

制造业数字化转型与产业融合:产品创新的视角

黄浩^{1,2}, 徐子贤³

(1. 中国社会科学院大学, 北京 102488;

2. 中国社会科学院财经战略研究院, 北京 100006; 3. 清华大学公共管理学院, 北京 100084)

摘要:构建信息技术产业与传统制造业融合机制的理论模型,并利用投入产出的数据对理论假设进行检验。不同于已有的研究,从产品创新的视角,基于企业资源能力的理论,解释为什么在有些制造行业中,信息技术企业可以进入并主导制造业的产业链,以及产品数字化转型对于传统制造企业是把双刃剑,它可以提高传统制造企业的产品吸引力。但是,随着产品数字化程度的提高,信息技术企业在制造业数字化转型中占有更多的主导地位,从而使得传统制造企业在产业升级的过程中失去竞争优势。提出的理论解释能够帮助我们深入理解产品数字化转型带来的经济效果,丰富工业化与信息化融合(两化融合)的理论内涵,为产业政策制定提供理论依据。

关键词:信息技术产业;传统制造业;产业融合;产品数字化转型;产品创新

中图分类号:F49;F424 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2025)01-0047-11

Digital transformation and industrial convergence of manufacturing: From the perspective of product innovation

HUANG Hao^{1,2}, XU Zixian³

(1. University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China;

2. National Academy of Economic Strategy, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100006, China;

3. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper constructs a theoretical model of the integration mechanism between the information technology (IT) industry and traditional manufacturing, and uses input-output data to test the theoretical hypotheses. Different from existing research, this paper, from the perspective of product innovation, and based on the theory of enterprise resource capability, explains why IT companies can enter and dominate the industrial chain of the manufacturing industry in some manufacturing sectors. It also explains how the digital transformation of products is a double-edged sword for traditional manufacturing enterprises: it can improve the attractiveness of products of traditional manufacturing enterprises; however, with the improvement of product digitalization, IT companies occupy a more dominant position in the digital transformation of the manufacturing industry, which makes traditional manufacturing enterprises lose their competitive advantage in the process of industrial upgrading. The theoretical explanation put forward in this paper can help us to deeply understand the economic effects brought about by product digital transformation, enrich the theoretical

收稿日期:2024-10-17 修回日期:2025-01-09

基金项目:国家社会科学基金项目“互联网驱动的产业融合:测度、形成机理与政策监管”(16BJY090)。

作者简介:黄浩(1974—),男,安徽合肥人,中国社会科学院财经战略研究院研究员,中国社会科学院大学教授、博士生导师,研究方向为数字经济、数字化转型。

connotation of the integration of industrialization and informatization, and provide a theoretical basis for the formulation of industrial policies.

Key words: information technology industry; traditional manufacturing; industry convergence; product digital transformation; product innovation

作为一种使能型(enabling technology)技术,信息技术(IT)已经被广泛应用在国民经济的各个行业中,促进了传统产业的数字化转型,从而改变了原有的产业面貌。数字化导致行业转型的模式和结果在制造业、商业、金融、传媒等行业具有一定的差异性,尤其在制造业领域,其使用的技术以及提供的产品已经完全不同传统的制造业。

1991 年,美国《水牛城新闻报》(Buffalo News)促销包括个人立体声音箱、AM/FM 收音机、超薄计算器、家用录像机、移动蜂窝电话等 15 种属于制造业的电子产品,总共价值 1 455.82 美元;如今,这些产品的形态和制造商已经发生了巨大的变化,价值几百美元的智能手机和一些 APP 软件完全可以替代它们。可以说,生产和开发电脑、智能手机,以及软件的信息技术企业提供了传统制造业的产品功能。同样,由于软件和硬件技术重新定义了钟表、门锁、照相机等传统制造品的结构,信息技术企业作为零部件供应商或者最终产品的供应商已经进入了制造业的产业链。更有甚者,谷歌和百度运用掌握的信息技术设计自动驾驶汽车从而进入了传统汽车制造业。从产品功能的角度而言,很多信息技术企业已经进入了制造业,提供具有相同或替代功能的制造业产品。

以上这些现象符合现有理论对于产业融合概念的界定。产业是生产经营同类产品及其可替代产品的企业集合。两个或两个以上各自独立的产业,当它们的企业成为直接竞争对手时就形成了产业之间的融合,这种融合的发生来自需求方的功能融合和供给方的机构融合两个相互关联的过程^[1]。众多学术研究运用实证方法,利用专利、投入产出表、业务利润等数据已经确认了信息技术产业与传统制造业的融合现象,测度了融合的程度^[2-4]。

为什么会发生这种融合呢?目前,关于产业

融合动力机制的研究成果主要包含了 3 种结论:管制的放松^[5-6]、技术的创新^[7-8]、商业模式的变化。信息技术产业与传统制造业的融合大多不是管制放松的结果,商业模式的变化往往是由技术进步引发的^[9]。当传统行业中原有的技术范式被新技术替换之后,行业的价值链也会随之变化,造成产业边界的模糊,产业融合随之产生^[8]。因此,本文主要从技术进步与产品创新的视角解释信息技术产业与传统制造业之间的融合机制。

虽然很多文献已经证实了技术进步作为产业融合动力的合理性^[10-11]。但是,从 Rosenberg^[12]研究机械技术进步带来的产业融合,到 Bröring 等^[13]、Niedergassel 等^[14]研究化学技术进步对产业融合的影响,融合机制体现出了产业的异质性和技术的异质性^[15]。信息技术在促进数字化转型的过程中,对各个行业也展现出不同的经济效果。因此,需要针对不同的产业,具体分析技术进步是如何改变了产业以及产业之间的结构,最终造成了产业融合。本文力图在技术进步推动产业融合的一般理论框架下,以数字化转型导致的产品创新作为技术与产业融合的关联因素,具体刻画信息技术企业与传统制造业融合的条件、过程与机制,从而深化、丰富现有的理论。

本文的边际贡献可能在于以下 3 个方面。第一,信息化与工业化的融合(两化融合)已经持续了很多年,已有的研究主要从技术层面的融合进行分析。本文试图从产品创新的角度,进一步挖掘信息技术产业与传统制造业之间的相互影响关系。第二,建立信息技术产业与传统制造业融合过程的理论模型,并且利用投入产出表的数据检验了制造业数字化转型对产业融合的影响机制。第三,把信息产业与制造业融合细分为两个阶段,早期阶段由传统制造型企业主导,体现为产品整合形式的融合,后期阶段由信息技术企业主导,体

现为产品替代型的融合,对融合类型的区分丰富了“两化融合”的理论内涵。

一、理论基础

信息技术主要通过两个途径影响制造业:一是效率的途径,信息技术被用于生产及生产的组织过程,如 ERP、工业 4.0 等方案,它能降低生产成本,提高制造业的生产效率;二是产品的途径,信息技术被整合进入传统的产品,从而导致产品的数字化转型和创新。由于产业是由提供相似产品或服务的企业组成的,因此产品的变化也会导致产业以及产业之间关系的改变。Stieglitz^[16]指出企业的产品战略是重要的产业融合动力。然而,不可忽视的是,没有技术进步,很多潜在的产品创新不会产生。因此,技术进步与制造企业的产品创新具有时间上的先后关系,需要把二者关联起来。

本文采用 Stieglitz 的框架建立技术、产品与产业融合之间的关系,如表 1 所示。产品的制造建立在一定的技术基础之上,一个行业的技术既可以通过与其他行业现有的技术互补,整合成为新的技术方案从而进入另一个行业,也可以通过替代另一个行业现有技术的方式进入该行业。这两种方式都属于技术融合的范畴,并不必然造成产业融合。但是,当两个行业的技术整合造成了产品的整合,或者技术替代造成了产品替代,那么基于产品的产业融合就会发生。

表 1 技术融合与基于产品的融合

类型	整合	替代
技术融合	技术整合	技术替代
基于产品的融合	产品整合	产品替代

产业之间的融合在微观层面是由企业的边界变化造成的,目前解释企业边界变化的主要理论有交易成本与企业能力理论。能力理论认为企业的边界由其积累的核心能力和知识确定。当企业的相对能力发生改变,企业的边界也将随之发生改变。技术能力思想起源于 Nelson 等^[17]开创的演化经济学理论,该理论认为技术、知识在企业之间并不是平均分布的。因此,资源/能力理论 (Resource-Based View, RBV) 把企业作为能力和资

源的集合体,能力、资源包括了技术能力、人力资源、政府资源、高级管理人员的知识和经历等方面。不同企业具备不同类型的能力和函数,它体现了企业的资源禀赋的异质性^[18]。由于产品和资源能力是同一个硬币的两面,因此,资源与能力的差异性决定了企业在新产品研发和生产方面的能力差异^[19]。

具体到信息技术企业与传统制造业的关系。产品数字化转型是信息技术发展赋予的必然趋势,越来越多的产品集成了越来越多的信息技术或智能技术。产品的数字化转型有 3 种方式:第一种是信息技术企业作为零部件配套企业改变了传统产业的产品;第二种是信息技术企业利用拥有的信息技术资源和能力重新定义传统的产品,从而进入传统产业;第三种是传统企业逐步积累起信息技术的能力和资源,实现了对于传统产品的数字化创新。前两种会造成基于产品互补型与产品替代型的产业融合。第三种方式是由传统企业主导完成的产品与产业的升级。

之所以会存在第二种产品替代型的产业融合,是因为在信息技术的发展过程中,传统产业与信息技术产业对于产品设计与制造的能力禀赋发生了变化。如果把设计一种产品的能力分成数字化能力和传统行业知识与能力,那么掌握传统产业资源与能力的门槛相对在降低,而掌握数字化能力的要求在提高。外部技术环境的变化造成了信息技术企业在数字化能力方面具有优势,同时它也能够低成本地获得传统产品相关的知识与能力,使得信息技术企业能够利用自身的数字化优势改造传统产品。但是,传统企业获得信息技术相关知识与能力的门槛与成本相对较高。当产品数字化功能的占有部分与重要性达到足够重新定义传统产品的程度,那么提供数字化功能的信息技术企业将成为产品设计与制造过程中的主导力量,完全可以整合其它技术水平含量较低的传统业务,实现传统产业的替代、升级与产业融合。

传统制造业无法抵抗信息技术企业对其产品的替代性融合,也很难独自完成数字化的转型,实

现传统产业的升级。这是由于资源与能力的发展是累积性的,具有强烈的路径依赖特点。比如,技术知识的缄默性质,使其在具有不同(资源、能力)企业之间的“转移”具有很高的学习成本^[20]。因此,传统企业很难在短时间内获得信息技术企业的能力;除了技术能力,另一个阻碍传统企业设计、生产数字化产品的原因是,产品的创新常常要求组织做出改变,而组织变化代表着一个非常强大的阻滞因素^[21]。而信息技术企业在提供新产品,进入新行业的过程中没有这种历史负担和成本,有利于创新的采纳。

二、模型分析与研究假设

(一)基本模型

实现相同的产品功能可以采纳不同的技术路线,从而形成不同的产品结构,产生不同的产品成本。通过成本与收益的权衡,具有不同要素禀赋的企业会采纳不同的技术路线。以下理论模型涉及三个核心变量:产品的生产成本 C 、信息技术含量 θ 以及市场收益 R 。

在最初状态下,假设传统企业主导从产品设计到生产制造的整个产业链。随着信息技术的发展,为了提高产品附加值与竞争优势,传统产品在创新发展中逐渐融入信息技术要素。从分工角度而言,传统制造企业既可以自己完成产品中的信息技术功能(对应的产品成本是 C_{11}),也可以通过外包的形式从市场中的信息技术企业购买(对应的产品成本是 C_{12})。假设产品中信息技术的含量为 θ ($0 \leq \theta < 1$),它也代表着外部信息技术的发展程度,信息技术发展水平越高,即 θ 越大,产品中信息技术的含量 θ 可能也越高。

随着产品的信息技术含量或数字化水平提高,传统制造企业自己完成产品中信息技术的功能,由于缺乏专业化,复杂程度和技术含量的增加都会提高 C_{11} ;采用外包的方式,信息技术企业也会对于产品中不断增加的信息技术部件或服务索要更多价值增量,从而提高了 C_{12} 。因此, C_{11} 和 C_{12} 都是 θ 的增函数。另外,随着 θ 的增加, C_{11} 的增长速度要高于 C_{12} ,这是由于分工理论中专业化效率

高于非专业化的分工而决定的。根据上述假设与分析,有如下成本函数:

$$C_{11} = a_{11} \theta^2 + C_0 \quad (1)$$

$$C_{12} = a_{12} \theta^2 + C_0 \quad (2)$$

$$st: a_{11} > a_{12} > 0; 0 \leq \theta < 1; C_0 > 0$$

式(1)、式(2)中, C_0 表示产品中没有任何信息技术要素($\theta=0$)情况下的产品成本。

对于信息技术企业而言,它同样面临两种选择:一是主导产业链,设计、制造最终的产品并参与市场竞争,使传统制造企业成为它的配套服务供应商(对应的产品成本是 C_{21});二是一体化生产、设计产品的信息技术功能与传统产品的功能(对应的产品成本是 C_{22})。可以看出,如果 θ 越小,产品中信息技术含量越少,则越偏向传统型产品,信息技术企业制造最终产品的成本越高;反之,如果 θ 越大,产品中信息技术含量越高,则越偏向数字化产品,它由信息技术企业设计、制造的成本相对更低,因此信息技术企业主导制造最终产品的成本 C_{21} 、 C_{22} 是 θ 的减函数。另外,随着 θ 的增加, C_{22} 的降低的速度要高于 C_{21} ,这也是分工理论中专业化效率高于非专业化的体现。根据上述假设与分析,有如下成本函数:

$$C_{21} = a_{21} \frac{1}{\theta^2} \quad (3)$$

$$C_{22} = a_{22} \frac{1}{\theta^2} \quad (4)$$

$$st: a_{22} > a_{21} > 0; 0 < \theta \leq 1$$

假设最终产品的市场价值与产品的信息技术或数字化水平成正比关系,那么企业就有动力提高产品的信息化、数字化含量,从而增加产品的竞争力。在没有考虑成本的情况下,企业生产的收益是 θ 的增函数:

$$V = \theta + V_0; V_0 > 0; 0 < \theta \leq 1; V_0 > C_0 \quad (5)$$

V_0 是产品没有任何信息技术含量时的价值。企业最终的决策是基于成本与收益的衡量,在考虑成本的条件下,企业生产的利润函数有:

$$R(\theta) = V(\theta) - C(\theta)$$

(二)模型求解

根据上述分析,产业链上有传统制造企业与信息技术企业两种类型,按照是否主导产品的设计、生产,以及是否作为产品零部件或服务的配套企业,每种企业面临两种选择,从而形成四种产业链的策略组合:第一,传统企业设计、生产产品并且自己完成信息技术的功能;第二,传统企业设计、生产产品,并向信息技术企业购买信息技术的功能;第三,信息技术企业完成产品的设计与制造,传统企业提供配套的非信息技术功能;第四,信息技术企业一体化实现产品的数字化功能和非数字化功能的设计与制造。从第一种到第四种情况,产品信息技术的含量不断增加,信息技术企业对于产业链的主导性也不断增长。结合成本函数 $C(\theta)$ 、收益函数 $V(\theta)$,计算出以下4种不同策略组合情况下产品的利润函数 $R(\theta)$:

$$R_{11}(\theta) = -a_{11} \left(\theta - \frac{1}{2a_{11}} \right)^2 + \left(\frac{1}{4a_{11}} + V_0 - C_0 \right)$$

$$R_{12}(\theta) = -a_{12} \left(\theta - \frac{1}{2a_{12}} \right)^2 + \left(\frac{1}{4a_{12}} + V_0 - C_0 \right)$$

$$R_{21}(\theta) = V - C_{21} = \theta + V_0 - a_{21} \frac{1}{\theta^2}$$

$$R_{22}(\theta) = V - C_{22} = \theta + V_0 - a_{22} \frac{1}{\theta^2}$$

进一步利用函数图形展示上述利润函数的变化细节(根据利润函数如图1所示)。 R_{12} 和 R_{21} 代表着两种不同的技术路线,前者是传统企业主导的

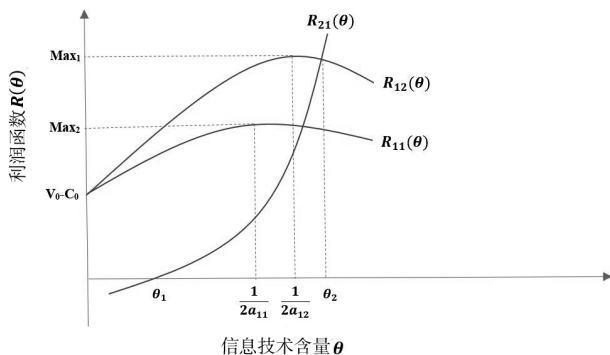


图1 信息技术发展、生产成本与产品数字化创新的关系

技术路线;后者是信息技术企业主导的数字化产品技术路线,因此具有不同的利润函数; R_{21} 和 R_{22} 主要区别是产品的信息技术含量不同,而两个函数形状相同,为了简化分析以及突出重点,图1中仅展示函数 $R_{21}(\theta)$ 的图形。

随着 θ 的增加,传统企业在产品数字化的早期阶段会选择 R_{12} 策略,因为相比 R_{11} 策略它具有更高的利润,同时,也能够产品中增加更多信息技术功能的情况下实现利润的增长。当 θ 较大时,意味着信息技术企业提供的部件在传统产品中占有了相当大比重的情况下,信息技术产业与传统行业发生了基于产品的互补型产业融合。

对于 R_{21} 策略而言,当 $\theta < \theta_1$ 时,数字化产品的利润小于零,信息技术企业没有动力与能力开发数字化产品进入传统行业,产品替代型的产业融合不会发生;当 $\theta_1 < \theta < \theta_2$ 时,信息技术企业有能力开发数字化产品并且盈利,信息技术企业开始逐渐主导产品的设计与制造,产品替代型产业融合则开始出现;当 $\theta > \theta_2$ 时,信息技术企业主导设计、生产的数字化产品的利润高于传统产品,竞争力增强,成为市场的主流产品,信息技术企业也成为市场的主要参与者,信息技术产业与传统行业实现了深度融合。上述过程也可以理解为信息技术企业纵向一体化的过程,企业的边界发生了变化,导致了产业的融合。

总之,信息技术企业分成两个阶段融入传统制造业:第一阶段是产品的互补,第二阶段是产品的替代。两个阶段都是信息技术进步的结果, θ 越大,融合的可能性和程度越大,且信息技术部件在传统产品中所占比重越大,即产品互补型的融合程度越高,越有可能形成第二种产业融合的类型,即产品替代型产业融合。

根据以上的理论分析,有如下研究假设:传统制造业数字化转型中,产品中消耗信息技术产业的零部件或服务越多,信息技术企业和传统制造业越有可能发生产品替代型的产业融合。

三、研究设计

(一)模型设定

本文使用 Probit 模型设定如下基准回归模型:

$$Prob(IT_Wind = 1 | X) = Prob(\alpha a_direct + X\beta + \mu_p + \varepsilon > 0 | X) \tag{6}$$

式(6)中,*IT_Wind* 是哑变量,表示信息技术产业与传统制造业是否存在产品替代型产业融合,若是则赋值为 1,反之赋值为 0;*a_direct* 是信息技术部件(软件或硬件)在传统制造业产品中所占的比重;*X* 是控制变量,包括企业财务变量与地区宏观变量。为了控制宏观因素对解释变量的影响,在方程中还加入了省份固定效应 μ_p 。 ε 为随机扰动项。

(二) 变量选取

1. 被解释变量:产品替代型产业融合(*IT_Wind*)

如果一个信息技术企业提供了传统制造业的产品,则发生了产品替代型融合。因此,本文在属于制造业的企业中标识出信息技术企业(以 Wind 行业分类为筛选标准,稳健性检验时参考中证指数行业分类),若是信息技术企业则赋值为 1,否则赋值为 0。

2. 解释变量:信息技术部件(软件或硬件)在传统制造业产品中所占比重(*a_direct*)

投入产出表(*Input - Output/IO*)可以很好地衡量各个产业之间的关系,以及最终产品的产出量和中间原材料、零部件的消耗量。因此,本文用直接消耗系数作为信息技术部件(软件或硬件)在

传统制造业产品中所占比重的衡量指标^①。其中,信息技术产业的具体部门包括信息技术制造业(计算机)与信息技术服务业(互联网和相关服务、软件服务以及信息技术服务)。

3. 控制变量

借鉴冯根福等^[22]的做法,本文选取企业规模(*scale*)、企业年龄(*age*)、产权性质(*state*)、财务状况(*finance*)、盈利能力(*roa*)、研发支出(*rde*)作为企业控制变量;选取经济发展水平(*gdp*,以 2000 年为基期平减)、政府干预程度(*gov*)、外商直接投资(*fdi*)作为地区控制变量。

(三) 数据来源和描述性统计

本文选取 2020 年中国 A 股制造业上市公司作为初始研究样本,并对原始样本进行了如下处理:①剔除非沪深 A 股上市公司;②剔除 ST、*ST 和 S*ST 公司样本;③剔除数据存在缺失的样本;④删除注册地为西藏自治区的公司样本。此外,对企业财务所有连续变量进行 1% 水平的 winsorize 缩尾处理。通过上述数据处理,总共得到了 2 622 个样本观测值。本文所使用企业财务数据来自 Wind 资讯数据库与 CSMAR 数据库,价格指数类数据来自《中国统计年鉴》,城市层面数据来自《中国城市统计年鉴》。以上主要变量的描述性统计结果见表 2 所示。

表 2 变量描述性统计

变量	变量定义	测度方法	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>IT_Wind</i>	信息技术企业	IT 企业为 1,其他为 0	2 622	0.175	0.380	0	1
<i>a_direct</i>	直接消耗系数	直接消耗系数	2 622	6.613	7.426	0.211	23.148
<i>scale</i>	企业规模	总资产取对数	2 622	22.066	1.169	19.940	25.708
<i>age</i>	企业年龄	成立时间取对数	2 622	2.961	0.305	1.946	3.638
<i>state</i>	产权性质	国有为 1,非国有为 0	2 622	0.223	0.416	0	1
<i>finance</i>	财务状况	总负债/总资产	2 622	37.953	18.410	5.547	84.933
<i>roa</i>	盈利能力	企业净利润/资产总额	2 622	5.461	7.359	-20.788	28.768
<i>rde</i>	研发支出	研发支出取对数	2 622	18.187	1.348	14.653	22.046
<i>gdp</i>	经济发展程度	人均 GDP 取对数	2 622	9.666	0.480	8.741	10.753
<i>gov</i>	财政干预程度	财政支出/GDP	2 622	18.687	6.371	11.881	64.301
<i>fdi</i>	外商直接投资	外商直接投资/GDP	2 622	1.895	0.877	0.060	3.920

① 参考以往文献,将制造业分为 18 个行业,分别是食品制造与烟草加工业、纺织业、纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业、木材加工及家具制造业、造纸印刷及文教体育用品制造业、石油、炼焦及核燃料加工业、化学工业、非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、交通运输设备制造业、电器机械及器材制造业、通讯设备、计算机和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业、金属制品、机械和设备维修服务业、其他制造产品及废品废料。

从表 2 可以发现,产品替代型产业融合(*IT_Wind*)的均值为 0.175,标准差为 0.380,表明不同传统制造企业与信息技术产业发生产品替代型产业融合具有较大差异;信息技术部件(软件或硬件)在传统制造业产品中所占比重(*a_direct*)均值为 6.613,标准差为 7.426,表明不同传统制造企业的产品对于信息技术产业的产出消耗差异较大。另外,本文选取的控制变量分布值域也比较广,能够对本文的研究起到一定的控制作用。

四、实证分析

(一)基准回归

表 3 报告了传统制造业产品对于信息技术部件的消耗程度(*a_direct*)影响产品替代型融合(*IT_Wind*)是否产生的总体检验结果。表 3 列(1)只加入核心解释变量,列(2)与列(4)依次加入企业控制变量与地区控制变量,以上结果皆表明对于信息技术部件的消耗程度在 1% 的置信水平下显著促进了传统制造企业发生产品替代型产业融合。因此,本文的理论假设得到验证,传统制造业产品对于信息技术部件消耗的增加能够导致信息技术产业与传统制造业产生产品替代型产业融合。

表 3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Probit</i>	<i>Probit</i>	<i>Probit</i>	<i>Probit</i>
<i>a_direct</i>	0.132 *** (0.004)	0.128 *** (0.004)	0.129 *** (0.004)	0.128 *** (0.004)
<i>scale</i>	—	-0.259 *** (0.057)	-0.272 *** (0.053)	-0.259 *** (0.057)
<i>age</i>	—	-0.352 *** (0.134)	-0.300 ** (0.124)	-0.352 *** (0.134)
<i>state</i>	—	-0.182 (0.137)	-0.191 (0.122)	-0.182 (0.137)
<i>finance</i>	—	0.004 ** (0.002)	0.005 ** (0.002)	0.004 ** (0.002)
<i>roa</i>	—	0.002 (0.007)	0.001 (0.007)	0.002 (0.007)
<i>rde</i>	—	0.272 *** (0.056)	0.274 *** (0.051)	0.272 *** (0.056)
<i>gdp</i>	—	—	0.038 (0.106)	0.420 *** (0.079)
<i>gov</i>	—	—	-0.017 * (0.010)	0.079 *** (0.006)
<i>fdi</i>	—	—	0.048 (0.058)	-0.225 *** (0.039)
常数项	-2.163 *** (0.038)	-0.566 (0.901)	-0.555 (1.378)	-5.841 *** (1.072)
省份效应	是	是	否	是
样本量	2 497	2 497	2 622	2 497
Pseudo R ²	0.510	0.525	0.517	0.525

注:括号中为聚类到省级层面的标准误,*、**和***分别表示在 $p < 0.10$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 有统计学意义。表 4~表 7 同此。

鉴于 Probit 模型的参数大小并不能直接反映影响大小,故除进行系数估计外,本文还进行边际效应分析,表 4 报告了基准回归中各变量的边际效应。根据表 4 列(4),在控制了企业控制变量、地区控制变量以及省份固定效应后,*a_direct* 对 *IT_Wind* 的边际效应为 0.016,在 1% 置信水平上显著为正,即传统制造业产品对于信息技术部件消耗的增加将导致产品替代型产业融合产生的概率提高 1.6%。

表 4 基准回归结果的边际效应

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Probit</i>	<i>Probit</i>	<i>Probit</i>	<i>Probit</i>
<i>a_direct</i>	0.017 *** (0.000)	0.016 *** (0.000)	0.016 *** (0.001)	0.016 *** (0.000)
<i>scale</i>	—	-0.032 *** (0.007)	-0.033 *** (0.006)	-0.032 *** (0.007)
<i>age</i>	—	-0.043 *** (0.016)	-0.036 ** (0.015)	-0.043 *** (0.016)
<i>state</i>	—	-0.022 (0.017)	-0.023 (0.015)	-0.022 (0.017)
<i>finance</i>	—	0.000 ** (0.000)	0.001 ** (0.000)	0.000 ** (0.000)
<i>roa</i>	—	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)
<i>rde</i>	—	0.033 *** (0.007)	0.033 *** (0.006)	0.033 *** (0.007)
<i>gdp</i>	—	—	0.005 (0.013)	0.052 *** (0.009)
<i>gov</i>	—	—	-0.002 * (0.001)	0.010 *** (0.001)
<i>fdi</i>	—	—	0.006 (0.007)	-0.028 *** (0.004)
省份效应	是	是	否	是
样本量	2 497	2 497	2 622	2 497

注:表内报告的是估计结果的边际效应。

(二)内生性讨论

基准回归模型的估计结果可能存在内生性问题。一方面,产生产品替代型产业融合的制造业企业可能越需要消耗信息技术部件,存在一定的反向因果关系;另一方面,目前数据所涉及的控制变量难以防止遗漏变量的产生。因此,本文借鉴黄群慧等^[23]和赵涛等^[24]的方法,采用各城市在 1984 年每百人固定电话数量和每百万人邮局数量作为传统制造业产品消耗信息技术部件的工具变量。当地历史上的电信基础设施会从技术水平和使用习惯等因素影响到后续阶段互联网技术的应用,满足了相关性,历史上固定电话等传统电信工具对于制造业企业的影响随着使用频率下降而逐

渐式微,邮局数量也难以对制造业企业造成影响,满足排他性。

表 5 第(1)列报告了 Probit 模型基准回归结果,第(2)列、第(4)列报告了使用工具变量的 IVProbit 模型估计结果。结果显示,无论是极大似然估计(MLE)还是两步法估计下,IVProbit 模型中信息技术产业与传统制造业融合程度的系数均在 1% 的置信水平上显著为正,见列(2)和列(4)。说明传统制造业产品对于信息技术部件消耗的增加能够导致信息技术产业与传统制造业形成产品替代型产业融合。

(三)稳健性检验

为了确保研究结论果的可靠性,本文还进行一系列稳健性检验,回归结果见表 6。一是改变模型设定,分别使用 OLS 模型与 Logit 模型重新对方程进行估计,结果如表 6 列(1)和列(2)所示。二

是替换被解释变量,将被解释变量更换为中证指数行业分类信息技术产业,估计结果如表 6 列(3)所示。三是替换核心解释变量,采用完全消耗系数替换核心解释变量直接消耗系数,见列(4)。此外,使用 2017 年与 2018 年的投入产出表测算出 2017 年与 2018 年直接消耗系数,并通过线性插值

表 5 内生性问题处理结果

模型设定	(1) <i>Probit</i>	(2) <i>IVProbit_MLE</i>	(3) <i>First_stage</i>	(4) <i>Two_step</i>
变量	<i>IT_Wind</i>			
<i>a_direct</i>	0.128 *** (0.004)	0.193 *** (0.004)	—	0.298 *** (0.055)
<i>IV1</i>	—	—	0.030 *** (0.008)	—
<i>IV2</i>	—	—	0.595 ** (0.288)	—
企业控制变量	是	是	是	是
地区控制变量	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是
Wald 内生检验	—	16.65 *** (0.000)	—	13.25 *** (0.000)
样本量	2 497	2 497	2 497	2 497

表 6 稳健性检验结果

变量	(1) <i>OLS</i>	(2) <i>Logit</i>	(3) <i>IT_zz</i>	(4) <i>a_total</i>	(5) <i>a3</i>	(6) <i>a2</i>	(7) <i>a1</i>
<i>a_direct</i>	0.037 *** (0.001)	0.229 *** (0.007)	0.106 *** (0.003)	—	—	—	—
<i>a_total</i>	—	—	—	0.049 *** (0.002)	—	—	—
<i>a3</i>	—	—	—	—	0.132 *** (0.004)	—	—
<i>a2</i>	—	—	—	—	—	0.133 *** (0.004)	—
<i>a1</i>	—	—	—	—	—	—	0.131 *** (0.004)
<i>scale</i>	-0.011 ** (0.005)	-0.469 *** (0.115)	0.014 (0.066)	-0.314 *** (0.061)	-0.270 *** (0.054)	-0.258 *** (0.056)	-0.258 *** (0.056)
<i>age</i>	-0.053 ** (0.020)	-0.731 ** (0.287)	-0.338 *** (0.116)	-0.413 *** (0.124)	-0.370 *** (0.134)	-0.350 *** (0.135)	-0.351 *** (0.134)
<i>state</i>	-0.015 (0.015)	-0.310 (0.278)	-0.039 (0.077)	-0.148 (0.127)	-0.181 (0.138)	-0.186 (0.137)	-0.184 (0.137)
<i>finance</i>	0.001 ** (0.000)	0.008 ** (0.004)	0.001 (0.003)	0.004 ** (0.002)	0.004 ** (0.002)	0.004 ** (0.002)	0.004 ** (0.002)
<i>roa</i>	0.000 (0.001)	0.006 (0.015)	0.008 (0.007)	0.000 (0.007)	0.002 (0.007)	0.001 (0.007)	0.002 (0.007)
<i>rde</i>	0.015 *** (0.005)	0.505 *** (0.110)	0.020 (0.058)	0.314 *** (0.059)	0.282 *** (0.054)	0.274 *** (0.055)	0.273 *** (0.055)
<i>gdp</i>	-0.054 *** (0.006)	0.884 *** (0.208)	0.355 *** (0.042)	0.357 *** (0.089)	0.456 *** (0.077)	0.417 *** (0.078)	0.418 *** (0.079)
<i>gov</i>	0.004 *** (0.000)	0.184 *** (0.010)	-0.027 *** (0.004)	0.095 *** (0.006)	0.090 *** (0.006)	0.076 *** (0.006)	0.078 *** (0.006)
<i>fdi</i>	0.079 *** (0.002)	-0.440 *** (0.099)	-0.256 *** (0.029)	-0.182 *** (0.045)	-0.233 *** (0.037)	-0.224 *** (0.039)	-0.225 *** (0.039)
常数项	0.222 ** (0.093)	-12.546 *** (2.124)	-4.138 *** (0.802)	-5.546 *** (1.182)	-6.152 *** (1.055)	-5.745 *** (1.062)	-5.795 *** (1.067)
省份效应	是	是	是	是	是	是	是
样本量	2 622	2 497	2 506	2 497	2 497	2 497	2 497
<i>Adjusted R</i> ²	0.575	—	—	—	—	—	—
<i>Pseudo R</i> ²	—	0.528	0.420	0.480	0.529	0.527	0.526

测算出 2019 年直接消耗系数^②,将以上 3 年作为 2020 年直接消耗系数的滞后三期、二期、一期值代入模型分别进行回归,得到结果见表 6 列(5)至列(7)。根据以上各项结果,核心解释变量产业融合 a_direct 的回归系数始终在 1% 的置信水平上显著为正,说明估计结果较为稳健。

五、进一步分析

(一)机制检验

基于组织双元创新能力理论, March^[25] 将企业创新能力划分为渐进式和突破式创新能力,这里的突破式强调对现状的彻底颠覆^[26]。本文认为,不同类型创新能力在产品的数字化转型(传统制造业产品对于信息技术部件消耗)与产品替代型产业融合之间起到间接传导作用。借鉴蒋艳辉等^[27]、李笑等^[28]的研究成果,分别选择专利数量合计、发明专利数、实用新型和外观设计专利数来衡量企业总体创新能力、突破式创新能力以及渐进式创新能力,检验不同类型创新能力的中介作用。

表 7 列(1)与列(2)解释变量系数显著分别在 10% 与 5% 置信水平上显著为正,说明传统制造业产品对于信息技术部件消耗的增加促进了企业总体创新能力与突破式创新能力的提高,且对突破式创新能力的促进作用更为显著,可能的原因是产品替代型产业融合更需要企业的突破式创新能力,即利用信息技术开发替代型产品的能力。表 7 列(3)的系数不显著,说明传统制造业产品对于信

息技术部件消耗的增加对渐进式创新能力并没有显著影响。

(二)行业差异性的解释

造成产业融合程度差异的主要原因来自以下 3 个方面。

第一,不同行业之间认知的距离以及知识与技能的吸收能力。认知的距离主要是指在行业知识方面的差距,它决定着企业能在多大程度上学习并整合来自其他行业的业务。认知距离与知识、技能的吸收能力成反比^[29],行业之间的认知距离越远,知识与技能的吸收能力越差;反之,行业之间的认知距离越小,对知识与技能的吸收能力越强,越可能产生融合。

第二,不同行业之间的业务相关性。它反映了业务之间功能的关联程度,比如产品研发、制造、营销和分销依次处于产业链的上游、中游和下游,相邻二者之间具有更高的业务相关性。通过整合相关性更强的上游或下游业务,企业能够获得更多的利润。由于被整合的相关性业务通常处于企业所在产业的边界之外,产业融合现象随之产生。现有研究显示业务相关性越强,产业之间融合的可能性越大,融合的范围和程度越大^[30]。

第三,产业发展的路径依赖。由于存在沉没成本和历史成本,企业总是倾向于在原有的产业边界内利用它的资源和能力,维持核心竞争力,从而造成发展路径的依赖性。跨组织的发展与创新会造成原有战略路径的改变,增加风险与损失,因此路径依赖越强,产业融合的动力越弱^[9]。传统产业的路径依赖阻碍创新从内部产生,为外部企业的进入提供了机遇。

根据本文分析,信息技术产业与不同制造业融合的差异性是由他们之间的“距离”(投入产出表中的直接消耗系数进行表征)决定的。直接消耗系数越大,表示传统企业对信息技术企业的依

表 7 机制检验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	总体创新能力	突破式创新能力	渐进式创新能力
a_direct	5.987* (3.440)	8.113** (3.425)	-2.126 (1.855)
企业控制变量	是	是	是
地区控制变量	是	是	是
省份固定效应	是	是	是
样本量	2 622	2 622	2 622
Adjusted R ²	0.064	0.046	0.060

② 鉴于国家统计局并未公布 2019 年全国投入产出表,无法计算出 2019 年的直接消耗系数,因此考虑用 2017 年与 2018 年的数据进行插值替代。

赖性越强,距离越短,越可能形成产品替代型的产业融合。另外,传统产业的知识与技术壁垒是造成融合形式、融合程度差异的重要因素。制造业产品由数字化功能与非数字化功能组合而成,如果制造业产品中非数字化功能需要的能力与知识门槛越高,信息技术企业进入传统产业需要的能力和知识壁垒越高,产品替代型产业融合出现的可能性越小,反之则反。

六、总结与讨论

信息技术产业与传统制造业的结合历经了 40 多年的时间,大致分为两个阶段:第一个阶段是传统制造业技术层面的变化,体现为生产的数字化(信息化)转型;第二个阶段是传统制造业产品的变化,体现为产品的数字化转型。本文主要解释在第二个阶段中,产品层面的数字化转型导致的替代型产业融合发生的过程与机制,并利用实证的方法进行了检验。研究发现:信息技术企业通过提供一种创新的制造业产品,成为制造业中新的产品提供商,使得传统制造业与信息技术产业之间形成了产品替代型的产业融合。因此,信息技术越发展,产品中数字化功能越多,信息技术企业与传统制造业之间越可能形成产品替代型的产业融合。

企业创新类型可以分为渐进式创新和颠覆式创新两大类。渐进式创新是对现有的产品和技术的提升与改造,满足已有消费者或市场的需求。而颠覆式创新则是对熊彼特“破坏式创新”的延伸,是从根本上突破现有的技术,依托全新的技术平台开发出全新产品,满足潜在的消费者或市场。在制造业产品的数字化转型过程中,也存在上述两种创新类型。早期渐进式的产品数字化创新由制造企业主导;后期出现的颠覆式产品数字化创新更可能由信息技术企业主导完成。在市场发展的某个阶段,存在两种不同数字化创新产品并存的时期。既有信息技术企业以供应商方式进入产业链的模式,也有信息技术企业以产品设计和制造者的角色主导产业链的模式。两种形态在同一个市场竞争,随着技术、管理和商业模式的完善,

颠覆式的数字化产品将会在市场竞争中胜出,制造业的产业链和产业结构随之变化,传统制造业也实现了产业的升级。

对于传统制造业而言,产品的数字化转型是技术发展的必然趋势,也是制造业自我革命的过程,充满了风险和不确定。因为,对于传统制造企业而言,市场要求必须提高产品的数字化程度,但是,产品在数字化转型的过程中,传统制造业原有的知识、能力和资源优势相对减少,而在信息技术方面的能力缺陷逐步放大。在这个过程中,制造业的主导企业可能被原先产业之外的信息技术企业所掌握,形成产品替代型产业融合。

参考文献:

- [1] 植草益. 信息通讯业的产业融合[J]. 中国工业经济, 2001(2): 24-27.
- [2] CURRAN, CLIVE S, STEFANIE B, et al. Anticipating converging industries using publicly available data [J]. Technological forecasting & social change, 2010, 77(3): 385-395.
- [3] PRESCHITSCHKEK N, NIEMANN H, LEKER J, et al. Anticipating industry convergence: semantic analyses vs IPC co-classification analyses of patents [J]. Foresight, 2013, 15(6): 446-464.
- [4] 李晓钟, 陈涵乐, 张小蒂. 信息产业与制造业融合的绩效研究: 基于浙江省的数据[J]. 中国软科学, 2017(1): 22-30.
- [5] KATZ M L. Remarks on the economic implications of convergence[J]. Industrial and corporate change, 1996, 5(4): 1079-1095.
- [6] CURWEN P. Fixed-mobile convergence[J]. Info, 2006, 3(8): 3-11.
- [7] CURRAN C S, LEKER J. Patent indicators for monitoring convergence-examples from NFF and ICT[J]. Technological forecasting and social change, 2011, 78(2): 256-273.
- [8] CHO Y, KIM E, KIM W. Strategy transformation under technological convergence: evidence from the printed electronics industry [J]. International journal of technology management, 2015, 67(2/3/4): 106-131.
- [9] HACKLIN F. Management of convergence in innovation: strategies and capabilities for value creation beyond blurring industry boundaries [M]. Springer science & business

media, 2007.

[10] FAI F, VON Tunzelmann N. Industry-specific competencies and converging technological systems: evidence from patents[J]. Structural change and economic dynamics, 2001, 12(2): 141-170.

[11] HACKLIN F, MARXT C, FAHRNI F. Coevolutionary cycles of convergence: an extrapolation from the ICT industry [J]. Technological forecasting and social change, 2009, 76(6): 723-736.

[12] ROSENBERG N. Technological change in the machine tool industry, 1840-1910[J]. The journal of economic history, 1963, 23(4): 414-443.

[13] BRÖRING S, LEKER J. Industry convergence and its implications for the front end of innovation: a problem of absorptive capacity[J]. Creativity and innovation management, 2007, 16(2): 165-175.

[14] NIEDERGASSEL B, CURRAN C S, LEBING M, et al. What drives partners in industry-academia cooperation? a special consideration of reducing uncertainty through computational chemistry[J]. International journal of technology intelligence and planning, 2007, 3(4): 331-342.

[15] KIM N, LEE H, KIM W, et al. Dynamic patterns of industry convergence: evidence from a large amount of unstructured data [J]. Research policy, 2015, 44(9): 1734-1748.

[16] STIEGLITZ N. Digital dynamics and types of industry convergence: the evolution of the handheld computers market [J]. The industrial dynamics of the new digital economy, 2003, 2: 179-208.

[17] NELSON R, Winter S. An evolutionary theory of economic change[M]. Cambridge, Mass: the belknap press of Harvard University Press, 1982.

[18] DOSI G, FAILLO M, MARENGO L. Organizational capabilities, patterns of knowledge accumulation and governance structures in business firms: an introduction[J]. Organization studies, 2008, 29(8/9): 1165-1185.

[19] EGGERS J P, KAPLAN S. Cognition and capabilities: a multi-level perspective [J]. The academy of management annals, 2013, 7(1): 295-340.

[20] NELSON T O. Metamemory: a theoretical framework and new findings [M]//Psychology of learning and motivation. Academic press, 1990, 26: 125-173.

[21] BRYNJOLFSSON E, HITT L M. Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance[J]. Journal of economic perspectives, 2000, 14(4): 23-48.

[22] 冯根福, 郑明波, 温军, 等. 究竟哪些因素决定了中国企业的技术创新: 基于九大中文经济学权威期刊和 A 股上市公司数据的再实证[J]. 中国工业经济, 2021(1): 17-35.

[23] 黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019(8): 5-23.

[24] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020(10): 65-76.

[25] MARCH J G. Exploration and exploitation in organizational learning[J]. Organization science, 1991(1): 71-87.

[26] 王建平, 吴晓云. 制造企业知识搜寻对渐进式和突破式创新的作用机制[J]. 经济管理, 2017(12): 58-72.

[27] 蒋艳辉, 曾倩芳, 冯楚建, 等. 非高管型海归、本土科技人才与企业突破性创新: 来自中小型高新技术企业的经验证据[J]. 中国软科学, 2018(2): 149-159.

[28] 李笑, 华桂宏. 中国高科技企业 OFDI 速度对创新绩效的影响: 基于总体创新、颠覆式创新和渐进式创新视角[J]. 南方经济, 2020(11): 28-46.

[29] GILSING V, NOOTEBOOM B, VANHAVERBEKE W, et al. Network embeddedness and the exploration of novel technologies: technological distance, betweenness centrality and density [J]. Research policy, 2008, 37(10): 1717-1731.

[30] MARKIDES C C, WILLIAMSON P J. Corporate diversification and organizational structure: a resource-based view[J]. Academy of management journal, 1996, 39(2): 340-367.

(本文责编: 默 黎)