

doi:10.3969/j.issn.1672-626x.2024.01.001

制造业企业数字能力指数的构建与测算

——来自中国制造业上市公司的经验证据

王招治^{1,2}, 林寿富¹, 薛见寒^{1,2}

(1. 福建师范大学 经济学院, 福州 350007; 2. 福建师范大学协和学院, 福州 350117)

摘要:对制造业企业数字能力进行重新界定,并以此为基础构建包括4个一级指标、8个二级指标及20个三级指标的制造业企业数字能力指数评价指标体系,以主客观综合赋权法形成数字能力指数测算模型。并以沪深两市2012-2021年制造业上市公司为研究样本进行指数测算,从总体、区域、行业和所有制四个维度分析中国制造业企业数字能力的演变特征。研究结论如下:(1)企业数字能力指数包含数字支撑能力、数字应用能力、数字赋能能力和数字创新能力四个维度。从指标赋权来看,四个维度中数字支撑能力权重占比最大,数字创新能力权重占比最小。(2)数字能力指数强调主客观综合赋权法,被用于指导和测算制造业企业数字能力,评估企业在数字化转型方面的程度和水平,了解企业在智能制造方面的潜力,提升生产效率,帮助制造业企业识别能力短板,更好地培育与提升数字能力。(3)制造业企业数字能力指数呈现整体偏低、从东南沿海向西部内陆逐渐降低、高科技制造业行业数字能力指数较高、民营制造业企业数字能力指数较高等异质性。

关键词:制造业企业;数字能力指数;数字支撑能力;数字应用能力;数字赋能能力;数字创新能力

中图分类号:F49

文献标志码:A

文章编号:1672-626X(2024)01-0005-12

一、引言

在以物联网、大数据、机器人及人工智能等技术为主导的第四次工业革命的全球竞争中,中国制造业企业呈现数字化进程发展不平衡的现象。面对新时期的科技革命和产业变革,中国制造业企业如何把握数字技术这一革命性力量,加快数字化转型升级,培养与提升企业数字能力,实现工业4.0,实现对工业发达国家的超越成为当前理论界和实务界探究的重点。

收稿日期:2023-09-01

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目“企业价值提升的机理与路径研究:数字能力与二元模式创新的视角”(22YJC630151);福建省自然科学基金面上项目“福建省制造业企业技术创新有效度评价及政策优化研究”(2021J01175);福建省省直单位教育和科研专项项目“‘双碳’目标下制造业绿色转型升级研究”(闽财指[2022]639号);福建师范大学协和学院科研创新团队建设计划(2021-TD-004)

作者简介:王招治(1984-),女,福建安溪人,福建师范大学经济学院博士研究生,福建师范大学协和学院副教授,研究方向为数字经济;通讯作者林寿富(1981-),男,福建连城人,福建师范大学经济学院教授,管理学博士,研究方向为技术创新;薛见寒(1986-),女,福建罗源人,福建师范大学经济学院博士研究生,福建师范大学协和学院讲师,研究方向为政治经济学。

由此出发,本文重新完善制造业企业数字能力的界定,并在此基础上构建制造业企业数字能力指数。该指数在指标的筛选上兼顾科学性、可获得性和可操作性,形成包括数字支撑能力、数字应用能力、数字赋能能力和数字创新能力的综合指标评价体系,由4个一级指标、硬件支撑等在内的8个二级指标以及数字资本投入等在内的20个三级指标构成。在指标权重的确定上,该指数采用主观层次分析法与客观熵权法来综合确定。最后以沪深两市2012—2021年制造业上市公司为研究样本进行指数测算和分析。

本文的边际贡献体现在:(1)重新界定了制造业企业数字能力。现有研究往往围绕某个单一视角进行分析,如以动态能力视角、资源视角或者数字技术视角出发^[1-3],缺乏综合视角的探究。本文从制造业企业自身的特点出发,以数据和价值引导双驱动的视角完善制造业企业数字能力的界定,从理论上拓展了数字能力相关理论的微观解释范围。(2)构建了制造业企业数字能力指数。现有数字经济能力指数并不鲜见,但缺乏一个微观的、集中于企业个体的数字能力评价指数。本文以制造业企业为研究主体,建立多角度、多层级的综合评价指标体系,并运用主客观赋权法进行权重设定,以形成一个科学合理有效的制造业企业数字能力指数,为制造业企业认识自身能力短板、培养与提升数字能力提供参考指引。(3)从实践层面来说,从将数字能力指数测算模型应用于中国制造业上市公司的结果来看,中国制造业企业数字能力仍面临区域、行业、所有制等方面的异质性,这为我国企业、政府层面加速数字化转型升级、培养数字能力提供了开拓性的思路。

二、文献综述

(一)数字能力相关研究

数字能力的研究最早源于信息技术能力的相关研究^[4]。Westerman等(2012)认为数字能力不仅是信息技术的开发和应用能力,还是以大数据获取价值的分析能力^[5];庄彩云等(2020)认为数字能力是基于互联网基础设施和平台所衍生出来的能力,是网络化情境下的能力^[6]。诚然,信息技术能力能有效提高企业处理信息、提升数据使用效率,但其更本质上是能够改变企业的连接能力,帮助企业更广泛、更便捷地触达各类资源、市场和用户^[7]。因此,越来越多的学者从动态能力的视角来定义数字能力的内涵。Warner和Wager(2019)强调作为组织的特殊动态能力,数字化能力以数字感知、数字获取和数字转化助推企业数字化转型^[8];管运芳等(2022)从数字能力的多层连接主体和所处不同阶段出发,认为数字能力包括数字感知能力、数字运营能力和数字协同能力^[9]。此外,从资源观视角出发,部分学者认为数字化能力不仅包括数字技术运用能力,还包括企业数字资源整合能力^[10]。

综合现有研究,本文认为数字能力需要以数据为基本生产要素,在数字化硬件和软件支撑的基础上,进一步触及企业的基本业务和支持性义务,对企业活动进行系统性的重新定义,帮助解决上下游业务协同和内外利益相关者竞合的问题,从而实现更好的敏捷响应和满足客户需求,提升客户服务能力,以最终实现企业颠覆式创新的一种能力。

(二)数字能力评价相关研究

在数字能力评价研究方面,以数字能力指数这一概念来全面、系统、科学地评估个体企业数字能力的研究比较少见,现有的指数研究更多地是从数字经济的角度来探求数字技术在经济社会中的影响力和作用力,且对象均为某一区域或者某个国家。如《哈佛商业评论》于2017年提出的包括供给条件、需求条件、制度环境和创新变革在内的国际数字进化指数;上海社科院于2017年发布的包括数字基础设施、数字产业、数字创新和数字治理在内的全球数字经济竞争力指数;腾讯研究院和中国人民大学统计学院联合发布的包括数字基础设施、数字资源共享等在内的国家数字竞争力指数;中国信息通信研究院提出的宏观经济、基础能

力、基础产业、融合应用在内的中国数字经济指数等。总体来看,这些指数为公众加深对数字经济的认识,全面评估数字技术对经济社会影响程度提供了有益的探索,但缺乏一个微观的、集中于企业个体的数字能力评价指数。比较有关联性的数字能力评价只能从数字化转型评价中找寻,如吴非等(2021)以文本分析法来确定指标,通过对上市公司年报进行词频统计和关键词抽取,形成了企业数字化转型指标体系^[11];李柏洲和张美丽(2022)则以数字化装备水平、数字化平台建设水平、数字化应用水平和数字化服务水平四个方面作为区域数字化转型程度的测量基准^[12];赵聪慧和范合君(2023)构建了包括数字化转型意识、数字化转型能力和数字化转型绩效三个指标的企业数字化转型指标体系“罗盘模型”,并以主成分分析法和专家打分法来对评价指标进行测算^[13]。

因此,基于上述研究的不足,扎根于数字能力概念的理论逻辑,本文拟以微观制造业企业个体为研究对象,在充分借鉴各类信息化指数、中国数字经济指数等指标体系基础上,构建制造业企业数字能力指数。

三、制造业企业数字能力指数的构建及测算

(一)数字能力指数的构建思路

围绕数字能力的定义,借鉴 Rialti 等(2019)、焦豪等(2021)、张璐等(2023)的观点^[14-16],本文认为数字能力指数是以数据为基本生产要素进行驱动,围绕价值作用演绎的逻辑进行指引的一种指数。在数据驱动方面,数据要素驱动强调基于数字技术的多层次作用,探索数据要素从最初的资金与人才等的投入,为企业构造一个包括技术支撑和人才支撑的基础环境,在此基础上,数据要素与企业基础业务和支持性业务相融合,在企业的业务流程和产品服务上发挥效用,有效改变企业组织结构和商业模式,进而推动数据要素与上下游合作伙伴、顾客、产学研机构等之间的融合,引导企业进行创新。在价值提升方面,李晓华(2022)认为制造业企业数字化转型的同时伴随着企业价值创造能力的提升^[17],因此,数字能力指数应同时围绕价值进行演进,解决数字能力“为什么”的问题,价值提升以操作效率提高为起点,融入企业基础业务和支持性业务,同时兼顾企业、员工、客户、产业链上下游之间和供应链企业间等各个利益相关方的诉求,形成企业内外部集成,以企业业务效能提升为重点。在此基础上,进一步赋能企业战略与组织,实现数字化重构,最终为利益相关方提供有价值的产品和服务,实现颠覆式创新。

具体地,数字能力指数的构建思路如图1所示。即在数据与价值提升共同驱动下,数字能力指数按照递阶层级,由数字支撑能力、数字应用能力、数字赋能能力和数字创新能力组成。

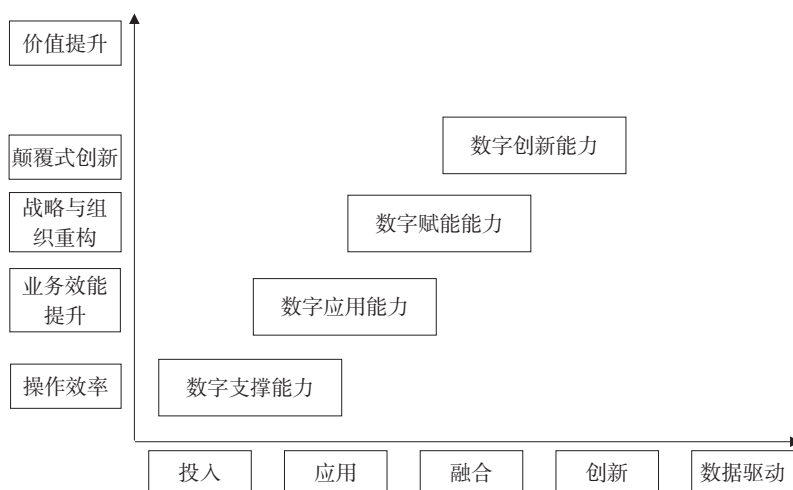


图1 数字能力指数的构建思路

(二)数字能力指数的构建

1. 指标的选择

按照前述构建思路,本文以数字支撑能力、数字应用能力、数字赋能能力和数字创新能力四个方面为主要内容,形成企业数字能力指数。按照科学性、实效性、可操作性、可扩展性和通用性等原则来进行二级指标和三级指标的选择,具体包括4个一级指标、8个二级指标和20个三级指标。

(1)数字支撑能力

柳学信等(2022)认为数字技术以及人才的基础性应用构成了数字能力的底层逻辑^[18]。企业以数据要素为核心,在操作效率提升的指引下,结合集成新一代信息技术,通过综合数字信息基础设施的建设,引入数字化资金和人才,为企业提供感知、连接、存储、计算、处理、安全等支撑性数字基础能力的设施体系^[19-20]。围绕数据资源投入的数字支撑能力,主要体现在硬性的技术支撑和软性的人才支撑两方面。考虑到指标的可采集性,以数字资本投入和数字基础设施建设情况两个三级指标来衡量制造企业的硬件支撑能力,以数字人才储备与数字人才培养两个三级指标来考量人才支撑。

(2)数字应用能力

按照波特的价值链理论,企业价值创造活动包括基本活动和辅助活动两大类^[21],基于此,数字应用能力强调企业在这两类活动中的应用能力。即在日常生产经营过程中,将数字化解决方案的能力应用于企业计划、研发、采购、生产、销售的基本业务以及仓储、物流、财务、人力等支持性业务,帮助企业在数字资源支撑的前提下,运用现代数字信息技术,建立连接计划研发、生产管理、销售管理、组织管理和财务管理等方面的数据链,以提高产品和服务的生产质量和产出效率,提升企业业务效能。数字在两类活动中的应用能力集中体现于数字的基础性应用以及集成性应用^[18]。其中,基础性应用体现为制造业企业在人工智能技术、区块链技术、云计算技术、大数据技术四类技术的应用;集成性应用则包括企业内集成与上下游集成(即企业外部集成)两方面的应用。

(3)数字赋能能力

焦豪等(2021)认为数字技术的引入与应用能够帮助企业优化、整合现有资源和创造长期价值^[15],这形成了企业的数字赋能能力。企业通过数字资源的硬性与软性投入,打造企业的数字技术竞争力,进而赋能企业、合作伙伴和社会发展等。在这一过程中,围绕数字“赋能”特征所形成的能力主要包括数字战略赋能能力和数字组织赋能能力。其中,数字战略赋能强调从企业战略层面形成对数字的认同感,打造数字战略牵引力,引导管理者积极投资数字领域,从而将数字价值融入企业发展过程。根据数据的可得性,以管理层数字职务设立情况、管理层数字创新词频以及管理层数字创新导向三个指标来进行衡量。数字组织赋能则强调通过数字资源的投入与应用,从流程、业务、技术等层面激发、提高和发展组织内部成员的能力、技能和动力,以达到改善组织绩效、提升竞争力的目的。组织赋能能够激发并引导个人、团队和整个组织的无限潜力,使其取得更好的业绩和业务成果。以流程创新、业务创新和技术创新三个指标在年报中出现的词频合计数来进行衡量。

(4)数字创新能力

在数据资源投入、应用和赋能基础上,数字技术不仅能对现有资源进行优化创新,还能以前瞻性视角来配置资源,形成数字的创新能力。数字创新能力的提升可以帮助企业更好地应对市场变化,更快地推行数字化转型,进而实现竞争优势和业绩提升。吴非等(2021)认为数字创新能力最终落脚于产品和服务^[11]。参照Edu等(2020)、肖淑芳等(2020)的研究^[22-23],将数字创新能力指标划分为创新效能和价值效益两个指标,其中创新效能以产品创新能力和成果产出来衡量。产品创新能力以新产品销售收入占主营业务收入比重来衡量,该指标能直接体现产品创新的质量;成果产出则以数字发明专利数来反映。价值效益反映数字创新

能力能为企业带来的价值提升,以反映效率水平的净资产收益率和持续改进效果的净资产增长率来衡量。

本文设计的数字能力指数评价指标体系如表1所示。

表1 企业数字能力指数评价体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标衡量
数字支撑能力(A)	硬件支撑(A1)	数字资本投入(A11)	数字相关项目募集资金总金额
		数字基础设施建设(A12)	年报中数字基础设施相关关键词的词频统计
	软件支撑(A2)	数字人才储备(A21)	研发人员数量占员工总数比重
		数字人才培养(A22)	数字化人才技能培训支出
数字应用能力(B)	基础性应用(B1)	人工智能技术的应用(B11)	年报中人工智能技术相关关键词的词频统计
		区块链技术的应用(B12)	年报中区块链技术相关关键词的词频统计
		云计算技术的应用(B13)	年报中云计算技术相关关键词的词频统计
		大数据技术的应用(B14)	年报中大数据技术相关关键词的词频统计
	集成性应用(B2)	企业内集成(B21)	年报中技术集成相关关键词的词频统计
		上下游集成(B22)	供应链集中度,向前5大供应商、客户采购销售比例之和的均值,即:(向前5名供应商采购比例+向前5名客户销售比例)/2
数字赋能能力(C)	战略赋能(C1)	管理层数字职务设立情况(C11)	以是否设置首席信息官、是否设置首席技术官以及是否设置首席数字官三个指标汇总而得
		管理层数字创新词频(C12)	年报中管理层数字创新相关关键词的词频统计
		管理层数字创新导向(C13)	管理层创新导向评分
	组织赋能(C2)	流程创新(C21)	年报中流程创新相关关键词的词频统计
		业务创新(C22)	年报中业务创新相关关键词的词频统计
		技术创新(C23)	年报中技术创新相关关键词的词频统计
数字创新能力(D)	创新效能(D1)	产品创新能力(D11)	新产品销售收入占主营业务收入比重
		成果产出(D12)	数字发明专利数
	价值效益(D2)	发展效率(D21)	净资产收益率
		发展能力(D22)	净资产增长率

2. 指标的赋权

作为指数计算的关键步骤,指标赋权包括主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法也称为专家赋权法,专家依靠自身的专业知识与技能给出因素与因素之间相对重要程度的判断,进而得到指标权数。客观赋权法则完全以实际数据出发,依赖一定的数学理论来获得客观指标的权重,将主观赋权法的专家主观性降到最低。两种方法各有利弊,主观赋权法的弊端在于专家意见的主观性容易弱化赋权结果的客观性,客观赋权法则有可能使得赋权结果与现实经验相背离^[24],因此,本文以组合赋权法来完成指标的赋权。其中,考虑到层次分析法能有效将主客观权重量化^[25],熵值法又能有效降低主观因素干扰^[26],有效提高指标赋权的客观性,故在主客观赋权法上分别采用层次分析法和熵值法来进行赋权,两者结合便捷有效,能为数字能力指数赋权提供相对可靠的结果^[23]。

(1)层次分析法赋权

采用层次分析法进行指标赋权的具体步骤如下:首先,建立层次结构模型图。以数字能力为目标层,以

数字支撑能力、数字应用能力、数字赋能能力和数字创新能力为准则层,以硬件支撑等8个指标为要素层、以数字资本投入等20个指标为指标层。其次,构造判断矩阵。按照 Saaty(2004)提出的比率九标度法^[27],对准则层的4个要素以及4个要素内的具体指标进行两两比较并赋值,以得到基于专家意见的各层指标的判断矩阵。在这一过程中,面向数字经济领域的企业高管、高校专家学者等发放咨询问卷15份,收回15份。其中,共有12位专家的赋值结果通过一致性检验,问卷有效率为80%。根据12位专家对各个因素及指标的重要性判断结果,得到各位专家对于准则层面、要素层面、指标层面的权重。第三,进行一致性检验分析。以CR值来进行一致性检验,小于0.1说明通过检验,反之则说明没有通过。最后,计算组合权向量。如用“数字资本投入在硬件支撑中的权重×硬件支撑在数字支撑能力中所占的权重×数字支撑能力在数字能力中的权重”得到组合权重,并做整体一致性检验。

(2)熵值法赋权

熵值是不确定性的一种度量,以信息承载量大小来进行权重确定。在进行熵值法之前,如果数据方向不一致,需要进行提前数据处理,通常为正向化或者逆向化两种处理。考虑到企业数字能力评价指标均为正向指标,采用最大最小值法对数据进行无量纲化处理,如式(1)所示:

$$V_{ij} = \frac{x_{ij,t} - m_j}{M_j - m_j} \quad (1)$$

其中, $x_{ij,t}$ 表示第 t 年第 i 家制造业上市公司的第 j 个三级指标指数值, $M_j = \max\{x_{ij}\}$, $m_j = \min\{x_{ij}\}$, $i \in [1, nt]$, $j \in [1, 20]$, $t \in [2017, 2021]$ 。

最终,熵值法确认数字支撑能力、数字应用能力、数字赋能能力、数字创新能力4项权重值分别为0.355、0.252、0.343、0.050。各项间的权重大小有一定的差异,其中数字支撑能力的权重最高,数字创新能力的权重最低。

(3)组合法赋权

采用兼顾主观与客观的权重的主客观组合法赋权进行指标的赋权。以 W 表示第 i 个指标的组合权重 ($i=1, 2, \dots, n-1, n$), 计算公式如式(2)所示。其中, A 为层次分析法下的权重, E 为熵值赋权法下的权重, α 为层次分析法赋权结果在组合权重中所占的比重, $(1-\alpha)$ 为熵值法赋权结果在组合权重中所占的比重。

$$W_i = \alpha \times A_i + (1 - \alpha) \times E_i \quad (2)$$

以 W_i 分别与 A_i 、 E_i 之间偏差的平方之和最小为目的建立目标函数:

$$\text{Min}K = \sum_{i=1}^n [(W_i - A_i)^2 + (W_i - E_i)^2] \quad (3)$$

将式(2)代入式(3)后求一阶导数,并令其一阶导数为零,解得 $\alpha=0.5$, 得到 $W_i=0.5 \times A_i + 0.5 \times E_i$, 可见最佳的组合赋权结果是层次分析法和熵值赋权法的权重各占50%。

3. 数字能力指数评价指标及赋权结果

通过指标的筛选和权重设定,构建制造业上市公司数字能力指数评价体系,如表2所示。选用2012—2021年10年的数据,不同年份数据的差异会使得客观熵值赋权法有所差异,但整体差异值并未超过2%,例如,以数字资本投入指标占比为例,该指标在2017—2018年、2018—2019年的差异仅为0.01%和0.015%。从该角度出发,各层级指标权重受不同年度的影响很小,赋权方法合理有效,权重结果稳定可靠。

进一步,由表2可知,数字支撑能力在数字能力指数中整体权重占最大,占比为54.58%。一方面是因为该类数据的可获得性较强,指标所承载的信息量较大,另一方面则是因为该类指标在数字能力指数中发挥基础性作用,是数字能力的底层逻辑,专家主观评分也较高。数字创新能力权重占比较低,为5.39%,这主要跟创新性衡量标准的不统一、不确定有关。

表2 制造业企业数字能力指数评价指标及赋权结果

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
数字支撑能力(A)	0.5458	硬件支撑(A1)	0.4093	数字资本投入(A11)	0.2729
				数字基础设施建设(A12)	0.1364
		软件支撑(A2)	0.1365	数字人才储备(A21)	0.0910
				数字人才培养(A22)	0.0455
数字应用能力(B)	0.3033	基础性应用(B1)	0.2528	人工智能技术的应用(B11)	0.0632
				区块链技术的应用(B12)	0.0632
				云计算技术的应用(B13)	0.0632
				大数据技术的应用(B14)	0.0632
		集成性应用(B2)	0.0505	企业内集成(B21)	0.0404
				上下游集成(B22)	0.0101
数字赋能能力(C)	0.1072	战略赋能(C1)	0.0357	管理层数字职务设立情况(C11)	0.0096
				管理层数字创新词频(C12)	0.0042
				管理层数字创新导向(C13)	0.0219
		组织赋能(C2)	0.0715	流程创新(C21)	0.0076
				业务创新(C22)	0.0138
				技术创新(C23)	0.0501
数字创新能力(D)	0.0539	创新效能(D1)	0.0329	产品创新能力(D11)	0.0247
				成果产出(D12)	0.0082
		价值效益(D2)	0.0110	发展效率(D21)	0.0073
				发展能力(D22)	0.0037

(三)数字能力指数的测算

1. 测算模型

通过指标筛选和权重设定,本文最终构建的数字能力指数评价模型为:

$$DLI_i = \sum_{j=1}^m V_{ij}^* \times W_j \quad (4)$$

其中, DLI_i 表示第 i 个样本公司的数字能力指数; V_{ij}^* 为通过式(1)无量纲化处理后,通过反切函数映射到 $[1,100]$ 区间,是数字能力指数三级指标的观测值; W_j 表示第 j 个指标的组合权重; m 为指标个数。

2. 样本选择与数据来源

作为数字化转型的典型行业,制造业企业业务复杂,涉及生产、物流、供应链管理、产品质量控制等多个维度,在数字资源的支撑、应用等方面要求更为迫切。特别地,随着工业4.0的到来,制造业企业更需要借助新技术提升数字能力,以实现智能制造、工厂自动化、设备远程控制等目标。因此,相对于一些传统行业而言,制造业企业在数字能力相对更高。进一步,考虑到数据的可得性,本文最终选取2012—2021年的制造业上市公司数据为分析样本。剔除ST、终止上市、*ST、暂停上市等经营状态异常以及信息不完整的公司,总计3109家企业为分析样本,将各类指标值带入数字能力指数的计算,最终获得2012—2021年中国制造业上市公司的数字能力指数值。数据来源于国泰安数据库中企业数字化转型、数字经济、财务报表等各个子库。

四、制造业企业数字能力指数测算结果与分析

按照前述中国制造业企业数字能力指数计算结果,对2012—2021年中国制造业企业数字能力的总体特征、区域特征以及所有制特征进行整体评价和分析。

(一)数字能力指数整体偏低,但呈逐年上升态势

整体来看,中国制造业企业数字能力指数整体上处于中等偏低水平,历年平均得分维持在34.17~49.20之间,10年平均值为41.54,具体如表3所示。选取2017—2021年5年数字能力指数来分析(如表4所示),从得分分布情况来看,中国制造业企业上市公司的数字能力指数得分基本分布在23~33分区间,得分在73分以上仅有3家。以2021年为例,68.75%的上市公司得分为23~33分,有2082家之多,29%左右的上市公司得分在33~53分之间。

制造业企业数字能力整体偏低与制造业企业自身行业特点相关。麦肯锡咨询公司的调查数据显示,制造业企业数字化转型的成功率为4%~11%,显著低于平均水平。相比于其他行业,制造业企业数字能力提升会更为困难,原因在于:(1)制造业的工艺流程高度复杂。制造业产品往往需要经过多道复杂的工艺流程,需要企业全面了解和把握生产过程中每个环节的细节,以便于数字化实施。(2)制造业企业面临着多样化的生产形式,如批量生产、小批量定制等,这些不同的生产形式使得制造业企业的数字化转型变得困难。如小批量定制要求更加灵活的生产流程和组织结构,这需要制造业企业进行更加深入的数字化转型。(3)传统设备设施升级较为困难。由于制造业生产设备操作复杂、接口标准不统一,存在多种型号、多种品牌,设备之间的数据不兼容等问题,导致设备升级和数字化的难度加大。(4)制造业汇集了产品开发、采购、生产、物流等多个环节,并且存在全球范围的供应链合作,数字应用需要各个环节协同合作,相互连接,具有较高的复杂性。(5)制造业数字数据来源多、数据类型多,企业需要花费更多精力加强数据安全保护和风险管理工作,以免出现数据泄露和其他安全隐患。

表3 2012—2021年中国制造业企业数字能力指数及二级指标得分均值

统计年度	数字支撑能力	数字应用能力	数字赋能能力	数字创新能力	数字能力
2012	31.92	33.73	35.63	21.37	34.17
2013	31.89	34.62	35.80	20.59	34.56
2014	33.18	34.02	36.72	25.51	36.43
2015	33.13	38.15	38.08	21.62	36.92
2016	39.02	47.15	39.96	29.79	41.95
2017	42.54	52.36	43.02	23.37	42.17
2018	41.74	55.72	43.08	27.72	45.23
2019	45.39	57.02	45.51	29.39	46.99
2020	41.75	51.54	41.25	30.58	47.78
2021	46.26	50.69	39.94	30.69	49.20
均值	38.68	45.50	39.90	26.06	41.54

表4 2017—2021年中国制造业企业数字能力指数得分分布情况

得分区间	2017	2018	2019	2020	2021
23~33	1522	1558	1627	1901	2082
33~43	343	378	442	504	634
43~53	149	139	160	212	236
53~63	47	67	54	63	68
63~73	8	7	8	10	8
73以上	0	0	1	2	0

从影响数字能力提升的关键要素来看,包括数字技术与人才的投入(数字支撑)、数字内外部集成应用(数字应用)、数字战略顶层设计与组织支撑(数字赋能)和数字化成果应用(数字创新),这四大核心要素整体水平也偏低,具体如表3所示。当然,随着人工智能时代的到来,中国制造业面临着原材料及能源价格高涨、市场竞争加剧、供应链风险加剧等内外部形式的显著变化,这使得越来越多的企业开始重视自身数字能力的提升。如表3所示,2012—2021年中国制造业企业的数字能力指数逐步上升,十年间的上升幅度约为43.99%,由2012年的34.17提升到2021年的49.20。

(二)数字能力指数从东南沿海向西部内陆逐渐降低,基本符合“胡焕庸线”格局

在区域发展方面,全国制造业上市公司数字经济能力指数呈现从东南沿海向西部内陆逐渐降低的趋势,基本符合“胡焕庸线”格局,原因在于东南沿海地区相比于西部内陆地区在地理位置、人才资源、政策支持和市场需求等方面具有优势。以2021年中国制造业上市公司数字能力指数排名来看,排名前十的省份基本集中在东部(如图2所示)。其中,广东省集中了众多知名行业领先的制造业上市公司,如广州工业投资控股集团有限公司、比亚迪股份有限公司、珠海格力电器股份有限公司等,广东省以数字能力指数58.34居全国榜首,这得益于其早期形成的完善的制造业产业体系和供应链模式、较为完善的信息技术产业以及广东省政府一贯坚持的数字经济发展战略等。

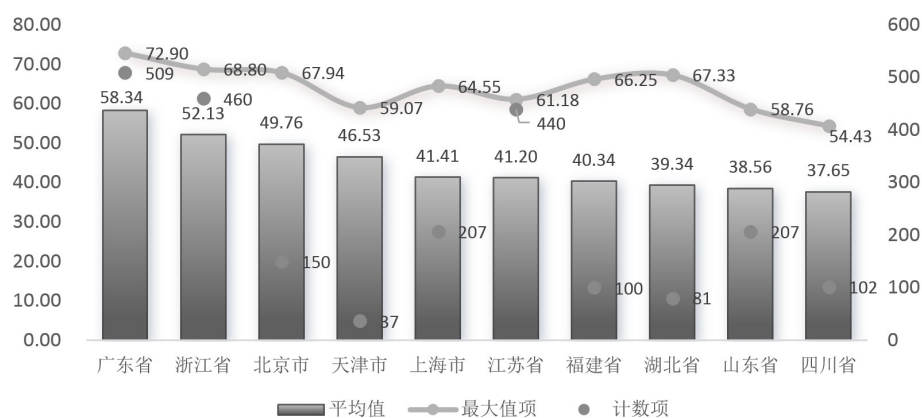


图2 2021年中国制造业企业数字能力指数排名前十省市情况

(三)高科技制造业行业数字能力指数较高,电子行业数字能力居首位

从行业特征来看,制造业不同行业需要应对的数字能力提升难度也不同。一些传统制造业行业需要对改造设备、重构生产流程等较为困难的数字化程度提升,而一些高科技制造业则更加容易实现数字能力的培养与提升。另外,一些标准化、自动化程度较高的行业如汽车、航空航天行业,在数字能力培养方面也取得了较为显著的成果。如图3所示,从2021年中国制造业上市公司的数字能力指数情况来看,平均

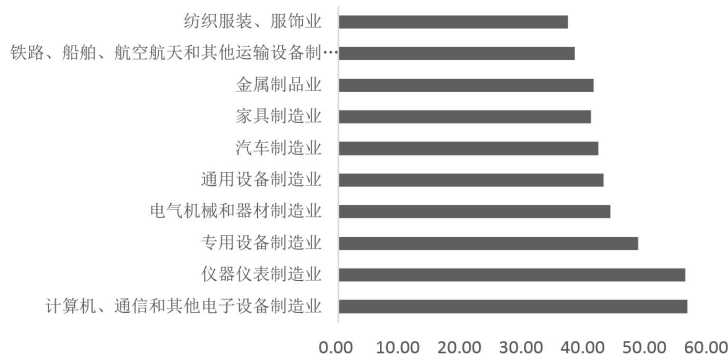


图3 2021年中国制造业企业数字能力指数排名前十行业分布情况

数字能力指数较高的行业集中于计算机、通信和其他电子设备制造业,仪器仪表制造业等,其中,计算机、通信和其他电子设备制造业的数字能力指数最高,为56.62。

(四) 民营制造业企业数字能力指数最高,但与国有制造业企业的数字能力水平区别不明显

从所有制特征来看,近10年来民营制造业企业的数字能力水平基本排在首位,其次是国有制造业企业(见表5)。以2021年为例,民营制造业企业数字能力指数平均分最高,为58.90,国有制造业企业次之,为44.41。其主要原因在于,相比于国有制造业企业,民营制造业企业能积极通过技术升级、组织变革和创新管理等方式来提升自身的数字化转型能力,加之民营制造业企业大多具有灵活性的优势,使得其在数字能力提升方面业绩不俗。当然,国有制造业企业由于在政策、资金、资源等方面都拥有较为优越的条件,使其能更快、更大规模地推进数字技术与人才的投入与培养,加大数字应用与推广,因此,其在市场竞争中也占据一定的优势。

表5 2012—2021年不同所有制制造业企业历年得分与排名情况

	国有制造业企业		民营制造业企业		外资制造业企业		其他	
	均值	排名	均值	排名	均值	排名	均值	排名
2012	34.86	2	35.32	1	26.81	4	32.70	3
2013	33.59	2	35.88	1	27.38	3	25.10	4
2014	34.06	2	37.86	1	27.61	3	26.35	4
2015	32.17	2	38.55	1	30.45	4	33.87	3
2016	42.76	1	42.59	2	33.36	3	31.11	4
2017	37.60	2	43.42	1	33.55	3	32.90	4
2018	38.21	2	48.68	1	33.88	3	27.60	4
2019	40.55	2	49.92	1	37.11	3	31.11	4
2020	30.56	3	53.90	1	35.98	2	32.90	4
2021	44.41	2	58.90	1	39.73	3	27.60	4

五、结论与建议

(一) 研究结论

以数据驱动和价值创造逻辑为基础,完善了数字能力的界定,并通过层次分析法与熵值法相结合构建数字能力指数,选取2012—2021年中国制造业上市公司为样本进行数字能力指数的测算。具体结论如下:(1)企业数字能力指数是包含数字支撑能力、数字应用能力、数字赋能能力和数字创新能力4个维度的综合指数。受信息承载量、指标贡献度等影响,就指标赋权而言,4个纬度中数字支撑能力权重占比最大,数字创新能力权重占比最小。(2)数字能力指数强调主客观综合赋权法,能被用于指导和测算制造业企业数字能力,评估企业在数字化转型方面的程度和水平,了解企业在智能制造方面的潜力,提升生产效率,帮助制造业企业识别能力短板,更好地培育与提升数字能力。(3)数字能力指数测算的结果表明:我国制造业企业数字能力指数整体上处于中等偏低水平;指数从东南沿海向西部内陆逐渐降低,基本符合“胡焕庸线”格局;高科技制造业行业数字能力指数较高,电子行业数字能力居首位;民营制造业企业数字能力指数最高,但国有制造业企业的数字能力水平表现也不俗。

(二) 对策建议

结合研究结论,可以从政府和企业两个层面对制造业企业的数字能力培养与提升提出建议。从企业层面来说,应从以下两方面入手:一方面,从数字支撑、动态适应、赋能引领、创新颠覆等视角出发,充分发挥数

据要素在企业发展中的引领作用,积极扩大人工智能、云计算、5G网络等数字技术和数字人才的投入,加强数字与业务产品的匹配和协同,重视数字内外集成应用,注重战略与组织赋能,引导企业进行颠覆式创新发展;另一方面,以数字能力指数提升为遵循,构建以数字支撑能力为起点、数字应用能力为核心、数字赋能能力为进阶、数字创新能力为升华的数字能力,综合评估自身情况,寻找数字能力指数的短板,实现企业数字价值的提升与创造。

从政府层面来说,围绕制造业企业整体数字能力偏低、区域发展不平衡、行业发展不均等不足,政府应从以下三个方面入手:第一,从提升整个行业的数字基础水平入手,积极扶持数字技术研发包括6G、AI、产业物联网、安全芯片等尖端前沿数字技术的研发,加快数字复合型人才的培养,进一步帮助企业解决“卡脖子”技术难题,有效降低企业数字化成本。同时在这一过程中,要适当向西部地区、弱势行业倾斜。第二,致力于公平竞争的数字营商环境的建设。从制造业企业在数字化进程中面临的难点痛点出发,进一步放宽数字化市场准入,加大工业互联网平台建设,以弱化“数据孤岛”为目的,搭建消除层次、地区、行业、部门之间不同界限的无缝衔接的数字交流平台和生态体系。第三,从区域、行业、所有制异质性出发,加快科学合理的数字政策体系的支持。引导不同地区、不同行业、不同规模、不同所有制的制造业企业培养和提升数字能力,制定差异化的扶持、激励政策,适时为企业提供有价值的海量数据和场景应用,帮助企业构建数字发展体系和生态网络平台建设,加速通信技术、集成产业、AI领域、智能制造等高精尖人才的培养,合理调整不同地区、不同行业人才结构和人才需求。

参考文献:

- [1] VASCONCELLOS, S.L., SILVA FREITAS, J.C., JUNGES, F.M. Digital Capabilities: Bridging the Gap Between Creativity and Performance[M]. Palgrave Macmillan; Cham Publications, 2021.
- [2] 崔森,周晓雪.在位企业的能力构建与数字化战略更新:一项质性元分析[J].研究与发展管理,2021(1):39-52.
- [3] ZHU, X.M., LIU, Y. Mechanism of Enterprise Digital Transformation Capability Formation: A Single-case Study Based on Haier Group's "Unity of Knowledge and Action"[J]. Economic Management, 2021(12):98-114.
- [4] 董钊.新创企业数字能力对商业模式创新的影响研究[D].长春:吉林大学,2021.
- [5] WESTERMAN D, SPENCE P R, VAN DER HEIDE B. A social Network as Information: The Effect of System Generated Reports of Connectedness on Credibility on Twitter[J]. Computers in Human Behavior, 2012, 28(1): 199-206.
- [6] 庄彩云,陈国宏,梁娟,等.互联网能力、双元战略柔性知识与知识创造绩效[J].科学学研究,2020(10):1837-1846+1910.
- [7] TEECE D J, PISANO G, SHUEN A. Dynamic Capabilities and Strategic Management[J]. Strategic management journal, 1997, 18(7):509-533.
- [8] WARNER K S R, WAGER M. Building Dynamic Capabilities for Digital Transformation: An Ongoing Process of Strategic Renewal[J]. Long Range Planning, 2019, 52(3): 326-349.
- [9] 管运芳,唐震,田鸣,杜红艳.数字能力对公司创业的影响研究——竞争强度的调节效应[J].技术经济,2022(6):95-106.
- [10] 王苗,张冰超.企业数字化能力对商业模式创新的影响——基于组织韧性和环境动荡性视角[J].财经问题研究,2022(7):120-129.
- [11] 吴非,常曦,任晓怡.政府驱动型创新:财政科技支出与企业数字化转型[J].财政研究,2021(1):102-115.
- [12] 李柏洲,张美丽.数字化转型对区域经济高质量发展的作用机理——区域创新能力的调节作用[J].系统工程,2022(1):57-68.
- [13] 赵聪慧,范合君.企业数字化转型评价体系构建、进程测度与提升路径[J].财会通讯,2023(6):9-17.
- [14] RIALTIR, MARZI G, CIAPPEI C I, et al. Big Data and Dynamic Capabilities: A Bibliometric Analysis and Systematic Literature Review[J]. Management Decision, 2019, 57(8): 2052- 2068.
- [15] 焦豪,杨季枫,王培暖,等.数据驱动的企业动态能力作用机制研究——基于数据全生命周期管理的数字化转型过程分析[J].中国工业经济,2021(11):174-192.
- [16] 张璐,薛慧耀,常雅荔,等.企业数字资源能力构建机制研究[J/OL].科学学研究:1-13[2023-10-10].

- [17] 李晓华.制造业数字化转型与价值创造能力提升[J].改革,2022(11):24-36.
- [18] 柳学信,杨焯青,孙忠娟.企业数字能力的构建与演化发展——基于领先数字企业的多案例探索式研究[J].改革,2022(10):45-64.
- [19] TEECE D J. Business Models and Dynamic Capabilities[J]. Long Range Planning, 2018, 51(1):40-49.
- [20] RIALTI, R., G. MARZI, C. Ciappei, D. Busso. Big Data and Dynamic Capabilities: A Bibliometric Analysis and Systematic Literature Review[J]. Management Decision, 2019, 57(8): 2052-2068.
- [21] MICHAEL E. PORTER. 竞争优势[M]. 陈丽芳, 译. 北京: 中信出版社, 2014.
- [22] EDU S A, AGOYI M, AGOZIE D Q. Integrating Digital Innovation Capabilities Towards Value Creation[J]. International Journal of Intelligent Information Technologies, 2020, 16(4): 37-50.
- [23] 肖淑芳, 石琦, 张一鸣. 上市公司创新能力指数的构建[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2020(1): 57-69.
- [24] 曹洪军, 赵翔, 黄少坚. 企业自主创新能力评价体系研究[J]. 中国工业经济, 2009(9): 105-114.
- [25] ALVES M A, MENEHINI I R, GASPAR-CUNHA A, et al. Machine Learning-driven Approach for Large Scale Decision Making With the Analytic Hierarchy Process[J]. Mathematics, 2023, 11(3): 627.
- [26] 张立, 朱娜. 基于熵值法的中部地区制造业高质量发展评价研究[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2022(5): 46-51.
- [27] SAATY T L. Decision Making-The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2004, 13(1): 1-35.

(责任编辑:彭晶晶)