

数字化转型对企业创新的作用机制研究： 基于技术创新与管理创新的视角

俞立平^{1,2}, 张矿伟¹, 吴功兴¹

(1. 浙江工商大学统计与数学学院, 浙江 杭州 310018;

2. 浙江工商大学统计数据工程技术与应用协同创新中心, 浙江 杭州 310018)

摘要:数字化转型是国家发展战略,近年来发展较快,但其对创新的作用机制与绩效问题一直是个黑箱。建立一种新的理论分析框架,在数字化转型测度基础上,从其管理创新和技术创新效应维度对其进行综合评估,以客观评估中国数字化转型。以中国高技术产业为例,基于省际面板数据进行全方位分析。研究表明:数字化转型的作用机制主要是管理创新与技术创新;数字化转型发展水平的判断标准在于其贡献变化和投入上;中国数字化转型发展较快并且地区差距在不断缩小;数字化转型具有技术创新效应但无管理创新效应,目前尚在起步期;数字化转型的技术创新效应在其发展初期可能会出现;客观评价中国工业数字化转型的发展阶段非常重要。

关键词:数字化转型;高技术产业;新索洛悖论;管理创新;技术创新

中图分类号:G302

文献标识码:A

文章编号:1005-0566(2024)01-0024-12

Incentive effect of digital transformation: Technological innovation or management innovation

YU Liping^{1,2}, ZHANG Kuangwei¹, WU Gongxing¹

(1. School of Statistics and Mathematics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China;

2. Collaborative Innovation Center of Statistical Data Engineering Technology and Application,
Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Digital transformation is a national development strategy and has been developing rapidly in recent years, but its performance has been a black box. In this paper, a new theoretical analysis framework is established to objectively assess China's digital transformation based on its management innovation and technological innovation effect dimensions in a comprehensive assessment of digital transformation measurement. Taking Chinese high-tech industries as an example, an all-round analysis is conducted based on inter-provincial panel data. The research results show that: the mechanism of digital transformation is mainly management innovation and technological innovation; the development level of digital transformation is judged by its contribution to change and input; China's digital transformation is developing fast and the regional gap is narrowing; digital transformation has technological innovation effect but no

收稿日期:2023-05-10 修回日期:2023-12-06

基金项目:浙江省自然科学基金重点项目(Z21G030004);广东省哲学社会科学规划项目(GD23YGL31);广州市哲学社会科学发展“十四五”规划项目(2023GZGJ338)。

作者简介:俞立平(1967—),男,江苏泰县人,浙江工商大学教授,博士生导师,研究方向为技术经济、科技评价。通信作者:吴功兴。

management innovation effect, and is still in its initial stage; the technological innovation effect of digital transformation may appear in its early development; it is important to objectively evaluate the development stage of China's industrial digital transformation.

Key words: digital transformation; high-tech industry; new solow's paradox; management innovation; technology innovation

数字化转型尤其是利用新一代信息技术开展的数字化转型已经成为企业变革的重要驱动力量。数字化转型加速企业间知识溢出进而促进其全要素生产率的提升,是经济内生增长动力^[1-2]。党的二十大报告指出要“加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国”。近年来,以元宇宙、大数据、人工智能、5G 通信、物联网等为主要代表的数字化浪潮席卷而来,成为产业数字化的重要驱动力量。我国数字化转型发展迅速,根据国家工业信息安全发展研究中心发布的《全国数字经济发展指数(2021)》,截至 2021 年 12 月,中国数字经济发展指数为 130.9,同比增长 15.3%。一级指标数字产业化、产业数字化、数字化治理指数分别为 55.8、62.6 和 12.5,分别同比增长 28.3%、3.8% 和 23.8%。根据中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展报告(2022 年)》,2021 年中国数字经济规模达到 45.5 万亿元,同比增长 16.2%,占 GDP 比重达到 39.8%。

在数字化转型蓬勃发展的同时,也有不少数据和经验事实佐证其存在问题。根据《2021 埃森哲中国企业数字转型指数研究》,2021 年中国数字化转型指数只有 54 分,转型成功领军企业的比例只有 16%。在数字基础设施和关键核心技术方面,中国在高端芯片、智能传感器、智能仪表、基础软件、开发工具、工业机器人、高端数控机床等领域与国际先进水平存在较大差距。研究认为中国制造业企业存在着“不想转型”“不能转型”“不会转型”三重困境^[3]。对于绝大多数中小企业而言,数字化转型是一项长期而艰巨的工作,根据中国工业与信息化部数据,截至 2021 年年末,全国企业的数量达到 4 842 万户,其中 99% 以上都是中小企业,中小企业的从业人数占全部企业从业人数的比例达到 80%。在数字化转型中中小企业普遍存在基础薄弱、认知不足、障碍较大等问题,不同类

型的中小企业差异显著,增加了数字化转型的难度^[4]。

数字化转型对企业绩效的影响主要体现在管理创新和技术创新上,从这两个角度分析其绩效有利于全面客观评估中国的数字化转型水平。从广义角度分析数字化转型对企业的作用机制,一方面就是促进技术创新,另一方面就是管理创新,包括组织结构、业务流程、商业模式、生产运营等领域的再造与优化。Nadkarni 等^[5]指出数字技术带来创新创业、商业模式和组织结构的变化。Yoo 等^[6]认为数字化转型是将物理组件和数字组件进行整合以产生新产品、服务和商业模式的创新过程。Setzke^[7]提出传统产业需要拥抱数字技术,并集成到业务流程、组织结构和工作模式中。吴继英等^[8]探讨了数字化转型对制造业与服务业融合的影响。此外,还有研究讨论数字化转型的产业融合问题^[9-10]。

宏观数字化转型的繁荣与微观企业层面的数字化转型困难是一对矛盾,必须找到其中的原因并进行解释。随着后疫情时代的来临,传统中小企业生存困难已经是不争的事实。客观评价数字化转型的绩效就十分重要。数字化转型包括产业数字化与数字产业化,前者是传统产业的数字化转型,后者则主要是相关信息技术产业发展^[11]。评价数字化转型的绩效应主要从其对传统产业的影响角度,不能光看数字产业的发展。因此,区域宏观层面从管理创新与技术创新角度评估数字化转型的作用机制,并比较其绩效,分析不同数字化转型阶段其绩效的演变特征和规律,剖析其中存在的问题。在理论上可以推进国家创新系统与数字化转型理论,在实践中有利于排除数字化转型中可能存在的泡沫,更好地促进数字化转型的健康发展。本文的主要贡献体现在从理论分析的角度提出了一种数字化转型水平的客观评估标准。

本文以高技术企业为研究对象,从区域宏观层面以一种新的研究框架全面分析比较数字化转型的绩效,进而对中国数字化水平进行综合评估,检验是否存在数字化转型的“新索罗悖论”。具体来说,就是用高技术产业传统产品销售额作为管理创新的目标绩效变量,用新产品销售额作为技术创新的目标绩效变量,在此基础上分析比较数字化转型的绩效。

一、理论分析

(一)数字化转型的界定

关于数字化转型的界定,由于研究问题和研究对象不同,不同学者的界定并不统一。一种观点集中在传统的信息技术,或者对信息技术并没有细分。Tobias 等^[12]认为数字化转型是建立在数字技术基础上的变革,引领价值创造、业务流程和企业运营的独特变化。Gurbaxani 等^[13]界定数字化转型为企业运用数字技术的创新过程,通过重塑企业愿景、战略、能力和文化、组织结构和流程,以适应高度变化的环境。另一种观点认为在当今社会,数字化转型必须具有时代感,与新一代信息技术相关。Vial^[14]指出新一代信息技术开始更加广泛地改变社会组织的企业,数字化转型是通过信息、计算、通信和连接性技术的组合,触发实体机构和企业发生重大特性改进的过程。Valdez^[15]将智能嵌入式设备、移动穿戴、社交媒体等新的数字化技术引入社会环境和工商企业中,拓展了数字化转型的范围。Hess 等^[16]认为数字化转型必须依托于新一代数字技术,尽管目前对于数字技术的范畴依然没有形成广泛的共识。

为了和传统的企业 ERP、企业信息化、企业信息能力、数字化、信息资源建设等加以区别,同时提高研究的时效性,本文将数字化转型中的信息技术界定为包含新一代信息技术诸多元素,包括但不限于元宇宙、人工智能、大数据、5G 通信、区块链、物联网等等。

(二)数字化转型的分类体系及其对创新的作用机制

数字化转型的作用机制分为管理创新与技术

创新,管理创新是指数字化转型带来的对企业战略管理、商业模式、组织结构、业务流程、生产运营带来的变革;技术创新是数字化转型带来的创新信息、组织学习、知识共享、降低成本、提高效率、协同创新变革。管理创新的绩效体现主要在传统产品上,对于传统产品生产经营而言,尽管企业可能存在技术创新,但主要是进行技术支持和技术服务,数字化转型的影响主要是管理创新而非技术创新。技术创新的绩效主要体现在新产品上,大量研究甚至直接用新产品销售额作为技术创新绩效的替代变量^[17]。这样,通过这个理论框架就可以比较数字化转型的绩效(见图 1)。

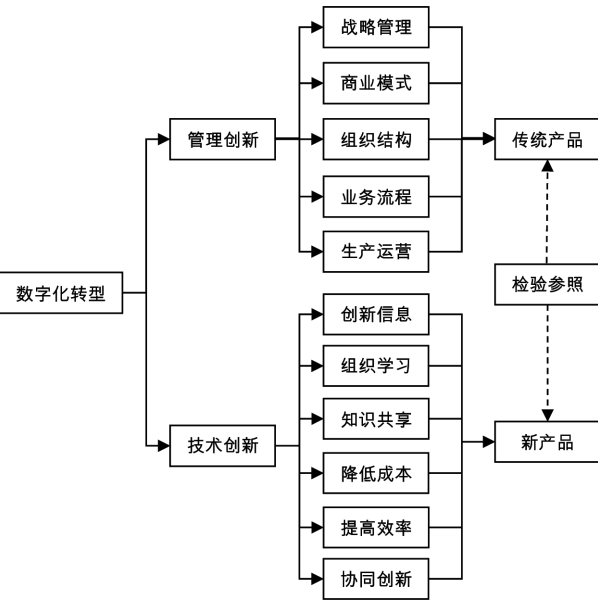


图 1 数字化转型分类及其作用机制

1. 数字化转型对管理创新的作用机制

战略管理:首先,数字化转型本身就是一种战略;其次,数字化转型会给企业战略决策带来重大影响。Westerman 等^[18]认为,数字化转型是企业利用技术彻底改变运营效率和经营业绩,为公司战略决策提供可靠的依据。

商业模式:根源于信息革命对商业模式的影响,数字化转型带来的商业模式创新比比皆是,大批独角兽企业从数字化转型带来的商业模式变革中获益。张振刚等^[19]实证发现数字化转型对商业模式创新存在显著正向影响,同时知识管理在其

中发挥中介作用。

组织结构:数字化转型能促进企业改善组织结构^[20]。Karimi等^[21]认为公司必须基于数字化转型以实现组织变革和重大业务改进,以保持企业的核心竞争力。

业务流程:数字化转型能促进企业改善甚至重组业务流程,Singh等^[22]将数字化转型定义为利用数字技术统筹企业业务流程和数字化活动的战略安排。

生产运营:通过数字化转型可以改善企业内部产品生产和外部的供应链。从生产改进角度,对于数字化转型的企业而言,人工智能、物联网以及大数据分析等诸多数字技术的有机结合能够优化企业内部各阶段的生产制造,推动企业向智能化、自动化生产模式变革^[23-24]。

2. 数字化转型对技术创新的作用机制

创新信息:数字化转型可以方便企业获取各种与创新相关的市场信息、产品信息、用户参与信息等,从而改进技术,更好地进行技术创新。Rialti等^[25]认为企业根据业务需求,引入以大数据、云计算为代表的数字化转型工具时,便可以持续地扫描、捕捉、分析各类纷繁复杂的信息,迅速获取创新机会。在数字技术支持下,消费者也能通过虚拟环境参与产品概念设计、产品构思、产品改进等相关价值创造活动。

组织学习:数字化转型能够加强企业创新团队的学习能力,从而对创新具有积极影响。Tan等^[26]研究表明,当企业拥有很好的大数据处理和分析能力时,能够加强组织学习能力,有助于企业组织创新活动,开发新产品。

知识共享:数字化转型能够促进企业内部成员之间进行知识共享,同时也有助于获取外部的相关知识,从而有助于技术创新。Grant等^[27]认为互联网等数字技术具有促进显性和隐性知识或技术共享的能力。Cong等^[28]认为大量企业的数字化转型有利于加强企业信息网络空间的耦合关联,降低隐性知识的不可编译性,推动数据要素转化为无限重复使用的新知识。

降低成本:数字化转型有利于企业对创新资

源进行优化配置,从而降低研发成本。赵宸宇等^[29]认为数字化转型可以通过优化人力资本结构、降低成本的机制促进企业技术创新。

提高效率:数字化转型有利于企业提高创新效率,保证良好的企业创新产出投入比。Lyytinen等^[30]实证指出,数字化转型有利于企业优化创新资源配置,进而提升创新效率。王慧等^[31]认为中小企业数字化转型能够显著强化组织韧性并提升创新效率。

协同创新:数字化转型方便企业进行产学研合作,联合企业内部与外部的各种资源进行协同创新。赵婷婷等^[32]实证研究发现,对制造企业而言,数字化转型对协同创新和模仿创新的作用大于独立创新。安同良等^[33]实证发现数字化转型通过实现开放式网络化协同创新、引致组织管理创新等机制促进企业创新。

3. 基于市场机制的数字化转型作用检验

对于数字化转型绩效的评估,不能光看数字化转型本身,其终极判断标准是数字化转型带来的产品与服务被市场接受的程度。Ketels等^[34]指出企业能利用数字要素增强产品功能,提高实物商品的价值。Brynjolfsson等^[35]认为数字化转型有利于保障产品质量和提高企业生产率,使企业变得更加强大且更具有变革性。

企业进行技术创新的目的主要是为了生产新产品。当然,即使生产传统产品,并不代表企业不进行创新,企业仍然需要不断地进行研发、改进,以使得传统产品更加稳定,性能更好。因此,通常情况下,传统产品的销售代表了企业以管理创新为主的成果,而新产品销售代表了企业以技术创新为主的成果。这样通过比较数字化转型对传统产品与新产品贡献的弹性,就可以更好地评估数字化转型的作用和发展阶段。

(三) 数字化转型的发展阶段及其贡献演变

1. 微观企业层面的分析

基于面向终极市场接受法则,根据生命周期曲线的特点,将数字化转型的发展分为起步期、成长期、成熟期、稳定期4个阶段(见图2)。划分为这4个阶段的目的,也是为了更好地评估企业数字

化转型的发展状况,避免出现泡沫或妄自菲薄,从而更好地推进企业数字化转型的发展。

(1) 第一阶段:数字化转型的起步期

在企业进行数字化转型的初级阶段,首要任务就是商业模式创新与生产运营改进,因为这部分工作的阻力相对较小,成效比较显著,容易推进。通常情况下,数字化转型对企业传统产品的绩效显著。待积累经验后,再逐渐过渡到战略管理、业务流程再造和组织结构优化,这部分工作阻力较大,绩效不太容易体现,实施困难较大。在这个阶段,数字化转型对企业传统产品的贡献不高,甚至不相关。

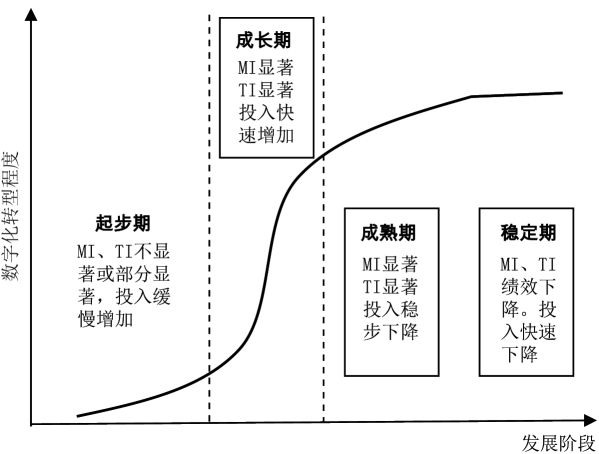


图2 数字化转型发展阶段

企业在尝试基于数字化转型进行管理创新同时,也会尝试进行技术创新。相对管理创新而言,企业技术创新团队的人员规模总体较少,文化素质较高,管理相对容易,所以容易推进,通常情况下数字化转型往往容易取得较好的创新绩效。但是根据动态能力理论,新技术的引入以及由此引发的企业创新行为必须以一定的资源和能力为支撑,动态能力理论是分析企业数字化转型的不可缺少的视角^[36]。如果企业数字化转型水平不高,创新能力也不强,两者不能进行很好匹配,那数字化转型也无法发挥对创新的作用。

综合以上分析,在企业数字化转型的起步期,数字化转型对企业管理创新(Management Innovation, MI)或技术创新(Technology Innovation, TI)的弹性

要么都不显著,要么部分显著。在此阶段,数字化转型的投入缓慢增长。

(2) 第二阶段:数字化转型的成长期

在数字化转型的成长期,企业数字化转型已经取得较好的管理绩效,并且对创新的作用也比较显著,数字化转型的创新绩效良好。从数字化转型投入看,此阶段是数字化转型投入最高的阶段。

(3) 第三阶段:数字化转型的成熟期

企业到达该阶段,数字化转型已经接近完成,取得较好绩效,无论数字化转型的管理绩效还是创新绩效均较好。从投入看,此阶段对数字化转型的投入开始稳步下降。

(4) 第四阶段:数字化转型的稳定期

在此阶段,企业数字化转型基本完成,无论其管理绩效还是创新绩效良好。从投入看,数字化转型投入开始快速下降并到达一定阈值后稳定,投入主要用于维持数字化转型相关系统的正常运营。

需要注意的是,数字化转型没有终点,随着信息技术的发展,更新的信息技术不断涌现,企业必须随时关注这种变化,不断地将其融入到数字化转型中,进行数字化转型的更新换代。

2. 宏观区域与产业层面的数字化转型评估标准

以上是微观基于企业层面的分析,如果立足宏观从区域或产业层面分析,区域或产业层面的企业数字化转型的阶段划分一样可以参照以上方法进行区分,由于一般难以获取数字化转型的投入数据,所以可以结合总体的数字化转型水平和贡献进行以下的划分。

起步期:区域或产业数字化转型水平低,对管理创新或技术创新绩效不显著或部分显著。

成长期:区域或产业数字化水平具有一定基础,对管理创新或技术创新绩效显著。

成熟期:区域或产业数字化转型水平较高,有许多示范性企业,一般企业也能因地制宜进行数字化转型,数字化转型对管理创新或技术创新绩

效显著。

稳定期:区域或产业数字化转型水平很高,数字化转型接近完成。中小企业已经深度融入,数字化转型对管理创新或技术创新绩效有所下降。此外,多数企业能够及时追踪最新信息技术,探索其管理价值与创新价值。

根据我国的实际情况,目前数字化转型可能处在起步期或成长期,毕竟有很多头部企业,中国在信息化和电子商务领域取得的成就也是举世公认的。为此,提出如下假设:

H1:数字化转型对技术创新具有积极的贡献,其弹性系数为正。

H2:数字化转型对管理创新具有积极的贡献,其弹性系数为正。

(四)数字化转型对管理创新与技术创新的非线性效应

无论技术创新还是管理创新,数字化转型的绩效正常是非线性的,线性只不过是一种特殊情况。以数字化转型的技术创新绩效为例,数字化转型的绩效受创新规模、创新成果、数字化转型自身等因素的影响。当数字化转型处在成长期时,由于其作用空间较大,因此其弹性是递增的;当数字化转型处在起步期或成熟期时,其绩效是随着数字化转型自身、创新规模、创新成果等递减的。由于我国数字化转型总体上水平还不高,为此提出如下假设:

H3:数字化转型对企业技术创新的弹性具有数字化转型门槛,数字化转型水平越高,数字化转型对技术创新的弹性越低。

H4:数字化转型对企业技术创新的弹性具有创新绩效门槛,创新绩效越大,数字化转型对技术创新的弹性越低。

类似地,数字化转型对管理创新同样表现为非线性效应,当然这种非线性存在的前提条件是数字化转型对管理创新的线性弹性必须是显著的。从数字化转型对管理创新的作用来看,目前我国多数企业基本已经完成了管理信息化,但是从业务流程再造、组织结构优化、商务模式创新

来看,这方面普遍水平不高。数字化转型的管理创新还处在相对不高的水平,为此提出如下假设:

H5:数字化转型对企业管理创新的弹性具有数字化转型门槛,数字化转型水平越高,数字化转型对管理创新的弹性越低。

H6:数字化转型对企业管理创新的弹性具有管理绩效门槛,管理绩效越大,数字化转型对管理创新的弹性越低。

二、研究方法 with 数据

本文基于近年来高技术产业统计年鉴、中国信息统计年鉴、中国统计年鉴等数据,重点研究新一代信息技术为主的数字化转型的绩效。首先,对数字化转型进行测度,采用面板数据模型,比较其对管理创新与技术创新的绩效,并进行稳健性检验;然后,基于面板门槛模型,比较数字化转型的作用规律、作用特征、存在问题,进而对中国数字化转型的总体水平进行评估;最后,进行讨论。

(一)数字化转型的测度

区域数字化转型水平是本文的重要解释变量,首先要对其进行测度。基于上市公司年报数字化转型相关关键词数量进行测度是不合适的。首先,上市公司年报是规范文件,可能存在“越不行、越强调”的现象,真正已经数字化转型成功的公司根本不会强调所谓的关键词;其次,由于竞争,上市公司年报可能不能真实反映企业的核心竞争力,如果数字化转型是其核心竞争力之一,可能不会强调太多;再次,关键词数量与数字化转型水平并不必然具有正相关关系,某些公司的数字化转型可能在某些关键环节上,即使水平较高,但关键词不一定太多。

借鉴经济合作与发展组织(OECD)、国家信息中心的评价体系,建立区域数字化转型指标体系,从数字化基础、数字化用户、数字化产业、数字化应用4个维度,选取15个指标进行测度,权重采用专家赋权法(见表1)。这些指标数据均为统计年鉴省际数据,测度数字化转型拥有较好的代表性。

表 1 数字化转型评价指标体系及其权重

一级指标及权重	二级指标	权重
数字化基础 0.2	每平方公里光缆长度 (km/km ²)	0.40
	人均 IPv4 地址数 (个/人)	0.15
	人均互联网宽带接入端口 (个/人)	0.20
	人均域名数 (个/万人)	0.25
数字化用户 0.2	互联网普及率 (%)	0.25
	人均互联网宽带接入用户 (人/万人)	0.30
	人均移动互联网用户数 (人/户)	0.30
	电话普及率 (部/百人)	0.15
数字化产业 0.35	信息传输、软件和信息技术服务业城镇单位就业人员比重 (%)	0.30
	人均软件业务收入 (元/人)	0.20
	人均电信业务总量 (元/人)	0.30
	人均企业电子商务销售额 (元/人)	0.20
数字化应用 0.25	企业每百人使用计算机数 (台)	0.30
	每百家企业拥有网站数 (个)	0.30
	有电子商务交易活动企业数比重 (%)	0.40

对于数字化转型的测度,一般不宜采用客观赋权法,因为诸如熵权法、因子分析等客观赋权法无法保证某些关键指标的重要性。比如作为新一代信息技术的重要体现,移动互联网用户的权重肯定比固定电话高,5G 时代网络基础设置的重要性肯定超过 IPv4,目前没有哪种客观赋权法可以做到这一点。

(二) 基本方程与面板数据模型

用高技术企业新产品销售额作为数字化转型对技术创新终极绩效的判断依据,用企业营业收入减去新产品销售额得到传统产品销售额作为数字化转型对管理创新终极绩效的判断依据,建立如下两个基本方程:

$$\log(Y_1) = c_0 + c_1 \log(DT) + c_2 \log(NF) + c_3 \log(NP) + c_4 \log(P) \quad (1)$$

$$\log(Y_2) = d_0 + d_1 \log(DT) + d_2 \log(F) + d_3 \log(L) \quad (2)$$

式(1)、式(2)中, Y_1 、 Y_2 分别表示新产品销售收入、传统产品销售收入; DT 表示数字化转型; NF 表示新产品开发经费; NP 表示新产品开发项目数; P 表示专利存量,表示企业的创新能力; F 表示企业数; L 表示就业人员数; c_i 、 d_i 表示回归系数。

本文采用面板数据模型估计,在这个模型中的固定效应模型通过差分可以弥补遗失重要变量的不足,面板数据模型的总体估计效果较好。为了防止变量的内生性产生的影响,本文采用系统

广义矩法进行估计,工具变量采用各自变量的相应滞后项。

此外考虑到自变量对因变量作用均有一定时间的滞后,经综合各方因素后确定滞后期为 1 年,这样工具变量的滞后期实际为 2 年。

门槛回归模型由 Hansen^[37]提出,目前应用非常广泛。它研究门槛变量处在不同水平时,核心解释变量对被解释变量的作用特征和规律。以数字化转型对技术创新的效应为例,新产品销售额作为因变量,数字化转型作为核心解释变量,以数字化转型作为门槛变量,这样可以更好地判断高技术产业数字化转型的发展阶段。假设数字化转型有 2 个门槛,其自然对数值分别为 m_1 、 m_2 。

$$\begin{cases} \log(Y_1) |_{\log(DT) \leq m_1} = d_{10} + \alpha_1 \log(DT) + d_{12} \log(NF) + d_{13} \log(NP) + d_{14} \log(P) \\ \log(Y_1) |_{m_1 < \log(DT) \leq m_2} = d_{20} + \alpha_2 \log(DT) + d_{22} \log(NF) + d_{23} \log(NP) + d_{24} \log(P) \\ \log(Y_1) |_{\log(DT) > m_2} = d_{30} + \alpha_3 \log(DT) + d_{32} \log(NF) + d_{33} \log(NP) + d_{34} \log(P) \end{cases} \quad (3)$$

m_1 、 m_2 两个门槛值将数字化转型分为低、中、高三种水平。数字化转型水平较低时,数字化转型对新产品销售额的弹性为 α_1 ;数字化转型水平中等时,数字化转型对新产品销售额的弹性为 α_2 ;数字化转型水平较高时,数字化转型对新产品销售额的弹性为 α_3 。至于其他门槛回归,原理大同小异,此处不再赘述。

(三) 变量与数据来源

(1) 因变量:因变量共有两个,采用新产品销售收入作为数字化转型技术创新绩效的目标变量^[38-39],采用传统产品销售额作为数字化转型管理创新绩效的目标变量,传统产品销售额为企业营业收入减去新产品销售额。为了进行稳健性检验,采用有研发活动企业数、没有研发活动企业数分别作为技术创新绩效、管理创新绩效的替代变量,前者肯定有技术创新,而后者几乎没有技术创新,数据来自省际高技术企业的所有规模以上企

业样本统计,拥有较好的代表性。

(2)核心解释变量:包括数字化转型,采用数字化转型指数表示。

(3)控制变量:在新产品销售收入方程中,控制变量新产品开发经费、新产品开发项目数、企业有效发明专利数量;在传统产品销售收入方程中,包括控制变量包括企业数、企业从业人员。

(4)工具变量:借鉴 Blundell^[40]的研究,工具变量选取各自变量的相应1阶滞后项,以减少估计时的内生性问题。

本文原始数据来自于历年《中国科技统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》以及国家统计局官网,由于青海、宁夏、新疆、西藏4地缺失数据较多,将其删除。由于测度变量太多,平衡面板数据难以获取,加上数字化转型水平测度,所以不能采用非平衡面板。为了研究数据时间窗口一致,选取2014—2021年共8年的数据进行分析,实际数据为2013—2020年的数据,变量的描述统计如表2所示。

表2 变量描述统计

变量名称	符号	平均值	极大值	极小值	标准差
新产品销售收入	Y1(亿元)	1 739.49	23 358.38	3.97	3 475.91
传统产品销售收入	Y2(亿元)	3 724.34	26 826.12	108.02	5 287.19
数字化转型指数	DT	0.50	0.90	0.31	0.13
新产品开发经费	NF(万元)	1 482 444.00	23 480 625.00	17 413.60	3 089 136.00
新产品开发项目	NP(个)	4 372.10	52 855.00	94.00	6 992.50
有效发明专利	P(个)	11 695.90	271 200.00	16.00	33 585.24
企业数	F(个)	1 185.18	10 670.00	49.00	1 656.94
从业人员数	L(万人)	490 743.80	4 015 335.00	16 200.00	796 647.10
有研发活动企业数	Z1	576.04	6 066.00	20.00	891.12
无研发活动企业数	Z2	609.11	4 604.00	10.00	825.89
数据数量	n	8 × 27 = 216			

三、实证结果

(一)地区数字化转型指数及动态变化

根据评价指标体系及其权重,采用sigmoid函数标准化,再进行加权汇总,得到每年各省市数字化转型指数,在此基础上,计算全国每年的数字化转型指数。为了进一步反映我国全国数字化转型的发展情况,进一步采用集中度CR4和CR8计算出数字化转型的地区差距。CR4是水平最高的4个省市占全国的比重,CR8是水平最高的8个省市占全国的比重。计算结果如表3所示。

表3 中国数字化转型发展情况

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
均值	0.387	0.419	0.458	0.485	0.507	0.548	0.584	0.609
CR4	0.200	0.200	0.197	0.190	0.189	0.184	0.179	0.176
CR8	0.352	0.351	0.349	0.340	0.340	0.332	0.327	0.321

近年来(2013—2020年),中国数字化转型水平处于稳步增长状态,平均年增长率为6.69%,但是直到2020年,数字化转型指数的平均值才达到0.609,刚刚及格。采用sigmoid函数标准化后加权汇总的评价值具有百分制评价的特点,说明我国数字化转型水平尚处在发展阶段,总体水平还不够。从地区差距看,无论是集中度CR4还是CR8,均处于缓慢降低状态,说明数字化转型的地区差距在不断缩小,值得肯定。

(二)面板数据回归结果

1. 数字化转型对新产品销售收入回归结果

分析数字化转型对高技术产业技术创新的影响。由于面板数据只有短短7年,所以暂不考虑其平稳性问题。多重共线性检验也表明,变量之间不存在严重的多重共线性,方差膨胀系数均小于10。Hausman检验结果表明,应采用固定效应进行回归,这个结果也有效地解决了可能存在的遗失重要变量问题,因为面板数据固定效应模型通过差分较好地解决了这个问题。结果如表4所示,模型的拟合优度为0.988,效果良好。数字化转型对新产品销售收入的弹性系数为1.099,通过了统计检验;新产品开发经费的弹性系数为0.224,新产品开发项目数的弹性系数为0.143,均通过统计检验。但有效发明专利数没有通过统计检验。这样

表4 技术创新回归结果

变量	含义	固定效应	随机效应
C	常数	2.223 * (1.675)	-4.099 *** (-3.831)
log(DT)	数字化转型	1.099 *** (3.562)	0.087 (0.233)
log(NF)	新产品开发经费	0.224 ** (2.230)	0.502 *** (4.309)
log(NP)	新产品开发项目数	0.143 ** (2.492)	0.326 *** (3.048)
log(P)	有效发明专利数	0.112 (1.557)	0.182 * (1.795)
hausman	-	26.321	-
p	-	0.000	-
R ²	-	0.988	0.620

假设 H1 就通过了统计检验,数字化转型对技术创新成效显著。

2. 数字化转型对传统产品销售收入回归结果

分析数字化转型对高技术产业管理创新绩效的影响。Hausman 检验结果表明,同样应采用固定效应进行回归,结果如表 5 所示,模型的拟合优度为 0.989,效果良好。数字化转型对传统产品销售收入的弹性系数为 -0.028,但没有通过统计检验。企业数的弹性系数为 0.445,从业人员的弹性系数为 0.657,均通过统计检验。这样假设 H2 就没有得到验证,数字化转型与高技术企业管理创新无关。

表 5 管理创新回归结果

变量	含义	固定效应	随机效应
<i>C</i>	常数	-3.449 *** (-2.635)	-4.156 *** (-6.347)
$\log(DT)$	数字化转型	-0.028 (-0.238)	0.037 (0.314)
$\log(F)$	企业数	0.445 *** (3.635)	0.141 (1.261)
$\log(L)$	从业人员数	0.657 *** (5.243)	0.876 *** (8.596)
<i>hausman</i>	-	9.105	-
<i>p</i>	-	0.028	-
<i>R</i> ²	-	0.989	0.764

(三)稳健性检验

1. 数字化转型对有研发活动企业数的稳健性检验

用有研发活动企业数量作为数字化转型技术创新绩效目标的替代变量进行稳健性检验。Hausman 检验结果表明,应采用固定效应进行回归,结果如表 6 所示,模型的拟合优度为 0.995,效果良好。数字化转型对研发企业数的弹性系数为 1.305,

表 6 有研发活动企业数的稳健性检验

变量	含义	固定效应	随机效应
<i>C</i>	常数	2.927 *** (6.124)	-1.399 *** (-3.119)
$\log(DT)$	数字化转型	1.305 *** (11.025)	0.293 * (1.951)
$\log(NF)$	新产品开发经费	0.250 *** (7.316)	0.384 *** (8.395)
$\log(NP)$	新产品开发项目数	0.141 *** (4.747)	0.213 *** (5.164)
$\log(P)$	有效发明专利数	-0.082 *** (-3.018)	0.081 ** (2.044)
<i>hausman</i>	-	91.897	-
<i>p</i>	-	0.000	-
<i>R</i> ²	-	0.995	0.787

通过了统计检验。新产品开发经费的弹性系数为 0.250,新产品开发项目数的弹性系数为 0.141,均通过统计检验;有效发明专利数的弹性系数为 -0.082,也通过了统计检验。这项研究结论进一步验证了假设 H1,说明研究是稳健的。

2. 数字化转型对无研发活动企业数的稳健性检验

用无研发活动企业数作为数字化转型对管理创新目标的替代变量进行稳健性检验。Hausman 检验结果表明,应采用随机效应进行估计,结果如表 7 所示,模型的拟合优度为 0.868,效果良好。数字化转型对传统产品销售收入的弹性系数为 -0.627,通过了统计检验;企业数的弹性系数为 0.895,从业人员的弹性系数为 0.112,均通过统计检验。这样假设 H2 同样是不成立的,数字化转型对高技术企业管理创新具有负向影响。

表 7 无研发活动企业数的稳健性检验

变量	含义	随机效应	固定效应
<i>C</i>	常数	-1.774 *** (-4.167)	-0.200 (-0.292)
$\log(DT)$	数字化转型	-0.627 *** (-8.141)	-0.591 *** (-8.116)
$\log(F)$	企业数	0.895 *** (12.240)	0.748 *** (9.657)
$\log(L)$	从业人员数	0.112 * (1.670)	0.063 (0.874)
<i>hausman</i>	-	5.422	-
<i>p</i>	-	0.143	-
<i>R</i> ²	-	0.868	0.994

(四)数字化转型的非线性效应估计

1. 数字化转型对技术创新绩效的非线性估计

以新产品销售收入作为被解释变量,以数字化转型作为核心解释变量,同时分别以数字化转型和新产品销售收入作为门槛变量进行门槛回归,结果如表 8 所示。数字化转型门槛检验显示,其单门槛效应显著,双门槛效应并不显著,所以基于单门槛模型进行回归,数字化转型的对数门槛值为 -1.029,将数字化转型水平分为低水平和高水平。从数据数量看,处于低水平的数据为 24,高水平的数据为 165,大部分数据处在数字

化转型高水平状态。当数字化转型水平较低时,数字化转型对新产品销售收入的弹性为 1.377;当数字化水平较高时,数字化转型对新产品销售收入的弹性为 1.022,有所降低。这样,假设 H3 就得到了检验。

表 8 数字化转型的技术创新绩效门槛估计

变量	数字化转型门槛 回归结果	变量	新产品销售收入门槛 回归结果
$\log(DT)$	1.377 *** (2.522)	$\log(DT)$	2.197 *** (4.617)
$\log(DT)$	1.022 * (1.823)	$\log(DT)$	1.322 *** (3.017)
	-	$\log(DT)$	0.746 * (1.930)
$\log(NF)$	0.250 (1.590)	$\log(NF)$	0.344 *** (3.169)
$\log(NP)$	0.323 (3.699)	$\log(NP)$	0.211 ** (2.437)
$\log(P)$	-0.043 (-0.341)	$\log(P)$	-0.142 (-1.261)
门槛检验	14.521 ***	门槛检验	75.658 *** / 26.441 ***
$\log(DT)$ 门槛值	-1.029	$\log(Y_1)$ 门槛值	4.319/7.117
数据数量	24/165	数据数量	28/91/70

数字化转型的技术创新效应随着数字化水平的提高而降低,主要原因是数字化水平还不高,所以其作用难以持续增加,加上中国地区数字化水平差距逐渐缩小,也缓解了其作用效果,某种程度上讲,地区数字化转型差距缩小也是数字化转型水平不高的导致,如果数字化水平较高,在某个特定时间内地区差距会拉大。

从新产品销售收入的门槛看,共有两个门槛,对数门槛值为 4.319 和 7.117,将新产品销售收入分为低、中、高 3 个水平,数字化转型的弹性分别为 2.197、1.322、0.746,同样处在不断降低的状态,数字化转型对低水平技术创新的贡献更大,而对高水平技术创新的贡献较小,这样假设 H4 就得到了检验。

2. 关于数字化转型对管理创新的非线性效应问题

由于数字化转型与管理创新绩效无关,并且稳健性检验是通过的,因此研究数字化转型与管理创新的非线性关系没有意义,这样假设 H5 和假设 H6 也无法进一步检验。

四、研究结论与讨论

(一) 研究结论

1. 数字化转型的作用机制主要是管理创新与技术创新

本文将在理论分析的基础上,将数字化转型的作用机制分为管理创新和技术创新,管理创新体现在数字化转型给战略管理、商业模式、组织结构、业务流程、生产运营等带来的变革,技术创新体现在数字化转型给创新信息、组织学习、知识共享、降低成本、提高效率、协同创新等带来的变革。

2. 数字化转型发展水平的判断标准在于其贡献变化和投入上

本文将数字化转型分为起步期、成长期、成熟期、稳定期 4 个阶段,且提出了 4 个阶段的判断标准,主要看其对管理创新与技术创新的贡献是否显著、数字化转型投入变化、数字化转型作用弹性变化等。这种分类不仅对微观企业层面有效,而且宏观区域或产业层面也可以借鉴。

3. 中国数字化转型发展较快并且地区差距在不断缩小

近年来,中国省际地区层面的数字化转型平均水平逐年增加,并且地区差距在不断缩小,呈现出良好的发展态势。需要注意的是,数字化转型水平有高有低,从宏观层面测度的数字化转型水平“难度系数”相对不高,因此不能被这种表象所影响,目前中国的数字化转型还是存在一定的泡沫。

4. 中国数字化转型具有技术创新效应但无管理创新效应,目前尚在起步期

2020 年,中国数字化转型指数刚刚及格。面板数据的研究结果表明,数字化转型对代表技术创新的新产品销售收入的贡献显著,但对代表管理创新的传统产品销售收入贡献不显著,稳健性检验表明,这个结论是稳健的。此外,数字化转型对新产品销售收入的弹性表现为递减效应,即随着新产品销售收入或数字化转型的提高,数字化转型的弹性在下降。主要原因就是数字化水平不

高,所以其作用缺乏后劲,难以有效促进技术创新。从互联网开始普及以来迄今,仅仅基础设施投入已经超过数十万亿,数字化转型投入巨大,但主要体现在管理创新,而技术创新绩效并不显著,因此中国的数字化转型一定程度上存在“新索洛悖论”,尚处在起步期。

(二) 几点讨论

1. 数字化转型的技术创新效应在其发展初期可能会出现

从数字化转型的技术创新效应和管理创新效应来看,一般认为,数字化转型的管理创新效应更早会出现,并且影响范围较广,这是由于管理创新自身的特点所决定的。但也正因为如此,数字化转型涉及到的管理变革难度较大,风险较高,成效难以显著。相对管理创新而言,技术创新尽管也比较困难,但涉及的范围相对较小,人员素质相对较高,阻力也相对较小,因而容易取得成绩。本文的实证研究支持这个结论,其管理启示是,在企业的技术创新中,应加强数字化转型的推广应用。对部分企业而言,以数字化转型的技术创新带动数字化转型的管理创新,未尝不是一条可以尝试的崭新路径。

2. 客观评价中国工业数字化转型的发展阶段非常重要

客观评价中国工业企业数字化转型的发展阶段,对国家相关产业政策具有重大的影响。我们不能被少数企业、少数领域取得的成就所迷惑。目前,各种研究报告对中国数字化转型总体上持肯定态度,其实其中存在不少泡沫,一定要重视“新索洛悖论问题”。本文设计的研究理论框架认为,不能就数字化转型评价数字化转型,而应该看其效果。从这个角度,本文进行了有益的尝试,也是其重要贡献。不采用规范的经济计量分析手段,简单采用数据统计分析是无法评估数字化转型的发展水平的,数字产业化本身不管发展多快,产业数字化才是数字化转型最重要的部分。

3. 中国数字化转型水平被高估了

首先,从数字化转型测度来看,由于数据来源

限制,基于新一代信息技术的指标较少,数字化转型测度所体现的“难度”不够。其次,本文基于高技术产业数据进行的实证,中国高技术产业是发展相对较好的企业,如果以中小企业为主进行研究,数字化转型水平可能更低。

参考文献:

- [1] 张晨霞,俞萍萍. 数字化转型与双循环新发展格局[J]. 云南财经大学学报,2023,39(3):81-97.
- [2] 邱洋冬. 数字经济发展如何影响企业创新[J]. 云南财经大学学报,2022,38(8):61-81.
- [3] 孔存玉,丁志帆. 制造业数字化转型的内在机理与实现路径[J]. 经济体制改革,2021(6):98-105.
- [4] 刘涛,张夏恒. 我国中小企业数字化转型现状、问题及对策[J]. 贵州社会科学,2021(2):148-155.
- [5] NADKARNI S, PRÜGL R. Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research [J]. Management review quarterly, 2021, 71(2):233-341.
- [6] YOO Y J, HENFRIDSSON O, LYYTINEN K. The new organizing logic of digital innovation: an agenda for information systems research [J]. Information systems research, 2010, 21(4):724-735.
- [7] SETZKE D S, RIASANOW T, BÖHM M, et al. Pathways to digital service innovation: the role of digital transformation strategies in established organizations [J]. Information systems frontiers, 2023(25):1017-1037.
- [8] 吴继英,李琪. 数字化转型驱动制造业与服务业融合的空间效应[J]. 统计学报,2022,3(3):42-56.
- [9] 尤亮,马千淇,田祥宇. 数字乡村研究前沿及三维度热点解读:基于新世纪以来 CNKI 与 Web of Science 的文献计量分析[J]. 统计学报,2023,4(3):80-94.
- [10] 吴继英,李琪. 数字化转型驱动制造业与服务业融合的空间效应[J]. 统计学报,2022,3(3):42-56.
- [11] 孙哲远. 数字经济发展如何影响制造业企业“脱虚向实”? [J]. 现代经济探讨,2022(7):90-100.
- [12] TOBIAS K, POOYAN K. Digital transformation and organization design: an integrated approach [J]. California management review, 2020, 62(4):86-104.
- [13] GURBAXANI V, DUNKLE D. Gearing up for successful digital transformation [J]. MIS quarterly executive, 2019, 18(3):209-220.
- [14] VIAL, G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda [J]. Journal of strategic information

systems,2019,28(2):118-144.

[15] VALDEZ-DE-LEON O. A digital maturity model for telecommunications service providers[J]. Technology innovation management review,2016, 6(8): 19-32.

[16] HESS T, MATT C, BENLIAN A, et al. Options for formulating a digital transformation strategy[J]. MIS quarterly executive,2016,15(2):123-139.

[17] 俞立平,钟昌标,张宏如. 双循环背景下市场分割、贸易保护与高技术产业创新[J]. 经济问题探索,2022(6): 40-53.

[18] WESTERMAN G, BONNET D, MCAFEE A. The nine elements of digital transformation[J]. MIT sloan management review,2014,55(3):1-6.

[19] 张振刚,张君秋,叶宝升,等. 企业数字化转型对商业模式创新的影响[J]. 科技进步与对策,2022,39(11): 114-123.

[20] CIRIELLO R F, RICHTER A, SCHWABE G. Digital innovation[J]. Business information systems engineering, 2018,60(6):563-569.

[21] KARIMI J, WALTER Z. The role of dynamic capabilities in responding to digital disruption: a factor-based study of the newspaper industry[J]. Journal of management information systems,2015, 32(1): 39-81.

[22] SINGH A, KLARNER P, HESS T. How do chief digital officers pursue digital transformation activities? the role of organization design parameters[J]. Long range planning, 2020,53(3):101890.

[23] DESTEFANO T, TIMMIS J D. Robots and export quality [R]. World Bank Working Paper,2021, No. 9678:1-53.

[24] ABRAMOVA N, GRISHCHENKO N. ICTs, labour productivity and employment: sustainability in industries in Russia [J]. Procedia manufacturing,2020 (43):299-305.

[25] RIALTI R, MARZI G, SILIC M, et al. Ambidextrous organization and agility in big data era: the role of business process management systems[J]. Business process management journal,2017,24(5): 1091-1109.

[26] TAN K H, ZHAN Y, JI G, et al. Harvesting big data to enhance supply chain innovation capabilities: an analytic infrastructure based on deduction graph [J]. International journal of production economics, 2015,165(7): 223-233.

[27] GRANT G B, SEAGER T P, MASSARD G, et al. Information and communication technology for industrial symbiosis [J]. Journal of industrial ecology,2010,14 (5):740-753.

[28] CONG L W, XIE D, ZHANG L. Knowledge accumulation, privacy, and growth in a data economy [J]. Management science,2021,67 (10):6480-6492.

[29] 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.

[30] LYYTINEN K, YOO Y, BOLAND R J J. Digital product innovation within four classes of innovation networks [J]. Information systems journal,2016,26(1):47-75.

[31] 王慧,夏天添,马勇,等. 中小企业数字化转型如何提升创新效率:基于经验取样法的调查[J]. 科技管理研究, 2021,41(18):168-174.

[32] 赵婷婷,杨国亮. 数字化转型与制造企业创新决策 [J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2020(5):21-37.

[33] 安同良,闻锐. 中国企业数字化转型对创新的影响机制及实证[J]. 现代经济探讨,2022(5):1-14.

[34] KETELS C, BHATTACHARYA A, SATAR L. Global trade goes digital [R]. 2019:1-6.

[35] BRYNJOLFSSON E, MCAFEE A. The second machine age[M]. New York: W. W. Norton & Company,2014:48-65.

[36] WARNER K S R, WÄGER M. Building dynamic capabilities for digital transformation: an ongoing process of strategic renewal [J]. Long range planning, 2019, 52(3): 326-349.

[37] HANSEN B E. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing and inference[J]. Journal of econometrics, 1999,93(2):345-368.

[38] GUAN J C, YAM R C M. Effects of government financial incentives on firms' innovation performance in China: evidences from Beijing in the 1990s[J]. Research policy,2015,44(1): 273-282.

[39] 柳卸林,朱浪梅,杨博旭. 政府研发激励有利于提升区域创新效率? [J]. 科研管理,2021,42(7):50-59.

[40] BLUNDELL R, BOND S. initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models [J]. Journal of econometrics,1998,87(1):115-143.

(本文责编:润 泽)