



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

科技创新与经济高质量发展耦合协调的 时空演变分析及障碍因素诊断 ——以山东省为例

程铭¹ 袁文琦² 姜媛¹ 姜明月¹

1. 山东省创新发展研究院 济南 250101;

2. 北京师范大学统计学院 北京 100875

摘要: [目的/意义] 科技创新是山东省实现经济高质量发展的核心动力, 正确处理好科技创新和经济高质量发展的关系, 有利于以高质量创新引领经济高质量发展。[方法/过程] 选取2012—2021年山东省16地市为研究对象, 从创新投入、创新产出、创新环境、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展7个维度构建科技创新和经济高质量发展评价指标体系, 利用熵权法、耦合协调度模型和障碍度模型分析两者的时空耦合关系及障碍因素。[局限] 研究未能从产业等中观角度解释科技创新和经济高质量发展的协同机制。[结果/结论] 时序上, 山东省科技创新、经济高质量发展水平及其耦合协调度呈逐年上升趋势, 从濒临失调到初级协调状态; 空间上, 两者耦合协调度空间差异较大, 济南和青岛为良好和优质协调区, 沿海城市处于中级和初级协调阶段, 鲁西南城市处于过渡和失调阶段; 影响两者耦合的主要障碍因素是创新产出和开放发展, 具体指标看, 外商投资新设企业数、进口依存度、论文数是两者的关键阻碍因素。根据研究结果, 提出针对山东省加强科技创新, 提升经济高质量发展水平及两者耦合协调度的具体建议。

关键词: 科技创新; 经济高质量发展; 耦合协调; 时空分异; 障碍度

中图分类号: F124; F224; G35

Spatiotemporal Evolution Analysis and Obstacle Factor Diagnosis of the Coupling and Coordination Between Technological Innovation and High-Quality Economic Development——Take Shandong Province for Example

CHENG Ming¹ YUAN Wenqi² JIANG Yuan¹ JIANG Mingyue¹

1. Shandong Provincial Institute of Innovation and Development, Jinan 250101, China;

2. School of Statistics, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

作者简介 程铭(1994-), 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为科技统计和科技管理研究; 袁文琦(2000-), 硕士研究生, 主要研究方向为数据科学与管理; 姜媛(1981-), 本科, 副研究员, 主要研究方向为科技政策分析和科技管理研究, E-mail: sdkjtj607@163.com; 姜明月(1992-), 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为科技产业分析与智库建设。

引用格式 程铭, 袁文琦, 姜媛, 等. 科技创新与经济高质量发展耦合协调的时空演变分析及障碍因素诊断——以山东省为例[J]. 情报工程, 2024, 10(3): 14-27.

Abstract: [Purpose/Significance] Technological innovation is the core driving force for achieving high-quality economic development in Shandong Province. Properly handling the relationship between technological innovation and high-quality economic development is conducive to leading high-quality economic development with high-quality innovation. [Methods/Processes] Selecting 16 cities in Shandong Province from 2012 to 2021 as the research objects, this study constructs an evaluation index system for scientific and technological innovation and high-quality economic development from seven dimensions: innovation input, innovation output, innovation environment, coordinated development, green development, open development, and shared development. The entropy weight method, coupled co scheduling model, and obstacle model are used to analyze the spatiotemporal coupling relationship and obstacle factors between the two. [Limitations] The study failed to explain the synergistic mechanism between technological innovation and high-quality economic development from a meso perspective such as industry. [Results/Conclusions] The results indicate that in terms of time series, the level of scientific and technological innovation, high-quality economic development, and their coupling coordination in Shandong Province are showing an increasing trend year by year, from a state of near imbalance to a primary coordinated state; In terms of space, there is a significant difference in the degree of coupling and coordination between the two. Jinan and Qingdao are good and high-quality coordination areas, coastal cities are in the intermediate and primary coordination stages, and cities in southwestern Shandong are in the transition and imbalance stage; The main obstacles to the coupling of the two are innovation output and open development. Specifically, the number of newly established foreign investment enterprises, import dependence, and the number of papers are the key obstacles to the two. Based on the research results, specific suggestions are proposed to strengthen scientific and technological innovation, enhance high-quality economic development, and enhance the coupling and coordination between the two in Shandong Province.

Keywords: Technological Innovation; High Quality Economic Development; Coupling Coordination; Spatial-temporal Differentiation; Obstacle Degree

引言

创新是引领发展的第一动力，科技创新支撑着中国经济的高质量发展。2022 年中央经济工作会议对我国科技创新支撑高质量发展工作提出新要求，将科技政策作为支撑经济高质量发展的“五大政策”之一。立足新发展阶段，要遵循以科技创新为导向的经济发展方针^[1]。反之，增强社会经济实力，有助于为科技创新营造有利条件，塑造创新发展新优势。作为全国创新高地和经济第三大省，山东省经济实力雄厚，聚集了大量优质的科技创新要素。《山东省“十四五”科技创新规划》指出，要全面提升全省科技创新能力，引领支撑经济社会高质量发展。因此，本研究在山东省科技创新水

平和经济高质量发展水平评价指标体系基础上，探索科技创新和经济高质量发展的耦合协调关系及障碍因子，对区域实现高质量发展具有重要的战略意义。

1 文献综述

1.1 科技创新及其测度

科技创新是指运用新的知识和技术，开发新产品、提供新服务的过程^[2]。如何建立科技创新评价体系是国内学者的研究热点。一方面考虑不同的评价指标选取。许红丹等^[3]从创新投入、创新产出和创新效率 3 个方面构建科技创新评价指标体系；蔡文伯等^[4]基于创新投入、

创新产出和技术转让进行综合评价。另一方面考虑不同的评价模型。谷斌等^[5]运用熵权法、耦合协调评价模型、探索性空间数据分析与标准差椭圆模型测算我国31个省市科技创新能力发展水平；张凯等^[6]利用云模型和证据理论对科技创新能力进行评价。

1.2 经济高质量发展及其测度

自从党的十九大报告提出我国经济迈入高质量发展增长阶段以后，学者们围绕经济高质量发展在理论和实证层面展开了深入的研究。一方面以经济高质量发展的特征为基础构建评价体系。Mlachila等^[7]从经济增长的基本属性和社会成果两个维度构建经济高质量发展模型；袁晓玲等^[8]通过投入指标体系和产出指标体系构建省域经济高质量发展评价体系。另一方面以新发展理念为指导构建评价体系。李桂君等^[9]立足“五大发展理念”构建城市经济高质量发展指标体系；单勤琴等^[10]基于经济、创新、协调、绿色、开放和共享6个指标建立区域经济高质量发展评价指标体系。

1.3 科技创新与经济高质量发展的耦合协调关系

科技创新与经济高质量发展相辅相成，两者之间并非单向线性关系^[11]，要深刻把握两者之间的协调关系^[12]。一方面考虑两者的耦合协调关系。目前缺乏对山东省16地市的研究，更多以全国作为研究区域。姚振飞等^[13]利用耦合协调度模型发现山东省创新能力与经济质量的关系存在同步性和耦合性；祝恩元等^[14]得到山东省科技创新与可持续发展处于低度协调耦合

阶段，呈现“东高西低，中间高南北低”的空间格局；董弋萱^[15]揭示中国城市规模相差越大，两者耦合协调水平差异越大；魏巍等^[16]运用耦合协调分析法发现中国创新发展体系与经济高质量发展实现初步协调，分析结果与经济发展水平呈“逆向相关”态势。另一方面研究两者耦合协调的影响因素。已有研究主要集中于两者之间单向影响机制，缺乏对于两者耦合协调影响因素的研究，但障碍度模型可以找出限制两者耦合协调发展的关键因素，厘清两者耦合协调的主要影响因子。刘建华等^[17]利用障碍因子诊断模型对黄河流域科技创新与低碳经济的耦合协调及其障碍因子进行了分析；尚英仕等^[18]运用障碍度模型厘清东部沿海三大城市群科技创新与绿色发展耦合协调的障碍因素；陈正其^[19]分析京津冀地区创新要素配置与经济高质量发展耦合协调的障碍因素。

1.4 研究述评

国内外优秀学者对科技创新与经济高质量发展的研究硕果累累，但仍存在一些问题亟待完善：第一，部分研究设计两者评价指标体系的权重时采用主成分分析或赋值法，存在主观性，有效信息体现不全；第二，已有研究主要阐释了科技创新对经济高质量发展的驱动机制，而忽略了二者的耦合协调关系及各因素作用；第三，较多以全国范围为研究对象，以山东省16地市为研究对象的研究较缺乏。

本文拟做出以下边际贡献：第一，深入理解科技创新及高质量发展内涵，以“创新、协调、绿色、开放、共享”五大新发展理念为基础，结合山东省科技创新和经济发展特色，构建两

者评价指标体系；第二，使用熵权法对两者水平进行科学评价，利用耦合协调度和障碍度模型研究两者耦合协调水平及障碍因子的时空演化格局；第三，在评估省域及地市层面两者发展水平基础上，结合区域发展规划和目标定位，进一步对发展不平衡的关键矛盾进行深入研究，有助于为山东省及全国其他区域科技创新与经济高质量协调发展提供决策启示。

2 研究设计

2.1 研究方法

2.1.1 熵权法

为了实现不同年份的对比，借鉴已有研究中加入时间变量的熵权法，确定各评价指标权重并计算各年份科技创新与经济高质量发展水平^[20]。具体计算步骤如下：

(1) 为消除各指标量纲和单位的影响，需要对原始数据进行标准化处理，式(1)和式(2)分别为正向和负向指标标准化过程：

$$Y_{ijt} = \frac{x_{ijt} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} + A \quad (1)$$

$$Y_{ijt} = \frac{\max x_j - x_{ijt}}{\max x_j - \min x_j} + A \quad (2)$$

式中， x_{ijt} 为第 t 年 i 地市第 j 个指标值； Y_{ijt} 为 x_{ijt} 标准化后的数据； $\max x_j$ 、 $\min x_j$ 分别表示研究时期内所有地市第 j 项指标原始数据最大值和最小值； $i=1,2,\dots,n$ ， $j=1,2,\dots,m$ ， $t=1,2,\dots,r$ ；同时由于对数运算中对底数的要求，需要进行平移处理，为降低平移对数据的影响， A 取值为 10^{-5} 。

(2) 计算各指标贡献度：

$$p_{ijt} = \frac{Y_{ijt}}{\sum_{t=1}^r \sum_{i=1}^n Y_{ijt}} \quad (3)$$

(3) 计算各指标熵值：

$$e_j = -k \sum_{t=1}^r \sum_{i=1}^n p_{ijt} \ln p_{ijt} \quad (4)$$

其中， $k = \frac{1}{\ln rn}$ 。

(4) 计算各指标差异系数：

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(5) 计算各指标权重：

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (6)$$

(6) 计算各方案综合得分：

$$S_{it} = \sum_{j=1}^m w_j \times Y_{ijt} \quad (7)$$

2.1.2 耦合协调度模型

本文用耦合协调度模型评价山东省科技创新和经济高质量发展之间的耦合协调程度，具体步骤如下：

(1) 耦合度计算。耦合度可以衡量两系统间的相互作用程度^[21]。耦合度计算公式如下：

$$C = 2 \frac{\sqrt{u_1 u_2}}{u_1 + u_2} \quad (8)$$

其中， C 是耦合度，取值范围为 $(0, 1]$ ，值越大说明系统间的耦合度越高，相互影响程度越明显； u_1 为科技创新发展水平； u_2 为经济高质量发展水平。

(2) 耦合协调度计算。耦合度仅能表明各系统间相互作用的强弱，但无法区分系统是相互促进还是相互制约，因此，以耦合协调度进一步衡量两系统间的一致性程度^[22]。耦合协调度计算公式如下：

$$D = \sqrt{C(\alpha u_1 + \beta u_2)} \quad (9)$$

其中， D 是耦合协调度，取值范围为 $(0, 1]$ ，取值越大说明两系统耦合协调发展程度越好； α

和 β 分别为科技创新和经济高质量发展系统的权重,本文认为科技创新和经济高质量发展一样重要,因此取 $\alpha=\beta=0.5$ 。

《山东省区域科技创新能力评价报告》显示山东省16地市科技创新综合水平差距较大,研发经费支出中有5个地市超过100亿元,但有2个地市不到30亿元,每万名就业人员中研发人员数济南、青岛2市超过了100人年,仍有8市尚未达到50人年。近五年,科学技术支出仅占一般公共预算支出的3%左右,地区生产总值年均增长率近4%,高于研发经费支出年均增长率。参考已有研究[22-23],结合山东省区域科技创新发展不平衡、科技投入与经济发展不匹配等现实问题,提出山东省科技创新与经济高质量发展协调度划分标准,如表1所示。

表1 科技创新和经济高质量发展耦合协调度划分标准

耦合协调度	类型	区间
(0, 0.1]	极度失调	不可接受区间
(0.1, 0.2]	严重失调	不可接受区间
(0.2, 0.3]	中度失调	不可接受区间
(0.3, 0.4]	轻度失调	不可接受区间
(0.4, 0.5]	濒临失调	过渡区间
(0.5, 0.6]	勉强协调	过渡区间
(0.6, 0.7]	初级协调	可接受区间
(0.7, 0.8]	中级协调	可接受区间
(0.8, 0.9]	良好协调	可接受区间
(0.9, 1.0]	优质协调	可接受区间

2.1.3 障碍度模型

为挖掘山东省科技创新与经济高质量发展耦合协调关系的影响因素,引入障碍度模型分析其耦合协调的障碍因素^[24-25]。具体公式如下:

$$F_{ij}=\alpha_j w_{ij} \quad (10)$$

$$I_{ij}=(1-Y_{ij}) \quad (11)$$

$$H_{ij}=\frac{F_{ij} I_{ij}}{\sum_{j=1}^m F_{ij} I_{ij}} \times 100\% \quad (12)$$

其中, F_{ij} 为第 j 个子系统中第 i 个指标的因子贡献度; α_j 为第 j 个子系统的权重; w_{ij} 为第 j 个子系统中第 i 个指标的权重; I_{ij} 为指标偏离度,表示各指标与系统发展目标的差距; Y_{ij} 为经标准化后第 j 个子系统中第 i 个指标的值; H_{ij} 为第 j 个子系统中第 i 个指标对两者耦合协调的障碍度。

2.2 评价指标体系构建及数据来源

2.2.1 评价指标体系构建

进行科技创新研究的前提是构建科学、可比、系统、全面的科技创新水平评价指标体系。本文借鉴已有研究[13, 26-27],以创新投入—环境—产出研究视角为基础,结合《中国区域创新能力评价报告》,考虑山东省国有企业体量大、经济贡献率高,并且山东省科技创新受到政府、高校和企业等创新主体共同作用,增加规模以上工业企业R&D经费占比、R&D经费中政府支出和企业支出比值、规模以上工业企业R&D人员占比等指标体现山东省科技创新特色,如表2所示。

经济高质量发展是对经济发展的结构、效率、稳定性和持续性的综合评价,本文从经济高质量发展内涵及“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念出发,借鉴已有研究[28-30],结合山东省基础设施和资源禀赋情况,考虑山东省存在经济大而不强、传统产业占比大、经济发展与环境污染矛盾突出、创新能力与经

济规模不匹配等实际问题，选取着重反映经济 发展水平。同时，尽量设计比值、人均等指标，稳定性和持续性的指标评价山东省经济高质量 保证区域可比性，如表 3 所示。

表 2 科技创新水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标			
		名称	单位	指标属性	权重
科技创新	创新投入	R&D 经费投入强度（S1）	%	正向	7.19%
		科学技术支出占财政支出比重（S2）	%	正向	10.30%
		规模以上工业企业 R&D 经费支出占 R&D 经费总支出比重（S3）	%	正向	5.33%
		每万人 R&D 人员全时当量（S4）	人年 / 万人	正向	7.93%
	创新产出	每万人专利授权量（S5）	件 / 万人	正向	12.66%
		每万人专利受理量（S6）	件 / 万人	正向	9.03%
		每万人拥有科技论文数（S7）	篇 / 万人	正向	19.45%
	创新环境	职业学校师生比（S8）	%	正向	9.50%
		R&D 经费中政府支出与企业支出比值（S9）	%	正向	8.46%
		规模以上工业企业 R&D 人员数占就业人员比重（S10）	%	正向	10.15%

表 3 经济高质量发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标			
		名称	单位	指标属性	权重
经济高质量发展	协调发展	人均 GDP（E1）	元	正向	4.30%
		第三产业增加值占地区生产总值比重（E2）	%	正向	5.00%
		年末城镇登记失业率（E3）	%	负向	3.50%
		城乡居民人均可支配收入比值（E4）	%	负向	3.60%
		城乡居民人均消费支出比值（E5）	%	负向	3.00%
	绿色发展	建成区绿化覆盖率（E6）	%	正向	5.50%
		单位 GDP 废水排放量（E7）	吨 / 万元	负向	4.50%
		单位 GDP 二氧化硫排放量（E8）	吨 / 万元	负向	4.90%
		一般工业固体废物综合利用率（E9）	%	正向	4.50%
		环保支出占财政支出比重（E10）	%	正向	6.20%
	开放发展	进口依存度（E11）	%	正向	7.40%
		出口依存度（E12）	%	正向	7.90%
		外商投资新设企业数（E13）	个	正向	8.00%
		外商直接投资额占地区生产总值比重（E14）	%	正向	6.80%
		入境旅游外国人数占入境旅游人数比重（E15）	%	正向	3.50%
	共享发展	城镇职工基本养老保险覆盖率（E16）	%	正向	4.60%
		教育支出占财政支出比重（E17）	%	正向	4.30%
		社会保障与就业支出占财政支出比重（E18）	%	正向	4.50%
		每万人医疗机构床位数（E19）	张 / 万人	正向	4.30%
		移动电话普及率（E20）	%	正向	3.70%

2.2.2 数据来源

本文选取 2012—2021 年山东省 16 个城市作为研究对象,研究山东省科技创新和经济高质量发展的耦合协调关系及障碍因子。各城市指标数据来源于 2013—2022 年《山东统计年鉴》《山东科技统计年鉴》。对于个别缺失数据,采用插值法进行处理。

3 实证分析

3.1 科技创新与经济高质量发展的综合评价

3.1.1 全省科技创新与经济高质量发展水平评价

利用 2012—2021 年山东省 16 地市的相关

数据,在通过熵权法得出科技创新和经济高质量发展体系各指标权重的基础上,采用综合加权法得到两系统综合指数代表山东省整体水平,如图 1 所示。

从整体上看,山东省科技创新和经济高质量发展两系统的综合指数在 2012—2021 年基本呈现增长趋势。2012 年两系统水平相差较大,皆处于较低水平,之后,科技创新水平均值从 2012 年的 0.194 升至 2021 年的 0.320,增长了 64.95%,提升幅度大于经济高质量发展水平,表明山东省加快构建科技创新体系,科技创新实力显著提升。经济高质量发展水平均值从 2012 年的 0.251 上升到 0.353,增长了 40.64%,表明山东省经济高质量发展态势良好。

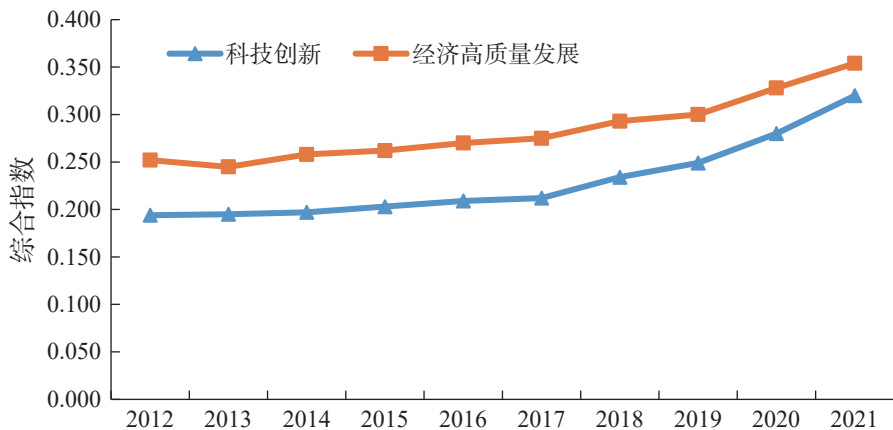


图 1 山东省科技创新与经济高质量发展综合指数变化趋势

3.1.2 区域科技创新发展水平评价

山东省 16 地市科技创新发展水平呈波动上升趋势,地区间差异显著,各城市之间发展不均衡。一方面,青岛、济南和烟台 3 市的科技创新水平较为突出,科技创新水平均值分别为 0.644、0.631 和 0.303。其中,青岛的科技创新实力遥遥领先,由 2012 年的 0.516 升至 2021 年的 0.832,增长了 61.24%,说明青岛作为副

省级沿海城市,是海洋科技创新、人才集聚和技术转移转化高地;济南的科技创新水平由 2012 年的 0.653 升至 2021 年的 0.748,说明济南作为省会城市,在研发投入、成果转化和创新环境方面领先其他省内城市;烟台的进步幅度最为明显,科技创新水平由 0.235 升至 0.451,增长近 1 倍,说明烟台全市科技创新综合实力实现新突破。

另一方面，威海、淄博和东营 3 市的科技创新的水平均值较为接近，分别为 0.265、0.250 和 0.240，低于上述城市，但高于省内其他城市，三个城市科技创新水平分别增长了 82.41%、82.76% 和 50.45%，说明 3 市紧紧围绕产业链部署创新链，科技创新水平提升较有成效。而山东省内某些区域存在科技创新“洼地”，如菏泽、枣庄和聊城，这些城市科技创新水平均值低于 0.1。菏泽、枣庄和聊城科技资源欠缺、研发投入不足，应进一步加强与核心城市的联动发展，加快培育高新技术企业，提升关键技术研发能力。

3.1.3 区域经济高质量发展水平评价

山东省 16 地市经济高质量发展水平持续性稳定提升，副省级城市及沿海城市经济高质量发展水平综合实力较强。一方面，青岛、济南、烟台、日照、威海的经济高质量发展水平均值在 0.3 以上，高于省内其他城市，经济发展态势良好。一是在协调发展方面，青岛和济南分别作为胶东和省会经济圈的中心城市，经济体量和产业发展存在相对优势，经济协同发展程度高于其他地区；烟台、日照和威海 3 市加快特色产业优化升级，全面提升城乡统筹水平。二是在绿色发展方面，青岛、济南将“双碳”工作作为推动经济社会发展全面绿色转型的总牵引；烟台、日照和威海 3 市加快构建新型能源体系，节能环保工作成效显著。三是在开放和共享发展方面，青岛、济南、烟台、日照和威海 5 市是黄河流域开放门户，进出口依存度、医疗机构床位数等方面优于其他地区。

另一方面，潍坊、淄博和东营 3 市的经济

高质量发展水平略低于上述城市，但也优于省内其他城市，3 个城市的经济高质量发展水平分别增长了 53.72%、32.79 和 43.27%，说明 3 市社会经济基础较为优越，满足了人民日益增长的美好生活需要。而菏泽和德州两市经济高质量发展水平均值不足 0.2，处于失衡状态。其中，菏泽是“鲁西崛起”的核心阵地，产业发展、生态环境等方面与省内其他城市差距大，应抓住黄河流域生态保护和高质量发展这一机遇，重点谋划打造特色产业体系；德州市农业人口众多，第三产业发展落后，应充分利用位于华北、华东经济区连接带位置，推动物流产业发展，释放经济发展活力。

3.2 耦合协调的时空分异特征分析

3.2.1 时间维度：全省耦合协调水平分析

基于上文介绍的耦合协调度模型测算山东省 2012—2021 年科技创新与经济高质量发展的耦合度和耦合协调度。如图 2 所示，2012—2021 年山东省科技创新与经济高质量发展的耦合度较为平稳，趋近于 1，说明两者相互联系紧密；耦合协调度呈持续上升趋势，由 2012 年的 0.494 升至 2021 年的 0.641，从濒临失调到初级协调状态，说明两者相互促进、协同发展，但是科技创新发展进程较慢，两系统整体未达到高水平协同状态。

3.2.2 空间维度：区域耦合协调水平分析

根据上文介绍的耦合协调度模型和划分依据测算山东省 16 地市 2012—2021 年科技创新与经济高质量发展的耦合协调度和所属耦合协调区域，以各地市 2012—2016 年耦合协调度均值表征研究期内各地市耦合协调的平均水平，

以 16 地市耦合协调度均值表征该年山东省耦合协调的整体水平^[21]。利用 ArcGIS 10.2 软件绘

制主要年份科技创新与经济高质量发展耦合协调类型时空分布图,如图 3 所示。

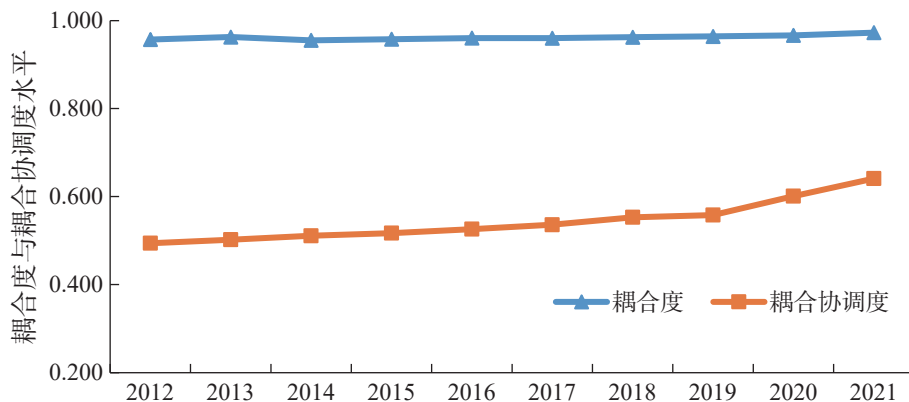


图2 山东省科技创新与经济高质量发展的耦合协调水平变化趋势

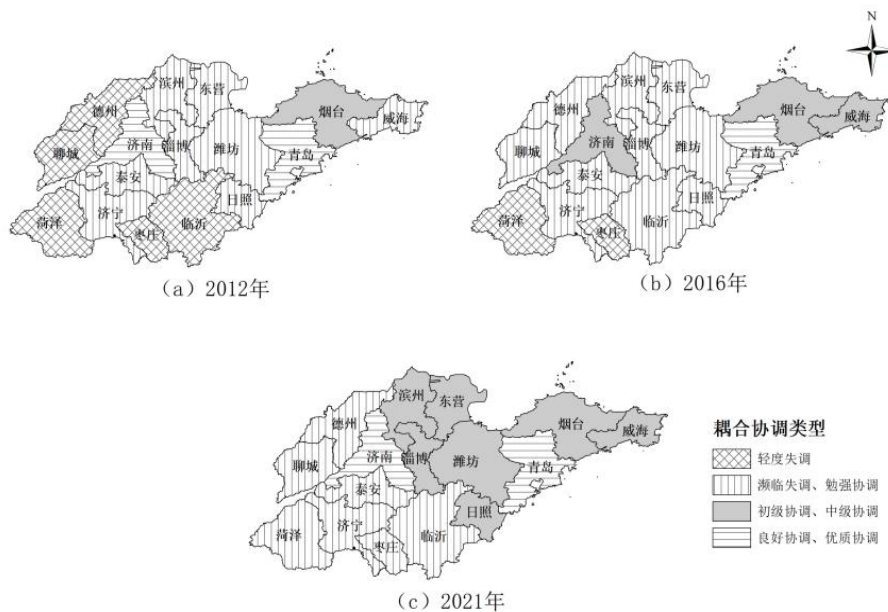


图3 山东省科技创新与经济高质量发展耦合协调类型的分布格局

(1) 优质和良好协调区。2012 年良好协调区城市为青岛和济南, 2021 年济南仍旧为良好协调区, 青岛演化到优质协调区。该类型城市一直以来都是经济圈核心城市, 也是国家中心城市。青岛建设绿色低碳高质量发展先行区, 在国家创新型城市排名中位列第十; 济南市作为省会城市, 聚集着省内优质科技资源, 为高

质量发展提供了源源不断的动能。该类型城市要发挥辐射带动作用, 利用“溢出效应”将优质技术、人才、资源向周边地区扩散, 促进区域一体化发展。

(2) 中级和初级协调区。2012 年该类型城市只有烟台, 2016 年增加到烟台、威海 2 个城市, 2021 年达到 7 个城市, 占山东省城市数

量的 43.75%。该类型城市多集中在沿海和核心城市周边，空间分布格局由分散到集中连片。烟台、威海、日照等城市均为沿海城市，建设现代海洋体系，科技力量全面起势，赋能经济高质量发展。淄博毗邻济南，受到济南的创新溢出效应影响。该类型城市科技创新与经济高质量发展协同程度稳步上升，但与高水平协调区还有一定差距，要发挥区域特色产业优势，打造区域协同创新共同体。

(3) 勉强协调和濒临失调区。该类型城市数量占比较高，2012 年、2016 年、2021 年占比分别为 50%、62.5%、43.75%，且多分布于鲁西南地区。长期位于该区域的德州、聊城、泰安、济宁、临沂等城市实施产学研协同创新，高附加值的新兴产业成为高质量发展的重要支撑。同时，这些城市基础设施较为落后，受到济南虹吸效应的影响，高质量发展相对滞后。该类型城市一方面要通过深化科技体制改革，吸引人才和资本流入；另一方面要充分利用省会城市和沿海城市的辐射带动能力，学习先进经验和技术，推进各类载体平台共建共享。

(4) 轻度失调区。2012 年轻度失调区城市有 5 个，2016 年下降为 2 个，到 2021 年该类型城市数量趋于零，表明各地市耦合协调度的空间差异减小，全省科技创新与经济高质量发展逐渐协同。长期位于该区域的菏泽、枣庄 2021 年人均 GDP 分别为全省倒数第一、第四，R&D 经费支出占比为全省倒数后两位，发展质量和效益低下。该类型城市政府应给予政策扶持，大力培育创新主体，集聚创新资源力量，以高水平创新推动高质量发展。

3.3 耦合协调度的主要障碍因素分析

3.3.1 时间维度：全省耦合协调发展障碍因素分析

运用障碍度模型分析影响山东省科技创新与经济高质量发展耦合协调度的障碍因子，如图 4 所示。按照障碍度均值大小排序：创新产出（25.379%）> 开放发展（19.756%）> 创新投入（14.866%）> 创新环境（13.939%）> 绿色发展（9.226%）> 共享发展（8.822%）> 协调发展（8.013%）。

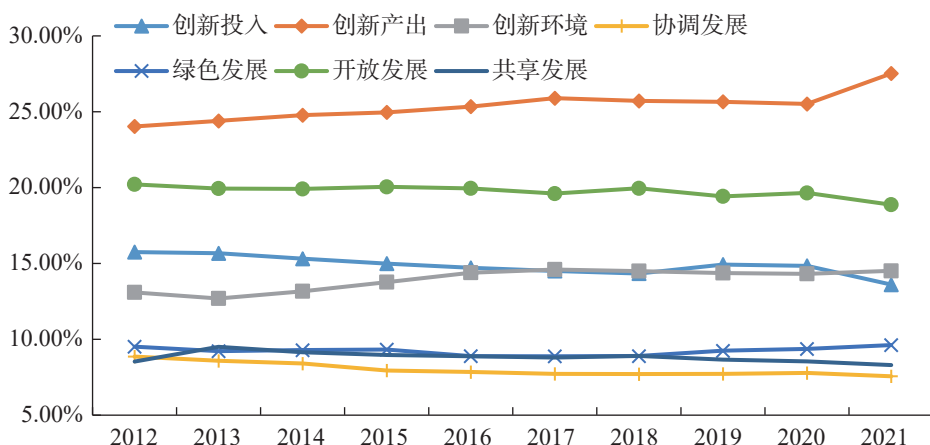


图 4 山东省科技创新与经济高质量发展障碍因素变化趋势

在科技创新系统中，创新产出障碍度呈上升趋势，创新投入障碍度呈下降趋势，表明创新投入和产出呈现出不协调的状态，产业与资源要素融合度低，技术创新扩散体系不完善，导致创新成果转化效率低下。在经济高质量发展系统中，开放发展是首要障碍因子，每年障碍度均超过 20%，进出口、外商投资等问题关系着对外贸易，反映了山东省在对外开放上的短板，未来应扩大高质量招商引资，深度融入“一带一路”建设。绿色发展是第二大障碍因素，山东省某些地区产业结构不合理和资源浪费对环境质量影响大，应推动传统产业提质升级，培育绿色低碳产业，有序实施碳达峰碳中和。

共享发展和协调发展障碍度最低，且呈下降趋势，但增进民生福祉、促进区域协调发展仍应引起重视。

3.3.2 空间维度:区域耦合协调发展障碍因素分析

根据 2012—2021 年各地市的耦合协调度均值将城市分为五类：良好协调区城市为济南和青岛，初级协调区城市为烟台和威海，勉强协调区城市为淄博、东营、潍坊、日照和滨州，濒临失调区城市为济宁、泰安、临沂、德州和聊城，轻度失调区城市为枣庄和菏泽。通过进一步明确五类城市影响科技创新与经济高质量发展耦合协调度的主要障碍因素，筛选出前 5 位的障碍因子，如表 4 所示。

表 4 区域耦合协调类型主要障碍因素及障碍度

相对发展类型		良好协调区	初级协调区	勉强协调区	濒临失调区	轻度失调区
第 1 位	障碍因子	E11	E13	E13	E13	E13
	障碍度（%）	16.327	19.474	20.333	18.651	18.558
第 2 位	障碍因子	E13	S7	S7	S7	S7
	障碍度（%）	12.920	17.465	16.809	15.312	14.726
第 3 位	障碍因子	S5	E11	E11	E11	E11
	障碍度（%）	8.463	14.548	10.959	12.020	11.796
第 4 位	障碍因子	E12	E14	E12	E12	E12
	障碍度（%）	7.074	5.735	7.001	7.799	7.932
第 5 位	障碍因子	S5	E6	E14	E14	E14
	障碍度（%）	7.041	5.364	6.714	6.790	6.900

这五类城市共有的障碍因子包括外商投资新设企业数、进口依存度、论文数，表明对外贸易和科技成果转化是山东省各地市科技创新与经济高质量耦合协调发展的关键制约因素。良好协调区城市的主要障碍因子包括进出口依存度、外商投资新设企业数、论文数、专利授权量，因此构建良好创新生态、加快构建国际物流大通道是该类城市发展的重要任务。初级

协调区城市的主要障碍因子包括外商投资新设企业数、进口依存度、外商直接投资额占比、论文数和建成区绿化覆盖率，因此该类城市要提升贸易便利化水平、优化知识产权服务、改善居住环境。勉强协调区、濒临失调区和轻度失调区城市的主要障碍因子都是外商投资新设企业数、论文数、进出口依存度和外商直接投资额占比。因此应加大对外贸易政策性改革、

促进产学研协同创新。

4 结论及建议

4.1 研究结论

本文以 2012—2021 年山东省 16 地市为研究对象，构建科技创新与经济高质量发展指标体系，利用熵权法、耦合协调度模型和障碍度模型分析两者时空耦合关系及障碍因素。主要结论如下：

（1）山东省科技创新与经济高质量发展水平持续提升，科技创新水平均值由 0.194 升至 0.320，经济高质量发展水平均值由 0.252 升至 0.354，科技创新水平增速高于经济高质量发展水平，两个系统均呈现良好的发展趋势。但山东省内部发展不均衡，济南、青岛和烟台科技创新和经济高质量发展水平较高，菏泽、枣庄和德州在科技创新和经济高质量发展领域实力相对薄弱。

（2）山东省科技创新与经济高质量发展耦合协调度增长稳定，由 0.494 升至 0.641，从濒临失调过渡到初级协调状态，说明两系统已实现初步协调，但距离高水平协调阶段还有差距。在空间演化上，优质和良好协调区城市一直为 2 个，中级和初级协调区城市由 2 个增加到 7 个，勉强和濒临协调区城市基本维持在 7 个，轻度失调区城市由 5 个下降为 2 个，说明各城市耦合协调度呈上升趋势，城市之间差异减小，区域一体化发展成效显著。

（3）山东省科技创新与经济高质量发展水平耦合协调的障碍因素依次为创新产出 > 开放

发展 > 创新投入 > 创新环境 > 绿色发展 > 共享发展 > 协调发展，说明山东省在创新成果产出和对外发展上存在短板，后续要提高创新转化效率，促进外贸稳中提质。从具体障碍指标看，外商投资新设企业数、进口依存度、论文数是两者的关键阻碍因素。

4.2 政策建议

（1）优质和良好协调区，要加快科技成果转化，推动区域协调发展。该类城市科技创新、经济高质量发展水平及两者耦合程度均处于全省领先地位，障碍因子中对外发展和创新产出成为制约发展的主要因素。一是要完善科技成果转化服务体系，建设成果转化专业化服务机构；二是要充分发挥投资、外贸对经济发展的关键支撑作用，助力外贸优势企业保订单、稳份额、拓市场；三是要发挥核心城市的辐射带动作用，借助“一群两心三圈”格局，促进区域一体化发展。

（2）中级和初级协调区，要推动特色产业高质量发展，打造绿色发展示范区。该类城市基本为沿海城市，科技创新与经济高质量发展耦合协调度较好，但开放发展、创新产出和绿色发展成为遏制当地发展的瓶颈。一是要不断完善全生命周期招商推进机制，在货物贸易、原产地规则、服务贸易等方面扩大开放；二是要充分发挥海洋经济产业优势，建设高能级重点实验室等创新平台；三是要把绿水青山就是金山银山的理念落实在行动上，大力实施绿色低碳技术国际合作等转型发展举措。

（3）勉强和濒临协调区，要打通内外贸易，构建双循环。该类城市多分布于鲁西南地区，

科技创新与经济高质量发展耦合协调程度处于过渡阶段,开放发展和创新产出是两者耦合协调的关键阻碍因素。一是要聚焦制约科技创新的体制机制瓶颈,深入推进科技改革攻坚行动,释放全社会的创新活力,为各类人才施展才华搭建载体平台,提升技术研发和成果转化能力;二是要营造国内一流营商环境,融入长三角、对接粤港澳,突出龙头企业作用,深度融入国内国际双循环。

(4) 轻度失调区,要加强区域交流合作,实施差异化发展战略。该类城市多是粗放型经济增长方式的典型代表,科技创新与经济高质量发展呈现失调状态,开放发展和创新产出是两者协调发展的首要障碍因素。一是要继续加大政策倾斜力度,鼓励经济发达城市与该类地区开展技术指导、人才交流等活动,同时深度融入 RCEP、黄河流域生态保护和高质量发展等重大国家战略,深化和拓展国际友好合作关系;二是要因地制宜施策,改造传统老工业基地,推动粗放型经济向集约型转型。

参考文献

- [1] 谢泗薪,胡伟.经济高质量发展与科技创新耦合协调:以京津冀地区为例[J].统计与决策,2021,37(14):93-96.
- [2] 刘亚迪,刘晓慧,董艳蕊.基于集对分析的副省级城市科技创新评价模型及实证[J].科研管理,2018,39(S1):100-110.
- [3] 许红丹,杨武.中国科技创新驱动经济高质量增长时序性分析——基于 TVP-VAR 模型的实证研究[J].科学学研究,2023,41(11):2073-2085.
- [4] 蔡文伯,陈念念.长江经济带城市群高等教育、科技创新和经济增长的耦合协调效应[J].现代教育管理,2022(11):33-42.
- [5] 谷斌,廖丽芳.新基建投入与科技创新能力耦合协调发展水平测度及时空演进[J].科技进步与对策,2023,40(11):60-70.
- [6] 张凯,张明慧.基于云模型和证据理论的科技创新与持续发展能力评价[J].运筹与管理,2022,31(4):109-115.
- [7] MLACHILA M, TAPSOBA R, TAPSOBA S J A. A quality of growth index for developing countries: a proposal[J]. Social Indicators Research, 2017, 134(2): 675-710.
- [8] 袁晓玲,王军,张江洋.中国省域经济高质量发展水平评价与比较研究[J].经济与管理研究,2022,43(4):3-14.
- [9] 李桂君,田宗博,宋砚秋.地方政府债务对城市经济高质量发展的影响研究[J].中央财经大学学报,2023(1):3-14.
- [10] 单勤琴,李中.经济高质量发展水平的地区差异及时空收敛性研究[J].经济地理,2022,42(9):50-58.
- [11] MCCLAIN N. Caught inside the black box: Criminalization, opaque technology, and the New York subway MetroCard[J]. The Information Society, 2019, 35(5): 251-271.
- [12] 任晓刚,刘菲.坚持科技创新推动经济高质量发展[J].人民论坛·学术前沿,2022(13):101-104.
- [13] 姚振飞,张学波.山东省地区创新能力与经济质量的耦合协调及影响因素[J].资源开发与市场,2021,37(10):1192-1199.
- [14] 祝恩元,李俊莉,刘兆德,等.山东省科技创新与可持续发展耦合度空间差异分析[J].地域研究与开发,2018,37(6):23-28.
- [15] 董弋萱.中国城市创新与经济高质量发展耦合协调研究[J].技术经济与管理研究,2022(7):42-47.
- [16] 魏巍,符洋,杨彩凤.科技创新与经济高质量发展测度研究——基于耦合协调度模型[J].中国科技论坛,2020(10):76-83.
- [17] 刘建华,王慧扬.黄河流域科技创新与低碳经济耦合协调及障碍因子研究[J].人民黄河,2023,45(1):6-12.
- [18] 尚英仕,刘曙光.中国东部沿海三大城市群的科技

- 创新与绿色发展耦合协调关系 [J]. 科技管理研究, 2021, 41(14): 46-55.
- [19] 陈正其. 京津冀创新要素配置与经济高质量发展耦合发展研究 [J]. 工业技术经济, 2022, 41(11): 113-122.
- [20] 周筱扬, 左国存. 我国中部地区科技创新与经济高质量发展耦合协调度的时空演化 [J]. 科技管理研究, 2022, 42(22): 77-85.
- [21] 魏奇锋, 徐霞, 杨彩琳, 等. 成渝地区双城经济圈科技创新与经济高质量发展耦合协调度研究 [J]. 科技进步与对策, 2021, 38(14): 54-61.
- [22] 李素峰, 冯鸿雁. 科技创新与数字经济高质量发展动态耦合及时空分异——基于中国四大战略区域视角 [J]. 当代经济管理, 2023, 45(6): 41-50.
- [23] 华坚, 胡金昕. 中国区域科技创新与经济高质量发展耦合关系评价 [J]. 科技进步与对策, 2019, 36(8): 19-27.
- [24] 刘建华, 王慧扬. 黄河流域科技创新与低碳经济耦合协调及障碍因子研究 [J]. 人民黄河, 2023, 45(1): 6-12.
- [25] 张旭, 袁旭梅, 魏福丽. 县域经济高质量发展内部耦合协调水平评价与障碍因子诊断——以国家级创新型县(市)为例 [J]. 统计与信息论坛, 2020, 35(2): 59-67.
- [26] 郭爱君, 杨春林, 钟方雷. 我国区域科技创新与生态环境优化耦合协调的时空格局及驱动因素分析 [J]. 科技管理研究, 2020, 40(24): 91-102.
- [27] 贾春光, 程钧谟, 谭晓宇. 山东省区域科技创新能力动态评价及空间差异分析 [J]. 科技管理研究, 2020, 40(2): 106-114.
- [28] 任保平, 付雅梅, 杨羽宸. 黄河流域九省区经济高质量发展的评价及路径选择 [J]. 统计与信息论坛, 2022, 37(1): 89-99.
- [29] 金昌东, 张宝雷, 康洁铭. 经济高质量发展水平及其耦合协调性研究——基于山东省 17 地市面板数据 [J]. 生态经济, 2021, 37(7): 65-72.
- [30] 屈小娥, 马黄龙, 王晓芳. 省域经济高质量发展水平综合评价 [J]. 统计与决策, 2022, 38(16): 98-103.