

数智技术、技术要素市场与服务型制造

戴魁早, 黄姿, 梁银笛

[摘要] 本文基于中国制造业亟须转型升级的现实背景,研究数智技术如何推动制造业向服务型制造这一重要方向转型升级,并探讨技术要素市场发展在这一过程中的作用。研究发现:数智技术促进了服务型制造发展,这一结论在经过一系列稳健性检验后仍然成立。数智技术对服务型制造的促进作用是通过采购效率提高、生产要素配置优化和仓储物流效能提升等供应链效率提升机制实现的。技术要素市场发展增强了数智技术对服务型制造的促进作用。然而,细分技术市场的影响程度存在差异,技术开发市场和技术服务市场的影响最显著,而技术转让市场和技术咨询市场的影响不明显。进一步地,技术要素市场发展强化了数智技术的采购效率提高机制,但未明显改善生产要素配置优化机制和仓储物流效能提升机制。异质性分析表明,对于“专精特新”、融资约束水平较低的企业以及技术密集度较高、竞争程度较高的行业,数智技术对服务型制造的促进作用更为显著。本文研究发现为理解数智技术在服务型制造发展中的作用提供了参考依据,在一定程度上拓宽了中国制造业转型升级的政策思路。

[关键词] 数智技术; 服务型制造; 供应链效率; 技术要素市场

[中图分类号] F272 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2025)01-0137-19

一、引言

服务型制造作为制造和服务融合发展的新型产业形态,是制造业转型升级的重要方向。近年来,随着中国服务型制造的探索实践不断深入,服务型制造呈现强劲发展势头并取得一系列成效。^①但是,当前中国服务型制造水平仍相对较低,还存在技术支撑能力不够强、信息化程度不够

[收稿日期] 2024-07-04

[基金项目] 研究阐释党的二十届三中全会精神国家社会科学基金重大专项“培育全国一体化技术和数据市场的理论框架与实践路径研究”(批准号24ZDA016);国家自然科学基金面上项目“技术要素市场发展对中国制造业生产率增长的影响机制及调控政策研究”(批准号72173042)。

[作者简介] 戴魁早,湖南科技大学商学院教授,湖南省战略性新兴产业研究基地研究员,博士生导师,经济学博士;黄姿,湖南科技大学商学院博士研究生;梁银笛,湖南科技大学商学院博士研究生。通讯作者:黄姿,电子邮箱:huangzai2022@163.com。本文得到湖南省研究生科研创新项目“数据要素驱动服务型制造的机理与政策研究”的资助。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵建议,文责自负。

^① 2021年,中国服务型制造指数由2016年的100逆势增长到113.71,排名全球第4位,其中,制造基础指标值从42.31提升到44.71,超越美国(44.46),位列全球第2,与德国差距由6.88缩小至1.68,且5年平均增速为9.5%。

高等突出问题,亟须加快发展。理论上,以“数字化+智能化”为核心的数智技术^①,凭借强大的数据分析和智能决策能力,不仅能够为企业生产经营活动决策和解决方案提供技术支持(Ghasemaghaei and Calic, 2020),还能够缓解企业生产经营活动中的信息不对称问题(Shahla et al., 2021; 卢福财和陈慧, 2023),因而,很可能有效破解制约服务型制造发展的突出问题,对服务型制造产生重要的促进作用。由此,中国是否可以通过数智技术更好促进服务型制造发展值得关注。

近年来,中国数智技术研发能力持续提升,规模化推广应用加速。工业和信息化部数据显示,2022年中国数字经济核心产业发明专利授权量达33.5万件,同比增长17.5%;并且,全国工业企业关键工序数控化率和数字化研发设计工具普及率分别达到58.6%和77.0%。进一步地,由于当前中国仍存在数智技术研发能力较弱、复合型技术人才较为缺乏、数智技术与业务需求之间尚有脱节等突出问题,因而,数智技术研发能力提升空间和应用潜力非常大。鉴于数智技术研发与应用的实际情况及其对服务型制造的可能影响,可以推测,充分发挥数智技术的作用很可能是促进服务型制造发展的一条重要途径,而探究数智技术影响服务型制造的内在规律则是值得研究的重要课题。

实际上,有文献关注了人工智能在制造业转型升级过程中的作用。研究发现,人工智能的应用不仅能够倒逼劳动力禀赋提升,促进产业部门生产效率提高,实现产业结构转型升级(胡俊和杜传忠, 2020; 韦东明等, 2021),还能与高级人力资本融合发展,突破现有产业的功能局限,提升生产和服务质量,助推传统产业转型升级(郑世林等, 2024)。然而,上述文献并未回答数智技术如何影响服务型制造。

还有文献探讨了不同类型信息技术在推动服务型制造发展过程中的作用机理。研究认为,数字技术能够降低搜寻成本与摩擦成本(Kohtamki et al., 2020),拓展增值服务类型(李晓华, 2021),重塑企业商业模式(Paiola and Gebauer, 2020; Favoretto et al., 2022),进而实现企业服务型制造发展。^②工业互联网能从企业链、价值链、技术链等维度实现产业链整合,进而形成产业链生态系统与网络式组织,促进服务型制造网络的发展(王晓蕾等, 2022)。当人工智能技术偏向生产岗位且生产岗位和服务岗位的替代弹性较低时,人工智能技术会在制造业内部推动由生产转向服务的岗位结构变迁,提高服务型制造比重(潘珊和郭凯明, 2024)。然而,相较于上述信息技术,数智技术拥有更为强大的数据分析和智能决策能力,其作用于服务型制造的内在机理尚待进一步探索。

与本研究主题紧密相关的是苗翠芬(2023),探讨了以工业机器人反映的人工智能对制造业服务化的影响,发现工业机器人主要通过优化人力资本结构、提高数据要素密集度等途径影响制造业服务化水平。然而,就研究主题而言,数智技术与人工智能以及服务型制造与制造服务化的内涵、衡量指标等存在明显区别,数智技术对制造业转型升级的影响应该具有独特的规律。理论上,数智技术能更大程度地提高资源配置效率和生产管理效率,因而,依据产业结构理论,数智技术很可能对服务型制造产生重要影响。就影响机制而言,该文并未从企业供应链视角系统探讨数智技术的影响机制。实际上,服务型制造涉及企业采购、生产、仓储物流等供应链关键环节,而数智技术的通用性特征能够有效提高供

① 数智技术是数字化和智能化的有机融合,可以理解为“数字化+智能化”,是在数字化基础上融合应用机器学习、人工智能等智能技术的过程。核心组成部分包括人工智能、大数据技术、云计算、物联网、区块链技术、AR/VR、机器人技术、边缘计算和5G技术等。

② 实际上,数智技术与数字技术对服务型制造的影响,既有共同之处(共性),又有明显差异(个性)。相同之处在于,两者都可以缓解供应链关键环节的信息不对称问题,都能提升资源配置效率。不同之处在于,相较于数字技术,数智技术不仅能更显著地促进企业智能化发展,还能更有效地提高供应链效率(本文机制)。

供应链关键环节的资源配置效率,对服务型制造产生重要影响。就研究内容而言,该文并未涉及技术要素市场的可能影响。理论上,技术要素市场是数智技术等要素交换和配置的场所,在优化创新资源配置、促进技术转移和成果转化中发挥着关键性作用(戴魁早等,2023),因而,技术要素市场很可能会影响数智技术的应用效果。现有文献的上述局限为本文提供了可能的突破空间。

与现有文献不同,本文在产业结构理论框架下研究数智技术这一前沿技术对服务型制造的影响,并探讨技术要素市场发展在这一过程中的作用;进一步地,结合数智技术具有通用性这一技术特征,从供应链视角探究数智技术影响服务型制造的内在机制。本文的可能贡献主要体现在:①在产业结构理论框架下,系统地分析了数智技术对服务型制造的影响及其机制,拓展了科技创新与制造业转型升级的研究领域,为推动服务型制造发展提供了经验证据。②在机制分析方面,从供应链视角探究数智技术如何通过采购效率提高、生产要素配置优化和仓储物流效能提升等供应链效率提升机制作用于服务型制造发展。这有助于加深对数智技术影响服务型制造内在规律的认识和理解。③结合数智技术应用过程中各地区技术要素市场不断发展的客观事实,探讨了技术要素市场在数智技术促进服务型制造发展中的作用。此外,从企业特征和行业特征维度考察数智技术的异质性影响,丰富了科技创新与制造业转型升级的研究内容,在政策层面具有明确的启示意义。

二、制度背景

1. 服务型制造的政策实践

服务型制造是制造与服务融合发展的新型产业形态,是制造业企业通过创新优化生产组织形式、运营管理方式,不断增加服务要素在投入和产出中的比重,实现从以加工组装为主向“制造+服务”转型。近年来,中国政府重视服务型制造发展。例如,2016年《发展服务型制造专项行动指南》提出,要推动服务型制造向专业化、协同化、智能化方向发展;2020年《关于进一步促进服务型制造发展的指导意见》明确了服务型制造的发展路径和目标,为发展服务型制造提供实践指南和行动遵循。此外,工业和信息化部积极开展服务型制造示范项目和城市遴选工作,组织开展中国服务型制造大会、“服务型制造万里行”等系列活动。

在一系列政策措施的重点支持下,中国服务型制造取得了显著成效。一方面,中国服务型制造发展稳居全球第二梯队首位。《全球服务型制造发展指数报告》数据显示,中国位列2021年全球服务型制造发展指数榜第4,连续5年保持稳定增长。另一方面,示范企业推动了供应链管理、产品全生命周期管理等模式创新发展。例如,宇通客车打造的“超基因价值链”价值体系,通过聚合客车全生命周期价值,打造更符合用户需求的产品、服务和解决方案;海尔集团打造卡奥斯工业互联网平台(COSMOPlat),通过连接用户需求和整个智能制造体系,推动用户驱动的大规模定制模式发展;陕鼓集团基于其旋转机械远程在线监测及故障诊断系统,利用互联网传输系统运行数据,为用户提供远程检测服务以及在线技术支持。

2. 典型事实

近年来,中国数智技术创新能力持续增强,规模化应用加速推进。《数字经济核心产业专利统计分析报告(2023)》数据显示,中国数字经济核心产业发明专利授权量由2016年的12.4万件增至2022年的33.5万件,年均增速达18.1%,是同期发明专利授权年均增速的1.5倍。同时,重点领域数智技术应用水平加快提升,国家数据局数据显示,关键工序数控化率和数字化研发设计工具普及率分别达到62.2%和79.6%。

由图1可以看出,随着数智技术投资规模不断扩大,企业服务型制造水平在不断提高。^①具体来说,企业数智技术相关资产占比由2011年的12.55%增长至2021年的17.89%,年复合增长率为3.28%(数智技术词频数均值由2011年的28.50增长至2021年的145.35),表明企业数智技术应用水平在逐年提高。同时,企业服务型制造水平呈现高速增长态势,企业生产性服务收入占主营业务收入的比重从2011年的0.3%增长至2021年的7.3%,年均增长率为36.37%。

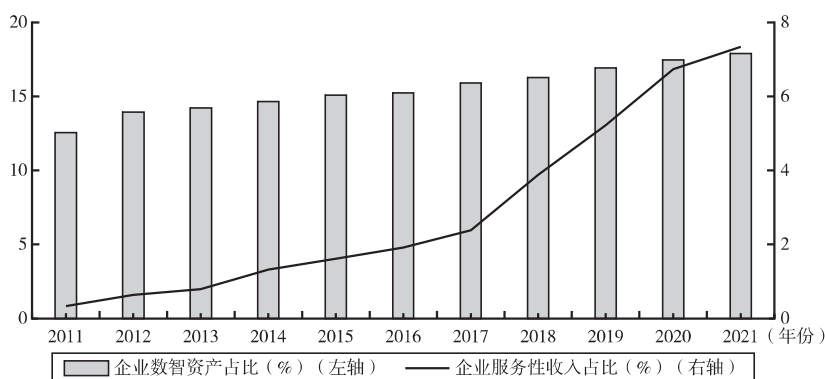


图1 2011—2021年企业数智技术发展水平与服务型制造趋势

由图2可以看出,服务型制造的行业差异较为明显。具体来说:技术密集型制造业的服务要素投入水平位于前列,如电气和光学设备、机械设备、运输设备等。劳动密集型制造业的服务要素投入水平相对较低,如食品、饮料和烟草,皮革、皮革制品和鞋类等。其原因可能是,技术密集型行业对高端服务要素的需求较大,企业采购、生产、仓储和物流等环节的改进均对服务要素具有较大的需求。

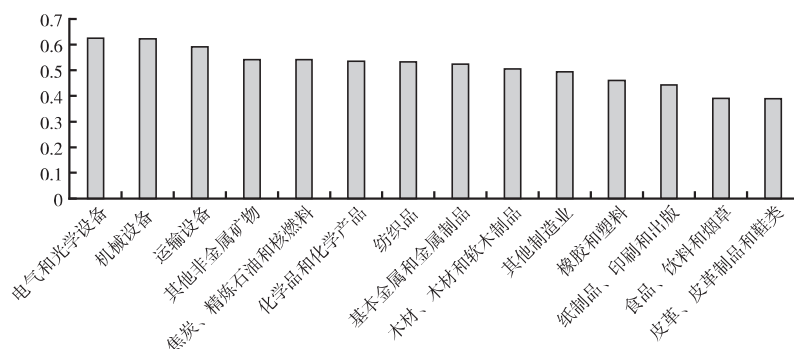


图2 二分位制造业的服务型制造水平

三、理论分析

鉴于供应链效率对服务型制造至关重要,而数智技术的通用性特征能够有效提高供应链关键环节的资源配置效率,结合近年来数智技术推广应用过程中各地区技术要素市场快速发展的客观事实,本文构建如下理论分析框架探讨数智技术对服务型制造的影响,如图3所示。

^① 企业数智技术投资水平、企业服务型制造水平分别采用制造业上市企业的数智技术资产占总资产比值、服务性收入占主营业务收入比值的年平均值得测算。行业服务型制造水平是基于亚洲开发银行ADB-MRIO数据库的投入产出数据,利用中间服务要素投入测算所得到的完全消耗系数的各行业平均值来反映。

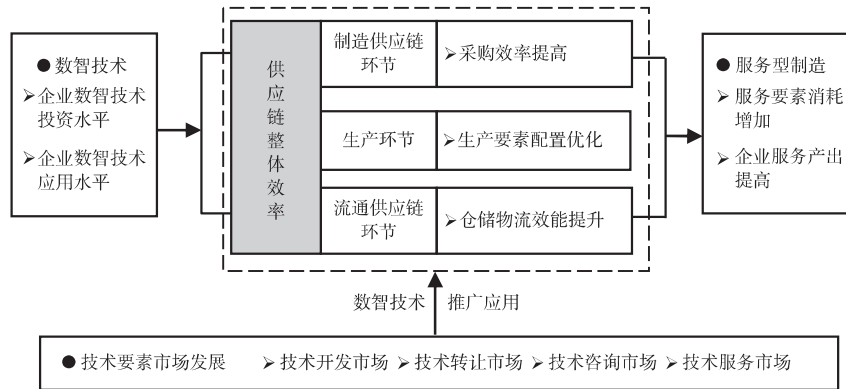


图3 理论分析框架

1. 数智技术对服务型制造的影响

依据产业结构理论(Chenery et al., 1986),产业转型升级是要素资源从配置效率较低产业(或企业)逐渐向配置效率较高的产业(或企业)转移和配置的过程,表现为资源配置效率的整体提高,受到技术进步等因素驱动(田秀娟和李睿,2022)。依据产业结构理论,服务型制造作为产业(或企业)转型升级的重要形态,其发展主要体现在要素资源配置优化、生产管理效率提高等方面。

理论上,数智技术凭借强大的数据分析和智能决策能力,不仅能为企业生产经营活动决策和解决方案提供技术支持(Ghasemaghaei and Calic, 2020; Shahla et al., 2021),还能缓解企业生产经营活动中的信息不对称问题(Shahla et al., 2021; 卢福财和陈慧, 2023)。上述两方面影响可以提高企业资源配置效率和生产管理效率,助力企业更好地开展定制化服务、供应链管理和全生命周期管理等业务活动,推动服务型制造发展。

从供应链视角看,数智技术的应用有助于企业采购、生产、仓储和物流等环节的资源整合与智能决策(Dolgui and Ivanov, 2022),提高供应链关键环节的资源配置效率。由此推测,数智技术可以从提高采购效率、优化生产要素配置以及提升仓储物流效能等方面实现供应链整体效率的提高,促进企业服务型制造发展。

(1) 采购效率提高机制。依据产业结构理论,服务型制造这一产业(或企业)转型升级形态受到资源配置效率提高等关键因素驱动(韦东明等, 2021; 潘珊和郭凯明, 2024)。数智技术的应用有助于企业优化供需资源匹配,增强供应端敏捷响应能力,提高采购环节资源配置效率,实现对个性化定制需求的快速响应和满足,推动企业供应链管理、定制化服务等服务型制造模式发展。由此推测,数智技术能够通过采购效率提高这一机制促进服务型制造发展。

数智技术可以从两个方面影响企业采购效率:①大数据、云计算等数智技术的应用,能够有效提高信息传递和处理效率,帮助企业基于海量消费者数据,更好地进行需求预测以及采购计划制定(江小涓和靳景, 2022),从而优化供需资源匹配以提高采购效率。②企业利用数智技术能够提高与供应商之间的对接效率,快速、高效地把控生产材料的采购计划,既能保证常规性生产材料的快速到位,又能促进异质性资源的及时补缺(郑世林等, 2024),从而增强供应端敏捷响应能力以提高采购效率。

(2) 生产要素配置优化机制。依据产业结构理论,资源配置效率提高是产业(或企业)转型升级的关键驱动因素(韦东明等, 2021)。数智技术的集成应用更有助于形成系统化、智能化、协同化的生产制造模式(钞小静等, 2021),提高生产过程的要素配置效率与管理效率(Heo and Lee, 2019;

Ghasemaghaei and Calic, 2020)。由此推测,数智技术可以通过生产要素配置优化这一机制促进服务型制造发展。

数智技术对企业生产管理环节的影响主要表现在两个方面:①数智技术能够有效聚合和共享各类生产要素资源,通过增强生产过程中的技术关联性与网络协同性,助力企业实现高效智能生产(Heo and Lee, 2019)。②应用数智技术可以帮助企业实现全业务流程实时监测,大幅改善传统生产流程中因协调不足而导致的资源低效配置问题,通过统筹推进,实现对各生产环节的精细管理和精准决策(Ghasemaghaei and Calic, 2020)。

(3)仓储物流效能提升机制。理论上,服务型制造表现为以加工组装为主向“制造+服务”转型,受到企业服务效率和服务质量的影响。鉴于数智技术应用于流通供应链环节,有助于企业精细化与可视化管理,能够优化仓储物流环节要素配置,提升仓储物流服务的效率和质量(刘诚, 2023),进而促进“仓储物流服务+制造”更好地融合,增加仓储物流服务在企业产出中的比重。由此推测,数智技术可以通过仓储物流效能提升机制促进服务型制造发展。

数智技术可以从两个方面影响企业仓储物流:①企业利用人工智能、物联网等数智技术能实现产品入库、存储、出库等流程的智能化管理,提高货物存储、分拣和配送的效率和准确性(Spieske and Birkel, 2021),进而优化仓储管理以提升流通供应链环节效能。②企业借助云计算、区块链等数智技术进行智能化分析决策,通过调整优化运输路线、实时查询和调度货物的配送情况,提高物流配送的速度和准确性(刘诚, 2023),进而提升流通供应链环节效能。基于此,本文提出:

假说1:数智技术能够促进服务型制造发展。

假说2:数智技术可以通过采购效率提高、生产要素配置优化以及仓储物流效能提升等供应链效率提升机制,促进服务型制造发展。

2. 技术要素市场发展的作用

上述理论分析表明,在供应链关键环节能够充分应用数智技术和发挥数智技术作用的情况下,数智技术能够促进服务型制造发展。然而,成熟的技术要素市场是数智技术得到充分应用和充分发挥作用的重要前提,对于采购效率提高、生产要素配置优化等机制的效果发挥具有重要作用(戴魁早等, 2023)。事实上,中国技术要素市场自1984年就实施了市场化导向的改革。在相关政策措施支持下,近年来,技术要素市场得到了快速发展,但仍存在产权制度与监管制度不健全等深层次体制机制障碍,这会影响采购效率提高、生产要素配置优化等机制的效果发挥。由此推测,技术要素市场发展水平很可能会影响数智技术对服务型制造的作用效果。

理论上,技术要素市场发展可以从三方面影响数智技术对服务型制造的作用效果:①技术要素市场是技术、人才、资金、信息等各类创新生产要素的集聚与流动平台,发育程度较高的技术要素市场能充分发挥在配置资源中的基础性作用,有利于企业高效获取并利用各类创新资源,积极开展数智技术研发活动(戴魁早等, 2023; 贺俊和庞尧, 2024),进而助力服务型制造发展。②高标准的技术要素市场是技术信息的聚集和扩散地,能够为技术供需双方提供相关的技术信息以实现供需精准对接(戴魁早, 2018),通过市场需求引导技术资源有效配置,有助于先进数智技术的推广和溢出,从而更好地推动服务型制造发展。③较为发达的技术要素市场有利于技术咨询、技术服务等技术交易活动高效开展,企业能够充分利用社会智力资源,根据其自身发展需要,推动数智技术成果转化和应用赋能,以更好地实现数智技术对服务型制造的促进作用。基于此,本文提出:

假说3:数智技术对服务型制造的促进作用会受到技术要素市场发展的影响,即技术要素市场发展能够增强数智技术对服务型制造的促进作用。

四、研究设计

1. 计量模型设定

为了检验数智技术对服务型制造的影响,本文设立如下计量模型:

$$Servitization_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DTech_{it} + \alpha_2 X_{it} + \omega_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 表示企业个体, t 表示年份。 $Servitization_{it}$ 表示企业 i 在 t 时期的服务型制造水平, $DTech_{it}$ 表示企业 i 在 t 时期的数智技术水平, X_{it} 表示控制变量集。 ω_t 表示时间固定效应, ω_i 表示企业个体固定效应, ε_{it} 为随机扰动项, α_0 表示常数项, α_1 和 α_2 均为模型估计参数。 α_1 是本文主要关心的参数,若 α_1 显著为正,说明数智技术对服务型制造有显著的促进作用。

2. 变量与数据说明

(1)服务型制造。为了更加全面地探讨数智技术对服务型制造的影响,本文借鉴相关领域的做法,基于《发展服务型制造专项行动指南》(工信部联产业[2016]231号)的定义,从服务要素消耗和服务产出视角对服务型制造进行测度,其中,前者采用投入产出表测算的制造业各细分行业的服务要素消耗系数来表示(Park, 1994; 祝树金等, 2021),后者利用企业服务性收入占营业收入的比重来衡量(Josephson et al., 2016; 唐浩丹等, 2022)。

基于服务要素消耗视角,借鉴Park(1994)、祝树金等(2021)的计算方法,选用亚洲开发银行的ADB-MRIO数据库的投入产出数据,利用中间服务要素投入的消耗系数度量服务型制造。具体计算公式如下:

$$Servitization_{ij}^{complete} = \alpha_{ij} + \sum_{x=1}^n \alpha_{ix} \alpha_{xj} + \sum_{y=1}^n \sum_{x=1}^n \alpha_{iy} \alpha_{yx} \alpha_{xj} + \dots \quad (2)$$

其中, $Servitization_{ij}^{complete}$ 表示完全消耗系数; α_{ij} 表示生产部门 j 对服务部门 i 的直接消耗系数,具体为制造业行业中服务要素投入与总投入之比; $\sum_{x=1}^n \alpha_{ix} \alpha_{xj}$ 表示生产部门 j 通过部门 x 对服务部门 i 的第一轮间接消耗; $\sum_{y=1}^n \sum_{x=1}^n \alpha_{iy} \alpha_{yx} \alpha_{xj}$ 表示生产部门 j 通过部门 y 到部门 x ,进而对服务部门 i 的第二轮间接消耗,依次累加到第 n 轮间接消耗,进而得到各制造业行业内服务投入的总额。

进一步地,本文以各企业研发经费支出占该企业所属行业研发经费内部支出总额的比值为权重,将行业层面的服务要素完全消耗系数分解到企业层面,以考察企业层面的服务要素投入水平(用符号 $Iser$ 表示)。

基于服务产出视角,借鉴唐浩丹等(2022)的做法,以企业生产性服务收入占主营业务收入的比重衡量制造业企业实施服务型制造的程度(用符号 $Oser$ 表示)。具体地,以国家统计局发布的《生产性服务业统计分类(2019)》为标准,使用Wind数据库上市公司数据,从制造业上市公司主营业务收入明细数据中识别出研发设计服务、科技成果转化服务、知识产权及相关法律服务、生产性专业技术服务、货运仓储服务、信息技术服务、电子商务支持服务、金融服务、生产性租赁服务、商务服务、批发与贸易经济代理服务等服务收入,计算其占主营业务收入的比重。

(2)数智技术。为了更加客观全面地反映企业数智技术水平,本文从数智技术投资水平和数智技术应用水平两个维度构建数智技术衡量指标。具体步骤为:

第一步,参考祁怀锦等(2020)的研究,以上市公司财务报告附注披露的年末资产明细为基础识别得到企业数智技术相关无形资产和固定资产,利用数智技术相关资产占总资产比重测度企业数智技术投资水平($Invest$)。

第二步,使用文本分析法测度企业数智技术应用水平(*Appli*),即采用制造业上市企业年报数智技术相关关键词出现的次数来衡量企业数智技术应用程度。具体而言:①构建企业数智技术术语词典。本文借鉴肖土盛等(2022)的做法,基于《“十四五”数字经济发展规划》《制造业数字化转型行动方案》等政策文件以及清华大学全球产业研究院发布的《中国企业数字化转型研究报告》等权威报告,经Python分词处理及人工识别,从底层技术和数智技术应用两个层面抓取与数智技术相关的关键词,构成了本文的数智技术术语词典。②运用Python软件对上市公司年报中关于数智技术的关键词进行检索和匹配,同时剔除否定含义表述关键词,汇总得到有效关键词总词频数,对其加1后取自然对数。^①

第三步,基于上文测算的两个维度指标,采用算术平均法计算出企业数智技术综合指数(*DTech*)。具体做法为:首先,采用极差标准化的方法对企业数智技术投资水平(*Invest*)与数智技术应用水平(*Appli*)进行无量纲化处理。极差标准化公式如下:

$$x_{it}' = \frac{x_{it} - \text{Min}_x}{\text{Max}_x - \text{Min}_x} \quad (3)$$

其中, x_{it}' 为标准化处理后的数值, x_{it} 为企业数智技术投资水平或数智技术应用水平的实际数值, Max_x 表示该组数列的最大值, Min_x 表示该组数列的最小值。其次,将标准化处理后的企业数智技术投资水平(*Invest*)与数智技术应用水平(*Appli*)进行算术平均(两个指数权重各为0.5),计算出企业数智技术综合指数(*DTech*)。

(3)控制变量。本文从城市和企业两个层面选取控制变量。城市层面控制变量主要从政府参与度(*Gove*)、外商投资水平(*Fore*)、教育水平(*Edu*)、金融发展水平(*Fina*)和互联网发展水平(*Inter*)五个方面选取控制变量。具体而言,政府参与度采用地方政府一般预算支出占GDP比重衡量;外商投资水平选用按历年人民币汇率折算各地级市实际利用外商投资额与GDP之比表示;教育水平采用地级市普通高等学校在校人数占该地区总人口比重反映;金融发展水平采用年末金融机构存贷款余额占GDP比重衡量;互联网发展水平采用国际互联网用户数衡量。

企业层面控制变量选取企业规模(*Size*)、企业盈利能力(*ROA*)、股权集中度(*Share*)以及企业产权性质(*SOE*)。具体而言,企业规模采取企业总资产的自然对数衡量;企业盈利能力选用资产收益率,即企业净利润与企业平均资产的比值表示;股权集中度采用前五大股东持股数量与总股数的比值表示;企业产权性质采用虚拟变量表示,国有控股企业定义为1;其他为0。

鉴于数据可获得性,本文的样本区间设定为2011—2021年。本文使用的上市公司数据来源于Wind数据库,计算服务要素投入的消耗系数原始数据来自亚洲开发银行ADB—MRIO数据库。其他原始数据来自相关年份《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》。本文采用年度均值替换法对部分缺失数据进行补齐。为控制异方差问题,本文在估计时均对连续变量取对数;此外,为消除量纲影响,对所有数据做标准化处理,并对所有连续变量进行1%的缩尾处理以减轻异常值影响。^②

五、实证结果与分析

1. 数智技术的总体影响

在估计之前,运用方差膨胀因子方法检验解释变量之间的多重共线性。结果显示,主要模型的

① 数智技术指标测度的进一步说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 主要变量统计性描述结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

方差膨胀因子(VIF)总值和单个解释变量的VIF值均小于10,表明主要模型的解释变量之间不存在明显的多重共线性。为了避免自相关与异方差等问题的影响,本文在所有回归中均使用企业层面的聚类稳健标准误。

表1报告了数智技术对服务型制造总体影响的估计结果。第(1)列为企业层面完全消耗系数(*Iser*)衡量服务型制造的估计结果,核心解释变量数智技术(*DTech*)的估计系数在1%水平上显著为正,表明企业数智技术应用程度越高,企业服务要素消耗越多,验证了数智技术应用促进企业服务型制造这一理论预期。为了尽可能消除经济社会发展因素对实证结果的干扰,第(2)列控制城市和企业层面的特征变量。结果显示,数智技术(*DTech*)系数为正且通过1%显著性水平检验,表明在控制其他影响因素后,数智技术应用仍然促进了企业服务型制造发展。第(3)、(4)列为企业服务性收入占营业收入的比重(*Oser*)衡量服务型制造的估计结果,数智技术(*DTech*)系数均在1%水平上显著为正,说明数智技术应用促进了中国制造业企业的服务产出水平的提高。表1的回归结果表明,无论是从服务要素消耗还是服务产出视角看,数智技术应用均促进了企业服务型制造发展,假说1得以验证。

表1 数智技术总体影响的估计结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	服务型制造(<i>Iser</i>)		服务型制造(<i>Oser</i>)	
<i>DTech</i>	0.1762*** (16.5669)	0.0364*** (2.9352)	0.6456*** (29.5445)	0.1711*** (7.8972)
控制变量	否	是	否	是
固定效应	是	是	是	是
聚类到企业	是	是	是	是
观测值	14356	11479	14531	11562
R ²	0.0695	0.2541	0.2014	0.5111

注:估计结果均出自Stata15.0,括号内数值为t值;*、**和***分别表示10%、5%和1%水平上显著;系数值为标准化后的回归结果。以下各表同。

2. 技术要素市场发展的作用

为检验技术要素市场发展在数智技术推动企业服务型制造过程中的作用,本文在基准计量模型式(1)的基础上引入技术要素市场发展变量及其与数智技术的交互项。具体计量模型如下:

$$Servitization_{it} = \delta_0 + \delta_1 DTech_{it} + \delta_2 DTech_{it} \times TEM_{it} + \delta_3 TEM_{it} + \delta_4 X_{it} + \omega_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, TEM_{it} 表示技术要素市场发展, δ_2 为数智技术与技术要素市场发展变量交互项的估计系数,若 δ_2 显著为正,说明技术要素市场发展强化了数智技术对服务型制造的促进作用。

技术要素市场作为科技成果交易的市场化平台,涉及与技术开发、技术转让、技术咨询、技术服务相关的技术交易活动。本文借鉴戴魁早等(2023)的思路,从细分类别和总体水平两个层面对其进行表征。具体而言,首先,依据各地区的技术开发、技术转让、技术咨询和技术服务等四个细分技术要素市场的技术流向地域合同金额数(即地区作为购买方的数据),测算得到每个细分技术发展指数(分别用符号*Deve*、*Tran*、*Cons*和*Serv*表示);其次,将四个细分技术发展指数进行算术平均,得到各地区的技术市场发展指数(用符号*TEM*表示)。^①

① 技术要素市场的测度方法参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

(1)技术要素市场的影响结果分析。表2报告了技术要素市场发展的影响估计结果。表2第(1)、(6)列报告了技术要素市场发展的影响估计结果。结果显示,交互项 $DTech \times TEM$ 系数在1%水平上显著为正,表明技术要素市场发展增强了数智技术对服务型制造的推动作用。究其原因,可能在于:一方面,中国技术要素市场法律政策体系逐渐完善,为数智技术相关科技成果的研发应用提供了制度保障,极大地促进了数智技术创新与应用,助力服务型制造发展。另一方面,中国技术要素市场规模不断扩大,有效促进了技术要素自由流动和高效配置,从而为企业发展服务型制造提供了高质量的数智技术供给。科技部火炬中心数据显示,中国全国技术合同从2018年的41.19万项提高至2022年的77.25万项,成交额从2018年的1.77万亿元提高至4.78万亿元,分别增长87.6%和170%,技术要素市场活力持续释放,为推动数智技术转移转化提供了有力支撑。

表2 技术要素市场发展影响的估计结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	服务型制造(<i>Iser</i>)					服务型制造(<i>Oser</i>)				
	技术要素市场	技术开发	技术转让	技术咨询	技术服务	技术要素市场	技术开发	技术转让	技术咨询	技术服务
$DTech$	0.0013 (0.0465)	0.0032 (0.2413)	0.0264** (1.9652)	0.0242* (1.7725)	0.0055 (0.3623)	0.0730*** (3.1190)	0.1034*** (4.5107)	0.1389*** (6.0453)	0.1334*** (5.7736)	0.0838*** (3.6409)
$DTech \times TEM$	0.2113*** (12.9618)					0.4367*** (15.8005)				
$DTech \times Deve$		0.2454*** (13.3541)					0.4204*** (13.8080)			
$DTech \times Tran$			0.0056 (0.6236)					0.0132 (1.3269)		
$DTech \times Cons$				0.0078 (0.9425)					0.0141 (1.5015)	
$DTech \times Serv$					0.1502*** (12.1551)					0.3492*** (15.8305)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
聚类到企业	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	9425	9425	9425	9425	9425	9485	9485	9485	9485	9485
R ²	0.3106	0.3150	0.2692	0.2786	0.2939	0.5534	0.5393	0.5156	0.5237	0.5486

(2)技术开发市场的影响结果分析。表2第(2)、(7)列结果显示,技术开发市场与数智技术的交互项 $DTech \times Deve$ 系数显著为正,表明技术开发市场的发展增强了数智技术对服务型制造的推动作用。究其原因,可能在于:以产学研合作、企业间技术联盟为主要表现形式的技术开发市场,能够促进技术创新资源的共享和优化配置,进而实现企业技术创新和应用。例如,华为公司与清华大学签署科技合作协议,围绕信息和通信技术、人工智能等领域共同进行技术研发,助力数智技术的开发与应用。

(3)技术转让市场的影响结果分析。表2第(3)、(8)列报告了技术转让市场发展的影响结果,可以看出,交互项 $DTech \times Tran$ 系数不显著,表明技术转让市场的发展并没有显著增强数智技术对服务型制造的促进作用。可能的解释是:①中国技术产权交易制度、信用监管制度尚不完善。虽然国家近年来出台许多促进技术交易的政策,但尚未形成完整的政策体系,能够为技术交易提供的监管和保障有限,这在一定程度上阻碍了数智技术的推广与溢出。②互联互通的全国技术交易网络

还有待完善。技术交易网络的不完善可能引发“信息孤岛”现象,使得技术供需双方难以及时、准确地获取所需信息,导致技术资源配置效率低下,从而影响技术转移和科技成果的转化效果。因而,技术转让市场存在的上述不足,致使其未能明显强化数智技术对服务型制造的促进作用。

(4)技术咨询市场的影响结果分析。由表2第(4)、(9)列结果可以看出,技术咨询市场与数智技术的交互项 $DTech \times Cons$ 系数并不显著,表明技术咨询市场的发展没有强化数智技术对服务型制造的促进作用。可能的解释是:中国技术咨询机构还缺乏统一的服务标准和规范,具备专业技能和经验的科技咨询专业人才相对短缺,削弱了企业寻找第三方机构和平台进行技术咨询的意愿,从而导致技术咨询市场发展对数智技术的促进作用并不明显。

(5)技术服务市场的影响结果分析。表2第(5)、(10)列结果显示,技术服务市场与数智技术的交互项 $DTech \times Serv$ 在1%水平上显著为正,表明技术转让市场增强了数智技术对服务型制造的促进作用。可能是因为:近年来,中国技术服务市场活力不断释放、市场规模不断扩大,有效地促进了数智技术成果的转化和应用。2022年,中国技术服务合同成交40.79万项,成交额高达28718.91亿元,稳居四类技术合同首位。技术服务市场的发展有助于企业利用社会智力资源进行数智技术成果转化,强化数智技术在企业生产运营中的应用赋能效应,以更好地实现数智技术对服务型制造的促进作用。

3. 内生性处理

借鉴钞小静等(2021)的做法,使用1994年每万人微型电子计算机生产数量作为数智技术的工具变量。就相关性而言,历史微型电子计算机生产能力为数智技术的发展奠定前期技术基础。数智技术是在计算机技术普及的基础上发展起来的,历史上计算机生产较多的地区极有可能是数智技术发展较好的地区。就外生性而言,历史上的微型电子计算机生产数量并不会对样本期内的企业服务型制造产生直接影响,即历史微型电子计算机生产与随机扰动项无关,满足外生性要求。鉴于本文研究样本为面板数据,采用上一年的互联网宽带接入用户数与1994年每万人微型电子计算机生产数量构造的交互项,作为数智技术的工具变量。

表3报告了引入工具变量后两阶段最小二乘法(2SLS)的估计结果。结果表明,Cragg-Donald Wald F值均大于在10%偏误水平下的16.38的临界值,说明不存在弱工具变量问题。第一阶段的

表3 工具变量法的估计结果

	(1)	(2)
	服务型制造(<i>Iser</i>)	服务型制造(<i>Oser</i>)
<i>DTech</i>	1.7404*** (3.8868)	1.1956*** (3.0416)
第一阶段估计结果		
工具变量	0.1201*** (9.2347)	0.1022*** (4.2251)
Kleibergen-Paap rk LM statistic	14.6625***	14.6103***
DWH Chi2 /值(p-value)	111.7479 [0.0000]	209.3554 [0.0000]
Cragg-Donald Wald F statistic	20.0283	19.8569
控制变量	是	是
固定效应	是	是
聚类到企业	是	是
观测值	10691	10762
R ²	0.2550	0.4869

回归结果满足工具变量的相关性假设,且第二阶段回归结果表明,内生变量数智技术(*DTech*)的系数未发生明显变化,间接说明估计变量满足排他性约束。因此,本文选取的工具变量具有有效性。由表3的第二阶段估计结果可以看出,核心解释变量的系数值均为正且通过1%水平的显著性检验,与基准回归中的估计结果无明显差异,验证了前文主要结论具有较好的稳健性。

4. 稳健性检验

为了确保上述估计结果的可靠性,本部分还以2017年《新一代人工智能发展规划》的出台作为外生政策冲击进行检验、对关键变量重新进行衡量、删除部分样本以及纳入多维交互固定效应等,进行稳健性检验,结果表明前文基本结论稳健。^①

六、影响机制分析

1. 机制检验模型与变量说明

前述理论分析表明,数智技术可以从提高采购效率、优化生产要素配置以及提升仓储物流效能等方面实现供应链整体效率的提高,进而推动企业服务型制造发展。为验证上述影响机制是否成立,本部分设定如下计量模型,从两个层面进行检验:

$$SCE_{it} = \beta_0 + \beta_1 DTech_{it} + \beta_2 X_{it} + \omega_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$SCE_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DTech_{it} + \gamma_2 DTech_{it} \times TEM_{it} + \gamma_3 TEM_{it} + \gamma_4 X_{it} + \omega_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式(5)为第一个层面的检验,即检验数智技术的供应链效率提升这一影响机制是否存在。 SCE_{it} 表示供应链效率,其他变量与式(1)一致。式(5)重点关注 β_1 ,若 β_1 通过显著性水平检验,说明数智技术的影响机制具有有效性。式(6)为第二个层面的检验,即检验技术要素市场发展是否会强化数智技术的影响机制。该式重点关注 γ_2 ,若 γ_2 显著为正,说明技术要素市场发展强化了数智技术的影响机制。

本文从时间维度考察供应链效率(*Supply*),参考Wang et al.(2020)的研究,采用企业净营业周期表征。净营业周期由存货周转周期+应收账款周期-应付账款周期计算所得,与供应链中采购、制造和仓储物流等环节相对应,能够较为全面地反映供应链效率的整体水平。企业净营业周期越短,则供应链整体效率越高。

进一步地,本文还从采购效率提升、生产要素配置优化和仓储物流效能提升三个维度分析供应链效率提升机制的影响。^①关于采购效率提升机制(*Matching*),借鉴陶锋等(2023)的做法,选用供需匹配度来反映。计算方法如下:

$$Matching_{it} = \frac{\sigma(Production_{it})}{\sigma(Demand_{it})} - 1 \quad (7)$$

$$Production_{it} = Demand_{it} + Inv_{it} - Inv_{it-1} \quad (8)$$

其中, $\sigma(\cdot)$ 表示变量的标准差; $Production_{it}$ 为企业*i*第*t*年的生产量; $Demand_{it}$ 为企业的需求量,采用企业总销售额表征; Inv_{it} 表示企业存货净值。供需匹配偏离度(*Matching*)值越小,表示供需匹配偏离度越低,即采购效率越高。^②关于生产要素配置优化机制(*Labor*),借鉴戴魁早等(2023)的做法,选用劳动生产率,即企业营业收入与职工总人数的比率衡量。劳动生产效率是衡量企业生产制造能力和效率的重要指标,该比值越大,意味着劳动生产效率越高,要素配置效率越高。^③关于仓储物流效能提升机制(*Turnover*),使用存货周转率,即企业主营业务成本与平均存货余额的比率

^① 稳健性检验方法与结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

衡量。存货周转率能够较好地反映企业存货管理水平和周转速度,存货周转率越高,说明仓储物流效能越好。

2. 数智技术的影响机制分析

表4第(1)列结果显示,核心解释变量数智技术(*DTech*)系数在1%水平上显著为负,表明数智技术缩短了企业净营业周期,有利于企业供应链整体效率的提升。这验证了数智技术可以通过提升企业供应链效率,促进服务型制造发展。例如,致景科技致力于推动数智技术与纺织产业融创发展,通过创建“全布”“天工”等工业互联网平台,全面提升纺织服装供应链条协同效率和速度,推动企业向柔性化定制等服务型制造模式转型。

表4 影响机制的估计结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	未加入技术要素市场变量				加入技术要素市场变量			
	供应链整体效率	采购效率提高	生产要素配置优化	仓储物流效能提升	供应链整体效率	采购效率提高	生产要素配置优化	仓储物流效能提升
<i>DTech</i>	-0.0473*** (-4.3554)	-0.0428** (-2.0830)	0.0326*** (2.5877)	0.0479*** (2.7805)	-0.1322*** (-8.7199)	-0.0116 (-0.6227)	0.0393*** (2.7278)	0.0842*** (5.0029)
<i>DTech</i> × <i>TEM</i>					-0.0283** (-2.4152)	-0.0188* (-1.7550)	-0.0292* (-1.8741)	-0.0031 (-0.2053)
<i>TEM</i>					0.1207*** (5.8162)	-0.0120 (-0.7158)	-0.1164*** (-6.3635)	-0.0489*** (-2.5858)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
聚类到企业	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	11758	11747	11908	10583	10889	10768	10968	9688
R ²	0.6483	0.0418	0.0411	0.0382	0.0620	0.0048	0.0293	0.0474

由表4第(2)列的结果可知,数智技术(*DTech*)系数在5%水平上显著为负,说明数智技术的应用降低了企业供需匹配偏离度,即有效地促进了企业采购协同效率的提升。这验证了数智技术的采购效率提高机制是存在的。例如,越秀食品集团基于数智技术构建了“越智采”数字招采平台,实现采购全流程线上化以及业务资源高效协同。

从表4第(3)列估计结果可以看出,数智技术(*DTech*)的系数值显著为正,且通过1%显著性检验,说明数智技术的应用提高了全员劳动生产率,即优化了企业生产要素配置。这验证了数智技术可以通过促进生产要素配置优化这一机制促进企业服务型制造发展。例如,上汽大众MEB智能工厂通过搭建生产服务总线(Plant Service Bus)平台,助力工业设备互联互通和全业务流程实时监测,为优化生产要素配置、提高生产管理效率提供支撑。

表4第(4)列结果显示,数智技术(*DTech*)系数在1%水平上显著为正,说明数智技术能够促进存货周转率的提升。这验证了数智技术的仓储物流效能提升机制是存在的。例如,普天铁心打造“智能仓储+精准配送”应用场景,在导入物联网技术实现设备集成与互联的基础上建设智能化立体式仓储物流系统,极大地提高了企业仓储物流效能。

3. 技术要素市场发展对数智技术影响机制的作用

(1)供应链整体效率机制分析。表4第(5)列结果显示,数智技术与技术要素市场发展的交互项(*DTech*×*TEM*)的系数为负并通过5%显著性水平检验,说明技术要素市场的发展增强了数智技术对

供应链效率的促进作用。这表明,对于广东、江苏等技术要素市场发展程度较高的地区来说,数智技术更好地提高了企业的供应链效率。可能的解释是:较为发达的技术要素市场为企业提供了强大的技术支持,企业能更高效地将数智技术应用于供应链的各个环节,实现流程的自动化、智能化和精细化,进而提升供应链效率。例如,海亮股份依托京东工业全链解决方案,打破传统供应链管理中的数据孤岛,以从供应侧到需求侧的一体化能力和高效的产业协同持续优化供应链成本和效率。

(2)采购效率提高机制分析。表4第(6)列结果显示,交互项 $DTech \times TEM$ 系数为负且通过10%显著性水平检验,说明技术要素市场发展增强了数智技术的采购效率提高机制,即技术要素市场的发展能够有效促进企业采购环节对数智技术的深度应用与整合,进而提高采购效率。究其原因,可能在于:技术要素市场的成熟与壮大不仅有助于企业更便捷地获取和引用先进的数智技术,还能为企业提供更多创新性的采购模式和解决方案,以此提高采购环节效能。例如,中兴通讯携手用友采购云共同打造中兴通讯智能供应协同平台,借助云计算、大数据、人工智能等数智技术,实现全品类管理和全球供应商管理,支撑采购业务高效运作。

(3)生产要素配置优化机制分析。由表4第(7)列可知,交互项 $DTech \times TEM$ 的系数在10%水平上显著为负,说明技术要素市场发展并没有进一步强化数智技术对生产要素配置优化的促进作用。可能的解释是:相较于采购和仓储物流环节,生产环节所应用的数智技术更具独特性,需要结合企业自身的生产特征和组织结构进行有针对性地创新和改造,因而对技术要素市场的要求也就更高。然而,目前中国技术要素市场仍存在技术转移转化体系有待完善、专业化服务能力不强等问题,难以充分满足企业对于个性化、差异化的技术解决方案的需求,未能进一步帮助企业实现数智技术更好地应用于生产环节。

(4)仓储物流效能提升机制分析。表4第(8)列结果显示,交互项 $DTech \times TEM$ 的系数并未通过显著性水平检验,说明技术要素市场发展并没有强化数智技术的仓储物流效能提升机制,即技术要素市场的发展尚未促进企业在仓储物流环节更广泛地引进和应用数智技术。原因可能在于:随着电商、新零售等行业快速发展,仓储物流需求变化与技术迭代速度较快。而技术要素市场存在的产权交易制度不够成熟、技术转移转化体系有待完善等问题使其难以迅速适应仓储物流环节数智技术需求变化,导致数智技术供给与市场需求存在偏差。

七、异质性分析

理论上,企业特征以及所处行业类型的不同,可能造成数智技术对服务型制造的影响效果有所差异。为了验证数智技术对服务型制造的异质性影响是否存在,本文通过在式(1)中引入企业和行业特征的虚拟变量与数智技术交互项的方式进行实证检验。具体模型如下:

$$Servitization_{it} = \rho_0 + \rho_1 DTech_{it} \times D_n + \rho_2 DTech_{it} + \rho_3 D_n + \rho_4 X_{it} + \omega_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

其中, D_n 为异质性虚拟变量集,具体表示“专精特新”企业($ZJTX$)、企业融资约束水平(KZ)、行业技术密集度(TH)和行业竞争程度(HHI)四个虚拟变量。 ρ_1 为数智技术与异质性虚拟变量交互项的估计系数,表示由企业特征及所处行业类型差异所导致的数智技术对服务型制造的异质性影响。其他符号与式(1)一致。

1. “专精特新”企业的异质性

“专精特新”企业主要集中在新一代信息技术、高端装备制造、新能源等中高端产业,具备科技含量高、设备工艺先进、管理体系完善等特征,在数智技术应用以及服务型制造发展等方面具有显

著优势。由此推测,数智技术更有利于“专精特新”企业服务型制造发展。为了验证以上推测,这里设置“专精特新”企业虚拟变量($ZJTX$),根据工业和信息化部公布的五批专精特新“小巨人”企业名单与上市企业样本进行匹配,对“专精特新”企业取1,其他企业取0。

表5第(1)列结果显示, $DTech \times ZJTX$ 的估计系数在1%水平上具有显著的正向影响,说明相对于非“专精特新”企业而言,数智技术对“专精特新”企业的服务型制造的促进效果更加明显。这表明,政府通过加大产业政策扶持、强化帮办服务等措施重点培育“专精特新”企业,是提升数智技术推动服务型制造发展效果的政策方向之一。

表5 异质性估计结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	“专精特新”企业	企业融资约束程度	行业技术密集度	行业竞争程度
$DTech$	0.1942*** (8.2948)	0.1967*** (9.0056)	0.1564*** (7.7530)	0.1612*** (8.0515)
$DTech \times ZJTX$	0.0624*** (4.3196)			
$DTech \times KZ$		-0.0370* (-1.9468)		
$DTech \times TH$			0.0251* (1.7308)	
$DTech \times HHI$				0.0383* (1.8291)
虚拟变量	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是
聚类到企业	是	是	是	是
观测值	11562	11562	11562	11562
R^2	0.5037	0.4999	0.4996	0.4996

2. 企业融资约束水平的异质性

理论上,数智技术的研发和应用需要持续性的巨额资金投入,而外源融资是企业获得稳定资金来源的重要渠道。当企业存在较高的融资约束时,其进行资产配置的动机和灵活性受限,可能会削减在数智技术创新与应用等方面的投入。由此推测,数智技术对高融资约束企业服务型制造的提升效果可能较弱。为了验证这一推测,设置融资约束虚拟变量(KZ)。具体而言:①采用 KZ 指数来衡量企业融资约束水平。②将高于 KZ 指数平均值的企业划分为高融资约束组企业, KZ 取1;否则, KZ 取0。

表5第(2)列报告了数智技术对不同融资约束程度企业的服务型制造的影响,交互项 $DTech \times KZ$ 系数在10%的水平上显著为负,说明数智技术对高融资约束组企业服务型制造的促进作用,显著低于低融资约束组企业。这表明,政府采取财税改革、创新融资模式等措施以缓解制造企业的融资约束,能够更好地发挥数智技术对服务型制造的提升效果。

3. 行业技术密集度的异质性

理论上,技术密集度更高的行业能够投入更多的资金、人力等资源用于技术研发和创新,因而在数智技术创新与应用水平方面更具优势。由此推测,数智技术更有利于技术密集度更高的制造业的服务型制造发展。为了验证这一推测,设置行业技术密集度虚拟变量(TH)。具体而言:①参

考经济合作与发展组织(OECD)最新确定的高技术产业分类标准以及国家统计局印发的《高技术产业(制造业)分类(2017)》,将医药制造业,专用设备制造业,汽车制造业,铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业,电气机械和器材制造业,计算机、通信和其他电子设备制造业和仪器仪表制造业定义为技术密集度较高的行业。②对于处在技术密集度较高的制造业中的全部企业, TH 取1;对于其他制造业中的企业, TH 取0。

表5第(3)列结果显示,数智技术与行业技术密集度虚拟变量的交互项 $DTech \times TH$ 系数在10%的水平上显著为正,说明相对于农副食品加工业、造纸及纸制品业等技术密集度较低的制造行业,数智技术对计算机、通信和其他电子设备制造业以及通用设备制造业等技术密集度较高行业的服务型制造的促进效果更好。因而,政府采取加大创新补助、完善科技成果转化制度等举措提高各制造行业技术密集度,能够更好地发挥数智技术对服务型制造的促进效果。

4. 行业竞争程度的异质性

理论上,激烈的市场竞争会促使企业更有动力进行数智技术创新与应用,推动其向服务型制造转型升级。由此推测,数智技术更有利于行业竞争程度更高的企业的服务型制造发展。为了验证这一推测,设置行业竞争程度虚拟变量(HHI)。具体而言:①采用赫芬达尔指数衡量行业竞争程度,该指数越小,表明行业竞争程度越高。②将低于赫芬达尔指数平均值的行业划分为竞争程度较高的行业,对应行业的全部制造企业, HHI 取1;将高于平均值的行业划分为竞争程度较低的行业,对应行业的全部制造企业, HHI 取0。

表5中第(4)列的结果显示,交互项 $DTech \times HHI$ 系数在10%水平上显著为正,意味着相对于文教、工美、体育和娱乐用品制造业行业竞争程度较低的制造企业而言,数智技术更能有效地促进化学原料及化学制品制造业、医药制造业等竞争程度较高的行业的服务型制造水平提升。这个结论的重要政策含义是,政府采取相关措施破除各种行政性垄断,营造公平竞争市场环境,以更有效地发挥数据要素对服务型制造的推动作用。

八、结论与政策启示

本文结合中国制造业亟须向服务型制造这一重要方向转型升级的现实背景,从理论上分析了数智技术对服务型制造的影响机理,以及技术要素市场发展在这一过程中的作用;在此基础上,结合中国2011—2021年城市数据和上市公司数据,运用多种计量方法对理论预期做了验证。

主要研究结论包括:①数智技术促进了中国服务型制造发展,这一结论在经过一系列稳健性检验后仍然成立。②技术要素市场发展增强了数智技术对服务型制造的促进作用;并且,技术开发市场和技术服务市场的促进效果最显著,而技术转让市场和技术咨询市场的影响效果并不明显。③供应链效率提升是数智技术作用于服务型制造的重要途径和机制。具体而言,数智技术可以通过提高采购效率、优化生产要素配置以及提升仓储物流效能等机制推动企业服务型制造发展。进一步地,技术要素市场发展强化了数智技术的采购效率提高机制,但未明显改善生产要素配置优化机制和仓储物流效能提升机制。④异质性分析表明,在“专精特新”企业、融资约束水平较低的企业以及技术密集度较高、竞争程度较高的行业,数智技术对服务型制造的促进效果更为显著。本文的研究结论具有如下重要的政策启示:

(1)政府应高度重视数智技术对服务型制造的促进效应,充分发挥数智技术对企业供应链效率的提升作用。具体包括:加大对数智核心技术的研发投入,建立产学研用深度合作机制,以推动数

智技术攻关创新。加强标准规范建设,加快建立统一、开放的数智技术标准体系。持续深入推进5G网络、千兆光网等基础设施部署和规模化应用。同时,支持建设一体化的供应链数字化管理运营平台,推动供应链全流程端到端数字化,打造供需灵动匹配、业务高效协同的供应链网络。大力发展和应用大智移云、数智物流等数智技术,不断创新供应模式、生产模式和营销模式,以提高企业生产效率和运营效率。积极建设供应商、销售商等合作伙伴信息库与物料数据体系,加快实现供应链全链路信息共享,以加强供应链各环节协同。鼓励供应链核心企业参与社会供应链建设,推进行业上下游的供应链整合与优化,提升供应链协同效率。

(2)应注重技术要素市场建设,将数智技术创新应用与技术要素市场发展相结合。具体包括:完善技术要素市场制度体系,深化科技成果使用权、处置权和收益权改革,建立健全统一的技术产权制度以及交易流通制度。加快技术交易平台共建共享,形成互联互通的全国技术交易网络,推动技术要素跨区域自由流动和资源共享。推进统一互联的技术标准体系建设,对技术市场有关的国家标准和行业标准进行整合精简,提高标准制定修订的透明度和开放度。此外,要着力发展技术转让与技术咨询市场,充分激发该市场在数智技术促进服务型制造过程中的积极作用。完善技术转让的权益归属、交易规则等相关法律制度,大力推进技术转移中介服务等机构建设,加强科技成果转化、人才培养等服务,以促进技术转让市场发展。建立健全技术咨询行业的标准与规范体系、加大对技术咨询服务人才的培养力度,以提升技术咨询服务能力。

(3)应基于各企业的特征及优势,有针对性地创新和应用数智技术,探索实施差异化的发展战略。具体包括:中小企业需建立核心产品的优势,着力提升企业核心竞争能力;政府需加大对中小企业税收优惠、财政补贴等相关政策的支持力度,为企业发展“专精特新”的动力。融资约束水平较高的企业可以借助金融科技和平台,积极寻找和拓展贷款、资本市场融资等多元化融资模式,拓宽融资渠道。同时,要在提高行业技术密集度、优化企业竞争环境等方面下功夫。政府应完善产学研协同创新机制,鼓励产学研各主体开展联合攻坚核心技术,联合培养和引进人才,激励企业自主创新,以提高产业技术密集度。完善市场准入负面清单制度,推进实施公平竞争审查制度,逐步破除区域市场分割,打破行政性垄断,营造公平竞争的市场环境。

〔参考文献〕

- [1] 钞小静, 廉园梅, 罗鑾鐸. 新型数字基础设施对制造业高质量发展的影响[J]. 财贸研究, 2021, (10): 1-13.
- [2] 戴魁早. 技术市场发展对出口技术复杂度的影响及其作用机制[J]. 中国工业经济, 2018, (7): 117-135.
- [3] 戴魁早, 刘友金, 潘爱民. 技术要素市场发展促进了制造业生产率增长吗[J]. 统计研究, 2023, (12): 119-131.
- [4] 贺俊, 庞尧. 数字技术驱动的产业融合发展范式与面向融合范式的政策体系调整[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2023, (4): 71-79.
- [5] 胡俊, 杜传忠. 人工智能推动产业转型升级的机制、路径及对策[J]. 经济纵横, 2020, (3): 94-101.
- [6] 江小涓, 靳景. 数字技术提升经济效率: 服务分工、产业协同和数实孪生[J]. 管理世界, 2022, (12): 9-26.
- [7] 李晓华. 数字技术推动下的服务型制造创新发展[J]. 改革, 2021, (10): 72-83.
- [8] 刘诚. 数字化进程与线上市场配置效率——基于平台流量倾斜的微观证据[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, (6): 175-194.
- [9] 卢福财, 陈慧. 工业互联网、企业成长性与价值创造[J]. 经济管理, 2023, (1): 5-24.
- [10] 苗翠芬. 人工智能与制造业服务化[J]. 经济与管理研究, 2023, (7): 22-39.
- [11] 潘珊, 郭凯明. 人工智能、岗位结构变迁与服务型制造[J]. 中国工业经济, 2024, (4): 57-75.
- [12] 祁怀锦, 曹修琴, 刘艳霞. 数字经济对公司治理的影响——基于信息不对称和管理者非理性行为视角[J]. 改革,

- 2020,(4):50-64.
- [13]唐浩丹,方森辉,蒋殿春.数字化转型的市场绩效:数字并购能提升制造业企业市场势力吗[J].数量经济技术经济研究,2022,(12):90-110.
- [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]田秀娟,李睿.数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J].管理世界,2022,(5):56-74.
- [16]王晓蕾,杜传忠,刘磊.工业互联网赋能服务型制造网络的演化逻辑与路径优化研究[J].经济学家,2022,(10):108-118.
- [17]韦东明,顾乃华,韩永辉.人工智能推动了产业结构转型升级吗——基于中国工业机器人数据的实证检验[J].财经科学,2021,(10):70-83.
- [18]肖土盛,孙瑞琦,袁淳,孙健.企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J].管理世界,2022,(12):220-237.
- [19]郑世林,陶然,杨文博.ChatGPT等生成式人工智能技术对产业转型升级的影响[J].产业经济评论,2024,(1):5-20.
- [20]祝树金,罗彦,段文静.服务型制造、加成率分布与资源配置效率[J].中国工业经济,2021,(4):62-80.
- [21]Chenery, H., S. Robinson, and M. Syrquin. *Industrialization and Growth: A Comparative Study* [M]. New York: Oxford University Press, 1986.
- [22]Dolgui, A., and D. Ivanov. 5G in Digital Supply Chain and Operations Management: Fostering Flexibility, End-to-end Connectivity and Real-time Visibility through Internet-of-everything [J]. *International Journal of Production Research*, 2022, 60(2):442-451.
- [23]Favoretto, C., G. H. Mendes, M. G. Oliveira, P. Cauchick-Miguel, and W. Coreynen. From Servitization to Digital Servitization: How Digitalization Transforms Companies' Transition towards Services [J]. *Industrial Marketing Management*, 2022, 102:104-121.
- [24]Ghasemaghaei, M., and G. Calic. Assessing the Impact of Big Data on Firm Innovation Performance: Big Data Is Not Always Better Data [J]. *Journal of Business Research*, 2020, 108:147-162.
- [25]Heo, P. S., and D. H. Lee. Evolution of the Linkage Structure of ICT Industry and Its Role in the Economic System: The Case of Korea [J]. *Information Technology for Development*, 2019, 25(3):424-454.
- [26]Josephson, B. W., J. L. Johnson, B. j. Mariadoss, and J. Cull. Service Transition Strategies in Manufacturing Implications for Firm Risk [J]. *Journal of Service Research*, 2016, 19(2):1-16.
- [27]Kohtamki, M., V. Parida, P. C. Patel, and H. Gebauer. The Relationship between Digitalization and Servitization: The Role of Servitization in Capturing the Financial Potential of Digitalization [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119804>, 2020.
- [28]Paiola, M., and H. Gebauer. Internet of Things Technologies, Digital Servitization and Business Model Innovation in BtoB Manufacturing Firms [J]. *Industrial Marketing Management*, 2020, 89:245-264.
- [29]Park, S.H. Intersectoral Relationships between Manufacturing and Services: New Evidence from Selected, Pacific Basin Countries [J]. *ASEAN Economic Bulletin*, 1994, 10(3):66-94.
- [30]Shahla, A., M. Nilashi, and A. Rezvani. Effect of Internet of Things on Manufacturing Performance: A Hybrid Multi-criteria 4 Decision-making and Neuro-fuzzy Approach [J]. *Technovation*, 2021, 68,(9):118-124.
- [31]Spieske, A., H. Birkel. Improving Supply Chain Resilience through Industry 4.0: A Systematic Literature Review under the Impressions of the COVID 19 Pandemic [J]. *Computers & Industrial Engineering*, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107452>, 2021.
- [32]Wang, Z., Q. Wang, Y. Lai, and C. Liang. Drivers and Outcomes of Supply Chain Finance Adoption: An Empirical Investigation in China [J]. *International Journal of Production Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107453>, 2020.

Digital Intelligence Technology, Technical Factor Market and Service-oriented Manufacturing

DAI Kui-zao^{1,2}, HUANG Zi¹, LIANG Yin-di¹

(1. School of Business, Hunan University of Science and Technology;

2. Strategic Emerging Industry Research Base of Hunan Province)

Abstract: As a new industrial form integrating manufacturing and service development, service-oriented manufacturing is an important direction for the transformation and upgrading of the manufacturing industry. In recent years, with the deepening of China's exploration and practice of service-oriented manufacturing, it has shown a strong development momentum and significant achievements. However, compared with developed countries, the development of China's service-oriented manufacturing is still relatively low, and there are still outstanding problems such as insufficient technical support capabilities and low informatization, which urgently need to be accelerated. In theory, digital intelligence technology with "digitalization+intelligence" as the core, with powerful data analysis and intelligent decision-making capabilities, can not only provide technical support for enterprise production and operation decision-making and solutions but also alleviate the problem of information asymmetry in enterprise production and operation activities. Therefore, digital intelligence technology is likely to play an important role in promoting service-oriented manufacturing. Exploring the internal laws of digital intelligence technology affecting service-oriented manufacturing is an important topic.

Different from existing literature, this paper studies the impact of digital intelligence technology, a cutting-edge technology, on service-oriented manufacturing in the framework of industrial structure theory, and explores the role of the development of technology factor markets in this process. Further, combined with the technical feature of the universality of digital intelligence technology, this paper, from the perspective of the supply chain, explores the internal mechanism of how digital intelligence technology affects service-oriented manufacturing.

Constructing a theoretical analysis framework and conducting empirical verification based on data on Chinese cities and listed companies from 2011 to 2021, this paper finds that: Digital intelligence technology can significantly promote the development of service-oriented manufacturing in China. The development of the technical factor market enhances the promotion effect of digital intelligence technology on service-oriented manufacturing; moreover, the technical development market and the technical service market have the most significant promotion effect, while the impact of the technology transfer market and the technology consulting market is not obvious. Improving supply chain efficiency is an important way and mechanism for digital intelligence technology to affect service-oriented manufacturing; specifically, digital intelligence technology can promote enterprise service-oriented manufacturing by improving procurement efficiency, optimizing the allocation of production factors, and improving warehousing and logistics efficiency. Furthermore, developing the technical factor market strengthens the procurement efficiency improvement mechanism and warehousing and logistics efficiency improvement mechanism of digital intelligence technology, but does not significantly improve the production factor allocation optimization mechanism of digital intelligence technology. The heterogeneity analysis shows that digital intelligence technology has a greater promotion effect on service-oriented manufacturing in SRDI enterprises, enterprises with low financing constraints, and industries with high technology intensity and high competition.

Based on the above conclusions, this paper obtains the following important policy implications. We should attach great importance to the promotion effect of digital intelligence technology on service-oriented manufacturing and give full play to the role of digital intelligence technology in improving the efficiency of enterprise supply chains. We should pay attention to the construction of the technical factor market and combine the innovative application of digital intelligence technology with the development of the technical factor market. We should innovate and apply digital intelligence technology in a targeted manner based on the characteristics and advantages of enterprises and explore differentiated development strategies.

Keywords: digital intelligence technology; service-oriented manufacturing; supply chain efficiency; technical factor market

JEL Classification: O14 P23 L52

[责任编辑:覃毅]