

中国省域数字经济发展水平综合评价

——基于“技术-经济范式”的视角

李绍东, 潘立宁

(聊城大学 商学院, 山东 聊城 252059)

摘要: 数字经济已经成为我国经济发展中创新最活跃、增长速度最快、影响最广泛的领域。基于“技术-经济范式”视角, 构建了涵盖数字产业化、产业数字化、数字技术创新力和数字基础就绪度四个维度的综合评价指标体系, 综合运用 Dagum 基尼系数、核密度估计、障碍度及收敛性分析等方法, 对 2012—2022 年中国省域数字经济发展水平进行测度, 揭示其时空分异特征、动态演进规律及障碍因素。研究发现: 中国数字经济发展水平整体呈上升趋势, 但区域差异显著, 呈现“东部高、中西部低”的梯度格局; Dagum 基尼系数分解表明, 区域间差异是总体差异的主要来源, 且东部与中西部间的差距尤为突出; 障碍度分析发现, 数字经济发展主要受到数字技术创新力的制约, 但其障碍度呈现显著下降的趋势; 收敛性检验表明, 全国及细分维度(除产业数字化外)均存在绝对 β 收敛和条件 β 收敛, 区域差异呈缩小趋势, 产业数字化呈现发散特征。

关键词: 数字经济; 技术-经济范式; Dagum 基尼系数; 障碍度分析; β 收敛分析

中图分类号: F49

文献标识码: A

文章编号: 1672-1217(2025)06-0042-12

收稿日期: 2025-09-25

基金项目: 国家社会科学基金一般项目(22BJY131); “双碳”目标下数字经济驱动我国制造业绿色转型的机制与路径研究。

作者简介: 李绍东(1983-), 男, 山东聊城人, 聊城大学商学院副教授, 经济学博士;

潘立宁(2000-), 女, 山东潍坊人, 聊城大学商学院硕士研究生。

DOI:10.16284/j.cnki.cn37-1401/c.2025.06.015

随着信息技术的迅猛发展和互联网的广泛普及, 数字经济正以前所未有的速度崛起, 并对全球社会和经济结构产生深远影响。习近平总书记提出: “发展数字经济意义重大, 是把握新一轮科技革命和产业变革新机遇的战略选择”。党的二十届三中全会通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》提出“加快构建促进数字经济发展体制机制”, 为推动数字经济发展指明了方向。中国的数字经济发展已经进入提质增效的新阶段, 但是由于各地区在经济基础、资源禀赋、地理位置等方面存在差异, 数字经济的发展水平呈现出显著的不均衡状态, 需要各省立足禀赋打造特色优势, 建立跨区域协同机制。本文基于“技术-经济范式”视角, 对我国省域数字经济发展水平进行科学测度与评价, 有助于准确把握数字经济的发展趋势、运行规律与制约因素, 为政府决策、产业政策及企业经营决策提供重要参考依据。

一、文献综述

(一) 数字经济的内涵与发展

数字经济的内涵主要有广义和狭义之分。数字经济是基于数字技术, 将数字化的知识和信息转化为生产要素或者直接生产数字产品和服务的新型经济形态。^① 其中, 数字技术是数字化生产力和生产方式形成与发展的核心因素。^② 所以, 数字经济是一个从技术角度区分的经济概念, 基于其所依托的技术产业形成了不同的数字经济范式。因此, 广义的数字经济是指一种全新的经济形态, 其特点是以数字化的信息和知识作为新生产要素, 依托现代信息网络载体, 提升经济效率, 优化经济结构,^③ 成为推动经济社会发展的重

① 史丹:《数字经济条件下产业发展趋势的演变》,《中国工业经济》2022年第11期。

② 刘文慧、史宝娟:《中国省域数字经济发展的非线性环境效应及空间溢出效应》,《统计与决策》2024年第16期。

③ 王凯利、李欣儒、贺超城等:《城市群数字经济发展水平测度及空间分异研究》,《统计与决策》2023年第23期。

要驱动力^①。狭义的数字经济可以理解作为一种产业经济，即数字产业化，是从传统国民经济部门中剥离出来的数字化服务或货物的生产、消费与分配活动^②。袁堂军(2023)指出，狭义的数字经济是基于在线平台发生的经济活动，聚焦于信息与通信技术(ICT)产业、数字内容与数字媒体，将数字技术、数字基础设施、数字服务和数据等作为生产要素的经济部门。^③

(二)数字经济的测度与评价

关于数字经济发展水平的测度研究主要集中在两个方面：一是侧重挖掘数字经济发展水平的评价指标维度；二是侧重研究数字经济发展水平的测度方法。评价指标维度主要依据数字经济的广义内涵来构建评价指标。一级指标主要包括数字化基础设施、数字产业化、产业数字化^④，数字化治理^⑤、数字经济创新环境、数字化应用等^⑥。二级指标依据一级指标建立传统与新型数字基础设施、数字产业规模与种类、三大产业数字化等分类指标^⑦，三级指标则是具体的测度指标变量。数字经济发展水平的测度方法主要分为主观赋权法、客观赋权法、综合评价法。通过梳理现有文献发现，部分学者运用主观赋权法中的“厚古薄今”法对我国各省份数字经济发展水平进行测度^⑧，但由于主观赋权存在一定的偏误，所以现有研究大多采用客观赋权法，包括熵权法、主成分分析法、因子分析法等。另外，现有研究还较多采用了综合评价法，包括熵权TOPSIS法^⑨、CRITIC 权灰色关联 TOPSIS 法^⑩等。对于数字经济的发展规律，现有文献采用了 Dagum 基尼系数、核密度估计、空间计量分析方法^⑪，ESDA 法^⑫，标准椭圆差^⑬，收敛模型^⑭，Kernel 密度估计、Gini 系数^⑮，传统及空间 Markov 链^⑯等模型和方法进行分析。

已有研究为本文探讨数字经济发展水平及其演化规律提供了思路和方法借鉴，但仍存在以下两点不足：一是现有文献较少基于“技术-经济范式”视角构建评价指标体系，忽略技术与经济系统的相关性，指标可能无法全面反映数字经济的本质特征；二是评价指标的筛选缺乏客观标准，评价指标体系还需进一步完善。因此，本文从“技术-经济范式”角度出发，聚焦载体部门、诱导部门、动力部门和基础设施四个方面，基于 9 个三级指标和 34 个具体指标构建我国省域数字经济发展评价指标体系，对数字经济发展水平分维度、分区域进行测度分析，并通过 Dagum 基尼系数、空间收敛模型和障碍因子分析模型等进一步探讨数字经济发展的时空演进和区域差异特征。

二、研究设计

(一)基于“技术-经济范式”的数字经济评价指标体系构建

马克思通过分析资本技术结构的变化来探究价值构成的变化，提出了“科技-经济”这一分析框架。在

① 彭丹、高波：《数字经济发展水平、创新活跃度与经济增长质量》，《经济经纬》2024 年第 2 期。

② 戚聿东、刘翠花、丁述磊：《数字经济发展、就业结构优化与就业质量提升》，《经济学动态》2020 年第 11 期。

③ 袁堂军：《我国数字经济发展水平及国际竞争力：辨析与评估》，《人民论坛·学术前沿》2023 年第 8 期。

④ 杨传明、姚楠：《长三角城市群数字经济发展水平测度及时空分异研究》，《统计与决策》2024 年第 14 期。

⑤ 金灿阳、徐蔼婷、邱可阳：《中国省域数字经济发展水平测度及其空间关联研究》，《统计与信息论坛》2022 年第 6 期。

⑥ 陈伟光、张嘉渭、刘彬：《G20 国家数字经济发展水平测度及中国的提升策略》，《亚太经济》2023 年第 5 期。

⑦ 李春娥、吴黎军、韩岳峰：《中国省域数字经济发展水平综合测度与分析》，《统计与决策》2023 年第 14 期。

⑧ 田时中、管淳、方眉玉：《基础设施发展水平综合评价方法及实证——来自中部六省 2007 年-2014 年面板数据》，《河北地质大学学报》2017 年第 2 期。

⑨ 程广斌、李莹：《基于投入产出视角的数字经济发展水平区域差异及效率评价》，《统计与决策》2022 年第 8 期。

⑩ 魏艳华、王丙参、马立平：《中国数字经济发展水平的地区差异、空间集聚与状态转移》，《统计与决策》2024 年第 6 期。

⑪ 陈博文、周世军：《中国数字经济发展水平的区域特征与演变趋势》，《统计与决策》2024 年第 3 期。

⑫ 李洁、王琴梅：《数字经济发展水平测度及时空演变》，《统计与决策》2022 年第 24 期。

⑬ 沈洋、周鹏飞：《中国数字经济发展水平测度及时空格局分析》，《统计与决策》2023 年第 3 期。

⑭ 侯杰、李卫东、张杰斐等：《城市数字经济发展水平的分布动态、地区差异与收敛性研究》，《统计与决策》2023 年第 3 期。

⑮ 唐先滨：《中国数字经济发展水平测度及区域异质性》，《江汉论坛》2025 年第 4 期。

⑯ 魏艳华、王丙参、马立平：《中国数字经济发展水平的统计评价》，《统计与决策》2024 年第 10 期。

20 世纪初期，佩蕾丝梳理了过去两个世纪五次关键技术变革，提炼出了以“技术-经济范式”为核心的新生产力观点，阐明了技术革新推动经济发展并促进社会制度演进的内在逻辑，这一理论与马克思的资本有机构成理论不谋而合。具体来看，“技术-经济范式”是将创新型技术应用于社会经济生产的实际过程，对经济结构、社会运行以及经济制度产生影响的过程。数字经济发展过程中，以大数据、云计算、人工智能等为主导的数字技术体系在整个经济中具有强烈的扩散效应和渗透效应，通过深刻嵌入经济生产和社会发展的各个部门，革新经济社会运行模式。^① 因此，数字经济的演进代表了一种“技术-经济范式”的根本转变^②，其增长动力源自四个相互关联的部门：载体部门、诱导部门、动力部门和基础部门。载体部门构成数字经济活动的平台，聚焦数字技术直接形成的产业领域，搭建起数字技术从理论创新走向经济实践的桥梁，促进数字技术的产业形态落地。诱导部门引导经济结构的优化，聚焦数字技术对传统产业的改造升级，通过衡量传统产业数字化转型进程与效率提升效果，推动经济结构从传统模式向数字驱动模式转变。动力部门通过提高数字技术创新投入产出、营造有利的数字技术创新环境，为数字经济提供持续的技术迭代支撑。基础部门则聚焦数字基础设施的接入能力与使用普及度，搭建数字技术扩散、应用的底层保障体系，为各部门协同运行提供支撑条件。基于以上分析，从载体部门——数字产业化水平、诱导部门——产业数字化水平、动力部门——数字技术创新力、基础部门——数字基础就绪度四个维度构建指标体系，如表 1 所示。

表 1 基于“技术-经济范式”的数字经济发展评价指标体系

一级维度	二级维度		三级维度	指标及解释			
数字经济评价指标体系	载体部门	数字产业化水平	数字制造与服务	电子及通信设备制造业营业收入			
				软件业务收入			
				电信业务总量			
			数字要素驱动业	电子商务销售额			
				数字普惠金融指数			
				信息行业产业企业			
				网上移动支付水平			
				诱导部门	产业数字化水平	数字化转型	每百家企业拥有网站数
	企业每百人使用计算机数						
	有电子商务交易活动企业占比						
	数字效率提升	高技术产业新产品销售收入					
		高技术产业新产品开发经费支出					
		淘宝村数量					
		动力部门	数字技术创新力			数字技术创新投入	高技术产业 R&D 经费内部支出
							高技术产业 R&D 人员全时当量
	普通高校与研发机构数总和						
	数字技术创新产出			高技术产业专利授权数			
				技术合同成交额			
				科技论文数			
	数字技术创新环境			高等学校在校学生人数占比			
				信息传输、计算机服务和软件从业人员			
				科技财政支出占比			
				创新创业指数			
				政府工作报告词频数			
				数字产业集群数			

①程广斌、李莹：《基于技术-经济范式的数字经济发展水平测度与区域差异研究》，《工业技术经济》2022 第 6 期。

②程广斌、李莹：《基于投入产出视角的数字经济发展水平区域差异及效率评价》，《统计与决策》2022 年第 8 期。

一级维度	二级维度		三级维度	指标及解释
数字经济评价指标体系	基础设施	数字基础就绪度	ICT 接入维度	移动电话基站密度
				光缆密度
				互联网接入端口密度
				互联网域名数
				IPv4 地址数
			ICT 使用维度	移动电话普及率
				互联网用户数
				互联网宽带接入用户
				网页数

(二)数字经济发展水平的评价方法

1. Dagum 基尼系数及其分解

为了深入分析中国数字经济的不均衡发展状况,本文运用 Dagum 基尼系数及其子群分解技术来量化数字经济在空间上的不均衡程度及其成因。计算步骤如下:

(1)数字经济发展水平的基尼系数定义式为:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ij} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}}$$

其中, k 为区域个数; n 为研究区域省份个数; n_j (或 n_h) 为 j (或 h) 区域内省份个数; y_{ij} (或 y_{hr}) 是 j (或 h) 区域内任意省份的数字经济发展水平;

(2)在分解之前,分别计算各区域数字经济发展水平的均值,并进行排序,即: $\bar{Y}_h \leq \dots \leq \bar{Y}_j \leq \dots \leq \bar{Y}_k$ 。

(3)依据 Dagum 基尼系数的分解方法,基尼系数可以被拆分为三个部分的差异贡献,包括区域内部差异的贡献 G_w 、区域间差异的贡献 G_{nb} 以及超变密度的贡献 G_t ,这三个部分的关系满足: $G = G_w + G_{nb} + G_t$ 。

j 区域内数字经济发展水平的区域内基尼系数 G_{jj} 和区域内差异的贡献 G_w 计算如下:

$$G_{jj} = \frac{1/2 \bar{Y}_j \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ij} - y_{jr}|}{n_j^2 \bar{y}}$$

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} p_j s_j$$

j 和 h 两区域的区域间基尼系数 G_{jh} 和区域间差异的贡献 G_{nb} 计算如下:

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ij} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{Y}_j - \bar{Y}_h)}$$

$$G = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) D_{jh}$$

超变密度的贡献 G_t 计算如下:

$$G_{jh} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) (1 - D_{jh})$$

其中, $p_j = n_j \bar{Y}_j / n \bar{Y}$, $s_j = n_j \bar{Y}_j / n \bar{Y}$, $j = 1, 2, 3, \dots, k$ 。 D_{jh} 代表区域 j 与区域 h 之间指标相互作用的程度, d_{jh} 表示这两个区域在数字经济发展水平上的差异,即两区域中满足 $y_{jh} - y_{ji} > 0$ 条件的所有样本值加总的期望, p_{jh} 表示两区域中满足 $y_{hr} - y_{ji} > 0$ 条件的所有样本值加总的期望。

2. 障碍因子分析

在明确各系统指标权重之后,评估各指标对系统进步的制约程度,识别关键的限制因素,以此为依据制定具有针对性的优化策略。计算公式如下:

$$Q_{ij} = \frac{(1 - x_{ij})w_{ij}}{\sum_{j=1}^n (1 - x_{ij})w_{ij}}$$

其中, Q_{ij} 表示指标的障碍度, x_{ij} 表示标准化后的指标值, w_j 表示指标权重。

3. 收敛性分析

β 收敛包括绝对 β 收敛和条件 β 收敛两种类型, 前者仅考虑自身初始发展水平时的收敛状态, 后者则考虑了其他可能影响产业集聚过程因素后的收敛趋势。传统面板数据的绝对 β 收敛模型公式为:

$$\ln\left(\frac{Y_{i,t+1}}{Y_{i,t}}\right) = \alpha + \beta Y_{i,t+1} + \mu_i + v_t + \epsilon_{i,t}$$

在考虑空间相关性后, 基于空间自回归模型(SAR)的绝对 β 收敛模型公式分别为:

$$\ln\left(\frac{Y_{i,t+1}}{Y_{i,t}}\right) = \alpha + \beta Y_{i,t+1} + \rho \sum_{j=1}^n W_{i,t} \left(\frac{Y_{j,t+1}}{Y_{j,t}}\right) + \mu_i + v_t + \epsilon_{i,t}$$

条件 β 收敛模型公式为:

$$\ln\left(\frac{Y_{i,t+1}}{Y_{i,t}}\right) = \alpha + \beta Y_{i,t} + \sigma X_{i,t+1} + \mu_i + v_t + \epsilon_{i,t}$$

其中, i 表示省份, t 表示时间, $Y_{i,t}$ 和 $Y_{i,t+1}$ 分别表示各省(市、自治区)在 t 、 $t+1$ 时期的数字经济发展水平, β 为收敛系数, $\epsilon_{i,t}$ 为随机扰动项, ρ 为空间滞后系数, θ 为空间外溢系数, $W_{i,t}$ 表示空间权重矩阵, $X_{i,t+1}$ 表示控制变量。

(三)数据来源

本文以 2012—2022 年中国 30 个省(自治区、直辖市)(由于数据缺失, 不包括西藏、香港、澳门、台湾)的数字经济发展水平为研究对象, 数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》以及各省(市)统计年鉴和统计公报。其中, 数字普惠金融指数由北京大学数字金融研究中心等测算, 淘宝村数量来源于阿里巴巴平台数据, 创新创业指数来源于北京大学开放研究数据平台, 政府工作报告词频数通过作者在政府工作报告中爬取的“基础研究”和“科技人才”词频数测度得到, 数字产业集群数由作者手动整理。文中少量的缺失数据采用插值法补齐。

三、实证分析

(一)数字经济发展水平评价结果

1. 数字经济发展水平的整体评价

文章运用全局熵值法对我国数字经济发展水平进行测算评价。由图 1 可知, 我国数字经济发展水平整体呈现稳步上升趋势。国务院 2016 年 12 月出台的《“十三五”国家信息化规划》中明确提出建设数字中国; 党的十九大报告进一步提出要建设科技强国、网络强国、数字中国、智慧社会, 推动数字技术和实体经济的深度融合。近十年来, 我国通过推动数实融合、发展数字金融、打造具有国际竞争力的数字产业集群、完善数据要素交易规则和市场建设以及实施制度融合等措施, 不断推动数字经济发展壮大。

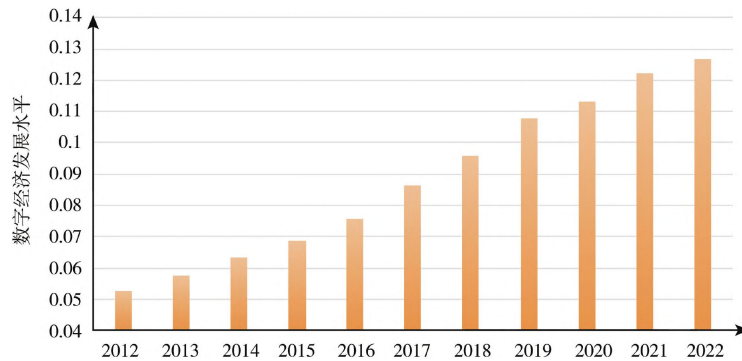


图 1 数字经济发展水平的时间趋势

2. 数字经济发展水平的分维度评价

图 2 分维度展示了 2012—2022 年我国数字经济发展水平的时间趋势。整体来看，我国产业数字化发展水平相对较低；数字技术创新力发展水平最高，成为推动我国数字经济发展的主要驱动力。与 2012 年相比，2022 年数字经济各个维度的发展水平均有所提高且提升的幅度较大。

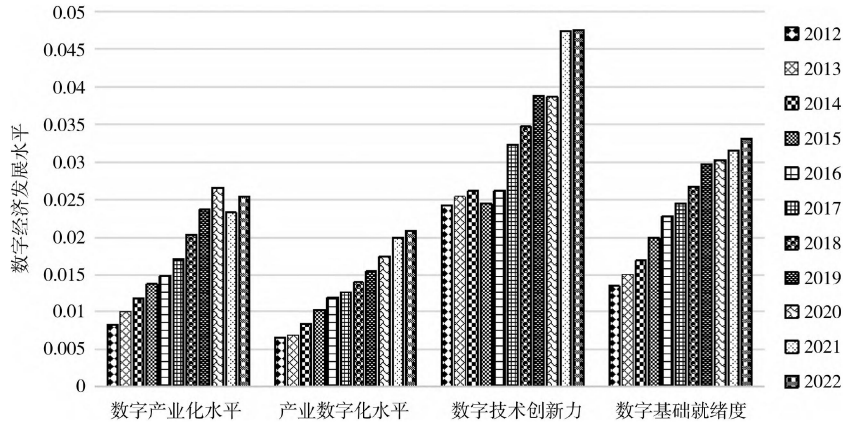


图 2 数字经济发展水平的分维度时间趋势

3. 数字经济发展水平的分区域评价

基于区位因素进一步测算我国东、中、西部地区的数字经济发展水平，由图 3 可知，东、中、西部数字经济发展水平均呈现上升趋势，且东部地区明显高于中西部地区。由于地区间的经济基础、资源禀赋、人才储备等方面的差异，数字经济在不同地区呈现明显的差异性。东部地区在基础设施建设、人才储备等方面较中西部地区相对优越，其数字经济发展水平相对较高。而中西部地区由于地理位置限制、资源禀赋差异等问题，其数字化发展水平相对较低，但中西部地区数字经济发展潜力巨大。

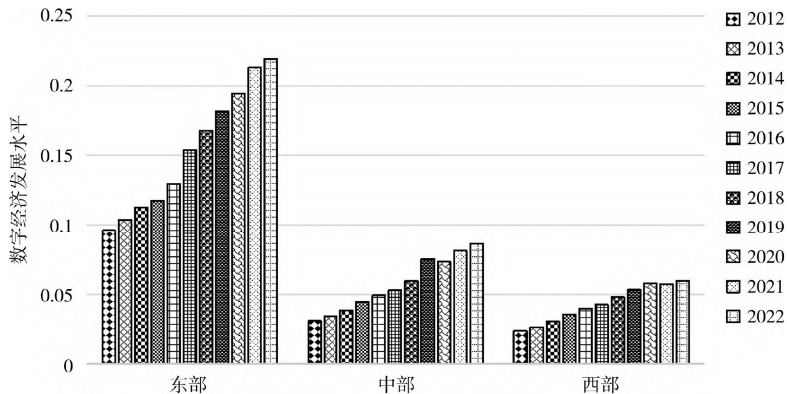


图 3 数字经济发展水平的分区位时间趋势

(二) 数字经济发展水平差异性分析

1. 数字经济发展水平的区域差异及其分解

本文利用基尼系数来衡量东部、中部和西部地区的数字经济发展水平的内部差异以及区域间的差异，相关结果如表 2 所示。

(1) 区域内差异分析。由表 2 可知，地区内差异东部地区 > 西部地区 > 中部地区，表明东部地区各省（市、自治区）的数字经济发展水平差异较大，西部地区次之，中部地区差异最小。这一现象可能源于东部地区在经济发展水平、政策支持、基础设施、人才和创新能力以及市场和投资环境等方面的省际差异较大，而西部地区尽管整体发展水平较低，但政策扶持力度较为均衡，中部地区则在各项指标上表现较为均衡，从而使得数字经济发展水平的区域差异呈现逐级递减的趋势。

(2)区域间差异分析。由表 2 可知,我国地区间数字经济发展水平存在显著差异。其中,东-中部地区、东-西部地区之间的差异最为明显,基尼系数显著高于全国整体系数值。可能是由于经济发展基础的悬殊、政策支持力度的不同以及人力资源与创新能力方面的差异,造成区域间差异显著。

基尼系数分解表明,区域间的差异对总差异的贡献度超过了区域内部差异的贡献度,而区域内部差异的贡献度超过了超变密度的贡献度。分年度来看,区域间的差异始终是全国数字经济发展不平衡的主要因素。因此,在推动数字经济发展的过程中,应当重视缩小地区间的差距,防止形成过度分化的态势。

表 2 数字经济发展水平的基尼系数及其分解

基尼系数		2012 年	2014 年	2016 年	2018 年	2020 年	2022 年
总体基尼系数		0.44	0.42	0.40	0.43	0.43	0.45
地区内差异	东部	0.36	0.35	0.36	0.38	0.38	0.40
	中部	0.15	0.16	0.18	0.18	0.20	0.28
	西部	0.21	0.21	0.22	0.24	0.26	0.27
地区间差异	东部—中部	0.53	0.51	0.48	0.51	0.50	0.51
	东部—西部	0.61	0.58	0.55	0.58	0.57	0.60
	中部—西部	0.22	0.21	0.22	0.24	0.26	0.32
贡献率(%)	地区内	24.25	24.54	26.25	26.11	26.76	27.41
	地区间	71.81	70.99	67.34	67.06	65.04	63.36
	超变密度	3.94	4.47	6.41	6.83	8.21	9.23

图 4 揭示了 2012—2022 年全国层面、区域内部以及区域间的基尼系数变动情况。在整个观测期内,全国基尼系数大致保持不变。东部地区的基尼系数维持在中等程度,并且相对稳定。2018 年之前,中部地区的基尼系数最低,2018 年之后则出现了较大波动,而自 2021 年起,西部地区的基尼系数成为最低。东-西部之间的基尼系数最高,显示出这两个区域之间存在较大的发展差距。中-西部的基尼系数相对较小,数字经济发展相对均衡,但有波动增长的趋势,未来应注意中、西部地区的发展,避免差异进一步扩大。

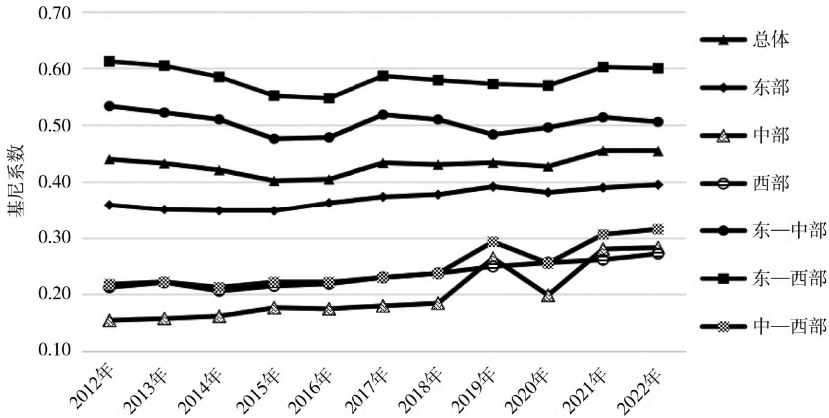


图 4 数字经济发展水平基尼系数的时间变化趋势

2. 数字经济发展水平差异的动态演化分析

本研究进一步运用 Kernel 核密度估计方法来分析数字经济地区差距的分布位置、形状和扩展性等特征,估计结果如图 5 所示,图中的竖轴代表核密度值,横轴代表年份,纵轴则表示数字经济发展水平的分布。

图 5-a 展示了中国数字经济发展水平的动态变化路径。由分布位置可以看出,核密度函数的峰值持续向更高的数字经济水平偏移,表明随着时间的推移,我国数字经济发展水平在不断提高;在分布形态上,2012 年至 2022 年间,核密度函数的主峰高度呈现逐年降低的态势,2012 年的峰度最高,且波峰更为尖锐,反映出我国数字经济发展水平的分布趋于分散;就分布的延展性而言,在观测期内,核密度曲线显示出一

定程度的右侧拖尾；从波峰的数量来看，核密度函数显示出显著的多峰特征，意味着我国数字经济发展呈现出明显的多层次分化现象。

图 5-b 展示了中国东部地区数字经济发展水平的演变过程。在分布位置上，核密度函数的峰值持续向右偏移，说明随着时间的推移，东部区域数字经济发展水平呈稳步攀升态势；从分布特征来看，在整个观测时段内，核密度函数的主峰整体呈下移趋势，这一现象意味着东部地区数字经济发展水平的分布格局正逐步趋向分散化；至于分布的延展性，在观测期间，右侧的拖尾现象变得更加显著。

图 5-c 反映了中国中部地区数字经济发展水平的动态演进特征。从分布位置维度来看，核密度函数的峰顶持续向右侧偏移，这一现象折射出中部地区数字经济发展水平正实现稳步提升；就分布形态而言，核密度函数呈现出波峰高度值下降、宽度维度拓宽的显著趋势，而这一特征表明中部地区数字经济发展水平的分布态势逐步趋向宽泛化；就分布的延展性而言，在观测期间，核密度曲线的右侧拖尾现象愈发突出，特别是在观测期的最后几年这种趋势愈加明显；从波峰数量来看，观测初期核密度函数显示出一个主峰和一个次峰，但随着数字经济发展，到了观测后期，次峰逐渐融合，表明中部地区数字经济发展的两极分化现象有所缓解。

图 5-d 展示了中国西部地区数字经济发展水平的演变路径。从分布位置上看，核密度函数的峰值持续向右偏移，随着时间推移，西部地区数字经济发展水准呈现逐步攀升的态势；从分布形态的观测结果来看，核密度函数主峰的高度呈现出明显的下降态势。特别是在 2014~2015 年间，下降尤为明显，说明西部地区数字经济发展水平的分布正趋向于更加分散的态势；在分布延展性方面，2014 年之后，核密度函数出现了显著的右侧拖尾现象；从波峰的数量来看，在观测初期，核密度函数展现出一个主峰和一个次峰，而到了观测后期，次峰逐渐消失，说明西部地区数字经济发展的极化现象正在逐步减轻。

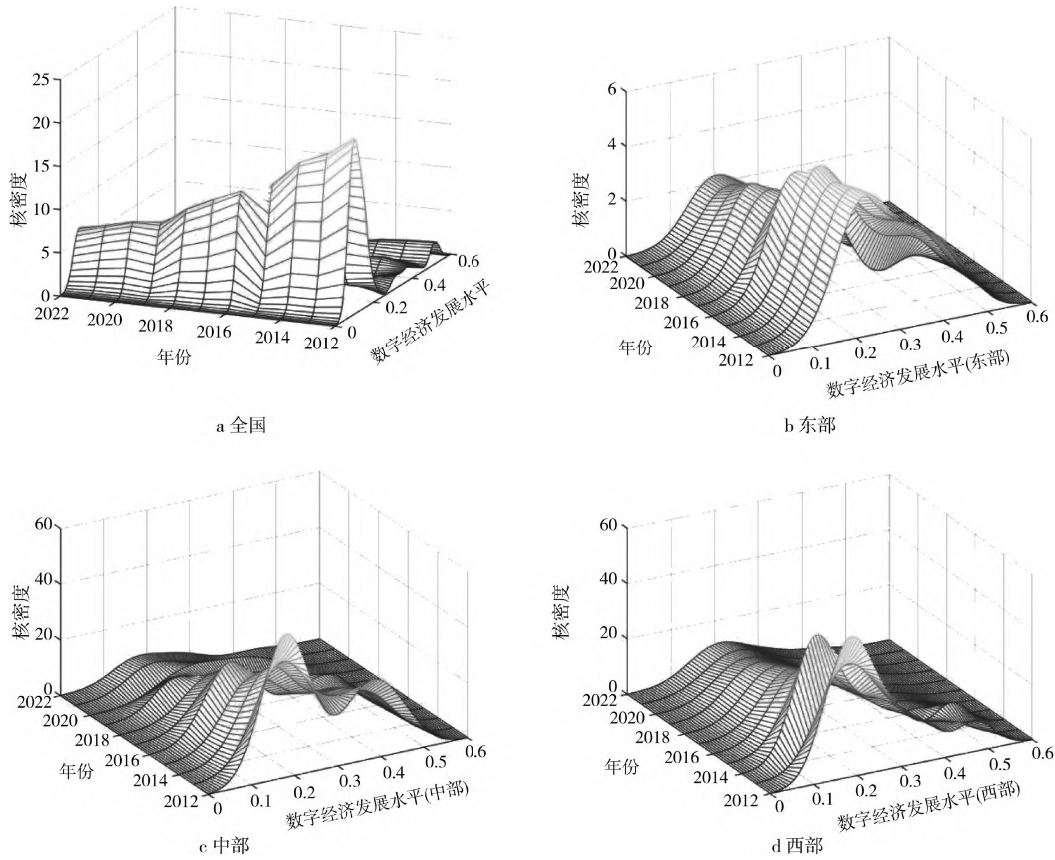


图 5 数字经济发展水平的核密度分布趋势

(三)数字经济发展水平障碍度及收敛性分析

1. 数字经济发展水平的障碍度分析

本部分识别了数字经济发展障碍因子,结果如图6所示。从变化趋势看,2012年31个省区市在数字产业化水平、产业数字化水平、数字技术创新力和数字基础就绪度四个方面的障碍度分别为2.68、1.94、4.02和3.04,至2022年分别降低为1.82、1.83、3.29和2.43。从整体上看,障碍因子强度排序为数字技术创新力>数字基础就绪度>数字产业化水平>产业数字化水平。数字技术创新力的障碍度一直较大,其核心原因在于其需要实现“从0到1”的原始创新突破,而省域层面普遍面临创新投入失衡、产出转化不畅与环境支撑不足的制约,比如中西部省份研发资源与高端人才相对匮乏且投入多偏向硬件、轻基础研究,导致技术成果难以落地。但在样本期内数字技术创新力的障碍度下降显著,这可能是因为发展初期数字技术创新面临较大阻碍,技术研发投入、创新人才和科研成果转化机制未能发挥好协调推动作用。随着时间推进,创新环境不断优化,阻碍度逐渐降低。而产业数字化水平的障碍度下降幅度较小,产业数字化在初期发展较为顺利,随着传统产业对数字化转型的重视和投入,障碍度下降,但后期可能遇到转型瓶颈,发展速度放缓,障碍度趋于平稳。但产业数字化水平的障碍度因子一直较小,其原因在于“数字制造与服务”侧重流程优化,无需突破底层技术;“数字要素驱动业”聚焦要素利用,对研发数据技术需求不高,且政策持续支持降低转型成本,政企“降本增效”的参与意愿强,所以产业数字化水平的推进阻力始终较低。

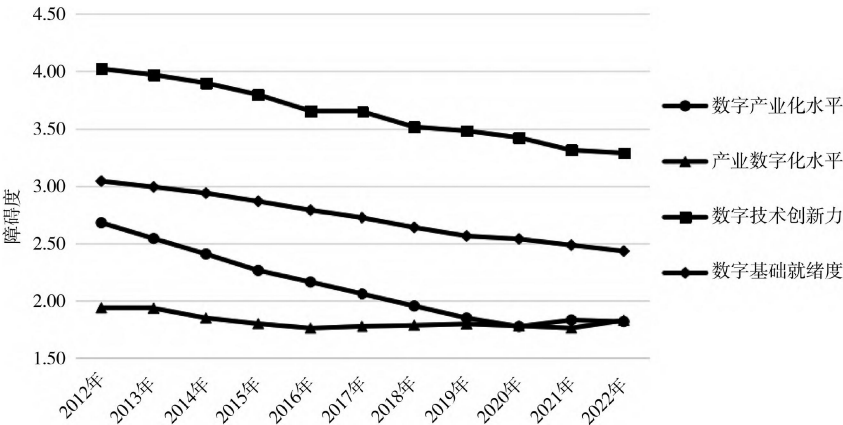


图6 数字经济分维度障碍因子变化趋势

2. 数字经济发展水平的收敛性分析

(1)绝对 β 收敛

经LM检验($P<0.05$)、LR检验($P<0.05$)和Hausman检验(选择个体固定效应),SDM模型下的个体固定效应模型为最佳模型选择,但是考虑到SDM模型的空间加权回归系数不显著, R^2 等统计量较SAR模型和SEM模型较低,且三个模型的回归结果差异不大,故选择SAR模型作为主回归模型进行估计。回归结果如表3所示。

表3 数字经济发展水平空间绝对收敛结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	数字经济发展水平	数字产业水平化	产业数字化水平	数字技术创新力	数字基础就绪度	数字经济发展水平
β	-0.066 * *					-0.050 *
	(0.027)					(0.026)
$\beta-1$		-0.014				
		(0.012)				
$\beta-2$			0.053 * * *			
			(0.009)			

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	数字经济发展水平	数字产业水平化	产业数字化水平	数字技术创新力	数字基础就绪度	数字经济发展水平
$\beta-3$				-0.330^{***} (0.048)		
$\beta-4$					-0.070^{***} (0.015)	
ρ	-0.241^{***} (0.086)	0.748^{***} (0.040)	0.372^{***} (0.067)	-0.158^{*} (0.081)	0.264^{***} (0.079)	
λ						-0.219^{**} (0.091)
N	300	300	300	300	300	300
R ²	0.083	0.030	0.518	0.001	0.104	0.086

注：***、**、* 分别表示 $p<0.01$ 、 $p<0.05$ 、 $p<0.1$ ；() 内为标准误。

由表 3 可知， β 系数小于 0，且分别通过了 5% 和 10% 的显著性水平检验，说明我国数字经济发展水平具有绝对 β 收敛趋势，其绝对差距在逐渐缩小。进一步识别数字经济发展细分维度的收敛特征，数字产业水平化的 β 系数小于 0 但不显著，产业数字化水平的 β 系数大于 0，数字技术创新力的 β 系数小于 0 且通过了 1% 的显著性水平检验，数字基础就绪度的 β 系数小于 0 且通过了 1% 的显著性水平检验，说明细分维度中数字技术创新力和数字基础就绪度具有绝对 β 收敛趋势。以 SAR 模型为例，数字技术创新能力的收敛速度高于整体数字经济发展和数字基础就绪度收敛速度，增加了数字技术创新力和数字基础就绪度的发展差距，使得我国整体的数字经济发展和细分维度数字经济指标水平的差距不断扩大。此外，由 λ 与 ρ 的系数均显著可知，我国数字经济及细分维度发展水平具有显著的空间外溢效应，其细分维度指标间的联动推进，可有效驱动数字经济整体实现协同演进。

(2) 条件 β 收敛

我国各省份数字经济的发展路径与稳态特征存在异质性，各省份均具备自身独特的优势禀赋与短板弱项。为更精准地刻画现实发展状况，本部分进行空间条件 β 收敛分析。借鉴现有相关研究成果，所选取的控制变量具体涵盖经济发展水平（人均 GDP 取自然对数）、城镇化水平（城市人口与总人口的比值）、产业结构（第三产业增加值与第二产业增加值的比值）、人口密度（人口总数比行政区划面积）、人均城市道路面积（公路与铁路面积和与人口总数的比值）。回归结果如表 4 所示。

表 4 数字经济发展水平空间条件收敛结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	数字经济发展水平	数字产业水平化	产业数字化水平	数字技术创新力	数字基础就绪度	数字经济发展水平
β	-0.192^{***} (0.035)					-0.184^{***} (0.035)
$\beta-1$		-0.021 (0.019)				
$\beta-2$			0.054^{***} (0.012)			
$\beta-3$				-0.471^{***} (0.050)		
$\beta-4$					-0.188^{***} (0.028)	
ρ	-0.273^{***} (0.084)	0.729^{***} (0.042)	0.442^{***} (0.066)	-0.200^{**} (0.078)	0.265^{***} (0.078)	

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	数字经济发展水平	数字产业水平化	产业数字化水平	数字技术创新力	数字基础就绪度	数字经济发展水平
λ						-0.272*** (0.090)
N	300	300	300	300	300	300
R^2	0.001	0.040	0.082	0.001	0.044	0.001

注：***、**、* 分别表示 $p<0.01$ 、 $p<0.05$ 、 $p<0.1$ ；()内为标准误。

从表 4 的结果来看，条件收敛与绝对收敛的分析结果呈现出一致性特征：整体 β 系数依旧保持显著负向特征，但其数值规模呈现下降态势。这一结果表明，整体样本中空间条件 β 收敛效应表现得更为突出。具体来看：数字产业水平化 β 值为负但不显著，表明数字产业化水平不存在空间条件 β 收敛性，这与区域经济发展差异、政策支持力度差异、技术创新与资源分布不均等密切相关；产业数字化水平的 β 值在 1% 的显著性水平上为正，说明产业数字化存在明显的发散趋势，这意味着数字技术的应用范围不断拓展，横跨多个行业领域，符合我国建设数字中国的目标；数字技术创新力和数字基础就绪度的 β 值为负且显著，表明数字技术创新力存在显著的空间条件 β 收敛现象。

四、研究结论与政策启示

本文基于“技术—经济范式”的研究视角，对我国的 30 个省份的数字经济进行了测度和评价分析，采用核密度分析、Dagum 基尼系数度量了数字经济发展水平的地区差异，运用空间收敛模型和障碍因子分析进一步探讨数字经济发展的时空演化趋势。研究结论如下：(1)我国数字经济发展水平显著提升。分维度看，数字经济各维度发展水平具有明显差异，产业数字化发展水平较低是制约我国数字经济发展的主要因素。分区域看，东部、中部及西部数字经济发展水平均呈现不断上升趋势，且东部地区明显高于中西部地区；(2)我国数字经济发展水平总体差异适中。东部地区区域内差异较大，中部地区的区域内差异略低于西部地区。地区间差异是我国数字经济差异的主要来源，东西部的区域间差异最大。Kernel 核密度估计发现，我国数字经济发展水平存在两极分化和发展不协调现象；(3)障碍度分析表明，数字经济发展主要受到数字技术创新力的制约，但其障碍度呈现显著下降的趋势；(4)收敛性分析表明，我国整体数字经济发展水平表现出一定的收敛性，尤其是在数字技术创新力和基础设施建设方面，低水平地区的发展水平逐渐接近高水平地区。

基于我国数字经济发展的时空变化和演进规律特征，需要通过驱动产业数字化升级、因地制宜实施配套措施、破解数字技术创新力瓶颈推动我国数字经济协同、快速发展。

首先，驱动产业数字化升级，构建“政策引导-技术赋能-要素协同”的多维驱动机制。政策层面，各省应结合产业基础制定省域差异化战略，通过税收优惠、专项补贴等政策工具引导传统企业开展智能化改造，聚焦重点行业打造工业互联网平台标杆项目，形成“链主企业+配套集群”的数字化转型生态；技术层面，依托高校和科研院所建立省级数字技术创新联盟，推动 5G、AI 与制造业场景深度融合，构建“共性技术研发+行业解决方案输出”的产学研协同体系；要素配置上，加快数据要素市场化改革试点，建立跨部门数据共享机制，探索数据资产确权与交易模式，激活企业数据资源价值。

其次，因地制宜实施配套措施，构建“梯度协同-要素优化-动能再造”的区域协调机制。一方面，以“东数西算”工程为核心优化算力网络布局，在西部建设绿色算力枢纽并配套数据流通交易中心，通过电价补贴、能耗指标倾斜等政策引导东部算力需求西迁，形成“东部研发—西部存储”的产业链分工体系。另一方面，建立数字经济对口支援机制，推动东部技术优势与西部资源禀赋深度耦合，支持东部头部企业联合西部建设“数字飞地园区”，以“平台输出+本地化改造”模式孵化特色应用场景。

最后，破解数字技术创新力瓶颈，构建“原始创新—成果转化—要素聚合”的全链条赋能体系。在基础

研究层面，围绕 AI 算法、6G 通信等前沿领域设立省级重点实验室集群，实行“基础研究长期资助计划”，对承担国家重大专项的科研团队给予配套资金支持；在技术转化环节上，打造“概念验证中心+中试基地”双轮驱动模式，支持龙头企业联合高校建设数字技术开源创新平台；在要素配置上，开展数据要素市场化配置改革试点，建立省域数据资产登记评估中心，通过联邦学习技术构建跨行业数据融合应用平台，为算法训练提供高质量数据资源。

Comprehensive Evaluation of the Development Level of China's Provincial Digital Economy ——Based on the Perspective of Technology-Economy Paradigm

LI Shao-dong, PAN Li-ning

(School of Business, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China)

Abstract: The digital economy has become the most innovative, fastest growing and most widely influential area in China's economic development. Based on the perspective of "technology-economy paradigm", we have constructed a comprehensive evaluation index system covering four dimensions, namely, digital industrialization, industrial digitization, digital technology innovativeness and digital foundation readiness, and comprehensively applied Dagum's Gini coefficient, kernel density estimation, obstacle degree and convergence analysis to measure the development level of digital economy in 30 provinces in China from 2012 to 2022, revealing its spatial-temporal differentiation characteristics and dynamic evolution. It measures the development level of digital economy in 30 provinces in China from 2012 to 2022, revealing its spatial and temporal differentiation characteristics, dynamic evolution law and obstacle factors. The study finds that: (1) China's digital economy development as a whole is on an upward trend, but there are significant regional differences, showing a gradient pattern of high in the east and low in the central and western parts of the country. (2) Dagum's Gini coefficient decomposition shows that inter-regional differences are the main source of overall differences, and the gap between the east and the central and western parts of the country is particularly prominent. (3) The analysis of the degree of obstacles finds that the development of digital economy is mainly constrained by the innovative power of digital technology, but the degree of obstacles shows a significant downward trend. (4) The convergence test shows that there are absolute β -convergence and conditional β -convergence in the whole country and in the sub-dimensions (except for industrial digitization), and the regional differences show a tendency to decrease, but industrial digitization shows dispersion characteristics due to the expansion of the breadth of technology application, so we need to be vigilant about the risk of polarization.

Key words: digital economy; technology-economy paradigm; Dagum's Gini coefficient; barrier degree analysis; β -convergence analysis

[责任编辑 如初]