预计到2025年增加至65亿t<sup>[3]</sup>。由此可见, 在生态保护和高质量发展的战略要求下, 旅游发展需由“追求经济高质量发展”转为“生态保护和经济高质量发展协同推进”。因此, 重点关注旅游经济与生态保护的协同发展关系、分析二者协同发展的内在机制、探究影响二者协同发展的具体因素, 对助推黄河流域生态环境保护和区域经济高质量发展具有重要理论与现实意义。

收稿日期: 2022-07-25; 修订日期: 2023-05-11

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(42001156); 山东省青年科技创新团队项目(2020RWE009) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.42001156; Shandong Youth Science and Technology Innovation Team, No.2020RWE009]

作者简介: 王松茂(1980-), 男, 山东潍坊人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为乡村旅游、旅游经济空间分析。

E-mail: 1095929778@qq.com

旅游发展与生态环境的关系是学术界广泛关注的热点问题。国外研究较早基于生物学视角分析旅游活动对自然生态本底产生的负面影响,例如植被、土壤、河流等<sup>[4-5]</sup>。Grossman 等基于环境库兹涅茨曲线证实了城市生态环境与旅游经济发展呈现倒“U”型曲线的交互关系<sup>[6]</sup>。随着研究的不断深入,学者们基于可持续发展理论<sup>[7]</sup>、面板回归方法<sup>[8]</sup>、双指数函数模型<sup>[9]</sup>等深入探究了旅游业与生态环境的交互胁迫关系。国内相关研究起步较晚,已有研究通过旅游环境承载力模型<sup>[10]</sup>、旅游生态足迹<sup>[11]</sup>分析旅游活动下生质量的阶段性波动特征并尝试从投入产出视角探讨旅游生态效率<sup>[12]</sup>、旅游资源转换效率<sup>[13]</sup>等。近年来,部分学者逐渐拓展旅游地理学研究视野,将空间纳入相关研究中。例如旅游经济对城市绿色发展的空间溢出效应、旅游生态效率与生态安全的空间一致性<sup>[14]</sup>。另外,在旅游经济与生态环境互动的现有研究中,耦合是一个常见角度。已有研究主要集中在旅游与生态环境耦合理论机制、交互关系、耦合协调评价、协同发展规律和路径等方面<sup>[15-16]</sup>,研究方法主要运用耦合协调度模型、BP 模型、VAR 模型、交互胁迫模型和空间统计分析方法。

随着城市面临的不确定性风险日益增加,城市生态治理的核心任务被认为应由减轻脆弱性向增强韧性转变,建设韧性城市成为国际社会普遍共识。中国共产党“二十大”报告明确提出“打造宜居、韧性城市”<sup>①</sup>。自“韧性”概念提出以来,其理论内涵经历了从工程韧性到生态韧性再到演化韧性两次重要的嬗变。演化韧性基于演化论视角,不再强调系统恢复到均衡状态,认为韧性是独立于干扰之外的系统固有属性,更强调系统通过调整结构、改变路径实现可持续发展的能力,其具有 3 个重要特征,即防御能力、响应能力和学习能力<sup>[17]</sup>。城市生态韧性作为城市韧性评估的重要维度之一,逐渐受到学术界和社会的广泛关注。国内外研究基于生态系统服务<sup>[18]</sup>、自然环境可持续发展<sup>[19]</sup>、社区抗灾<sup>[20]</sup>等视角,通过构建多维指标体系对城市生态韧性进行量化分析,具体包括规模—密度—形态、抵抗—适应—恢复等多个目标层,运用景观生态格局与地理空间关系等方法,例如核心变量法、适应循环模型、综合评价和实验法,探析区域生态韧性的内涵、动态演化及影响机制<sup>[21-23]</sup>。

综上,关于旅游与生态的相关研究已较为丰富,但仍有以下内容值得探索:① 研究视角上,已有文献从生态足迹、绿色发展、生态安全等视角分析了生态环境与旅游经济交互关系,鲜有将生态韧性与旅游经济作为两个相互关联的系统进行分析。② 研究方法上,已有文献对旅游经济与生态保护的关系多以耦合协调研究为主。耦合侧重于研究思路和方法,对研究对象的内在机制涉及较少,协同演化相较于耦合更能揭示系统间交互作用的内在机理<sup>[16]</sup>。目前,从协同演化的视角研究旅游经济与生态环境的交互机制较为缺乏,致使两个系统交互联系的内在机理和协同演化特征并未被深刻阐释。

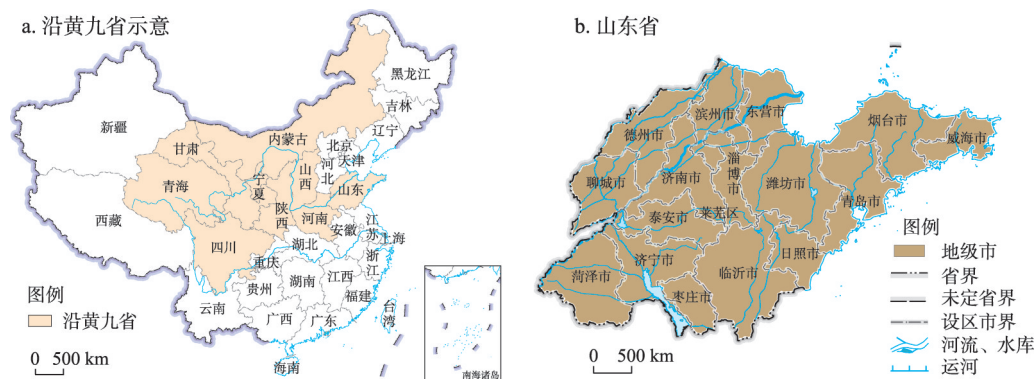
鉴于以上分析,本文以大河之治始于河口为切入点,选取肩负“新旧动能转换和下游湿地保护生态治理”双重重任的山东省为研究案例地,依据演化韧性视角,从“抵抗—响应—创新”3 个能力构建城市生态韧性的评价指标体系,运用熵权-TOPSIS 法分别测度旅游经济和城市生态韧性;采用哈肯模型、核密度估计等探究旅游经济与城市生态韧性的协同演化特征;最后,基于时空地理加权回归对二者协同演化的影响因素进行解析。一方面,完善旅游经济与城市生态韧性协同演化的理论体系和量化表达,另一方面,归纳总结旅游经济与城市生态韧性的协同演化特征,为黄河流域旅游经济与城市生态保护协调发展提供思路与建议。

① 参见: [http://www.news.cn/politics/cpc20/2022-10/25/c\\_1129079429.htm](http://www.news.cn/politics/cpc20/2022-10/25/c_1129079429.htm)。

## 2 研究设计

### 2.1 研究区域

山东省位于黄河入海的“地上河”河段（图1），国土流域面积占比7.90%，人口总量流域占比24.14%<sup>②</sup>，文化底蕴深厚、旅游资源丰富<sup>③</sup>。特殊的地理位置、脆弱的生态环境和独特的文旅资源使山东省成为黄河下游湿地保护和生态治理的主战场及黄河流域生态保护和高质量发展的关键示范区<sup>④</sup>。“十四五”规划中明确提出“要发挥山东省在黄河流域生态保护和高质量发展中的龙头作用”。为此，《山东省黄河流域生态保护和高质量发展规划》着重提出“依托山东省丰富的旅游资源，大力发展旅游经济，促进新旧动能转换，将产业经济与生态保护协同发展”。截至2022年，山东省已建设完成了黄河口国家公园，推动黄河口生态旅游区入选国家5A级旅游景区，创建了“山水圣人”等一批文旅精品<sup>⑤</sup>，通过发挥旅游对生态环境的综合效应和生态环境对旅游的支撑作用促进了全省旅游发展与生态环境从中级协调进入良好协调状态<sup>[24]</sup>。2022年9月21日新华社发表文章高度肯定了山东省在实施黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略中的积极带动作用<sup>⑥</sup>。综上，在生态保护和高质量发展的战略要求下，探索山东省旅游经济与生态环境协同演化的内在机制和特征，对黄河流域开展生态保护和高质量发展具有重要的借鉴意义。



注：基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2016)2881号、山东省自然资源厅标准地图服务网站审图号为鲁SG(2021)025号的标准地图绘制，底图边界无修改；研究时期为2011—2020年，故仍将莱芜区作为单独地级市分析。

图1 研究区域示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the research area

### 2.2 指标体系

**2.2.1 基于综合评价模型测算旅游经济综合指数** 山东省境内文化资源丰富，文旅融合发展是山东旅游经济发展的优势和亮点。为此，本文依据山东省旅游发展的实际情况和数据的可获得性，参考孙剑锋等<sup>[25]</sup>的相关研究，从旅游经济发展规模、旅游经济发展效率和旅游经济发展支撑3个方面，构建体现文旅融合的旅游经济指标体系（表1）。借鉴已有研究，运用熵权-TOPSIS法测算旅游经济<sup>[26]</sup>。

**2.2.2 基于“抵抗—响应—创新”构建城市生态韧性** 目前城市生态韧性的概念内涵与量化

② 参见：[http://tjj.shandong.gov.cn/art/2022/3/2/art\\_6196\\_10294366.html](http://tjj.shandong.gov.cn/art/2022/3/2/art_6196_10294366.html)。

③ 参见：<http://news.dongyingnews.cn/system/2022/02/15/010766366.shtml>。

④ 参见：[http://www.shandong.gov.cn/art/2022/2/15/art\\_107851\\_117497.html](http://www.shandong.gov.cn/art/2022/2/15/art_107851_117497.html)。

⑤ 参见：[http://www.shandong.gov.cn/art/2020/1/10/art\\_98174\\_338588.html](http://www.shandong.gov.cn/art/2020/1/10/art_98174_338588.html)。

⑥ 参见：[http://www.shandong.gov.cn/art/2022/9/22/art\\_97904\\_556635.html](http://www.shandong.gov.cn/art/2022/9/22/art_97904_556635.html)。

方法仍未达成共识，现有文献过于强调干扰的存在和生态系统的自我恢复力，忽略城市生态系统的社会属性，难以综合评估城市生态韧性的本质内涵和创新发展的能力。演化韧性视角下，城市生态韧性是城市生态系统始终具备的固有属性，无论城市生态是否受到干扰，其始终具备干扰发生前进行防御、干扰发生时及时响应和不断学习创新的动态能力。在此基础上，本文提出城市生态韧性的3阶段能力，即抵抗能力、响应能力和创新能力，从“抵抗—响应—创新”3个能力构建城市生态韧性指标体系（表1）：①抵抗能力依赖系统之前形成的条件禀赋，表现为城市生态系统所具备的承受干扰、稳定结构的属性，例如生态本底。借鉴方创琳的研究成果，从水、土、生物资源等生态因子中进行梳理<sup>[27]</sup>；②响应能力表现为受干扰的过程中，通过迅速、多样化的措施实现对冲击响应的属性，响应能力更强调社会能动性主体对干扰的应对措施；③创新能力表现为为更迅速应对干扰，城市生态系统通过学习、创新，进行路径突破和结构更新的属性。演化韧性认为韧性进化主要体现为“创新适应”，具体包括创新强度、创新产出、创新投入<sup>[22]</sup>。评价方法采用熵权-TOPSIS法<sup>[26]</sup>。

表1 旅游经济与城市生态韧性协同演化指标体系  
Tab. 1 Co-evaluation index system of tourism economy and urban ecological resilience

一级指标		二级指标	单位	权重(%)	文献来源
旅游经济	旅游经济发展规模	旅游总收入	万元	14.32	[25]
		游客总人数	万人	10.54	[25]
		旅游总收入占GDP的比重		9.54	[15]
	旅游经济发展效率	旅游人均创汇收入	元	11.82	[15]
		旅游投入产出比		12.74	[15]
		旅游人均消费	元	8.52	[25]
	旅游经济发展支撑	旅游接待能力	个	13.34	[25]
		文化和旅游的财政支出	亿元	10.35	[25]
		文旅资源丰度	个	8.84	[25]
城市生态韧性	抵抗能力	水资源总量	m <sup>3</sup>	10.45	[27]
		公园绿地面积	hm <sup>2</sup>	10.31	[27]
		建成区绿化覆盖率		7.93	[28]
		生物丰度指数		7.74	[28]
	响应能力	一般工业固体废弃物综合利用率		4.09	[28]
		污水处理厂集中处理率		3.52	[28]
		生活垃圾无害化处理率		4.78	[28]
		环保占财政支出的比例		11.95	[29]
	创新能力	R&D经费投入	元	8.62	[29]
		专利授权数量	个	9.58	[30]
		R&D人员数量	人	10.37	[31]
		高等教育在校学生数	人	10.67	[32]

2.3 旅游经济与城市生态韧性协同演化的理论分析

协同学是研究复杂系统有序结构的自组织形成和演化的学科，强调自组织演化系统应满足开放性、自适应性、远离平衡态以及非线性等基本条件，且具备随机涨落、突变性及涌现性等基本特征<sup>[33-34]</sup>。基于协同学理论的核心要义，旅游经济与城市生态韧性协同演化的理论分析如下。

**2.3.1 自组织演化的基本条件** 根据旅游经济与城市生态韧性的运行方式及协同作用，二者可以构成旅游经济—城市生态韧性复合系统，其是一个开放性、非线性、非平衡性的



自适应系统<sup>[35]</sup>。开放性体现在该复合系统内部各子系统间、系统与外界之间通过彼此的关联进行信息、物质、能量等的流动和交换;非线性体现在复合系统内部的相互作用上,如旅游经济主体(游客)与城市生态韧性主体(个人、组织、机构)间的相互作用,旅游经济主体与水、土、生物等城市生态本底之间的相互影响以及复合系统运行与宏观调控配合作用等;非平衡性是系统内部要素差异性、异质性的状态,旅游经济—城市生态韧性复合系统内部涉及多个地区和子系统,且各自的发展水平和阶段存在差异;另外,复合系统中的能动性主体具有自主性和异质性,其决策行为受有限理性约束;自适应性体现在复合系统自身能适应控制参量的变化,当外界信息、物质和能量大量涌入时,复合系统内部通过整合利用资源推动系统发展。

**2.3.2 自组织演化的基本特征** 旅游经济与城市生态韧性协同演化的目的是推动旅游经济与城市生态韧性保持良好的相互作用关系,达到人与自然和谐相处的发展状态<sup>[36]</sup>。在该复合系统中,旅游经济和城市生态韧性为状态参量。其中,城市生态韧性是旅游经济发展的基础条件,较高的城市生态韧性通过生态本底保持、基础设施完善,提高旅游接待能力、增强入境旅游吸引力、刺激游客消费、拓展旅游服务功能,有利于巩固旅游经济发展支撑、提高旅游经济发展效率、扩大旅游经济发展规模。与此同时,旅游经济发展带来的经济效益、环境规制等,为城市生态本底完善提供资金支持和政策保障,并对城市生态韧性提出更高要求,出现城市能动性主体(个人、组织、机构)参与到城市生态韧性系统的有益尝试,如环境污染治理、节能环保技术研发、可再生能源推广、绿色意识增强等。综上,依据协同学理论,两个状态参量在相互联系、相互作用中随时间变化呈现出不同的快慢变化,受正反馈机制作用,会使复合系统出现各种微小的随机涨落,并通过自组织行为形成控制复合系统动态演化方向和结构的序参量,在序参量驱动下,复合系统不断跳跃结构突变临界点,形成新的有序结构,其有序程度越高,协同程度就越高<sup>[37]</sup>(图2)。

基于旅游经济与城市生态韧性协同演化的自组织特征,本文利用协同学理论的哈肯模型对复合系统内部不同状态参量相互作用的演化过程进行分析,识别出该复合系统的序参量,进而确定系统的序参量和状态参量之间的自组织关系,揭示旅游经济与城市生态韧性的协同演化机制。

## 2.4 研究方法

**2.4.1 基于哈肯模型测算旅游经济与城市生态韧性协同演化** 哈肯模型不仅能识别自组织演化系统的序参量、衡量系统有序度,而且有效揭示驱动系统协同的序参量,刻画出系统在序参量主控下远离平衡状态的位置<sup>[38]</sup>。具体思路为:假设在协同系统中有两个子系统,分别为序参量 $q_1$ 和被序参量支配的变量 $q_2$ ,则系统的运动方程为<sup>[39]</sup>:

$$q_1 = -\gamma_1 q_1 - a q_1 q_2 \quad (1)$$

$$q_2 = -\gamma_2 q_2 + b q_1^2 \quad (2)$$

式中: $a$ 、 $b$ 为两个子系统间相互作用的强度系数; $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 为两个子系统的阻尼系数, $\gamma_2 > 0$ 且 $|\gamma_2| > |\gamma_1|$ ,被称为满足系统“绝热近似假设”,即而这要有数量级的差距。此时瞬间撤去 $q_2$ ,序参量 $q_1$ 来不及变化,令 $q_2 = 0$ ,可得:

$$q_2 = \frac{b}{\gamma_2} q_1^2 \quad (3)$$

将其带入序参量演化方程,可得系统演化方程:

$$q_1 = -\gamma_1 q_1 - \frac{ab}{\gamma_2} q_1^3 \quad (4)$$

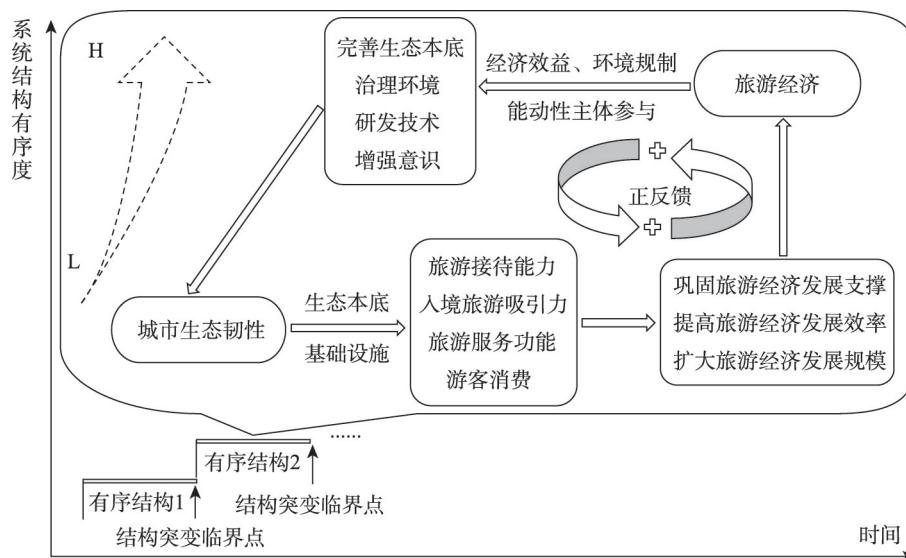


图2 旅游经济与城市生态韧性协同演化机制

Fig. 2 Co-evolution mechanism of tourism economy and urban ecological resilience

求  $q_1$  相反数积分, 得到系统的势函数, 即反映系统状态:

$$v = \frac{1}{2} \gamma_1 q_1^2 + \frac{ab}{4\gamma_2} q_1^4 \quad (5)$$

哈肯模型创立之初主要用于物理学领域, 其使用条件在社会、经济领域存在一定偏差, 为科学模拟旅游经济与城市生态韧性协同演化关系, 本文对模型做如下改进: ① 哈肯模型是针对连续性随机变量设定的, 需要将社会经济数据离散化处理; ② 旅游经济与城市生态韧性是城市固有的系统, 因此需要增加哈肯模型的常数项。经过以上调整, 得到协同演化方程:

$$q_{1(t)} = (1 - \gamma_1) q_{1(t-1)} - a q_{1(t-1)} q_{2(t-1)} \quad (6)$$

$$q_{2(t)} = (1 - \gamma_2) q_{2(t-1)} + b q_{1(t-1)}^2 \quad (7)$$

**2.4.2 基于时空地理加权回归模型探究影响因素** 时空地理加权回归 (Geographically and Temporally Weighted Regression, GTWR) 是基于地理加权回归加入时间因子构建的时空依赖的局部模型, 考虑回归系数不仅随着空间位置的变化而变化, 也随时间而发生变化。计算公式为<sup>[32]</sup>:

$$Y_i = \beta_0(\mu_i, \nu_i, t_i) + \sum_k \beta_k(\mu_i, \nu_i, t_i) X_{ik} + \varepsilon_i \quad (8)$$

式中:  $Y_i$  为样本  $i$  的被解释变量值;  $x_{ik}$  为自变量;  $t_i$  为样本点  $i$  的时间坐标;  $\beta_0(\mu_i, \nu_i, t_i)$  是样本点  $i$  的时空截距项;  $\beta_k(\mu_i, \nu_i, t_i)$  是样本点坐标相关的回归系数;  $\varepsilon_i$  表示  $i$  点的随机误差项。

旅游经济与城市生态韧性协同演化受到宏观和微观等多方面的影响, 参考已有文献, 从政策规划、经济发展基础、社会文化因素等方面选择了经济发展水平 (ECON)、外商投资 (FDI)、产业结构 (STR)、人力资本 (HUMAN)、环境规制 (ENVI)、政府干预 (GOV)、科技创新 (CREA)、金融发展 (FDS) 等因素 (表2)。

## 2.5 数据来源

研究数据来源涵盖2个部分: ① 社会经济数据: 《中国旅游统计年鉴》(2012—2021

年)<sup>⑦</sup>、《中国城市统计年鉴》(2012—2021年)、《山东省统计年鉴》(2012—2021年)和山东各地级市统计公报(<http://tjj.shandong.gov.cn>)；②部分处理数据：旅游创汇收入、旅游投入产出比、旅游接待能力、文旅资源丰度和生物丰度指数主要通过指标间梳理运算的乘除合成计算得出，缺失数据利用线性插值法补充。需要说明的是莱芜市于2019年并入济南市，本文研究期为2011—2020年，为研究的一致性本文仍将莱芜区作为一个地级市，2019年、2020年莱芜旅游和城市生态韧性相关数据选取济南市莱芜区的数据。

### 3 旅游经济与城市生态韧性协同演化分析

#### 3.1 旅游经济与城市生态韧性的时空分异特征

基于熵权-TOPSIS法分别测算旅游经济和城市生态韧性，并利用自然间隔断点法将旅游经济依次划分为：高水平区域(0.3050, 1.0000)、中等水平区域(0.1580, 0.3040)和低水平区域(0.0000, 0.1570)；将城市生态韧性依次划分为：高韧性区域(0.2290, 1.0000)、中等韧性区域(0.1560, 0.2280)和低韧性区域(0.0000, 0.1550)。

山东省旅游经济总体表现为先持续上升后短暂下降趋势，空间上呈现“高高集聚、低低集聚”的特征(图3a)。①高水平区域：包括青岛、烟台、济南和泰安等地级市，旅游经济平均值分别为0.5670、0.3483、0.3702和0.3479。胶东两个地级市赋存丰富的滨海自然资源和历史文化资源，是海洋旅游重点开发区域。济南作为省会城市，具备得天独厚的旅游经济发展条件，在溢出效应下，泰安文旅资源优势进一步凸显，旅游经济蓬勃发展。②中等水平区域：包括潍坊、威海、淄博、济宁、菏泽、临沂和日照等7个地级市。淄博、济宁两个地级市是典型的重工业城市，旅游业并非当地的中坚产业，旅游发展在资源、市场以及创新方面缺乏竞争力。③低水平区域：主要分布在鲁南和鲁西地区，包括聊城、德州、莱芜、滨州、东营、枣庄等6个地级市。

山东省城市生态韧性总体表现为稳定增长的态势，空间上呈现经济发达地市“双核领跑”的显著特征(图3b)。①高韧性区域：包括济南、青岛，其城市生态韧性平均值分别为0.4207、0.4000。这两个副省级城市作为国家确定的城市环境总体规划编制试点城市和山东半岛经济增长极，既拥有成熟、科学的生态管控政策，也具备实施生态管控的物质基础。②中等韧性区域：主要包括东营、烟台、潍坊、济宁和临沂等5个地级

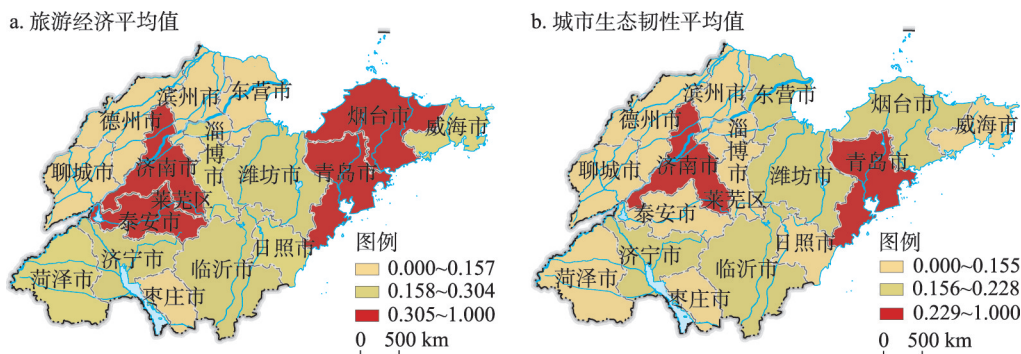


图3 2011—2020年山东省旅游经济与城市生态韧性的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of tourism economy and urban Ecological resilience in Shandong Province from 2011 to 2020

⑦ 2018年起,改为《中国文化和旅游年鉴》。

表2 变量描述性统计  
Tab. 2 Descriptive statistics of variables

变量类型	变量名称	变量解释	极小值	极大值	均值	标准差
被解释变量	协同演化水平	采用改进哈肯模型计算得出	0.0014	0.7339	0.1994	0.1358
解释变量	经济发展水平	人均GDP(万元)	1.8711	19.1173	6.9157	3.3242
	外商投资	实际使用外资金额占GDP比重(%)	0.0007	0.0479	0.0122	0.0101
	产业结构	产业结构指数	5.5671	23.6590	10.6427	2.4333
	人力资本	每万人在校大学生数(万人)	0.0033	0.1212	0.0231	0.0256
	政府干预	地方财政支出占GDP比重(%)	0.0149	0.2011	0.1205	0.0300
	环境规制	资源税占财政收入的比重(%)	0.0002	0.0686	0.0162	0.0136
	金融发展	银行贷款总额占GDP比重(%)	0.4579	2.2200	0.8922	0.3624
	科技创新	地方财政科学技术支出(万元)	0.0029	0.0424	0.0185	0.0095

市。东营、济宁和临沂是传统的资源型城市，快速发展的城市化与工业化挤占了大量生态空间，城市生态文明建设落后于城市规模扩张和产业转移。③ 低韧性区域：主要分布于鲁西、鲁南地区，具体包括莱芜、枣庄、菏泽、泰安、德州、聊城、日照、淄博、滨州和威海等10个地级市。滨州和威海作为典型北方缺水的滨海城市，淡水资源短缺和地质环境是影响修复生态环境和提升生态韧性的主要限制性因子<sup>[23]</sup>。

3.2 协同演化模型构建及序参量识别

以旅游经济（TE）和城市生态韧性（UER）为状态变量，提出哈肯模型假设，并根据绝热消去法判断模型假设是否成立，最终得出系统序参量。表3所示2011—2020年旅游经济为序参量，各项参数为： $\gamma_1=0.0697$ ， $\gamma_2=0.7386$ ， $a=-1.7180$ ， $b=1.4441$ 。

演化方程为： $q_1 = -0.0697q_1 + 3.3590q_1^3$

势函数为： $v = 0.0349q_1^2 + 0.8397q_1^4$

令  $q_1=0$ ，求得势函数的3个解： $q_1^*=0$ ， $q_1^{**}=0.1440$ ， $q_1^{***}=-0.1440$ 。鉴于旅游经济与城市生态韧性均为正值，因此只考虑势函数  $q>0$ ，因此得到旅游经济与城市生态韧性协同演化系统的稳定点  $U(0.1440, 0.0011)$ 。系统任意状态参量点  $A$  与稳定点之间的距离决定了其在系统所处的状态，即协同值  $d$ ：

$$d = \sqrt{(q - 0.1440)^2 + (v(q) - 0.0011)^2}$$

研究显示旅游经济为协同系统的序参量，主导着协同系统的演化。控制参量反映协同系统的演化行为，其中， $a<0$ ，说明2011—2020年城市生态韧性对旅游经济发展具有积极影响； $b>0$ ，表明2011—2020年旅游经济发展对城市生态韧性提高具有正向推动作用，与童昀等在已有研究中得出的“以旅游业作为主导产业的城市在绿色发展领域取得的进展更为突出”结论一致<sup>[40]</sup>；改进的哈肯模型中阻尼系数 $\gamma_1>0$ 、 $\gamma_2>0$ ，表明山东省旅

表3 2011—2020年山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化序参量识别结果  
Tab. 3 Identification results of sequence parameters on the co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience in Shandong Province from 2011 to 2020

模型假设	运动方程	参数信息	模型结论
$q_1 = UER$	$q_{1(t)} = 0.6751q_{1(t-1)} - 0.5691^{**}q_{1(t-1)}q_{2(t-1)}$	$\gamma_1 = 0.3249$ ， $\gamma_2 = 0.0478$	运动方程不成立；不满足绝热
$q_2 = TE$	$q_{2(t)} = 0.9522^{***}q_{2(t-1)} + 0.1720^{**}q_{1(t-1)}^2$	$a = 0.5691$ ， $b = 0.1720$	近似假设；模型假设不成立
$q_1 = TE$	$q_{1(t)} = 0.9303^{***}q_{1(t-1)} + 1.7180^{***}q_{1(t-1)}q_{2(t-1)}$	$\gamma_1 = 0.0697$ ， $\gamma_2 = 0.7386$	运动方程成立；满足绝热近似
$q_2 = UER$	$q_{2(t)} = 0.2614^{**}q_{2(t-1)} + 1.4441^{***}q_{1(t-1)}^2$	$a = -1.7180$ ， $b = 1.4441$	假设；模型假设成立

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%和1%水平下显著。



游经济与城市生态韧性均对协同系统存在正反馈作用。综上,结合已有研究得出的“生活垃圾无害化处理率、每万劳动力R&D人员数量和人均公园绿地面积是制约山东半岛城市群城市生态韧性的主要因子”<sup>[23]</sup>这一结论,可以推断以上3个因子也是制约旅游经济与城市生态韧性协同演化的主要内部因子。人、城、境、业和谐统一是旅游经济与城市生态韧性协同演化的多元价值延伸,生态宜人的城市公园休憩地是城市绿色生态建设的重要内容,能够为开展旅游活动提供必需的空间环境;伴随旅游活动而产生的生活垃圾是旅游活动与环境承载力之间矛盾的体现,对其进行无害化处理是促进旅游经济可持续发展的重要举措;人才是创新的基础,当前旅游业正处于由传统旅游向文旅融合的转型阶段,高素质、高学历人才供给可以提高旅游发展内生动力,增强旅游经济对外竞争力。

### 3.3 旅游经济与城市生态韧性协同演化的时空分异特征

本文运用Stata 12软件绘制2011—2020年山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化的核密度分布图(图4)。曲线位置上,呈现先右移后左移的趋势,表明旅游经济与城市生态韧性的协同演化经历了“增长—下降”过程。曲线形态上,研究期内核密度曲线始终存在显著右拖尾,2020年曲线拖尾现象有所减弱,表明各地区协同演化值有所提高且差距呈现收敛趋势。波峰变化上,曲线波峰宽度逐渐变宽、主峰高度持续下降,研究期末出现双峰,即旅游经济与城市生态韧性协同演化存在两极分化现象。

为分析协同演化的空间分异特征,本文根据《山东省新型城镇化规划(2021—2035)》<sup>⑧</sup>,将山东省17个地级市划分为省会经济圈(济南、淄博、泰安、莱芜、德州、聊城、东营、滨州)、胶东经济圈(青岛、烟台、威海、潍坊、日照)和鲁南经济圈(菏泽、济宁、枣庄、临沂)。如图5所示,研究期内,胶东经济圈旅游经济与城市生态韧性协同演化值远高于省会经济圈、鲁南经济圈和山东省协同演化平均水平,为0.3080。胶东经济圈主要包括以青岛为中心的滨海城市,依托优越的地理位置,临近亚欧大陆桥东部入海口,与日本、韩国具有良好的承接性,旅游业发展基础雄厚且动力十足,各地级市旅游经济与生态环境保护联动实施,协同演化水平稳定在较高水平。省会经济圈和鲁南经济圈的协同演化值均略低于山东省平均水平,分别为0.1473和0.1675。地区内差异是省会经济圈协同演化水平较低的主要原因,济南协同演化平均值为0.3256,莱芜仅为0.0096。鲁南经济圈旅游发展差强人意,致使旅游经济与城市生态韧性的协同演化难以实现质变。

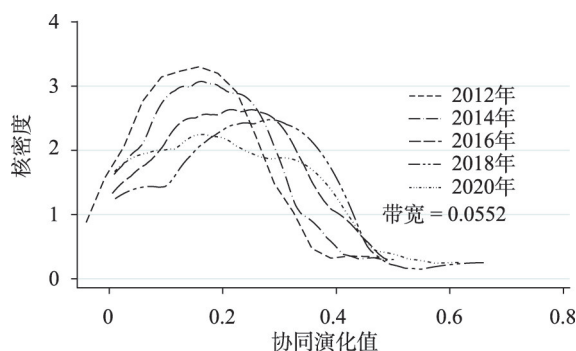


图4 2011—2020年山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化核密度估计

Fig. 4 Kernel density estimation of co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience from 2011 to 2020

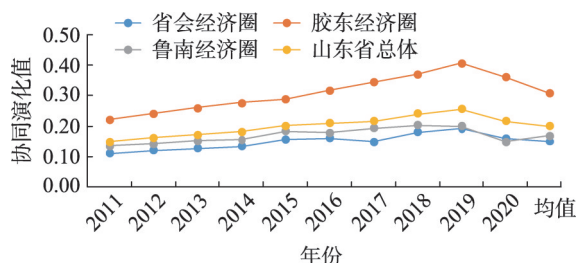


图5 2011—2020年三大经济圈旅游经济与城市生态韧性协同演化趋势

Fig. 5 Co-evolution trend of tourism economy and urban ecological resilience in three economic circles from 2011 to 2020

⑧ 参见: [http://www.shandong.gov.cn/art/2022/1/21/art\\_107851\\_117039.html](http://www.shandong.gov.cn/art/2022/1/21/art_107851_117039.html)。

### 3.4 旅游经济与城市生态韧性协同演化的类别

本文采用自然间隔断点法对山东省 17 个地级市的两系统协同演化值进行划分 (表 4): 高级协同阶段 (0.4356, 0.7340)、较高级协同阶段 (0.3596, 0.4355)、中级协同阶段 (0.1122, 0.3595) 和初级协同阶段 (0.000, 0.1121)。

(1) 初级协同区域: 包括东营、滨州、德州、聊城、莱芜和枣庄等 6 个地级市, 其协同演化平均值分别为 0.1121、0.0404、0.0881、0.0767、0.0096 和 0.1121。研究期内, 6 个地级市的协同演化水平始终处于初级阶段。除东营以外, 以上 5 个地级市的旅游经济与城市生态韧性均处于“双低”水平, 可能原因是, 该类地级市城市生态本底薄弱, 人口密度高, 排污治污设施标准低<sup>[41]</sup>, 不仅严重制约城市生态韧性增强, 也难以开展旅游活动提供基础保障, 制约旅游经济可持续发展。东营城市生态韧性处于中等水平, 而旅游经济则处于低水平, 两者的不平衡发展是造成地区内协同演化水平较低的主要原因。

表 4 2011—2020 年山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化分类

Tab. 4 Co-evolution classification of tourism economy and urban ecological resilience in Shandong Province from 2011 to 2020

地级市	2011 年	2014 年	2017 年	2020 年	2011—2020 年
济南	中级协同(0.2306) 中—高	较高级协同(0.2777) 高一高	较高级协同(0.3221) 高一高	较高级协同(0.4004) 高一高	较高级协同 (0.3256)
青岛	较高级协同(0.4066) 高一高	高级协同(0.4744) 高一高	高级协同(0.6084) 高一高	较高级协同(0.6155) 高一高	高级协同 (0.5355)
烟台	中级协同(0.2215) 中—中	较高级协同(0.2757) 高一中	较高级协同(0.3352) 高一中	较高级协同(0.3534) 高一高	较高级协同 (0.3033)
威海	中级协同(0.2125) 中—中	中级协同(0.2496) 中—低	较高级协同(0.2737) 高一低	中级协同(0.2416) 中—低	中级协同 (0.2595)
潍坊	中级协同(0.1235) 中—中	中级协同(0.1845) 中—中	中级协同(0.2496) 中—中	较高级协同(0.2999) 高一高	中级协同 (0.2173)
淄博	中级协同(0.1515) 低—低	中级协同(0.1915) 中—低	中级协同(0.2436) 中—中	较高级协同(0.2717) 高一中	中级协同 (0.2233)
东营	初级协同(0.0584) 低—中	初级协同(0.0624) 低—中	初级协同(0.1015) 低—中	初级协同(0.0965) 低—中	初级协同 (0.1121)
日照	中级协同(0.1205) 中—低	中级协同(0.1565) 中—低	中级协同(0.1985) 中—低	初级协同(0.1085) 低—低	中级协同 (0.1867)
滨州	初级协同(0.0274) 低—低	初级协同(0.0444) 低—低	初级协同(0.0444) 低—低	初级协同(0.0464) 低—低	初级协同 (0.0404)
德州	初级协同(0.0734) 低—低	初级协同(0.0865) 低—低	初级协同(0.0855) 低—低	初级协同(0.0865) 低—低	初级协同 (0.0881)
聊城	初级协同(0.0694) 低—低	初级协同(0.0775) 低—低	初级协同(0.0684) 低—低	初级协同(0.0644) 低—低	初级协同 (0.0767)
莱芜	初级协同(0.0196) 低—低	初级协同(0.0086) 低—低	初级协同(0.0104) 低—低	初级协同(0.0096) 低—低	初级协同 (0.0096)
泰安	中级协同(0.2406) 中—中	较高级协同(0.3059) 中—中	较高级协同(0.2989) 高一中	较高级协同(0.2888) 高一中	较高级协同 (0.3029)
济宁	中级协同(0.1355) 中—低	中级协同(0.2025) 中—高	中级协同(0.2466) 中—中	较高级协同(0.2888) 高一中	中级协同 (0.2244)
菏泽	中级协同(0.2526) 中—低	中级协同(0.1956) 中—低	中级协同(0.2346) 中—低	中级协同(0.1135) 中—低	中级协同 (0.1914)
枣庄	初级协同(0.0254) 低—低	初级协同(0.0624) 低—低	初级协同(0.1015) 低—低	初级协同(0.0965) 低—低	初级协同 (0.1121)
临沂	中级协同(0.1375) 中—中	中级协同(0.1935) 中—高	中级协同(0.2526) 中—高	较高级协同(0.2918) 高一高	中级协同 (0.2244)

注: A—B 表示“旅游经济—城市生态韧性”, 例如“中—高”对应着旅游经济为中等水平、城市生态韧性为高韧性水平。

(2) 中级协同区域：包括威海、潍坊、淄博、日照、济宁、菏泽和临沂等7个地级市，其协同演化的平均值分别为0.2595、0.2173、0.2233、0.1867、0.2244、0.1914和0.2244。在研究期末，潍坊、淄博、济宁和临沂的协同演化水平均从中级协同上升为较高级协同，反映出在经济步入“新常态”和“五位一体”发展理念的背景下，生态旅游、文化旅游成为潮流，加之严格的环境规制政策，各地区积极开展生态文明建设，旅游经济与城市生态韧性协同演化得到改善。2017—2020年威海协同演化水平由较高级降为中级协同，日照则由中级协同降为初级协同。可能原因是，一方面，受新型冠状病毒感染的影响日照和威海依托地理区位接纳境外旅游的优势持续下降，旅游经济由2019年的0.454降至2020年的0.161；另一方面，受青岛的人才“虹吸效应”影响，R&D人员流失现象严重，一定程度降低了协同系统演化的智库保障。

(3) 较高级协同区域：包括济南、泰安和烟台，其协同演化的平均值分别为0.3256、0.3029和0.3033。2011—2020年，3个地级市协同演化水平均从中级协同上升为较高级协同，此后始终保持在较高级协同阶段。研究期内，济南城市生态韧性始终处于高韧性水平，旅游经济在2014年开始由中等水平升至高等水平。依托《山东省省会城市群经济圈发展规划》，以济南为首的省会经济圈被定位为全省改革开放先行区、改革开放示范区、生态文明和谐区，区内地级市生态文明建设起步早、基础好。

(4) 高级协同区域：仅包括青岛，协同演化的平均值为0.5355。研究期内，青岛的旅游经济和城市生态韧性始终处于高等水平，均对两系统的协同演化发挥着显著的正反馈效应。青岛是山东省乃至中国东部沿海重要的经济中心城市，拥有强大的旅游产业势能，2021年旅游总收入占山东省旅游总收入的17.04%。此外，以青岛为中心的胶东经济圈的绿色开发建设先后被列入国家重大地区发展战略，城市生态文明建设起步早、发展成熟，生态韧性的正反馈效应较为持续和显著。

4 旅游经济与城市生态韧性协同演化的影响因素分析

4.1 GTWR模型计算结果

运用ArcGIS 10.6的GTWR插件进行影响因素的计算与分析，将时空距离参数比值设定为1，2011—2020年山东省城市生态韧性和旅游经济协同演化影响因子的GTWR回归模型相关参数如表5所示。其中，带宽为0.1158，AICc为-543.1240，调整后 $R^2$ 变为0.9816，大于OLS模型 $R^2$ （0.9271），表明GTWR模型的解释效果优于OLS模型。因此，选择GTWR模型探究山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化影响因素的时空非平稳性。

表5 GTWR的相关参数  
Tab. 5 Related parameters of GTWR

模型参数	带宽	残差平方和	残差估计标准差	赤池信息量准则	$R^2$	调整后 $R^2$	时空距离比
值	0.1158	0.1326	0.0283	-543.1240	0.9770	0.9816	0.3811

4.2 协同演化的影响因素分析

山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化的影响因素具有显著的空间异质性，且各因素对协同演化存在明显的个体差异（图6）。  
经济发展水平（ECON）对两系统协同演化主要表现为显著正向影响，推动作用整体呈现由东部沿海向西部内陆阶梯式递减，与山东省经济发展布局较为一致。具体来



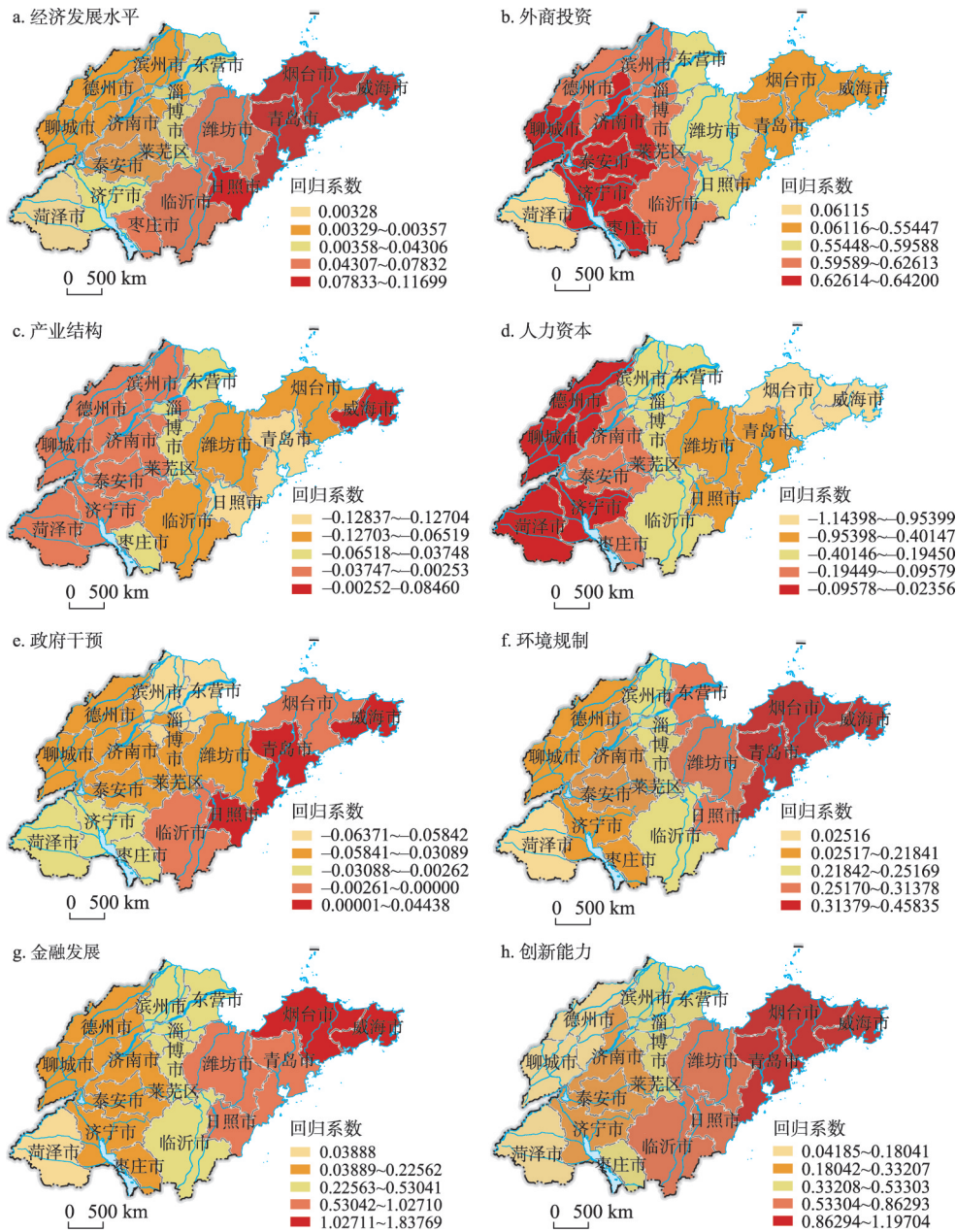


图6 山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化影响因素的空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of influencing factors on the co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience in Shandong province

看, 经济发展水平回归系数高值区集中分布在以青岛为中心的胶东经济圈, 经济发展水平越高的城市对旅游资源配置和加强生态文明建设的调动力越强。然而, 济南作为山东省政治、经济中心, 其经济发展水平对协同演化的正向影响不显著, 一定程度上印证了环境库兹涅茨曲线理论的相关内容。受资源依赖型的重工业发展影响, 鲁南经济圈经济发展水平的回归系数较小。



外商投资(FDI)对两系统协同演化的影响以显著正向作用为主,表明山东省已较为成功地跨越了发展中地区普遍面临的“污染避难所”困境,整体呈现由西部内陆向东部沿海递减的带状分布格局。具体来看,外商投资在鲁南经济圈和省会经济圈的推动作用较为突出,胶东经济圈外商投资的正向推动作用较小,原因可能是胶东经济圈外商投资发展水平较高,地区内外商投资的角色转变较为成熟,依据边际效应递减规律,其正向推动作用逐渐减弱。

产业结构(STR)对两系统协同演化的作用主要表现为不显著负向影响,整体呈现“中部强、东西弱”的分布格局,与郭付友等在已有研究中得出的“产业结构因素对于山东省产业生态化发展起到负面影响作用”的结论一致<sup>[42]</sup>。现阶段山东省仍是以传统资源型重工业为主导,传统产业占整个产业的70%,其中70%都是钢铁、石油等重化工业<sup>⑨</sup>,导致源头上污染严重,一定程度上抑制城市生态文明建设。

人力资本(HUMAN)对两系统协同演化的影响不显著,且为负值。其原因一方面可能与高素质人才外溢相关,技术创新与旅游业和城市生态文明建设的耦合程度较低;另一方面,现阶段山东省处于传统工业模式向“新技术、新产业、新业态、新模式”转变过程中,大城市的虹吸效应,推动人力资本高度集聚,进而加剧当地人地矛盾,最终降低人力资本的创新转化效率。例如,人力资本回归系数的低值区主要集中在胶东经济圈,高值区位于鲁南经济圈。

政府干预(GOV)对两系统协同演化的影响具有显著的空间异质性,表现为“胶东经济圈显著为正,鲁南经济圈和省会经济圈存在不显著负影响”。政府干预作为市场力量的替代机制而发挥作用,可以增强旅游市场活力、刺激旅游企业发展;通过对资源利用予以干预,积极消除负外部性。然而,超越市场作用力的政府干预则将对地区发展起到相反的作用<sup>[43]</sup>。鲁南经济圈和省会经济圈的部分地级市是典型的重工业城市,部分城市存在产业转型难、资本投入冗余等问题,过度的政府干预可能会降低企业参与城市生态文明建设的积极性。

环境规制(ENVI)对两系统协同演化始终表现为显著正向促进作用,与“波特假设”相符,呈现由东北部沿海向西南内陆递减的带状布局。具体来看,正向影响在胶东经济圈较为突出,该区域经济基础好,对外开放程度高,环境规制可以有效推动节能减排和生态环境的恢复。环境规制在鲁南经济圈的正向影响较小,可能原因是过高的资源投入和污染排放使得环境规制产生的“创新补偿”作用不明显。

金融发展(FDS)对两系统协同演化的影响及分布格局与环境规制较为一致。《山东省人民政府关于加快全省金融改革发展的若干意见》等文件发布,普惠金融服务下沉基层得到深入部署。然而由于资本的逐利性和政策的倾斜,导致山东省普惠金融在发达地区形成“资金洼地”,存在较大的地区差异。具体来看,金融发展回归系数的高值区主要分布在胶东经济圈,低值区主要处于鲁南经济圈。

创新能力(CREA)对两系统协同演化的回归系数基本为正,并均通过显著性检验,整体呈现“东强西弱”阶梯式递减格局,表明在高质量发展和生态保护兼顾的发展初期,提高以政府主导的创新能力是可行之策。高值区主要分布在胶东经济圈,回归系数均大于1;创新能力在鲁南经济圈的正向影响较小,据《山东省区域科技创新能力评价报告2020》数据显示,菏泽、临沂、济宁等地级市创新活跃度较低,与省内平均水平仍有较大差距。

⑨ 参见:[https://www.sohu.com/a/421224013\\_100255761](https://www.sohu.com/a/421224013_100255761)。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

本文依据演化韧性视角,构建了城市生态韧性评价指标体系,借助熵权-TOPSIS法分别测度了山东省旅游经济和城市生态韧性,运用空间分析工具和哈肯模型分别探讨了旅游经济和城市生态韧性的时空分异及两系统协同演化的内在机制和特征。主要结论为:

(1) 山东省旅游经济总体表现为先持续上升后短暂下降趋势,呈现“高高集聚、低低集聚”的空间特征,高水平区域包括青岛、烟台、威海、济南和泰安,低水平区域主要分布在鲁西和鲁南地区。城市生态韧性总体表现为稳定增长的态势,呈现济南、青岛两个地级市“双核领跑”的空间格局,低韧性区域主要分布在鲁南地区。

(2) 旅游经济是旅游经济与城市生态韧性协同演化的序参量,主导协同系统间要素的流动状态和互动关系。现阶段山东省旅游经济与城市生态韧性协同系统已形成正反馈机制,其协同演化水平呈现倒“V”型变化趋势,地区差异显著,形成“胶东经济圈>鲁南经济圈>省会经济圈”的空间格局。

(3) 旅游经济与城市生态韧性协同演化呈现等级特征。高级与较高级协同区域主要为中心城市,如济南、青岛和烟台;中级协同区域包括威海、潍坊、淄博、日照、济宁、菏泽和临沂;东营、滨州、德州、聊城、莱芜和枣庄等属于初级协同区域,旅游经济和城市生态韧性均处于较低水平。

(4) 旅游经济与城市生态韧性协同演化的内外影响因素存在时空差异。生活垃圾无害化处理率、每万劳动力R&D人员数量和人均公园绿地面积是制约协同演化的主要内部因素;经济发展水平、外商投资、环境规制、金融发展和创新能力是正向促进协同演化的外部因素,产业结构、人力资本是负向抑制协同演化的外部因素。其中,经济发展水平、环境规制和金融发展、创新能力的促进作用均呈现“东强西弱”阶梯式递减格局,外商投资与之相反;产业结构的负向作用整体呈现“中部强、东西弱”的空间分布。

### 5.2 讨论

在黄河流域生态保护和高质量发展的时代背景下,推动旅游经济高质量发展和提升城市生态韧性是必行之策。首先,本文将研究尺度聚焦于地级市尺度,旨在更深刻、合理地分析旅游经济与城市生态韧性协同演化的规律和异质性。其次,本文从“演化韧性”视角探讨山东省城市生态韧性,符合建设“韧性城市”的现实需求;同时,基于协同理论、运用哈肯模型探究旅游经济与城市生态韧性的协同演化特征,弥补了以往多进行耦合协调分析的不足,丰富了旅游经济学和城市生态学的研究视角。最后,本文通过时空地理加权回归模型对山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化的影响因素进行探析,以期在两系统协同演化特征作出更为科学的解析。

山东省旅游经济与城市生态韧性呈现良性互动局面,但协同演化区域差异显著,各地市生态保护和高质量发展要树立“一体化”意识和“一盘棋”思想,提高旅游产业的互补性、增强生态保护过程中的溢出效应。旅游经济作为主导协同系统演化的序参量,对协同系统存在正反馈效应,其协同效应与旅游经济发展水平存在一定的空间对应关系,部分地级市旅游经济与城市生态韧性仍处于“双低”阶段。各地级市应因地制宜推动旅游高质量发展、切实践行城市生态文明建设。针对产业倚能倚重阻碍旅游经济与城市生态韧性协同演化的现实问题,三大经济圈要严格落实“四减四增”三年行动方案,加大传统产业转型升级力度。最后,通过分析旅游经济与城市生态韧性的协同演化特征,为黄河流域生态保护和高质量发展提出以下几点建议:

(1) 旅游经济与城市生态韧性均对协同系统发挥正反馈效应的内在机制,说明实现生态保护和旅游经济的“双赢”是黄河流域未来发展的重要方向,流域内各地区应发挥黄河文化资源和自然生态的突出优势,注重优质资源的“强强联合”,推动流域形成串联和糅合上中下游文化及生态资源的黄河生态文旅带。

(2) 依据旅游经济与城市生态韧性协同演化存在地区差异,中心城市协同演化水平较高这一现状,黄河流域各地区应增强中心城市的合作,通过建立互利联盟的方式组成黄河流域生态保护和高质量发展的排头兵,进而推动全流域协同发展。

(3) 针对制约旅游经济与城市生态韧性协同演化的内外影响因素,黄河流域各区域应化被动为主动,聚焦拓展城市绿色空间、着重加强城市污染治理力度、提高人力资本的创新转换效率;与此同时,全流域要坚持绿色发展观,通过提升产业发展层次、推动传统产业低碳化改造、扶持发展现代化服务业等构建绿色产业体系,加快新旧动能转换。

需要说明的是,黄河流域自然地理千差万别、风土人情丰富多彩,后续研究有待拓展至黄河流域层面。此外,协同系统演化的驱动机制和优化路径也是今后研究的方向。

**关联数据信息:** 本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版,获取地址:<https://doi.org/10.3974/geodb.2023.09.05.V1>。

## 参考文献(References)

- [1] Xi Jinping. Speech at the symposium on ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin. Practice (Thought Theory Edition), 2019, 62(11): 5-9. [习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话. 实践(思想理论版), 2019, 62(11): 5-9.]
- [2] Mu Xueqing, Guo Xiangyang, Ming Qingzhong, et al. Dynamic evolution characteristics and driving factors of tourism ecological security in the Yellow River Basin. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(3): 714-735. [穆学青, 郭向阳, 明庆忠, 等. 黄河流域旅游生态安全的动态演变特征及驱动因素. 地理学报, 2022, 77(3): 714-735.]
- [3] Lenzen M, Sun Y Y, Faturay F, et al. The carbon footprint of global tourism. Nature Climate Change, 2018, 8(6): 522-528.
- [4] Lutz H J. Soil conditions of picnic grounds in public forest parks. Journal of Forestry, 1945, 43(2): 121-127.
- [5] Liu R Y. Impacts of outdoor recreation on natural vegetation. Quarterly Journal of Chinese Forestry, 1997, 31(29): 35-58.
- [6] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [7] Xu Z L, Yan W. Carrying capacity of water environment in public tourism resources based on matter-element model. Ecological Economy, 2016, 12(3): 296-300.
- [8] Shani A, Arad B. Climate change and tourism: Time for environmental skepticism. Tourism Management, 2014, 44(6): 82-85.
- [9] Sun Q, Zhang X H, Zhang H W, et al. Coordinated development of a coupled social economy and resource environment system: A case study in Henan province, China. Environment, Development and Sustainability, 2018, 20(3): 1385-1404.
- [10] Wei Ningning, Zhang Quanjin, Lin Yiran, et al. Application of tourism carrying capacity assessment in beach tourism management. Economic Geography, 2019, 39(3): 210-217. [魏宁宁, 张全景, 林奕冉, 等. 旅游承载力评估在海滩旅游管理中的应用. 经济地理, 2019, 39(3): 210-217.]
- [11] Zheng Bingyun, Yang Hongfeng. Spatial and temporal evolution of eco-efficiency of inter-provincial tourism in China based on ecological footprint. East China Economic Management, 2020, 34(4): 79-91. [郑兵云, 杨宏丰. 基于生态足迹的中国省际旅游生态效率时空演化. 华东经济管理, 2020, 34(4): 79-91.]
- [12] Wang Shengpeng, Qiao Huafang, Feng Juan, et al. The spatio-temporal evolution of tourism eco-efficiency in the Yellow River Basin and its interactive response with tourism economy development level. Economic Geography, 2020, 40(5): 81-89. [王胜鹏, 乔花芳, 冯娟, 等. 黄河流域旅游生态效率时空演化及其与旅游经济互动响应. 经济地理, 2020, 40(5): 81-89.]
- [13] Wang Songmao, Chu Yujing, Guo Anxi, et al. Study on high quality development of tourism economy in 18 key



- provinces along the One Belt and One Road Initiative: Based on the measurement of tourism resource conversion efficiency. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(9): 1505-1512. [王松茂, 褚玉静, 郭安禧, 等. “一带一路”沿线重点省份旅游经济高质量发展研究: 基于旅游资源转换效率的测度. *地理科学*, 2020, 40(9): 1505-1512.]
- [14] Tong Yun, Liu Haimeng, Ma Yong, et al. The influence and spatial spillover effects of tourism economy on urban green development in China. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(10): 2504-2521. [童昀, 刘海猛, 马勇, 等. 中国旅游经济对城市绿色发展的影响及空间溢出效应. *地理学报*, 2021, 76(10): 2504-2521.]
- [15] Cheng Hui, Xu Qiong, Guo Yaoqi. Temporal and spatial evolution of the coupling coordinated development between tourism resources development and ecological environment in China. *Economic Geography*, 2019, 39(7): 233-240. [程慧, 徐琼, 郭尧琦. 我国旅游资源开发与生态环境耦合协调发展的时空演变. *经济地理*, 2019, 39(7): 233-240.]
- [16] Chen Y, Miao Q Q, Zhou Q A. Spatiotemporal differentiation and driving force analysis of the high-quality development of urban agglomerations along the Yellow River Basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(4): 2484. DOI: 10.3390/ijerph19042484.
- [17] Boschma R. Towards an evolutionary perspective on regional resilience. *Regional Studies*, 2015, 49(5): 733-751.
- [18] McPhearson T, Andersson E, Elmqvist T, et al. Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem Services*, 2015, 12(4): 152-156.
- [19] Botequilha-Leitão A, Díaz-Varela E R. Performance Based Planning of complex urban social-ecological systems: The quest for sustainability through the promotion of resilience. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 56(C): 102089. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102089.
- [20] Ireni-Saban L. Challenging disaster administration: Toward community-based disaster resilience. *Administration & Society*, 2013, 45(6): 651-673.
- [21] Wang Shaojian, Cui Zitian, Lin Jingjie, et al. Coupling relationship between urbanization and ecological resilience in the Pearl River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(4): 973-991. [王少剑, 崔子恬, 林靖杰, 等. 珠三角地区城镇化与生态韧性的耦合协调研究. *地理学报*, 2021, 76(4): 973-991.]
- [22] Xia Chuyu, Dong Zhaoyingzi, Chen Bin. Spatio-temporal analysis and simulation of urban ecological resilience: A case study of Hangzhou. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(1): 116-126. [夏楚瑜, 董照樱子, 陈彬. 城市生态韧性时空变化及情景模拟研究: 以杭州市为例. *生态学报*, 2022, 42(1): 116-126.]
- [23] Wang Songmao, Niu Jinlan. Dynamic evolution and obstacle factors of urban ecological resilience in Shandong Peninsula urban agglomeration. *Economic Geography*, 2022, 42(8): 51-61. [王松茂, 牛金兰. 山东半岛城市群城市生态韧性的动态演化及障碍因子分析. *经济地理*, 2022, 42(8): 51-61.]
- [24] Wang Zhaofeng, Li Jingyi. Verify and study the coupling coordination development and the interactive stress between tourism and eco-environment in the Yellow River Basin. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, 31(2): 447-460. [王兆峰, 李静怡. 黄河流域旅游发展与生态环境耦合协调时空演变及交互胁迫关系验证. *长江流域资源与环境*, 2022, 31(2): 447-460.]
- [25] Sun Jianfeng, Li Shitai, Ji Xiaomeng, et al. Coupling analysis and optimization measures of cultural resources endowment and tourism industry in Shandong. *Economic Geography*, 2019, 39(8): 207-215. [孙剑锋, 李世泰, 纪晓萌, 等. 山东省文化资源与旅游产业协调发展评价与优化. *经济地理*, 2019, 39(8): 207-215.]
- [26] Chen Xiaohong, Lou Jinnan, Wang Ying. Evolution and dynamic simulation of the temporal-spatial pattern of urban resilience in Harbin-Changchun urban group. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(12): 2000-2009. [陈晓红, 娄金男, 王颖. 哈长城市群城市韧性的时空格局演变及动态模拟研究. *地理科学*, 2020, 40(12): 2000-2009.]
- [27] Zhao Ruidong, Fang Chuanglin, Liu Haimeng. Progress and prospect of urban resilience research. *Progress in Geography*, 2020, 39(10): 1717-1731. [赵瑞东, 方创琳, 刘海猛. 城市韧性研究进展与展望. *地理科学进展*, 2020, 39(10): 1717-1731.]
- [28] Li Jinchang, Yu Wei. Discussion on statistical monitoring and evaluation of common prosperity. *Statistical Research*, 2022, 39(2): 3-17. [李金昌, 余卫. 共同富裕统计监测评价探讨. *统计研究*, 2022, 39(2): 3-17.]
- [29] Boschma R. Towards an evolutionary perspective on regional resilience. *Regional Studies*, 2015, 49(5): 733-751.
- [30] Li Zhenya, Wei Wei, Zhou Liang, et al. Spatio-temporal evolution characteristics of terrestrial ecological sensitivity in China. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(1): 150-163. [李振亚, 魏伟, 周亮, 等. 中国陆地生态敏感性时空演变特征. *地理学报*, 2022, 77(1): 150-163.]
- [31] Martin R, Sunley P. On the notion of regional economic resilience: Conceptualization and explanation. *Journal of Economic Geography*, 2015, 15(1): 1-42.



- [32] Guo Jianke, Liang Muxin. The coupling characteristics of the shipping network and trade between China and the countries along the 21st Century Maritime Silk Road. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(6): 1531-1545. [郭建科, 梁木新. 中国与“21世纪海上丝绸之路”沿线国家航运网络及经贸联系的耦合特征. *地理学报*, 2022, 77(6): 1531-1545.]
- [33] Wang Fang, Guo Lei. Research on system complexity of the digital society. *Journal of Management World*, 2022, 38(9): 208-221. [王芳, 郭雷. 数字化社会的系统复杂性研究. *管理世界*, 2022, 38(9): 208-221.]
- [34] Li Qiaoxing, Hu Yuqing. Research on evolution mechanism of China's big data industry based on Haken Model. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2020, 39(3): 125-131. [李桥兴, 胡雨晴. 基于哈肯模型的我国大数据产业演化机制研究. *工业技术经济*, 2020, 39(3): 125-131.]
- [35] Weis K, Chambers C, Holladay P J. Social-ecological resilience and community-based tourism in the commonwealth of Dominica. *Tourism Geographies*, 2021, 23(3): 458-478.
- [36] Yuan Hongrui, Wang Qun. The evolution model of the tourism-ecology symbiosis and the determination of ecological security: A case study of Huangshan district, Anhui province, A key ecological functional zone of China. *Tourism Tribune*, 2022, 37(12): 25-38. [袁宏瑞, 王群. 旅游与生态共生演进模式与生态安全判定: 以国家重点生态功能区安徽省黄山区为例. *旅游学刊*, 2022, 37(12): 25-38.]
- [37] Xiong Xiaolian, Fan Jian. Synergistic evolution mechanism and the synergistic differences of financial ecosystem in provinces of “the Belt and Road” area in China: The empirica analysis based on Haken Model. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2021, 40(12): 58-65. [熊晓炼, 樊健. “一带一路”沿线省域金融生态系统协同演化机制与水平差异: 基于哈肯模型的实证分析. *工业技术经济*, 2021, 40(12): 58-65.]
- [38] Haken H. *Synergetics: An introduction*. New York: Springer-Verlag, 1983.
- [39] Li Lin, Liu Ying. The driving forces of regional economic synergistic development in China: Empirical study by stages based on Haken model. *Geographical Research*, 2014, 33(9): 1603-1616. [李琳, 刘莹. 中国区域经济协同发展的驱动因素: 基于哈肯模型的分阶段实证研究. *地理研究*, 2014, 33(9): 1603-1616.]
- [40] Tong Yun, He Biao. Green development effect of tourism economy and its formation mechanism: Evidence from 92 tourism-dependent cities in China. *China Population, Resources and Environment*, 2022, 32(4): 134-144. [童昀, 何彪. 旅游经济的绿色发展效应及其形成机制: 中国92个旅游依赖型城市的实证. *中国人口·资源与环境*, 2022, 32(4): 134-144.]
- [41] Du Xia, Meng Yanru, Fang Chuanglin, et al. Spatio-temporal characteristics of coupling coordination development between urbanization and eco-environment in Shandong Peninsula urban agglomeration. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(16): 5546-5559. [杜霞, 孟彦如, 方创琳, 等. 山东半岛城市群城镇化与生态环境耦合协调发展的时空格局. *生态学报*, 2020, 40(16): 5546-5559.]
- [42] Guo Fuyou, Tong Lianjun, Liu Zhigang, et al. Spatial-temporal pattern and influencing factors of industrial ecology in Shandong province: Based on panel data of 17 cities. *Geographical Research*, 2019, 38(9): 2226-2238. [郭付友, 佟连军, 刘志刚, 等. 山东省产业生态化时空分异特征与影响因素: 基于17地市时空面板数据. *地理研究*, 2019, 38(9): 2226-2238.]
- [43] Li Ruzi, Liu Yaobin, Xie Dejin. Evolution of economic efficiency and its influencing factors in the industrial structure changes in China. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(12): 2179-2198. [李汝资, 刘耀彬, 谢德金. 中国产业结构变迁中的经济效率演进及影响因素. *地理学报*, 2017, 72(12): 2179-2198.]

## Co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience in Shandong province

WANG Songmao, NIU Jinlan

(College of Economic and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

**Abstract:** Exploring the co-evolution characteristics of tourism economy and urban ecological resilience can provide theoretical support and quantitative basis for the ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin. From the perspective of evolutionary resilience, this paper constructs an index system of urban ecological resilience based upon "resistance, response and innovation". The theoretical framework of the co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience is analyzed with the synergetics. Taking Shandong province as an example, this paper uses the Haken model, kernel density estimation and spatialtemporal weighted regression to analyse the spatiotemporal distribution characteristics and influencing factors of co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience. The results show that: (1) From the time dimension, the tourism economy shows a trend of continuous rise at first and then a temporary decline, and the urban ecological resilience shows a trend of stable growth. In terms of spatial distribution, the tourism economy and urban ecological resilience show a spatial pattern of "high- high and low- low concentrations" and "dual core leading", respectively. (2) Tourism economy is a sequence parameter of co-evolution, which dominates the development and evolution of the entire system in this stage, and mainly shows the effect of positive feedback. The co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience presents an inverted "V" trend, and forms a spatial pattern of Jiaodong Economic Circle > Lunan Economic Circle > Jinan Economic Circle. (3) There are obvious regional differences in the influencing factors of the co-evolution, and the level of economic development, foreign investment, environmental regulation, financial development, and innovation capability have obvious positive effects. The industrial structure and human capital have barely negative effects. The government intervention shows significantly positive effect in the Jiaodong Economic Circle, but not significantly negative effect in the Lunan Economic Circle and the Jinan Economic Circle.

**Keywords:** tourism economy; urban ecological resilience; co-evolution; Shandong province