



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

教育—科技—人才一体化耦合协调发展研究 ——以山东省为例

姜明月 王舒扬 刘颖莹 赵林 张舒 刘进

山东省创新发展研究院 济南 252000

摘要: [目的/意义] 在中国式现代化背景下,教育、科技、人才耦合协调发展是建设现代化强省的重要前提。[方法/过程] 选取 2013—2022 年山东省 16 地市为研究对象,从创新投入、创新产出、教育规模、教育经费、人才储备水平等 9 个维度构建三系统评价指标体系,利用熵权法、耦合协调度模型、障碍度模型以及灰色预测模型,测算并预测 2023—2029 年山东省高等教育、科技创新、人才耦合协调度,全面揭示其时空格局演化及障碍因素。[结果/结论] 山东省高等教育、科技创新、人才发展水平整体上均呈现出增长趋势,科技创新涨幅>人才涨幅>高等教育涨幅,2018 年后涨幅明显;山东省 16 地市的三系统耦合协调度呈现出上升趋势,但整体耦合协调度不高,且不同地区的差异较为显著;山东省障碍因子主要集中在创新产出、人才发展规模、创新投入、人才资源和创新环境方面,其中创新产出和人才发展规模呈现出持续上涨趋势,成为影响耦合协调发展的关键;济南、青岛与其他地市的障碍因子具有较大差别;预测结果显示山东省 16 地市的耦合协调度整体上呈现出递增趋势,处于协调类型的地市数量持续增加。有助于推动构建高等教育、科技创新和人才协同联动机制,为山东省实施教育—科技—人才一体化战略提供参考依据和政策启示。

关键词: 教育—科技—人才; 耦合协调; 障碍因子; 预测分析

中图分类号: G35; F124; F224; G310

Research on the Integrated Coupling and Coordinated Development of Higher Education, Technological Innovation, and Talent Coupling: A Case Study of Shandong Province

JIANG Mingyue WANG Shuyang LIU Yingying ZHAO Lin ZHANG Shu LIU Jin

Shandong Academy of Innovation and Development Research, Jinan 252000, China

基金项目 山东省重点研发计划(软科学项目)“基于未来产业的概念验证中心建设初探”(2023RZB02022);山东省自然科学基金青年基金项目“山东省重大科技创新平台体系建设与新质生产力发展路径研究”(ZR2024QG217)。

作者简介 姜明月(1992-), 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为科技战略、科技政策、科技统计分析;王舒扬(1992-), 博士, 副研究员, 主要研究方向为科技战略、科技政策分析;刘颖莹(1990-), 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为区域科技创新、科技政策, E-mail: 781145934@qq.com;赵林(1980-), 学士, 副研究员, 主要研究方向为科技统计调查、科技人才政策;张舒(1999-), 硕士, 研究实习员, 主要研究方向为科技战略、科技政策分析;刘进(1991-), 博士, 助理研究员, 主要研究方向为科技创新、科技政策与战略管理。

引用格式 姜明月,王舒扬,刘颖莹,等.教育—科技—人才一体化耦合协调发展研究——以山东省为例[J].情报工程,2025,11(1):72-84.

Abstract: [Objective/Significance] In the context of the Chinese path to modernization, the coupling and coordinated development of education, technology and talents is an important prerequisite for building a modern province. [Methods/Processes] This study selected 16 cities in Shandong Province as research objects, with a time span from 2013 to 2022. An evaluation index system was constructed from 12 dimensions including innovation input, innovation output, education scale, education funding, and talent reserve level. The entropy weight method, coupling coordination degree model, obstacle degree model, and grey prediction model were used to calculate and predict the coupling coordination of higher education, scientific and technological innovation, and talent in Shandong Province from 2023 to 2029, comprehensively revealing their spatiotemporal pattern evolution and obstacle factors. [Results/Conclusions] Research has found that the overall level of higher education, technological innovation, and talent development in Shandong Province has shown an increasing trend, with technological innovation growth rate > higher education growth rate > talent growth rate, and a significant increase after 2018; The coupling coordination degree of the three systems in 16 cities in Shandong Province shows an upward trend, but the overall coupling coordination degree is not high, and the differences between different regions are significant. The main obstacles in Shandong Province are concentrated in innovation output, talent development scale, innovation investment, talent resources, and innovation environment. Among them, innovation output and talent development scale show a continuous upward trend, becoming key factors affecting coupled and coordinated development. There are significant differences in barrier factors between Jinan, Qingdao, and other cities. The prediction results show that the overall coupling coordination degree of 16 cities in Shandong Province shows an increasing trend, and the number of cities in the coordination type continues to increase. This study contributes to promoting the construction of a collaborative linkage mechanism between higher education, technological innovation, and talent, providing reference and policy inspiration for the implementation of the education-technology-talent integration strategy in Shandong Province.

Keywords: Education-Technology-Talent; Coupling Coordination; Obstacle Factors; Predictive Analysis

引言

习近平总书记在党的二十届三中全会提出，“教育、科技、人才是中国式现代化的基础性、战略性支撑”。推进教育、科技、人才三者统筹安排、一体部署，畅通教育、科技、人才的良性循环，是加快培育和发展新质生产力重要保障，也是实现中国式现代化的关键前提^[1-3]。然而，当前多数省份仍面临产教融合程度不深、科技人才结构性矛盾突出、区域发展不均衡以及资源配置不均衡等问题，使得教育、科技、人才之间的耦合协调仍存在不平衡、不协调的发展状况。因此有必要对科技、教育、人才三者之间的耦合协调情况进入深层次剖析，明确

当前发展情况和面临困境，深究问题根源，制定合理、针对性的对策建议，打通构建高等教育、科技创新和人才协同联动机制的难点堵点，实现三者高效耦合协调，为现代化强省建设提供强劲助力。

1 文献综述

学术界多是针对教育、科技、人才两两之间开展研究，对于三者的研究也多是从事理逻辑、耦合机理等方面开展。闫光才^[4]和何菊莲等^[5]对我国高等教育、人力资本进行测算分析。王海燕等^[6]研究了高校科技创新与区域创新能力耦合协调演变特征。高卉杰等^[7]基于全国视

角,运用耦合协调度模型分析人才聚集与科技创新耦合协调发展的时空演变规律。芮雪琴等^[8]运用协整检验和格兰杰因果检验等方法对人才聚集和科技创新的互动关系进行分析研究。刘在洲等^[9]和潘教峰等^[10]分析了教育、科技、人才“三位一体”战略发展的现实逻辑,剖析了三者的意义和作用。朱杰^[11]和段从宇等^[12]分析了教育、科技、人才的关系逻辑。李小球等^[13]和段从宇^[14]分析了教育、科技、人才三者之间理论逻辑。嵇慧敏等^[15]运用耦合协调模型和灰色关联模型,分析了三者的耦合协调度以及影响因素。黄永春等^[16]在全国视角下,运用耦合协调度模型和空间自相关分析等方法,分析了我国30个省区的教育、科技、人才的耦合协调度、影响因素以及演变趋势。蔡文伯等^[17]在全国视域下,构建了高等教育、人力资本和科技创新指标体系,并运用耦合协调度模型和GM(1,1)预测模型对三系统的耦合协调度进行测算和预测。

综上所述,现有研究已取得不少成果,但仍存在以下局限:一是研究多聚焦于教育、科技、人才之间的理论分析,缺乏对三者耦合协调的实证研究;二是部分系统评价体系指标设立不够全面,且运用主成分分析法或者赋值法确定权重,存在主观判断性,可能影响评价结果的有效性和准确性;三是当前三系统耦合协调研究缺乏全面性和深入性,多单纯对已有数据进行耦合性测算,较少同时进行耦合协调度测量、时空分析、障碍因子剖析以及未来预测的全方位分析;四是多是以国家视角开展研究,鲜少面向省域或者市域开展研究,缺少省域或市域层面的具体性、针对性对策建议。基于此,

本研究从创新投入、创新产出、教育规模等9个维度构建三系统评价体系,利用熵权法、耦合协调度模型、障碍度模型以及灰色预测模型,计算并预测2023—2029年山东省高等教育、科技创新、人才耦合协调度,全面揭示其时空格局演化及障碍因子,并立足山东实际提出对策建议。

2 研究设计

2.1 熵权法

(1) 标准化处理

$$Y_{ijt} = \begin{cases} \frac{x_{ijt} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} + L & \text{正向指标} \\ \frac{\max x_j - x_{ijt}}{\max x_j - \min x_j} + L & \text{负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)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 j 项指标的最大值和最小值, $i=1,2,\dots,n$, $j=1,2,\dots,m$, $t=1,2,\dots,r$; L 取值为 10^{-5} 。

(2) 计算信息熵值

$$e_j = -k \sum_{t=1}^r \sum_{i=1}^n p_{ijt} \ln p_{ijt} \quad (2)$$

其中, $k = \frac{1}{\ln(rn)}$; $p_{ijt} = \frac{Y_{ijt}}{\sum_{t=1}^r \sum_{i=1}^n Y_{ijt}}$, n 为山东省地市总数, r 为年份总数。

(3) 计算权重系数

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)} \quad (3)$$

(4) 计算综合得分

$$U_{it} = \sum_{j=1}^m W_j Y_{ijt} \quad (4)$$

2.2 耦合协调度模型

(1) 耦合度计算

$$C = \sqrt[3]{\frac{u_1 u_2 u_3}{[u_1 + u_2 + u_3 / 3]^3}} \quad (5)$$

其中, C 为三者之间的耦合度; u_1 、 u_2 、 u_3 分别为高等教育、科技创新、人才的发展水平。

(2) 耦合协调度计算

$$D = \sqrt{C(\alpha u_1 + \beta u_2 + \gamma u_3)} \quad (6)$$

其中, D 为耦合协调度, $D \in (0, 1]$, α 、 β 、 γ 为三系统的权重, $\alpha = \beta = \gamma = 1/3$ 。参考已有研究^[18-19], 提出三系统耦合协调度的划分标准, 如表 1 所示。

表 1 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

2.3 障碍度模型

本研究引入障碍度模型深层次分析教育、科技、人才耦合协调关系的影响因子^[18]。

$$H_{ij} = \alpha_j w_{ij} (1 - Y_{ij}) / \sum_{j=1}^m (\alpha_j w_{ij} (1 - Y_{ij})) \quad (7)$$

其中, α_j 为第 j 个子系统权重; w_{ij} 为第 j 个子系统中第 i 个指标权重; Y_{ij} 为第 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 个指标对三系统耦合协调发展的障碍度。

2.4 灰色预测模型

灰色 GM(1,1) 模型具有不需要大量样本且预测准确性高的优势^[19-20]。因此, 本文研究通过已有数据结果形成数列建立灰色模型, 以获取未来 7 年内三系统耦合协调发展的演变趋势。

(1) 初始序列设为:

$$x^{(0)} = \{x_{(1)}^0, x_{(2)}^0, \dots, x_{(k)}^0\} \quad (8)$$

(2) 灰色模型 GM(1,1) 为:

$$Y = B\mu \quad (9)$$

$$\text{式 (9) 中, } Y = \begin{bmatrix} x_{(2)}^{(0)} \\ x_{(3)}^{(0)} \\ \dots \\ x_{(k)}^{(0)} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -z_{(2)}^{(1)} & 1 \\ -z_{(3)}^{(1)} & 1 \\ \dots & \dots \\ -z_{(k)}^{(1)} & 1 \end{bmatrix},$$

$\mu = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$, a 称为发展系数; b 为灰色作用量; $z^{(1)}$ 为 $x^{(1)}$ 紧邻均值生成序列, $x^{(1)}$ 为初始序列进行一次累加, $z_{(k)}^{(1)} = 0.5x_{(k)}^{(1)} + 0.5x_{(k-1)}^{(1)}, k = 1, 2, 3, \dots, K$ 。

(3) 预测模型为:

$$\hat{x}_{k+1}^0 = \hat{x}_{k+1}^1 - \hat{x}_k^1, k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (10)$$

3 指标体系构建及数据来源

3.1 三系统指标体系构建

根据科学性、系统性和全面性等原则, 本文在借鉴已有研究和充分考虑山东省实际情况的背景下构建了三系统综合评价指标体系, 包括教育规模、教育经费等 9 个二级指标, 又细化为 20 个三级指标。在高等教育中, 借鉴已有研究^[21-23], 并参考《山东省科技统计年鉴》高

等教育相关指标数据，从“教育规模—教育经费—教育产出”三个维度构建高等教育指标体系，包含人力、财力、物力以及成果产出等内容。科技创新指标体系已较为成熟，本研究从“创新投入—创新产出—创新环境”三个维度进行构建，运用 R&D 经费投入强度、科学技术支出占财政支出比重、R&D 人员全时当量表示创新投入^[24-25]，运用人均专利授权量、人均论文数量、技术市场成交合同额代表创新产出^[26-27]，而在创新环境中，参考程铭等^[28]研究，划分为职业学校师生比、规模以上工业企

业 R&D 人员数占就业人员比重细分指标。在人才体系建设方面，参照赵雪^[29]和刘颖等^[30]的研究，将科技人才总数作为人才储备水平，参考贺勇等^[31]和崔祥民等^[32]的研究，将具有本科学历以上的毕业生作为人才，并作为相应的人才结构指标。同时在参考黄永春等^[16]研究的基础上，考虑山东作为工业大省和国企体量大的特点，从规模以上企业 R&D 人数占总人口比重、规模以上企业 R&D 人员全时当量两个角度构建发展规模细节指标。具体情况如表 2 所示。

表 2 三系统指标体系

一级指标	二级指标	三级指标		
		名称	单位	指标属性
高等教育	教育规模	学校数量 (E1)	个	正向
		高校 R&D 人员数量 (E2)	人年	正向
	教育经费	高校 R&D 经费支出 (E3)	万元	正向
	教育产出	高校专利授权量 (E4)	件	正向
		高校发表科技论文 (E5)	篇	正向
		高校出版科技著作 (E6)	种	正向
		高校课题数量 (E7)	项	正向
科技创新	创新投入	R&D 经费投入强度 (I1)	%	正向
		科学技术支出占财政支出比重 (I2)	%	正向
		R&D 人员全时当量 (I3)	人年	正向
	创新产出	人均专利授权量 (I4)	件 / 万人	正向
		人均论文数量 (I5)	篇 / 万人	正向
		技术市场成交合同额 (I6)	亿元	正向
创新环境	职业学校师生比 (I7)	%	正向	
	规模以上工业企业 R&D 人员数占就业人员比重 (I8)	%	正向	
人才	储备水平	科技人才总数 (T1)	人	正向
	发展规模	规模以上企业 R&D 人数占总人口比重 (T2)	%	正向
		规模以上企业 R&D 人员全时当量 (T3)	人年	正向
	人才结构	本科 R&D 毕业生人数 (T4)	人	正向
		研究生 R&D 毕业生人数 (T5)	人	正向

3.2 数据来源

本研究数据主要来源于《统计年鉴》和《山东科技统计年鉴》，选取山东省16地市作为本次研究对象，时间跨度为2013—2022年。此外，考虑莱芜市于2019年正式并入济南市，故将2013—2019年莱芜市的数据也并入济南市。个别缺失数据采用线性插值法进行处理。

4 实证分析

4.1 三系统综合评价分析

2013—2022年，山东省高等教育、科技创新、

人才整体上均呈现出增长趋势，整体情况如图1所示，科技创新涨幅>人才涨幅>高等教育涨幅，2022年较2013年，分别增长了0.18、0.132和0.095。同时也可看出，科技创新和人才曲线2019年后增长速度明显快于2019年前，究其原因，2019年后山东省陆续实施科技强省战略和人才强省战略，相继印发《山东省人民政府关于加快推进新时代科技强省建设的实施意见》《山东省“十四五”科技创新规划》等政策文件，持续优化创新资源配置，搭建高水平创新平台，加大人才引育力度，不断壮大战略科学家、科技领军人才和青年科学家队伍。

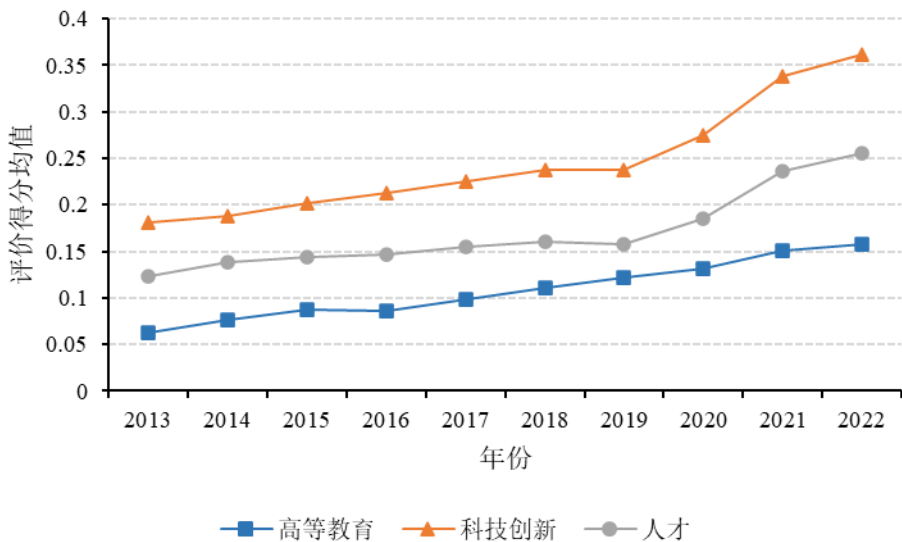


图1 2013—2022年山东省三系统综合评价结果

从个体来看，山东省高等教育、科技创新、人才发展水平存在明显的多级分化现象，其中济南和青岛始终位于发展头部，处于领先地位。在高等教育系统中，高等教育水平可划分为2个层级，第一层为济南、青岛，该地高等学府林立、教育实力雄厚，2022年得分分别为0.946和0.653；第二层级为烟台、潍坊、枣庄、菏泽

等地，高等教育资源匮乏，缺少高等学府，师资力量不足，教育水平滞后，评分分别为0.181、0.126、0.029以及0.019。在科技创新系统中，科技创新能力呈现出3个不同层级，其中第一层级为青岛、济南，两地深入实施创新驱动发展战略，科技创新实力雄厚，2022年综合得分为0.887和0.717；第二层级为烟台、潍坊、淄

博、威海等市，创新实力处于中等水平，得分分别为 0.476、0.452、0.397、0.366；第三层级为聊城、枣庄、菏泽等市，科技创新能力较低，得分分别为 0.234、0.158、0.158。在人才系统中，人才水平也划分为 3 个层级，第一层级为济南、青岛，人才水平遥遥领先，2022 年得分分别为 0.857 和 0.680；第二层级为烟台、潍坊、淄博等地，人才发展水平相对较弱，承受了济南和青岛两地产生的“荫蔽效应”，得分分别为 0.332、0.329、0.276；第三层级为聊城、枣庄、菏泽等地，人才发展水平较弱，经济较为落后，对科技人才吸引力低，得分分别为 0.126、0.081、0.076。可以看出，山东省教育、科技、人才水平较强的地区主要集中在鲁中和鲁东等经济发展较好

地区，鲁西和鲁南地区存在教育资源匮乏、教育水平不高、科技创新能力较弱、人才匮乏等多重困境。

4.2 三系统耦合协调度分析

4.2.1 耦合协调度时空演变分析

由表 3 可知，从整体来看，2013—2022 年，山东省教育、科技、人才的耦合协调度整体上呈现出上升趋势，2013 年耦合协调度均值为 0.273，2017 年为 0.348，2022 年为 0.439。但是，山东省整体耦合协调度不高，2022 年 75% 的地区耦合协调度低于 0.5。而且耦合协调度的总体跨度较大，最大值是最小值的 3.7 倍，说明不同地区的差异较为显著。

表 3 山东省 16 地市耦合协调度计算得分

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	均值
济南	0.614	0.649	0.674	0.680	0.715	0.752	0.768	0.802	0.881	0.913	0.745
青岛	0.570	0.592	0.596	0.603	0.622	0.655	0.681	0.704	0.826	0.856	0.671
淄博	0.259	0.289	0.360	0.301	0.387	0.425	0.430	0.437	0.482	0.478	0.385
枣庄	0.156	0.182	0.168	0.180	0.196	0.204	0.210	0.229	0.257	0.268	0.205
东营	0.107	0.220	0.339	0.334	0.365	0.341	0.350	0.380	0.298	0.317	0.305
烟台	0.380	0.416	0.409	0.424	0.436	0.446	0.423	0.479	0.535	0.553	0.450
潍坊	0.337	0.367	0.394	0.383	0.386	0.400	0.408	0.454	0.510	0.515	0.415
济宁	0.298	0.334	0.335	0.331	0.352	0.358	0.337	0.363	0.412	0.408	0.353
泰安	0.366	0.378	0.392	0.382	0.375	0.368	0.395	0.381	0.381	0.396	0.382
威海	0.112	0.211	0.247	0.264	0.270	0.281	0.285	0.305	0.341	0.338	0.265
日照	0.095	0.171	0.188	0.194	0.222	0.258	0.254	0.271	0.276	0.277	0.221
临沂	0.235	0.246	0.265	0.291	0.284	0.285	0.271	0.296	0.355	0.368	0.290
德州	0.218	0.237	0.240	0.240	0.241	0.280	0.294	0.334	0.357	0.396	0.284
聊城	0.203	0.235	0.249	0.262	0.237	0.271	0.230	0.306	0.334	0.344	0.267
滨州	0.262	0.265	0.256	0.279	0.279	0.285	0.299	0.323	0.331	0.343	0.292
菏泽	0.158	0.177	0.184	0.189	0.198	0.186	0.175	0.191	0.229	0.246	0.193
均值	0.273	0.311	0.331	0.333	0.348	0.362	0.363	0.391	0.425	0.439	—

从个体来看，在高于全省耦合协调度平均值方面，2013 年，仅有济南、青岛等 6 个地市超过全省平均水平；2017 年，上涨为 8 个地市，

新增了淄博、东营两地；2022 年，济宁、泰安、东营跌出，仅有济南、青岛等 5 个地市高于均值。在耦合协调度地区分布方面，高耦合

协调度地区主要为济南、青岛、淄博等中东部地区，低耦合协调度地区则主要为枣庄、聊城、菏泽等鲁西南地区，且差距逐渐增大。在耦合协调度增幅方面，16个地市呈现出不同的增长态势，2013—2022年，威海（201.803%）、日照（190.622%）、东营（197.377%）等地增长快速，泰安（8.393%）、滨州（30.981%）和济宁（36.858%）等地增长缓慢。济南（48.663%）和青岛（50.175%）等耦合协调度领先的地区，在增长幅度方面表现不佳。

4.2.2 耦合协调度地区等级分析

由表4可知，2013年各地市三系统耦合协调度等级较低且分布差异显著，除济南、青岛处于勉强协调等级外，其他14个地市皆处于失调状态，其中，轻度失调地区占

21.429%，中度失调地区占42.857%，严重失调地区占28.571%，极度失调地区占7.143%。2017年，虽然多数地区耦合协调度都提升了等级，但仅有济南、青岛两地处于协调状态，其他地市皆为失调状态，其中东营跨度最为显著，由严重失调上升为轻度失调。2022年，16个地市耦合协调度等级又进一步提升，济南、青岛、烟台、潍坊处于协调状态，其他地市处于失调状态，其中濒临协调、轻度失调、中度失调的地区分别占比16.667%、58.333%和25%。综合可以看出，济南、青岛为耦合协调度的头部地区，凭借其经济实力、科技实力等发展优势，通过以点带面的辐射作用影响了其他地区，使得整体耦合协调度向更高等级发展。

表4 山东省16地市耦合协调度等级划分结果

等级	2013年	2017年	2022年	2029年
极度失调	日照			
严重失调	枣庄、东营、威海、菏泽	菏泽		
中度失调	淄博、济宁、临沂、德州、聊城、滨州	枣庄、威海、日照、临沂、德州、聊城、滨州	枣庄、日照、菏泽	菏泽
轻度失调	烟台、潍坊、泰安	淄博、东营、潍坊、济宁、泰安	东营、泰安、威海、临沂、德州、聊城、滨州	枣庄、东营、泰安
濒临失调		烟台	淄博、济宁	威海、济宁、日照、临沂、聊城、滨州
勉强协调	青岛		烟台、潍坊	
初级协调	济南	青岛		烟台、潍坊、德州
中级协调		济南		淄博
良好协调			青岛	
优质协调			济南	济南、青岛

4.3 障碍因子分析

根据障碍度模型分别计算出山东省整体障碍因子和各地市障碍因子演变趋势，分别如图2和表5所示。由图2可知，山东省排

名前5的障碍因子主要集中在创新产出、人才发展规模、创新投入、人才资源和创新环境方面，5类障碍因子在不同时间段内占比程度具有不同的变化趋势，其中，创新产出呈

现出明显上升趋势，人才投入呈现稳定下降趋势，人才发展规模呈现先下降后上升趋势，创新环境呈现出基本稳定趋势，2022年障碍度排序为创新产出（24.033%）>人才发展规模（17.643%）>创新环境（12.654%）>创新投入（11.776%）>人才结构（11.451%）。

这就说明，科技创新系统和人才系统是影响三系统耦合协调发展的关键因素，山东省要持续提升科技成果产出和成果转移转化水平，提升规模以上企业的研发能力，优化创新环境，增加创新投入，加大人才引进、培养力度，持续优化人才结构。

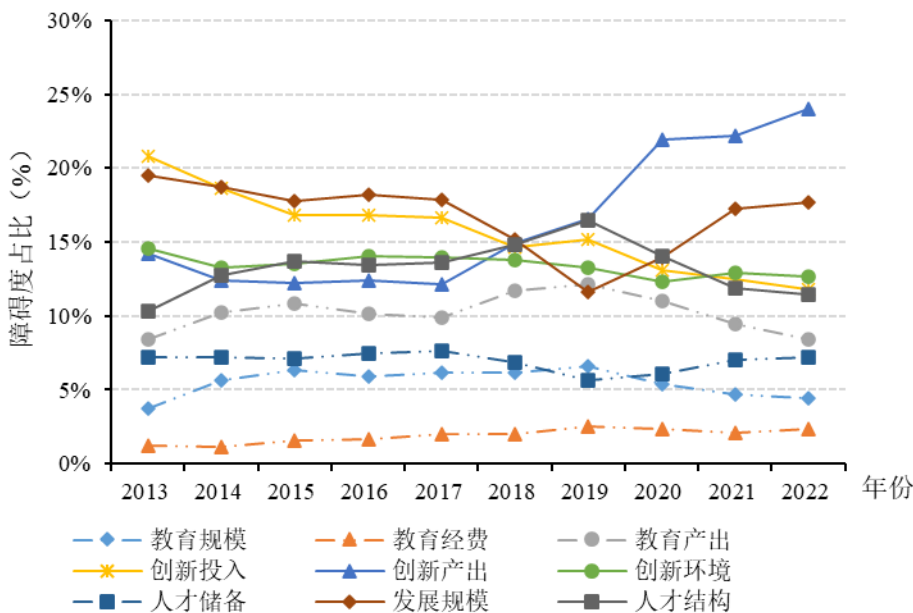


图2 山东省各障碍因子演变趋势

表5反映了2022年各市排名前5的障碍因子情况，从三系统障碍因子类型数量上来看，在80个主要障碍因子中，人才系统的障碍因子占比为56.25%，说明人才系统指标已经成为影响各地市三系统耦合协调发展的重要因素，各地市应该加大人才引育力度，持续优化人才结构，提高企业研发人才占比，进一步促进教育、科技、人才三系统耦合协调发展。同时济南、青岛与其他地市的障碍因子具有较大差别，济南、青岛两市障碍因子涉及三系统部分指标，主要为研究生R&D毕业生人数、科技人才总数、人均论文数量、技术市场成交合同额、高校R&D经费支出等，

因此两市应该加大教育经费支出强度，注重科技人才培养，增加高层次人才数量，提升科技成果产出和转移转化水平。而淄博、枣庄、东营等地市的障碍因子涉及科技创新和人才两个系统部分指标，障碍因子主要为技术市场成交合同额、规模以上企业R&D人数占总人口比重、规模以上企业R&D人员全时当量、研究生R&D毕业生人数、人均专利授权量等，说明该类地区应该着重完善成果转化服务体系，提升科技成果转移转化水平，加大规模以上企业引才力度，提升企业人才存量和企业研发核心竞争力，增加论文成果产出，提升高层次人才比重。

表 5 山东省 16 地市主要障碍因子及障碍度

地区	1		2		3		4		5	
	障碍因子	障碍度 /%	障碍因子	障碍度 /%	障碍因子	障碍度 /%	障碍因子	障碍度 /%	障碍因子	障碍度 /%
济南	T5	13.449	T4	9.738	I5	11.110	I6	7.633	E3	7.172
青岛	T5	8.646	T1	6.995	I5	16.005	E5	7.549	E4	6.567
淄博	T2	10.085	T3	7.448	T4	7.398	I6	13.497	I8	9.525
枣庄	T2	10.012	T4	7.096	I6	17.058	I4	11.961	I8	9.072
东营	T2	21.245	T3	7.204	I8	17.029	I4	13.531	I6	8.987
烟台	T3	9.026	T1	7.326	T2	7.220	I5	10.120	I6	10.043
潍坊	T3	12.737	T1	9.510	T4	8.551	I6	8.786	I3	7.385
济宁	T5	9.041	T3	8.423	T1	7.478	T4	7.233	I6	12.366
泰安	T5	8.277	T2	7.752	T3	7.077	T1	6.557	I5	8.659
威海	T2	17.845	I8	13.864	I4	12.819	I6	10.047	I7	7.599
日照	T2	11.551	I5	13.504	I6	10.912	I8	9.560	I4	9.554
临沂	T3	13.107	T1	11.815	T2	6.864	I6	12.982	I3	8.060
德州	T4	10.750	T2	10.329	T1	8.105	T3	7.903	I8	8.088
聊城	T5	9.230	T3	7.752	T2	7.460	I6	13.379	I4	8.320
滨州	T2	15.456	T3	9.048	T1	7.304	I8	12.898	I6	9.430
菏泽	T3	13.204	T1	10.860	T2	8.878	I6	15.970	I8	7.567

4.4 预测分析

基于 2013—2022 年已有数据，运用灰色模型预测出 2023—2029 年山东省 16 地市的预测值，预测结果及相应的耦合协调度等级划分结果分别如表 6 和表 4 所示。

从表 6 和表 4 可以看出，2023—2029 年山东省 16 地市的耦合协调度整体上呈现出递增趋势，2023—2029 年耦合协调度均值分别为 0.452、0.473、0.493、0.511、0.529、0.547、0.566。从耦合协调度类型来看，截止到 2029 年，将有济南、青岛、淄博、烟台、潍坊、德州等 6 个地市处于协调类型，济南、青岛为优质协调；淄博为中级协调；烟台、潍坊、德州为初级协调；威海、济宁、日照等 6 个地市为濒临失调；东

营、泰安、枣庄为轻度失调；仅有菏泽为中度失调。从增长幅度来看，各地市增长幅度有所不同，2023—2029 年，淄博、德州的增长范围为 0.1~0.2，青岛、烟台等地为 0.1~0.2，东营、泰安等地为 0~0.1。由此可见，虽然山东省各地市高等教育水平稳步提高、科技创新水平不断上升、经济发展持续向好，但是由于人才培养能力、高层次人才引育、颠覆性技术创新、科技成果转化等仍存在制约，使得部分地市耦合协调度等级晋升跨度不明显，仍处于失调状态。因此，各地市仍需要针对自身情况，进一步提升科技人才引进和培养水平、完善科技创新机制、推进科技成果产出和转移转化，实现三者耦合协调发展的良好局面。

表 6 2023—2029 年山东省 16 地市耦合协调度预测

地区	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	均值
济南	0.940	0.982	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.989
青岛	0.871	0.916	0.964	1.000	1.000	1.000	1.000	0.964
淄博	0.530	0.562	0.596	0.632	0.671	0.711	0.755	0.637
枣庄	0.279	0.296	0.314	0.333	0.353	0.375	0.398	0.336
东营	0.354	0.360	0.366	0.371	0.377	0.384	0.390	0.372
烟台	0.552	0.574	0.596	0.620	0.644	0.670	0.696	0.622
潍坊	0.527	0.551	0.576	0.603	0.631	0.660	0.690	0.605
济宁	0.410	0.422	0.434	0.446	0.458	0.471	0.484	0.446
泰安	0.388	0.389	0.390	0.391	0.392	0.393	0.394	0.391
威海	0.363	0.383	0.403	0.424	0.447	0.471	0.496	0.427
日照	0.313	0.333	0.353	0.375	0.398	0.423	0.449	0.378
临沂	0.366	0.382	0.399	0.417	0.436	0.455	0.476	0.419
德州	0.412	0.443	0.477	0.513	0.552	0.594	0.640	0.519
聊城	0.347	0.365	0.383	0.403	0.423	0.444	0.466	0.404
滨州	0.354	0.367	0.381	0.395	0.410	0.425	0.441	0.396
菏泽	0.233	0.242	0.250	0.259	0.268	0.278	0.287	0.260
均值	0.452	0.473	0.493	0.511	0.529	0.547	0.566	—

5 结论与建议

5.1 研究结论

(1) 山东省高等教育、科技创新、人才发展水平整体上均呈现出增长趋势，科技创新涨幅 > 人才涨幅 > 高等教育涨幅。山东省 16 地市教育、科技、人才发展水平较强的地区主要集中在鲁中和鲁东等经济发展较好的地区，鲁西和鲁南地区存在教育资源匮乏、教育水平不高、科技创新能力较弱、人才匮乏以及大量人才外流等多重困境。

(2) 山东省 16 地市的教育、科技创新以及人才的耦合协调度整体上呈现出上升趋势，但整体耦合协调度不高，耦合协调度的总体跨度较大，不同地区的差异较为显著。高耦合协调度地区主要为济南、青岛、淄博等中东部地区，

低耦合协调度地区则主要为德州、聊城、菏泽等鲁西南地区，且差距逐渐增大。

(3) 山东省障碍因子主要集中在创新产出、人才发展规模、创新投入、人才资源和创新环境方面，其中创新产出和人才发展规模呈现出持续上涨趋势，成为影响山东省地区耦合协调发展的关键。从各市主要障碍因子类型可以看出，济南、青岛与其他地市的障碍因子具有较大差别，人才系统指标已经成为影响各地市三系统耦合协调发展的重要因素，各地市应该加大人才引育力度，持续优化人才结构，提高企业研发人才占比。

(4) 预测结果显示山东省 16 地市的耦合协调度整体上呈现出递增趋势，处于协调类型的地市数量持续增加。截止到 2029 年，将有济南、青岛等 6 个地市处于协调类型，其中济南、

青岛为优质协调,淄博为中级协调,烟台、潍坊、德州为初级协调,威海、济宁、日照等6个地市为濒临失调,东营、泰安、枣庄等地为轻度失调;仅有菏泽为中度失调。

5.2 政策启示

(1) 提升高等教育水平,发挥高等教育支撑作用

一方面,经济实力雄厚、教育资源丰富的济南和青岛两市,应该着重推进基础研究和原始创新,加快构建高能级平台建设,加强双一流学校和学科建设,围绕山东强省战略需求,加快颠覆性技术和“卡脖子”技术突破,实现高水平科技自立自强。另一方面,其他地市可以探索引入大学机制,抢占稀缺的高校优质资源,高等教育深度对接本地产业发展需求,持续开展产学研全方位合作。

(2) 强化科技创新水平,发挥科技创新推动作用

一是强化核心技术攻关。山东应增加科研经费投入,加快推进基础创新平台、产业创新平台建设,以国家级科技示范工程和省级科技示范工程为抓手,加强企业创新主体地位,聚焦重点领域持续实现关键核心技术和重大原创性成果突破。二是加强区域创新协同发展。发挥济南和青岛作为创新核心区域的辐射带动作用,以项目合作、资源共享和人才交流等方式加强各地市之间的联系,构建优势互补、科技协同的发展局面。三是畅通科技成果转化渠道。完善科技成果转化机制,推动科技成果与市场紧密结合,优化“山东好成果”遴选机制,高水平建设“山东科技大市场”,实现联动全国、

辐射黄河、覆盖重点产业链的布局。

(3) 完善人才引进模式,发挥人才主体作用

一是以高能级载体集聚领军人才。发挥国家级、省级高能级平台的人才载体功能,实施“一事一议”直通车机制,深化提升泰山人才工程广纳贤士,“软硬兼施”引进顶尖人才团队,填补重点产业领域领军人才空缺。二是产教融合加强青年人才培养。鼓励企业与高校院所共建人才培养基地,面向人工智能、量子科技等重点产业,在有基础、有潜力的高校院所设立“基础研究特区”,打造一批具有全国特色的前沿交叉学科,持续培养年轻科学家,形成青年人才储备库。三是优化科技人才保障机制。尝试革新科技人才评价机制,鼓励省内重点科研单位积极探索,为科技人才发展晋升、持续发挥作用提供制度保障。

(4) 强化三系统整合思维,实现“三位一体”螺旋发力

要因地制宜,强化三系统整合思维,促进三者同轨同趋、交叉协调。一方面,济南、青岛作为耦合协调度的头部地区,应发挥其以点带面的辐射作用,带动其他地市耦合协调度向更高等级发展。另一方面,各地市仍需要针对自身情况和障碍因子分析,进一步优化高等教育结构、提升科技人才引进和培养水平、完善科技创新机制,实现三者耦合协调发展的良好局面。

参考文献

- [1] 阙明坤,沈阳.教育、科技、人才“三位一体”统筹推进的价值意蕴、内在机理和实践路径[J].现代教育管理,2024(9):22-33.
- [2] 陈书洁.教育、科技、人才一体化赋能新质生产力:趋势、挑战与应对[J].人口与经济,2024(4):9-14,18.

- [3] 翁铁慧. 发挥教育、科技、人才在推进中国式现代化中的支撑作用[J]. 中国高校社会科学, 2024(4): 4-12, 156.
- [4] 阎光才. 学校教育与科技人才培养[J]. 中国高教研究, 2023(10): 17-24.
- [5] 何菊莲, 陈郡, 梅焯. 基于经济高质量发展理念的我国高等教育人力资本水平测评[J]. 教育与经济, 2021, 37(6): 44-52.
- [6] 王海燕, 苏博谦. 高校科技创新与区域创新能力耦合协调的时空演化研究[J]. 中国科技论坛, 2023(9): 144-154, 162.
- [7] 高卉杰, 李正风, 任莎莎, 等. 科技人才聚集与区域科技创新的耦合协调度研究[J]. 数学的实践与认识, 2018, 48(12): 109-118.
- [8] 芮雪琴, 李环耐, 牛冲槐, 等. 科技人才聚集与区域创新能力互动关系实证研究——基于2001—2010年省际面板数据[J]. 科技进步与对策, 2014, 31(6): 23-28.
- [9] 刘在洲, 汪发元. 教育、科技、人才一体推进的内在逻辑与实践方略[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2024, 44(11): 187-196, 204.
- [10] 潘教峰, 左晓利. 教育科技人才一体推进: 内在逻辑、理论框架与实践路径[J]. 科教发展研究, 2023, 3(4): 20-32.
- [11] 朱杰. 推进教育、科技、人才“三位一体”融合发展[J]. 中国高等教育, 2023(9): 10-13.
- [12] 段从宇, 胡礼群, 张逸闲. 中国式现代化进程中教育、科技、人才三者关系的科学识辨与正确处理[J]. 教育科学, 2023, 39(2): 48-55.
- [13] 李小球, 宋杰. 教育、科技、人才“三位一体”发展的内涵特征及其圈层体系构建研究[J]. 当代教育论坛, 2024(3): 17-24.
- [14] 段从宇. 中国式现代化进程中教育、科技、人才一体推进的理论逻辑与实施路径[J]. 学术探索, 2023(3): 124-128.
- [15] 嵇慧敏, 张鹏. 教育、科技、人才耦合协调发展及其影响因素探究——以山东省为例[J]. 济宁学院学报, 2024, 45(1): 48-55.
- [16] 黄永春, 钱春琳, 钱昕怡, 等. 教育—科技—人才耦合协调度研究——基于30个省级区域的实证分析[J]. 中国科技论坛, 2024(10): 12-24.
- [17] 蔡文伯, 龚杏玲. 我国高等教育、人力资本与科技创新的耦合协调研究[J]. 高校教育管理, 2024, 18(4): 13-29, 59.
- [18] 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.
- [19] 陈明华, 李倩, 王哲, 等. 中部地区城市经济高质量发展与生态可持续耦合研究[J]. 城市问题, 2022(4): 77-86.
- [20] 杨国华, 颜艳, 杨慧中. GM(1,1)灰色预测模型的改进与应用[J]. 南京理工大学学报, 2020, 44(5): 575-582.
- [21] 高金岭, 海颖. 我国高等教育、人力资本、科技创新与区域经济耦合协调的时序演变及空间集聚性分析[J]. 黑龙江高教研究, 2024, 42(9): 49-57.
- [22] 贺建清, 刘德鹏. 高等教育发展与共同富裕耦合协调水平测度及时空分异演变分析[J]. 高教探索, 2024(3): 48-57.
- [23] 赵志强. 高等教育高质量发展水平测度与时空演变[J]. 统计与决策, 2023, 39(16): 37-42.
- [24] 王守文, 赵敏, 章杰嘉, 等. 长三角城市群科技创新合作的空间关联网络特征及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2023, 39(9): 91-96.
- [25] 金巍, 蒋薇. 长江经济带人口集聚对科技创新影响的空间异质性研究[J]. 长江流域资源与环境, 2025, 34(1): 14-27.
- [26] 刘青, 张晓南, 李曼. 山东省科技创新效率的时空演变、区域差异及集聚性评价研究[J]. 甘肃科学学报, 2024, 36(4): 116-125.
- [27] 汪树坤, 赵婷婷. 我国区域高等教育发展水平与科技创新效率的耦合协调关系及空间溢出效应[J]. 教育与经济, 2024, 40(6): 37-47.
- [28] 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.
- [29] 赵雪. 科技人才聚集、科技产出与绿色GDP的互动关系研究——以京津冀区域为例[J]. 生态经济, 2024, 40(2): 67-74.
- [30] 刘颖, 王野, 曹琦. 科技人才聚集演化与区域协同治理——基于京津冀城市群的计量分析[J]. 中国行政管理, 2024, 40(7): 50-60.
- [31] 贺勇, 廖诺, 杨倩霞. 基于聚类分析和Cobb-Douglas函数的我国人才经济贡献率测算[J]. 数学的实践与认识, 2014, 44(19): 130-138.
- [32] 崔祥民, 张子煜, 裴颖慧. 江苏省“科技人才—科技创新—经济发展”复合系统协同发展评价体系构建及其协同发展水平评价分析[J]. 科技管理研究, 2023, 43(16): 52-62.