

# 数字化转型提高了制造业企业全要素生产率吗?

——以山东省 A 股上市公司为例

袁其刚,嵇泳盛,沈倩芸,李 玥

(山东财经大学 国际经贸学院,山东 济南 250014)

**摘要:**基于山东省 A 股制造业上市公司数据,从“基础条件—关键战略—重要支撑—助推器”四个维度构建了企业数字化转型评价体系,全方面分析了数字化转型典型事实,并在克服内生性基础上实证检验了数字化转型对全要素生产率的影响。主要研究结论如下:山东省企业数字化水平不断提高,但存在行业和区域发展不平衡、不协调的问题;数字化转型显著促进了企业全要素生产率提高,提高创新能力、优化人力资本结构和降低成本是其主要影响机制;异质性分析显示,对于国有企业、大型企业、高技术行业、传统行业及竞争性行业,数字化转型对全要素生产率的升级效应更大;就地区而言,省会和胶东地区的数字化转型对全要素生产率的影响更大。

**关键词:**数字化转型;制造业;全要素生产率;实证检验

**中图分类号:**F062.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**2095-929X(2022)06-0038-14

## 一、引言及文献回顾

深入推进制造业数字化转型是实现我国经济高质量发展的重要内涵。制造业是实体经济的主体,是推动经济高质量发展的重要引擎。自改革开放以来中国制造业无论在规模上还是技术上都取得了瞩目的成就,但也面临诸多问题,如在全球价值链中“低端锁定”、创新能力匮乏及结构升级缓慢等制约着“中国制造”向“中国智造”的转变。为充分把握新一轮工业革命的历史性机遇,2015 年国务院颁布《中国制造 2025》,将智能制造列为中国实现制造业强国目标的“五大工程之一”。党的十九大报告也明确指出,要加快发展先进制造业,推动互联网、人工智能和实体经济深度融合,“十四五”规划更是强调加快数字化发展,促进数字技术与实体经济深度融合,可见,数字化赋能制造业转型升级是新的方向。

近年来,山东省政府高度重视制造业数字化转型,并出台一系列政策支持经济社会全面数字化转型,加快推进“数字山东”建设。2019 年 3 月出台《数字山东 2019 行动方案》,明确了制造业数字化升级方向,同年 7 月《山东省支持数字经济发展的意见》补充了相关政策支持方案。根据《中国数字经济发展指数白皮书

**基金项目:**国家社会科学后期资助项目“USMCA 国际经贸规则解读及对中国影响的研究”(20FJLB010);山东省重点研发计划(软科学项目)“企业数字化转型驱动经济增长的机制、路径及对策研究”(2020RZB01078);2021 山东财经大学研究生创新项目“制造业数字服务化与企业绩效”的阶段成果。

**作者简介:**袁其刚,男,山东禹城人,博士,山东财经大学国际经贸学院教授、博士生导师,研究方向:WTO、数字经济。

(2021)》<sup>①</sup>,2020 年山东省数字经济规模超过 1 万亿元,占 GDP 比重约 44%,超过全国平均水平,数字产业化和产业数字化规模均处于全国前列,但与北上广深等省市仍具有一定差距。目前山东省正处于深入推动新旧动能转换、优化经济结构的关键时期,数字化转型能否成为制造业企业高质量发展的新动能成为本文关注的重点问题。

数字化转型是企业获得竞争优势和差异化经营的一种方法,其本质是拉开同竞争对手的距离、增强顾客黏性、提高企业绩效<sup>[1]</sup>。理论和实务界对数字化转型的认识和探讨经历了一个过程。数字化是由信息化、互联网化演变而来,是单一通信技术到集成式数字技术的发展。关于数字化转型的认识基本可以概括为:大数据、云计算、物联网和人工智能等新一代数字技术集成式创新并与制造业深度融合,将数据视为新的生产要素,进而推动生产组织方式和商业模式创新<sup>[2-4]</sup>。

随着制造业数字化转型的逐步推进,衡量制造业企业数字化水平及转型程度显得尤为重要。王媛媛和张华荣<sup>[5]</sup>运用投入产出法构造了国家层面的“制造业智能化指数(IMI)”,该方法仅从信息技术投入视角来判断数字化程度有失偏颇;国务院发展研究中心课题组从数字化 IT 构建、数字化投入程度及数字化与行业的结合度三个维度构建数字化转型的评价标准,但该方法仅提出构建框架,尚缺乏有效的数据测算;在为数不多的企业层面研究中,王瑞等<sup>[6]</sup>从战略、运营技术、文化组织能力和生态圈建设等 4 个维度构建了制造业数字化转型成熟度评价模型,陈畴镛和许敬涵<sup>[7]</sup>从技术变革、组织变革和管理变革的角度构建企业数字化转型的评价体系,但该方法构建具有一定的主观色彩,科学性有待加强。此外,现有文献开始尝试使用文本分析法捕捉企业对数字技术投入和应用来衡量数字化水平,通过建立完备的数字化术语词典,对上市公司的年报进行词频分析来全面反映数字化的真实运行情况,但该方法也存在一个问题,与数字化相关的术语在年报中出现次数越多并不一定代表该企业数字化水平越高。为此,本文在借鉴上述方法的基础上,进一步将企业在软件和硬件上的投入纳入评价体系,以增强其科学性。

聚焦数字化的微观经济后果方面,已有研究考察了数字化对企业绩效<sup>[8]</sup>、专业化分工<sup>[9]</sup>、产业结构升级<sup>[10]</sup>、企业组织结构和商业模式创新<sup>[11-12]</sup>、全球价值链分工<sup>[13]</sup>、技术创新<sup>[14]</sup>等影响。由于全要素生产率提高是制造业高质量发展的应有之义<sup>[15]</sup>,学者们对于数字化影响全要素生产率的探索多基于地区和行业视角进行的分析<sup>[16-17]</sup>,微观层面进行探讨的研究尚不充分,具体到山东省制造业企业的研究尚属空白。山东省虽然工业基础雄厚但竞争力不强,数字化转型能否成为山东省制造业全要素生产率提升的关键因素、其内在影响机制等需要深入探究。因此,本文选取山东省制造业上市公司数据构建数字化指标体系并进行实证检验,为山东省政府后续制定数字化转型政策提供了参考。

本文可能的创新点在于:(1)根据 2012—2019 年山东省 A 股制造业上市公司的微观数据,通过机器学习的文本分析法构建并测算了山东省制造业企业数字化转型程度,并将手工搜索年报中的企业“数字化投入(软件和硬件)”纳入评价体系,补充了现有微观企业数字化转型的评价体系。(2)数字化对企业全要素生产率的影响存在异质性,即数字化转型对不同性质、不同规模、不同行业、不同区域的企业所产生影响的强度存在明显差异,这对于企业生产经营决策以及山东省政府进一步发展和落实数字经济政策的制定,具有重要的启示。

## 二、山东省企业数字化转型的典型事实

通过建立数字化转型的评价体系和测算方法,对收集到的数据资料进行分析,从维度特征、行业特征、区域特征和全要素生产率等方面对山东省企业数字化转型进行典型事实描述。

①数据来源:《中国数字经济发展指数白皮书(2021)》,中国信息通信研究院。

39

(一) 数字化转型程度的评价体系及测算方法

1.数字化转型程度评价体系

企业数字化转型是数字经济在微观个体层面的体现,该部分在现有研究的基础上,从数字化技术应用、数字化生产方式、数字化投入以及业务模式转型四个方面构建数字化转型程度的评价体系,综合衡量企业数字化转型程度。

数字化技术应用是指企业通过应用大数据、云计算、物联网、区块链等新型数字技术来助推企业全链条的数字化转型,是企业数字化转型的基础。数字化生产方式是企业转型的关键,具体表现为对企业研发设计、生产制造和服务等环节的数字化改造,从优化供给侧入手来满足消费者个性化需求。企业对于数字化投入的力度和方向是转型的重要支撑。转型初期企业购买 IT 硬件用于系统的运营和维护,随着转型的深入,开始逐步向软件和服务来发展。因此,从软件和硬件投入支出两方面综合考察数字化投入程度。业务模式转型是指企业通过运用先进的数字技术进行商业模式变革,是数字化转型的助推器。互联网降低了上、下游企业的沟通协调成本,整合和优化了产业链和供应链管理,提高了供给侧的产出能力和效率;通过对消费信息、数据的处理及时捕捉到用户需求,实现供需的精准匹配;互联网还加速了技术和知识的溢出,打破了时空和地域界限。

综上,在参考赵寰宇等<sup>[18]</sup>的研究基础上,将数字化投入进一步纳入企业数字化转型评价体系,并据此测算企业数字化转型程度。具体框架如表 1 所示,从数字化转型的“基础条件—关键战略—重要支撑—助推器”四个维度,全方位衡量企业数字化发展水平。

表 1 企业数字化转型评价体系

维度	分类词语	文本组合
数字化技术应用 (基础条件)	数据、数字、数字化	数据管理、数据挖掘、数据网络、数据平台、数据中心、数据科学、数字控制、数字技术、数字通信、数字网络、数字智能、数字终端、数字营销、数字化、大数据、云计算、云 IT、云生态、云服务、云平台、区块链、物联网、机器学习
数字化生产方式 (关键战略)	智能制造、智能化、自动、数控、一体化、集成	人工智能、智能控制、智能终端、智能移动、智能管理、智能工厂、智能物流、智能制造、智能仓储、智能系统、智能化、自动控制、自动监测、自动监控、自动检测、自动生产、数控、一体化、集成化、集成解决方案、集成控制、集成系统、工业云、未来工厂、智能故障诊断、生命周期管理、生产制造执行系统
数字化投入 (重要支撑)	硬件投资	用制造业上市公司年度财务报告中计算机、电子设备等方面的年末净值与总资产净值之比表示
	软件投资	用制造业上市公司年度报告中软件净值与总资产净值之比表示
业务模式转型 (助推器)	互联网、电子商务、电商	移动互联网、工业互联网、产业联网、互联网解决方案、互联网技术、互联网思维、互联网行动、互联网业务、互联网应用、互联网营销、互联网战略、互联网平台、互联网商业模式、互联网生态、电商、电子商务、internet、互联网 +、O2O、B2B、C2C、B2C、C2B

注:根据文献整理。

2.数字化转型程度测算方法

一方面,使用文本分析法构造数字化转型(DIGI)变量。第一步,收集 2012—2019 年山东省 A 股制造业上市公司的年度报告,通过 python 提取经营情况、管理层分析的文本内容;第二步通过现有参考文献建立较为完备的数字化分词词典;第三步,对上文建立的关键词进行词频统计,按照数字技术应用、数字化生产、业务模式转型统计词频;第四步,手工统计年报中计算机设备以及软件的投入净额,视为该公司数字化投入。

另一方面,由于数字技术应用、数字化生产以及业务模式转型为词频分析,数字化投入为比值,因此通过熵值法将四个维度拟合成数字化转型指标。第一步,标准化处理,即每个维度的范围为[0-1];第二步通过熵值法得出各维度的权重;第三步,将权重与标准化后的数据相乘,累加后得到数字化转型指标。具体计算公式为:

$$DIGI_{it} = 0.3035DIGI\_tech_{it} + 0.2123DIGI\_prod_{it} + 0.2168DIGI\_style_{it} + 0.2674DIGI\_input_{it} \quad (1)$$

(二) 数字化转型程度的维度特征

表 2 为山东省制造业上市公司的平均数字化转型程度。可以看出,山东省制造业数字化转型的各变量平均值从 2012—2019 年呈上升趋势,但其均值和变动幅度差异较大。数字化生产方式维度的数值较大,说明山东省制造业企业重视对于生产制造流程方面的数字化、智能化变革。在数字化投入上,企业硬件投资较为稳定,软件投资稳中有升,但硬件投资要高于软件投资,说明软件投资有进一步提升空间。在数字技术应用、业务模式转型中,2012 年的均值分别为 0.3 和 0.9,基本都是从 0 起步,但增势迅猛,在 2019 年分别达到了 9.3 和 7.3,数字化生产方式从 4.7 上升到 20.7,增幅近 35%。数字化技术应用的转折点发生在 2015 年,呈直线式上升趋势,这主要归因于“大数据”相关词条的词频较高,表明制造业上市公司已经认识到了大数据的重要性,基于大数据分析技术对消费者行为进行多维信息统计与挖掘,能够协助企业实现精准营销;数字化生产方式的均值高于数字化技术应用和数字化业务模式转型,说明对于企业来说数字化更多体现生产方式上,智能制造成为制造业数字化的主攻方向,能够大幅破解产业链的创新瓶颈,促进企业核心研发能力、智能装备技术、产品生命周期迭代及供应链效率的提升,帮助企业在国内外建立竞争优势。此外,由于 2018 年中美贸易战的冲击,企业将更多注意力放在如何专注业务本身以抵抗风险,从而减少了对数字化转型的关注,而 2019 年随着数字经济的快速发展以及贸易战的缓和,企业开始加速布局数字化转型,因此造成该年数据差异较大。

表 2 山东省制造业上市公司数字化转型各维度平均值

年份	数字化技术应用	数字化生产方式	业务模式转型	硬件投资	软件投资
2012	0.3125	4.7000	0.9625	6.6052	1.7346
2013	0.1639	6.0492	1.1803	7.4865	1.9618
2014	0.6615	5.6462	2.9231	5.1475	1.2701
2015	3.5417	8.1250	3.3333	5.8365	2.8378
2016	2.5217	13.1884	4.4058	5.3241	2.5793
2017	5.2174	16.4348	9.1594	4.3398	2.5825
2018	6.2000	9.3333	5.9143	4.8766	2.6250
2019	9.3061	20.7245	7.3571	6.2807	2.4132

注:根据前文数字化转型评级体系测算,下同。

(三) 数字化转型程度的行业特征

图 1 为按证监会 2012 年制造业行业分类的数字化转型程度均值。总体而言,各行业的数字化指数均不高。计算机、通信等电子设备制造业居于首位,原因在于该行业拥有浪潮、海尔、海信等国内知名高新技术企业,具备超前的数字化思维、先进的智能生产设备、广泛的互联网营销模式以及强大的资金投入条件,是山东省数字化转型的龙头行业。电气机械和器材制造业在数字化生产方式方面表现突出,智能化水平较高。通用和专用设备制造业、农副产品加工业及汽车制造业等紧随其后,传统劳动密集型行业以及非金属制品业、金属冶炼和压延加工业等数字化转型程度相对较低。就其他行业而言,山东省传统优势纺织行业,虽然在运用数字化和智能化装备生产上表现突出,但业务管理模式和营销模式节奏慢,运用数字化手段意识仍不足。化学原料制造业在数字化投入上得分较高,但在数字化生产和技术应用方面得分较低,如何通过安全范围内最大程度提高效率、产量和产品种类,同时减少能源消耗和污染问题,是该行业发展的方向。根据《2022—2027 年中国智能制造行业市场发展现状及投资前景展望报告》,医药制造业居 2020 年中国智能制造水平第四位,但山东省医药制造业的数字化水平低于全国一般水平,这意味着山东省内大部分医药企业数字化转型之路仍任重道远。



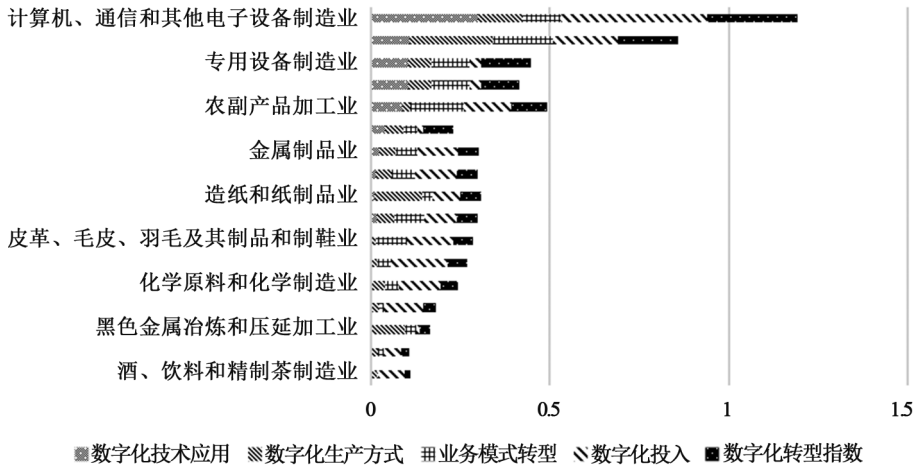


图 1 山东省制造业上市公司数字化转型的行业特征

(四) 数字化转型程度的区域特征

为了进一步揭示山东省各地区制造业企业数字化转型程度,本文运用软件,以“自然间断点法”将原始数据分为高中低三个等级,具体如图 2 所示。整体而言,山东省东部各地区由于工业发展水平高,其制造业数字化进程较快,西部各地区由于工业基础相对薄弱,数字化发展水平较低。从区域结构来看,数字化发展呈现不平衡特征,济南和青岛两个经济发展中心的数字化水平较高。近年来,山东省在“强省会”战略下,加大对济南及其周边地域的政策支持力度,也带动了泰安、济宁以及聊城等区域的数字化发展。淄博、德州、临沂及潍坊等中西部地区数字化水平相对落后。自“十四五”规划以来,山东省开始布局省会、胶东以及鲁南“三大经济圈”,并先后出台相关指导意见<sup>①</sup>,加快建立区域协调发展新机制,推动三大经济圈一体化发展。济南和青岛作为省会经济圈和胶东经济圈的领头羊,政策支持强劲,且具有数字化发展经验,在数字化转型上将进一步带动圈内其他地区数字化发展。

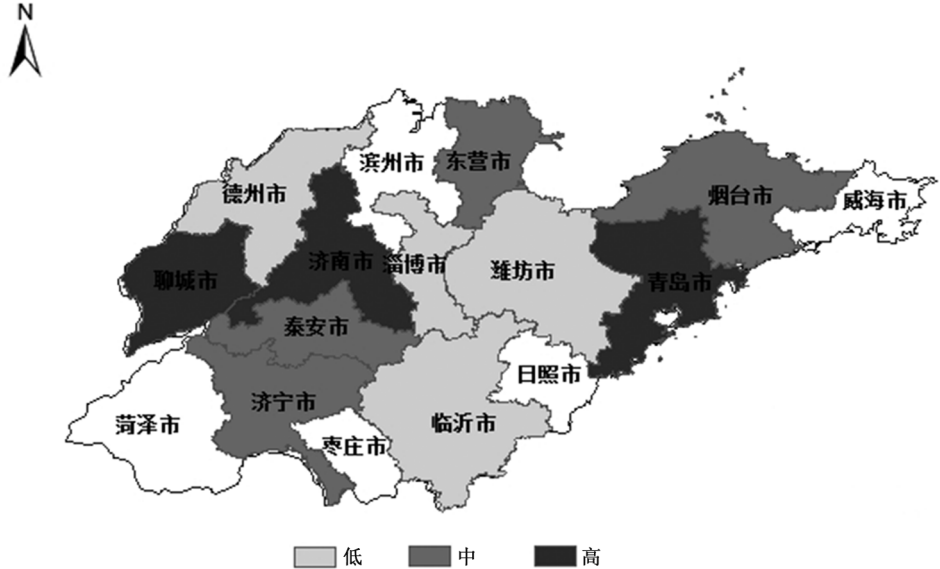


图 2 2019 年山东省数字化转型的区域特征

注:空白区域为本研究样本未覆盖地区。

<sup>①</sup>指导意见主要包括:《关于加快省会经济圈一体化发展的指导意见》《关于加快胶东经济圈一体化发展的指导意见》和《关于加快鲁南经济圈一体化发展的指导意见》。

(五) 数字化企业的全要素生产率

表 3 为 LP 法计算的全要素生产率年均值,山东省制造业上市公司  $TFP$  自 2012—2019 年均处于上升态势,进一步以企业数字化转型程度的中位数,按照年份将企业分为低数字化转型和高数字化转型程度两组,可以看出数字化转型程度高的企业  $TFP$  明显高于数字化转型程度低的企业,差值约为 0.3。并且由图 3 可以看出,数字化转型程度高的企业和数字化转型程度低的企业  $TFP$  差距在收紧,也一定程度说明企业进行数字化转型对于提高生产效率具有重要意义。

表 3 数字化企业的全要素生产率

年份	$TFP$	$LDIGI\_TFP$	$HDIGI\_TFP$
2012	8.97	8.90	9.13
2013	8.97	8.76	9.45
2014	9.07	8.98	9.24
2015	9.08	8.99	9.21
2016	9.10	9.03	9.24
2017	9.27	9.13	9.61
2018	9.30	9.25	9.43
2019	9.39	9.35	9.47
均值	9.14	9.05	9.35

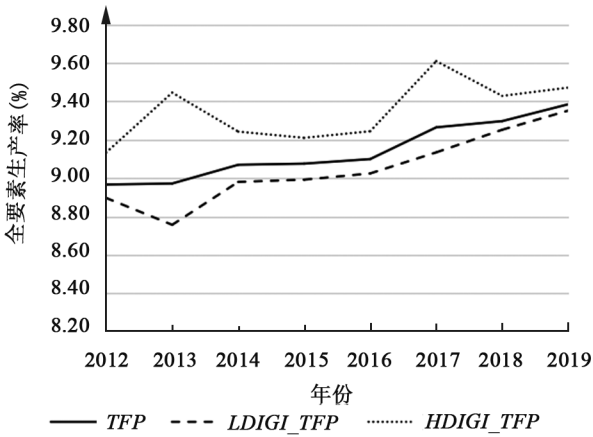


图 3 数字化企业全要素生产率差异图

三、计量模型与变量说明

(一) 模型设定

检验企业数字化转型能否促进企业全要素生产率的提高,设定如下基准回归模型:

$$TFP_{it} = \alpha + \beta DIGI_{it} + \gamma Controls + \theta_f + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

其中,被解释变量  $TFP$  为 LP 法测算的企业全要素生产率。核心解释变量  $DIGI$  用以衡量制造业企业的数字化转型程度,构建方法见前文。系数  $\beta$  为数字化转型对全要素生产率的影响效应。 $Controls$  为企业层面的控制变量,  $\theta_f$  和  $\mu_t$  分别为个体固定效应和时间固定效应。为使统计推断结果稳健,稳健标准误聚类到企业层面。

(二) 样本选择与变量说明

1. 样本选择

选取 2012—2019 年山东省 A 股制造业上市公司作为研究样本。全要素生产率的构建及其他微观层面的控制变量来源于国泰安数据库;数字化转型指数( $DIGI$ )是通过搜集和整理 2012—2019 年山东省上市公司年报,通过文本分析法和熵值法测算得到。

2. 其他控制变量说明

为了进一步控制影响企业全要素生产率的因素,选取以下控制变量:(1)企业规模,用企业当年固定资产总值的对数表示;(2)资产负债率,用总负债除以总资产表示,一般而言企业资产负债率过高,将影响企业在其他创新性活动上的投入;(3)流动比率,用流动资产除以总资产表示;(4)股权集中度,以公司前十位大股东持股比例之和的对数表示;(5)研发费用,企业研发资金投入是影响其生产率提高的重要因素;(6)所有权性质,国有企业为 1,否则为 0;(7)总资产收益率,用企业净利润与资产总额比来表示。详细说明见表 4。

表 4 描述性统计

变量	变量定义	构建方法	均值	标准差	最小值	最大值
<i>DIGI</i>	数字化转型程度	文本分析法	0.0553	0.0711	0.0004	0.3163
<i>TFP</i>	全要素生产率	LP 方法	11.5310	0.7662	9.7458	14.7273
<i>Size</i>	企业规模	固定资产总值的对数	7.6763	1.0366	5.3471	11.0793
<i>Lev</i>	资产负债率	总负债/总资产	0.3674	0.1855	0.0470	0.8115
<i>Liquid</i>	流动比率	流动资产/总资产	0.5533	0.1681	0.1525	0.9057
<i>Share</i>	股权集中度	前十位大股东持股比例之和的对数	3.9677	0.2761	3.2387	4.4291
<i>Res</i>	研发费用	研发费用+1 后取对数	17.9450	1.3490	14.1571	21.9929
<i>Nature</i>	所有权性质	国有企业记为 1,非国有企业记为 0	0.7426	0.4378	0.0000	1.0000
<i>Roa</i>	总资产收益率	净利润/资产总额	0.0449	0.0609	-0.3050	0.1923

(三) 基准回归结果

表 5 报告了山东省企业数字化转型对 *TFP* 影响的实证结果。表 5 第(1)列为不加入任何控制变量的回归结果,可以发现数字化转型程度对 *TFP* 的影响在 5%的水平上显著为正,第(2)~(8)列为逐步加入控制变量的回归结果,可以发现在固定个体和时间效应下,数字化转型对企业 *TFP* 影响依然显著为正。表 5 第(8)列显示,数字化转型程度每提高 1,全要素生产率则提高 0.044。从控制变量来看,规模大、负债率高、流动性比率高、总资产收益率高的企业,其数字化转型对 *TFP* 表现相对较好,非国有企业比国有企业全要素生产率的提升效应更大。

表 5 数字化转型对企业全要素生产率的影响

变量	(1) <i>TFP</i>	(2) <i>TFP</i>	(3) <i>TFP</i>	(4) <i>TFP</i>	(5) <i>TFP</i>	(6) <i>TFP</i>	(7) <i>TFP</i>	(8) <i>TFP</i>
<i>DIGI</i>	0.050** (2.08)	0.10*** (5.70)	0.106*** (5.60)	0.049*** (2.79)	0.050*** (2.80)	0.042** (2.35)	0.043** (2.50)	0.044*** (2.61)
<i>Size</i>		0.517*** (20.31)	0.504*** (16.71)	0.513*** (18.84)	0.511*** (18.90)	0.454*** (10.35)	0.417*** (9.81)	0.408*** (10.14)
<i>Lev</i>			0.137 (0.76)	0.259 (1.63)	0.273 (1.64)	0.253 (1.51)	0.319** (1.97)	0.631*** (3.18)
<i>Liquid</i>				1.194*** (8.54)	1.195*** (8.51)	1.185*** (7.71)	1.304*** (8.73)	1.287*** (8.78)
<i>Share</i>					0.032 (0.37)	0.052 (0.59)	0.143 (1.61)	0.045 (0.48)
<i>Res</i>						0.057 (1.49)	0.053 (1.41)	0.034 (0.86)
<i>Nature</i>							-0.306*** (-5.86)	-0.271*** (-5.19)
<i>Roa</i>								1.911*** (3.30)
<i>cons</i>	11.651*** (121.31)	0.805 (1.52)	1.028* (1.68)	-0.083 (-0.14)	-0.174 (-0.26)	-0.089 (-0.14)	0.535 (0.84)	1.210* (1.88)
N	404	403	403	403	403	394	394	386
R <sup>2</sup>	0.265	0.636	0.636	0.687	0.686	0.691	0.715	0.731

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别代表在 1%、5%、10%的置信水平上显著,以上检验均加入时间和个体固定效应,若无特殊说明,以下各表同。

(四) 稳健性检验

为了确保研究结果的可靠性,进一步采取多种方法对核心结论进行检验,结果见表 6。首先,替换本文的被解释变量,将全要素生产率替换为劳动生产率(用企业营业收入除以员工总数表示)以及企业主营业务收入

入水平,其回归结果如列(1)和列(2),可以发现替换被解释变量后,企业数字化转型程度分别在 1%及 10%的水平下依然显著。

其次,改变核心解释变量的衡量方法。一是考虑到数字化转型程度在行业内的差异,采用经过行业均值调整的指标衡量,具体方法为先测算行业内企业数字化转型的均值,用企业数字化指标减去该均值,一定程度反映了企业数字化转型程度在行业内的相对水平,记为 *DIGI\_adj*。二是改变数字化细分指标权重,将标准化后的数字化细分指标采用平均加权的方法衡量,记为 *DIGI\_av*。列(3)和列(4)报告了回归结果,均显示数字化系数在 1%的水平下显著,进一步证实了基本结论的稳健性。

再次,考虑到数字化转型具有周期性以及滞后性,当期数字化转型对于企业全要素生产率的提升可能在下一期才能较为明显,因此本文将滞后一期的数字化转型指标纳入回归。结果如列(5)所示,滞后一期的数字化指标系数在 1%的水平下显著为正,且相比其他数字化衡量方法的系数大,说明数字化转型对于全要素生产率提升有长期影响。

最后,考虑可能存在的内生性问题。一方面,数字化程度的提升会提高企业全要素生产率,另一方面企业生产效率提高,盈利能力增强,也将进一步推动提高数字化水平,更好地提高其生产效率,这就存在一个双向因果关系对研究结论的潜在影响,因此,本文采取二阶段最小二乘法(2SLS)进行处理。检验结果如表 6 第(6)列,*DIGI* 系数在 1%的水平下显著为正,并且在控制内生性问题后,该系数明显变大,进一步验证了结论的稳健性。

表 6 稳健性检验

变量	(1) <i>Labor_prod</i>	(2) <i>Income</i>	(3) <i>TFP</i>	(4) <i>TFP</i>	(5) <i>TFP</i>	(6) <i>TFP</i>
<i>DIGI</i>	0.085 *** (4.18)	0.034 * (1.80)				0.143 *** (4.19)
<i>DIGI_adj</i>			0.066 *** (3.76)			
<i>DIGI_av</i>				0.063 *** (3.51)		
<i>L.DIGI</i>					0.078 *** (4.08)	
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	352	352	352	352	290	290
R <sup>2</sup>	0.259	0.889	0.764	0.763	0.778	0.766

(五) 影响机制检验

结合企业数字化转型在经济中的具体表现,该部分立足于创新、人力资本以及成本降低对全要素生产率的决定机制,探究微观企业数字化转型对 *TFP* 的传导路径。

1. 创新效应

创新是企业生产率进步的内生动力<sup>[19]</sup>。一方面,先进数字技术赋能企业数字化转型,提高了研发创新效率<sup>[20]</sup>。智能化和数字化系统可自动判断复杂任务的工艺程序,并能迅速识别存在的问题和误差,快速挖掘影响生产效率和质量的因素,规划最优生产方案,实现生产模式创新<sup>[13]</sup>。另一方面,数字化转型改变了企业的创新模式,创新的主导权由供给端转到消费端,消费者参与产品制造和价值创造的全过程,及时反馈相关信息和数据,又进一步加快了企业对产品的创新和技术升级,形成产品创新的良性循环,进而对企业生产效率产生积极影响<sup>[21]</sup>。



2.降低成本

首先,数字技术降低了因信息不对称带来的风险,从而减少了企业内部和企业间的沟通、搜寻等一系列交易成本,提高了资源利用效率<sup>[22]</sup>;其次,企业进行“数字技术+业务环节”改造,对研发设计、生产制造、成品营销和物流等环节产生的信息和数据进行收集和分析,实现产品生命周期的精细化管理,提高供应链上下游的匹配效率,降低管理和组织成本<sup>[23-24]</sup>;最后,数字技术显著改善了生产工具的效率,智能装备技术通过人、机和数据的互联互通,生产过程实现智能操作和决策,可以极大地缩短设备维护和检修、故障停线以及工序间切换时间,降低了维护和运营成本,提高了产品质量和生产效率<sup>[25]</sup>。

3.人力资本结构优化

高素质的人力资本具有稀缺的生产配置能力、技术创新、技术吸收和共享能力,是促进生产率提高、产业结构升级和经济增长的主要因素<sup>[26]</sup>。一方面,企业引进自动化和智能化的生产设备会对低端劳动力进行替代,同时大数据、云计算、互联网平台等数字技术的应用会加大企业对高端劳动力的需求,进而优化了企业人力资本结构<sup>[27-28]</sup>。另一方面,人力资本具有极强的知识外溢和技术外溢效应,高质量的知识资本和技术能力与生产经营融合,产生的直接溢出效应提高了生产效率<sup>[29]</sup>。

进一步,设立如下计量模型对上述机制分析进行检验:

$$Inter_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DIGI_{it} + \gamma Controls + \theta_f + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

$$TFP_{it} = b_0 + b_1 DIGI_{it} + b_2 Inter + \gamma Controls + \theta_f + \mu_t + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

其中 *Inter* 为中介变量。采用企业专利申请总数的对数值 (*lnPatents*) 衡量创新效应;采用企业本科及以上学历人员占比 (*Human\_struc*) 衡量人力资本结构优化水平;采用营业成本和管理成本占营销收入的比重 (*Cost*) 来衡量成本效应。

从表 7 可以看出,数字化转型对企业创新、成本降低、人力资本结构优化均具有显著的促进效应,这表明数字化转型通过驱动企业创新、降低企业成本以及优化人力资本结构来促进全要素生产率提高,从而印证了上述机制分析。

表 7 数字化转型对全要素生产率影响的机制检验

变量	(1) <i>lnPatents</i>	(2) <i>TFP</i>	(3) <i>Cost</i>	(4) <i>TFP</i>	(5) <i>Human_stru</i>	(6) <i>TFP</i>
<i>DIGI</i>	0.072 ** (2.46)	0.100 * (1.74)	-0.107 * (-1.86)	0.127 *** (2.68)	0.014 *** (2.73)	0.049 *** (2.92)
<i>Patents</i>		0.204 * (1.83)				
<i>Cost</i>				-1.569 *** (-2.94)		
<i>Human_stru</i>						0.847 *** (4.78)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	352	290	352	352	344	344
R <sup>2</sup>	0.107	0.389	0.339	0.381	0.434	0.697

四、异质性分析

(一) 基于企业视角的异质性分析

数字化转型对于不同性质、不同规模、不同发展阶段的企业影响效果可能不同。因此进一步从微观企业

视角对数字化转型与全要素生产率的关系进行分组回归。

首先,根据企业所有制性质将样本划分为国有和非国有企业。从表 8 第(1)和第(2)列的结果可看出,国有和非国有企业数字化均显著提高了其全要素生产率,但是国有企业的升级效果更为显著。这是因为企业数字化转型需要大范围应用数字技术、进行智能设备投资以及搭建业务模式转型的平台等,而国有企业具备科研、资金以及人才优势,能实现新的生产要素与比较优势的快速结合,进而推动生产率提高。其次,将样本企业划分为大型和中小型企业<sup>①</sup>进行分组回归。列(3)和列(4)结果显示,大型企业数字化转型的全要素生产率提升效应更为显著。这一结果说明了数字化转型具有规模效应,规模越大的企业越容易发挥数字化转型的“推动力”。最后,同企业性质、规模类似,但发展阶段不同也可能会对数字化转型产生效果不同。为此,借鉴钞小静等人<sup>[30]</sup>的研究,将企业划分为成熟期和成长期进行回归。结果如列(5)和(6)所示,数字化转型对于成熟期企业生产率的提升效果更为显著。产生这种结果的原因在于:处在成长期的企业面临激烈的市场竞争,因此会将大量的精力放在主营业务上,专注于提高产品质量、市场占有率以及品牌知名度,数字化应用可能存在欠缺。而成熟期企业具备完善的技术研发和营销管理体系,能将数字技术与主营业务充分融合,利用其在技术、资金、人才等优势更好的发挥数字化的驱动效应。同时,该结果也反映了数字化转型对生产率的驱动效果在企业年龄上呈现线性趋势,即数字化是企业长期高质量发展的重要路径。

表 8 基于企业的异质性分析

变量	(1) 国有 <i>TFP</i>	(2) 非国有 <i>TFP</i>	(3) 大型 <i>TFP</i>	(4) 中小型 <i>TFP</i>	(5) 成熟期 <i>TFP</i>	(6) 成长期 <i>TFP</i>
<i>DIGI</i>	0.039 ** (1.98)	0.064 * (1.94)	0.054 *** (2.74)	0.047 (1.28)	0.059 ** (2.21)	-0.042 (-1.56)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	282	99	291	90	255	130
R <sup>2</sup>	0.702	0.722	0.683	0.664	0.777	0.682

(二) 基于行业视角的异质性分析

制造业各细分行业在技术水平方面具有差异性,根据江红莉和蒋鹏程将行业分为高技术行业 and 传统行业<sup>②</sup>。回归结果见表 9。实证发现,高技术行业 and 传统行业的数字化转型均能促进企业全要素生产率提高。产生这一结果的原因可能如下:第一,根据分类,传统行业多为劳动密集型产业,近年来山东省面临用工成本上涨的巨大压力,企业纷纷采用智能设备实现自动化、机械化生产替代劳动力,以此实现降本提效;第二,高技术行业在数字化转型中可以发挥其技术和人才优势,进一步提高了产出效率和技术迭代效率,从而带动全要素生产率提升。此外,企业数字化转型对全要素生产率影响还会因市场竞争程度不同而不同。采用市场集中度水平来刻画行业间的竞争程度,依据其中位数将样本划分为竞争性行业和垄断性行业。结果如列(3)和列(4)所示,数字化转型对于竞争行业的生产率提高效应更强。这是因为处在激烈竞争环境下的企业会具有更加强烈的转型动机来提高生产效率,以此在市场中占据领先地位。

①国家统计局发布的《统计上大中小微型企业划分办法(2017)》,根据企业当年的员工人数和营业收入将样本划分为大型企业和中小型企业。

②高技术行业包括:化学原料及化学制品制造业,化学纤维制造业,医药制造业,通用设备制造业,专用设备制造业,电气机械及器材制造业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业,仪器仪表。其余为传统行业。

表 9 基于行业视角的异质性分析

变量	(1) 高技术行业 <i>TFP</i>	(2) 传统行业 <i>TFP</i>	(3) 垄断行业 <i>TFP</i>	(4) 竞争行业 <i>TFP</i>
<i>DIGI</i>	0.0879 *** (0.0155)	0.0835 *** (0.0278)	0.0187 (0.0593)	0.0301 ** (0.0120)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
N	272	173	72	373
R <sup>2</sup>	0.7561	0.7032	0.8995	0.8086

(三) 基于地区的异质性分析

山东省数字化发展在不同地区是否具有异质性是值得探析的问题。因此,将样本期内企业划分为省会经济圈、胶东经济圈以及鲁南经济圈<sup>①</sup>,分析不同地区数字化转型程度对于生产率的升级效果。回归结果见表 10。相比鲁南地区,省会和胶东地区企业数字化发展对于 *TFP* 的升级效应更大,且省会地区的表现最为显著。造成以上结果的原因在于:第一,省会经济圈是依托省会济南的辐射带动能力,具备较强的区域优势,该区域内数字化政策、数字化人才以及技术优势明显,并建设数字经济示范园区,具备良好的政策环境。第二,胶东地区是以青岛为依托,该区域内城市地处沿海,经济发达,具备良好的经济基础。近年来胶东五市聚焦数字化转型,大力推动建设“数字胶东”。第三,鲁南经济圈地处内陆,数字经济基础薄弱,其主要发展目标为振兴乡村,因此数字化转型意识不强,效果并不显著。

表 10 地区层面的异质性分析

变量	(1) 省会经济圈 <i>TFP</i>	(2) 胶东经济圈 <i>TFP</i>	(3) 鲁南经济圈 <i>TFP</i>
<i>DIGI</i>	0.0752 *** (0.0276)	0.0460 ** (0.0182)	0.0102 (0.1190)
控制变量	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes
N	188	223	33
R <sup>2</sup>	0.7962	0.9352	0.9686

(四) 基于细分指标的分析

为进一步探究数字化对全要素生产率的影响,表 11 给出数字化各维度对 *TFP* 的影响结果。第(1)~(4)列分别为数字化技术应用、数字化生产方式、业务模式转型以及数字化投入对于 *TFP* 的提升效应。列(1)显示数据挖掘、数字技术、数字营销等数字化技术的应用,显著促进企业全要素生产率的提升;列(2)反映了智能制造、自动化等生产方式的转变,促进了企业全要素生产率的升级;列(3)为互联网、电商等业务模式转型对于 *TFP* 的影响,虽然该系数显著为正,但并不显著,可能是当期的业务转型的影响尚未显现;列(4)为企业在软件及硬件方面的投入提高了其生产效率。

①样本中省会经济圈包含济南、淄博、泰安、聊城、德州以及东营;胶东经济圈包含青岛、潍坊、烟台;鲁南经济圈包含临沂、济宁。

表 11 数字化转型各维度对企业全要素生产率的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>
<i>DIGI_tech</i>	0.072 <sup>***</sup> (2.81)			
<i>DIGI_prod</i>		0.058 <sup>**</sup> (2.19)		
<i>DIGI_style</i>			0.019 (0.80)	
<i>DIGI_input</i>				1.212 <sup>***</sup> (2.94)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
N	387	387	387	387
R <sup>2</sup>	0.443	0.441	0.427	0.398

五、结论与政策建议

以山东省 2012—2019 年 A 股上市公司为例,实证检验了数字化转型对全要素生产率的影响,主要结论如下:(1)典型事实分析显示,首先,企业数字化程度均有提高,但均值和变动幅度差异较大。其次,各行业的数字化转型程度不高,数字化投入有待加强。计算机、通信电子设备制造业、电气机械和器材制造业、通用设备制造业,专用设备制造业等行业数字化转型程度相对较高,传统劳动密集型产业、医药制造业、金属冶炼业等数字化转型程度较低。最后,数字化发展呈现区域不平衡现象,省会和胶东地区数字化水平高于鲁南地区。(2)总体上看,数字化转型显著促进了企业全要素生产率提高,进一步机制检验发现,提高创新能力、降低内部成本以及优化人力资本结构是促进全要素生产率提高的主要路径。(3)异质性分析显示,国有企业、大型企业、高技术行业、传统行业及竞争性行业数字化的升级效应更强;就地区而言,省会、胶东地区的数字化转型程度对全要素生产率的影响更大。此外,通过细分数字化转型指标看,数字化技术应用、数字化生产方式以及数字化投入均提高了全要素生产率。

基于现有研究成果,提出如下建议。

第一,进一步发挥上市公司数字化对全要素生产率的促进效应。首先,应加快数字技术升级与应用,深化数字技术在研发设计、生产制造、仓储物流和营销服务中的应用,实现从生产端到销售端的数字化。其次,企业应加快建立数字工厂和智能工厂,加大对人工智能、机器人、互联平台、智能传感器等智能化设备的投入,精准把控产品生产效率和质量,逐步向智能制造转型。再次,企业应转变运营思维,增强 IT 意识,应进一步扩大对软件和硬件的资金投入,加大数字化投资。最后,革新传统自营模式,通过互联网和电商平台等,不断探索新的商业模式,比如当下新兴直播带货等,紧跟消费需求和市场变化。

第二,重点突出,因“业”制宜,促进制造业与数字化深度融合。一方面,重视行业龙头企业对数字营收的贡献度和引领价值。鼓励基础好、实力强的企业探索智能制造新模式,引导信息技术产业、装备制造业、新能源材料、医疗健康等山东省传统优势行业先转型。另一方面,为不同行业数字化转型提供差异化的解决方案。如助推医药行业利用 AI 技术发展智慧医疗、纺织业要加快优化数据采集和智能化装备、农副产品加工业以及其他传统劳动密集型行业要促进生产设备和生产流程的数字化,专用、通用以及汽车制造业要注重智能工厂建设,加快搭建数字营销平台和工业互联网平台,实现人、数据、机器互联互通。另外,计算机及通信行业是数字化发展的支柱产业,要专注该领域关键数字技术的突破。

第三,夯“基”垒台,推动区域数字化协调发展。一是加大各地市 5G 网络、数据中心、物联网等新型基础



设施建设力度,全面部署千兆光纤网络。充分利用移动网络升级的机会,推动省内浪潮、中创等上市公司提供多元化产品和服务,进一步构建大数据网络中心和互联网服务平台,积极探索跨区域、跨行业和跨企业的数据共享共建机制。二是扩容升级全省骨干网和地域传输网络,推进城乡工业宽带网络的升级改造,提升网络传输的承载、服务和互通能力,形成广覆盖、低延时、高互联的新一代信息基础设施网络。三是充分发挥省会、胶东、鲁南三大经济圈中心城市的辐射带动效应,利用济南、青岛数字人才、技术和资金集聚等优势引导圈内其他地市特色发展,通过打造智慧城市、智慧社区以及惠民应用场景,由上而下促进区域数字化协调发展。

参考文献:

[1] FERREIRA J, FERNANDES C I, FERREIRA F. To be or not to be digital, that is the question: firm innovation and performance[J]. Journal of Business Research, 2019, (101): 583-590.

[2] 苏杨等. 传统产业数字化转型的模式和路径[R]. 北京: 国务院发展研究中心, 2018.

[3] VIAL G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda[J]. The Journal of Strategic Information Systems, 2019, 28(2): 118-144.

[4] 马文秀, 高周川. 日本制造业数字化转型发展战略[J]. 现代日本经济, 2021, 40(1): 27-42.

[5] 王媛媛, 张华荣. G20 国家智能制造发展水平比较分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(9): 3-23.

[6] 王瑞, 董明, 侯文皓. 制造型企业数字化成熟度评价模型及方法研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(19): 57-64.

[7] 陈畴畴, 许敬涵. 制造企业数字化转型能力评价体系及应用[J]. 科技管理研究, 2020, 453(11): 53-58.

[8] 何帆, 刘红霞. 数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J]. 改革, 2019(4): 137-148.

[9] 袁淳, 肖土盛, 耿春晓, 等. 数字化转型与企业分工: 专业化还是纵向一体化[J]. 中国工业经济, 2021(9): 137-155.

[10] 李晓钟, 吴甲戌. 数字经济驱动产业结构转型升级的区域差异[J]. 国际经济合作, 2020(4): 81-91.

[11] 刘政, 姚雨秀, 张国胜, 等. 企业数字化、专用知识与组织授权[J]. 中国工业经济, 2020(9): 156-174.

[12] 刘洋, 董久钰, 魏江. 数字创新管理: 理论框架与未来研究[J]. 管理世界, 2020, 36(7): 198-217, 219.

[13] 刘斌, 潘彤. 人工智能对制造业价值链分工的影响效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(10): 24-44.

[14] 宋德勇, 朱文博, 丁海. 企业数字化能否促进绿色技术创新: 基于重污染行业上市公司的考察[J]. 财经研究, 2022, 48(4): 34-48.

[15] 刘飞. 数字化转型如何提升制造业生产率: 基于数字化转型的三重影响机制[J]. 财经科学, 2020(10): 93-107.

[16] 王开科, 吴国兵, 章贵军. 数字经济发展改善了生产效率吗[J]. 经济学家, 2020(10): 24-34.

[17] 孙早, 侯玉琳. 人工智能发展对产业全要素生产率的影响: 一个基于中国制造业的经验研究[J]. 经济学家, 2021(1): 32-42.

[18] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021, 42(7): 114-129.

[19] 唐未兵, 傅元海, 王展祥. 技术创新、技术引进与经济增长方式转变[J]. 经济研究, 2014, 49(7): 31-41.

[20] 刘启雷, 张媛, 雷雨嫣, 等. 数字化赋能企业创新的过程、逻辑及机制研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(1): 150-159.

[21] 张吉昌, 龙静. 数字化转型、动态能力与企业创新绩效: 来自高新技术上市企业的经验证据[J]. 经济与管理, 2022, 36(3): 74-83.

[22] GOLDFARB A, CATHERINE T. Digital economics[J]. Journal of Economic Literature, 2019, 57(1): 3-43.

[23] 肖静华. 企业跨体系数字化转型与管理适应性变革[J]. 改革, 2020(4): 37-49.

[24] 黄贇琳, 秦淑悦, 张雨朦. 数字经济如何驱动制造业升级[J]. 经济管理, 2022, 44(4): 80-97.

[25] 杨光, 侯钰. 工业机器人的使用、技术升级与经济增长[J]. 中国工业经济, 2020(10): 138-156.

[26] 刘智勇, 李海峥, 胡永远, 等. 人力资本结构高级化与经济增长: 兼论东中西部地区差距的形成和缩小[J]. 经济研究, 2018, 53(3): 50-63.

[27] BANALIEVA E R, DHANARAJ C. Internalization theory for the digital economy[J]. Journal of International Business Studies, 2019, 50(8): 1372-1387.

[28] 李梦娜, 周云波. 数字经济发展的人力资本结构效应研究[J]. 经济与管理研究, 2022, 43(1): 23-38.

[29] 潘毛毛, 赵玉林. 互联网融合、人力资本结构与制造业全要素生产率[J]. 科学学研究, 2020, 38(12): 2171-2182, 2219.

[30] 钞小静, 廉园梅, 罗鑒锴. 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, 32(10): 1-13.

# Has Digital Transformation Improved Total Factor Productivity of Manufacturing Enterprises: A Case Study of Shandong A-share Listed Companies

YUAN Qigang, JI Yongsheng, SHEN Qianyun, LI Yue  
(School of International Business and Economics, Shandong University of Finance  
and Economics, Jinan 250014, China)

**Abstract:**Based on the data of the A-share listed manufacturing companies in Shandong Province, this study constructs an enterprise digital transformation evaluation system from the four dimensions of “basic condition—key strategy—important support—booster”, analyzes the typical facts of digital transformation in all aspects, and empirically tests the impact of digital transformation on total factor productivity on the basis of overcoming endogeneity. The main research conclusions are as follows: a. The level of enterprise digitalization in Shandong Province is constantly improving, but there exist the problems of unbalanced and uncoordinated development between different industries and regions; b. Digital transformation has significantly improved the total factor productivity of enterprises, and its main impact mechanism is to promote innovation ability, optimize human capital structure and reduce costs; c. The heterogeneity analysis shows that for state-owned enterprises, large enterprises, high-tech industries, traditional industries and competitive industries, the upgrading effect of digital transformation on total factor productivity is even greater; and d. In terms of regions, the digital transformation in the provincial capital and eastern Shandong has a greater impact on total factor productivity.

**Key words:**digital transformation; manufacturing industry; total factor productivity; proposal  
(责任编辑 刘 远)

~~~~~  
(上接第 13 页)

## Construction of Budget Expenditure Standard System Based on Performance Management Perspective

MA Caichen, ZHAO Di  
(School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:**As the important contents of modern budget system construction, budget expenditure standard and budget performance management are constantly integrated in the evolution of the system and play an important role together in optimizing budget decisions. At present, China’s construction of budget expenditure standard system has been very fruitful, but the boundary between basic expenditure and project expenditure remains unclear and expenditure standards remain difficult to be applied to budget performance management. In terms of budget expenditure standard system construction, it is necessary to expand the coverage area of the standard from the horizontal and vertical dimensions, strengthen the connection between performance target indicators and budget expenditure standard, and promote the application of budget performance evaluation results in the setting, supervision and adjustment of the expenditure standards.

**Key words:**budget expenditure standard; budget performance management; modern budget system; budget performance standards  
(责任编辑 高 琼)