

山西省科技创新与乡村产业振兴耦合协调分析

刘甜¹ 王香花² 赵红亮³

(1.山西晋中理工学院经济与管理学院, 山西太原 030600; 2.中北大学经济与管理学院, 山西太原 030051; 3.山西晋西精密机械有限责任公司, 山西太原 030000)

摘要: 科技创新是推动地区经济增长和产业升级的根本动力。在对山西省科技创新综合水平和乡村产业振兴水平进行测度评估的基础上, 运用耦合协调度模型对两者的耦合协调度进行分析。研究表明: (1) 山西省科技创新和乡村产业振兴的耦合协调度整体比较低, 可分为两个阶段, 一是2012—2018年, 山西省科技创新和乡村产业振兴耦合协调处于濒临失调或勉强协调的等级, 二是2019—2021年, 山西省科技创新和乡村产业振兴耦合协调度上升到了0.772, 由勉强协调过渡到了中级协调; (2) 由于经济发展不平衡, 山西省各市的耦合协调发展不平衡, 呈现出了由核心太原向周边递减的特点; (3) 普通高等学校数量、县级以上科学研究和技术开发研究职工人数等8个与科技创新相关的因素是影响科技创新和乡村产业振兴耦合协调发展的主要因素。研究认为, 科技创新水平较低是导致两者耦合协调度整体较低的重要原因, 因此应大力发展科技创新, 发挥其对乡村产业振兴的驱动作用。

关键词: 科技创新; 乡村产业振兴; 耦合协调度模型; 地理探测器模型

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2024.04.009

CSTR: 15994.14.issn.1674.1544.2024.04.009

中图分类号: F323.3

文献标识码: A

Coupling and Coordination Analysis of Scientific and Technical Innovation and Rural Industry Revitalization

LIU Tian¹, WANG Xianghua², ZHAO Hongliang³

(1.School of Economics and Management, Shanxi Jinzhong Institute of Technology, Taiyuan 030621; 2.School of Economics and Management, North University of China, Taiyuan 030051; 3.Shanxi Jinxi Precision Machinery Co., LTD., Taiyuan 030000)

Abstract: Scientific and technical innovation is the fundamental driving force for regional economic growth and industrial upgrading. On the basis of measuring and evaluating the comprehensive level of scientific and technical innovation and the level of rural industry revitalization in Shanxi province, the coupling coordination degree of the two is analyzed by using the coupling coordination degree model. The results show that: (1) the coupling coordination degree of scientific and technical innovation and rural industry revitalization in Shanxi province is relatively low, which can be divided into two stages. From 2012 to 2018, the coupling coordination of scientific and technical innovation and rural industry revitalization in Shanxi province was on the verge of imbalance or barely coordinated. From 2019 to 2021, the coupling coordination degree of scientific and technical innovation and rural industry revitalization in Shanxi province rose to 0.772, transiting from reluctant

作者简介: 刘甜 (1997—), 女, 硕士, 山西晋中理工学院助教, 主要研究方向为低碳经济与区域创新 (通信作者); 王香花 (1972—), 女, 中北大学教授, 研究方向为区域经济; 赵红亮 (1996—), 男, 山西晋西精密机械公司助理工程师。

项目名称: 基于山西省经济与电力耦合关系的电力需求预测“山西省经济结构与能源结构的耦合关系研究”(52053324000U)。

收稿时间: 2024年5月22日。

coordination to intermediate coordination. (2) Due to the unbalanced economic development, the coupling and coordinated development of each city in Shanxi province is unbalanced, showing the characteristics of decreasing from the core Taiyuan to the surrounding areas. (3) Eight factors related to science and technology innovation, such as the number of ordinary colleges and universities, the number of scientific research and technical development research workers at or above the county level, are the main factors affecting the coupling and coordinated development of science and technology innovation and rural industry revitalization. That is, the low level of scientific and technical innovation is an important reason leading to the overall low coupling coordination degree of the two, and scientific and technical innovation should be vigorously developed to play its driving role in the revitalization of rural industries.

Keywords: scientific and technical innovation, rural industry revitalization, coupling coordination degree model, geographic detector model

0 引言

国务院在2023年全面推进乡村重点工作意见中指出,全面建设社会主义现代化国家,最艰巨最繁重的任务仍然在农村。必须坚持不懈把解决好“三农”问题作为全党工作重中之重,举全党全社会之力全面推进乡村振兴。其中,乡村产业振兴是推动乡村全面振兴的关键点。因此,为了推动乡村经济的发展必须优先发展乡村产业,充分发挥科技创新对乡村产业的拉动作用,并将科技创新融入到乡村产业发展中,不断提升乡村产业的产值、质量和竞争力。根据目前的相关研究可知,学者分别对科技创新和乡村产业振兴进行了研究,但对两者关系的研究比较少且多为静态分析。针对两者关系的动态关系研究较少,且对于两者之间的动态发展关系描述不到位、不准确问题,本文通过构建指标体系分别测算了科技创新与乡村产业振兴的综合水平,并在此基础上运用耦合协调模型和地理探测器探究两者之间的动态演进关系和影响两者耦合协调发展的主要因素。

1 文献综述与理论基础

1.1 文献综述

梳理文献发现,目前对科技创新的相关研究主要集中于对科技创新水平的测度和科技创新的经济效应的研究。大多数的研究主要从创新投入、环境和绩效3个方面构建综合指标体系对科

技创新的能力进行测度^[1-4]。而对于科技创新的经济效应的相关研究主要集中于探讨科技创新与经济高质量发展以及科技创新和产业发展之间的关系。有学者认为,科技创新在经济社会高质量发展中起着至关重要的作用,应该不断推动科技创新^[5-9]。也有学者探究了两者间的双向关系,并发现科技创新与经济高质量发展存在良好的互动性^[10-11]。

乡村产业振兴是乡村经济发展的基础,也是乡村振兴战略的首要任务。对于乡村产业振兴的相关研究较多,现存的研究主要集中于对乡村产业振兴驱动因素的探究和乡村产业振兴水平的测度。学者大多认同数字经济可以助力乡村产业实现产业的融合、农民收入的增加和脱贫攻坚的实现^[12-14]。而以吴孝洪^[15]为代表的学者认为乡村金融业的发展也对乡村产业的振兴有着重要的意义。乡村产业振兴包括了农产品加工业、乡村服务业等产业,决定了乡村产业振兴的评价指标的多维性。学者大多认同农业产业的发展和农村生产能力对乡村产业振兴有着重要的意义,并将其纳入了指标体系中^[16-18]。但陈国生等^[17]和梁盛凯等^[18]强调了绿色农业的重要性并将相关指标纳入评价指标体系中。

近年来,对科技创新与乡村产业振兴两者关系的相关研究较少。有学者从理论层面对两者的关系进行了解读,认为科技创新对乡村产业的发展具有支撑和驱动作用,乡村振兴对科技创新具有正向的促进作用^[19-21]。但王婷等^[22]对福建省

2005—2020年农业数据进行实证分析发现，农业科技创新可以正向驱动乡村产业的发展，乡村产业振兴对科技创新的促进作用却并不明显。

综上所述，目前对科技创新和乡村产业振兴单独进行研究的文献较多，但是对于两者关系的研究比较少且多为对两者关系的静态研究。因此，本文将对山西省乡村产业振兴和科技创新两者之间的耦合协调关系进行探讨并探究两者关系之间的动态演进。

1.2 理论基础

(1) 科技创新支持乡村产业振兴。首先，科技创新可以提升乡村产业的竞争力，促进农业高质量发展。我国农业一直以来以存在分散化、规模小、现代化水平低等弊端。而科技创新可以为乡村产业生产提供新的工具、新的技术，这些工具和技术的应用可以大大提升农产品的质量以及农产品生产和加工的速率，扩大农产品的种植面积，增加农产品的产量，进而降低相关农产品的成本，提升农产品在国内外市场中的竞争力。其次，科技创新成果的转化能够促进乡村产业链的延伸、扩张和乡村产业结构的不断优化。而促进新的技术和产品的落地可以带动新品种的种植，推动农产品加工业的不断发展，进而带动乡村服务业的产生和发展，提高乡村的服务业比重，优化乡村产业结构。再次，科技创新成果的推广可以推动乡村产业新模式、新业态的发展。通过培训、示范等方式推广科技创新成果，可以大大提升乡村居民的技能，可以支撑诸如农村物流和农产品跨境电商的发展。这样既可以扩大乡村居民的销售范围，又可以缩短农产品的流通环节和流通时间，这一点对于生鲜类的产品尤为重要。最后，科技创新可以为乡村产业的发展提供所需要的科学技术人才。科技创新水平的不断提高可以培养一批拥有专业知识和学习能力的人才。这些专业人才可以将先进的生产理念和生产技术传授给村民，改变村民的就业观念，进而推动乡村产业的发展。

(2) 乡村产业振兴促进科技创新。乡村产业振兴对科技创新的作用主要体现在以下3点。一

是乡村产业振兴可以为科技创新提供动力。乡村产业发展中的新业态、新模式，会出现很多新的问题、新的需求、新的任务，可以激发科技创新的活力，促进科技创新资源的重新配置，进而加速技术创新、工艺改进和科技创新成果的转化。二是乡村产业振兴可以为科技创新营造良好的环境。乡村产业振兴可以提供更多的就业机会，这些可以吸引城市中的一些高质量人才和资本回流到乡村，进而为科技创新提供更多的人才，为科技创新营造良好的人才、资金环境。乡村产业振兴将促进乡村教育、文化等上层建筑的发展，引导创新意识形成，激发创新活力，为科技创新营造良好的环境。三是乡村产业振兴可以为科技创新提供条件。乡村产业振兴战略的实施吸引大量人力、财力、物力流入乡村产业中。为促进乡村产业的发展，进一步优化乡村资源配置，提升效率，政府会不断加大科技创新的投入，打造专业的农业科技团队，提供更为先进的农业生产设备。两者的交互机制如图1所示。

2 指标体系构建与指标测算

2.1 科技创新的评价指标体系

参考国内外的相关文献^[23-25]，并结合山西省各市的统计数据 and 山西省统计年鉴等资料，最终从科技创新投入、科技创新环境和科技创新产出3个维度入手构建科技创新的评价体系，具体见表1。

2.2 乡村产业振兴的评价指标体系

为了衡量山西省及其各市的乡村产业振兴状况，在参考《乡村振兴战略规划（2018—2022年）》的基础上，结合吴孝洪^[15]的研究和山西省的实际情况，从乡村产业生产能力、乡村产业结构体系和乡村产业发展效益3个方面构建了如表2所示的指标体系。

2.3 指标测算方法

为了提升研究结果的可信度、准确性，本文参考许福志^[24]的做法，选取客观赋值法中的熵值法来确定科技创新各指标的权重。具体计算步骤如下。

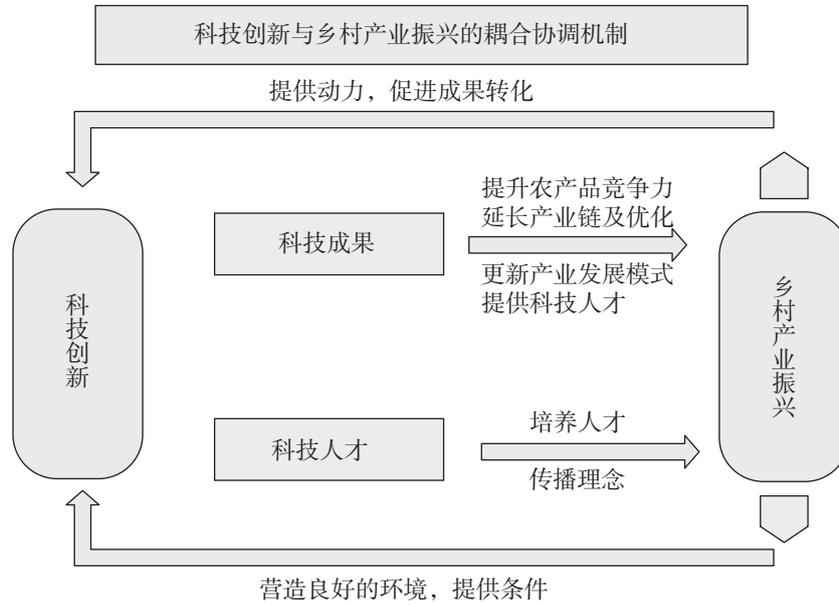


图1 山西省科技创新和乡村产业振兴的耦合协调机制示意

表1 山西省科技创新指标体系

子系统	一级指标	二级指标	编号	符号方向	指标说明
科技创新投入	人力投入	县级以上科学研究和技术开发研究职工人数(人)	A1	+	统计年鉴中获取
	财力投入	地方财政科学技术支出占一般公共预算比重(%)	A2	+	地方财政科学技术支出/地方一般公共预算总支出
		各市RD投入强度(%)	A3	+	各市RD投入经费/各市GDP
科技创新环境	人文环境	公共图书馆图书藏量(千册/千件)	A4	+	统计年鉴中获取
	教育环境	科研机构数(个)	A5	+	统计年鉴中获取
		普通高等学校数量(个)	A6	+	统计年鉴中获取
	基础设施	互联网宽带用户数(户)	A7	+	统计年鉴中获取
医院、卫生院数(个)		A8	+	统计年鉴中获取	
科技创新绩效	科技成果	全市专利申请量(件)	A9	+	各市统计公报
		山西省各地区获得的国家发明专利数量(件)	A10	+	科学网中获取
	经济产出	第三产业占比(%)	A11	+	第三产业产值/地区生产总值
地区生产总值(万元)		A12	+	统计年鉴中获取	

(1) 使用极差标准化法对初始指标变量进行标准化处理。

如果指标为正向指标，其标准化公式为：

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (1)$$

如果指标为负向指标，其标准化公式为：

$$x'_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

式中， x'_{ij} 为标准化后的值； x_j^{\min} 为第*i*年第*j*个指标的最大值； x_j^{\max} 为第*i*年第*j*个指标的最小值（ $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ）。

(2) 有一些指标经过处理会出现负数或者值较小的情况。为了方便后续的计算，统一将标准化的数值进行平移。

$$x''_{ij} = H + x'_{ij} \quad (3)$$

式中， H 为指标平移的幅度，一般取0.0001； x''_{ij} 为平移后的数值。

(3) 计算第*i*年第*j*项指标值的权重 y_{ij} ：

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (4)$$

(4) 确定指标的信息熵 e_j 。其计算公式为：

表 2 山西省乡村产业振兴指标体系

子系统	一级指标	二级指标	编号	符号方向	指标说明
乡村产业 生产能力	机械化水平	农业机械总动力（千瓦时）	B1	+	统计年鉴中获取
	水利化水平	农业水利化水平（%）	B2	+	农田灌溉面积/农作物播种总面积
	生产力水平	劳动生产率（%）	B3	+	农林牧渔业生产总值/农林牧渔业从业人员
乡村产业 结构体系	服务业	农村服务产业占比	B4	+	农林牧渔服务业产值/农林牧渔业生产总值
	畜牧业	大牲畜年末存栏（头）	B5	+	统计年鉴中获取
	养殖业	水产规模养殖面积（公顷）	B6	+	统计年鉴中获取
乡村产业 发展效益	宏观效益	农林牧渔业生产总值（万元）	B7	+	各市统计年鉴
	微观效益	农村居民人均可支配收入（元）	B8	+	统计年鉴中获取
		农村居民消费支出（元）	B9	+	统计年鉴中获取

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m (y_{ij} \times \ln y_{ij}) \quad (5)$$

令 $k=1/\ln m$ ，那么就有 $0 \leq e_j \leq 1$ ，且当 $y_{ij}=0$ 时，令 $y_{ij} \times \ln y_{ij}=0$ 。

(5) 计算指标的信息冗余度 d_j ：

$$d_j = 1 - e_j \quad (6)$$

(6) 计算指标的权重 w_i ：

$$w_i = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (7)$$

(7) 计算指标体系综合得分。通过熵权法计算出指标权重，则有第 i 个指标的第 j 年份水平得分 s_{ij} 为：

$$s_{ij} = w_i \times x_{ij} \quad (8)$$

各子系统的综合得分可以通过加总对应的 s_{ij} 得到。

3 研究设计

3.1 耦合协调度模型

3.1.1 耦合协调度计算步骤

大部分的学者在探讨两个系统之间的相互关系时，主要选用传统耦合协调模型。但为了避免传统耦合协调模型由于本身存在适用性和局限性对计算结果可信度和有效性的影响，参考王淑佳等^[26]的研究，构建修正后的耦合协调度模型。

(1) 计算两系统之间的耦合度 C 。

$$C = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i>j, j=1}^n \sqrt{(U_i - U_j)^2}}{\sum_{m=1}^{n-1} m}} \times \left(\prod_{i=1}^n \frac{U_i}{\max U_i} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (9)$$

式中， U_i 为熵值法计算出的各个系统的综合得分。在这里，主要是指科技创新系统和乡村产业振兴系统经熵权法计算后的综合得分。式中， $U_i \in [0, 1]$ ， $C \in [0, 1]$ ，各子系统越离散， C 值越低；反之， C 值则越高。当仅有两个系统时，即当 $n=2$ 时，假定 $\max U_i$ 为 U_2 ，则公式可简化为：

$$C = \sqrt{1 - \sqrt{(U_2 - U_1)^2}} \times \frac{U_1}{U_2} \quad (10)$$

(2) 计算两个系统之间的协调度 T 。

$$T = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times U_i, \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (11)$$

当仅有两个系统时，即当 $n=2$ 时，公式可简化为：

$$T = \alpha_1 U_1 + \alpha_2 U_2, \alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (12)$$

由于科技创新系统和乡村产业振兴系统重要性相当，因此本文令 $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5$ 。

(3) 计算两个系统之间的耦合协调度 D 。

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (13)$$

3.1.2 耦合协调度分类体系与判断标准

借鉴王淑佳等^[26]研究，据不同系统耦合协调度的差别，将耦合度和耦合协调度分别划分为 10 个等级。具体划分情况如表 3 所示。

3.2 地理探测器

为了明确山西省科技创新和乡村产业振兴耦合协调发展之间的影响因素，参考贾应等^[27]的研究，运用因子探测器和交互探测器对影响山西省

科技创新和乡村产业振兴耦合协调的关键指标进行识别。因子探测器的计算公式为：

$$q = 1 - \frac{\sum_h N_h \delta^2 h}{N \delta^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (14)$$

式中， L 为 Y 或 X 的分层数； N_h 和 N 分别为层 h 和这个地区的全部样本数； $\sigma^2 h$ 和 σ^2 分别是层 h 和这个地区被解释变量的方差； SSW 为层内方差之和； SST 为总方差； q 的值域为 $[0, 1]$ ， q 值越大，表示此因子对 Y 的解释力越强。

4 山西省科技创新和乡村产业振兴耦合协调的实证结果分析

4.1 耦合协调度时空分析

4.1.1 时序分析

从表4的数据可知，山西省科技创新和乡村产业振兴整体的耦合协调度并不高，处于发展阶段。从时间维度来看，两者的耦合协调度在前期轻微波动，后期有了较明显的提升。即山西省科技创新和乡村产业振兴耦合协调发展主要可以分为2012—2018年和2019—2021年两个阶段。在

2012—2018年，两者的耦合协调水平处于濒临失调或勉强协调的等级，也就是处于过渡调和的阶段。这主要是由于在这一段时期内科技创新和乡村产业振兴综合得分都比较低，处于0.2~0.3，两者发展都比较缓慢。而在2019—2021年，山西省科技创新和乡村产业振兴之间的耦合协调度由0.521上升到了0.772，耦合协调等级过渡到了中级协调，即协调发展的阶段。这说明两者的协调发展能力不断加大，科技创新对乡村经济发展的拉动作用加强，乡村产业振兴对科技创新的反作用也增强了。

根据山西省耦合协调度的综合得分对发展类型进行划分。具体类型见表5。从表5可以知道，山西省科技创新和乡村产业的耦合协调类型的变化可以划分为两个阶段。第一个阶段是2017年以前。此时，山西省的科技创新和乡村产业的发展综合指数相差较小，乡村产业的发展相对滞后于科技创新的发展状况。第二个阶段是2017年以后。此时，乡村产业发展逐渐超过了科技创新的发展，科技创新发展滞后，且两者之间的发展差距在2019年达到最大。这主要是因为2017年

表3 耦合度和耦合协调度登基划分

区间	[0,0.1)	[0.1,0.2)	[0.2,0.3)	[0.3,0.4)	[0.4,0.5)	[0.5,0.6)	[0.6,0.7)	[0.7,0.8)	[0.8,0.9)	[0.9,1]
耦合度C	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调
协调发展度D	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调
协调发展大类	失调衰退类			过度调和类			协调发展类			

注：假定科技创新系统为系统1，乡村产业系统为系统2。如果 $U_1 > U_2$ ，则为乡村产业振兴滞后型；如果 $U_1 < U_2$ ，则为科技创新滞后型。

表4 山西省2012—2021年科技创新和乡村产业振兴耦合协调度

年份	耦合协调度	耦合协调等级
2012	0.473	濒临失调
2013	0.535	勉强协调
2014	0.564	勉强协调
2015	0.550	勉强协调
2016	0.555	勉强协调
2017	0.494	濒临失调
2018	0.485	濒临失调
2019	0.521	勉强协调
2020	0.660	初级协调
2021	0.772	中级协调

提出了乡村振兴战略，山西省政府积极改善农村基础设施条件，加大了对农业机械的补贴力度和农作物种植的补贴力度。

4.1.2 空间分异

本文在分析山西省科技创新和乡村产业耦合协调度的基础上，进一步对山西省各市 2012—2021 年科技创新和乡村产业的耦合协调度进行测算，测算结果如表 6 所示。从表 6 可以看出，太原市的科技创新和乡村产业振兴的耦合协调发展程度最高，为 0.55 ~ 0.65，处于勉强协调和初级协调之间。其他各市科技创新和乡村产业振兴的耦合协调水平都比较低，为 0.15 ~ 0.35，处于严重失调和轻度失调之间。这说明山西省各市乡村产业振兴和科技创新的协调发展水平整体偏低，两者发展失衡比较严重。但在 2017—2021 年期间的耦合协调度整体有了微弱的提升，这可能是由

于山西省各市的政府在这期间不断贯彻乡村振兴战略，促进了乡村产业的发展，使得乡村产业的发展步伐得以逐渐加快，其与科技创新发展的协调度也得到了提升。此外，晋中市科技创新和乡村产业振兴的耦合协调度从 2012 年起呈现不断增长的态势，这与晋中市大学城的建立有着密切的关系。忻州市和临汾市科技创新和乡村产业发展的协调性相对比较稳定。而吕梁市科技创新和乡村产业协调发展程度从 2012 年开始到 2018 年整体不断下降，直到 2019 年开始有了改进。

从耦合协调的滞后发展类型来看，2012—2021 年太原市的科技创新发展的速度和水平都远远高于乡村产业的发展（表 7）。这可能是由于太原市的城镇化水平较高。太原市以制造业和服务业为主，农业、畜牧业等乡村产业所占据的比重较小，乡村产业的发展空间相对较小，乡村产

表 5 山西省 2012—2021 年科技创新和乡村产业振兴耦合协调滞后发展类型

年份	比较结果	耦合协调类型
2012	0.473	乡村产业振兴发展滞后
2013	0.535	科技创新发展滞后
2014	0.564	乡村产业振兴发展滞后
2015	0.550	科技创新发展滞后
2016	0.555	乡村产业振兴发展滞后
2017	0.494	科技创新发展滞后
2018	0.485	科技创新发展滞后
2019	0.521	科技创新发展滞后
2020	0.660	科技创新发展滞后
2021	0.772	科技创新发展滞后

表 6 山西省各市 2012—2021 年耦合协调度计算结果

地区	耦合协调度									
	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
太原市	0.553	0.557	0.558	0.562	0.584	0.587	0.584	0.600	0.577	0.627
大同市	0.238	0.242	0.315	0.253	0.255	0.250	0.254	0.254	0.267	0.261
阳泉市	0.207	0.182	0.174	0.166	0.176	0.176	0.172	0.192	0.198	0.202
长治市	0.295	0.297	0.284	0.284	0.295	0.275	0.268	0.283	0.302	0.311
晋城市	0.224	0.232	0.237	0.230	0.227	0.226	0.230	0.246	0.256	0.265
朔州市	0.197	0.204	0.202	0.196	0.195	0.196	0.191	0.205	0.213	0.230
晋中市	0.254	0.276	0.255	0.279	0.284	0.288	0.295	0.308	0.321	0.313
运城市	0.271	0.283	0.301	0.289	0.295	0.287	0.290	0.300	0.319	0.327
忻州市	0.266	0.269	0.272	0.278	0.232	0.223	0.218	0.222	0.249	0.278
临汾市	0.252	0.259	0.259	0.260	0.262	0.255	0.250	0.268	0.279	0.280
吕梁市	0.250	0.255	0.256	0.254	0.276	0.203	0.201	0.219	0.219	0.230

表7 山西省各市2012—2021年科技创新和乡村产业振兴耦合协调滞后发展类型

地区	滞后发展类型									
	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
太原市	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
大同市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
阳泉市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
长治市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
晋城市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
朔州市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
晋中市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
运城市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
忻州市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
临汾市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL
吕梁市	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL	SL

注：SL表示科技创新发展滞后；RL表示乡村产业振兴发展滞后。

业发展比较困难。但其他各市的科技创新水平却远远落后于乡村产业的发展。这主要是因为其他各市一般市区面积比较小，反而是周围的乡村占据了绝大多数。这些以农业为主的地区乡村产业的发展空间相对较大，乡村产业的发展对整个市的经济发展起着重要的作用。城镇化水平相对较低，相关的科研机构、高校以及其他创新基础环境建设较差，科技创新产出也较低，科技创新水平较为落后。

从整体演进过程来看，山西省的耦合协调度呈现由核心太原向周边递减的特点。太原的耦合协调度最高，其次是忻州、吕梁、晋中3个地区。这3个地区科技创新和乡村产业的协调发展程度都处于0.2和0.3之间（图2、图3、图4）。值得注意的是，阳泉市在2016年的耦合协调度相较于2012年出现了下降，这说明在2016年前后阳泉市的发展与山西省其他市相比速度较缓。之后，阳泉市政府不断加快当地的经济建设，吸引投资，促进阳泉市科技创新和乡村产业的发展，两者间的协调发展度得到了回升。朔州市在近几年的经济发展速度不断加快，引入了大量的人才，加快了朔州市科技创新和乡村产业的发展，拉高了朔州市科技创新和乡村产业振兴的协调发展度。此外，山西省各市科技创新和乡村产业振兴高耦合协调度地区同样是向南部和东部地区扩展，这与山西省整体发展方向密不可分。

4.2 系统耦合驱动力分析

4.2.1 因子分析

为探究不同指标对耦合协调度产生的影响，运用地理探测器对数据进行因子分析。由于地理探测器中的自变量必须为类型量，需要先对已有数据进行离散化处理。参考王劲松等^[28]的研究，先应用Spass软件通过分位数法将所有的数据聚类成为5类。聚类后对数据进行分析，因子分析结果如表8所示。从表8可知，各个指标的 p 值都显著，这说明每个指标都会对整个山西省科技

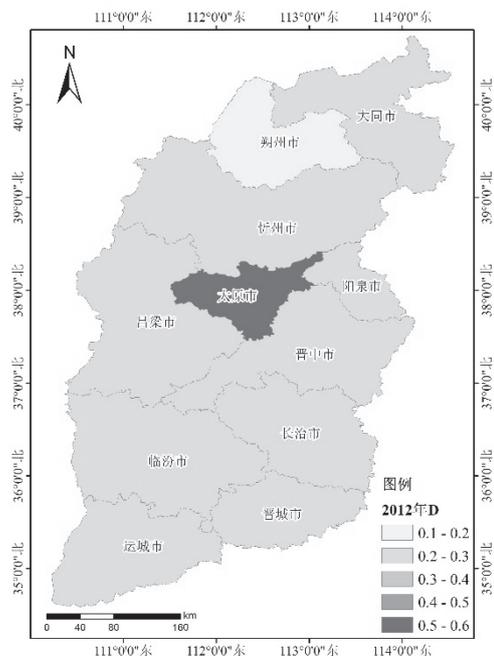


图2 山西省各市2012年耦合协调度情况

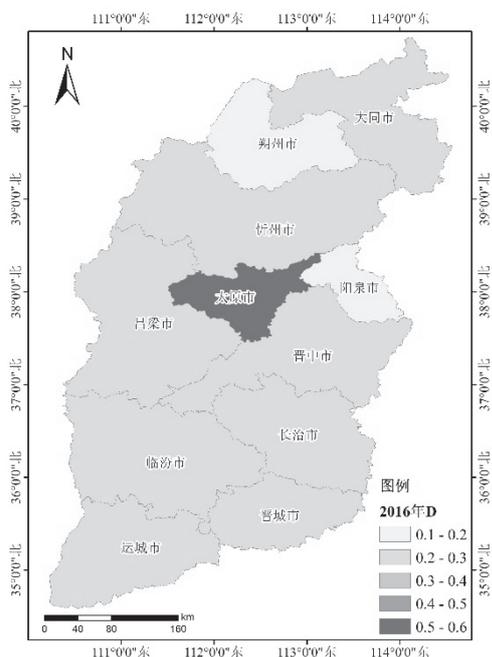


图3 山西省各市 2016 年耦合协调度情况

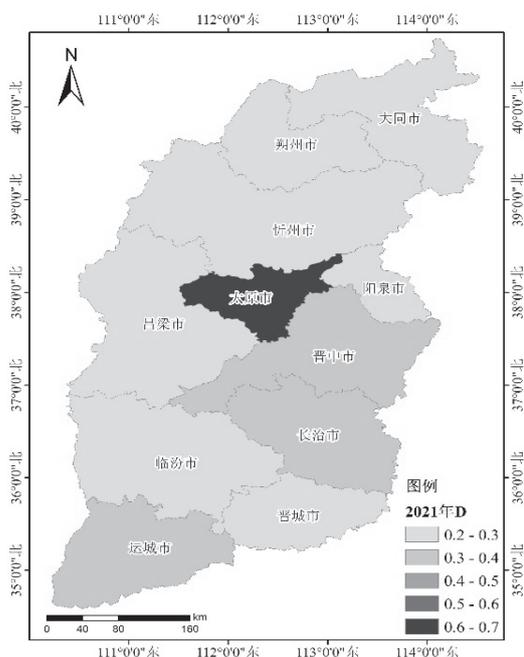


图4 山西省各市 2021 年耦合协调度情况

创新和乡村产业振兴的耦合协调发展程度产生显著的影响。对各个影响因素进行排序发现普通高等学校数量、县级以上科学研究和技术开发研究职工人数、公共图书馆图书藏量、全市专利申请量、山西省各地区获得国家发明专利数量、地区生产总值、科研机构数量和农村服务产业占比等 8 个因素是影响科技创新和乡村产业振兴耦合协调发展的主要因素。在这些因素中，科技创新的相关指标占据了多数。也就是说，科技创新的发展是拉动乡村产业振兴和科技创新耦合协调发展的关键因素。此外，乡村服务业的发展对两者的协调发展也有着重大的意义，乡村产业结构的不断优化可以为科技创新的发展提供资源与动力。

4.2.2 交互分析

基于单因子驱动分析，进一步探究不同因子交互对山西省及其各市耦合协调度产生的影响，具体的分析结果如表 9 所示。从表 9 可以看出，交互因子的得分整体较高，主要集中于 0.6 和 0.9 之间。整体来看，不同因子交互对山西省整个地区科技创新和乡村产业振兴耦合协调发展度的影响较为显著。为了进一步分析这一影响的强度，根据表 9 的结果对应前文的分类标准进行

分类。从表 10 可以知道，交互作用主要包括双因子增强和非线性增强两种，且不同因子交互的 q 值明显强于单个因子的 q 值，不同因子交互对耦合协调度的影响明显强于单个因子。其中，县级以上科学研究和技术开发研究职工人数与公共图书馆藏书量、科研机构数、地区生产总值、农村服务产业占比、大牲畜年末存栏和农林牧渔业产值 6 个因子的交互作用；科研机构数与普通高等学校数量、公共图书馆藏书量、劳动生产率 3 个因子的交互作用，普通高等学校数量与山西省各地区获得国家发明专利数量、第三产业占比 2 个因子的交互作用以及地区生产总值与水利化水平的交互作用对山西整体科技创新和乡村产业振兴耦合协调度的影响最大，其 q 值都大于等于 9.40。这也同样说明科技创新投入、科技创新环境建设、科技创新绩效和乡村产业结构对山西省整体科技创新和乡村产业振兴的耦合协调影响非常明显。

5 结论与建议

5.1 结论

(1) 科技创新发展整体水平滞后，各市科技创新发展不均衡。山西省科技创新水平低于全

表8 山西省及其各市2012—2021年因子q值及其排序

影响因素	q值	p值	q值排序
A1	0.800	0.000	2
A2	0.400	0.000	9
A3	0.378	0.000	10
A4	0.789	0.000	4
A5	0.767	0.000	7
A6	0.867	0.000	1
A7	0.371	0.000	11
A8	0.286	0.000	13
A9	0.796	0.000	3
A10	0.781	0.000	5
A11	0.170	0.000	18
A12	0.771	0.000	6
B1	0.147	0.003	20
B2	0.269	0.000	14
B3	0.142	0.004	21
B4	0.433	0.000	8
B5	0.203	0.000	16
B6	0.315	0.000	12
B7	0.188	0.000	17
B8	0.155	0.000	19
B9	0.220	0.000	15

注：p<0.01 表示在1%的水平下显著。

表9 山西省及其各市2012—2021年交互因子q值

编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	
A1	0.800																					
A2	0.889	0.400																				
A3	0.934	0.585	0.378																			
A4	0.944	0.874	0.825	0.789																		
A5	0.943	0.844	0.805	0.940	0.767																	
A6	0.938	0.891	0.879	0.913	0.945	0.867																
A7	0.902	0.718	0.723	0.797	0.925	0.909	0.371															
A8	0.930	0.666	0.776	0.902	0.881	0.937	0.734	0.286														
A9	0.935	0.843	0.848	0.903	0.926	0.908	0.813	0.936	0.796													
A10	0.939	0.900	0.921	0.938	0.939	0.943	0.789	0.868	0.902	0.781												
A11	0.864	0.718	0.700	0.908	0.880	0.944	0.656	0.740	0.867	0.824	0.170											
A12	0.942	0.860	0.848	0.858	0.922	0.938	0.789	0.865	0.893	0.929	0.836	0.771										
B1	0.854	0.746	0.818	0.868	0.934	0.937	0.668	0.684	0.908	0.819	0.385	0.882	0.147									
B2	0.829	0.728	0.722	0.926	0.865	0.913	0.726	0.775	0.862	0.798	0.698	0.940	0.833	0.269								
B3	0.877	0.657	0.551	0.809	0.945	0.894	0.502	0.653	0.815	0.802	0.440	0.829	0.572	0.470	0.142							
B4	0.942	0.735	0.709	0.909	0.798	0.939	0.748	0.643	0.840	0.884	0.773	0.847	0.664	0.896	0.677	0.433						
B5	0.944	0.621	0.582	0.867	0.880	0.910	0.557	0.738	0.866	0.840	0.729	0.858	0.590	0.601	0.491	0.771	0.203					
B6	0.870	0.693	0.648	0.861	0.824	0.889	0.686	0.595	0.857	0.816	0.614	0.822	0.602	0.682	0.647	0.526	0.762	0.315				
B7	0.942	0.613	0.623	0.848	0.846	0.884	0.707	0.486	0.840	0.887	0.568	0.860	0.364	0.897	0.650	0.608	0.639	0.604	0.188			
B8	0.876	0.599	0.529	0.811	0.887	0.904	0.497	0.755	0.824	0.857	0.403	0.804	0.432	0.643	0.378	0.660	0.387	0.575	0.425	0.155		
B9	0.851	0.546	0.534	0.817	0.924	0.905	0.513	0.778	0.836	0.863	0.403	0.850	0.475	0.720	0.502	0.811	0.515	0.673	0.396	0.402	0.220	

表 10 山西省及其各市 2012—2021 年交互分析结果

编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
A2	EB																			
A3	EB	EB																		
A4	EB	EB	EB																	
A5	EB	EB	EB	EB																
A6	EB	EB	EB	EB	EB															
A7	EB	EB	EB	EB	EB	EB														
A8	EB	EB	EN	EB	EB	EB	EN													
A9	EB																			
A10	EB																			
A11	EB	EN	EN	EB	EB	EB	EN	EN	EB	EB										
A12	EB	EB																		
B1	EB	EN	EN	EB	EN	EB	EN	EN	EB	EB	EN	EB								
B2	EB	EN	EN	EB	EB	EB	EN	EN	EB	EB	EN	EB	EN							
B3	EB	EN	EN	EB	EN	EB	EB	EN	EB	EB	EN	EB	EN	EN						
B4	EB	EN	EB	EN	EN	EN														
B5	EB	EN	EB	EB	EB	EB	EB	EN	EB	EB	EN	EB	EN	EN	EN	EN				
B6	EB	EN	EB	EN	EN	EN	EB	EN												
B7	EB	EN	EN	EB	EB	EB	EN	EB	EB	EB	EN	EB	EN	EN	EN	EB	EN	EN		
B8	EB	EN	EB	EB	EB	EB	EB	EN	EB	EB	EN	EB	EN							
B9	EB	EN	EB	EB	EB	EB	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EB	EN						

注：EB表示分析结果为“Enhance, bi-”即为双因子增强；EN表示分析结果为“Enhance, nonlinear-”即为非线性增强。

国平均水平，科技创新的动力明显不足。太原市集聚了更多的科研机构 and 高校科技创新水平远远高于其他市区。阳泉市和朔州市的科技创新水平远远低于全省平均水平，科技创新的平均得分甚至低于 0.05。不同地区间的科技创新水平差距较大，不利于山西省科技创新水平的整体提升。

(2) 科技创新发展整体水平滞后，各市科技创新发展不均衡。山西省的科技创新环境建设不足，公共图书馆、文化馆和高等学校数量等明显少于其他省份。大部分的高等学校、公共图书馆和文化馆主要集中于太原市，其他地区相对较少。除太原市，山西省其他地区政府对科技创新环境建设的资金投入力度明显不足。同时，山西省的科技成果转化政策体系不断健全、科技成果的融资渠道狭窄，科技创新平台数量较少，导致山西省整体科技成果转化率低。

(3) 乡村产业内部结构失衡，生产能力不足，各市产业发展水平差异大。山西乡村产业的整体发展水平比较低，除了运城市，其他市区普

遍都低于 0.5。太原市、大同市、晋中市、朔州市的乡村产业振兴水平集中于 0.35 左右，剩余的地区集中于 0.2 左右。乡村产业主要是以农业为主，林业、牧业、渔业等产业占比较小，乡村服务业占比全部低于 10%。乡村产业结构失衡严重，产业链短，整体附加值较低，普遍存在投入成本高，产出效益较低的情况。

(4) 科技创新驱动乡村产业振兴的能力不强。山西省 2022 年农林牧渔业的科研机构仅有 9 所，其中的科研职工人数仅占山西省全部科研职工的 3.9%，农业科技人才短缺严重。与农林牧渔相关的科技产出比较少，且很多与农林牧渔相关的科技无法应用到乡村产业生产中，机械化水平整体偏低，科技成果转化率低。

5.2 建议

(1) 加大对科技创新的政策保障，针对不同地区制定不同的补贴政策。山西省应当根据自身的重点区域、主要行业和重要创新方向，进一步强化科技政策的创新体系，优化科研管理流程，

增加科研资金投入,共同推动科技政策与创新的全面布局。依据各个地区的科技进步程度来制定针对性强的策略。对于欠发达地区来说,可以通过加大研发经费投入力度来提升自主创新能力,而对发达地区而言,则需要在税收政策上予以扶持。尤其在是朔州和阳泉,应为其提供更为丰厚的财政援助和税务减免,从而吸引更多的高科技公司进驻。

(2) 加强产学研合作,加速科技创新成果转化。山西省应充分利用本省科技成果转化以及知识产权交易服务平台的优势,致力于连接技术转移服务机构、投融资机构、高等教育机构、科研机构和企业等,汇集科技成果、专利、资金、人才、服务和政策等多种创新要素,建立更加完善的知识产权公共服务框架。同时,加强成果转化服务体系建设,积极引导各专业机构提供知识产权代理、信息处理、评估、金融和法律服务,扩大科技成果的转移和转化所需资金的市场供应途径。创新科技金融合作模式,建立政府主导的多元化投融资体系。鼓励银行、保险、证券、创投、天使投资等多种金融机构和民间资本参与科技成果的转移和转化。

(3) 鼓励村民结合当地特征发展优势、特色产业,引导乡村产业多元发展。山西省应立足于现状,根据不同的地形特征,依托乡村特色资源,不断延长产业链条,引导村民对相关产品进行深加工、精加工,提升特色产业的附加值。同时,还应积极开发农业的多种功能,依托于乡村的绿水青山、乡土资源和田园风光,大力发展生态旅游业、休闲旅游业、养老养生、农耕体验等现代乡村服务业寻找新的经济增长点,促进一二三产业融合和乡村产业结构的多元化。

(4) 培养乡村产业科技人才,推动农业科技落地与应用。应该培养与乡村产业相关的科技人才和科技团队,并积极鼓励相关人才和专家深入农村等基层一线开展技术咨询与成果推广等活动。同时,应该建立专门的农业科技成果示范基地,将与乡村产业相关的科学技术进行示范,收集村民对这些技术的看法,听取村民的需求,充

分发挥农业科技成果对乡村产业发展的促进作用。此外,应加大对农业机械的补贴力度,引导村民购进农机,提升产业的生产效率。

参考文献

- [1] 陈艺晏,任华,杨小林.河南省城市科技创新能力评估及影响因素分析[J].河南科技,2022,41(19):110-116.
- [2] 郑曦.科技创新赋能经济社会高质量发展的理路逻辑探要[J].政治经济学研究,2022(3):110-120.
- [3] 涂继亮,张家贤,陶秋香,等.江西省科技创新平台创新能力评价指标体系及发展策略[J].科技和产业,2022,22(9):53-60.
- [4] 林兰,王嘉炜,曹贤忠,等.长三角地区科技创新能力与城镇化水平耦合关系研究[J].长江流域资源与环境,2022,31(8):1723-1735.
- [5] 吴铖铖,王丹,谭庆.长三角城市群科技创新能力的空间差异研究[J].保定学院学报,2022,35(4):23-29.
- [6] XIONG A, XIA S, YE Z P, et al.Can innovation really bring economic growth? the role of social filter in China[J]. Structural change and economic dynamics, 2020, 53(1): 50-61.
- [7] PECE A M, SIMONA O E O, SALISTEANU F. Innovation and economic growth: an empirical analysis for CEE countries[C]. //4th World Conference on Business, Economics, and Management (WCBEM-2015), part 1 of 2: Ephesus, Turkey, 30 April - 2 May 2015.:Elsevier B.V., 2016:461-467.
- [8] 王慧艳,李新运,徐银良.科技创新驱动我国经济高质量发展绩效评价及影响因素研究[J].经济学家,2019(11):64-74.
- [9] 李业锦,刘潇忆,王嘉宁,等.科技创新对产业转型升级的影响:以我国首批产业转型升级示范区为例[J].城市发展研究,2022,29(9):108-117.
- [10] 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.
- [11] 王英,杨国才.安徽省科技创新带与产业承接带协同发展研究[J].科技创业月刊,2022,35(9):19-23.
- [12] 章萍.数字经济驱动乡村产业振兴内在机理与实现路径研究[J].农村经济与科技,2023,34(12):1-3,7.
- [13] 白羲.数字经济赋能乡村产业振兴的作用机制和影响研究[D].太原:山西财经大学,2023.

(下转第93页)

- 26-31.
- [13] 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.
- [14] 刘志华,李林,姜郁文. 我国区域科技协同创新绩效评价模型及实证研究[J]. 管理学报, 2014, 11(6): 861-868.
- [15] 赵增耀,章小波,沈能. 区域协同创新效率的多维溢出效应[J]. 中国工业经济, 2015(1): 32-44.
- [16] 钱晓烨,杨百寅,迟巍. 心理资本与区域创新活动:来自我国地级市的实证研究[J]. 中国软科学, 2014(2): 179-192.
- [17] 方创琳,马海涛,王振波,等. 中国创新型城市建设的综合评估与空间格局分异[J]. 地理学报, 2014, 69(4): 459-473.
- [18] 张治河,潘晶晶,李鹏. 战略性新兴产业创新能力评价、演化及规律探索[J]. 科研管理, 2015, 36(3): 1-12.
- [19] 王玺,张嘉怡. 税收优惠对企业创新的经济效果评价[J]. 财政研究, 2015(1): 58-62.
- [20] 徐晔,陶长琪,丁晖. 区域产业创新与产业升级耦合的实证研究:以珠三角地区为例[J]. 科研管理, 2015, 36(4): 109-117.
- [21] 甄峰,席广亮,秦萧. 基于地理视角的智慧城市规划与建设的理论思考[J]. 地理科学进展, 2015, 34(4): 402-409.
- [22] 姜滨滨,匡海波. 基于“效率—产出”的企业创新绩效评价:文献评述与概念框架[J]. 科研管理, 2015, 36(3): 71-78.
- [23] 陈洋林,宋根苗,张长全. 税收优惠对战略性新兴产业创新投入的激励效应评价:基于倾向评分匹配法的实证分析[J]. 税务研究, 2018(8): 80-86.
- [24] 张俊瑞,陈怡欣,汪方军. 所得税优惠政策对企业创新效率影响评价研究[J]. 科研管理, 2016, 37(3): 93-100.
- [25] 王彩明,李健. 中国区域绿色创新绩效评价及其时空差异分析:基于2005-2015年的省际工业企业面板数据[J]. 科研管理, 2019, 40(6): 29-42.

(上接第84页)

- [14] 王宁. 数字经济促进乡村产业振兴的理论与实证[D]. 兰州:兰州财经大学, 2023.
- [15] 吴孝洪. 安徽省农村金融对乡村产业振兴影响研究[D]. 保定:河北金融学院, 2023.
- [16] 韦家华,连漪. 乡村振兴评价指标体系研究[J]. 价格理论与实践, 2018 (9): 82-85.
- [17] 陈国生,刘小凤,蒋淑玲,等. 湖南省乡村振兴耦合协调发展测度与路径选择研究[J]. 经济地理, 2019, 39 (5): 191-197, 206.
- [18] 梁盛凯,陈池波,田云,等. 中国乡村产业振兴:时空分异、动态演进及共富效应[J]. 农业技术经济, 2024 (1): 75-95.
- [19] 完世伟. 创新驱动乡村产业振兴的机理与路径研究[J]. 中州学刊, 2019 (9): 26-32.
- [20] 刘庆龄,曾立. 科技创新助力乡村振兴的机理与策略解析[J]. 江南论坛, 2023 (2): 33-38.
- [21] 张妍,任燕妮,刘垚. 高质量发展背景下科技创新与乡村产业振兴耦合协调研究:以陕西省商洛市为例[J]. 价值工程, 2023, 42 (2): 1-3.
- [22] 王婷,谢水旺. 农业科技创新与乡村产业振兴的关系研究:基于福建省数据分析[J]. 福州大学学报(哲学社会科学版), 2023, 37 (1): 69-79.
- [23] 潘丹,熊雨萌,李永周,等. 中国省域高校科技创新能力动态测度研究[J]. 中国高校科技, 2023 (8): 17-22.
- [24] 许福志. 福建省科技创新能力的统计测度及空间分布特征[J]. 福建工程学院学报, 2023, 21 (5): 474-480.
- [25] 王守文,徐丽洁,章杰嘉,等. 科学中心城市科技创新辐射效应研究:基于长三角城市群的实证[J]. 统计与决策, 2023, 39 (20): 72-77.
- [26] 王淑佳,孔伟,任亮,等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报, 2021, 36 (3): 793-810.
- [27] 贾应,吴彩燕,应欣翰,等. 基于RSEI和地理探测器的西昌市生态环境质量时空演变特征及其驱动力分析[J/OL]. 化工矿物与加工: 2023(11): 1-14[2024-06-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1492.TQ.20231115.1648.004.html>.
- [28] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72 (1): 116-134.