

数字经济对产业链韧性的影响

——兼论创新要素集聚的协同作用

虞文美, 刘业廷

(安徽财经大学 金融学院, 安徽 蚌埠 233030)

摘要:文章基于2012—2022年283个地级市面板数据,实证探究产业链韧性空间特征及其演变过程,并采用空间杜宾模型评估数字经济水平和创新要素集聚对产业链韧性的驱动作用。研究发现,数字经济和创新要素集聚对城市产业链韧性提升具有显著促进作用,且这一作用存在异质性特征,该结论在经过内生性处理和稳健性检验后依然成立。从空间溢出效应来看,数字经济水平和创新要素集聚的协同对本地区产业链韧性具有促进作用,且对邻近城市也具有显著促进作用。从异质性来看,数字经济和创新要素在东部地区的集聚对邻近城市产业链韧性具有正向空间溢出效应,同时在大城市及特大城市具有正向空间溢出效应。聚类分析发现,只有“产业协同水平高”的地区才会对邻近城市具有正向溢出作用,其他地区溢出作用不显著。

关键词:数字经济;产业链韧性;创新要素集聚;产业协同

[中图分类号]F062.9;F49 [文献标识码]A [文章编号]1672-934X(2025)02-0070-15

DOI:10.16573/j.cnki.1672-934x.2025.02.009

The Impact of Digital Economy on Industrial Chain Resilience: Concurrently on the Synergistic Role of Innovation Factors Agglomeration

Yu Wenmei, Liu Yeting

(School of Finance and Economics, Anhui University of Science & Technology, Bengbu, Anhui 233030, China)

Abstract: Based on the panel data from 283 prefecture-level cities across China from 2012 to 2022, the spatial characteristics and evolutionary process of industrial chain resilience are empirically investigated. By using the Spatial Durbin Model, the driving effects of both digital economy development and innovation factors agglomeration on industrial chain resilience have been evaluated. The study finds that both the digital economy and innovation factors agglomeration significantly promote the enhancement of urban industrial chain resilience, with this effect exhibiting heterogeneous characteristics, which remains valid after endogeneity conduction and robustness test. From the perspective of spatial spillover effects, their synergy not only promotes the resilience locally but also significantly benefits neighboring cities. From the perspective of heterogeneity, their agglomeration in eastern regions, as well as in large-and-mega cities, has a positive spatial spillover effect on neighboring cities. And analysis on agglomeration indicates that only regions with "high-level industrial synergy" exhibit positive spillover effects on neighboring cities, while such effects are not significant in other regions.

Keywords: digital economy; industrial chain resilience; innovation factors agglomeration; industrial synergy

收稿日期:2024-07-23

作者简介:虞文美(1983—),女,副教授,博士,主要从事国际金融、产业链金融研究;

刘业廷(1999—),男,硕士研究生,研究方向为产业链金融。

一、引言

增强产业链韧性是构建现代化产业体系和提升产业链安全的重要基础。当前,复杂多变的国际形势增加了产业链发展的不确定性。党的二十大报告强调,要加快建设现代化经济体系,着力提高全要素生产率,着力提升产业链供应链韧性和安全水平。近年来,大国间的博弈日趋激烈,全球产业链供应链正在加速重构,国际分工和竞争格局正在快速调整。与此同时,地缘政治冲突交织使外部风险日趋上升,国际循环出现局部阻塞现象,导致“卡链”“断链”和“掉链”等危机频发。对深度参与全球价值链的中国产业而言,产业链供应链的脆弱性正日益凸显。因此,提升产业链供应链韧性和竞争力,对我国抵御外部风险、确保产业链供应链安全稳定至关重要。

作为一种以数据资源为核心要素且与信息技术深度融合的新型经济形态,数字经济正逐步成为推动产业升级与变革的关键力量。数字技术的迅猛发展不仅赋能传统产业实现数字化转型,还可以通过提升产业链运行效率、增强产业链稳定性、促进产业链网络化布局及引领产业链分工模式转型等途径,显著增强产业链韧性和竞争力。同时,数字经济还以其独特的创新活力催生了共享经济、无人经济、在线服务等一系列新兴产业和新业态,这些新兴力量的涌现不仅丰富了产业链内涵,还显著提升了产业链创新能力和对外部冲击的适应性,为进一步增强产业链韧性注入了新的动力。

尽管数字经济在提升产业链韧性方面展现出巨大潜力,但其发展过程也面临着诸多制约,如数据要素市场化程度不足、数字技术创新能力不够及数字人才短缺等,这些问题都在一定程度上制约了数字经济效能的充分发挥。因此,如何有效克服相关制约因素,充分发挥数字

经济优势,进一步提升产业链韧性和竞争力,成为当前产业政策制定与实践探索中亟待解决的关键问题。

二、文献综述

一是聚焦产业链韧性的研究。Bakshi等从管理学角度将产业链韧性定义为产业链在面对各种干扰时,能够保障结构功能完整和确保运营稳定^[1]。为应对复杂的环境变化,产业链网络还应具备应对风险的灵活性和在中断后恢复运行的恢复能力^[2-3]。孔陇等认为,产业链韧性应指经济主体在遭受外部冲击或严重威胁时的抵御能力、恢复能力、调节能力以及内控能力^[4]。随着产业链研究的不断丰富,学界开始关注其他因素对产业链韧性的影响。陈悦等认为,产业链金融生态通过提高企业生产率和产业竞争力促进产业链韧性提升^[5]。谢家智等认为,自主创新能力既是突破关键核心技术瓶颈的关键所在,也是增强产业链韧性的重要手段^[6]。此外,链长制^[7]、智慧物流^[8-9]、人工智能^[10]、产业政策^[11-12]等也被证明能够显著提升产业链韧性。

二是数字经济、创新要素集聚对产业链韧性影响的研究。随着全球步入数字化时代,数字化发展已成为增强产业链乃至整体经济韧性的关键策略^[13]。一方面,数字经济通过优化供需关系、提升供应质量、强化交流合作为生产分工注入了新动力^[14-15],不仅促进了中间品供给、出口产品种类和出口市场的多元化,还提升了产业链的自主可控能力^{[10][16]}。数字经济因其网络性使得溢出效应能够更广泛地影响其他行业,进而推动产业链的科学延伸^[17]。此外,数字经济能够转变产业链传统封闭式的创新模式,构建更为开放和协同的创新网络^[18],从而增强产业链的创新能力。另一方面,数字经济促进创新要素的集聚对推动产业链升级和增强产业链韧性具有积极意义^[19]。从人才集聚效应来

看,人才要素集聚既能有效填补产业链关键环节的人才空缺,又能增加高技能人才之间的交流机会,进而提升劳动力资源的配置效率及自主创新能力,增强产业链韧性^[20]。从资本集聚效应来看,充足的资本要素是产业链生产运营的有力支撑。资本的注入不仅可以有效缓解企业在全产业链重构过程中的资金需求压力,还能够促进产业链链条的延伸,显著增强产业链韧性^[21]。

然而,在增强产业链韧性的过程中,产业基础、要素市场化程度以及基础创新能力等仍是制约产业链发展的关键因素^[13]。在国际分工中,数字化可能加剧各类不利因素,从而增加全球产业链的波动性^[22]。因此,需要综合考量数字经济发展的利弊,以便能够更加全面地提升产业链韧性。

综上所述,当前文献对产业链韧性及其影响因素进行了诸多研究,但是仍然存在以下不足:第一,现有研究主要依据截面数据和面板数据探究各种因素对产业链韧性的影响,而少有研究关注各影响因素之间的协同关系,且鲜有关于数字经济和创新要素集聚共同对产业链作用的影响分析。第二,对产业链韧性演化机制研究不足。本文从空间视角出发,深入探讨了数字经济与创新要素集聚对产业链韧性的具体影响。本文主要的边际贡献在于:第一,揭示产业链韧性的空间特征及演变规律。第二,从空间视角研究数字经济和创新要素集聚的协同作用对产业链韧性的影响以及存在的空间溢出效应。第三,分析数字经济和创新要素集聚对产业链韧性作用的异质性。

三、理论机制与研究假设

(一)数字经济和创新要素集聚的协同作用

数字经济能够通过提高创新要素集聚水平来增强产业链韧性,而创新要素的集聚又为数字经济的发展注入动力。一是数字经济的发展

促进了技术水平的提升,从而增强产业链韧性。数字技术创新直接为产业链主体提供坚实的技术支持,从而提高产业链主体的效率。同时,数字经济在经济社会各个领域产生的知识外溢效应有利于地区创新水平的提升,为产业链的各个环节提供技术支持,增强产业链的耦合性,从而提升产业链韧性。二是数字经济发展促进人才要素和资本要素的集聚。数字经济在一定程度上能够减少创新要素自由流动的障碍,从而促进城市创新生态系统的发展。数字化的公共服务平台有利于完善创新人才与技术岗位的匹配机制,提升市场的匹配效率,从而优化产业发展所需的人才要素配置^[23]。数字经济带来的“长尾效应”又为资本要素的集聚提供了良好平台,有利于促进资本向本地区流动,为企业进行内外部研发和引进技术提供充足的资本支持,进而提升产业链韧性。三是创新要素的集聚能够推动数据要素的有序流动,促进数据开放、数据交易和数据交换,从而进一步带动区域数字经济的发展^[24]。因此,数字经济与创新要素的协同作用会对产业链韧性产生正向的促进作用。

对周边地区而言,数字经济发展还将吸引人才、企业、技术和其他生产要素迁移^[25],加速各种要素在不同区域之间的流动。数字经济具有网络性,能够将不同地区之间的产业进行优势互补,促进各种创新要素根据其自身特性流入相应的产业中。潘红玉等的研究显示,数字化信息平台在推动资源共享和合作网络构建方面发挥了积极作用^[26]。通过利用这些平台,企业可以轻松实现跨区域的资源共享、信息互通以及合作项目的推进^[27]。这种合作模式显著提升了资源利用效率,强化了企业之间的协同创新能力。同时,数字技术通过网络平台的知识溢出也将对周边城市的技术创新产生影响。这意味着,即便企业和产业分布在不同地区,也能迅速获取并应用最新的技术和其他区域创新成

果,带动周边地区产业发展。在空间上表现为,数字经济和创新要素集聚对产业链韧性影响具有正外部性。根据上述分析,本文提出研究假设H1a和假设H1b:

H1a:数字经济和创新要素集聚协同作用有利于提高本地区产业链韧性。

H1b:数字经济和创新要素集聚协同作用有利于提高周边地区产业链韧性。

(二)数字经济和创新要素集聚对产业链韧性的影响存在异质性

中国地域辽阔,各地区在资源禀赋、经济发展、产业结构和创新发展等方面存在显著差异^[28]。现有研究表明,数字经济对产业链韧性的影响也存在地区差异,即不同地区存在地理环境、经济发展等客观差异。同时,不同城市的产业政策的差别,也使得不同地区产业链发展表现出不同特征。涂磊等的研究发现,数字经济对高创新能力城市生产率的提升作用更强,而创新能力是产业发展呈现异质性的一个重要因素^[29]。此外,研究发现,在数字经济水平较低的城市,数字经济政策不会显著促进企业创新^[23],对产业链发展并没有起到较大作用。这表明,数字经济对不同类型城市的产业链韧性的影响可能也不同。显然,数字经济与创新要素集聚的协同效应对不同城市产业链韧性的影响可能具有异质性,为此本文提出研究假设H2:

H2:数字经济与创新要素集聚对产业链韧性的作用在不同城市特征下展现出显著差异性。

四、研究设计

(一)变量定义

1. 产业链韧性(ICR)

产业链韧性(ICR),即产业体系在面临重大危机和冲突时,能够保持稳定、抵御干扰、突破危机状态并迅速恢复到原有水平的能力。产业链韧性也可描述为产业链抵抗力和产业链恢

复力^[30]。参考夏铭璐等^[8]的研究,采用产业多样化(*Indiv*)表示产业链抵抗力,采用产业链创新能力(*Innov*)表示产业链恢复力。

根据产业生态系统理论,多样化产业结构在资源要素外部溢出、资源互补以及创造新生产力等方面具备显著优势,且能够有效缓解区域产业单一造成的区域锁定现象,从而增强产业链维持稳定和抗干扰的能力。采用赫希曼—赫芬达尔指数的倒数来衡量产业多样化(*Indiv*)。具体公式如下:

$$HHI = \sum_i^N \varphi_i^2 \quad (1)$$

$$Indiv = \frac{1}{HHI} = 1 / \sum_i^N \varphi_i^2 \quad (2)$$

其中, φ_i^2 表示第一、二、三产业增加值在地区生产总值中的占比。

产业链恢复力是指产业链在受到外部冲击后,能够迅速恢复乃至达到比原来更优的运行状态的能力。本文借鉴谷城等^[31-32]关于产业链恢复力测度指标的构建方法,选取规模以上工业企业数量、规模以上工业企业营业收入率、固定资产投资增长率、年末单位从业人员数和政府教育财政支出来表示产业链恢复力。采用熵值法对产业链韧性(ICR)进行测算。

2. 数字经济(Dig)

数字经济(*Dig*)是以数据资源为关键要素,以现代信息网络为主要载体的新经济形态。该概念包含经济形态、数字基础和数字技术应用。本文参考赵涛等^[33]的研究,选择一系列关键指标来衡量城市数字经济水平,具体包括数字普惠金融指数、每百人互联网用户数、每百人移动电话用户数以及信息传输、计算机服务和软件业从业人员占比与人均电信业务总量。采用熵值法为上述指标赋予合适权重,最终得到数字经济综合指数。

3. 创新要素集聚(INN)

借鉴王晶晶等^[34]的研究,通过计算区位熵

来确定区域创新人才集聚指数与创新资本集聚指数。公式如下:

$$Pagg_{i,t} = \frac{rdp_{i,t}/RDp_t}{pop_{i,t}/POP_t} \quad (4)$$

$$Fagg_{i,t} = \frac{rdf_{i,t}/RDf_t}{gdp_{i,t}/GDP_t} \quad (5)$$

其中, i 和 t 分别表示城市和年份, $Pagg_{i,t}$ 和 $Fagg_{i,t}$ 分别表示城市 i 在 t 年创新人才集聚指数和创新资本集聚指数, $rdp_{i,t}$ 和 RDp_t 分别表示城市 i 在 t 年RD人才投入和 t 年全国RD人才投入, $pop_{i,t}$ 和 POP_t 分别表示城市 i 在 t 年就业人口数和 t 年全国就业人口总数。 $rdf_{i,t}$ 和 RDf_t 分别表示城市 i 在 t 年RD资金投入和 t 年全国RD资金投入, $gdp_{i,t}$ 和 GDP_t 分别表示城市 i 在 t 年生产总值和 t 年全国国内生产总值。将创新

人才集聚指数和创新资本集聚指数权重均取0.5,以构建创新要素集聚(INN)指标。表1为数字经济水平、创新要素集聚和产业链韧性评价指标体系。

4. 控制变量

参考李胜会等^[30]的研究,选取如表2所示的控制变量。其中,经济发展水平($Pgdp$)采用国内生产总值与城市人口总数的比值来衡量,这一指标能够直观反映城市经济发展状况。人口密度($Pden$)采用年末常住人口与土地面积的比值来表示。金融发展(FD)采用年末金融机构存贷款余额与GDP的占比来衡量。外商投资(FDI)采用当年实际使用外资额来表示。政府支出(GOV)采用政府财政支出占GDP的比重来衡量。

表1 数字经济水平、创新要素集聚和产业链韧性评价指标体系

一级指标	二级指标	度量方法	指标属性
产业链韧性	产业链抵抗力 产业链恢复力	赫希曼—赫芬达尔指数的倒数	+
		规模以上工业企业数量	+
		规模以上工业企业营业收入率	+
		固定资产投资增长率	+
		年末单位从业人员数	+
		政府教育财政支出	+
		数字普惠金融指数	+
		信息传输、计算机服务和软件业从业人员占比	+
		数字经济水平	+
		数字经济水平	+
创新要素集聚	人才集聚	创新人才集聚指数	+
	资本集聚	创新资本集聚指数	+

(二)模型设定

为探究数字经济和创新要素集聚对产业链韧性的影响,构建如下回归模型:

$$ICR_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 INN_{it} + \beta_3 Dig_{it} \times INN_{it} + \sum_k \beta_k \ln Controls_{k,t} + \mu_i + \gamma_t + \epsilon_{it} \quad (5)$$

其中, $Controls$ 代表一系列控制变量; μ_i 表示个体固定效应; γ_t 表示时间固定效应; ϵ_{it} 表示随机误差项。现有研究表明,产业链韧性具有

显著空间地理特征^[35],如果忽略空间相关性,估计结果会存在偏差^[36]。因此,本研究将空间权重引入模型中,并构建如下空间杜宾模型:

$$ICR_{it} = \rho W \times ICR_{it} + \varphi_1 Dig_{it} + \varphi_2 INN_{it} + \varphi_3 Dig_{it} \times INN_{it} + \sum_k \varphi_k \ln Controls_{k,t} + \eta_1 W \times Dig_{it} + \eta_2 W \times INN_{it} + \eta_3 W \times Dig_{it} \times INN_{it} + \sum_k \eta_k W \times \ln Controls_{k,t} + \mu_i + \gamma_t + \epsilon_{it} \quad (6)$$

其中,空间自回归系数 ρ 表示空间溢出效应的程度;空间滞后变量的系数 $\eta_i(i=1,2,\cdots)$ 表示邻近区域解释变量对被解释变量的影响。 W 为空间权重矩阵,本研究选取经济地理复合权重矩阵以更准确地研究不同城市之间的空间影响。

(三)数据来源及样本说明

本文数据主要源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》和《中国互联网发展状况统计报告》。此外,相关控制变量数据源于EPS数据库和CSMAR数据库。对少数缺失数据采用插值法进行补充,剔除数据缺失严重的样本,最终得到2012—2022年283个地级市面板数据,以此来研究数字经济和创新要素集聚对产业链韧性的影响。

五、实证结果与分析

本研究测算了283个地级市的产业链韧性、数字经济水平和创新要素集聚指数以及其

他主要变量,各变量描述性统计结果如表2所示。由表2可知,产业链韧性均值为0.167,最大值为0.792,最小值为0.001,表明不同地区之间产业链韧性存在明显差距。同时,我国产业链韧性总体处于较低水平,城市之间不平衡状况明显。

表2 主要变量描述性统计结果

变量	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
产业链韧性	ICR	3 113	0.167	0.155	0.001	0.792
创新要素集聚	INN	3 113	0.224	0.178	0.030	0.875
数字经济	Dig	3 113	0.639	0.040	0.600	0.955
经济发展	lnPgdp	3 113	10.750	0.570	8.773	12.460
人口密度	lnPden	3 113	1.895	0.160	0.521	2.184
金融发展	FD	3 113	2.523	1.224	0.588	21.300
外商投资	lnFDI	3 113	9.955	1.960	1.386	14.940
政府支出	lnGOV	3 113	0.181	0.079	0.043	0.650

(一)产业链韧性空间特征

本研究采用2012—2022年产业链韧性分布图和经纬度分布图反映产业链韧性空间分布特征,具体如图1和图2所示。

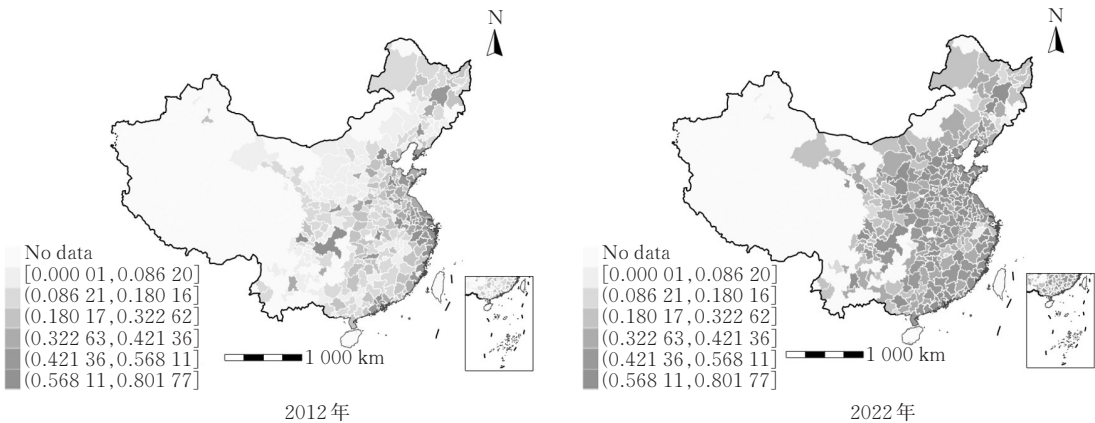


图1 2012年和2022年产业链韧性分布图

由图1可知,2012年产业链韧性总体处于中等或较低水平,产业链韧性的高值集中在长三角、珠三角地区以及主要中心城市,表现出明显集聚特征。可能原因在于:中心城市及地区的产业链基础设施较为完善、资源要素流动顺畅及创新集聚能力更强。陈强远等认为,新创

企业邻近创新集群布局有利于提升企业经营绩效和生存概率^[37]。因此,中心城市及地区的产业链会形成创新集群布局,更有利于产业链发展。由于经济基础薄弱,西南地区和西北地区的产业链基础相对欠缺,影响了产业链整体发展水平。与2012年相比,2022年产业链韧性

整体处于中等偏上水平,表明经过十年的发展,产业链韧性水平实现了稳步提升,除主要中心城市和地区外,非中心城市和地区的产业链韧性也在提升。产业链韧性经纬度分布如图2所示,从经度来看,产业链韧性呈现自西向东递增趋势;从纬度来看,产业链韧性自北向南逐渐增强。但从变化幅度来看,产业链韧性自西向东增幅较慢,而自北向南增幅较大。

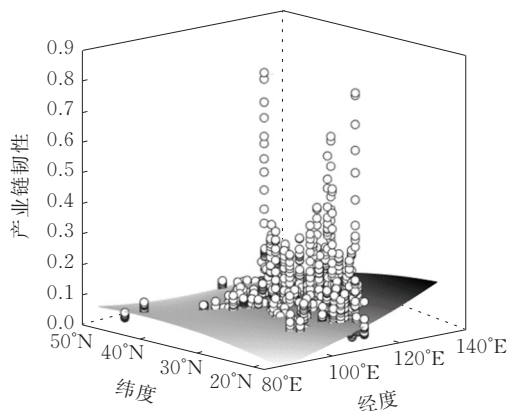


图2 2012—2022年产业链韧性空间分布

(二)空间相关性检验

研究对象具有空间相关性,一般采用 Moran's I 进行空间相关性检验^[35],其取值范围为 $[-1, 1]$ 。Moran's I 指数的正负能够反映相邻区域之间的空间关系。当 Moran's I 大于 0 时,表明相邻区域间存在空间正相关;当 Moran's I 小于 0 时,则表明相邻区域间存在空间负相关。表 3 为产业链韧性 Moran's I 指数检验结果。由表 3 可知, Moran's I 均通过了 1% 显著性检验,数值分布范围为 0~1,表明产业链韧性呈现显著的空间正相关。

(三)产业链韧性的时空演变

为反映产业链韧性的时空演变特征,参考佟孟华等^[38]的做法,引入马尔可夫转移概率矩阵进行分析。马尔可夫链方法将区域现象演变过程视为马尔可夫过程,通过引入转移概率矩阵,进而叠合区域内每个个体现象在不同时期的动态演变过程,反映区域内每个地区的状态

及其向上或向下的转移流动性。空间马尔可夫转移矩阵不仅考虑时间上的状态转移,还考虑空间上相邻区域间的影响,扩展了传统马尔可夫转移矩阵概念。

表3 Moran's I 指数检验

年份	Moran's I	z-Value
2012	0.131***	25.419
2013	0.136***	26.555
2014	0.125***	24.118
2015	0.110***	21.096
2016	0.107***	20.442
2017	0.093***	17.988
2018	0.104***	20.063
2019	0.116***	22.225
2020	0.109***	21.126
2021	0.110***	21.130
2022	0.078***	15.231

注: *、**和***分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著。下同。

以分位数将产业链韧性分为高水平、中高水平、中低水平和低水平四种状态,结果如表 4 所示。表 4 第一部分为传统马尔可夫状态转移矩阵,主对角线元素概率均大于非主对角线元素,表明产业链韧性存在“俱乐部趋同”。进一步构建空间马尔可夫转移矩阵,并将滞后类型分为 I—IV 四种情况,如表 4 第二部分所示,主对角线元素仍大于非主对角线元素,且更多地聚集在主对角线两侧,表明产业链韧性等级只会在原有水平的上下调整,难以实现大跨度等级跃迁。同时,高水平产业链韧性维持原等级概率依次为 100%、96.15%、94.41% 和 96.50%,表明高水平产业链韧性往往不会向下退化。在转移矩阵中,主对角线右侧元素大于左侧元素,表明等级提升概率大于等级下降概率,在整个系统中表现为产业链韧性等级水平具有向上转移趋势。产业链韧性不同等级所具有的发展潜力各不相同,中低水平、低水平等级向上转移的概率大于中高水平向上转移的概率,表明产业链韧性水平低的地区提升潜力更大。

表4 产业链韧性马尔可夫转移概率矩阵结果

滞后类型	$t/t+1$	I	II	III	IV	观测值
传统马尔可夫矩阵	I	0.781 1	0.212 3	0.002 6	0.003 9	763
	II	0.040 4	0.717 4	0.235 5	0.006 7	743
	III	0.002 9	0.024 9	0.809 4	0.162 8	682
	IV	0.004 7	0.004 7	0.029 6	0.961 1	642
I	I	0.884 1	0.111 1	0	0.004 8	207
	II	0.046	0.804 6	0.149 4	0	87
	III	0	0.031 2	0.906 2	0.062 5	32
	IV	0	0	0	1	19
II	I	0.756 9	0.243 1	0	0	218
	II	0.020 4	0.780 6	0.199	0	196
	III	0	0.033 3	0.822 2	0.144 4	90
	IV	0	0	0.038 5	0.961 5	52
III	I	0.773 6	0.221 7	0.004 7	0	212
	II	0.042 1	0.668 2	0.275 7	0.014	214
	III	0.003 9	0.015 6	0.828 8	0.151 8	257
	IV	0.007	0	0.049	0.944 1	143
IV	I	0.666 7	0.309 5	0.007 9	0.015 9	126
	II	0.052 8	0.678 9	0.260 2	0.008 1	246
	III	0.003 3	0.029 7	0.778 9	0.188 1	303
	IV	0.004 7	0.007	0.023 4	0.965	428

(四)空间计量模型选择

表5为被解释变量在进行LM、LR、Wald和Hausman检验后的检验结果。LM-err、LM-lag检验结果均拒绝原假设,满足空间计量模型使用前提。Hausman检验结果表明,固定效应比

随机效应更优。为确定SDM模型是否可简化为SLM或SEM模型,进行LR检验和Wald检验。结果显示,两项检验在1%水平上显著,均否定原假设。因此,本研究选择固定效应空间杜宾模型作为分析工具。

表5 空间模型选择检验

检验方式	统计量	P值	检验方式	统计量	P值
LMError	499.350	0.000	LMLag	60.646	0.000
LMError(Robust)	449.094	0.000	LMLag(Robust)	10.390	0.001
LR(SLM)	123.720	0.000	Wald(SLM)	109.000	0.000
LR(SEM)	111.230	0.000	Wald(SEM)	132.990	0.000
Hausman	89.030	0.000			

(五)模型回归结果

本研究引入数字经济和创新要素集聚交互项,采用多种固定效应空间杜宾模型,探讨数字经济和创新要素集聚对产业链韧性的具体影响,结果如表6所示。依据Log-L、AIC和BIC统计结果,双固定效应优于时间固定效应和空

间固定效应。因此,后续分析主要基于双固定效应空间杜宾模型结果。

加入数字经济水平和创新要素集聚交互项之后,数字经济水平和创新要素集聚交互项系数为正,表明交互项对产业链韧性有着积极影响。从空间滞后项结果来看,数字经济水平与

创新要素集聚交互项系数显著为正,且在 1% 显著性水平下通过检验,表明周边城市数字经济发展和创新要素集聚协同对本地区产业链韧性具有积极作用。模型回归结果验证了本研究提出的假设 H1a 和 H1b。

将空间效应进行进一步分解,得到的结果如表 7 所示,数字经济和创新要素集聚交互项的直接效应、间接效应和总效应均为正,表明数

字经济和创新要素集聚协同对产业链韧性有促进作用。一方面,数字经济发展带动创新投入,吸引创新要素聚集,而创新要素集聚程度提高所带来的技术创新效应和人力资本效应对产业链韧性有促进作用。另一方面,创新要素集聚在数字经济高配置效率下会激发更多实质性创新,提升区域创新水平。同时,数字经济发展能够为创新提供更多融资渠道,提高资金配置质

表 6 混合回归和空间杜宾固定效应模型

变量	混合回归	时间固定	空间固定	时间和空间固定
<i>Dig</i>	-0.918*** (0.000)	-1.079*** (0.000)	-1.000*** (0.000)	-1.083*** (0.000)
<i>INN</i>	-1.532*** (0.000)	-1.917*** (0.000)	-1.617*** (0.000)	-1.940*** (0.000)
<i>Pgdp</i>	0.016* (0.087)	-0.006* (0.060)	0.005*** (0.000)	-0.006* (0.061)
<i>Pden</i>	-0.025*** (0.001)	0.006 (0.628)	-0.019*** (0.001)	0.010 (0.424)
<i>FDI</i>	0.001 (0.672)	0.002** (0.039)	0.001 (0.104)	0.002** (0.019)
<i>FD</i>	0.002* (0.070)	0.002*** (0.000)	0.002*** (0.000)	0.002*** (0.000)
<i>GOV</i>	0.011 (0.659)	-0.075*** (0.001)	0.021* (0.077)	-0.060** (0.011)
<i>Dig*INN</i>	2.654*** (0.000)	3.017*** (0.000)	2.766*** (0.000)	3.061*** (0.000)
<i>W*Dig</i>		-1.019*** (0.000)	-1.455*** (0.000)	-1.149* (0.065)
<i>W*INN</i>		-3.743*** (0.000)	-0.869** (0.045)	-4.453*** (0.000)
<i>W*Dig* INN</i>		5.849*** (0.000)	1.808*** (0.006)	6.473*** (0.000)
<i>rho</i>		-0.233*** (0.002)	-0.047 (0.657)	-0.232** (0.035)
<i>N</i>	3 113	3 113	3 113	3 113
<i>R²</i>	0.690	0.483	0.545	0.455
<i>Log-L</i>	6 119.972	7 058.051	6 208.283	7 067.617
<i>AIC</i>	-12 221.900	-14 080.100	-12 380.570	-14 099.200
<i>BIC</i>	-12 167.600	-13 971.320	-12 271.790	-13 990.500

量和效率,形成数字经济和创新要素集聚的良性循环互动。数字经济和创新要素集聚交互还将对周边产业链韧性产生积极影响。数字经济和创新要素集聚交互使得传统资源竞争发生改变,减少了信息不对称。同时,创新成果的共享和数字经济技术优势的发挥,对周边地区产业链韧性也具有推动作用。

表 7 空间效应分解

变量	直接效应	间接效应	总效应
Dig	-1.081***	-0.745*	-1.827***
	(0.000)	(0.079)	(0.000)
INN	-1.940***	-3.298***	-5.238***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Pgdp	-0.006*	0.078*	0.072*
	(0.091)	(0.063)	(0.084)
Pden	0.010	0.122	0.133
	(0.432)	(0.204)	(0.164)
FDI	0.002*	0.001	0.003
	(0.066)	(0.935)	(0.778)
FD	0.002***	-0.003	-0.001
	(0.000)	(0.595)	(0.877)
GOV	-0.058**	-0.062	-0.120
	(0.014)	(0.759)	(0.537)
Dig*INN	3.057***	4.760***	7.817***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)

(六)稳健性和内生性检验

本研究使用以下方法检验模型稳健性:一是替换被解释变量。前文通过计算产业多样化指数,即赫希曼-赫芬达尔指数(HHI)的倒数以表征产业链抵抗力,HHI能够相对准确反映产业或市场的相对集中度,但结果可能存在失真,即较高的HHI不能反映出较高的产业集聚度,较低的HHI也无法表明产业集聚不会发生。因此,本文采用克鲁格曼多样化指数(DIV)和区域熵指数(SE)对赫希曼-赫芬达尔指数进行替换,用克鲁格曼多样化指数和区域熵指数衡量地区之间产业结构和产业分工的差异。克鲁格曼多样化指数公式和区域熵指数的计算见

式(7)和式(8):

DIV=1/∑|V_{ik}-V_k|

(7)

SE=∑ⁿ_{ij}S_{ij}lnS_{ij}⁻¹

(8)

其中, V_{ik} 为地区*i*行业*k*产值比重占地区所有行业产值的比重; V_k 为行业*k*产值占全部所有行业产值的比重。 S_{ij} 为地区*i*的产业*j*所占的产业份额。回归结果如表8列(1)和列(2)所示。二是替换空间权重矩阵。将经济地理嵌套矩阵替换为地理邻接矩阵,结果如表8列(3)所示。三是缩尾处理。为消除异常值影响,对变量进行1%缩尾处理,结果如表8列(4)所示。四是剔除直辖市。由于直辖市和地级市经济体量存在较大差距,因此,剔除北京、天津、上海和重庆四个直辖市,结果如表8列(5)所示。稳健性检验结果表明,在以上四种方法下各变量回归系数和基准回归结果无显著性差异,表明上文结论具有稳健性。

前文建立的固定效应空间杜宾模型,虽然可以减少部分内生性的问题,但是各变量之间不可避免地存在相互影响。为降低内生性问题可能对实证结果造成的影响,一方面,在不考虑空间因素的情况下采用GMM方法解决内生性问题;另一方面,在考虑空间因素的情况下采用空间GMM方法对内生性问题进行处理。Kelejian等^[39]通过数学公式推导证明了 $W_n(I_n-\lambda W_n)^{-1}X_n\beta$ 在理论上是 W_nY_n 较为理想的工具变量;赵放等^[40]进一步的研究表明,外生变量的空间相互作用项(W_nY_n)在一定程度上与理想工具变量接近。因此,本文参考Zhang^[41]的做法,选择 WX 和 W^2X 为工具变量。内生性检验结果如表9所示,各变量回归系数与基准回归结果无显著差异,且 rk -LM和 C -D Wald F 统计量拒绝工具变量识别不足以及弱工具变量假设,表明在控制内生性因素的影响后,本文结论依然稳健。

表 8 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	替换被解释变量	替换被解释变量	替换空间权重矩阵	缩尾处理	剔除直辖市
<i>Dig</i>	−0.975*** (0.000)	−1.029*** (0.000)	−0.724*** (0.000)	−0.128** (0.043)	−0.191*** (0.002)
<i>INN</i>	−1.746*** (0.000)	−1.843*** (0.000)	−1.634*** (0.000)	−0.877*** (0.000)	−0.710*** (0.000)
<i>Dig*INN</i>	2.755*** (0.000)	2.908*** (0.000)	2.538*** (0.000)	1.492*** (0.000)	1.270*** (0.000)
<i>W *Dig</i>	−1.034* (0.065)	−1.092* (0.065)	−1.474*** (0.000)	−3.991*** (0.000)	−3.979*** (0.000)
<i>W *INN</i>	−4.008*** (0.000)	−4.230*** (0.000)	−1.938*** (0.000)	−2.408*** (0.000)	−3.162*** (0.000)
<i>W*Dig*INN</i>	5.825*** (0.000)	6.149*** (0.000)	3.136*** (0.000)	3.680*** (0.000)	4.644*** (0.000)
<i>Spatial rho</i>	−0.232** (0.035)	−0.232** (0.035)	−0.055** (0.038)	0.300*** (0.002)	0.300*** (0.001)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>N</i>	3 113	3 113	3 113	3 113	3 069
<i>R</i> ²	0.455	0.455	0.126	0.349	0.112

表 9 内生性处理

变量	IV-GMM	Spatial-GMM
<i>Dig</i>	−3.507*** (0.000)	−0.128** (0.043)
<i>INN</i>	−3.980*** (0.000)	−0.877*** (0.000)
<i>Dig*INN</i>	−3.507*** (0.000)	1.492*** (0.000)
<i>W *Dig</i>		−3.991*** (0.000)
<i>W *INN</i>		−2.408*** (0.000)
<i>W*Dig*INN</i>		3.680*** (0.000)
<i>Controls</i>	Yes	Yes
<i>rk-LM</i>	31.544***	53.384***
<i>C-D Wald F</i>	15.882	27.044
<i>N</i>	3 113	3 113
<i>R</i> ²	0.524	0.349

六、进一步讨论

(一)区域异质性分析

为深入探究数字经济水平和创新要素集聚对产业链韧性影响的差异,按照区域将样本分为东部地区、中部地区和西部地区三组,结果如表 10 所示。由表 10 可知,交互项系数在东部地区、中部地区和西部地区均显著为正,表明数字经济和创新要素集聚共同作用在所有地区,且具有显著正向作用。进一步考虑空间滞后项,发现东部地区数字经济和创新要素集聚的影响均显著为正,而中部地区和西部地区影响为负。但空间滞后交互项系数在东部地区显著为正、中部地区显著为负、西部地区不显著,表明数字经济水平和创新要素集聚的交互作用在东部地区具有正向溢出作用,在中部地区具有负向溢出作用,而在西部地区的溢

出作用不显著。可能原因在于:东部地区产业链较为完善,创新投入和创新要素集聚水平更高,这不仅对本地区产业链韧性有促进作用,而且对邻近城市也会产生良性影响。中部地区的资源要素流动水平比邻近地区高,城市之间资源要素的竞争会导致对邻近地区的负向溢出作用,而西部地区城市之间则不存在明显的相互影响。

表 10 区域异质性分析			
变量	东部	中部	西部
<i>Dig</i>	−1.596*** (0.000)	−0.383*** (0.000)	−0.575*** (0.004)
<i>INN</i>	−2.344*** (0.000)	−1.624*** (0.000)	−1.286*** (0.000)
<i>Dig*INN</i>	3.473*** (0.000)	2.653*** (0.000)	2.115*** (0.000)
<i>W*Dig</i>	−2.774*** (0.003)	−0.147 (0.679)	−1.361 (0.280)
<i>W*INN</i>	−3.609*** (0.000)	0.784 (0.174)	−0.579 (0.767)
<i>W*Dig*INN</i>	6.175*** (0.000)	−1.523* (0.097)	0.920 (0.762)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes
<i>N</i>	1 100	1 353	660
<i>R</i> ²	0.167	0.550	0.201

(二)城市规模异质性分析

依据 2014 年国务院颁布的《国务院关于调整城市规模划分标准的通知》,将城区常住人口 50 万以下的城市划分为小城市,城区常住人口 50 万以上 100 万以下的城市划分为中等城市,城区常住人口 100 万以上 500 万以下的城市划分为大城市,城区常住人口 500 万以上的城市划分为特大城市。为考虑城市规模对产业链韧性影响的异质性,对城市规模异质性进行分析,回归结果如表 10 所示。由表 10 可知,特大城市、大城市和中等城市的交互项系数均为正,且随着城市规模增大,交互项系数也在增大,而小城市的交互项系数不显著。空间滞后交互项的系数在大城市和特大城市

才表现为正向溢出,对中等城市和小城市产业链韧性的影响不显著。可能原因在于:城市规模会影响资源要素的流动,并且大城市的政策优势较为明显,而中小城市由于基础薄弱,在资源要素流动和政策支持上不具备相关优势,对产业链韧性提升的正向溢出潜力并未得到释放。

表 11 城市规模异质性分析				
变量	小城市	中等城市	大城市	特大城市
<i>Dig</i>	−0.078 (0.457)	−0.286*** (0.000)	−0.439*** (0.001)	−1.499* (0.239)
<i>INN</i>	−0.049 (0.824)	−0.848*** (0.000)	−0.823*** (0.000)	−4.024*** (0.000)
<i>Dig*INN</i>	0.132 (0.699)	1.389*** (0.000)	1.614*** (0.000)	3.889** (0.015)
<i>W*Dig</i>	−0.419 (0.470)	−0.006 (0.988)	−1.344* (0.085)	2.298 (0.533)
<i>W*INN</i>	−1.165 (0.490)	0.715* (0.069)	−1.633** (0.016)	1.560 (0.696)
<i>W*Dig*INN</i>	1.554 (0.556)	−0.639 (0.221)	1.531** (0.033)	1.558* (0.051)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>N</i>	1 177	1 034	781	121
<i>R</i> ²	0.040	0.268	0.071	0.017

(三)聚类分析

进一步采用 Kmeans 均值聚类方法对样本进行分类^[42],结果如图 3 所示。由图 3 可知,样本组内平方和在 K=4 时下降并趋于平缓,故应将样本分为四类,如图 4 所示(注:图 4 为 Kmeans 均值聚类结果)。为直观显示不同分组差异,将 A、B、C、D 组分别定义为“产业协同水平中等”“产业协同水平高”“产业协同水平低”“产业协同水平较高”四种城市群,分组统计结果如图 5 所示。

分组回归结果如表 12 所示。由表 12 可知,数字经济和创新要素集聚交互对产业链韧性的影响只在产业协同水平低的城市不显著,在其他城市中的影响表现为正向。空间滞后交互项系数只在产业协同水平高的地方显著为正,对

其他城市的影响不显著。这表明,数字经济和创新要素集聚交互作用在产业协同水平高、较高、中等的地区都有正向促进作用,但是只有在产业协同水平高的地区才对周边城市有正向溢出作用。由此,假设 H2 得到验证,即数字经济与创新要素集聚对产业链韧性的作用在不同城市特征下体现出显著差异性。

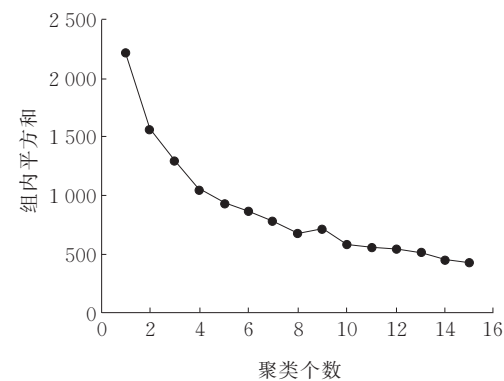


图 3 K-means 均值聚类簇数

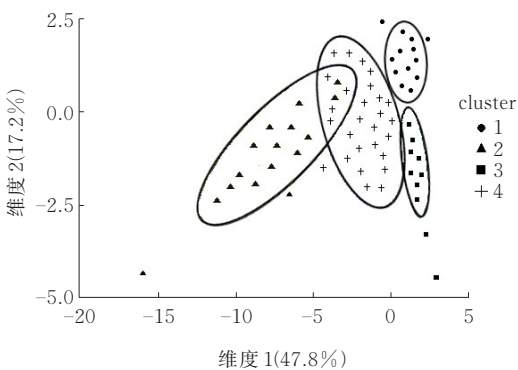


图 4 K-means 均值聚类结果

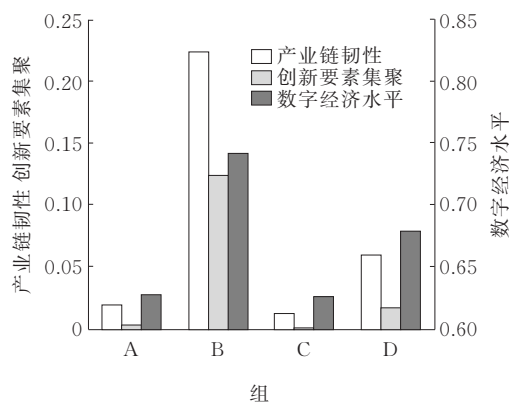


图 5 分组统计结果

表 12 分组回归结果

变量	GroupA	GroupB	GroupC	GroupD
<i>Dig</i>	−0.330*** (0.000)	−0.993 (0.468)	0.056 (0.684)	−0.516** (0.021)
<i>INN</i>	−0.792*** (0.000)	−3.905*** (0.005)	0.895 (0.128)	−0.418 (0.158)
<i>Dig*INN</i>	1.377*** (0.000)	2.868** (0.047)	−1.355 (0.140)	1.082*** (0.010)
<i>W*Dig</i>	−0.322 (0.572)	−4.608 (0.110)	−0.146 (0.855)	−0.961 (0.356)
<i>W*INN</i>	−1.652* (0.084)	−7.310** (0.018)	−3.273 (0.176)	−0.355 (0.788)
<i>W*Dig*INN</i>	2.633 (0.069)	7.537** (0.011)	4.966 (0.197)	0.591 (0.709)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>N</i>	1 683	132	836	462
<i>R</i> ²	0.007	0.209	0.040	0.345

七、结论与政策启示

(一)研究结论

本研究基于 2012—2022 年 283 个地级市面板数据,探讨产业链韧性空间特征以及演变过程,分析数字经济水平和创新要素集聚对产业链韧性的推动作用。结果显示,数字经济和创新要素集聚协同作用对提升城市产业链韧性具有显著正向作用。从空间溢出效应来看,数字经济水平和创新要素集聚协同作用不仅对本地区产业链韧性具有显著促进作用,而且对邻近城市产业链韧性也具有显著促进作用。从地区异质性来看,数字经济和创新要素集聚对本地区都有正向作用,但只有东部地区对邻近城市才具有正向空间溢出作用。从城市规模来看,特大城市和大城市对周边地区产生正向的空间溢出作用,中小城市产业链韧性的提升潜力并未完全释放。均值聚类分析表明,只有在产业协同水平高的地区才会对邻近城市具有正向溢出作用,在其他地区的溢出作用不显著。

(二)政策启示

第一,当前我国产业链“断链”“卡链”等潜在风险依然存在。政府必须高度重视数字经济发展,持续完善数字基础设施建设,深入推进信息技术广泛应用,积极为数字经济发展营造优良的内外外部环境,进而增强产业链韧性。第二,围绕产业链加大创新投入,引导创新要素集聚。强化前沿技术布局,激励战略性新兴产业和未来产业攻克关键核心技术。第三,提高人力资本质量和技术创新能力。积极推动企业与高校、科研院所建立紧密合作关系,加大对教育经费的投入力度。特别是在数字时代,提升人力资本质量应特别注重加强数字技术教育,培养和引进适应数字时代的复合型人才,从而夯实人力资本对产业链韧性提升的基础。第四,优化企业创新的内外外部环境,加大数字经济相关产业的政府补贴力度,积极引导企业应用数字技术,推动产业链数字化转型和升级,将数字经济发展和创新要素有机结合。此外,还应鼓励跨区域产业链创新发展的合作与交流,以提升区域整体创新能力。

[参考文献]

- [1] Bakshi N, Kleindorfer P. Co-opetition and investment for supply-chain resilience[J]. *Production and Operations Management*, 2009, 18(06): 583-603.
- [2] Aldrighetti R, Calzavara M, Martignago M, et al. A methodological framework for the design of efficient resilience in supply networks [J]. *International Journal of Production Research*, 2024, 62(01-02): 271-290.
- [3] Wang J, Liu M F, Chen Y, et al. Influencing factors on green supply chain resilience of agricultural products: an improved gray-DEMATEL-ISM approach[J]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2023, 07.
- [4] 孔陇, 赵福昕. 新发展格局下提升产业链韧性的内涵、耦合逻辑与实践[J]. *财会月刊*, 2023(24): 135-139.
- [5] 陈悦, 周永新, 郑秀峰. 供应链金融生态赋能产业链韧性: 内在机制与实证检验[J]. *金融理论与实践*, 2023(11): 13-23.
- [6] 谢家智, 何雯妤. 现代产业链韧性评价及提升路径[J]. *统计与信息论坛*, 2024(2): 15-28.
- [7] 孟祺. 链长制与产业链韧性: 基于多期 DID 的实证检验[J]. *新疆社会科学*, 2023(1): 55-64.
- [8] 夏铭璐, 张树山, 谷城. 智慧物流对产业链韧性的影响[J]. *中国流通经济*, 2023(9): 23-33.
- [9] 张树山, 谷城, 张佩雯, 等. 智慧物流赋能供应链韧性提升: 理论与经验证据[J]. *中国软科学*, 2023(11): 54-65.
- [10] 吕越, 张杰. 人工智能与产业链韧性提升[J]. *西安交通大学学报(社会科学版)*, 2024(2): 29-38.
- [11] 李萌, 何宇, 潘家华. “双碳”目标、碳税政策与中国制造业产业链韧性[J]. *中国人口·资源与环境*, 2022(9): 22-34.
- [12] 杨洋, 裴童心, 李晓晖, 等. 产业政策对光伏产业链现代化发展的影响分析: 基于创新效率和全要素生产率的视角[J]. *海南大学学报(人文社会科学版)*, 2024(6): 53-63.
- [13] 陈晓东, 刘洋, 周柯. 数字经济提升我国产业链韧性的路径研究[J]. *经济体制改革*, 2022(1): 95-102.
- [14] 陶锋, 王欣然, 徐扬, 等. 数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J]. *中国工业经济*, 2023(5): 118-136.
- [15] ANTRÀS P. Conceptual aspects of global value chains[J]. *World Bank Economic Review*, 2020, 34(03): 551-574.
- [16] 戴翔, 曾令涵, 徐海峰. 企业数字化转型提升出口韧性: 机理及实证[J]. *中国软科学*, 2023(5): 44-53.
- [17] Autor D, Salomons A. Is automation labor share-displacing? productivity growth, employment, and the labor share[J]. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2018, 2018(01): 1-87.
- [18] Ruan S, Choi S. The technological innovation effect of industrial chain under the "double cycle" pattern in the post epidemic era[J]. *International Journal of Technology Management*, 2023, 91(01-02): 68-81.
- [19] 孙红雪, 朱金鹤. 自由贸易试验区设立能否增强中国产业链韧性?: 基于多种创新要素集聚的中介机制检验[J]. *现代经济探讨*, 2023(11): 72-84.
- [20] 姜芮, 孟令航, 刘帮成. 科技创新人才集聚度与区域经济高质量发展的空间特征: 基于空间计量和面板门槛模型的实证分析[J]. *经济问题探索*, 2023(10): 59-72.
- [21] 杨青, 苑春荟. 政府竞争、研发资本集聚与创新绩效[J]. *科技进步与对策*, 2023(6): 14-24.

- [22] Tang C S, Veelenturf L P. The strategic role of logistics in the industry 4.0 era[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2019, 129: 1-11.
- [23] 陶长琪, 丁煜. 数字经济政策如何影响制造业企业创新: 基于适宜性供给的视角[J]. *当代财经*, 2022(3): 16-27.
- [24] 何玉长, 王伟. 数据要素市场化的理论阐释[J]. *当代经济研究*, 2021(4): 33-44.
- [25] Wang H R, Cui H R, Zhao Q Z. Effect of green technology innovation on green total factor productivity in China: Evidence from spatial durbin model analysis[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 288: 125624.
- [26] 潘红玉, 任宇新, 潘为华. 数字经济对产业链高质量发展的影响及空间溢出效应[J]. *科学决策*, 2024(2): 22-38.
- [27] 韩兆安, 吴海珍, 赵景峰. 数字经济驱动创新发展: 知识流动的中介作用[J]. *科学学研究*, 2022(11): 2055-2064, 2101.
- [28] Xu L, Fan M T, Yang L L, et al. Heterogeneous green innovations and carbon emission performance: evidence at China's city level[J]. *Energy Economics*, 2021, 99: 105269.
- [29] 涂磊, 王建新, 李东海. 数字化转型、创新要素集聚与制造业生产率[J]. *工程管理科技前沿*, 2024(5): 76-82.
- [30] 李胜会, 戎芳毅. 知识产权治理如何提升产业链韧性?: 基于国家知识产权示范城市政策的实证检验[J]. *暨南学报(哲学社会科学版)*, 2022(5): 92-107.
- [31] 谷城, 张树山. 数字经济发展与产业链韧性提升[J]. *商业研究*, 2023(5): 1-11.
- [32] 曹晔. 数字新质生产力对产业链韧性的影响研究[J]. *统计与决策*, 2024(10): 23-27.
- [33] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据[J]. *管理世界*, 2020(10): 65-76.
- [34] 王晶晶, 周婕. 国家高新区设立、创新要素集聚与区域创新绩效[J]. *统计与决策*, 2024(1): 184-188.
- [35] 姚树俊, 董哲铭. 我国产业链供应链现代化水平测度与空间动态演进[J]. *中国流通经济*, 2023(3): 32-47.
- [36] Anselin L, Griffith D A. Do spatial effects really matter in regression analysis? [J]. *Papers in Regional Science*, 1988, 65(01): 11-34.
- [37] 陈强远, 殷赏, 程芸倩, 等. 围绕创新链布局产业链: 基于中关村科技园周边新企业进入的分析[J]. *中国工业经济*, 2024(1): 75-92.
- [38] 佟孟华, 褚翠翠, 李洋. 中国经济高质量发展的分布动态、地区差异与收敛性研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2022(6): 3-22.
- [39] Kelejian H H, Prucha I R. A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances[J]. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 1998, 17(01): 99-121.
- [40] 赵放, 刘秉镰. 行业间生产率联动对中国工业生产率增长的影响: 引入经济距离矩阵的空间GMM估计[J]. *数量经济技术经济研究*, 2012(3): 34-48.
- [41] Zhang M L, Liu Y. Influence of digital finance and green technology innovation on China's carbon emission efficiency: empirical analysis based on spatial metrology [J]. *The Science Total Environment*, 2022, 838(part3): 156463.
- [42] Huo D, Zhang X, Meng S, et al. Green finance and energy efficiency: dynamic study of the spatial externality of institutional support in a digital economy by using hidden Markov chain[J]. *Energy Economics*, 2022, 116(12): 106431.