

# 数字经济与科技创新能力融合发展测度研究

何丰耀<sup>1</sup>, 郭奕含<sup>2</sup>

(1. 西安财经大学 统计学院, 西安 710100; 2. 陕西省社会科学院 科研处, 西安 710065)

**摘要:**数字经济与科技创新的深度融合是促进数字经济成果加速转化的重要环节,是助推数字经济带动经济高质量发展的不竭动力。基于数字经济与科技创新融合发展机理,从融合基础、融合投入、融合产出、融合环境、融合治理等 5 个方面构建数字经济与科技创新能力融合发展指标体系,利用灰色关联-TOPSIS 综合评价模型计算省(自治区、直辖市)2017—2020 年的综合得分。研究结果表明,中国 31 个省份(因数据缺失,未包含港澳台地区)的融合发展水平区域差异显著,呈现“东强西弱”的分布格局。基于研究结论,提出中国数字经济与科技创新能力融合发展的建议。

**关键词:**数字经济;科技创新;融合发展;组合赋权的灰色关联-TOPSIS 模型

**中图分类号:**F062.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)10-0055-08

党的二十大报告提出“加快发展数字经济,促进数字经济与实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群”。实体经济发展依赖于科技创新的赋能与支撑,科技动能促使中国实体经济结构产生根本性变革与重构,助力数字经济与科技创新深度融合,提升实体经济的发展。近些年,数字经济作为国民经济的“稳定器”“加速器”,其作用更加明显,逐渐成为在传统行业经济涌现后的新型经济发展方式。中国信息通信研究院将数字经济定义为将数字化的信息作为核心,利用数字技术作为驱动力,促使经济结构发生变化,改变经济发展模式的一种新经济形态<sup>[1]</sup>。由此可见,数字经济是以数字化为基础,依托现代科技技术,促使产业数字化、数字产业化。现代科技技术的进步主要依赖于科技创新能力,而科技创新是引领发展的第一动力,更是带动数字经济增长的核心要素。因此,科技创新是经济增长的源泉,也是数字经济创新的核心动力。

当前中国数字经济发展已经进入了快车道,数字经济的规模从 2016 年的 22.6 万亿元增长到了 2021 年的 45.5 万亿元<sup>[1]</sup>,数字经济在中国经济的地位显著提升。各级政府也出台了关于数字转型的相关政策,通过自身的科技创新技术加速其与产业融合,助推各省份的经济迈向新的发展阶段。科

技赋能实体经济,加速产业结构的变化,促使数字经济技术变革,引领数字经济发展,更有利于打破省际数字经济创新发展桎梏,推进区域全面协调发展。

当前国内学者对于数字经济测度的研究主要集中在从数字经济本身的构成和界定的角度建立指标体系,但是将科技创新能力与数字经济融合的测度研究还鲜有涉及。由于数字经济与创新能力共同作用,相辅相成,因此从中国省份数字经济与科技创新能力融合发展角度进行研究时,需要建立一套客观、科学、全面的指标体系,而这对于研究科技创新赋能数字经济、带动中国经济高质量发展也具有一定的现实意义。

## 1 文献综述及机理分析

### 1.1 文献回顾

在大数据背景下,数字经济以互联网为载体,不断深化发展。数字经济为现有的传统市场经济注入活力,丰富了市场经济的内涵。目前数字经济测度在学界已经有了一定的研究成果,数字经济测度研究围绕数字经济规模测度、数字经济与卫星账户框架体系开展<sup>[1-4]</sup>。国内学者及机构还从数字经济内在机理延伸内涵来开展测度研究<sup>[5-7]</sup>。建设科技强国是现代化强国的核心要义,科技创新能力是建设科技强国的重要抓手,科技

收稿日期:2023-01-08

基金项目:国家社会科学基金西部项目(20XTJ001);陕西省科技厅软科学研究计划一般项目(2023-CX-RKX-173);陕西省社会科学院 2022 年度青年专项研究课题(22QN24)。

作者简介:何丰耀(1995—),男,海南海口人,西安财经大学统计学院,硕士研究生,研究方向为政府统计;郭奕含(1996—),女,江苏徐州人,陕西省社会科学院科研处,硕士,研究方向为经济统计。

创新能力是创新系统的核心发展能力。科技创新能力可以助力各级政府制定科技创新战略,是各个创新要素主体共同作用的结果,是知识跨越到运用的重要环节。

科技创新是推动数字经济发展的潜在动力与重要手段,宋培等<sup>[8]</sup>对数字经济创新的特征事实、技术路径与效果评估开展研究。李彦臻和任晓刚<sup>[9]</sup>认为科技创新能够驱动数字经济发展,构建数字化平台,提升数字经济生产力,推动数字经济全方位发展。蒲甘霖<sup>[10]</sup>利用耦合协调模型进行研究,具体体现为“数字经济滞后科技创新-同步发展-科技创新滞后数字经济”的发展状况。当前数字经济与科技创新的研究相对丰富,但是数字经济与科技创新融合发展的定量研究相对匮乏,现有研究集中在数字经济与科技创新的单方面研究,而二者的融合发展研究可以让科技创新赋能数字经济,支撑数字经济发展。

综上所述,通过研究数字经济和科技创新的相关文献,现有研究还存在以下问题:一是数字经济和科技创新的指标体系中指标的选择过于主观,缺少合理、客观的指标筛选方法;二是学术界对于数字经济和科技创新能力的研究,只限于进行单方面测量或研究其耦合关系,国内研究更多聚焦于数字经济、科技创新能力的评价,而对于融合关系的定量研究较为缺乏。综上所述,基于融合发展机理,建立数字经济与科技创新能力融合发展指标体系,对中国省域数字经济与科技创新能力融合发展水平进行测度与评价研究。

## 1.2 融合机理分析

数字经济与科技创新融合发展可以在加快科学技术发展的同时,将先进的科学技术注入数字经济产业中,让传统行业与数字经济加速融合,从而带动传统行业转变成成为数字新经济产业。数字经济融合科技创新能力是以数字经济发展为基础,数字经济与科技创新的各个主体要素相互交融,让科技人才、科研机构、政府、科研企业融入数字经济建设,从而不断形成扩散态势,带动数字经济发展,进而加快数字经济与传统制造业深度融合,在实现产业数字化的同时带动数字产业化。

数字经济与科技创新的融合需要搭建融合环境。二者的融合是由于数字经济的发展导致了研发需求的出现,政府机构部门意识到数字经济与科技创新之间的需求,即需要制定与数字经济相适应的科技创新技术,有效配置科技资源(科研人才资

源、高校人才资源),进而将科技资源嵌入数字经济资源,让数字经济规模迅速扩张。数字经济规模的增加,将会进一步渗透乃至变革传统制造产业。与此同时,科技创新技术逐渐附着在数字经济上,科技创新价值逐步实现,数字经济规模效应逐渐显现,数字经济新增长点显露,科技创新可以更好地支撑并赋能数字经济。

从融合过程来看,数字经济与科技创新的交融需要融合投入,即数字经济与科技创新融合发展的综合投入状况。一方面,数字经济与科技创新的交融需要科技研发来解决技术上难题,科技创新的持续投入促使通信技术转变,从而把握数字经济发展规律,有效消除数字鸿沟,让科技创新赋能数字经济,数字经济支撑科技创新,形成两者融合支撑投入的局面,从而达到数字经济产业与新旧动能之间的切换。另一方面,融合投入必定可以带来更高的融合产出,科技创新可以促进数字技术发展,并给予数字经济发展空间。科技创新赋能数字经济,既带动了数字经济的生产力水平,又可以利用高效率的数字生产力打造接近“零边际成本”的具有新技术的数字经济产品。

在融合的过程中,需要融合治理来对融合产出及融合环境进行多向调控。数字经济融合科技创新治理是各个创新主体,如政府、科研机构、学校、企业、公民等多个治理主体,协同运用科技创新政策或手段与数字化技术共同调控社会,从而使社会变得稳定的一个治理形式,即衡量数字经济与科技创新能力带来的治理成效。一方面,融合治理可以针对融合环境存在的负向效应进行调节,同时协同多主体利用治理工具,让融合过程朝着有利的方向发展。融合治理可以优化数字经济与科技创新的资源配置,消除数字鸿沟及科技创新带来的伦理问题,助推科技赋能的数字经济稳步提升。另一方面,融合治理对融合产出的调节主要在于实现规模收益,带动产业转型升级,优化产业结构。融合治理能直接促进传统产业企业与科技赋能的数字经济深度融合,倒逼企业提高生产效率,促使数字经济收益快速增长,进而间接提高融合产出。

## 2 数字经济创新能力评价研究设计

### 2.1 数字经济与科技创新能力融合发展评价指标筛选

指标鉴别力分析也叫判别力分析,旨在评价指标区分不同评价对象的某一方面特性的能力<sup>[11]</sup>。

如果某个指标不能体现融合发展的特性,那么这个指标的判别能力较差,所以可以通过计算指标内部的离散系数来衡量指标判别能力,离散系数越大表明指标的判别能力越差,离散系数越小表明指标的判别能力越好。对其设定离散系数  $V_i$  临界值为 3,若  $V_i > 3$ ,则剔除相应的指标,若  $V_i \leq 3$ ,则选择保留相应指标。

## 2.2 综合评价方法的选择与模型构建

综合评价方法包含数据标准化、权重赋权、指标测度计算等 3 个计算步骤,传统的 TOPSIS 模型不能比较距正理想解和负理想解相等时方案的优劣,因为在该情况下方案的贴近度相等,传统的 TOPSIS 法是从位置上来反映各评价方案与理想方案的接近程度,不能很好地反映方案内部各因素变化趋势与理想方案之间的区别,而灰色关联法是从几何相似性反映各评价方案与理想方案的接近程度,可以弥补这一缺陷,灰色关联分析以系统因素间的紧密程度为度量标准,根据被测数据序列与参考数据序列之间的几何相似度来确定关联度大小,能够良好地体现系统的动态变化<sup>[12]</sup>。因此,在保证指标赋权的客观性的前提下,利用熵权法与变异系数组合赋权计算各个评价指标的权重,选择灰色关联-TOPSIS 模型计算测度值。

## 2.3 评价模型的构建步骤

### 2.3.1 数据处理

采用标准极差化法对数据进行标准化处理,结果介于 0 ~ 1,标准极差化的公式为

$$A_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}, X_{ij} \text{ 为正向指标} \quad (1)$$

$$A_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}, X_{ij} \text{ 为负向指标} \quad (2)$$

式中:  $A_{ij}$  为融合发展正向指标、负向指标归一化后的无量纲指标。

### 2.3.2 改进熵权法的模型构建

改进的熵权法是在信息熵保留的前提下,引入激活熵,激活熵是信息熵带入激活函数中进行计算所得,为了防止部分指标数据的异变影响对应指标表的权重,引入激活熵让熵权法的权重计算更加客观、合理。

第  $j$  项指标下第  $i$  个省份占该指标的比例为

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad (3)$$

式中:  $X_{ij}$  为第  $t$  年份第  $j$  项指标下第  $i$  个省份的具体指标;  $p_{ij}$  为第  $t$  年份第  $j$  项指标下第  $i$  个省份占

所有指标之和的比例。

计算第  $j$  项指标的信息熵值为

$$e_j = - (1/\ln n) \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

式中:  $e_j$  为第  $j$  项指标的信息熵值,信息熵值越大,表明第  $j$  个指标的评价贡献度越大。

计算信息效用值为

$$e'_j = \frac{1}{1 + e^{-e_j}} \quad (5)$$

式中:  $e'_j$  为信息效用值,旨在评价各个指标离散波动程度,以此修正各个指标的权重,使得指标数据得到的权重更加客观。

各个指标的权重为

$$W_{1j} = \frac{1 - e'_j}{j - \sum_{j=1}^m e'_j} \quad (6)$$

式中:  $W_{1j}$  为第  $j$  个指标的最终权重。

变异系数法利用指标取值差异来确定指标权重,指标值差异越大,代表该指标越难以实现,则该指标更能反映评价对象之间的差距,权重也越大。

融合发展指标体系中的各个指标的平均值为

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m} \quad (7)$$

式中:  $\bar{x}$  为第  $t$  年份第  $j$  项指标下第  $i$  个省份的平均值。

计算融合发展指标体系中的评价指标的标准差为

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

式中:  $\sigma_j$  为第  $j$  项指标下第  $i$  个省份的融合发展指标的标准差,刻画每个指标的离散程度。

### 2.3.3 变异系数权重的模型构建

利用各个融合发展指标的标准差以及平均值计算变异系数为

$$v_j = \frac{\sigma_j}{\bar{x}} \quad (9)$$

式中:  $v_j$  为融合发展指标的标准差与平均值之间的比值,衡量不同水平指标的离散程度以及平均数的代表性。

各指标权重为该指标变异系数与各指标变异系数和的比值为

$$W_{2j} = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^m v_j} \quad (10)$$

式中:  $W_{2j}$  为各个融合发展指标的离散系数在所有离散系数值之和的一个占比。

### 2.3.4 计算熵权法和变异系数的组合权重

将求得  $W_{1j}$  和  $W_{2j}$  进行耦合得到组合权重  $W_j$ , 有

$$\min Q = \sum_{j=1}^m W_j (\ln W_j - \ln W_{1j}) + \sum_{j=1}^m W_j (\ln W_j - \ln W_{2j}) \quad (11)$$

式中:  $\sum_{j=1}^m W_j = 1, W_j > 0$ ;  $Q$  为最小信息熵模型的目标函数。

利用拉格朗日乘数法求得

$$W_j = \frac{\sqrt{W_{1j} W_{2j}}}{\sum_{j=1}^m \sqrt{W_{1j} W_{2j}}} \quad (12)$$

式中:  $W_j$  为将改进熵权法的权重  $W_{1j}$  与变异系数权重  $W_{2j}$  组合计算得到的最终权重。

### 2.3.5 灰色关联-TOSIS 模型构建

利用标准化评价矩阵  $A = (X_{ij})_{n \times m}$  与组合权重  $W_j$  相乘得到加权判断矩阵为

$$F = \begin{bmatrix} a_{11} W_1 & \cdots & a_{1m} W_m \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} W_1 & \cdots & a_{nm} W_m \end{bmatrix} \quad (13)$$

式中:  $F$  为加权判断矩阵, 将标准化各个融合发展标准化指标乘上组合权重  $W_j$  得到的矩阵。

最优最劣解的确定, 记最优解向量为  $f^+ = \{f_1^+, f_2^+, \dots, f_n^+\}$ , 记最劣解向量为  $f^- = \{f_1^-, f_2^-, \dots, f_n^-\}$ 。

对于正向指标, 有

$$f_j^+ = \max\{f_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, n\}, j = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

$$f_j^- = \min\{f_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, n\}, j = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

式中:  $f_{ij}$  为各个年份的正向、负向指标得出的解向量;  $f_j^+$  为正向指标里边的最优解向量,  $f_j^-$  为正向指标中的最劣解向量。

对于负向指标, 有

$$f_j^+ = \min\{f_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, n\}, j = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

$$f_j^- = \max\{f_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, n\}, j = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

式中:  $f_j^+$  为负向指标里边的最优解向量,  $f_j^-$  为负向指标中的最劣解向量。

计算距离, 采用欧式距离评价各个指标与最优最劣接近程度的标准, 计算距离公式为

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (f_j^+ - f_{ij}^+)^2}, i = 1, 2, \dots, n$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (f_j^- - f_{ij}^-)^2}, i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

式中:  $d_i^+$  为第  $i$  个省份各指标的解向量与最优解之间的欧式距离;  $d_i^-$  为第  $i$  个省份各指标的解向量与最劣解之间的欧式距离。

计算灰色关联系数, 有

$$\xi_j^+ = \frac{\min_i \min_j |f_j^+ - f_{ij}^+| + \lambda \max_i \max_j |f_j^+ - f_{ij}^+|}{|f_j^+ - f_{ij}^+| + \lambda \max_i \max_j |f_j^+ - f_{ij}^+|} \quad (19)$$

$$\xi_j^- = \frac{\min_i \min_j |f_j^- - f_{ij}^-| + \lambda \max_i \max_j |f_j^- - f_{ij}^-|}{|f_j^- - f_{ij}^-| + \lambda \max_i \max_j |f_j^- - f_{ij}^-|} \quad (20)$$

式中:  $\xi_j^+$  为第  $i$  个省份第  $j$  项指标的正理想解的灰色关联系数,  $\xi_j^-$  为第  $i$  个省份第  $j$  项指标的负理想解的灰色关联系数。

计算灰色关联度, 有

$$r_i^+ = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \xi_j^+ \quad (21)$$

$$r_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \xi_j^- \quad (22)$$

式中:  $r_i^+$  为正理想得出的灰色关联系数所构造的灰色关联度;  $r_i^-$  为负理想解得出的灰色关联系数构造的灰色关联度。

对  $d_i^+, d_i^-, \xi_j^+, \xi_j^-$  做无量纲处理, 得

$$D_i^+ = \frac{d_i^+}{\max d_i^+}, D_i^- = \frac{d_i^-}{\max d_i^-} \quad (23)$$

$$R_i^+ = \frac{r_i^+}{\max r_i^+}, R_i^- = \frac{r_i^-}{\max r_i^-} \quad (24)$$

式中:  $D_i^+$  为第  $i$  个省份各指标解向量与最优解计算的欧式距离进行无量纲化后得到的指标;  $D_i^-$  为第  $i$  个省份各指标解向量与最劣解计算的欧式距离进行无量纲化后得到的指标;  $R_i^+$  为正理想得出的灰色关联系数所构造的灰色关联度进行无量纲化后得到的指标;  $R_i^-$  为负理想解得出的灰色关联系数所构造的灰色关联度进行无量纲化后得到的指标。

计算综合距离为

$$S_i^+ = \alpha R_i^+ + \beta D_i^-, S_i^- = \alpha R_i^- + \beta D_i^+ \quad (25)$$

式中:  $\alpha, \beta$  为指标偏重程度,  $\alpha + \beta = 1$ , 取  $\alpha = 0.5$ ;

$\beta = 0.5$ ;  $S_i^+$ 、 $S_i^-$  为最优解、最劣解对应的综合距离。

计算数字经济与科技创新能力融合发展的测度水平有

$$C_i = \frac{S_i^+}{S_i^+ + S_i^-}$$

(26)

式中:  $C_i$  为各个省份的数字经济与科技创新能力融合发展水平,目标值越大,目标值与最优值越接近,融合发展水平程度越深越好。

3 指标体系的建立和指标数据说明

3.1 指标体系的构建

收集相关指标并通过指标鉴别能力筛选出符合标准的指标体系,从数字经济融合科技创新能力的融合基础、融合投入、融合环境、融合转化、融合治理等 5 个维度构建融合发展评价体系。其中,融合基础包含数字经济当前发展的数字通信基础及科技创新实力基础;融合投入着重于数字通信设备及科研投入资源的贡献程度;融合环境反映了数字环境和科研投入环境程度,融合转化是融合投入的最终目的,是为了产出数字经济与科技创新能力交融渗透后的效用产品,进一步促使数字经济创新进入新的发展阶段;融合治理旨在针对数字经济与科技创新的治理思维来调节融合投入、融合产出流程,避免产生巨大经济与科技风险。结合国内学者

构建的数字经济及科技创新能力指标体系及相关研究成果筛选出的指标体系,确定了 5 个一级指标、10 个二级指标、23 个三级指标构建数字经济与科技创新能力融合发展指标体系(表 1)。

数据来自《中国统计年鉴》《中国教育统计年鉴》《中国科技年鉴》,选取了东部、西部及东北地区等 7 个代表省份进行分析,旨在分析陕西与各地区数字经济与科技创新能力融合发展情况。由于数字经济蓬勃发展时间为 2017 年,故将研究时间选取为 2017—2020 年,对 31 个省份(因数据缺失,未包括港澳台地区)进行重点分析。

3.2 测度结果及分析

基于数字经济与科技创新能力融合发展,测度 31 个省份的融合发展水平(贴进度)以及融合发展水平中各个维度测度值,并比较全国各省份的得分(表 2)。

根据构建的评价体系及综合评价方法计算数字经济与科技创新能力融合发展水平(简称融合水平),全国的融合水平从 2017 年的 0.458 上升至 2020 年的 0.464,年均增长率为 0.456,表明融合水平在不断上升,数字经济与科技创新能力的结合越发密切,数字经济已逐步成为中国经济的新发展引擎,同时科技创新注能并焕发数字经济发展活力,实

表 1 数字经济与科技创新能力融合发展指标体系

| 一级指标 | 二级指标   | 权重    | 三级指标                                | 综合权重  |
|------|--------|-------|-------------------------------------|-------|
| 融合基础 | 数字经济基础 | 0.140 | 信息传输、软件和信息技术服务业企业数/个                | 0.048 |
|      |        |       | 移动互联网接入流量/ $10^4$ GB                | 0.047 |
|      |        |       | 电信业务量/亿元                            | 0.046 |
|      | 科技创新基础 | 0.202 | 城镇单位就业人员平均货币工资指数(上年=100)            | 0.033 |
|      |        |       | 工业增加值指数(上年=100)                     | 0.029 |
|      |        |       | 工业企业利润总额/亿元                         | 0.043 |
|      |        |       | 专利授权量/个                             | 0.051 |
| 融合投入 | 数字经济投入 | 0.036 | 计算机、通信和其他电子设备制造业固定资产投资(不含农户)比上年增长/% | 0.036 |
|      | 科技创新投入 | 0.100 | 规模以上工业企业研究与试验发展经费支出/万元              | 0.051 |
|      |        |       | 研究与试验发展人员全时当量/(万人·年)                | 0.052 |
|      |        |       | 教育支出占财政支出的比例(国家财政教育支出(亿元)/财政支出(亿元)) | 0.039 |
|      |        |       | 教育支出占 GDP 比例/%                      | 0.046 |
| 融合环境 | 数字经济环境 | 0.080 | 移动互联网用户/万户                          | 0.043 |
|      |        |       | 移动电话普及率/(部·百人 $^{-1}$ )             | 0.037 |
|      | 科技创新环境 | 0.081 | 人均国内生产总值/元                          | 0.043 |
|      |        |       | 每十万人人口高等学校平均在校生数/人                  | 0.038 |
| 融合转化 | 数字经济转化 | 0.110 | 软件业务收入/万元                           | 0.056 |
|      |        |       | 信息技术服务收入/万元                         | 0.056 |
|      | 科技创新转化 | 0.053 | 技术市场合同成交额/万元                        | 0.053 |
| 融合治理 | 科技创新治理 | 0.088 | 生活垃圾无害化处理率/%                        | 0.058 |
|      |        |       | 单位面积二氧化硫排放量/( $t \cdot km^{-2}$ )   | 0.030 |
|      |        |       | 单位 GDP 电耗(电力消费总量(亿 kWh)/GDP(亿元))    | 0.034 |
|      | 数字治理   | 0.030 | 省级政府一体化政务服务能力总体指数                   | 0.030 |

现经济的高质量发展。但融合发展水平在各省份存在显著性差异,当前数字经济与科技创新的融合存在制约及发展不平衡、不协调、不充分等问题。

| 表 2 全国各数字经济与科技创新能力融合发展水平 |     |        |        |        |        |        |
|--------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 地区                       | 省份  | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 | 增速/%   |
| 东部地区                     | 北京  | 0.479  | 0.486  | 0.492  | 0.495  | 1.082  |
|                          | 天津  | 0.451  | 0.451  | 0.454  | 0.457  | 0.435  |
|                          | 河北  | 0.452  | 0.450  | 0.456  | 0.459  | 0.530  |
|                          | 上海  | 0.461  | 0.465  | 0.468  | 0.474  | 0.935  |
|                          | 江苏  | 0.488  | 0.491  | 0.499  | 0.509  | 1.428  |
|                          | 浙江  | 0.470  | 0.474  | 0.484  | 0.493  | 1.628  |
|                          | 福建  | 0.456  | 0.461  | 0.462  | 0.465  | 0.619  |
|                          | 山东  | 0.470  | 0.467  | 0.470  | 0.480  | 0.684  |
|                          | 广东  | 0.491  | 0.507  | 0.516  | 0.517  | 1.761  |
|                          | 海南  | 0.453  | 0.455  | 0.453  | 0.454  | 0.050  |
| 中部地区                     | 山西  | 0.451  | 0.445  | 0.443  | 0.449  | −0.132 |
|                          | 河南  | 0.458  | 0.459  | 0.462  | 0.469  | 0.806  |
|                          | 安徽  | 0.451  | 0.455  | 0.454  | 0.459  | 0.603  |
|                          | 湖北  | 0.452  | 0.455  | 0.456  | 0.458  | 0.443  |
|                          | 江西  | 0.453  | 0.453  | 0.454  | 0.458  | 0.362  |
|                          | 湖南  | 0.450  | 0.451  | 0.455  | 0.458  | 0.564  |
| 西部地区                     | 重庆  | 0.450  | 0.451  | 0.459  | 0.456  | 0.461  |
|                          | 四川  | 0.451  | 0.456  | 0.457  | 0.463  | 0.849  |
|                          | 陕西  | 0.454  | 0.454  | 0.455  | 0.458  | 0.294  |
|                          | 云南  | 0.455  | 0.452  | 0.455  | 0.458  | 0.179  |
|                          | 贵州  | 0.454  | 0.454  | 0.456  | 0.459  | 0.313  |
|                          | 广西  | 0.456  | 0.454  | 0.454  | 0.458  | 0.163  |
|                          | 甘肃  | 0.452  | 0.453  | 0.448  | 0.452  | −0.024 |
|                          | 青海  | 0.451  | 0.450  | 0.446  | 0.448  | −0.239 |
|                          | 宁夏  | 0.441  | 0.444  | 0.441  | 0.452  | 0.884  |
|                          | 西藏  | 0.466  | 0.460  | 0.462  | 0.467  | 0.142  |
|                          | 新疆  | 0.450  | 0.450  | 0.445  | 0.449  | −0.042 |
| 东北地区                     | 辽宁  | 0.443  | 0.444  | 0.447  | 0.448  | 0.337  |
|                          | 吉林  | 0.470  | 0.455  | 0.451  | 0.459  | −0.776 |
|                          | 黑龙江 | 0.457  | 0.454  | 0.451  | 0.450  | −0.565 |
|                          | 内蒙古 | 0.443  | 0.446  | 0.446  | 0.445  | 0.106  |
| 全国                       |     | 0.457  | 0.458  | 0.460  | 0.464  | 0.456  |

东部沿海地区融合水平较高,西部地区融合水平较低。从增速上看,全国仅有 41.9% 的省份超过增速均值,还有 50% 以上的省域低于增速均值,表明地区之间融合发展水平的提升存在巨大差异,中部、西部地区数字经济设施落后,科技创新资源无法协调分配,两者无法联动整合,造成数字经济发展停滞,科技创新无法赋能数字经济,阻碍数字经济技术发展,可见数字经济与科技创新能力的融合存在较大发展空间,具有较大潜能。总而言之,中国数字经济与科技创新能力融合发展水平呈现阶梯式布局,总体呈现“东部>中部>西部>东北”的发展态势。

从图 1 数字经济融合发展水平来看,东部沿海地区中广东、上海、北京、江苏的融合发展水平实力雄厚,海南的融合发展水平在全国处于劣势地位,海南需要克服地理制约因素,加强与广东等临近地区的科技与经济发展交流,找到问题源头,引进数字经济发展新模式及科研创新资源,推动两者有效融合。从中部、西部地区来看,河南、四川、重庆的融合发展水平增速处于领先水平,该地重视科技创新发展,关注原始创新能力,产业技术与数字经济深度融合,致力于制造业转型发展,将数字经济与科研创新两者协调结合,为以后经济新发展带来正向规模性效益,提高科研实力,有效地提升该省的产业成果转化能力;陕西、云南、贵州、广西、辽宁等省份融合发展水平缓慢;甘肃、青海、山西、新疆、吉林、黑龙江、内蒙古的融合发展水平总体呈现降低趋势,主要由于这些省域本身的工业发展结构单一,制造业的转型发展形势较为严峻,数字经济与制

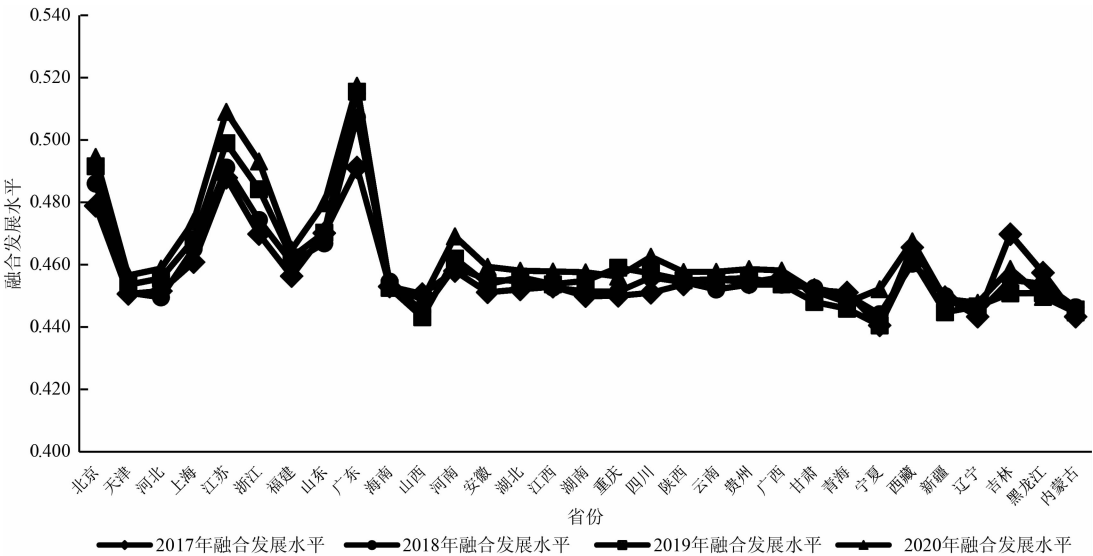


图 1 2017—2020 年 31 个省份的数字经济与科技创新能力融合发展水平

造业发展联系存在撕裂现象,无法有效地联动渗透,同时存在科研创新资源分配不均、使用效率底下、政府管理失衡等问题,需要政府统筹规划,加强营造数字经济及科研环境,增强数字经济有关的科研创新投入,引导企业开展正向科研创新工作,推动数字经济与科技创新融合发展及产业转型变革。

4 结论与建议

中国整体数字经济和科技创新能力融合发展水平在不断提升,但地区之间的融合发展水平差异显著。从融合基础水平维度进行分析,东部沿海地区数字经济企业呈现集聚态势,原始创新实力突出;东北部地区科技创新能力薄弱,无法带动数字经济的产业发展,造成两者的融合基础落后;中西部地区融合基础水平提升较慢,表明政府关注到数字经济与科技创新的前景发展,但数字经济资源,科研技术有待优化。

东部沿海地区的科研机构繁多,科研投入效率高,人才培养成果显著,成果转化程度高。反观中西部、东北等欠发达地区的融合投入水平颓势明显,先进数字设备的引进及技术、教育、科研人才的投入仍然需要加强,同时需构建数字经济与科研创新的良性循环发展机制。数字经济创新供给与需求需要准确对接,有利于地区产生规模效应,让科技创新赋能数字经济产品。中西部、东北等欠发达地区的基础设施落后,产出效率低下,无法有效达到供给侧与需求侧的平衡。

东部沿海地区的数字经济与科研创新政策环境明朗,有利于提高数字经济的企业发展积极性,增强创新潜力,带动数字经济的转化成果变现。中西部及东北地区的政府机构对数字经济与创新融合发展的认识不充分,科研人才引进进程缓慢,造成科研创新进程受阻,同时导致数字经济环境不成形,两者无法深度融合,造成恶性循环。各地区融合治理水平差距不大,都面临着数据监管、算法风险外露等情况。

针对上述结论得出以下建议:①加快建设数字经济基础设施,引进先进科学技术,加大培养创新

人才培养力度,形成科技创新人才反哺数字经济企业的人才-企业循环机制,构建数字经济-科技创新融合发展良好循环生态;②欠发达地区的政府机构要树立正确的数字经济与科技创新融合推进的意识,保证市场需求与供给能有效对接;③中央政府对数字经济与科研创新薄弱的地区应加大财政与政策支持力度,形成新的数字经济与科技创新融合发展增速态势;④加强科技创新技术管控,服务于数字经济发展,减少环境污染,带动实体经济增长,促使数字产业化、产业数字化,同时增强数据监管,保证数据的安全性、稳定性。

参考文献

[1] 2021 年中国数字经济发展白皮书[R]. 北京:中国信息通信研究院,2021.

[2] 金星晔,伏霖,李涛. 数字经济规模核算的框架、方法与特点[J]. 经济社会体制比较,2020(4):69-78.

[3] 蔡跃洲. 数字经济的增加值及贡献度测算:历史沿革、理论基础与方法框架[J]. 求是学刊,2018,45(5):65-71.

[4] 向书坚,吴文君. 中国数字经济卫星账户框架设计研究[J]. 统计研究,2019,36(10):3-16.

[5] 徐清源,单志广,马潮江. 国内外数字经济测度指标体系研究综述[J]. 调研世界,2018,302(11):52-58.

[6] 王娟娟,余干军. 我国数字经济发展水平测度与区域比较[J]. 中国流通经济,2021,35(8):3-17.

[7] 王彦杰,高启杰,杨瑞. 我国数字经济发展水平测度及障碍因子诊断研究[J]. 现代管理科学,2022(3):135-144.

[8] 宋培,李琳,艾阳,等. 中国数字经济创新发展的技术选择与效果评估[J]. 科学学研究,2023(2):1-19.

[9] 李彦臻,任晓刚. 科技驱动视角下数字经济创新的动力机制、运行路径与发展对策[J]. 贵州社会科学,2020,372(12):113-120.

[10] 蒲甘霖. 中国数字经济与科技创新耦合协调发展测度[J]. 技术经济与管理研究,2022,309(4):25-29.

[11] 陈国宏,康艺苹,李美娟. 区域科技创新能力动态评价——基于改进的“纵横向”拉开档次评价法[J]. 技术经济,2015,34(10):17-23.

[12] JIA X,AN H Z,FANG W,et al. How do correlations of crude oil pricesco-move? a grey correlation-based waveleteper-spective[J]. Energy Economics, 2015, 49(2):588-598.

## Measurement Research on Integrated Development of Digital Economy and Scientific and Technological Innovation Capability

HE Fengyao<sup>1</sup>, GUO Yihan<sup>2</sup>

(1. School of Statistics, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an 710100, China;

2. Scientific research department, Shaanxi Academy of Social Sciences, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** The in-depth integration of the digital economy and scientific and technological innovation is an important link in promoting the accelerated transformation of the achievements of the digital economy, and it is an inexhaustible driving force to promote the high-quality development of the digital economy. Based on the integrated development mechanism of digital economy and scientific and technological innovation, an indicator system for the integrated development of digital economy and scientific and technological innovation capability was constructed from five aspects of integration basis, integration input, integration output, integration environment, and integration governance. The comprehensive score of provinces (regions, cities) in 2017-2020 was calculated by using the grey relevance-TOPSIS comprehensive evaluation model. The research results showed that the regional differences of the integrated development level of 31 provinces in China (due to the lack of data, the statistical data mentioned here don't include the HongKong Special Administrative Region, the Macao Special Administrative Region and Taiwan Province) were significant, and presented a distribution pattern of "strong in the east and weak in the west". Based on the conclusions, suggestions are put forward for the integrated development of China's digital economy and technological innovation capabilities.

**Keywords:** digital economy; scientific and technological innovation; integrated development; grey relational TOPSIS model with combined weights