

数字经济与制造业深度融合发展:测度评价与微观影响

周亚虹 任欣怡 王维然*

摘要: 本文在分析数字经济与制造业深度融合内在逻辑的基础上,测算并分析了2014—2022年中国省级数字经济与制造业的融合程度,同时将研究视角从产业层面拓展到微观层面,进一步考察了数字经济与制造业融合水平对制造业企业数字化转型的影响。结果表明:我国数字经济与制造业的融合发展不断加深,但仍存在融合深度不足、进展缓慢、区域差异等问题。实证检验表明:数字经济与制造业的融合不仅能够驱动微观层面制造业企业的数字化转型,而且能够扩展以人工智能与区块链技术为代表的数字技术覆盖广度;进一步地,制造业企业的数字化转型将提升企业全要素生产率,并优化企业的行业结构与空间布局。政策启示以提升制造业的“智改数转网联”为核心,通过强化支撑供给、构建微观机制、完善产业生态、优化空间布局,实现数字经济与制造业的深度融合发展。

关键词: 数字经济;制造业;深度融合;数字化转型

中图分类号: F424;F49

一、引言

党的二十大报告强调,加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群。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》也提出,加快推进新型工业化,培育壮大先进制造业集群,推动制造业高端化、智能化、绿色化发展。这为推动数字经济与制造业的深度融合发展指明了方向。在新一轮科技革命和产业革命快速发展的时代背景下,数字经济产生的新业态与实体经济融合呈现更深、更广、更多元化的发展趋势。而制造业作为我国的传统优势产业,是实体经济的核心与基础,数字经济与制造业融合发展是现阶段推进数实

*周亚虹,上海财经大学经济学院、上海财经大学数理经济学教育部重点实验室、新疆师范大学(访问教授),邮政编码:200433,电子信箱:Yahong.zhou@mail.shufe.edu.cn;任欣怡(通讯作者),上海财经大学经济学院,邮政编码:200433,电子信箱:renxinyi99@126.com;王维然,新疆师范大学商学院,邮政编码:830017,电子信箱:549175138@qq.com。

本文获得国家自然科学基金重点专项项目“政策试点改革中的策略性互动行为建模与仿真优化研究”(72342034)、国家自然科学基金面上项目“半参数计量经济学的理论与方法的创新研究——基于个体异质性和相依性的经济学分析”(72173083)的资助。感谢匿名审稿人和编辑部提出的宝贵修改意见,作者文责自负。

融合的重点领域。

近年来学术界对数字经济与制造业融合发展进行了深入的研究。在数字经济领域重点关注了其发展现状与水平测度(许宪春、张美慧,2020;刘军等,2020),普遍认为我国数字经济规模在快速增长,数字产业对社会经济具有巨大正外部性(王俊豪、周晟佳,2021)。对数字经济与制造业融合发展的研究相继展开:一是从融合的机制与模式展开的理论研究。杨蕙馨和焦勇(2023)基于数字经济时代的产业融合发展新特征,研究产业融合发展对制造业高质量发展的表现形态;史宇鹏(2021)从产品、技术和组织层面,认为数实融合为制造业提质增效和转型升级提供了新动能;柳毅等(2023)则探究了数字经济促进传统制造业产业链和创新链融合的作用机制与影响。也有学者认为数字经济与制造业深度融合推动新型工业化的逻辑体现在技术、产业、企业和生态四个层面(任保平,2024)。二是数字经济时代制造业高质量发展的研究。相关研究从制造业企业全要素生产率提升(李治国、王杰,2021)、制造业生产率提升(黄群慧等,2019)、制造业转型升级(李春发等,2020)等角度展开,探究了数字经济背景下制造业高质量发展的实现路径,表明数字经济与制造业协调发展的必要性。三是数字经济与制造业融合测度的研究。在产业融合领域,武晓婷和张恪渝(2021)运用投入产出法测度数字经济产业与制造业的关联融合指数;阳立高等(2023)基于耦合协调理论,测度数字经济和制造业融合发展指数并分析其时空特征。现有研究重点关注了数字经济与制造业融合的整体发展趋势,而这些从宏观层面展开的理论分析,仅强调二者融合发展对制造业的改造,缺乏在中观产业层面的定量测度,且融合发展对微观企业影响机制的研究也有待展开。

基于此,本文研究思路为:在运用系统耦合模型原理探究我国数字经济与制造业深度融合发展内在逻辑的基础上,以系统性框架视角为出发点,将数字经济与制造业视为两个系统,通过构建耦合协调度评价体系,定量分析数字经济与制造业的融合程度,考察数字经济与制造业融合对制造业企业数字化转型的影响。

本文主要边际贡献与创新点为:在理论建构方面,本文在数字经济与制造业系统耦合“科技-产业”新范式下,从产业的规模、效率、绿色、创新视角分析了数字经济与制造业深度融合的内在机理。在效应评估方面,本文不仅基于耦合协调度的测算结果,进一步识别了数字经济与制造业深度融合对制造业企业数字化转型的微观影响,并且从数字技术覆盖广度与应用深度的双重视角,探究融合发展对数字化转型方向的影响。在经济绩效方面,本文从效率和结构双维度,不仅进一步探索数字经济与制造业融合发展下,数字化转型对制造业企业全要素生产率的优化作用,并且深入剖析数字化转型对制造业企业行业结构与空间布局的潜在影响。

二、数字经济与制造业深度融合发展的内在逻辑

现有关于数字经济与制造业深度融合的研究主要从我国制造业与数字产业的关联融合效应的角度展开(武晓婷、张恪渝,2021),而本文认为数字经济与制造业的深度融合是一个系统工程,其中各个子系统之间存在相互作用和相互依赖的关系,即耦合关系。数字经济与制造业的耦合是一个复杂的动态过程,涉及技术渗透、产业变革、相互支撑等多个方面,在这一过程中数字经济与制造业的要素、结构、功能和环境各子系统相互渗透。在耦合关系基础上,各个子系统之间要协同工作才能实现深度融合的目标。数字经济与制造业深度融合表

现为耦合协调。耦合体现为数字经济与制造业之间的相互影响和相互依赖,而协调则体现为二者相互作用的良性程度,即数字经济与制造业之间在耦合协调的基础上以和谐的方式共同发展,通过耦合协调实现深度融合。在数字经济与制造业耦合协调基础上实现的深度融合又进一步表现为“技术-经济”范式(Perez,2010)的拓展改进,即制造业在“技术-经济”范式的要素体系中融入新的数字技术和数据要素,形成一种“科技-产业”新范式。在这一新范式下,新的数字技术融入制造业,新的数据要素进入制造业,带来制造业的系统性重构,提高数字经济与制造业的耦合度和协调度,从而促进二者的融合深度。这表明:数字经济与制造业的深度融合是在数字技术获得关键性突破后,通过数字技术创新对传统制造业产业进行全链条改造实现的。一方面,在“科技-产业”新范式下,数字技术手段与平台化模式的运用,在数字经济与制造业的耦合协调中推动制造业向高附加值与高技术含量的创新模式转变,着眼于数字经济核心技术在制造业生产与应用角度对效益的提升,改造制造业的生产方式与技术方式,推动制造业全生态的数字化转型升级。其中,数字经济的信息化和网络化保障了多元主体的泛在连接与协同迭代(钞小静等,2021),数字化与智能化利用大数据作为要素基础提升了融合的渗透度与纵深度,平台化发展模式则促进了产业主体的高效耦合与协同。另一方面,在“科技-产业”新范式下,数字经济与制造业的深度融合在制造业中扩大了新一代数字技术的应用场景,并把创新技术应用的重点放在制造业创新体系上,推动数字经济向制造业应用领域的纵深推进。在数字经济与制造业的耦合协调中,二者的深度融合不能仅局限在制造业的生产流程与物理空间内,而是要将数字经济渗入制造业的全领域、全周期、全生态中(李晓华,2022)。数字经济与制造业的耦合协调推动的深度融合也不仅仅是技术要素的物理汇聚,更需要充分激发数字经济的乘数作用,推动制造业产业基础能力高级化。据此,本文认为数字经济与制造业深度融合的内在逻辑是在数字经济与制造业的耦合协调中,利用数字经济的技术特征赋能制造业的生产流程、供应链、价值链与产业生态,以实现制造业产业在规模、效率、绿色以及创新领域的高质量发展。这一理论逻辑即是本文构建指标体系的理论基础。在“科技-产业”新范式下,本文认为数字经济与制造业耦合协调实现深度融合的内在逻辑体现在:

第一,产业规模维度:通过数字经济与制造业供应链的耦合协调实现深度融合。从制造业产业供应链角度来看,数字经济与制造业融合将数字技术与传统制造业供应链有机结合起来,在“科技-产业”新范式下实现数字经济与制造业的耦合协调,利用网络化和平台化技术,建立智能、高效、价值驱动的数字供应链体系(Büyükoçkan and Göçer,2018),实现产业要素全域连接,打破工业原有的封闭生产体系,加快制造体系向开放化、平台化、协同化方向转变,提高数字经济对制造业的规模化带动效应。具体来看,在数字经济与制造业的耦合协调中,数字产业的高渗透性使得数字经济超越产业范畴(王俊豪、周晟佳,2021),广泛深入地渗透到供应链中:推动制造业供应链的网络化,实现信息可追溯化,提高供应链绩效(Perano et al.,2023);推动制造业供应链的数字化,提高供应链透明度,实现供应链的全面链接与高效协调。

第二,产业效率维度:通过数字经济与制造业生产流程的耦合协调实现深度融合。在数字经济与制造业的耦合协调中将数字经济核心技术与制造业企业生产经营活动相融合,以“科技-产业”的新范式实现企业内部生产全流程的数字化、自动化、智能化。融合发展以生产要素的数据化为依托,以工业互联网为载体,优化产品的生产流程(王瑞荣、陈晓华,

2022),加速制造业迈向万物互联、数据驱动、平台支撑、智能主导的新阶段,通过数字经济与制造业的耦合协调提高融合水平,推动制造业企业全要素生产率的提升。同属于制造业的企业也被数字化网络紧密联系在一起,在数字经济与制造业的耦合协调中数字经济的溢出效应最终使得制造业产业的整体生产率提升(黄群慧等,2019)。

第三,产业绿色发展维度:通过数字经济与制造业生态的耦合协调实现深度融合。在数字技术的支撑下,产业链上下游以数据为关键要素,推动制造业实现全链条的清洁化、节能化改造,驱使制造业产业模式向智能制造生态系统的构建发展(李春发等,2020)。数字经济及其产生的新业态促进智能制造生态的建立与完善,提高数字经济在制造业生态中的融合深度,推动制造业由高投入、高能耗和低附加值的传统生产模式向绿色、高附加值的生产模式转变。数字经济与制造业耦合协调实现的融合通过数字技术的数字化转型与低碳技术的绿色转型协同发展,扩展数字经济的应用广度,以生产方式数字化赋能制造业绿色化,推动形成我国制造业绿色发展的产业生态。

第四,产业创新维度:通过数字经济与制造业价值链的耦合协调实现深度融合。数字经济与制造业耦合协调实现的深度融合通过智能化转型、数字化改造、网络化联接以及新一代信息技术的应用,在“科技-产业”新范式下创新制造业产业模式,优化产业结构,摆脱制造业发展的既定路径,实现价值链高端化(何文彬,2020)。因此,数字经济与制造业价值链耦合协调实现的深度融合以先进技术赋能传统制造业的转型升级,形成先进制造业产业集群,具体机制体现为:在产品设计开发与开发中引入数字孪生、虚拟设计等技术加速制造业产品研发;在产品生产制造过程中充分发挥物联网、工业互联网、大数据分析等智能化数字技术的优势;在产品的市场营销与售后服务中开展数字化营销与服务,精准匹配市场需求。总体而言,价值链层面的融合不仅扩展了数字经济在制造业中的应用广度与深度,也为制造业产业创新与转型升级提供了推动力。

三、中国数字经济与制造业深度融合发展的评价模型与指标体系构建

本文在考虑数据可得性与评价方法准确性的前提下,在对2014—2022年中国省域数字经济与制造业发展水平分别进行测算评价的基础上,采用耦合协调模型,通过计算我国省域数字经济与制造业的耦合协调度,衡量二者间的融合水平。

(一)数字经济与制造业融合水平的耦合协调模型构建

1.分系统的综合评价方法

在测算数字经济与制造业融合水平之前,首先需要分别对两系统进行综合评价,得到其发展水平的综合测度指标。为准确评价我国省域数字经济与制造业发展水平,本文采用客观赋权法中的熵值法,通过各指标的信息熵确定权重。此外,为使熵值法加权的综合指标具有时间可比性,本文借鉴杨丽和孙之淳(2015)的方法,在熵值法的计算中加入时间变量,便于更进一步的分析比较以及面板数据回归模型的构建。改进的面板数据的熵值法确定权重以及加权计算的步骤如下:

(1)指标选取:设有 t 个年份, n 个省份, m 个指标,则 $X_{\theta ij}$ 表示第 θ 年 i 省份的第 j 个指标值。

(2)指标的标准化处理:由于不同指标的单位 and 量纲不同,需要进行标准化处理,正向指标和逆向指标的标准化公式如下:

$$X'_{\theta ij} = \begin{cases} \frac{X_{\theta ij} - \min_{1 \leq \theta \leq t, 1 \leq i \leq n} X_{\theta ij}}{\max_{1 \leq \theta \leq t, 1 \leq i \leq n} X_{\theta ij} - \min_{1 \leq \theta \leq t, 1 \leq i \leq n} X_{\theta ij}}, & \text{正向指标} \\ \frac{\max_{1 \leq \theta \leq t, 1 \leq i \leq n} X_{\theta ij} - X_{\theta ij}}{\max_{1 \leq \theta \leq t, 1 \leq i \leq n} X_{\theta ij} - \min_{1 \leq \theta \leq t, 1 \leq i \leq n} X_{\theta ij}}, & \text{逆向指标} \end{cases} \quad (1)$$

(3)非负平移:非负平移一般是对所有数据加上很小的值,保证计算权重和取对数时不会出现缺失值。

$$X''_{\theta ij} = X'_{\theta ij} + 0.001 \quad (2)$$

(4)计算指标权重:

$$Y_{\theta ij} = X''_{\theta ij} / \sum_{\theta} \sum_i X''_{\theta ij} \quad (3)$$

(5)计算熵值:

$$e_j = -\ln(t \times n) \sum_{\theta} \sum_i (Y_{\theta ij} \ln Y_{\theta ij}) \quad (4)$$

(6)计算信息效用值:

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(7)计算权重:

$$w_j = g_j / \sum_j g_j \quad (6)$$

(8)计算各省份综合得分:

$$U_{\theta i} = \sum_j (w_j (X''_{\theta ij})^T) \quad (7)$$

2.耦合协调度测算模型

本文利用耦合度和耦合协调度评价我国省域数字经济与制造业的融合水平。当测算的系统数量为2时,耦合度测算公式为:

$$C = 2 \sqrt{U_1 U_2} / (U_1 + U_2) \quad (8)$$

(9)式中: U_1 和 U_2 分别表示数字经济与制造业的发展水平,即本文计算得到的综合得分; $0 \leq C \leq 1$, C 等于1表示两系统是极度耦合状态, C 等于0表示两系统是无关系状态(苏屹等,2018)。就其统计意义而言,耦合度为两大系统综合指数的几何平均数与算术平均数之商,包含综合指数的交互项,反映了两个系统之间的相互作用强度和依赖关系。

此外,在耦合度计算结果的基础上,为避免出现不具现实意义的较高耦合结果(郭晗、全勤慧,2022),评判不同区域数字经济与制造业发展的交互耦合的协调程度,本文主要以耦合协调度作为数字经济与制造业融合水平的测算指标,耦合协调度模型为:

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (9)$$

$$T = a \cdot U_1 + b \cdot U_2$$

(10)式中: D 为耦合协调度, $0 \leq D \leq 1$, D 越大说明两系统发展水平越协调,反之则说明两系统之间协同程度低。 T 为两个系统的综合协调指数,在统计上表现为两大系统的加权平均数,并且隐含了以下假设:两个系统的综合发展水平越高,越有可能具备“深度融合”的基础。若两个系统的得分均较高且接近,其综合协调指数会更高;反之,若一个系统得分明显滞后,即使权重相同,综合协调指数也会较低。因此,综合协调指数间接反映了两个系统发展水平的“接近水平”。 a 、 b 均为比重,一般认为两系统处于同等重要的地位时,选取 $a = b = 0.5$ 。最终的耦合协调度指标综合了两大系统的相互作用强度与接近水平,能够在一定程度上反映数字经济与制造业深度融合水平。如表1所示,耦合协调度 D 的数值在经验上可以被划分为四个层次(郭晗、全勤慧,2022),用于描述不同系统之间的融合状态。

表 1 耦合协调度的取值与系统状态划分表

取值	系统状态	融合水平
$0 \leq D \leq 0.3$	系统间融合水平极低,系统间融合发展受阻	低度协调
$0.3 < D \leq 0.5$	系统间融合的初级阶段,融合水平有待提升	中度协调
$0.5 < D \leq 0.8$	系统间融合水平较高,相互促进协调发展	高度协调
$0.8 < D \leq 1$	系统间融合水平极高,达到融合发展的理想状态	极度协调

(二)数字经济与制造业融合发展的评价指标体系构建

本文将数字经济与制造业视为两个系统,分别构建评价数字经济和制造业发展的综合评价指标体系(见表2)。考虑指标的可获得性,本文选取时间区间为2014—2022年,评价对象为全国30个省、自治区、直辖市(不含港澳台地区及西藏自治区数据),数据来源于《中国统计年鉴》、各省份统计年鉴与统计公报、国家知识产权局、专利汇数据库、国泰安数据库等。在数字经济系统,本文参考钞小静等(2021)、郭晗和全勤慧(2022)、刘军等(2020)的做法,从信息化、数字化、网络化、智能化、平台化五个维度构建衡量我国省域数字经济发展水平的指标。在制造业系统,参考郑耀群和邓羽洁(2022)、刘明等(2023)的做法,本文从制造业的产业规模、产业效率、产业绿色发展与产业创新发展四个维度构建指标体系进行评价。

表 2 数字经济与制造业发展评价指标体系

序参量	一级指标	二级指标	指标属性
数字经济	信息化	移动互联网普及率	正向
		互联网普及率	正向
		互联网接入端口密度(个/人)	正向
		信息传输、软件和信息技术服务业固定资产投资增长率	正向
		规模以上电子信息制造业资产总计(亿元)	正向
	数字化	有电子商务交易活动的企业比重	正向
		软件业务收入占地区生产总值比重	正向
		电信业务总量占地区生产总值比重	正向
	网络化	光缆密度(公里/平方千米)	正向
		移动电话交换机容量占年末人口数比重	正向
每百家企业拥有网站数(个)		正向	
每百人使用计算机数(台)		正向	
智能化	信息化就业人数占比	正向	
	人工智能专利数量(个)	正向	
平台化	工业机器人专利数量(个)	正向	
	淘宝村数量(个)	正向	
	Ipv4协议下的IP地址持有量占总地址持有量的比例	正向	
制造业	产业规模	电子商务销售额占地区生产总值比重	正向
		制造业从业人数(万人)	正向
		工业增加值占GDP比重	正向
	产业效率	制造业固定资产投资增长率	正向
		全员劳动生产率(亿元/万人)	正向
		规模以上工业企业营业利润率	正向
		单位工业增加值的电力消费量(千瓦时/元)	逆向
	产业绿色发展	工业固体废物综合利用率	正向
		工业污染治理完成投资额(万元)	正向
	产业创新发展	规模以上工业企业R&D人员折合全时当量(人年)	正向
规模以上工业企业R&D经费支出(万元)		正向	

四、中国数字经济与制造业深度融合发展的测度评价结果与分析

本文依据耦合协调模型的评价方法,测算了我国数字经济与制造业发展的融合水平,进而评价我国数字经济与制造业融合发展的整体特征以及时空演变规律。

(一) 中国数字经济与制造业融合发展的耦合度及耦合协调度测算

根据耦合协调模型的分析原理,在上述指标体系的基础上,分别计算数字经济发展水平(U_1)、制造业发展水平(U_2)和耦合协调度(D)。在确定数字经济系统与制造业系统对整体的贡献率参数 a 、 b 的值时,参考郭晗和全勤慧(2022)的做法,认为本文考察的两系统同等重要,取 $a=b=0.5$,计算结果见表3。

表3 2014—2022年中国省域数字经济与制造业耦合协调度测算结果

省份	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
北京	0.59	0.60	0.60	0.62	0.62	0.63	0.63	0.68	0.69
天津	0.50	0.52	0.53	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60
河北	0.46	0.48	0.49	0.50	0.53	0.54	0.53	0.54	0.54
山西	0.43	0.44	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	0.51	0.52
内蒙古	0.45	0.43	0.46	0.47	0.47	0.47	0.48	0.53	0.54
辽宁	0.47	0.47	0.49	0.49	0.50	0.51	0.51	0.52	0.53
吉林	0.44	0.45	0.45	0.47	0.47	0.48	0.50	0.49	0.49
黑龙江	0.43	0.43	0.45	0.45	0.47	0.47	0.48	0.49	0.49
上海	0.59	0.60	0.62	0.63	0.63	0.65	0.65	0.66	0.68
江苏	0.59	0.63	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.72	0.73
浙江	0.58	0.61	0.62	0.62	0.64	0.66	0.68	0.68	0.70
安徽	0.47	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57	0.57	0.58
福建	0.52	0.54	0.54	0.55	0.57	0.57	0.58	0.59	0.60
江西	0.43	0.47	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.53	0.53
山东	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.60	0.61	0.61	0.62
河南	0.45	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52	0.55	0.53	0.54
湖北	0.47	0.50	0.51	0.52	0.54	0.56	0.55	0.56	0.59
湖南	0.44	0.47	0.47	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.55
广东	0.61	0.63	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.74	0.74
广西	0.40	0.39	0.41	0.41	0.45	0.47	0.48	0.49	0.49
海南	0.43	0.46	0.46	0.45	0.46	0.47	0.47	0.50	0.49
重庆	0.46	0.49	0.50	0.51	0.52	0.54	0.56	0.56	0.58
四川	0.46	0.50	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.54	0.55
贵州	0.40	0.44	0.43	0.44	0.45	0.46	0.49	0.49	0.50
云南	0.40	0.42	0.45	0.43	0.44	0.46	0.48	0.47	0.47
陕西	0.49	0.50	0.51	0.51	0.53	0.54	0.54	0.56	0.56
甘肃	0.39	0.40	0.42	0.41	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48
青海	0.39	0.42	0.43	0.43	0.44	0.41	0.43	0.48	0.51
宁夏	0.44	0.43	0.44	0.45	0.45	0.46	0.48	0.51	0.52
新疆	0.43	0.42	0.42	0.43	0.45	0.46	0.45	0.49	0.51

(二) 中国数字经济与制造业融合发展的耦合度及耦合协调度的结构特征演变趋势

1. 数字经济发展水平不断提升,逐步进入稳步增长阶段

如图 1 所示,2014—2022 年我国省域数字经济系统综合指数的中位数和均值呈现出逐步上升的趋势,中位数由 2014 年的 0.14 上升至 2020 年的 0.26,再继续提升至 2022 年的 0.27,均值的增长趋势与中位数保持一致。但省域数字经济综合指数均值的增长速率呈现下降后小幅上升,2018—2022 年增速放缓但依然保持正增长,2022 年增速较上年略有上升,达到 2.12%。如图 2 所示,2014—2022 年数字经济各评价维度总体上呈上升趋势。分维度来看,数字化维度指数在 2014—2020 年呈上升趋势,在 2020 年后有小幅下降;信息化维度指数的增速最高,表明近年来我国各省份固定端与移动端互联网普及率在不断上升,互联网技术的覆盖面更加广泛,为数字经济进一步拓展提供保障;智能化和平台化维度指数的发展较为平稳,表明 2014—2022 年数字技术与数字平台的发展保持平稳态势,但其综合得分中位数仍处于较低的水平,2021 年以后平台化维度指数的中位数存在上升趋势,表明全国各省份的数字平台建设已出现一定的成效;网络化维度对总指标的贡献较大,趋势较为稳定。

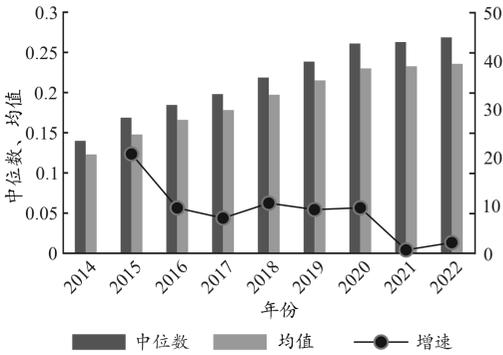


图 1 数字经济发展指数的中位数、均值与增速 (%)

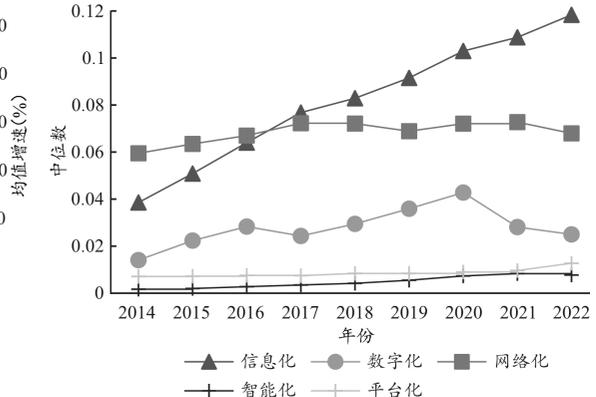


图 2 数字经济各维度指数的中位数

2. 数字经济与制造业融合水平不断提升,省份间的差距始终存在

如表 4 所示,我国各省份融合水平在 2014—2022 年间均呈现稳步上升的发展趋势,达到高度融合水平的省份数量占比从 2014 年的 26.67% 上升至 2022 年的 80%,各省份的融合水平基本达到较高水平,表明数字经济与制造业相互促进、融合、协调发展。2022 年,融合水平较高的省份集中在东部沿海地区,排名前五位的省份分别为广东、江苏、浙江、北京和上海,但融合水平最高为 0.7429,还未达到协调发展的最高水平。从融合水平的排名变化情况来看,中西部地区上升较快,青海上升 8 位,湖南上升 6 位,湖北和广西上升 3 位;排名下降最快的省份集中在东北地区,吉林和辽宁下降 8 位;东部地区的排名变化较小,北京、天津、福建、山东、广东等地区的排名未出现变化。从数字经济与制造业融合水平的排名变化情况反映出 2014—2022 年我国各地区制造业的数字化转型发展存在一定的区域异质性,东部地区的融合水平稳定增长且代表了我国数字经济与制造业融合发展的领先水平,中西部地区的制造业在政策鼓励下实现了数字经济与制造业融合的快速发展,而东北地区的融合发展进展缓慢。

表4 中国省域数字经济与制造业融合水平测算结果

省份	2014年耦合协调度	2022年耦合协调度	2022年排名	排名变化	省份	2014年耦合协调度	2022年耦合协调度	2022年排名	排名变化
北京	0.5883	0.6853	4	0	河南	0.4450	0.5446	15	2
天津	0.5045	0.5960	8	0	湖北	0.4660	0.5870	9	3
河北	0.4566	0.5445	16	-2	湖南	0.4409	0.5541	13	6
山西	0.4274	0.5239	20	2	广东	0.6072	0.7429	1	0
内蒙古	0.4534	0.5411	17	-1	广西	0.3970	0.4939	25	3
辽宁	0.4747	0.5287	18	-8	海南	0.4272	0.4925	27	-4
吉林	0.4425	0.4932	26	-8	重庆	0.4574	0.5770	11	2
黑龙江	0.4250	0.4881	28	-3	四川	0.4554	0.5481	14	1
上海	0.5928	0.6767	5	-3	贵州	0.4021	0.5012	24	2
江苏	0.5917	0.7288	2	1	云南	0.4016	0.4729	30	-3
浙江	0.5770	0.6954	3	2	陕西	0.4913	0.5629	12	-3
安徽	0.4662	0.5778	10	1	甘肃	0.3891	0.4782	29	0
福建	0.5161	0.6020	7	0	青海	0.3888	0.5119	22	8
江西	0.4314	0.5276	19	2	宁夏	0.4395	0.5224	21	-1
山东	0.5293	0.6236	6	0	新疆	0.4267	0.5111	23	1

3. 制造业发展水平对整体系统的耦合水平贡献高于数字经济发展水平

如图3所示,2014—2022年各省份制造业发展水平的均值始终高于数字经济发展水平,表明在本文所选的指标体系测度下,制造业发展水平对融合发展的贡献更大,但数字经济发展水平的增长势头强劲,始终保持增长态势;而制造业发展水平在2020年后上升速度加快,表明我国制造业发展具有一定的韧性。分省份来看,以2022年为例,我国除北京、上海、海南外,其余省份数字经济发展水平均低于制造业发展水平,但已有26.67%的省份数字经济发展水平增长率超过制造业发展水平的增长率^①,数字经济的逐步发展将进一步促进数字经济与制造业融合发展。

4. 区域间融合水平存在较大差异,呈现“东部地区领先,中西部地区追赶”的态势

如图4所示,平均意义下东部地区数字经济与制造业融合水平在各年份均处在中西部地区之上,已达到高度融合水平,而中西部地区融合水平的均值差距较小,在2020年左右达到高度融合水平。分系统来看,数字经济与制造业发展水平也存在东部地区领先的现象,表明我国数字经济与制造业及二者融合水平存在区域差异。随着西部地区数字基础设施的不断完善,西部地区数字经济与制造业融合水平增长速度不断提高,在2020年超过中东部地区,其中内蒙古、重庆、贵州、陕西、宁夏、青海和新疆的增长率在2022年超过中东部地区的平均水平^②,西部省份融合水平不断提升的主要因素来自数字经济的发展,进而推动数字经济与制造业融合水平的提升。但东部地区依然是融合发展的领先地区,2022年融合水平排名前十的地区中,东部地区占到8位,其中广东、江苏、浙江、山东的地区生产总值也位于当

①分省份数据未在正文中列示,相关数据留存备案。

②分省份数据未在正文中列示,相关数据留存备案。

年全国前五位,表明东部沿海省份经济增长在数量上的领先地位为数字经济与制造业融合发展提供优势条件。

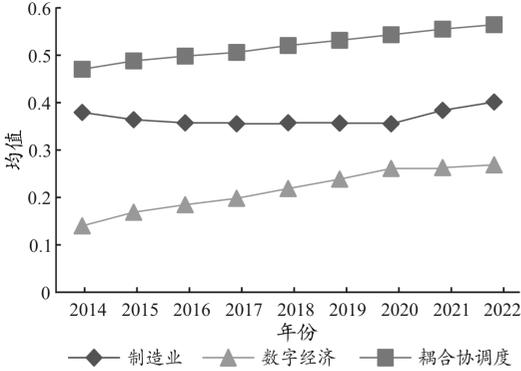


图3 数字经济、制造业发展水平以及耦合协调度均值

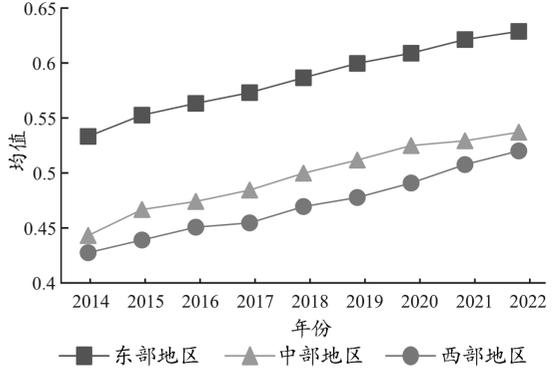


图4 分地区数字经济与制造业融合水平的均值

(三) 中国数字经济与制造业融合发展面临的挑战

第一,数字经济与制造业整体融合水平尚未达到耦合协调度模型的最高水平,且融合深度不足、融合进展缓慢的问题凸显。制造业属于传统实体经济的范畴,其生产过程与数字技术、数字经济平台融合受到许多限制,如传统制造业企业对数字经济认知不充分、企业数字化转型的动力与前瞻性不足,且面临数字化战略滞后、数字化人才短缺、数字化投入较低、数字化管理薄弱等方面的约束。数字经济与制造业的融合发展要扩大产业数字化所涉及的领域,推动数字经济在制造业产业中融合的纵深发展。

第二,区域间数字经济与制造业融合水平仍存在差异化的发展态势,但西部地区的数字经济发展有望改变原有的东中西部地区发展格局。分系统来看,制造业发展水平依然呈现东部地区领先、中部地区追赶、西部地区落后的发展态势,而数字经济发展水平的测度结果表明:东部地区的领先优势依然存在,而西部地区出现追赶超越的势头。随着数字基础设施的建设与互联网终端的普及,数字经济的优势逐渐凸显,其广覆盖性使得经济发展水平较落后的中西部地区也能够利用数字技术与数字平台促进制造业的转型发展;强渗透性保证了不同区域内部数字经济与制造业的融合水平不断加深;高创新性推动了制造业企业的技术创新,成为区域间制造业转型发展的保障。西部地区的平均数字经济发展水平逐步逼近中部地区的事实印证了以上特性,也表明数字经济的特性使得数字经济与制造业的融合发展能够在一定程度上兼具效率与公平,对偏远地区的制造业产业发展有强劲的拉动力。但这需要一定的倾向性政策支持,以充分激发各地区的制造业优势,加深制造业与数字经济的融合发展。

第三,数字技术发展的不足、数字技术应用场景的局限以及数字治理能力的滞后是制约数字经济与制造业深度融合的技术条件。以人工智能、区块链、云计算、大数据为代表的数字技术是制造业企业数字化转型发展的重要突破点,但从数字经济各维度的测算结果来看,数字技术及其应用的水平较低且发展速度较慢,制造业企业的数字技术储备不足阻碍了数

字经济与制造业的深度融合。而数字经济与制造业的融合发展不仅需要数字技术的创新突破,也需要数字技术在制造业产业应用场景的多元化发展,尤其要在普及数字经济相关技术、强化核心生产步骤的数字化控制、推进生产质量控制技术的数字化等方面下功夫。

综上,从数字经济与制造业融合发展面临的挑战来看,微观企业的数字化转型是产业层面融合发展的重要方面;整体的融合水平直接影响企业应用数字技术、优化生产流程并加深数字化转型的程度;区域融合的差异使得企业享有不同的数字基础设施与数据要素可得性;数字技术发展的制约导致企业缺少适合自身业务的数字解决方案。因此,本文将进一步研究产业层面的测度结果如何影响企业的数字化转型效果。

五、数字经济与制造业融合发展对制造业企业数字化转型的影响分析

虽然前文从中观产业视角测度了数字经济与制造业融合发展的程度,但无法反映其微观机制。本文认为数字经济与制造业融合是影响制造业企业数字化转型最为直接的影响因素:一方面,数字经济与制造业融合改变了市场需求和消费行为,迫使制造业企业进行数字化转型进而适应市场变化;另一方面,数字经济与制造业的融合发展环境有利于数字技术与数字化转型理念的传播与共享,有利于制造业企业获取数字化技术与转型资源。此外,数字经济与制造业融合可以推动制造业头部企业开放数字化资源、向行业输出数字技术与服务、拓展数字化应用场景,降低制造业企业数字化转型的技术壁垒,提供适应更多业务场景的数字解决方案,推动行业内中小企业加快数字化转型。同时,现有研究主要从宏观或者中观产业层面探讨数字经济与实体经济融合,对其微观机制研究不足,需要从数字经济与制造业融合发展对制造业企业数字化转型影响的角度构建其微观机制。综上,本文在测算结果的基础上,提出:

假说:数字经济与制造业融合水平正向影响制造业企业数字化转型。

(一)数据来源与变量设定

本文选取2014—2022年沪深A股上市制造业公司的数据为研究样本,并做以下处理:第一,剔除考察期间内ST及PT样本;第二,以上市企业注册地为划分标准,将企业数据与本文计算得到的省份数字经济与制造业融合水平指标进行匹配;第三,为减少异常值影响,对微观层面的主要变量进行1%和99%的缩尾处理。数据来自国泰安数据库(CSMAR)、各年度的《中国统计年鉴》、各省份统计年鉴与统计公报,企业年报数据来自深圳证券交易所、上海证券交易所官方网站。

被解释变量为制造业上市公司的数字化转型水平(Digital),本文参考吴非等(2021)的研究方法,将上市企业年报中与数字经济相关特征词的词频作为企业数字化转型水平的代理指标,其构建步骤如下:首先,利用Python爬虫功能整理了上交所、深交所A股上市企业的年度报告,并通过Java PDFbox库提取所有文本内容,并以此为筛选特征词词频的数据池。其次,参考吴非等(2021),形成特征词库,并剔除关键词前存在否定词的表述与非本公司的表述部分。最后,基于数据池中数据对特征词进行搜索、匹配和词频计数。考虑到数据的“右偏性”特征,使用对数处理后的数据作为微观企业

数字化转型的代理变量。

核心解释变量为本文计算得到的各省份数字经济与制造业的耦合协调度指标(D),用来描述各省份数字经济与制造业发展的融合水平。

在控制变量的选择上,本文参考已有研究成果中可能对企业数字化转型产生影响的其他微观因素,主要集中为企业的财务报表指标:企业规模用总资产的自然对数值反映企业规模大小,资产收益率、资产负债率用于反映企业偿债能力和负债水平,托宾 Q 值用于反映企业的市场价值,基本每股收益用于反映企业经营成果,流动资产比率用于反映企业的短期偿债能力。

表 5 汇报了主要指标的描述性统计分析。

表 5 描述性统计表

变量名称	变量符号	均值	标准差	最小值	最大值
数字经济与制造业的耦合协调度	D	0.603	0.089	0.387	0.743
企业数字化转型水平	$Digital$	1.357	1.268	0.000	6.140
企业规模	$lnsize$	22.151	1.271	17.640	28.640
资产收益率	ROA	0.037	0.093	-3.994	0.786
资产负债率	DAR	0.396	0.198	0.008	2.128
托宾 Q 值	$TobinQ$	2.164	2.243	0.658	122.190
基本每股收益	EPS	0.496	1.300	-10.710	49.930
流动资产比率	LR	0.572	0.186	0.014	0.993

(二) 模型设定与实证策略

$$Digital_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 D_{jt-1} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \eta_j + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

(10)式中: i 表示企业, t 表示时间, j 表示企业所在的省份; $Digital_{ijt}$ 是作为被解释变量的制造业企业数字化转型程度, D_{jt-1} 是作为核心解释变量的企业所在省份的数字经济与制造业融合水平, X_{it} 为一系列控制变量; μ_i 表示个体固定效应, λ_t 表示年份固定效应, η_j 表示省份固定效应, ε_{it} 为随机误差项。为提高回归结果的可靠性,本文回归模型的识别策略为:第一,由于企业数字化转型并非一蹴而就,地区的数字经济与制造业融合水平传导至微观企业存在一定的时滞性,将核心解释变量滞后一期;第二,考虑到可能存在遗漏变量问题,本文选择同时控制时间($Year$)、个体($Stkcd$)和省份($Province$)固定效应;第三,本文回归标准误采用省份层面的聚类稳健标准误。

(三) 回归结果与分析

1. 数字经济与制造业融合水平对企业数字化转型影响的基准回归结果分析

表 6 中汇报了基准回归的结果,探究省域数字经济与制造业融合水平对制造业企业数字化转型的影响效应。表 6 中第(1)列为仅加入核心解释变量并控制固定效应的回归结果,第(2)一(7)列为在核心解释变量基础上逐步加入本文所选控制变量的估计结果。由回归结果可知,数字经济与制造业的融合能够促进制造业企业的数字化转型,融合水平越高,制造业企业数字化转型水平越高,且核心解释变量的系数均通过了 1%显著性水平的检验。

表6 数字经济与制造业融合水平对企业数字化转型影响的基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>L.D</i>	1.050*** (0.317)	0.855*** (0.308)	0.856*** (0.308)	0.881*** (0.310)	0.881*** (0.309)	0.841*** (0.302)	0.840*** (0.301)
<i>lnsize</i>		0.171*** (0.027)	0.170*** (0.026)	0.180*** (0.028)	0.181*** (0.028)	0.192*** (0.027)	0.192*** (0.027)
<i>ROA</i>			0.005 (0.087)	-0.048 (0.065)	-0.051 (0.065)	0.100 (0.075)	0.100 (0.076)
<i>DAR</i>				-0.111 (0.087)	-0.112 (0.087)	-0.124 (0.085)	-0.125 (0.088)
<i>TobinQ</i>					0.002 (0.003)	0.003 (0.003)	0.003 (0.003)
<i>EPS</i>						-0.029*** (0.010)	-0.029*** (0.010)
<i>LR</i>							-0.009 (0.101)
<i>Constant</i>	0.799*** (0.188)	-2.887*** (0.567)	-2.883*** (0.555)	-3.056*** (0.591)	-3.097*** (0.581)	-3.296*** (0.578)	-3.287*** (0.578)
<i>Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Stkcd</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Province</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>N</i>	17587	17587	17587	17587	17587	17587	17587
<i>adj.R²</i>	0.773	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775

注:(1)***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平;(2)括号中是聚类稳健标准误。下同。

2.稳健性检验

在基准模型逐步增加控制变量的回归结果中,融合水平的回归系数及其显著性基本保持稳定,表明模型具有一定的稳健性。在此基础之上,本文进行了以下稳健性检验。

(1)替换被解释变量:考虑到企业数字化转型水平存在不同的代理变量,一方面,本文参考张永坤等(2021),从上市公司年报附注中无形资产明细中筛选与数字化转型相关项目,将数字化技术无形资产占本年度无形资产净额的比重作为代理指标;另一方面,借鉴 Du 等(2024),本文将被解释变量转化为0-1虚拟变量后重新回归,其中当样本大于企业数字化转型水平80%分位数时赋值为1,否则为0。回归结果如表7中第(1)一(2)列所示,回归系数与基准回归结果一致,且均通过了1%显著性检验。

(2)增加宏观因素控制变量:由于本文核心解释变量为省级层面,为减少遗漏变量因素导致的内生性问题,本文在基准回归模型基础上增加以下省级宏观层面的控制变量:泰尔指数(用于衡量地区城乡收入差距)、公共预算支出占比(地方一般公共预算支出占地区生产总值比重)、对外经济水平(进出口总额占地区生产总值比重)、金融发展水平(年末金融机构存贷款余额占地区生产总值比重)。回归结果如表7中第(3)列所示。结果表明,当增加以上宏观控制变量后,核心解释变量的系数为0.891,且通过1%显著性水平检验,与基准回归结果一致。

(3)改变估计模型:由于部分样本企业数字化转型水平(*Digital*)取值为0,考虑到线性回归模型的设定偏误,参考施炳展和李建桐(2020),表7第(4)列采用面板Tobit模型进行

回归,结果显示,回归系数在1%水平上显著为正,与基本结论吻合。

(4) 缩尾处理:在数据处理的基础上,本文对企业层面的变量再次进行上下5%水平的缩尾处理,结果如表7第(5)列所示,核心解释变量的系数依然在5%水平上显著。

(5) 内生性分析:考虑到模型设定可能存在由于遗漏变量、产业政策冲击等因素导致的内生性问题,本文参考黄群慧等(2019)的做法,采用1984年各省份每百万人邮局数量分别与上一年全国互联网用户数量的交互项,作为各省份数字经济的工具变量,根据耦合协调度模型测算得到数字经济与制造业融合的工具变量(IV)。该指标能够反映地区互联网与数字经济的发展基础,满足相关性要求;且邮局数量不会直接影响当地企业的数字化转型,在控制其他变量后,在一定水平上满足排他性要求。同时,K-P rk LM 统计量在5%水平上显著,拒绝工具变量识别不足的原假设;K-P Wald rk F 与 C-D Wald F 统计量大于 Stock-Yogo 临界值,表明不存在弱工具变量;第一阶段排他性 F 统计量为 26.590 且在 1%水平上显著,表明工具变量与内生变量的相关性强。表7第(6)一(7)列分别汇报了两阶段工具变量法(2SLS)的结果,融合水平回归系数与基准回归方向一致,且幅度增加,可以认为融合水平对制造业企业数字化转型具有正向影响。

(6) 倾向匹配得分法:考虑到不同数字经济与制造业融合水平上的企业条件存在较大差异,为进一步强化数字经济与制造业深度融合发展对企业数字化转型的因果关系识别,本文借鉴张永坤等(2021),以数字经济与制造业融合水平中位数为标准,若样本大于中位数则取值为1,否则为0。此后,基于半径匹配方法,将控制变量作为协变量计算样本倾向得分并进行匹配,剔除不满足共同支撑条件的样本进行再次回归。匹配前后的平衡性检验结果见图5,其中匹配后大部分协变量的标准化偏差水平均较匹配前有所下降,且匹配后的偏差均小于5%,表明半径匹配效果较好。进一步剔除非共同支撑样本进行重新回归,结果见表7第(8)列。结果表明,融合水平回归系数与基准回归方向一致,且仍在1%水平上显著,表明基准结果依然稳健。

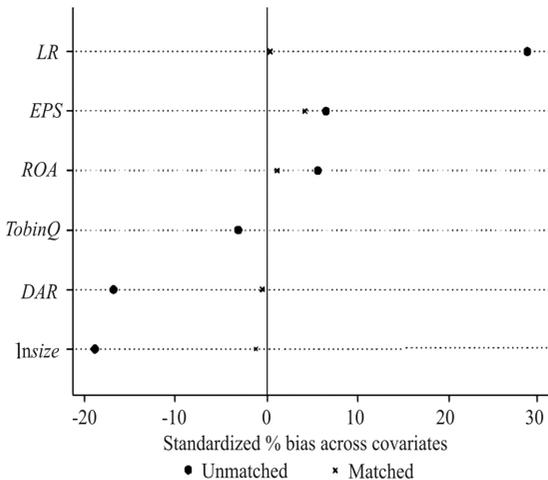


图5 平衡性检验

表7 稳健性检验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
L.D	0.212*** (0.071)	0.714*** (0.249)	0.891*** (0.314)	5.769*** (0.186)	0.723** (0.304)		1.367* (0.784)	0.840*** (0.304)
IV						0.239*** (0.046)		
Province_Controls	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO
Controls/Year/Stkcd/Province	YES	YES	YES	NO	YES	YES	YES	YES
Kleibergen-Paap rk LM	-	-	-	-	-	-	5.100**	-
Kleibergen-Paap Wald rk F	-	-	-	-	-	-	26.590	-
Cragg-Donald Wald F	-	-	-	-	-	-	8114.230	-
N	16951	17587	17587	17995	17587	17587	17587	17545
adj.R ²	0.632	0.634	0.775	-	0.758	0.318	0.084	0.775

3.进一步分析

(1)数字化转型方向的影响

为进一步分析数字经济与制造业融合发展对企业数字化转型方向的影响,本文将企业数字化转型分为数字技术覆盖广度与数字技术应用深度两个方面,并基于吴非等(2021)对其数字化转型关键词的分类方式,分别评估数字经济与制造业融合水平对云计算技术、人工智能技术、区块链技术、大数据技术以及数字技术应用的影响强度。其中,数字技术覆盖广度包括云计算、人工智能、区块链与大数据技术四个方向。

表8第(1)一(4)列分别为云计算、人工智能、区块链与大数据技术方向的回归结果,第(5)列为数字技术应用深度的回归结果。

表8 数字化转型方向的影响回归结果

变量	数字技术覆盖广度				数字技术应用深度
	云计算	人工智能	区块链	大数据	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
L.D	0.377 (0.302)	1.180* (0.660)	1.376*** (0.421)	-0.313 (0.308)	0.287 (0.278)
Controls	YES	YES	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES	YES	YES
Stkcd	YES	YES	YES	YES	YES
Province	YES	YES	YES	YES	YES
N	17461	17461	17461	17461	17461
adj.R ²	0.449	0.690	0.776	0.677	0.730

结果表明,数字经济与制造业融合发展能显著驱动人工智能技术与区块链技术的发展,而对其他数字化转型方向的作用并不显著。总体而言,数字经济与制造业深度融合将更有利于促进数字技术覆盖广度的扩展,对数字技术应用深度的强化力度略显不足。可能的原因在于,一方面,制造业主要是人工智能与区块链技术的应用端,相关技术对其发展具有核心驱动力;而其生产与运营过程中的数据存储与算力支撑主要通过接受政府或互联网企业提供的数字基础设施服务而获得。因此,数字经济与制造业的融合发展将对制造业企业人

工智能与区块链技术产生更为直接而明显的影响,提升制造业企业在相关技术领域的覆盖广度。另一方面,对数字技术应用维度的关键词进行分析发现,B2B 与 B2C 等电子商务模式、无人零售与数字营销等销售方式、数字金融与开放银行等金融概念在其中占据重要比重,表明数字技术应用维度主要反映生活消费和金融服务等非制造业方面的应用水平。在这一意义上,数字经济与制造业的融合对数字技术应用深度的影响较为间接,因此影响强度较弱。

(2) 数字化转型的经济绩效

数字经济与制造业深度融合发展对微观企业数字化转型的促进作用是否对企业经济绩效产生更为深远的影响?为回答这一问题,本文进一步从生产率视角与企业边界视角,探讨数字经济与制造业深度融合发展下,企业数字化转型带来的效率提升与结构优化效果。

一方面,基于生产率视角,本文检验了制造业企业数字化转型对其全要素生产率的影响。表 9 第(1)—(3)列分别展示了数字化转型水平对基于 LP 法、FE 法以及 GMM 法测算的全要素生产率的影响效果估计,回归系数均至少在 10%水平上显著为正,表明数字经济与制造业深度融合发展下,企业数字化转型将进一步提升企业全要素生产率。

另一方面,基于企业边界视角,本文分别探索了制造业企业数字化转型对其行业边界与地理边界扩展的作用效果。其中,借鉴胡海峰等(2024)的测度方法,采用企业经营种类的对数值量化其行业边界,采用与企业所在地非同一城市子公司数量的对数值表征其地理边界。表 9 第(4)—(5)列为数字化转型对企业行业边界扩展的影响效果;第(6)—(7)列为数字化转型对企业地理边界扩展的作用效应。由表 9 可知,数字化转型至少在 10%显著性水平上扩大制造业企业的行业边界,并在 1%水平上促进了制造业企业地理边界的扩展。结果表明,数字经济与制造业深度融合发展下,企业数字化转型将同时扩展制造业企业的行业边界与地理边界,优化制造业企业的行业结构与空间布局。

表 9 数字化转型的经济绩效

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>TFP_LP</i>	<i>TFP_FE</i>	<i>TFP_GMM</i>	<i>Ext</i>	<i>Ext</i>	<i>Geo</i>	<i>Geo</i>
<i>Digital</i>	0.012 *** (0.004)	0.008 * (0.004)	0.010 ** (0.005)	0.015 *** (0.005)	0.015 * (0.008)	0.042 *** (0.005)	0.042 *** (0.007)
<i>Controls</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Stkcd</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Province</i>	YES	YES	YES	NO	YES	NO	YES
N	18622	18622	18622	18622	18622	19991	19991
<i>adj.R²</i>	0.934	0.962	0.876	0.701	0.700	0.866	0.866

六、研究结论与政策启示

本文基于数字经济与制造业耦合协调实现深度融合的“技术-经济”范式拓展的内在逻辑分析,采用耦合协调度模型测算 2014—2022 年全国 30 个省、自治区、直辖市的数字经济

与制造业融合水平,在此基础上将数字经济与制造业耦合协调实现深度融合的视角拓展到微观层面,研究地区数字经济与制造业融合发展对企业数字化转型的影响效应。本文研究结论是:第一,从整体层面来看,我国数字经济与制造业的融合水平不断提升,制造业发展对整体系统的耦合水平贡献高于数字经济。数字经济各维度中,网络化趋于平缓,信息化强势增长,智能化与平台化亟需发展,数字化呈现波动趋势,数字经济与制造业的深度融合需要推动制造业的“智改数转网联”。第二,从省份层面来看,区域间数字经济与制造业的融合水平存在较大差异,东部沿海城市的融合水平普遍较高,中西部地区融合进展快速发展,东北地区融合水平较弱,深度融合发展需要重塑制造业的空间布局。第三,从产业层面来看,测度结果表明数字经济与制造业的深度融合仍面临整体融合水平欠缺、区域融合差异以及数字技术发展不足的挑战,深度融合发展需要提升制造业的生态支撑供给能力。第四,从微观影响来看,数字经济与制造业的融合水平对制造业企业数字化转型具有正向影响,而且能够扩展以人工智能与区块链技术为代表的数字技术覆盖广度;进一步地,制造业企业的数字化转型将提升企业全要素生产率,并有助于优化企业的行业结构与空间布局。因此,深度融合发展需要加快企业层面的数字化转型,构建数字经济与制造业深度融合的微观机制。

基于本文研究结论,结合党的二十届三中全会精神,我国数字经济与制造业的融合要通过提升数字经济与制造业的耦合协调度提高融合的“深度”,以提升制造业的“智改数转网联”支撑供给能力为核心,以微观机制构建为重点,推动新阶段数字经济与制造业的深度融合:

1. 推动制造业的“智改数转网联”,提高数字经济与制造业深度融合的支撑供给能力

数字经济与制造业深度融合是培育我国经济高质量发展新动能和新优势的重要引擎,数字经济与制造业深度融合的重点在产业层面,难点在于提高数字经济与制造业的耦合协调度,目标在于推动制造业的新质化改造。而解决这些重点、难点问题和实现目标的着眼点在于制造业的“智改数转网联”。“智改”“数转”提升制造业在设计、生产、管理和 service 等方面的智能化水平;“网联”主要是实现数字经济与制造业的联动,依托工业互联网实现产业链上下游企业、制造业企业与数字服务企业的高效联接,以“智改数转网联”提高数字经济与制造业深度融合的支撑供给能力。一是以制造业的“智改数转网联”提高数字经济与制造业深度融合的创新支撑供给能力,推动人工智能赋能制造业生产的融合,提高制造业产业链的数智技术渗透度,推动制造业的新质化改造,凭借人工智能算法、算力提高制造业全要素生产率。二是以制造业的“智改数转网联”提高数字经济与制造业深度融合的技术支撑供给能力,以人工智能、大数据、互联网、区块链等信息技术的发展作为支撑,以创新型新基建推动产业链与创新链的结合,实现传统基础设施的智能化转型,提升制造业的“智改数转网联”的技术支撑供给能力,为制造业新质化改造提供基础设施支撑。三是以制造业的“智改数转网联”提高数字经济与制造业深度融合的产业支撑供给能力。以数字经济与制造业深度融合提升制造业价值链水平,把握制造业价值链演变机遇,培育发展新型制造模式和业态,推进数据驱动下的供给侧与需求侧、制造业与

平台经济深度融合,助推制造业的产业形态、生产方式和商业模式的变革,实现制造业的新质化。

2. 加快制造业企业的“智改数转网联”,构建数字经济与制造业深度融合的微观机制

数字经济与制造业的深度融合不仅要在产业层面着力,更要在微观机制上发力,而推动制造业企业的“智改数转网联”是构建数字经济与制造业深度融合微观机制的关键。当前数字经济发展进入人工智能新阶段,应通过数字经济与制造业深度融合将人工智能技术融入制造业全过程,重塑制造业企业发展的新优势,全面提升企业的数字化、智能化和网络化联接能力,构建数字经济与制造业深度融合的微观机制。一是提升制造业企业数字化改造、智能化转型和网络化联结能力。实现制造业企业生产与云计算、人工智能、大数据等数字技术相融合,推动制造业企业朝着生产智能化、产品智能化、服务智能化和管理智能化方向发展。二是提高制造业企业管理数字化水平。通过制造业企业管理数字化整合企业内外部数据,提高内部运营效率,改善供应链管理,促进流程优化,推动商业模式创新,驱动企业智能化决策。

3. 提升制造业的“智改数转网联”的生态支撑供给能力,完善数字经济与制造业深度融合的生态

数字经济与制造业深度融合是一个系统耦合过程,需要完善高效稳定的融合生态。从产业内部融合、微观机制的融合深化到生态融合,以生态的深度融合提升制造业的“智改数转网联”的生态支撑供给能力,形成数字经济与制造业共荣共生的生态环境新格局:一是为数字经济与制造业深度融合提供智能化的产业生态。提升人工智能技术架构的支撑作用,加快制造业领域的新型技术设施建设,关键在于构建人工智能的技术生态与完善数字基础设施,为数字经济与制造业深度融合提供智能化的产业生态。二是为数字经济与制造业深度融合提供智能化的创新生态。提升人工智能技术创新供给能力,构建融合发展的创新生态,重点关注制造业核心技术、基础元器件、关键软件等发展短板,强化工业机器人等优势技术的应用落地,布局人工智能大模型的应用。三是完善数字经济与制造业深度融合的数字治理生态。完善符合数字经济与制造业深度融合发展规律和特点的数字产业治理体系,促进技术、要素、产业融合等领域治理的共享协同,实行全过程数字化监管,支持融合背景下新业态和新模式的发展。

4. 重塑制造业的“智改数转网联”的空间布局,提升数字经济与制造业深度融合的空间集聚

利用数字经济的广覆盖性、强渗透性与高创新性,在区域间推动数字经济与制造业融合发展的进程,重塑制造业的“智改数转网联”的空间布局,提升数字经济与制造业深度融合的空间集聚。实施差异化融合发展路径,优化制造业“智改数转网联”的空间结构,提升数字经济与制造业深度融合的空间集聚,进一步构建多元泛在、智能敏捷、绿色低碳的算力基础设施,统筹大数据、算力、算法协同应用,满足数字经济与制造业深度融合对人工智能技术的需求。不断拓展我国制造业新质化发展的新空间,构建与区域和省域经济发展相协调的模式,

保障东部地区的融合稳步发展,依托西部地区融合水平提升对企业数字化转型的传导作用,扫除中部地区融合发展阻碍。依据区域资源禀赋,选择科研驱动型、资本驱动型、数据要素驱动型、产业应用驱动型的区域融合发展模式,为差异化的区域数字经济与制造业融合发展提供数据要素、技术和基础设施支持。

参考文献:

1. 钞小静、薛志欣、王宸威,2021:《中国新经济的逻辑、综合测度及区域差异研究》,《数量经济技术经济研究》第10期。
2. 郭晗、全勤慧,2022:《数字经济与实体经济融合发展:测度评价与实现路径》,《经济纵横》第11期。
3. 何文彬,2020:《数字化推动中国制造业价值链高端化效应解析——基于全球价值链视角》,《华东经济管理》第12期。
4. 胡海峰、白宗航、王爱萍,2024:《供应链持股与企业高质量发展——基于全要素生产率视角》,《中国工业经济》第9期。
5. 黄群慧、余泳泽、张松林,2019:《互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验》,《中国工业经济》第8期。
6. 李春发、李冬冬、周驰,2020:《数字经济驱动制造业转型升级的作用机理——基于产业链视角的分析》,《商业研究》第2期。
7. 李晓华,2022:《制造业的数实融合:表现、机制与对策》,《改革与战略》第5期。
8. 李治国、王杰,2021:《数字经济发展、数据要素配置与制造业生产率提升》,《经济学家》第10期。
9. 刘军、杨渊望、张三峰,2020:《中国数字经济测度与驱动因素研究》,《上海经济研究》第6期。
10. 刘明、王超骏、程钦良,2023:《中国制造业发展:水平测度与区域差异》,《统计学报》第2期。
11. 柳毅、赵轩、杨伟,2023:《数字经济对传统制造业产业链创新链融合的影响——基于中国省域经验的实证研究》,《浙江社会科学》第3期。
12. 任保平,2024:《数字经济与制造业深度融合推动新型工业化的机制与路径》,《山东社会科学》第1期。
13. 施炳展、李建桐,2020:《互联网是否促进了分工:来自中国制造业企业的证据》,《管理世界》第4期。
14. 史宇鹏,2021:《数字经济与制造业融合发展:路径与建议》,《人民论坛·学术前沿》第6期。
15. 苏屹、安晓丽、孙莹、果颖,2018:《区域创新系统耦合度测度模型构建与实证研究》,《系统工程学报》第3期。
16. 王俊豪、周晟佳,2021:《中国数字产业发展的现状、特征及其溢出效应》,《数量经济技术经济研究》第3期。
17. 王瑞荣、陈晓华,2022:《数字经济助推制造业高质量发展的动力机制与实证检验——来自浙江的考察》,《系统工程》第1期。
18. 吴非、胡慧芷、林慧妍、任晓怡,2021:《企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据》,《管理世界》第7期。
19. 武晓婷、张恪渝,2021:《数字经济产业与制造业融合测度——基于投入产出视角》,《中国流通经济》第11期。
20. 许宪春、张美慧,2020:《中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角》,《中国工业经济》第5期。
21. 阳立高、许调蓉、韩峰,2023:《中国数字经济与制造业融合发展水平测度及其时空特征》,《财经理论与实践》第2期。
22. 杨蕙馨、焦勇,2023:《数字经济时代产业融合赋能制造业高质量发展》,《China Economist》第6期。
23. 杨丽、孙之淳,2015:《基于熵值法的西部新型城镇化发展水平测评》,《经济问题》第3期。

- 24.张永坤、李小波、邢铭强,2021:《企业数字化转型与审计定价》,《审计研究》第3期。
- 25.郑耀群、邓羽洁,2022:《中国制造业高质量发展的测度与区域差距分析》,《现代管理科学》第2期。
- 26.Büyüközkan, G., and F. Göçer. 2018. “Digital Supply Chain: Literature Review and a Proposed Framework for Future Research.” *Computers in Industry* 97: 157–177.
- 27.Du, X. Q., Y. Q. Zhang, S. J. Lai, and H. X. Tao. 2024. “How Do Auditors Value Hypocrisy? Evidence from China.” *Journal of Business Ethics* 191(3): 501–533.
- 28.Perano, M., A. Cammarano, V. Varriale, C. D. Regno, F. Michelino, and M. Caputo. 2023. “Embracing Supply Chain Digitalization and Unphysicalization to Enhance Supply Chain Performance: A Conceptual Framework.” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 53(5/6): 628–659.
- 29.Perez, C. 2010. “Technological Revolutions and Techno-economic Paradigms.” *Cambridge Journal of Economics* 34(1): 185–202.

Deeply Integrated Development of Digital Economy and Manufacturing

Industry: Measurement and Micro-Level Impacts

Zhou Yahong^{1,2,3}, Ren Xinyi¹ and Wang Weiran⁴

(1: School of Economics, Shanghai University of Finance and Economics;

2: Key Laboratory of Mathematical Economics(SUFE), Ministry of Education;

3: Business School, Xinjiang Normal University(Visiting Professor);

4: Business School, Xinjiang Normal University)

Abstract: This paper analyzes the internal logic of the deeply integrated development of the digital economy and manufacturing industry and quantifies the degree of integration of the digital economy and manufacturing industry at the provincial level in China from 2014 to 2022. Furthermore, expanding the research perspective from the industry level to the micro level, this paper investigates the impact of the integration level of the digital economy and manufacturing on the digital transformation of manufacturing enterprises. The results indicate that the integration of China's digital economy and manufacturing industry has been deepening, but there are still problems such as insufficient depth of integration, slow progress, and regional differences. Empirical evidence indicates that integrating the digital economy and manufacturing industry can drive the digital transformation of manufacturing enterprises at the micro level, while also expanding the coverage of digital technologies, such as artificial intelligence and blockchain. Furthermore, the digital transformation of manufacturing enterprises is expected to enhance total factor productivity and facilitate the optimization of industry structure and spatial layout. Policy implications focus on advancing the “Intelligent Transformation, Digitalization, and Internet Integration” in the manufacturing industry by strengthening support capabilities, establishing micro-level mechanisms, improving industrial ecosystems, and optimizing spatial layouts, thereby achieving deeply integrated development of the digital economy and manufacturing industry.

Keywords: Digital Economy, Manufacturing Industry, Deep Integration, Digital Transformation

JEL Classification: O33, L60

(责任编辑:陈永清)