

企业数字化成熟度模型研究

王核成 王思惟 刘人怀

(杭州电子科技大学创新与发展研究院,杭州 310012)

摘要:如今数字技术逐渐成为技术的主导方式,在快速变化的数字化格局中企业数字化转型引起了社会的广泛关注。在数字化进程中,企业为了寻求更适宜的方法与路径来实现转型升级,科学地分析和评估自身数字化水平变得至关重要。本文结合现实需求,在分析数字化和企业数字化转型内涵和本质的基础上,通过文献研究和运用专家评审法等方法,筛选和提炼出关键过程域和具体评价指标,开发了数字化成熟度模型(Digital maturity model, DMM)。该模型包括 5 个关键过程域(战略与组织、基础设施、业务流程与管理数字化、综合集成、数字化绩效)、19 个一级指标和 63 个二级指标。与目前国内外相关评价模型相比,此 DMM 更能体现数字化商业生态下企业运行模式的变化和数字技术的全面融合与系统应用,为研究人员提供了有关数字化新兴现象的见解,也为企业提供了评估数字化综合水平的方法和工具,有助于企业建立数字化转型的战略目标和实施方案。

关键词:企业数字化;数字化转型;能力成熟度模型(CMM);数字化成熟度模型(DMM)

引言

当今世界正处于从基于资源和知识的工业经济向基于网络化和数据的数字经济转型过渡的大变革时代,在物联网、大数据、云计算、人工智能等新兴技术逐渐兴起和快速发展的背景下,数据作为继劳动力、土地、资本、技术之后的一种新型生产要素,日益成为经济发展的新动力源泉,同时也正在进一步催化原有生产要素的新价值^[1]。数字化被认为是在不久的将来改变社会和商业的主要趋势之一^[2]。近年来,数字化企业体现出更强的智能能力(配置硬件组件在低人为干预下感知和捕获信息的能力)、连接能力(通过无线通信网络连接数字化产品的能力)和分析能力(将现有数据转化为公司和客户的宝贵见解和可操作指令)^[3]。波士顿咨询公司(BCG)在《数字化驱动:一日千里》^[4]报告中展示了 2018 年全球挑战者百强名榜单,在这份榜单上显示近 60%的企业属于数字原生企业或数字化程度高的企业;相比 2012 年,仅有 17%的企业大量应用数字技术。

近年来,中国政府出台了一系列相应的政策,如《中国制造 2025》和《“十三五”国家信息化规划》等来积极推进企业数字化转型。中国数字经济规模在 2018 年达 31.3 万亿元,占 GDP 比重为 34.8%^[5]。然而,据埃森哲咨询公司与国家工业信息安全发展研究中心合作推出的报告中通过对汽车及零部件、消费电子、传统零售等八大行业 450 家中国企业作为研究样本分析得出的结论,目前中国各行业的数字化能力建设整体尚处于初级阶段,八大行业的数字转型指数分值普遍不高^[6]。同时,从总体上看我国企业在数字化建设和转型过程中还存在不少阻碍和问题:例如企业对数字化的理解不统一,对自身数字化现状、定位和发展路径不明确;行业内缺乏实施数字化转型的经验、做法和案例,没有科学系统的方法论来指导企业实施数字化转型;相当企业难以预估数字化转型产生的效益,或者在大量数字化投入的基础上暂时看不到数字化转型产生的效益,阻碍了企业的积极性和主动性。因此,现阶段迫切需要探索数字化转型理论以及与此相适应的企业数字化评估方法以推动数字化实践发展。

能力成熟度模型(capability maturity model, CMM)^[7]是由卡内基梅隆大学软件工程研究院发布,它起源于计算机软件行业,主要用于指导软件开发组织不断完善软件的概念、量化、运行、测试以及升级等过程,使得软件开发管理逐步从混乱的、不成熟的过程走向规范的、成熟的开发过程,因此在软件企业的应用获得了巨大成

收稿日期:2019-07-01

基金项目:国家自然科学基金项目(71372170)。

作者简介:王核成,杭州电子科技大学创新与发展研究院教授,博士生导师,博士;王思惟,杭州电子科技大学硕士研究生;刘人怀,中国工程院院士,杭州电子科技大学创新与发展研究院教授,博士生导师。

功^[8]。由于它构建了具有动态性和持续演进性的标准,其适用范围逐渐扩大,应用领域也变得越来越广阔。企业数字化同样是为实现特定目标和能力的演进发展,不断优化资源以达成企业转型升级的动态过程。因此借鉴能力成熟度模型,构建一个便利的自我评价工具,进行数字化水平评估和分析,是促进数字化转型的重要手段。一方面它有助于企业理解和构建清晰的数字化概念,使企业了解自身数字化建设水平,从而及时发现存在的问题,并获取相关的诊断建议;另一方面能够使政府部门客观、正确、科学地评价目前企业数字化建设中取得的成绩,进而为政府做好顶层设计、制定政策和建立数字化标准提供客观依据。

本研究团队从 2016 年起对数字化以及数字化成熟度的国内外有关文献进行了跟踪分析,为研究数字化理论提供了科学依据,在深入探讨企业数字化转型内涵、本质和路径的基础上,构建了企业数字化成熟度概念和分析框架;通过多轮专家评审,提炼和筛选出关键过程域和具体评价指标,开发了一种名为 DMM (Digital maturity model) 的数字化成熟度模型。该模型全面反映了数字经济商业生态下企业的数字化水平,对其应用可以对企业数字化进行系统诊断并为企业转型升级提供战略指导。同时,通过 DMM 研究,对深化和丰富能力成熟度评估的理论与方法,探索并发展中国实践情境下的数字化转型理论,都具有非常重要的理论价值和实践意义。

文献综述

1、数字化和数字化转型

数字化这一概念早在 1703 年 Wilhelm^[9] 在他的出版物《Explanation of Binary Arithmetic》里就得到了解释和设想。随后学者 Boole^[10] 从技术角度定义数字化为通过生成一系列数字来表示信号、图像、声音和对象的过程。而在计算机术语中,数字化被定义为“模拟信息到数字形式的转换”(即二进制格式)。然而随着互联网的发展,数字化的范围、规模、速度和影响不再仅仅局限于 IT 领域,它往往与商业、社会变革、横向组织和业务发展以及新的价值创造相关联,与管理理论联系逐渐密切^[11]。业界普遍认为数字化的属性跨越了学科、文化、地域以及实体和虚拟,因此现阶段难以完全阐释清晰^[12]。近年来,一些学者提出了自己对于数字化的看法,Sjodin 等^[13] 认为数字化是在行业中使用先进技术引发变革的实际“过程”,这个过程催生出了诸如物联网、工业互联网、工业 4.0、大数据、区块链、加密货币等新的现象。Manyika 等^[14] 认为数字化的概念有两种含义,一是指将模拟信息转换为数字页面为单位的直接过程;二是指使用数字技术或基于数字化信息,以新的方式创造和收获价值。Kirsi^[15] 认为数字化是使用数字技术为企业创造价值。

在探讨“数字化转型”这一概念时应与术语“数字化”作出区分,因为这两个概念描述了不同的想法。目前国外学术界关于数字化转型的探讨揭示了用户行为、企业和行业在面对数字化动态影响时所引起的变化,数字化为企业提供了一种新的转型思路同时也面对着转型的风险。数字化的过程及其后续影响被描述为“数字化转型”^[11,16],Rogers^[17] 认为这种影响体现在客户、竞争、数据、创新和价值五大领域。Westerman 等^[18] 认为数字化转型关键在于如何利用数字技术将其与企业的业务融合。Kane 等^[19] 在麻省理工学院斯隆管理评论中指出目前对于数字化转型有两种解释:一是尖端技术的实施和使用;二是组织使用技术通过新的和不同的方式来开展业务。虽然,前者被大家普遍接受,但他认为第二种解释与第一种相比更好但是仍然不完整,他对数字化转型的理解是采用业务流程和实践来帮助组织在日益数字化的世界中有效竞争。从国内来看,在最近几年,关于数字化的相关概念才逐步出现和被解释,例如“数字化赋能”“数字化能力”等。周文辉等^[20] 认为企业可以通过对员工和顾客两大主体进行数字化赋能从而提高企业的数字化能力。此外通过将数字化转型所遇到的问题和解决经验以及方法论进行汇集,新华三对外发布了《数字化转型实现之道》白皮书^[21],其中将数字化转型定义为:以数字化技术为基础,构建和物理世界对应的数字世界;并以数据为核心,人工智能为手段,云化服务为形式,企业组织制度流程优化重构和人才文化为保障,实现在数字化技术支撑下的组织业务创新发展。

本文认为数字化是一个难以用单一含义或定义来阐释清楚的术语,类似“机械化”、“自动化”、“工业化”等术语,它更多地表现为数字技术发展及其应用的一种社会趋势和过程状态。对于企业、行业和社会等组织而言,数字化转型是在数字化赋能下的组织变革和运行模式再造的过程。而从企业层面来说,本文认为企业数字化过程需要新的技术应用、生态定位、商业模式、业务与组织流程,以及良好的企业文化、领导力和风险承受能力,并改善组织与员工、客户、供应商、合作伙伴和相关利益者的关系,从而在不断变化的数字经济中更有效地竞争,这一过程就是企业的数字化转型。

2、数字化成熟度模型

近几年,关于数字化成熟度的相关概念逐渐确立,但在不同的文献中仍存在几个相近的术语,例如“数字准备”或“数字转型指数”等^[22]。Chanias 和 Hess^[23]将数字化成熟度定义为“企业数字化转型的现状”,该定义中成熟一词用于描述企业在数字化转型过程中的完成程度。Kane 等^[19]认为数字化成熟度分析的意义是指导组织如何系统地准备从而适应持续的数字化变革。部分学者如 Chanias 和 Hess^[23]、Remane 等^[24]以及 Berghaus 和 Back^[25]将数字化成熟度分为数字化就绪度和数字化强度,并依据这两个维度建立了数字化成熟度二维矩阵。但本研究团队通过前期研究认为企业也应该关注数字化绩效层面,因其能直观地反映出数字化转型的效果。以往只有少数模型关注到了绩效层面(例如数字化产出)^[26],有的模型将绩效指标单置于产品创新维度^[25]或顾客满意度维度^[27]之下,但其不能全面反映数字化绩效,应当将其单独归纳为一个层面即数字化贡献度。因此,本文将数字化成熟度概念细分为三个层面:数字化就绪度(组织对数字化的准备程度)、数字化强度(组织基于数字技术的转型表现)和数字化贡献度(组织实施数字化转型后的绩效表现)。

Chanias 和 Hess^[23]总结了国际上发表的 36 个与数字化成熟度相关的模型,随后又决定排除那些未能提供关于其模型开发过程的充分背景信息或缺乏组织或行业焦点的研究,最后选择了 20 个相关模型作为分析对象。本文关于数字化成熟度模型的相关文献总结建立在 Chanias 和 Hess 选择的 20 个模型之上,为了获取最近的研究成果,本文通过在各种常见数据库(例如 SCI,EBSCO, Springer-Verlag 等)使用有关本研究内容的关键词(例如 digital maturity、digitalization、digital readiness、digital transformation 等)来前向和后向扩展了本文的搜索目标。同时笔者以“数字化成熟度”为关键词和主题分别在中国知网、万方以及维普等国内知名数据库进行搜索,结果表明国内鲜有学术文献涉及到与本文数字化内涵相近的研究成果。但其中有一些应用于特定领域的能力成熟度模型研究,例如我国政府数字化审计平台的能力成熟度模型研究^[28];应用于企业层面的相关研究基本上是关于传统信息化的能力成熟度模型^[29]。当前国内数字化成熟度研究一般由政府机构牵头,联合权威咨询机构对于行业或者企业的数字化状态进行测评。本文在收集并整理了国内外相关文献和研究报告基础上,最终选取了 15 个具有代表性的成熟度模型作为主要参考依据,见表 1。

纵观已有的相关成熟度模型,大多数研究都使用了经典成熟度模型的关键要素,但就具体指标设计而言,它们之间还是存在差异。表中成熟度相关模型具有如下特征:(1)从模型关键过程域的数量和内容来看,过程域数量最小为 2 个,最多为 9 个,绝大部分为 4-6 个,显示出各种成熟度模型操作的繁简程度及难易程度;典型的内容主要包括战略、基础设施、文化、人员和技术等,涉及到企业活动所包含的重要环节;(2)从模型的适用范围来说,部分模型适用于描述单个企业内部数字化渗透的状态级别,部分模型适用于具有共同进化特征的企业集群,例如高新企业集群或者制造企业集群等;(3)在研究方法上,采用定性或者定量方法或者将二者结合。定性方法一般都基于半结构化访谈,并在访谈的基础上拟定和选取模型的关键过程域及指标;定量方法大多使用具有李克特量表的结构化问卷,分析数据时有的研究者仅以维度得分总和来表示,而有的研究者则通过结合统计方法和软件进行维度和相关指标的动态加权;(4)在结果可视化上,大多数定性模型和一些定量模型提供了结果的图形说明,例如使用矩阵或蜘蛛图;部分定量模型使用计算的数字分数(绝对数字或百分比)展示结果;(5)模型的应用价值上,适用于单个企业的成熟度模型可能应用价值只局限于特定企业,并不具有普适性。

通过国内外关于数字化成熟度评估的相关研究对比,可以发现国外发达国家在数字化成熟度的理论研究和应用实践方面积累了一定的成果。这些研究通常依赖于文献分析、专家访谈和定量调查。在管理实践中成熟度模型具有重要应用价值,因为它们有助于理解企业目前的数字化状态和明确潜在的行动需求。尽管如此,本文也在这些相关研究中发现了不足。第一,大多数研究是应用性的,缺乏系统的理论和科学方法的支撑。因此,在后续改进和应用过程中可能缺乏可持续应用的理论基础;第二,在大多数情况下模型的受众范围是企业内部,测度只考虑了内部视角,并没有考虑商业生态系统及其相关者关系,缺乏企业价值链支持性活动的数字化测度;第三,很少有模型考虑把公司数字化的绩效贡献以及数字化安全建设作为评估维度;第四,在已有的文献中,模型所选取的关键过程域未能跟随技术进步做出相应的动态调整,因此不利于模型的持续改进和数字化新生态下的应用。

表 1 关于数字化成熟度的代表模型

研究者	关键过程域	等级名称
Gröne 等 ^[26]	数字化投入、流程、基础设施、数字化产出	落后者、追赶者、领先者
Reinhard 等 ^[27]	横向价值链、纵向价值链、数字化商业模式、产品发展、顾客满意度	数字新手,垂直积分器,水平积分器和数字冠军
Westerman ^[30] MIT/Capgemini Consulting	数字强度和转型管理强度	初学者、时尚达人、保守派和数字精英
Kubricki ^[31]	人力资源、技术资源、数据战略、内容策略、渠道策略和社会商业战略	零级、低级、中级和高级
Jahn 和 Pfeiffer ^[32]	战略和愿景、数字化领导、治理、组织文化、产品与服务、价值创造过程、客户交互	未实行数字化、初步实行数字化、数字化实行成功
Arrk Group ^[33]	领导与战略、执行和交付过程、顾客体验、组织与文化、数字平台	-
Berghaus 和 Back ^[25] IWI-HSG/Crosswalk ^[34,35]	客户体验、产品创新、战略、组织、流程数字化、员工协作、ICT 运营与发展、文化与专业知识和转型管理	测试、建立、整合、构建和优化
McKinsey Company ^[36]	战略、IT 能力、文化、组织与人才	进化者、市场匹配者、数字奋斗者、数字干扰者、生态系统塑造者
Forrester ^[37]	文化、组织、技术和洞察	怀疑者、接受者、合作者、优势者
KPMG ^[38]	运营效率、转型强度	观望者、数字运营商、立志转型者、智能数字者
De Carolis 等 ^[39]	流程、监控和控制、技术、组织	初始级、管理级、规范级、集成和可互操作、数字化导向
Leyh 等 ^[40]	水平整合、垂直整合、数字化产品开发、代表性技术标准	基本数字化、跨部门数字化、水平和垂直数字化、完全数字化、优化完全数字化
Leino 等 ^[41]	战略、商业模式、客户影响、组织和流程、人才和文化、IT	初级、规范级、管理级、优秀
国家工业信息安全发展研究中心 两化融合服务联盟 埃森哲公司 ^[6]	智能化运营、数字化创新	其他企业、转型领军者
国家工业信息安全发展研究中心 两化融合服务联盟 埃森哲公司 ^[42]	规划、生产、销售和管理	其他企业、数字实践者、传统商业领袖、数字领军者

资料来源:Simon Chanias、Luca Canetta 及研究团队根据有关资料整理。

数字化成熟度模型设计

当前,我国正处在产业数字化和数字产业化的上升期,传统产业占比较大,不少行业数字化水平偏低,产业发展不平衡不充分的问题依然存在。基于不同的现实背景和社会基础,本文很难直接套用国外现有的成果。为了建立可以帮助管理层确定具体的改进领域并实现有效转型,将需要更科学性、系统性和针对性的成熟度模型。De Carolis 等^[39]提出成熟度模型要经历三个生命周期:第一阶段是描述性的,可以更深入地了解当前行业内企业的发展情况;第二阶段是规范性的,因为只有通过对当前情况的深刻理解才能实现实质性和可重复的改进;第三阶段是比较性的,必须在广泛的组织中应用具有比较目的模型,以获得足够的数据以实现有效比较。本文的模型还在初期构建阶段,因此是基于描述性目的构建,本文的研究过程包括三个步骤:(1)通过文献综述、实地调研和专家访谈初步开发数字化成熟度模型的关键过程域以及对应的评价指标体系;(2)采用德尔菲法对专家发放问卷并回收整理,然后对问卷数据进行分析;(3)根据问卷数据和专家意见修改和完善模型。

1、初步开发模型

为了便于使用 DMM 对企业数字化状况进行有效评测,必须建立起一套基于理论研究和实证分析完整的评价指标体系,才能真正将模型应用到实际工作中。在初步构建企业数字化成熟度模型的框架和指标体系

时,本文以文献综述分析为基础,采用实地调研法对华为、海尔、一汽、吉利、大华、宏发、熊猫电子、阿里巴巴等知名企业,以及国家工业与信息化部及其直属研究院的有关专家进行了半结构式访谈。研究团队陆续对企业高层管理者、中层管理者(产品研发经理、信息部经理、市场推广经理等)和员工等进行了访谈,每次访谈时间约 2-3 小时。访谈内容主要包括两个方面,一是通过询问专家对于企业数字化转型的看法以及指标体系的设定;二是开放式问答,即被调查者对该指标体系的建议和意见等内容进行开放式回答。通过多次访谈和询问意见,并结合文献研究,初步形成数字化成熟度的三个维度和相对应的关键过程域,如图 1 所示,然后在关键过程域基础上开发了 19 个一级指标以及 56 个二级指标的评价指标体系,如表 2 所示。

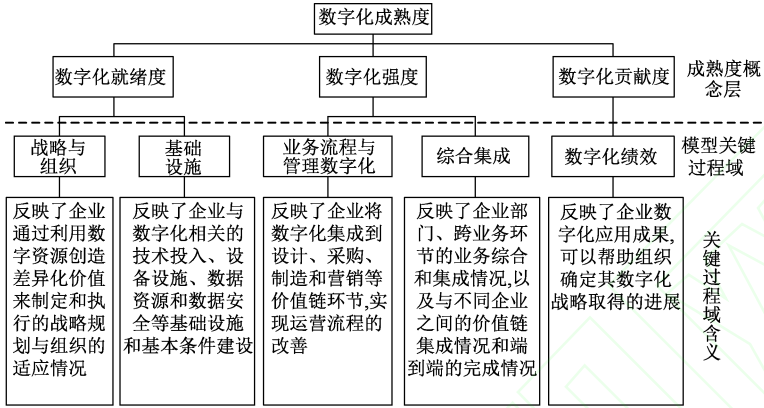


图 1 企业数字化成熟度概念模型

表 2 数字化成熟度指标体系

一级指标	二级指标
A1 数字化重视程度	A1. 1CDO/CIO 职位的级别设置 A1.2 数字化建设资金投入力度
A2 数字化战略顶层设计	A2. 1 数字化战略规划 A2.2 企业 IT 架构 A2.3 数字化战略中的标准化程度
A3 生态系统建设	A3. 1 产业链业务协同的数字化程度 A3.2 互联网生态适应能力
A4 组织文化	A4. 1 适应数字化转型的组织机构匹配程度 A4.2 组织管理制度的改造
.....	A4.3 工作流程的数字化程度 A4.4 创新与变革文化
.....
E2 效率测度	E2. 1 市场响应速度 E2.2 研发周期效率 E2.3 生产效率
	E2.4 管理和决策效率 E2.5 信息传递效率

注:因篇幅限制未展示所有指标体系

数字化成熟度相关模型一般都秉承 CMM 的基本原则和框架,只是在反映数字化水平的能力等级描述上有所差异。传统的 CMM 包含 5 个等级,18 个关键过程域, Vansteenbergen 等^[43]也提出灵活的成熟度模型一般由五个以上的级别组成。同时在设定成熟度等级内容时,考虑到每家企业都难以拥有相似的资源与地位^[44],因此不同的企业依据自身条件进行数字化转型时的路径选择不尽相同,存在不均衡性。在现实背景中企业可能存在多种转型路径,但是研究团队在设计上遵从成熟度模型的设定原则主要是考虑各个企业的共性。因此,基于 CMM 和参照 Berghaus 和 Back^[25]构建的数字化成熟度模型和实际情况,本文将数字化成熟度等级分为 5 个级别,从低到高分别为“初始级”“成长级”“提升级”“综合集成级”和“持续改善级”,成熟度根据级别递升。

2、专家评审过程

De Bruin 等^[45]指出在一个相对较新的领域中,通过现有文献可以获得足够的证据来获得关键过程域指标的综合列表。但是文献综述被认为仅足以提供理论起点,不太可能使用全面的信息来填充模型细节。因此选择其他识别手段是必要的,建议考虑采用德尔菲法、案例研究访谈和焦点小组等多种实验研究方法。其中德尔菲研究适用于以下情况^[46]:(1)处理复杂问题;(2)寻求结合观点以改善决策;(3)为了完成不完整的知识状态;(4)缺乏经验证据的地方。在开发数字化成熟度模型时这四种情况都有所涉及,因此,本文采用专家评审方法,并结合研究访谈和焦点小组,通过对行业专家和相关研究者发放问卷,请他们按照实际情况对数字化成熟度模型和指标体系评审。

本文选择 30 名专家进行德尔菲法咨询,共进行两轮函询。专家来自华为、吉利、大华等知名企业的专家,以及部分高校学者,这些专家从事信息化和数字化相关领域实践或研究至少在 10 年以上,兼顾理论和实践。考虑到科学性、目标性、客观性和完整性的原则及质量控制,本研究问卷采用了通行的 Likert 量表形式^[47],评

分表要求专家逐条对关键过程域的代表性、一级指标的相关性、二级指标的合理性进行李克特 5 级评分,每个指标的评分制度均为 5 分制,并用 1~5 为答案计分,同时请专家对指标提出修改意见或建议。问卷采用当面沟通或电话沟通,并进行问卷填写方式。2018 年 12 月和 2019 年 1 月进行第一轮咨询,收集咨询表统计反馈信息并根据专家建议修改完善指标体系。2019 年 3 月进行第二轮专家咨询,将第一轮评分及指标修改情况反馈给专家,询问专家是否采用新增指标建议及告知删除指标原因,并进一步收集咨询意见和根据专家建议修改完善指标体系。

3、数据分析过程

研究团队通过应用 Excel2016 和 SPSS22.0 软件对回收数据进行整理和分析,数据分析分为两个部分,如表 3 所示。

表 3 数据分析过程与标准

分析部分	判断	判别准则
专家情况	专家权威程度	权威系数 $C_r = (C_a + C_s)/2 > 0.7$
	专家意见的协调程度	变异系数 CV 和协调系数 W
	专家意见集中程度	平均值、满分频率
指标体系情况	第一轮指标的增删	删除指标:界值法以及讨论决定 增加指标:讨论决定
	第二轮指标的增删	删除指标:界值法以及讨论决定 增加指标:讨论决定

注:C_s指专家熟悉度系数(熟悉程度分为五级:很熟悉、熟悉、一般、不太熟悉、生疏,并分别赋值为 1.0,0.8,0.6,0.4,0.2),专家判断系数矩阵赋值研究团队参照有关文献决定^[48]。

研究团队对回收数据进行分析后得出了专家情况,由于本文的问卷是一对一进行跟踪发放,因此第一轮和第二轮问卷回收率都为 100%。同时第一轮专家情况的回收数据表明专家的权威程度较高,因此在第二轮进行专家评审的人员依然为以上人选,同时在第二轮发放问卷时并没有给出专家情况调查。根据回收数据整理分析,从专家对咨询内容的判断依据自评结果数据可以算出 30 名专家对咨询表的熟悉程度系数为 0.8,判断系数为 0.91,因此根据公式可以得出专家权威系数 C_r 为 $0.855 > 0.7$,结果表明专家权威程度较高。同时根据回收数据整理分析得到两轮专家意见协调,结果如表 4 所示。

表 4 专家意见协调程度和一致意见程度

评测内容	第一轮				第二轮			
	均值范围	满分频率范围	CV 范围	肯德尔和谐系数	均值范围	满分频率范围	CV 范围	肯德尔和谐系数
关键过程域代表性	3.90~4.93	0.267~0.933	0.051~0.105	0.613	—	—	—	—
一级指标相关性	3.30~4.73	0~0.733	0.095~0.213	0.264	4.13~4.93	0.133~0.933	0.051~0.113	0.402
二级指标合理性	3.60~4.77	0.033~0.767	0.090~0.174	0.129	3.90~4.93	0.067~0.933	0.051~0.128	0.308

专家意见的协调程度由变异系数 CV 和肯德尔和谐系数 W 表示, CV 越小表明专家意见的协调程度越高,通常要求 $CV < 0.25$;协调系数 W 通过多个样本的非参数 Kendall 协调系数 W 检验得出, W 取值在 0~1 之间, W 越大协调一致程度越高,一般在 0.3~0.5 即可认为专家意见趋于一致。由表 4 数据可知在第一轮咨询中除了对于关键过程域代表性专家评分一致性较高,一级指标和二级指标的专家评分协调程度不够高,需进行第二轮咨询。完善指标体系进行第二轮咨询后,对比一二轮的数据,变异系数 CV 都有所下降,而协调系数 W 都有所上升,因此表明第二轮咨询后专家意见的协调程度提高。专家意见的集中程度由指标的平均值和满分率表示,二者值越高就越表明该指标重要。对比一二轮的数据,说明在二轮咨询后专家意见集中程度明显提高且处于较好范围内,所以不再进行第三轮问卷调查。

模型修改和完善

研究团队采用“界值法”进行指标的筛选,对每个指标分别计算出该指标分数的均值(Mj)、指标满分率(Kj)和变异系数(CV)。高优指标界值的确定按“界值=均数-标准差”,得分低于界值的指标被淘汰;低优指标界值

的确定按“ $\text{界值}=\text{均数}+\text{标准差}$ ”,得分高于界值的指标被淘汰。其中, M_j 、 K_j 为高优指标,CV 为低优指标。为了防止重要的指标被剔除,因此规定凡 3 个尺度均不符合要求的指标才被剔除。同时,要充分考虑专家提出的修改意见,并结合专家小组讨论意见,对其余个别专家提出未接受的建议也在第二轮咨询表中向专家解释原因。

根据界值法原则,关键过程域的指标评分都在界值内,因此不进行剔除,同时也没有专家提出再增加关键过程域指标,因此确定的关键过程域数量依然为 5 个,内容与之前一致。

同时一级指标修改了部分指标,在第二轮咨询后一级指标的满分率、均值和 CV 在界值标准内,而且专家也对一级指标无异议,因此确定了 19 个一级指标。

在第一轮咨询结束后,二级指标“ $A3.2$ 互联网生态适应能力”和“ $C6.2$ 金融与资本市场研究与应用”的满分率、均值和 CV 都不满足界值,因此将这两个指标删除。专家对指标提出的其他建议主要是语言修正及内容补充,专家认为“ $A1.1$ CDO/CIO 职位的级别设置”可以反映数字化的重视程度,但它内容过于狭窄,本质上是数字化推动了企业资源组织模式和企业的组织架构改革。因此,专家建议将其改为“ $A1.1$ 数字化建设机制建立”即企业数字化转型过程中有无数字化组织机制建立或改革等,更能反映出企业对于数字化的重视程度,而原先的“CDO/CIO 职位的级别设置”可以放在这一指标下,研究团队接受这一意见。同时专家建议将“ $A4.2$ 组织管理制度的改造”改为“ $A4.2$ 管理制度的改造”,研究团队经过讨论决定接受这个意见。同时专家建议增加部分二级指标,例如将“与业务战略的匹配度”增加到“ $A2$ 数字化战略顶层设计”下等,经过研究团队讨论和汇总专家建议后,将需要增加的指标纳入到二级指标体系中并根据第二轮数据回收情况进行增删。同时,对其余个别专家提出但未接受的建议也在第二轮咨询表中向专家解释原因。在第二轮咨询后二级指标的满分率、均值和 CV 在界值标准内,无争议条目和增加内容,因此最终形成较完善的含 5 个关键过程域,19 个一级指标和 63 个二级指标的评价指标体系,如表 5 所示。

表 5 二级指标体系

一级指标	二级指标
A1 数字化重视程度	A1.1 数字化建设机制建立 A1.2 数字化建设资金投入力度
A2 数字化战略顶层设计	A2.1 数字化战略规划 A2.2 企业 IT 架构 A2.3 数字化战略中的标准化程度
A3 数字化生态的布局	A3.1 产业链业务协同的数字化程度 A3.2 数字业务覆盖的范围 A3.3 数字业务的规模
A4 组织适应数字化的能力	A4.1 适应数字化转型的组织机构匹配程度 A4.2 管理制度的改造 A4.3 工作流程的数字化程度 A4.4 创新与变革文化 A4.5 数字化人才激励机制
B1 IT 基础能力	B1.1 IT 基础通信设施水平 B1.2 互联网平台构建能力/二次开发能力 B1.3 计算能力
B2 网络互联建设	B2.1 设备的数字化程度 B2.2 设备的联网程度 B2.3 人机协同
B3 数字化安全防护体系	B3.1 数字化安全建设投入力度 B3.2 数字化安全维护程度
C1 营销数字化	C1.1 市场研究的数字化程度 C1.2 客户体验的数字化程度 C1.3 客户关系管理的数字化程度 C1.4 电子商务平台建设 C1.5 销售管理的数字化程度
C2 研发过程数字化	C2.1 研发手段工具数字化 C2.2 创新平台网络化 C2.3 研发管理过程数字化 C2.4 产品管理的数字化
C3 采购数字化	C3.1 供应商管理体系的数字化程度 C3.2 采购流程与监控 C3.3 采购过程控制的数字化程度
C4 物流数字化	C4.1 仓储的数字化程度 C4.2 厂内实物运输数字化应用程度 C4.3 物流配送能力的数字化程度 C4.4 物流路径数字化优化
C5 生产制造数字化	C5.1 制造过程的数字化管理 C5.2 基于数字化制造协同水平 C5.3 可实现数字化生产监控的层级
C6 财务数字化	C6.1 财务信息化程度 C6.2 数字财务共享 C6.3 财务数据分析
C7 人力资源管理数字化	C7.1 人力资源管理软件应用 C7.2 员工数字化素质
D1 纵向集成	D1.1 产品设计与制造集成 D1.2 企业内部供应链集成 D1.3 企业内部管理与控制集成 D1.4 企业内部财务与业务集成
D2 横向集成	D2.1 企业间研产供销集成 D2.2 经营管理与生产控制集成 D2.3 业务与财务全流程的无缝衔接和综合集成
D3 端到端集成	D3.1 CPS 需要连接的端(点)覆盖范围
E1 效益测度	E1.1 成本方面 E1.2 产品质量方面 E1.3 用户方面 E1.4 产品及服务创新 E1.5 企业生态系统地位
E2 效率测度	E2.1 市场响应速度 E2.2 研发周期效率 E2.3 生产效率 E2.4 管理和决策效率 E2.5 信息传递效率

注:因篇幅限制,表格中未完全展示各项指标的均值、满分频率等数据。

在结合专家意见后本文还是将数字化成熟度模型分为五个等级,同时专家对每一等级的企业数字化转型表现进行了概括性阐述,例如在“初始级”:企业大多以传统方式按照业内规范要求实施生产和管理,数字化转型意识淡薄,没有转型规划;数字技术以及应用没有普及;企业没有建立数字化安全防护体系;企业没有受到数字化效益的影响等。综合各位专家建议以及入企调研情况,本文所构建的企业数字化成熟度模型等级,如图 2 所示。

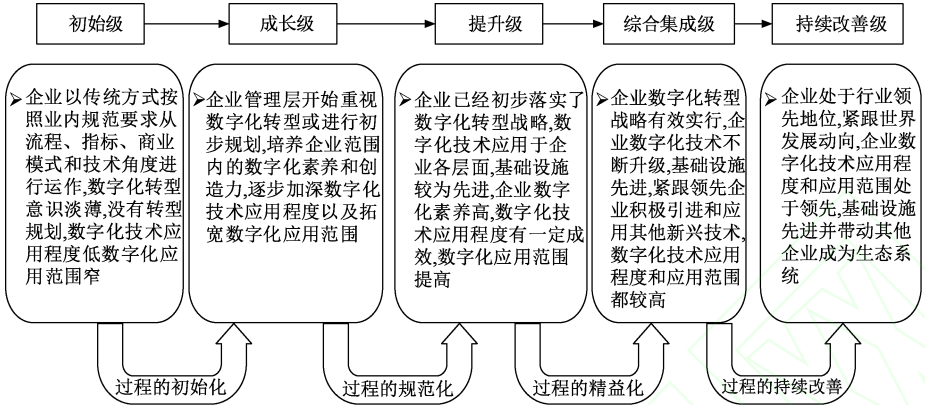


图 2 企业数字化成熟度模型等级

研究结论、模型后续研究与应用

企业数字化转型是当前研究的热点问题,也是我国数字经济发展中一项非常重要的内容,数字化成熟度模型研究、开发与应用将有助于企业在数字化进程中获得具有可比性的评价结论和策略启示,对推动企业数字化转型有着积极的作用。本文在参考、借鉴国内外相关理论文献和实证研究的基础上,通过对企业数字化转型过程中的企业活动深入分析,系统地研究了企业数字化成熟度评估的指标体系,主要研究成果体现在:(1)界定了数字化、企业数字化转型以及 DMM 的内涵,从数字化就绪度、数字化强度以及数字化贡献度三个层面构建了企业数字化成熟度评估体系的理论模型。(2)以上述理论框架为基础,通过文献研究、实地调研和专家调查等研究方法,构建了数字化成熟度评估指标体系。为了克服指标选取的主观性和随意性,保证指标体系的科学性和合理性,使其能客观真实地反映企业数字化成熟度,在指标选取过程中运用相关文献比较分析、Delphi 法与问卷调查等多种方法对指标体系进行修正。最终,优化后的数字化成熟度评价指标体系包括 5 个关键过程域、19 个一级指标与 63 个二级指标,这些指标能科学和系统地反映出企业数字化的总体水平和具体问题。(3)本文构建了企业层面的 DMM,将企业数字化成熟度从低到高划分为 4 个阶段、5 个等级,等级之间呈现出螺旋上升的关系,为企业数字化转型的路径设计提供科学依据。(4)从评分数据结果可以发现专家们普遍都认为企业数字化转型过程中的战略部署和基础设施的重要性,但是业务流程与综合集成评分相对低些,这与部分国外实证研究评分一致^[25]。本文的分析数据在一定程度上表明企业在转型过程开始时更倾向于对外部变化做出反应(例如战略部署或者寻找数字技术引发的机遇),而更系统的规划例如将数字技术全面融合到组织中往往是在后续阶段。实际上,如果不改变组织结构和业务流程,企业将无法利用数字技术提供的机会。由此,一些企业的数字化转型效果并不理想。目前国外的实证研究表明,在数字化转型过程中业务流程与组织的变革比数字化转型所需技术甚至更重要,因为整个组织会重新定义企业如何实践技术的方式^[40,49]。

本文的特色和创新主要体现在:(1)构建了以数字化就绪度、数字化强度和数字化贡献度为基础的数字化成熟度概念。以往的相关数字化成熟度模型并没有进行概念层次的划分,只是直接列出关键过程域;且大部分研究并未考虑到数字化转型过程中绩效表现,本文认识到其重要性将数字化贡献水平纳入到数字化成熟度概念中。(2)本文在构建指标过程中采用了定性和定量结合的方法,从数字化生态发展的视角,多角度、系统性地提出了评估指标体系。以往的数字化成熟度相关评价往往缺少对企业数字化转型中生态位置、安全风险、经济投入和可持续发展的充分考虑,强调了基础设施以及数字化技术要素而弱化生态系统和管理组织要素,强调了数字化的经济投入而忽视了安全风险。本 DMM 尽可能全面客观地反映了数字化转型的具体活动并将其转化为可以量化的指标。(3)已有的 DMM 研究是基于国外背景,鲜有立足中国转型经济背景和近年来数字经济快速发展现实。本 DMM 基于中国情景,开发数字化成熟度评价指标体系更贴合中国企业的实践

过程,使模型更有应用价值。

但本文还存在着不足以及模型也存在着一定的局限性,在未来研究中也将会考虑到以下几点并逐渐完善该模型:(1)本文采用德尔菲法对数字化成熟度指标体系进行评价,在一定程度上存在主观性。(2)本文的成熟度模型目前只能达到第一阶段——描述性,模型的关键状态还未能给出具体的数值测度。随着研究团队对相关领域知识和模型理解的拓宽和深化,要对 DMM 进行持续改进和完善。在未来研究中,研究团队将通过收集更多的测试数据和使用统计学方法(例如 Rasch 模型、聚类分析等)来计算成熟度阶段,使 DMM 能够达到第二阶段“规范性”和第三阶段“比较性”。(3)指标体系权重还没有在本文中展示,后续研究中将根据指标体系在企业的测试继续补充完善下级指标和相应的权重,从而建立更科学性和可操作性的 DMM。(4)模型普适性的研究还需要进一步加强,在后续模型测试和应用过程中研究团队将考虑到细分行业的特点、企业的特质与规模等进行深入研究从而提升 DMM 的普适性,使 DMM 更加科学、合理和有效。(5)目前模型是基于价值链完整的制造企业而开发的,因此本文的模型应用范围主要局限于研发和制造企业,利用该模型企业可以进行数字化水平评估和制定改进策略。对于其他产业的企业,如零售、金融和互联网平台等服务性企业,还需要根据产业特征后续进一步开发。

参考文献:

- [1] 国务院发展研究中心“国际经济格局变化和中国战略选择课题组”,李伟,隆国强,等. 未来 15 年国际经济格局变化和中国战略选择[J]. 管理世界, 2018,34(12):1-12
- [2] Bongiorno G., Rizzo D., Vaia G. CIOs and the Digital Transformation: A New Leadership Role[M]. Berlin: Springer International Publishing, 2018
- [3] Lenka S., Parida V., Wincent J. Digitalization Capabilities as Enablers of Value Co-creation in Servitizing Firms: Digitalization Capabilities[J]. Psychology & Marketing, 2017,34(1):92-100
- [4] 波士顿咨询公司工作组. 数字化驱动:一日千里[R]. 波士顿咨询公司, 2017
- [5] 中国信息通信产业研究院. 中国数字经济发展与就业白皮书(2019 年)[R]. 中国信息通信产业研究院, 2019
- [6] 朱伟,尹丽波,周剑,等. 创新驱动,高质发展——埃森哲中国企业数字转型指数[R]. 国家工业信息安全发展研究中心.两化融合服务联盟.埃森哲公司, 2018
- [7] Paulk M. Comparing ISO 9001 and the Capability Maturity Model for Software[J]. Kluwer Academic Publishers, 1993,2(4): 245-256
- [8] 田军,邹沁,汪应洛. 政府应急管理成熟度评估研究[J]. 管理科学学报, 2014,17(11):97-108
- [9] Wilhelm L. G. Explanation of Binary Arithmetic[J]. Memoires de l'Academie Royale des Sciences, 1703,6(3):223-227
- [10] Boole G. An Investigation of the Laws of Thought, on Which Are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities [J]. Journal of Symbolic Logic, 1951,16(8):224-225
- [11] Bounfour A. Digital Futures, Digital Transformation[M]. Berlin: Springer International Publishing, 2016
- [12] Sheninger E. Digital Leadership: Changing Paradigms for Changing Times[M]. California: Corwin Press, 2014
- [13] Sjodin D. R., Parida V., Leksell M., et al. Smart Factory Implementation and Process Innovation a Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing[J]. Research Technology Management, 2018,61(5):22-31
- [14] Manyika J., Pinkus G., Ramaswamy S. The Most Digital Companies Are Leaving All the Rest Behind[DB/OL]. <https://hbr.org/2016/01/the-most-digital-companies-are-leaving-all-the-rest-behind>, 2016
- [15] Kirsi K. Prosumer Centric Digital Energy Ecosystem Framework[C]. The 8th International Conference on Management of Digital EcoSystems, 2016
- [16] Berman J. Digital Transformation: Opportunities to Create New Business Models[J]. Strategy & Leadership, 2012,40(2): 16-24
- [17] Rogers L. The Digital Transformation Playbook[M]. Columbia: Columbia University Press, 2016
- [18] Westerman G., Bonnet D., McAfee A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation[M]. Boston: Harvard Business School Press, 2014
- [19] Kane G., Palmer D., Phillips A., et al. Achieving Digital Maturity[DB/OL]. <https://sloanreview.mit.edu/projects/achieving-digital-maturity/>, 2017
- [20] 周文辉,王鹏程,杨苗. 数字化赋能促进大规模定制技术创新[J]. 科学学研究, 2018,36(8):1516-1523
- [21] 新华三. 数字化转型实现之道[DB/OL]. http://www.zhiding.cn/special/H3C_Digital_Transformation, 2018
- [22] Neuland. Digital Transformation Report 2015[DB/OL]. http://www.neuland.digital/neuland/wpcontent/uploads/2016/01/DTA_Report_2015.pdf, 2016

- [23] Chanas S., Hess T. How Digital Are We? Maturity Models for the Assessment of a Company's Status in the Digital Transformation[DB/OL]. http://www.wim.bwl.unimuenchen.de/download/epub/mreport_2016_2.pdf, 2016
- [24] Remane G., Hanelt A., Wiesboeck F., et al. Digital Maturity in Traditional Industries-An Exploratory Analysis[C]. The 25th European Conference on Information Systems (ECIS), 2017
- [25] Berghaus S., Back A. Stages in Digital Business Transformation: Results of an Empirical Maturity Study[C]. Proceedings of the Tenth Mediterranean Conference on Information Systems, 2016
- [26] Gröne F., Friedrich R., Koster A., et al. Measuring Industry Digitization: Leaders and laggards in the Digital Economy[DB/OL]. <https://www.strategyand.pwc.com/report/measuring-industry-digitization-leaders-laggards>, 2011
- [27] Reinhard G., Jesper V., Stefan S. Industry 4.0: Building the Digital Enterprise[R]. London: PWC, 2016
- [28] 牛艳芳,薛岩,孟祥宇. 我国政府数字化审计平台能力成熟度模型研究[J]. 审计研究, 2015,(5):35-40
- [29] 马慧,杨一平. 企业信息化能力成熟度关键模型研究[J]. 经济与管理研究, 2010,(1):73-78
- [30] Westernman G. The Digital Advantage: How Digital Leaders Outperform Their Peers in Every Industry[R]. Capgemini Consulting MIT Center for Digital Business, 2012
- [31] Kubricki K. Introducing the Six Dimensions of Digital Maturity, aka the Strategy Digital Maturity Model? [DB/OL]. <https://www.onlineauthority.com/blog/introducing-dstrategy-digital-maturity-model/>, 2012
- [32] Jahn B., Pfeiffer M. Die Digitale Revolution-Neue Geschäftsmodelle Statt(nur)Neue Kommunikation[J]. Marketing Review St. Gallen, 2014,1(31):79-93
- [33] Arrk Group. Digital Maturity Assessment[DB/OL]. <https://www.arrkgroup.com/resources/thought-leadership/digital-maturity-assessment/>, 2015
- [34] Leimeister J. M., Winter R., Brenner W., et al. Digital Transformation Report[R]. IWI-HSG.Crosswalk, 2015
- [35] Leimeister J. M., Winter R., Brenner W., et al. Digital Maturity & Transformation Report[R]. IWI-HSG.Crosswalk, 2016
- [36] Company McKinsey. Raising your Digital Quotient[DB/OL]. <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/raising-your-digital-quotient>, 2015
- [37] Forrester. The Digital Maturity Model 4.0—Benchmarks: Digital Business Transformation Playbook[DB/OL]. <https://www.forrester.com/report/The+Digital+Maturity+Model+40/-/E-RES130881>, 2016
- [38] KPMG. Digital auf der Höhe der Zeit?[DB/OL]. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/04/digital-readiness-assessment-03-16.PDF>, 2016
- [39] De Carolis A., Macchi M., Negri E., et al. A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies [M]. Berlin: Springer International Publishing, 2017
- [40] Leyh C., Schäffer T., Bley K., et al. The Application of the Maturity Model SIMMI 4.0 in Selected Enterprises[C]. 23rd Americas Conference on Information Systems, 2017
- [41] Leino S. P., Olli K., Jaakko P., et al. VTT Model of Digimaturity[M]. Finland: VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, 2017
- [42] 吴琪,邓赞,尹丽波,等. 发现新动能:中国制造业如何制胜数字经济报告[R]. 国家工业信息安全发展研究中心.两化融合服务联盟.埃森哲公司, 2018
- [43] Vansteenberg M., Bos R., Brinkkemper S., et al. The Design of Focus Area Maturity Models[M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2010
- [44] Blatz F. Maturity Model of Digitization for SMES[C]. 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), 2018
- [45] De Bruin T., Freeze R., Kulkarni U., et al. Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model[C]. Australasian Conference on Information Systems, 2005
- [46] Diamond I. R., Grant R. C., Feldman B. M., et al. Defining Consensus: A Systematic Review Recommends Methodologic Criteria for Reporting of Delphi Studies[J]. Journal of Clinical Epidemiology, 2014,67(4):401-409
- [47] 风笑天. 社会调查中的问卷设计[M]. 天津: 天津人民出版社, 2002
- [48] Hasson F., Keeney S., McKenna H. Research Guidelines for the Delphi Survey Technique[J]. Journal of Advanced Nursing, 2010,32(4):1008-1015
- [49] Bharadwaj A., Pavlou P. A. Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights[J]. Mis Quarterly, 2013,37(2):471-482