数字技术发展能否推动产业协调发展？*

李　言　　孙献贞

内容提要：探讨数字技术发展对产业协调发展的影响有助于为实现经济高质量发展寻找新的路径。从资源配置效率视角构建数字技术发展影响产业协调发展的作用机制，将微观层面ICT专利授权数汇总到省级层面衡量数字技术，利用熵值法测算产业协调发展，探讨数字技术发展对产业协调发展的影响效应。研究发现：数字技术发展能够推动产业协调发展。在计算机类型数字技术、在沿海地区、在进入新常态之后、在产业协调发展水平较高的地区等情形，数字技术发展对产业协调发展的推动作用更大。机制检验分析结果表明，数字技术发展将通过提高劳动力配置效率渠道推动产业协调发展。空间视角分析结果表明，周围地区数字技术发展有助于推动本地区产业协调发展。

关键词：数字技术发展　产业协调发展　劳动力配置效率　资本配置效率　熵值法

中图分类号：F49　**文献标识码**：A　**文章编号**：1009－5330（2024）01－0085－12

DOI：10.20003/j.cnki.xjshkx.2024.01.008

作者简介：李言，经济学博士，浙江工商大学经济学院副教授（浙江杭州　310018）；孙献贞，浙江财经大学经济学院讲师（浙江杭州　310018）。

一、引言

进入21世纪以来，数字经济逐渐成为一种新的经济社会形态，也成为未来各国经济发展的主要领域。从中国经济发展的角度看，推动数字经济快速发展不仅为经济的稳定增长提供了支撑，也为优化产业结构提供了新路径。根据《中国数字经济发展研究报告（2023年）》，中国2022年数字经济规模达到50.2亿元，同比名义增长10.3%，连续11年高于同期GDP名义增速，占GDP比重达到41.5%。从内部结构看，数字产业化规模占数字经济比重为18.3%，产业数字化规模占数字经济比重为81.7%。数字技术的概念诞生于数字经济的大背景，与产业数字化密切相关，数字产业化是指将信息技术应用于传统行业，促进了传统行业的效率提升以及数字化、自动化转型，① 数字技术的核心是信息与通讯技术（information and communication technology，简称ICT）。随着数字技术对不同产业发展的渗透，数字技术逐渐成为影响产业结构调整的重要因素。从中国产业结构演变的过程看，产业结构调整主要包含产业结构高级化和产业结构合理化两个层面，尽管在不同地区和不同发展阶段，产业结构调整有所侧重，但在经济不同发展过程中，产业结构调整在上述两个层面都实现了进步。伴随中国经济步入高质量发展阶段，构建现代化产业体系的重要性越发突出，产业结构调整问题也需要从更加全面的角度进行分析。因此，探讨数字技术发展对产业协调发展的影响将成为经济高质量发展背景下思考数字经济发展的重要议题。

现有研究主要关注数字经济整体对经济高质量发展的影响。② 数字经济通过动力变革、效率变

* 本文系国家自然科学基金青年项目“人才型住房政策对城市劳动力配置效率的影响研究”（72004202）、浙江省自然科学基金探索项目“城市轨道交通对劳动力配置效率的影响研究”（LQ21G030004）的阶段性研成果。

① 柳洲：《“互联网＋”与产业集群互联网化升级研究》，《科学学与科学技术管理》2015年第8期。

② 荆文君、孙宝文：《数字经济促进经济高质量发展：一个理论分析框架》，《经济学家》2019年第2期；杨虎涛：《数字经济的增长效能与中国经济高质量发展研究》，《中国特色社会主义研究》2020年第3期。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

革和质量变革提高全要素生产率的渠道实现我国经济高质量发展。[①] 产业结构转型作为衡量经济高质量发展的主要内容，也成为数字经济问题研究的重点，然而，现有研究尚未分析数字技术发展对产业协调发展的影响。由于数字技术发展能够提高资源配置效率，[②] 而资源配置是影响产业结构调整的主要因素，[③] 因此，数字技术发展将会影响产业协调发展。与现有研究相比，本文的边际贡献在于：第一，创新地利用全样本微观层面的ICT专利申请数据，从企业和科研机构微观尺度对中国地区数字技术水平进行衡量，为后续数字技术发展问题实证分析提供全样本处理思路。第二，兼顾数字经济发展对产业结构高级化和产业结构合理化的影响，构建产业协调发展指数，从更加系统的角度思考数字技术发展对产业结构的影响效应。第三，从资源配置效率视角切入，构建数字技术发展对产业协调发展的作用机制。随着数字技术的快速发展，数字技术对资源配置过程的渗透度越来越大，提高了市场参与者搜寻匹配效率，进而提高资源配置效率。由于资源配置是影响产业结构调整的主要因素，资源配置效率提高有助于推动产业协调发展。第四，由于数字经济发展具有空间溢出效应，本文进一步利用包含数字技术空间加权项的计量模型分析数字技术发展对产业协调发展可能存在的溢出效应，从区域协调发展角度思考数字技术发展对产业协调发展的影响。

二、文献综述

数字技术是数字经济的重要组成部分，且与产业数字化更加密切。关于产业数字化的早期研究主要围绕产业信息化问题展开，产业的信息化是从企业到行业再到结构全方位信息化过程。[④] Lee等从产业关联的视角出发，认为信息化是产业结构软化和升级的催化剂，产业信息化的发展最终将实现产业结构的高级化。[⑤] 随着互联网技术的推广和应用，产业数字化研究开始关注“互联网+”方面的问题。尽管不同学者和机构组织对于“互联网+”的内涵理解不同，但大致可以归纳为两个方面：一方面是侧重于连接的视角，将“互联网+”视为以互联网平台为基础，利用信息通信技术与生产和生活的各个领域相结合，从而构建起连接一切的新生态；[⑥] 另一方面基于信息技术自我革新所产生的溢出效应视角，将“互联网+”理解为信息技术推广、应用与创新对于经济社会运行效率提升的一个动态过程。[⑦] 随着数字经济的快速发展，相关研究开始直接关注产业数字化方面的研究。祝合良和王春娟则认为产业数字化的核心特征有四个，即数据成为主要生产要素、供求精准匹配所带来的新业态、产业互联网成为转型新动能、“区块链+供应链”提供持续的转型技术支撑。[⑧] 总之，产业数字化是新一代信息通信技术在产业领域中应用和发展，其对传统产业技术升级、产出

① 任保平、李培伟：《数字经济培育我国经济高质量发展新动能的机制与路径》，《陕西师范大学学报》2022年第1期。

② 乌云图、陶克涛、彭俊超：《产业协同集聚、数字技术支持与资源错配》，《科研管理》2023年第1期。

③ 汪前元：《中国产业结构变化的动因和资源配置机制的转换》，《天津社会科学》2002年第6期；王钺：《市场整合、资源有效配置与产业结构调整》，《经济经纬》2021年第6期。

④ Wong P.K., Leveraging the Global Information Revolution for Economic Development: Singapore's Evolving Information Industry Strategy, *Information Systems Research*, 1998, 9 (4), pp.323－341.

⑤ Lee S., Kim M., Park Y., Bohlin E., ICT Co-evolution and Korean ICT Strategy--An Analysis Based on Patent Data, *Telecommunications Policy*, 2009, 33 (5), pp.253－271.

⑥ Caputo A., Pellegrini M. M., Marzi G., The Internet of Things in Manufacturing Innovation Processes, *Business Process Management Journal*, 2016, 22(2), pp.383－402；石喜爱、季良玉、程中华：《“互联网+”对中国制造业转型升级影响的实证研究——中国2003—2014年省级面板数据检验》，《科技进步与对策》2017年第22期。

⑦ Miyazaki S., Idota H., Corporate Productivity and the Stages of ICT Development, *Information Technology and Management*, 2012, 13(1), pp.17－26.

⑧ 祝合良、王春娟：《“双循环”新发展格局战略背景下产业数字化转型：理论与对策》，《财贸经济》2021年第3期。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

效率的提升、甚至是区域产业结构的优化都具有较为显著的作用。①

随着数字经济发展战略的推进，相关研究对数字经济的经济效应进行了多角度分析，关于数字经济发展对产业结构的影响也是学者们关注的重点。姚维瀚和姚战琪基于研发投入强度的中介机制，考察了数字经济发展对产业结构的影响，发现数字经济发展能显著推动产业结构升级，且研发投入强度是数字经济与产业结构升级的中介变量。② 唐洪涛等从产业结构合理化和产业结构高级化维度出发，考察了数字经济发展对产业结构的影响，发现数字经济发展能够显著推动产业结构合理化和产业结构高度化，且主要通过优化资源配置效率、促使数字技术与传统产业融合来实现产业结构升级。③ 刘洋和陈晓东同样肯定了数字经济发展对产业结构合理化和产业结构高级化的推动作用，且主要通过人力资本和科技创新两个渠道作用于产业结构调整。④ 纪园园和朱平芳研究发现数字经济发展能够显著推动产业结构升级，且机制分析发现数字经济通过对生产端和需求端的双重赋能，提升了生产效率，转变了传统的消费模式，从而促进了产业结构升级。⑤ 白雪洁等从产业结构服务化、工业结构高级化、服务业结构高级化和产业互动水平等产业结构维度出发，考察了数字经济发展对产业结构转型影响，发现数字经济发展显著推动了产业结构服务化、工业结构高级化和服务业结构高级化，对产业互动水平的影响为正，但影响并不显著。⑥ 已有研究开始关注数字技术发展对产业结构的影响，且主要关注对产业结构升级的影响。方湖柳等基于长三角地区城市数据，运用多种计量方法分析了数字技术发展对产业结构升级的影响，发现数字技术发展推动了长三角产业结构升级，资源错配改善与企业创新是数字技术发展发挥作用的两个重要渠道。⑦

现有研究大多从数字经济整体的角度分析了数字经济发展对产业结构的影响效应，且主要利用宏观层面数据衡量数字经济，而很少从数字经济内部视角分析数字技术发展对产业协调发展的影响。本文则创新地从微观层面切入，利用 ICT 专利授权的角度衡量数字技术，兼顾产业结构高级化和产业结构合理化两个角度，利用熵值法构建产业协调发展指数，考察数字技术发展对产业协调发展的影响效应，并从资源配置效率渠道构建作用机制。

市场化改革是释放市场活力，推动中国经济实现稳定增长的关键。改革开放以来，中国市场化改革侧重于商品市场，即发挥市场机制对商品的配置作用，而要素市场的改革则相对滞后，地方政府为了吸引更多的要素流入，对要素市场的干预普遍存在，市场价格机制对资源配置的决定性作用被削弱。⑧ 受地方政府之间相互竞争格局的影响，为了吸引更多的劳动力和资本等生产要素流入，地方政府倾向于干预要素价格，主要表现在压低要素价格，使要素实际支付价格低于要素边际产出，这种扭曲价格信号的方式会对要素流动决策产生误导性，降低其搜寻匹配效率。资源配置是影响产业结构调整的主要因素，⑨ 有效的资源配置意味着更高的资源配置效率，而资源配置效率提高

① 张昕蔚、蒋长流：《数据的要素化过程及其与传统产业数字化的融合机制研究》，《上海经济研究》2021 年第 3 期。

② 姚维瀚、姚战琪：《数字经济、研发投入强度对产业结构升级的影响》，《西安交通大学学报》2021 年第 5 期。

③ 唐红涛、陈欣如、张俊英：《数字经济、流通效率与产业结构升级》，《商业经济与管理》2021 年第 11 期。

④ 刘洋、陈晓东：《中国数字经济发展对产业结构升级的影响》，《经济与管理研究》2021 年第 8 期。

⑤ 纪园园、朱平芳：《数字经济赋能产业结构升级：需求牵引和供给优化》，《学术月刊》2022 年第 4 期。

⑥ 白雪洁、宋培、李琳：《数字经济发展助推产业结构转型》，《上海经济研究》2022 年第 5 期。

⑦ 方湖柳、潘娴、马九杰：《数字技术对长三角产业结构升级的影响研究》，《浙江社会科学》2022 年第 4 期。

⑧ 李言：《中国生产要素价格扭曲的变迁：2000—2016 年》，《经济学动态》2020 年第 1 期。

⑨ 刘悦、郑玉航、廖高可：《金融资源配置方式对产业结构影响的实证研究》，《中国软科学》2016 年第 8 期；刘伟、张立元：《资源配置、产业结构与全要素生产率：基于真实经济周期模型的分析》，《经济理论与经济管理》2018 年第 9 期。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

意味着资源被配置到能够发挥其生产潜力的产业中去，产业结构不仅能够不断趋向高级化，也能够不断趋向合理化，进而有助于推动产业协调发展。随着数字技术的快速发展，数字技术发展对资源配置过程的渗透度越来越大，数字技术发展将通过加速劳动力市场和资本市场信息化程度，提高市场供求双方信息搜集和处理能力，有助于扫除引导劳动力和资本合理流动的信息障碍，提高了市场参与者搜寻匹配效率。随着市场参与者搜寻匹配效率的不断提高，资源配置效率更高。所以，数字技术发展有助于提高劳动力配置效率和资本配置效率，进而推动产业协调发展。

假说 1：数字技术发展能够推动产业协调发展。

假说 2：数字技术发展通过提高劳动力和资本配置效率渠道推动产业协调发展。

三、研究设计

（一）指标测算

数字化转型已经全方位渗透经济社会的各个领域，深刻改变了全球的生产组织和贸易结构。本文选择 ICT 专利申请授权数作为产业数字化代理变量。具体做法如下：按照 OECD 专利统计公报中对 ICT 各子领域、国际专利分类号 IPC 的界定范围，借助国家知识产权局开发的“专利信息分析”软件，检索出我国 ICT 领域申请授权的所有专利，然后根据专利申请授权数所对应的省份加总企业或者科研机构的专利数，从而得到地区 ICT 专利申请授权数。最后，利用 ICT 专利申请授权数比上所有专利申请授权数，利用该比值衡量地区产业数字化。为了进一步考察不同 ICT 专利类型的影响，本文还进一步整理出通讯类 ICT 专利、计算机类 ICT 专利和消费类 ICT 专利，然后，将其比上所有专利申请授权数。从测算结果的全国层面均值看，根据图 1，数字技术发展均值呈现先升后降再升的变动过程，总体以上升态势为主。具体来看，在期初，数字技术发展均值为 0.0776，到了期末，数字技术发展均值上升至 0.1227，尤其是在 2008 年之后，数字技术发展呈现稳定上升的变动态势。从测算结果的全国层面标准差看，根据图 1，数字技术发展标准差大致呈现稳定上升的变动过程。具体来看，在期初，数字经济发展标准差为 0.0314，到了期末，数字技术发展标准差上升至 0.0994。以上测算结果分析结果表明，尽管进入 21 世纪以来，中国数字技术发展并未呈现稳定的上升态势，但 2008 年金融危机以来，数字技术发展呈现稳定的上升态势，数字经济实现了快速发展。由于标准差可以用来反应地区发展差异，所以，进入 21 世纪以来，中国数字经济发展的地区差异呈现逐渐扩大的态势。

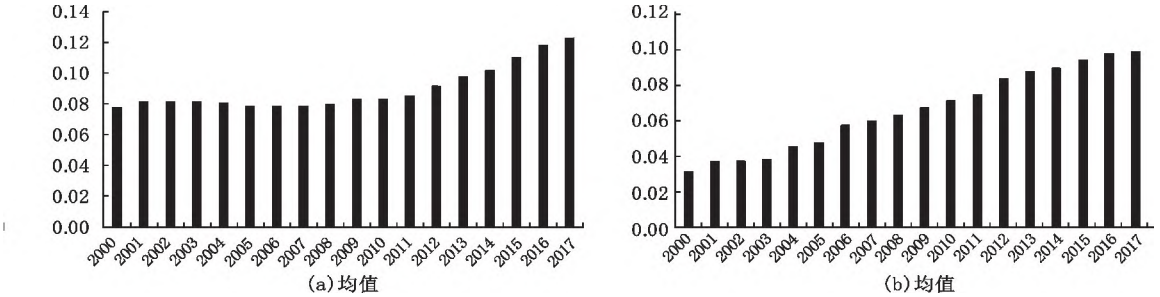


图 1　数字技术发展的测算结果

关于产业协调发展指标，本文主要参考崔丹等的研究，[①] 从产业结构合理化、产业结构高级化和接替产业发展三个维度出发，利用熵值法，测算产业协调发展指数。产业结构合理化和产业结构高级化参考干春晖等的设定，[②] 接替产业发展利用第三产业占 GDP 比重和技术市场成交额占 GDP

① 崔丹、卜晓燕、徐祯、李国平、吴殿廷：《中国资源型城市高质量发展综合评估及影响机理》，《地理学报》2021 年第 10 期。

② 干春晖、郑若谷、余典范：《中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响》，《经济研究》2011 年第 5 期。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

比重衡量。具体步骤如下：

采用极值法将数据标准化，避免在计算指标综合评价值时受原始数据量纲的影响，假设 X_{ij} 为第 i 个地区第 j 项评价指标值，X'_{ij} 为标准化后的数据，由于上面四个指标都属于正向数据，所以标准化式子为：

$$X'_{ij}=\{(X_{ij}-X_{min})/(X_{max}-X_{min})\}\times a+(1-a),\ i=1,2,\cdots,n;\ j=1,2,\cdots,m \tag{1}$$

为了避免极值标准化后的数据包含 0，采用功效系数进行调节，其中 $a=0.9$。然后，利用熵值法根据指标传输给决策者的信息量的大小来确定权重：

计算第 j 项评价指标下第 i 个地区指标值的比重 p_{ij}：

$$p_{ij}=X_{ij}/(\sum_{i=1}^{n}X_{ij}),\ i=1,2,\cdots,n;\ j=1,2,\cdots,m \tag{2}$$

计算第 j 项评价指标的熵值 e_j：

$$e_j=1/\ln(n)\sum_{i=1}^{n}p_{ij}\ln(p_{ij}),\ i=1,2,\cdots,n;\ j=1,2,\cdots,m \tag{3}$$

计算第 j 项评价指标的差异系数 g_j：

$$g_j=1-e_j,\ j=1,2,\cdots,m \tag{4}$$

计算第 j 项评价指标的权重 w_j：

$$w_j=g_j/(\sum_{j=1}^{m}g_j),\ 0\leq w_j\leq 1,\ \sum_{j=1}^{m}w_j=1,\ j=1,2,\cdots,m \tag{5}$$

采用线性加权综合法计算产业协调发展指数 Y_{ij}：

$$Y_{ij}=\sum_{j=1}^{m}w_jX',\ i=1,2,\cdots,n;\ j=1,2,\cdots,m \tag{6}$$

从产业协调发展测算结果的全国层面均值看，根据图 2，进入 21 世纪以来，中国产业协调发展水平并未呈现稳定的上升态势，而是呈现波动的上升态势。具体来看，在期初，产业协调发展水平为 0.0670，到了期末，产业协调发展水平上升至 0.2442。从测算结果的全国层面标准差看，根据图 2，产业协调发展标准差大致呈现先升后降再升的变动过程。具体来看，在期初，产业协调发展标准差为 0.0418，到了期末，产业协调发展标准差上升至 0.1013。以上测算结果分析结果表明，尽管进入 21 世纪以来，中国产业协调发展并未呈现稳定的上升态势，但在进入经济新常态后，产业协调发展呈现稳定的上升态势，不同产业之间的协调发展水平稳步提高。结合地区差异看，产业协调发展地区差异尽管经历了一轮缩小的过程，但由于前期的扩大幅度更大，所以，到了期末，产业协调发展地区差异仍有所扩大。

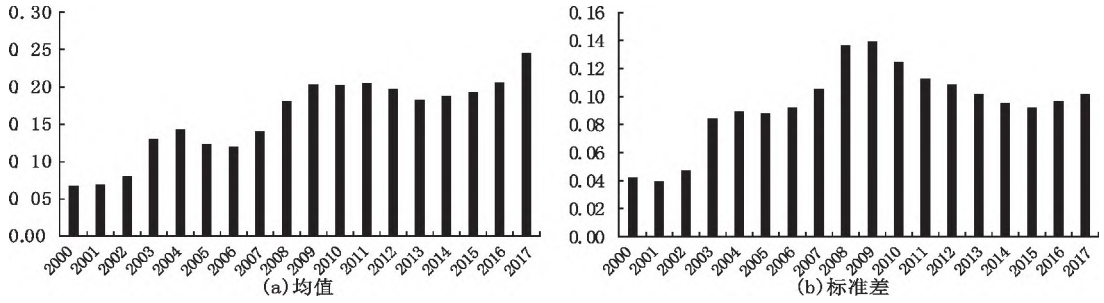


图 2　产业协调发展的测算结果

经过上述处理，数字技术和产业协调发展的数据样本为中国大陆地区 30 个省份 2000—2017 年面板数据，原始数据来自 Cnopendata 数据平台、各省统计年鉴和国家统计局网站。

（二）模型设定

首先，构建数字技术发展影响产业协调发展的计量模型，具体设定如下：

$$indcood_{i,t}=a_0+a_1digtech_{i,t}+\sum_{j=1}^{4}\beta_jX^j_{i,t}+\gamma_i+\theta_t+\varepsilon_{i,t} \tag{7}$$

式（7）中，下标 i 表示省份，下标 t 表示时间，被解释变量 $indcood$ 表示产业协调发展，

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$digtech$ 是数字技术，X 是控制变量，包含经济规模（lngdp）、对外依存度（$open$）、政府财政支出规模（gov）和人口规模（lnpop）。经济规模（lngdp），利用国内生产总值对数衡量；对外依存度（$open$），利用进出口规模比上国内生产总值衡量；政府财政支出规模（gov），利用财政一般预算支出比上国内生产总值衡量；人口规模（lnpop），利用常住人口数量对数衡量。为了控制个体效应和时间效应，采用双固定效应模型，其中，γ 表示个体效应，θ 表示时间效应。a_0 为常数项，ε_{it} 表示随机扰动项，假设服从正态分布。

本文利用包含工具变量思想的中介效应模型对资源配置渠道的机制效应进行检验，由于式（7）分析了数字技术发展对产业协调发展的影响，所以，本文将进一步分析数字技术发展对资源配置效率的影响，以及数字技术发展和资源配置效率对产业协调发展的影响。模型具体设定如下：

$$allox_{i,t} = a_0 + a_1 digtech_{i,t} + \sum_{j=1}^{4}\beta_j X_{i,t}^{j} + \gamma_i + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \tag{8}$$

$$indcood_{i,t} = a_0 + a_1 digtech_{i,t} + a_2 allox_{i,t} + \sum_{j=1}^{4}\beta_j X_{i,t}^{j} + \gamma_i + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \tag{9}$$

式（8）和式（9）的控制变量设定与式（7）相同。机制变量（$allox$）为资源配置效率，利用要素错配指数反向衡量，参考陈永伟和胡伟民的研究，① 测算劳动力错配指数（$allolab$）和资本错配指数（$allocap$）。借鉴 Shave 的处理方式，② 在对式（9）进行回归分析时，采用工具变量法处理机制变量，即利用工具变量替换机制变量，解决工具变量与被解释变量之间可能存在的内生性问题。经过上述处理，控制变量和机制变量的数据样本为中国大陆地区 30 个省份 2000—2017 年面板数据，原始数据来自各省统计年鉴和国家统计局网站。

根据表 1，产业协调发展的最大值为 0.6107，最小值为 0.0439，数字技术的最大值为 0.6569，最小值为 0，两个变量最大值和最小值之间的差异明显。

表 1　　描述性统计

	变量符号	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	$indcood$	540	0.0894	0.0698	0.0439	0.6107
解释变量	$digtech$	540	0.1590	0.1089	0.0000	0.6569
控制变量	lngdp	540	8.7201	1.0547	5.5747	11.0355
	$open$	540	0.3100	0.3830	0.0169	1.7222
	gov	540	0.0965	0.0338	0.0479	0.2452
	lnpop	540	8.1555	0.7571	6.2480	9.3209
机制变量	$allolab$	540	0.4579	0.5008	0.0013	3.8507
	$allocap$	540	0.2238	0.1644	0.0007	1.3703

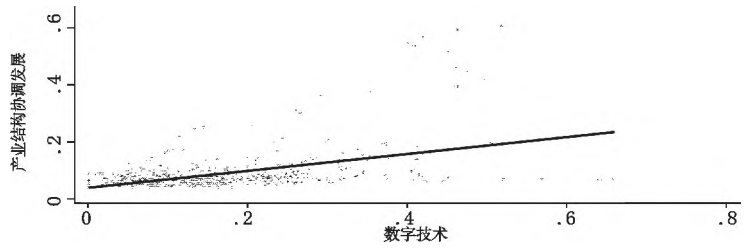


图 3　　数字技术发展与产业协调发展相关性

从数字技术发展与产业协调发展的相关性角度看，根据图 3，数字技术发展与产业协调发展之间呈现正相关关系，两者之间的相关系数为 0.4626，且在 1%水平上显著，本文接下来利用计量模型对数字技术发展对产业协调发展的影响效应及其作用机制展开进一步分析。

① 陈永伟、胡伟民：《价格扭曲、要素错配和效率损失：理论和应用》，《经济学（季刊）》2011 年第 4 期。

② Shaver J. M., Testing for Mediating Variables in Management Research: Concerns, Implications, and Alternative Strategies, *Journal of Management*, 2005, 31(3), pp. 330－353.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

四、实证分析

（一）基准分析

本文先从全国层面分析数字技术发展对产业协调发展的影响。根据表2，无论是否加入控制变量或考虑时间层面固定效应，数字技术发展都对产业协调发展具有显著的正向影响。从控制变量回归结果看，经济规模和经济开放度对产业协调发展具有负向影响，但只有经济规模的影响是显著的，与之相对，政府财政支出规模和人口规模对产业协调发展具有正向影响，但只有经济规模的影响是显著的。经济规模越大或人口规模越大的地区，产业协调发展既面临机遇，也面临阻碍，前者体现在产业发展所需的资源更丰富，后者体现在协调成本更高，从回归结果看，经济规模增加带来的协调成本占主导地位，而人口规模增加带来的资源优势占主导地位。以上全国层面的分析结果表明，加速数字技术发展有助于推动产业协调发展，加速转向经济高质量发展，后文将会进一步对数字技术发展推动产业协调发展的作用机制进行检验。

表2　　全国层面回归结果

变量	*indcood*	*indcood*	*indcood*	*indcood*
digtech	0.1903***	0.0997***	0.2063***	0.1506***
	(11.3331)	(4.5699)	(8.4604)	(6.7942)
ln *gdp*		−0.0051		−0.0570***
		(−1.3551)		(−3.6978)
open		−0.0356***		−0.0138
		(−3.8846)		(−1.4551)
gov		−0.0279		0.0208
		(−0.3322)		(0.2396)
ln *pop*		0.2330***		0.2129***
		(10.1838)		(9.6827)
Constant	0.0591***	−1.7679***	0.0638***	−1.2099***
	(20.4518)	(−9.3866)	(13.7997)	(−5.2533)
N	540	540	540	540
R^2	0.2015	0.4240	0.3454	0.5205
Pro FE	Y	Y	Y	Y
Year FE	N	N	Y	Y
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

注：括号内为系数对应的 t 值；***、**、* 分别表示系数在1%、5%、10%的水平上显著；F 检验的原假设是采用混合回归模型，汇报的是检验的 P 值。表4、表5、表7同表2。

为了克服可能存在的反向因果关系，借鉴钟辉勇和陆铭的处理方式，[①] 本文将解释变量滞后一期，分析其对产业协调发展的影响效应。根据表3，解释变量滞后一期后，其数字技术发展对产业协调发展的影响依然在1%的显著水平下显著，且系数均大于0，说明前面的分析结果是稳健的。

为了克服可能存在的内生性问题，本文利用工具变量法分析数字技术发展对产业协调发展的影响效应。关于工具变量的处理思路，借鉴易行健和周利的处理方式构建数字技术发展工具变量，利用滞后一期的省份数字技术发展与全国层面数字技术发展均值变化率的乘积。[②] 本文采用上述工具变量基于如下考虑：第一，无论是滞后一期的省份数字技术发展，还是全国层面数字技术发展均值变化率，都与当期省份数字技术发展是相关的；第二，由于滞后一期的省份数字技术发展和全国层面数字技术发展均值不会明显受到某个省份产业协调发展的影响，所以，滞后一期的省份数字技术发展和全国数字技术发展均值变化率的乘积对具体某省份而言是相对外生的。根据表3，弱工具变量检验结果表明工具变量不是弱工具变量，且第一阶段回归结果表明，工具变量对解释变量具有显

① 钟辉勇、陆铭：《财政转移支付如何影响了地方政府债务？》，《金融研究》2015年第9期。

② 易行健、周利：《数字普惠金融发展是否显著影响了居民消费——来自中国家庭的微观证据》，《金融研究》2018年第11期。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

著的正向影响。采用工具变量法后，数字技术发展对产业协调发展的影响依然在 1%的显著水平下显著，且系数大于 0，表明数字技术发展能够显著推动产业协调发展，前面的分析结果是稳健的。

为了规避产业协调发展测算方法可能存在的偏误，本文利用主成分分析法重新测算产业协调发展，分析数字技术发展对产业协调发展的影响效应。根据表 3，更换产业协调发展测算方法后，数字技术发展对产业协调发展的影响依然在 1%的显著水平下显著，且系数大于 0，表明数字技术发展能够显著推动产业协调发展，前面的记住分析结果是稳健的。

随着机器学习方法的快速发展，已有研究采用机器学习方法分析因果关系，① 并利用该方法对政策实施的经济效应展开评估。② 本文参考 Chernozhukov 等的处理思路，③ 采用纠偏机器学习方法考察数字技术发展对产业协调发展的影响效应。具体处理思路如下：

$$indcood_{i,t} - ML_{indcood}(X) = \alpha(digtech_{i,t} - ML_{indcood}(X)) + \varepsilon_{i,t} \tag{10}$$

式（10）中，$ML_{indcood}(X)$ 表示利用机器学习方法预测被解释变量，$ML_{digtech}(X)$ 表示利用机器学习方法预测解释变量，以上预测过程中的协变量与前文计量模型控制变量的设定相同，回归系数 α 表示数字技术发展对产业协调发展的影响效应。根据表 3，采用机器学习方法后，数字技术发展对产业协调发展的影响依然在 1%的显著水平下显著，且系数大于 0，表明数字技术发展能够显著推动产业协调发展，前面的记住分析结果是稳健的。

表 3　　稳健性分析回归结果

变量	解释变量滞后一期	工具变量法	更换被解释变量测算方法	机器学习	缩尾样本
$digtech_{-1}$	0.9766*** (5.9320)	0.2264*** (5.5816)	1.1528*** (5.4530)	0.6894*** (42.2238)	0.0417*** (3.4500)
Controls	Y	Y	Y	Y	Y
Constant	−3.3145* (−1.8645)		−11.5402*** (−5.2535)	−0.0001 (−0.0171)	0.4493*** (4.5619)
第一阶段回归					
IV		0.5073*** (15.4777)			
N	510	480	540	540	540
R^2	0.6500		0.5080		0.4721
Pro FE	Y	Y	Y	Y	Y
Year FE	Y	Y	Y	Y	Y
F	0.0000		0.0000		0.0000
C − D Wald F		239.5600 (16.3800)			

注：括号内为系数对应为 *t* 值；***、**、* 分别表示系数在 1%、5%、10%的水平上显著；*F* 检验的原假设是采用混合回归模型，汇报的是检验的 *P* 值；*C − D Wald F* 检验的原假设是工具变量相关性较弱，汇报的均是检验值，括号中是检验对应的 10%显著性水平临界值。

为了考虑可能存在的异常值对回归结果的影响，本文进一步对样本进行 10%和 90%的缩尾处理，即将解释变量和被解释变量小于 10%和大于 90%分位数的样本值更换为 10%和 90%分位数对应的数值。根据表 3，对样本进行缩尾处理后，数字技术发展对产业协调发展的影响依然在 1%的显著性水平下显著，且系数大于 0，表明数字技术发展能够显著推动产业协调发展，前面的记住分析结果是稳健的。

① 彭方平、王茹婷、廖敬贤：《银行竞争、企业债务与“脱虚向实”——基于双重机器学习方法》，《经济理论与经济管理》2023 年第 3 期。

② 张涛、李均超：《网络基础设施、包容性绿色增长与地区差距——基于双重机器学习的因果推断》，《数量经济技术经济研究》2023 年第 4 期。

③ Chernozhukov V., Chetverikov D., Demirer M., Duflo E., Hansen C., Newey W., Robins J., Double/Debiased Machine Learning for Treatment and Structural Parameters, *Econometrics Journal*, 2018, 21(1), pp.1−68.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

（二）异质性分析

由于中国地区数字经济发展和产业协调发展呈现区域层面和发展阶段的差异性，本文将会从分ICT专利类型、分地区、分时段、分位数等角度考察数字技术发展影响产业协调发展的异质性。根据表4，从分ICT专利类型异质性分析结果看，无论是哪种专利类型的数字技术，数字技术发展对产业协调发展的影响都是正向影响，即不同类型的数字技术发展会显著推动产业协调发展，且计算机类型和消费类型数字技术的影响均是显著的。从影响幅度看，计算机类型数字技术情形的数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大，而消费类型数字技术情形的数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更小。以上结果表明，从数字技术内部看，不同类型的ICT专利都将起到推动产业协调发展的作用，尤其是推动计算机类型数字技术。由于计算机类型数字技术是数字技术的核心，且更加具有网络特征，所以，其对资源配置的影响也最大，进而对产业协调发展的推动作用最明显。

表4　　分ICT专利类型层面回归结果

变量	*indcood*	*indcood*	*indcood*	*indcood*
digtech	0.1506*** (6.7942)			
digtech_tele		0.1870*** (4.4610)		
digtech_compu			0.4328*** (8.2568)	
digtech_consu				0.1017 (0.5976)
Controls	Y	Y	Y	Y
Constant	−1.2099*** (−5.2533)	−1.3236*** (−5.5619)	−0.9224*** (−3.9453)	−1.6129*** (−6.8079)
N	540	540	540	540
R^2	0.5205	0.4958	0.5395	0.4756
Pro FE	Y	Y	Y	Y
Year FE	Y	Y	Y	Y
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

从分地区层面异质性分析结果看，本文主要从东部、中部和西部三大地区①角度展开分析。关于三大地区的划分，参考国家统计局网站对三大地带的划分标准，根据表5，无论是在哪个地区，数字技术发展对产业协调发展均具有正向影响，且上述影响在东部和中部地区是显著的。从影响幅度大小看，在东部地区的影响幅度最大，而在西部地区的影响幅度最小。上述结果表明，尽管在经济发展水平不同的地区，推动数字技术发展都将对产业协调发展产生正向影响，但仍存在显著的区域差异，即在经济发展水平较高的东部地区，数字技术发展对产业协调发展的推动作用更加明显，出现上述结果的原因在于，在东部地区，数字经济发展具有领先地位，根据赛迪顾问发布的《2022中国数字经济发展研究报告》，北京、上海、深圳、杭州、广州位居前五位，且都位于东部地区。数字经济的快速发展使得数字技术对经济发展渗透的程度和范围都更大，更容易发挥推动产业协调发展的作用。

从分时段层面异质性分析结果看，根据表5，无论是在新常态之前，还是在新常态之后，推动数字技术发展对产业协调发展均具有正向影响，且上述影响均是显著的。从影响幅度大小看，相较于进入新常态之前，在进入新常态之后的影响幅度更大一些，与分地区层面的差异相比，分时段的影响差异较小。上述结果表明，尽管在进入新常态之后，经济增速放缓，但推动数字技术发展依然能够显著推动产业协调发展，且影响幅度有增无减，该结果一方面是数字经济发展战略持续推进的

① 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南，中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南，其他大陆地区省份属于西部地区。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

结果，尤其是 2016 年 G20 杭州峰会通过《G20 数字经济发展与合作倡议》，为数字经济发展注入了新的动力，另一方面则是数字技术对产业结构调整逐渐渗透的结果。

表 5　　分地区和分时段层面回归结果

变量	全国	东部地区	中部地区	西部地区	2000—2012	2013—2017
digtech	0.1506*** (6.7942)	0.1563*** (3.5875)	0.1003*** (4.3203)	0.0120 (0.4385)	0.1003*** (5.8810)	0.1072*** (5.8846)
Controls	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Constant	−1.2099*** (−5.2533)	−1.3218*** (−2.6691)	1.0823*** (2.9047)	0.4165 (1.1489)	−0.8322*** (−3.7830)	−0.9300*** (−4.1949)
N	540	198	144	198	360	390
R^2	0.5205	0.6947	0.7059	0.4975	0.4028	0.4178
Pro FE	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Year FE	Y	Y	Y	Y	Y	Y
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

从分位数层面异质性分析结果看，本文利用面板分位数模型分析在产业协调发展水平不同的情形下，数字技术发展对产业协调发展的影响。根据图 4，在所有分位数层面，数字技术发展对产业协调发展的回归系数都是大于 0 且显著的，表明无论在哪个分位数层面，数字技术发展都能够显著推动产业协调发展。进一步从回归系数大小看，随着分位数的提高，回归系数逐渐增大，表明在产业协调发展水平越高的地区，数字技术发展对产业协调发展的推动作用越大。出现上述结果的原因在于，产业协调发展水平越高的地区，数字技术发挥推动作用可能面临的阻碍越小，数字技术发展能够更好地优化资源配置，进而推动产业协调发展。

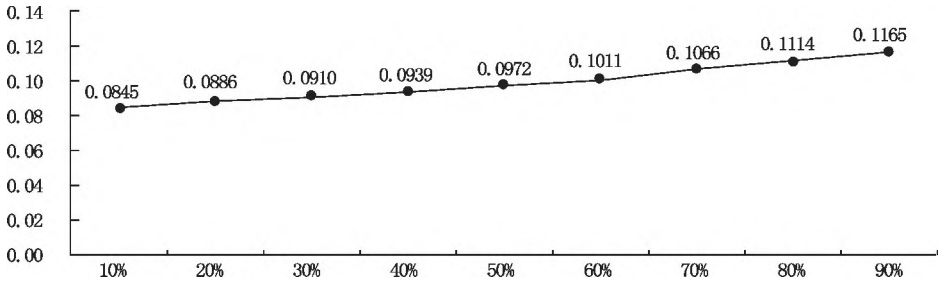


图 4　　面板分位数回归结果图

（三）机制分析

本文接下来进一步考察数字技术发展影响产业协调发展的影响机制，即分析数字技术发展对资源配置效率的影响效应，以及数字技术发展和资源配置效率对产业协调发展的影响效应。首先分析劳动力配置效率渠道，从数字技术发展对劳动力配置效率的影响看，根据表 6，数字技术发展对劳动力错配具有显著负向影响。从数字技术发展和劳动力配置效率对产业协调发展的影响看，劳动力配置效率的工具变量的设定同样借鉴 Bartik、易行健和周利的处理方式，① 根据表 6，数字技术发展对产业协调发展具有显著的正向影响，而劳动力错配对产业协调发展具有显著的负向影响，且 *Sobel* 检验结果显示机制效应是存在的。联合起来看，数字技术发展将通过提高劳动力配置效率渠道推动产业协调发展。

接下来分析资本配置效率渠道，从数字技术发展对资本配置效率的影响看，根据表 6，数字技术发展对资本错配具有负向影响，但影响并不显著。从数字技术发展和资本配置效率对产业协调发展的影响看，资本配置效率的工具变量的设定同样借鉴 Bartik、易行健和周利的处理方式，② 根据表 6，数字技术发展对资本错配具有显著的负向影响，而资本错配对产业协调发展具有显著的负向影响，但 Sobel 检验结果显示机制效应并不存在。

①② 易行健、周利：《数字普惠金融发展是否显著影响了居民消费——来自中国家庭的微观证据》。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 6　　资源配置效率渠道分析回归结果

变量	*allolab*	*indcood*	*allocap*	*indcood*
digtech	−0.5426*** (−3.7036)	0.1081*** (3.8901)	−0.0485 (−0.4120)	0.1318*** (6.3547)
allolab		−0.0560* (−1.7931)		
allocap				−0.0651*** (−4.1970)
Controls	Y	Y	Y	Y
Constant	14.2503*** (9.3606)		4.2216*** (3.4515)	
N	540	510	540	510
R^2	0.5272		0.1956	
Pro FE	Y	Y	Y	Y
Year FE	Y	Y	Y	Y
F	0.0000		0.0000	
Sobel		0.0531		0.3409

注：括号内为系数对应为 *t* 值；***、**、* 分别表示系数在 1%、5%、10%的水平上显著；*F* 检验的原假设是采用混合回归模型，*Sobel* 检验的原假设是机制效应并不存在，汇报的均是检验对应的 *P* 值。

（四）空间视角分析

鉴于数字经济发展具有的网络效应，本文接下来进一步分析相邻地区数字技术发展对产业协调发展的影响效应。模型具体设定如下：

$$indcood_{i,t} = a_0 + a_1 digtech_{i,t} + a_2 Wdigtech_{i,t} + \sum_{j=1}^{4}\beta_j X_{i,t}^{j} + \gamma_i + \theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

式（11）中，*Wdigtech* 是空间加权数字技术，空间矩阵采用邻接矩阵，即相邻地区设置为 1，非相邻地区设置为 0。当空间加权数字技术回归系数大于 0 时，表明周边地区数字技术发展对本地区产业协调发展具有正向影响。*X* 是控制变量，设定方式同上文基准分析模型。由于模型设定并未包含被解释变量的空间加权项，故采用面板数据模型估计方法，并在此过程中考虑双向固定效应。

根据表 7，加入相邻地区数字技术之后，本地区数字技术发展依然会对产业协调发展具有显著的正向影响，且相邻地区数字技术发展也对本地产业协调发展具有显著的正向影响，且无论是否考虑控制变量，上述影响都是显著的。上述分析结果表明，推动数字技术发展对产业协调发展的影响具有溢出效应，即本地推动数字技术发展将对周边地区产业协调发展产生正向的溢出效应，周边地区推动数字技术发展也将对本地产业协调发展产生正向的溢出效应，因此，在下一步推动数字技术发展过程中，需要纳入区域一体化发展思维，更好地释放数字技术所具有的溢出效应。

表 7　　空间视角全国层面回归结果

变量	*indcood*	*indcood*
digtech	0.2107*** (8.6392)	0.1550*** (6.9573)
Wdigtech	0.0815** (2.1224)	0.0573* (1.6825)
Controls	N	Y
Constant	0.0576*** (10.5720)	−1.1377*** (−4.8654)
N	540	540
R^2	0.3514	0.5233
Pro FE	Y	Y
Year FE	Y	Y
F	0.0000	0.0000

综合上述分析结果，无论是基准分析还是异质性分析都显示，数字技术发展有助于推动产业协调发展，表明数字技术发展可以通过推动产业高质量发展的方式推动经济高质量发展。从分 ICT 专利类型层面看，推动计算机类型数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大；从分地区层面看，在东部地区数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大；从分时段层面看，进入新常态之后

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大；从分位数层面看，在产业协调发展水平较高的地区，数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大。机制分析结果表明，数字技术发展将通过提高资源配置效率渠道推动产业协调发展，且主要通过提高劳动力配置效率。空间视角分析结果表明，数字技术发展对产业协调发展的推动作用具有溢出效应，即周边地区数字技术发展对本地区产业协调发展具有正向影响。

五、结论与启示

随着中国经济转向高质量发展阶段，加之数字经济的快速发展，审视数字经济发展对产业结构的影响成为重要议题，现有研究从数字经济整体的角度分析了数字经济发展对产业结构的影响效应，且主要利用宏观层面数据衡量数字经济。本文则创新地从企业 ICT 专利授权的角度衡量数字技术，考察数字技术发展对产业协调发展的影响效应，并从资源配置效率渠道构建影响机制。鉴于数字经济发展具有的网络效应，本文进一步考察了数字技术发展对产业协调发展的溢出效应。实证分析得到的主要结论如下：

第一，数字技术发展有助于推动产业协调发展。从全国层面看，数字技术发展对产业协调发展具有显著的正向影响，数字技术水平增加 1 个单位将使产业协调发展增加 0.1506 个单位。从分 ICT 专利类型、分地区、分时段和分位数的异质性分析都肯定了数字技术发展对产业协调发展的影响，但上述影响存在异质性。从分 ICT 专利类型层面看，推动计算机类型数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大；从分地区层面看，在东部地区数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大；从分时段层面看，进入新常态之后数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大；从分位数层面看，在产业协调发展水平较高的地区，数字技术发展对产业协调发展的影响幅度更大。

第二，数字技术发展将通过资源配置效率渠道作用于产业协调发展。机制分析结果表明，数字技术发展将会通过提高资源配置效率渠道推动产业协调发展，尤其是劳动力配置效率渠道。进一步空间视角的分析结果表明，推动数字技术发展对产业协调发展的影响具有溢出效应，即本地推动数字技术发展将对周边地区产业协调发展产生正向的溢出效应，周边地区推动数字技术发展将对本地产业协调发展产生正向的溢出效应。

根据以上结论，为了更好地实现数字技术发展对产业协调发展的推动作用，本文认为需要注意以下三个方面：

首先，关注产业之间的协调发展问题，推动产业现代化发展。随着中国经济步入高质量发展阶段，产业发展不能再仅仅关注高级化问题或合理化问题，而需要从高质量发展角度思考产业发展，重视不同产业之间的协调发展。产业协调发展应该是高级化和合理化的有机结合，而是两者的简单整合，而是要发挥两者之间的互动作用，进而从一个有机整体角度推动产业现代化发展。

其次，加速数字技术发展，挖掘其对产业协调发展的推动作用。根据前面异质性分析所得结论，各地应该结合自身发展条件制定因地制宜的数字技术发展战略。比如加快推进“东数西算”发展战略，发挥不同地区在数字经济发展方面的比较优势，实现优势互补的格局，从区域一体化发展角度推动数字经济高质量发展，更好地激发不同地区数字技术发展对产业协调发展的推动作用。

最后，构建更加适宜的外部环境，放大数字技术发展对产业协调发展的推动作用。任何经济发展战略都应该考虑与其他发展战略相结合，实现组合式发展战略“1＋1＞2”的实施效果。根据机制分析所得结论，下一步推进数字经济发展战略的过程中，可以将其与要素市场化配置改革相结合，协调推进要素市场化改革和数字技术发展，减少阻碍数字要素流动的障碍，放大数字技术发展对产业协调发展的推动作用。

责任编辑：王慧君

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net