

[DOI] 10.19653/j.cnki.dbcjdxsb.2024.03.008

[引用格式] 郑磊. 数据重塑生产力——数据要素嵌入生产函数初探[J]. 东北财经大学学报, 2024(3): 86-96, 封三.

# 数据重塑生产力

## ——数据要素嵌入生产函数初探

郑磊<sup>1, 2</sup>

(1. 香港中文大学(深圳) 高等金融研究院, 广东 深圳 518000;

2. 萨摩耶云科技集团, 中国香港 999077)

**摘要:** 随着社会经济的发展, 经济学界对生产力要素影响生产力的认知在不断深化。虽然经济学界已经认识到技术和制度会对生产力产生影响, 但至今仍未找到将技术和制度进行内生化处理的方法。对于这些问题, 本文通过在生产函数中引入数据要素, 将广义技术作为数据要素的函数, 分析了数据要素在数据资本化过程中对劳动和资本的重构, 创建了一个用于解释人类社会各个发展阶段的新生产函数, 以实现技术的内生性。本文通过分析技术创新在社会推广应用过程中遭遇的困难, 初步讨论了将制度纳入经济增长模型的泛函数方法。基于以上研究, 本文认为, 由于数学模型不适合进行大数据模拟, 未来可以使用“算法”代替生产函数, 利用大数据人工智能辅助进行经济决策。

**关键词:** 数据要素; 数据资产化; 经济增长; 创新; 制度要素

**中图分类号:** F49 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-4096(2024)03-0086-12

## 一、问题的提出

发展经济学用生产函数解释生产力的变化机制。在这个函数关系里, 劳动、土地和资本是解释经济增长的重要生产要素。生产函数在处理其他的影响要素时, 将技术、制度等纳入一个无法分解的剩余项中, 经济学界至今仍未找到将技术进行内生化处理的方法。从人类史维度看, 现代智人的文明经历了渔猎采集、农业化、工业化等发展阶段, 人类在不同发展阶段所偏重的生产要素有所不同, 这些要素包括: 土地、劳动、资本、数据等。当前, 人类正在步入数字经济时代, 数据要素对生产力发展的作用日益凸显。本文通过引入数据要素, 创建了一个能够解释人类社会各个发展阶段的生产函数, 并通过解析数据要素在数据资本化过程中对劳动和资本的重构, 将知识、技能都看作数据的函数, 实现技术的内生性。

收稿日期: 2024-03-27

作者简介: 郑磊 (1970-), 男, 广东深圳人, 教授, 博士, 主要从事创新理论、科技金融和行为经济学研究。E-mail: prophd@126.com

新制度经济学认为制度内生于社会 and 经济发展状况之中,将制度视为推进经济增长的重要条件性要素,这已经成为经济学常识之一。为了解释制度要素在经济增长中的作用机理,经济学家尝试运用历史计量和比较政治经济学相结合的分析方法,将制度纳入经济增长模型之中。与此不同,本文从制度影响技术创新在经济中应用的速度、深度和广度这一现实情况出发,认为将制度内化的途径是将制度和生产要素视为两组多维向量,用泛函数对生产函数进行重新表达,以此在模型中实现制度的内生性。

## 二、经典生产函数有待完善

生产函数也称作总生产函数或宏观生产函数,反映的是主要生产要素与总产出之间的关系。总生产函数一般表示为式(1):

$$Y = Af(L, K) \quad (1)$$

其中, Y 代表总产出, A 代表全要素生产率, L 代表劳动, K 代表资本。生产函数的一般形式可以进一步推导出哈罗德—多马模型、索洛模型等更具体的生产函数。例如, Solow<sup>[1]</sup> 沿用 Cobb-Douglas 的方法构建的生产函数为  $Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha}$ 。Barro 和 Sala-i-Martin<sup>[2]</sup> 基于生产函数的一般形式,研究了经济追赶和经济趋同问题。尽管总生产函数的一般形式作为新古典增长理论的基础,为研究长期经济增长的决定要素提供了统一分析框架,但不足也非常明显。

### (一) 将技术内生于生产函数的方法有待完善

索洛生产函数将劳动和资本之外的其他要素对产出的影响笼统地定义为全要素生产率 (TFP),并将其放在函数关系式之前,使其成为一个外生要素。一般认为,式(1)中的 A 是指技术、制度等重要要素,或者说,可以把 A 当作对劳动、资本的分布起作用的技术和制度因子。

技术作为经济增长的重要引擎,与劳动、资本、制度等要素产生相互作用,这种内生性一直是经济学界有待解决的基本问题。Romer<sup>[3]</sup> 在这方面取得了令人瞩目的进展。Romer 率先尝试在生产函数中引入知识溢出效应,通过分析知识的外部性,将知识包含在资本中,实现了技术的内生性,并对知识带来的收益递增进行了解释。Romer<sup>[4]</sup> 还探讨了经济个体为追逐利润而创新的机制。Romer 承认,将知识与资本结合的方法是有缺陷的,但没有提出更好的方法。后来的学者也是在这个基础上建立了其他内生增长模型,但都没有清晰地论述知识是如何在生产中产生的。因此,这种将技术内生化的处理仍不够彻底。

### (二) 劳动的内涵和形态在改变

生产函数最初是将总劳动量等同于投入的劳动人口数量,本质上是将劳动按照简单生产过程进行处理。函数中的这种处理符合农业时代以体力劳动为主的经济特征。但是,生产函数作为工业经济时代的经济学概念,必须体现复杂工业生产经营活动对劳动者提出的高知识和高技能要求。Lucas 基于 Schultz<sup>[5]</sup> 和 Becker<sup>[6]</sup> 在 20 世纪 60 年代提出的人力资本概念,研究了人力资本对经济增长的影响,首次将人力资本纳入动态随机一般均衡模型。Lucas<sup>[7]</sup> 指出,人力资本是通过学校教育和“干中学”而获得,是劳动者独有的,具有竞争性。知识本身不具有竞争性,可以同时被任何人共享和使用。Romer<sup>[4]</sup> 后来尝试将知识和技能都纳入一般均衡模型。Romer 将工业生产过程分解为三个环节——研发、中间产品生产和最终产品生产,并据此定义了三个生产函数,不仅将工业化生产经营中的劳动细分为两种基本形态——脑力劳动和体力劳动,而且将两者赋予了技术的两个维度——知识(理论创新、产品设计创意等)和生产技能、管理技能(工程技术、管理技术),最后 Romer 确定了研发人员和生产者、管理者等人力资本形式<sup>[4]</sup>。

随着时代的发展，人类正在从后工业化时代迈入数字经济时代，大数据和人工智能正在快速改变人类的生产和生活方式。随着具有高度人工智能的机器人不断投入使用，对生产力起到重要推动作用的将不会是简单的体力劳动，少数劳动者的知识生产能力远比劳动者的数量更重要，因而经济学理论需要根据现实的变化更准确地界定劳动这个生产要素。

### （三）未体现经济增长的相关禀赋

在不同的时代，人类的生产活动所依赖的生产力要素受相关禀赋的影响。对于渔猎采集社会来说，人是重要生产要素。进入农业社会，主要生产方式分化为农业和畜牧业，土地和人变成了最重要的生产要素。资本是在农业社会成熟阶段出现的，主要用来扩大土地和改进农牧业生产工具。不能忽视的是，自然条件对经济活动产生的限制也影响了人类对经济活动方式的选择，并对制度等产生了深远影响。但是，这些方面都没有体现在生产函数之中。生产关系没有被纳入生产函数，因而制度等要素对经济增长的影响也无法在这个框架中讨论。随着经济社会的发展，土地作为生产要素的影响在快速下降，而制度等要素的影响正变得越来越显著。

### （四）资本的形式在丰富

在不同的经济社会发展阶段，资本投入生产的形式是不同的。在农业时代，财富积累来自农业生产满足消费之后的剩余，资本主要用于购置土地和生产工具，从而进行扩大再生产，也有一部分流入城镇小商业环节。工业化初期，土地仍然在发挥不可或缺的作用，资本主要体现为物质资产，工业技术和资本的结合推动了数次工业革命。随着工业化进入高级阶段，出现了发达的商品市场和金融资本市场，以及私有权和产权保护等制度。这一阶段的显著特点是产业资本和金融资本的比重变大，其他生产要素都需要资本提供支持，因而资本是工业化社会的基础生产要素。到了数字经济时代，出现了数据资本和数字化金融资本，资本的投入方式也将发生变化，甚至改变其他生产要素（如劳动）发挥作用的方式，生产函数由此发生结构性变化。

## 三、新生产函数的概念框架

知识、学习和技术进步是国家财富的真正来源<sup>[8]</sup>。数字经济时代，数据在知识、学习和技术进步中的作用逐渐凸显。将数据要素纳入生产函数的前提是明确数据要素在经济增长中的角色和作用。

### （一）数据要素一直存在且影响越来越显著

传统的经济增长过程没有强调数据要素，并不说明数据要素在人类文明的早期不存在，只是不那么明显和重要。彼时人类通过对自然界的观察，缓慢而持续地积累着生存所需要的知识、经验，形成了技术。数据和信息这两个概念被广泛使用，是计算机技术发展一定阶段的产物。人类的认知逐渐深化，发现了从数据到信息再到知识、技能的递进关系。信息、知识和技能可以看作数据经过加工处理之后的产物（也可称作数据产品化的成果），而计算机（器）让人类能够在数据层面对自然界和社会信息进行加工利用，这是人类在工业化阶段实现的成就。这源于十六、十七世纪在西欧兴起的科学实验和启蒙运动，知识和技能的产生从此具有了系统性的方法论，科学技术研究成为经济活动的关键组成部分，推动着生产力以前所未有的速度发展。在这个阶段，数据要素才真正成为生产力的关键推动力量。

人工智能近两年来所取得的突飞猛进的成就，提供了很有说服力的例证。以语言大模型（LLM）为例，人工智能可以在快速处理文字信息的基础上，产生更综合和更有创意的新内容，甚至可以做到基于文字提示，由机器自动进行文本、音视频、动画等跨媒体内容创作，人工智能在

学术研究和分析等方面也显示出不逊于人类的思考和发现能力,加快了科学发现和研究进程。这种被称作人工智能生成内容(AIGC)的技术结合已经相当成熟的视觉、语音辨识技术,以及快速发展的人形机器人技术,未来将会出现与碳基人类生产能力相仿的硅基人工智能行动主体。换言之,利用人工智能技术,人类可以对数据要素进行具有更高经济价值的加工和利用,从而提升生产力水平。在这种情况下,数据要素显然已经成为无法忽视的生产要素,将会是经济增长的主要动力。

## (二) 知识和技术内生于数据要素的利用过程

为描述知识层次和价值的概念框架, Ackoff<sup>[9]</sup> 提出 DIKW 模型, 解释了数据(Data)、信息(Information)、知识(Knowledge)和智慧(Wisdom)的特征和关系。本文将其简化为 DIK 模型, 并对数据、信息和知识这三个对象的定义做了一些调整。数据是人类在特定时空内能够感知的信号, 信息是经过整理或加工的数据, 而知识是对信息的解释, 也是大脑认知的结果, 可以包括科学和技术、组织和商业模式、管理技能等, 即包含了 Ackoff 所单列出来的“智慧”。在这样的定义下, 数据要素一开始就存在于生产函数之中, 只是人类对其利用的程度在不断提升。数据(集合)—信息—知识—新数据(集合)—新信息—新知识……构成了一个数据生产的螺旋上升过程。数据要素作为知识和技能源头, 孕育着新技术和经营管理知识、技能。在数字经济时代, 人类掌握的数据处理方法极大地焕发了数据要素的强大活力, 新技术以令人炫目的速度面世, 如 Sora、数字孪生、虚拟现实等。数据进入生产环节, 变成了经济活动的产成品和再生产的“原料”, 数据产品化的形态更加丰富多样。数据可以被加工成各类数据化产品进入市场流通, 作为重要的经济资源进行配置, 成为企业和个人重要的数据资产, 并能够通过数据资本化创造更多财富。

## (三) 数智时代的劳动

在数字经济时代, 应该重新评估土地、劳动、技术进步、人力资本、数据等要素所承担的角色和作用, 及其互动关系。土地要素仍是不可或缺的, 因为它为人类生产粮食, 并提供化工原料, 是碳基生物生存和发展的基础。劳动这一要素的变化是最大的, 从农业时代以人数计算的简单劳动者, 到工业时代掌握基本技能的蓝、白领劳动者, 再到数字经济时代掌握数据生产所需技能的劳动者。以人工智能为例, 熟练使用人工智能工具的劳动者, 其生产效率显然会大幅提升, 对经济增长的贡献也更大。随着技术进步及全球化的不断深化, 原来依附于劳动者身上的劳动可以更加自由地借助虚拟手段实现跨境流动。一个国家的劳动要素或将发生深刻的变化——只要一个国家具备相匹配的信息基础设施和网上协作系统, 在数字化辨识度较高的工作领域, 该国可以吸引全球的高质量劳动力, 并将其智力劳动整合在本国的生产函数中, 实现超常速度的经济增长。

技术进步由社会中人力资本的平均水平决定, 并且可以促进人力资本的形成<sup>[10]</sup>。人工智能技术有可能显著提高人力资本, 如大模型、脑机接口等技术。当然, 数据要素对生产力的促进作用不会一蹴而就。在科学家的设想中, 未来人工智能的作用将不局限于内容生产, 还能够以具备高度智能的机器形式参与生产, 在这种情况下, 可能出现人类劳动被部分替代的情形, 劳动要素则需要被重新定义。例如, 硅基人工智能不仅可以承担人类体能不适合的工作, 也可以帮助人类提高经济活动的效能。

## (四) 数字金融化的资本

资本作为确保经济正常运转的重要媒介, 在各个社会发展阶段都很重要。在数字经济时代, 伴随着数字化技术的发展, 资产可以数据化, 数据也可以资产化, 实用类通证和证券类通证(STO)等非中心化数字金融产品开始出现, 并会成为传统金融的重要补充<sup>[11]</sup>。

目前学术界对数据资产化和数据资本化的界定是模糊的<sup>[12]</sup>, 这两个概念都强调将数据变成资

产和财富，并能够在经济活动中产生更高的附加价值。可以将现阶段已经出现的资本分为三类：产业资本、金融资本和无形资本。产业资本即经典生产函数里使用的资本概念，指的是家庭（包括个人）、企业、政府投入的直接参与生产、流通、分配等经济活动的有形资产。金融资本则主要包括金融机构和市场创造出的间接进入生产领域的资本形态。广义的无形资本也包括金融资产，狭义的无形资本是指基于知识且能为企业带来长期经济收益的非有形资产，如软件、数据库、专利、商标、独特的商业模式、新型组织模式等。随着数字经济的发展和 innovation，狭义无形资本的列举清单还在不断加长，但至少可以分为三大类，即可用电脑处理的信息、创新性的资产和用于提升经济竞争力的非货币性资产<sup>[13]</sup>。资本可能因为数据科技的进步而改变形态，如采用非中心化加密通证、数字金融资产的形式部分替代现金或电子支付手段，变成货币性资产。通过可信网络提高资本配置效率和准确度，打破资本流动的物理界限。如应数字化社会生产、消费和交易的需要，央行发行数字货币，并正在打造一个与传统金融完全不同的没有明显物理界限的金融资本体系。

## 四、新生产函数的构建

随着人类认知能力的提高，数据要素对生产力发展的影响越来越大，正在变成最重要的生产要素。数据要素的应用不可能脱离实体经济，只是从过去不为人关注的后台小角色成为了站在前台的主角，这是时代不可扭转的大趋势。

### （一）社会发展演进视角

本文从社会发展演进入手，梳理人类社会从农业经济时代、工业经济时代到数字经济时代各阶段主要生产要素、人力资本、资本和禀赋利用情况，如表1所示。

表1 社会发展各阶段主要生产要素、人力资本、资本和禀赋利用情况

驱动技术	主要生产要素	人力资本	资本	禀赋利用情况
农业技术	土地，自然界知识	劳动者数量	劳动剩余转化的资本（较稀缺和原始）	土地的利用率越来越高，工具缓慢改进；主要处理观察大自然和农业生产过程中产生的数据
工业技术	土地，科学和工程知识、管理技能	有一定知识和技能的劳动者	产业资本，金融与资本市场（深化发展），资本全球化配置和跨境流动	土地和环境的作用下降；工具和设备的科技含量越来越高，知识或资本密集；生产过程产生了大量数据
以数据处理为基础的新技术	土地，数据	高人力资本的劳动者，人机共同劳动和机器替代人类劳动	数字化金融与数据化的资本市场（跳跃式发展），无形资产快速增长	土地和环境不是主要生产要素；工具设备、流程实现数字化、高科技化，边际成本很低；经济活动产生大量数据，并得以充分利用

从驱动技术、主要生产要素、人力资本、资本和禀赋利用情况这条主线的变化中可以看出，随着社会发展进步，土地并没有从生产中消失，而是影响变得越来越小。数据要素在各个社会阶段的利用程度和展现方式不同，从对自然界的经验观察，到依靠计算工具和科学实验获取系统性的知识和技能，再到利用人工智能等技术直接对大数据进行收集加工处理，人类逐渐发展到对数据要素进行全方位深度加工利用的阶段。

驱动技术的提升过程反映了人类对自然禀赋的利用水平越来越高,自然禀赋带来的影响也变得越来越可控。在农业经济时代,生产活动要受到地理位置、气候、土壤等多方面要素的制约,而在工业经济时代,工具设备作为人类科技知识的产物使得人类改造自然环境的能力大幅提高,生产活动受自然要素的限制大幅下降。到了数字经济时代,数据成为重要的生产要素,而对数据的加工处理和应用需要科技含量更高的数字化技术。在这一阶段,消费者也参与部分生产活动(至少参与了数据生产),人力资本要比只有生产者的情况下更高,劳动的跨境流动更便利和频繁。

**(二) 数据资产化过程 I: 对劳动的重构**

基于上述分析,可以把生产函数中的人力资本 HL 进一步分解为劳动者数量 L 和劳动者素质 H,其函数表达式为式(2):

$$HL_t = L_t [1 + \mu(D_t)] \tag{2}$$

其中,  $D_t$  代表数据要素。 $\mu$  代表  $D_t$  的函数关系,定义了数据要素转化为知识、技术的效果。将式(2)等号右边展开,分别对应以劳动者数量为基础的简单劳动,以及与知识、技术相关的复杂劳动。式(2)与传统的人力资本函数不同,后者通常用劳动者人数乘以平均教育程度来表示。式(2)实际上引入了数据要素的转化率,  $\mu(D_t)$  代表知识、技术的生产效率指标。不妨将  $\mu(D_t)$  看作一个“数据资产化函数”,以体现数据资源在生产过程中被加工处理后成为数据资产的过程。在农业经济时代,总产出依赖劳动者数量和建立在对自然界观察之上的知识、技术,在这一阶段,人类进行的是最简单粗糙的数据处理,即  $\mu(D_t)$  在相当长的一段时期都接近于零。

1700—1950年是自然科学知识快速积累、工程技术快速发展和转化的工业时代前期。从二战后到21世纪初,一些国家的经济表现为从劳动和资本密集型加速转变为资本和知识密集型。蒸汽机、电力、半导体等新技术推动了多次工业革命(包括通讯计算机技术浪潮),  $\mu(D_t)$  在两百年内发生了大幅增长。当前是后工业化时代和数字经济时代的衔接过渡阶段,数据科学技术正在快速暴发、积累、转化,如大数据人工智能、新材料、新能源、生物技术等技术的发展日新月异。当这些新技术能够充分应用于生产时,将产生规模报酬递增效应<sup>[14] 155-180</sup>。新技术的应用可能是渐进的、周期性的或是跃变的,而对数据进行生产也并不是低成本的,只是数据产品的存储、传送成本变得微不足道了,其他成本有可能变大,如置换其他产品带来的巨大成本,这是成本结构的变化,而不是成本为零。综合以上分析,可以将  $\mu(D_t)$  设想为一条分段曲线,如图1所示。

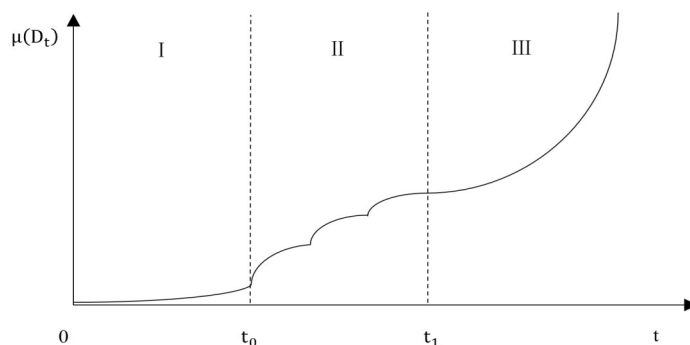


图1 不同社会发展阶段的数据要素转化效果:对劳动的重构

图1将农业经济时代、工业经济时代和未来的数字经济时代分别标注为 I (0- $t_0$ )、II ( $t_0$ - $t_1$ )、III ( $t_1$ -之后)三个时段。可以看到, I 时段的数据资产转化水平非常低,接近于0; II 时段的数据转化水平是阶跃式的,分别对应了不同的工业革命阶段; III 时段的数据转化效果则是一条凸函数

曲线，表示数字经济时代的数据资产转化过程是单调递增且不断加速的。

### (三) 数据资产化过程II：对资本的重构

假设广义无形资产建立在数据要素之上，包括创新金融工具和金融市场服务、知识产权、研发新产品和新工艺、新的商业模式和组织模式等都是来源于现代的数据要素加工处理活动。在考虑资本要素的变化时，可以将其分为两个部分。第一部分仍是由储蓄率  $s$  乘以前期总产出（收入）确定的有形资本投资  $K'_t$ ，第二部分是与数据要素相关的无形资产投资  $\varphi(D_t)$ ，即式 (3)：

$$K_t = K'_t + \varphi(D_t) \tag{3}$$

不同社会发展阶段的数据要素转化为资本的效果如图2所示，可以设想在农业经济时代（I时段），由于土地资源存在上限，人口增长超过生产力发展就会发生马尔萨斯周期律，而与数据要素相关的无形资产投资几乎为零，那么这个时段的  $K$  表现为以小角度轻微上行的频率和幅度不定的波形曲线。到了工业经济时代（II时段），仍沿用经典生产函数的假定和分析，将其视为一条满足稻田条件的凹函数曲线，具有边界递减性质。尽管这条曲线没有考虑到金融资本对实体经济的影响，但基于前面的讨论，这样处理是足够接近实际情况的。将和数据要素相关的无形资产放在数字经济时代（III时段）背景下讨论，将其设想为一条凸函数曲线。

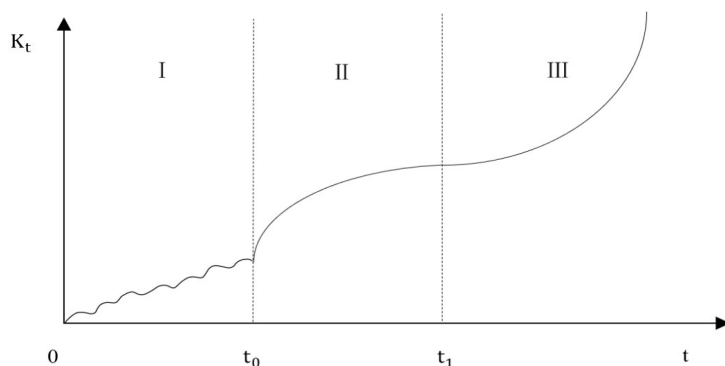


图2 不同社会发展阶段的数据要素转化效果：对资本的重构

### (四) 新生产函数

在人类社会发展的不同阶段，受限于社会发展水平和历史文化传统等因素，土地、劳动、资本、数据等要素对经济增长发挥作用的方式和产生的影响是不同的。本文将知识、技术都看作数据的函数，从这个角度来看，在人类社会发展的不同阶段，总生产函数一直都是劳动、土地、资本和数据的函数，只是在数字经济之前的时代里，用数据生产知识和技术的效率并不高。

基于此，本文构建一个内嵌数据要素的生产函数模型，假设：自然禀赋不变；制度和文化等要素跃迁式演进，跃迁过程会带来一定的摩擦成本；特定技术对经济增长的边际贡献随着投资的增长而递减；新技术（创新或改进）对增长的边际贡献随着人力资本增加而增加。可以将这个新生产函数表示为式 (4)：

$$Y_t = HL_t^\alpha K_t^\beta \tag{4}$$

其中， $HL_t$  和  $K_t$  见式 (2) 和式 (3)， $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ 。将式 (4) 展开为式 (5)：

$$Y_t = \{L_t [1 + \mu(D_t)]\}^\alpha [sY_{t-1} + \varphi(D_t)]^\beta \tag{5}$$

式 (5) 中， $\alpha$  和  $\beta$  受到制度等要素的影响，可以因各生产要素所起的作用或比重而发生变化。由此，式 (5) 已经将数据要素作为自变量纳入生产函数，由数据到信息，再发展成为知识和技

术,即技术内生于生产之中。

可以用这个生产函数解释农业经济时代、工业经济时代的经济增长过程和特点。对于农业经济时代,主要起作用的是劳动者数量,资产积累较慢,数据产生的知识和资产积累需要很长时间,较少出现突破性的技术创新。农业经济时代的生产函数简化为式(6):

$$Y_t = (L_t)^\alpha (sY_{t-1})^\beta \quad (6)$$

其中, $L_t$ 是一条先升后降的人口变化曲线, $Y_t$ 是一条有上界的缓慢上升曲线。到了工业经济时代前中期,自然资源的利用效率更高,劳动力是增长的,资产积累也较快,同时,知识和技术出现突破,引发了两次工业革命,在全球化的推动下,全球经济总产出迅速上升。工业经济时代的生产函数简化为式(7):

$$Y_t = \{L_t[1 + \mu(D_t)]\}^\alpha (sY_{t-1})^\beta \quad (7)$$

式(7)之所以去掉了 $\varphi(D_t)$ ,是因为工业经济时代中后期和数字经济时代有一部分是重合的,为了清晰区分,将其放在数字经济时代进行讨论。式(7)描述的经济已经是内生性增长了,随着 $\mu(D_t)$ 增长,不会出现边际收益递减现象。

到了工业经济时代中后期和数字经济时代,自然资源的作用将变得更小。劳动力数量增长减速,知识和技术增长较快,主要是因为 $\mu(D_t)$ 变得足够大,劳动者数量 $L_t$ 的重要性下降,而有形资本和无形资本也都会随着总产出增长和技术进步而快速增长,这个阶段的生产函数为式(8):

$$Y_t = \rho[\mu(D_t)]^\alpha [sY_{t-1} + \varphi(D_t)]^\beta \quad (8)$$

其中, $\rho$ 是正的常数项。式(8)基本可以解释经典生产函数无法解释的新经济现象。按照2017年美国商务部经济分析局(BEA)统计数据,信息技术产值占国内生产总值的比重4.8%,远小于传统行业,这其实是因为采用了不适合的生产函数,低估了信息技术对经济增长的贡献。在新生产函数式(5)里,已经体现了基于数据和信息等前沿技术的应用速度、深度和广度,这才是美国经济增长的主要引擎。

## 五、包含制度要素的生产函数

本文在用新生产函数解释人类各个社会发展阶段的经济增长时,没有提及农业经济时代的低水平陷阱是如何被克服进而人类社会跨入工业经济时代,也省略了新生产函数的动态均衡分析。这些问题与制度这一要素的变化有关,下一步的研究内容是将其嵌入生产函数,而此处只作初步讨论。

### (一) 技术创新在社会推广应用过程中的困难

纵观人类发展史,经济增长呈现出大周期循环现象,如时长50—60年的康波周期,技术的飞跃式进步往往发生在康波周期的前三十年,在某些发展领先的国家,技术创新还可能持续对该国经济产生长达百年的积极影响,这类现象曾出现在葡萄牙、荷兰、西班牙、英国和美国等国家<sup>[15]</sup>。这种爆发式的技术创新往往只会发生在较少的国家中,一个重要原因是技术的应用与劳动者的素质、资本配置,以及制度对技术创新的接纳程度等因素有关。

经典的生产函数模型从TFP角度给出了解释。以美国为例,根据宾夕法尼亚PWT(Penn World Table)数据库的美国经济核算结果,从1955年到2019年的每十年(1955—1965年、1995—2005年、2015—2019年)中,资本、劳动和TFP的贡献率都远比其他时期高,而在较高年份之后的20年,TFP通常会降低。一个可能的解释是:当技术创新超过了经济对其加以应用的速度时,



技术创新的应用速度停滞或减慢,之后再释放,导致出现TFP贡献率的周期性循环<sup>[14]</sup><sup>97</sup>。这提示,不能静态地看待TFP,由于技术创新和制度相互作用,技术创新并不是线性地进入经济活动。当期TFP低的可能原因有两个:一个是技术创新不够多或不够快;另一个是技术创新的速度和数量是正常的,但技术创新的应用速度较快。前者应该体现为经济增长放缓,后者则可能体现为经济快速增长。所以,不宜单独从TFP角度分析问题,要结合经济增长和TFP一起判断,这也是经典生产函数的不足之处<sup>[16]</sup>。

有学者对各国技术创新的应用过程进行了细致的案例分析<sup>[17]</sup>,例如,机械化农具在美国农业发展过程中对畜力的替代、交流电的应用、录制音乐的出现、制冷机器的诞生等技术创新,在当时的社会环境下都经历了曲折发展过程。正如熊彼特<sup>[18]</sup>指出的,创新是经济转型的核心力量。创新可能被社会排斥,最终遭到物理性防御或直接攻击。人们抵触技术创新有多方面的原因,例如,加快技术创新引起了公众的顾虑,技术发展造成了国家、群体间的显著差异,加重了人们对社会不平等的担忧等。

社会公众对技术创新的负面态度也有教育和培训方面的原因。知识、技能和经验是每个人在一生中不断获得的,但学习新技能的能力会逐步下降。人们不得不面对缺乏控制新技术的知识窘境,技术创新会使人们的劳动技能过时。但是,当前的情况正在发生变化,一些新技术,如人工智能辅助工具、脑机接口技术等,正在帮助人们提高处理海量数据的学习能力,甚至通过生化或物理方式提升人类大脑的思维能力。也许未来人类能够更加从容地应对技术创新带来的挑战。

## (二) 制度的影响

在数字经济时代,数据要素的加工处理更加高效,新知识和创新技术的产生都可能更快,但能否尽快应用于现实社会,则需要考虑社会制度和社会成本。对每一个具体国家而言,即便是通用技术也未必能被顺利接纳,在这种情况下,制度成为实现经济增长目标更需要考虑的要素。

社会经济的演进往往与技术和制度的持续调整有关。制度和制度密不可分,没有无技术元素的制度,也没有无制度元素的技术。制度会影响技术在经济应用中的深度、速度和广度。技术的发展与科学和教育的进步有直接联系,其他方面则受制于创新机制,即科学转化为技术应用的过程。有证据显示,工业化时代的西欧和美国都出现了教育和技术进步之间的正反馈循环<sup>[19]</sup>。技术上的变革需要社会制度的互补性变革,技术、经济和相关制度作为一体化系统共同进化。

对短期风险和长期利益分配的固有观念影响着社会公众对新技术的担忧程度。真正的挑战在于保持技术创新产生的长期利益和维持现状的短期利益之间的平衡。经济和政治上存在巨大不平等的社会,将出现对新技术的强烈争议,技术创新发展越快则社会阻力越大。这个事实具有两面性:一方面,社会公众如果对多样化容忍程度低则则难以进步,难以对技术创新产生的变化作出正面反应;另一方面,如果缺乏制度的连续性和稳定性,社会也难以保持安定,技术创新也就无从谈起。

制度和基于数据的知识积累、技术创新都是内生的,在新生产函数式(5)提到了 $\alpha$ 和 $\beta$ 与制度等要素密切相关,这两个变量在本质上是可以调整的,并对社会结构和技术环境产生影响。新技术与兼容并包的社会制度必须适配,才能充分发挥其效力,单靠技术本身是不能解决所有问题的。新技术会遇到多大的挑战,取决于其改变现有社会习惯的范围及强度。持续性的行为改变必须借助现有习惯,而不是试图取代或消除现有习惯。在改进而非破坏的情况下,社会公众才更有可能接受新观念、接纳新技术。

如果将制度也纳入生产函数,需要借助泛函数的表达式来描述这个模型,这项研究尚处于起步阶段。将制度和生产要素视为两组随时间变化的多维向量,相应地,将生产函数内部表示为生

产要素向量和制度向量的乘积。前者代表生产关系,后者代表生产力,两组向量的动态变化就形成了一个国家(地区)的经济生态,在任何时点都能确定相应的产出。

将生产要素向量记作 $\vec{f} = [f_1, f_2, \dots, f_n]_{1 \times n}^T$ ,制度向量记作 $\vec{R} = [R_1, R_2, \dots, R_m]_{1 \times m}$ ,通过向量乘法可以得到式(9):

$$\vec{f}\vec{R} = \begin{bmatrix} f_1R_1 & f_1R_2 & \dots & f_1R_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_nR_1 & f_nR_2 & \dots & f_nR_m \end{bmatrix} \quad (9)$$

从式(9)的n行m列矩阵可以得到任何一种制度与生产要素的组合,能够满足所有的分析场景,由此可得内含了制度要素的生产函数式(10):

$$Y_i = F_i(\vec{f}\vec{R}) \quad (10)$$

当前,人类社会正处在新旧康波周期交替阶段,纳米技术、生物技术、区块链等技术不断涌现,有些技术属于颠覆性技术,具有改变生产关系的力量,甚至可以对社会进行重构,新技术在应用过程中必然会引发更大的社会争议。变革性的技术创新本质上是通过引入新的经济组织形式以改变经济运行。例如,稳步推动科层制经营管理结构的调整,逐步培育适合数字经济的新组织形态DAO<sup>[20]</sup>。尽管市场经济有利于创新发生,但创新面对的制度阻碍,尤其是破坏性创新对现有经济结构造成较大冲击的可能性形成了较大的摩擦成本和经济波动,只靠市场本身很难克服其中的一些困难。如果政府介入该领域,前提是政府确实了解技术创新推进的关键环节和机制,有助于稳步和妥善地打造更适合技术创新的社会制度和经济环境。例如,为某些行业的企业技术设备改造升级提供税收优惠或补贴,提供对新通用性技术的公益性培训,支持新兴产业集聚或新商业模式试点,解决因结构性失业而下岗的员工再就业问题等,这些都能起到减少或清除技术创新障碍的作用。

## 六、总 结

在发展经济学所确立的经济增长函数中,一些重要的生产要素作为自变量,通过内在相互关系和作用,解释了经济产出这一因变量。劳动、土地和资本是经典理论确认的主要生产力要素,生产函数在处理其他要素的影响时,将技术、制度等纳入一个无法分解的剩余项中。随着社会发展,人们对生产力要素影响生产力的认知也在不断深化。本文尝试通过在生产函数中引入数据要素,构建一个理论框架解释如何在生产函数中实现技术和制度的内生性。

将数据要素纳入生产函数的前提是明确数据要素在经济增长中的角色和作用,可以将其作为元概念,解释知识和技术的产生机制,并揭示数据要素本身的变化规律,以及对其他生产要素的影响。在人类文明的初期,人类通过对自然界的观察、交流,甚至求助于巫术,缓慢而持续地积累着生存所需的知识、经验和技能,形成了当时的技术,因为当时的人类对数据的认知和加工方法非常粗浅,所以在传统的经济增长过程中没有出现数据要素,但这并不说明数据要素不重要。进入数字经济时代后,人类利用人工智能技术可以对数据要素进行具有更高经济价值的加工和利用,从而提升生产力水平。在这种情况下,数据要素显然已经成为无法忽视的生产要素。

本文尝试将广义技术作为数据要素的函数,分析了数据要素在数据资本化过程中对劳动和资本的重构,构建了一个用于解释人类社会各个发展阶段的新生产函数,以实现技术内生性。这个生产函数不仅适用于数字经济时代,同时也可以解释农业经济时代、工业经济时代的经济增长过程和特点。通过分析技术创新在社会推广应用过程中遭遇的困难,本文初步讨论了制度对经济增长的影响,提出制度也具有内生性的观点。本文认为,技术上的变革需要社会制度的互补性变革,

技术、经济和相关制度应作为一体化系统共同进化。

本文采用生产函数作为解释工具具有一定的局限性。由于数学模型本身难以细致把握各种要素的动态变化,而且不适合进行大数据模拟,数学模型具有难以克服的缺陷。有学者提出用“算法”代替生产函数进行研究,如利用智能体建模(ABM)、基于主体的计算经济学(ACE)模拟经济个体在不同政策环境和制度下的决策,探讨政策和制度变化给经济增长带来的影响<sup>[21]</sup>。本文赞同且认为,基于大数据人工智能的处理能力,会将信息不对称性造成的负面影响极大弱化,使得嵌入了制度的生产函数也更容易进行分析和模拟。如果适当运用人工智能辅助决策,还可以减少人的行为和情绪带来的偏误,使得生产要素之间的关系变得更加清晰。

由本文构建的内嵌数据要素的生产函数模型可以提出以下政策建议:第一,数字经济的活力将取决于使用者对数据要素的处理能力和应用水平,这是技术创新的核心和基础,同时技术创新对生产力的提升体现在新技术的应用速度、广度和深度。提高生产力的政策立足点和出发点也在于此。第二,制度和政策需要不断改善,纳入数据要素的生产函数模型可以推导出制度改善的两大目标,即有助于建设开放、公平、公正的教育体系,培养创新人才,并有助于培育透明、公平、有序竞争的商业环境,促进技术创新快速、广泛应用。

#### 参考文献:

- [1] SOLOW R M. A Contribution to the theory of economic growth[J]. Quarterly journal of economics, 1956, 70 (1): 65-94.
- [2] BARRO R J, Sala-i-Martin X. Convergence[J]. Journal of political economy, 1992, 100 (2): 223-251.
- [3] ROMER P M. Increasing returns and long-run growth[J]. Journal of political economy, 1986, 94 (5): 1002-1037.
- [4] ROMER P M. Endogenous technological change[J]. Journal of political economy, 1990, 98 (5): 71-102.
- [5] SCHULTZ T W. Investment in human capital[J]. The American economic review, 1961, 51 (1): 1-17.
- [6] BECKER G S. Investment in human capital: a theoretical analysis[J]. Journal of political economy, 1962, 70 (5): 9-49.
- [7] LUCAS R E. On the mechanics of economic development[J]. Journal of monetary economics, 1988, 22 (1): 3-42.
- [8] 约瑟夫·斯蒂格利茨. 美国真相: 民众、政府和市场势力的失衡与再平衡[M]. 刘斌, 刘一鸣, 等, 译. 北京: 机械工业出版社, 2020: 182.
- [9] ACKOFF R L. From data to wisdom[J]. Journal of applied system analysis, 1989, 16(1): 3-9.
- [10] 奥戴德·盖勒. 统一增长理论[M]. 杨斌, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2017: 227.
- [11] 郑磊. 通证数字经济实现路径: 产业数字化与数据资产化[J]. 财经问题研究, 2020(5): 48-55.
- [12] AB财经社. 数字资本的含义是什么? 及数字资本的特点有哪些?[EB/OL]. (2023-04-13)[2024-02-13]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1763049822525350125&wfr=spider&for=pc>.
- [13] 乔纳森·哈斯克, 斯蒂安·韦斯特莱克. 无形经济的崛起[M]. 谢欣, 译. 北京: 中信出版社, 2020: 25-34.
- [14] 陈昌盛, 许伟. 数字宏观: 数字时代的宏观经济管理变革[M]. 北京: 中信出版社, 2022.
- [15] 郑磊. 百年来中美经济对比与预判——基于康波周期的大历史视角分析[J]. 东北财经大学学报, 2005(5): 3-8.
- [16] 郑磊. 数据要素的经济解释[N]. 21世纪经济报道, 2022-10-10(T9).
- [17] 卡莱斯·朱马. 创新进化史[M]. 孙红贵, 杨泓, 译. 广州: 广东人民出版社, 2019: 67-184.
- [18] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论[M]. 郭武军, 译. 北京: 中国华侨出版社, 2020: 53-88.
- [19] 奥戴德·盖勒. 人类之旅: 财富与不平等的起源[M]. 余江, 译. 北京: 中信出版社, 2022: 58-62.
- [20] 郑磊. 元宇宙中的管理创新: 从科层到DAO[J]. 东北财经大学学报, 2023(1): 39-46.
- [21] 谢丹阳, 周泽茜. 经济增长理论的变迁与未来: 生产函数演变的视角[J]. 经济评论, 2019(3): 37-39.

## Data Reshaping Productivity: A Discussion on Embedding Data Elements into Production Functions

ZHENG Lei<sup>1, 2</sup>

(1. Shenzhen Finance Institute, The Chinese University of Hong Kong (Shenzhen), Shenzhen 518000, China;

2. Samoyed Cloud Technology Group, Hong Kong 999077, China)

**Summary:** Development economics employs the production function to explain the mechanism of changes in productive forces. In this function, significant production factors serve as independent variables and explain the dependent variable of economic output through internal relations and interactions. Labor, land, and capital are the main productive factors adopted by classical theory. When dealing with the influence of other factors, the production function incorporates technology, institutions, etc., into an indivisible residual term. With the development of social economy, people's understanding of the impact of the factors on productive forces is also continuously deepening. After recognizing the impact of technology and institutions on productive forces, a comprehensive method for internalizing technology and institutions has yet to be found. Thus we attempt to construct a theoretical framework to explain these issues by introducing data elements into the production function.

The prerequisite for incorporating data elements into the production function is to delineate their roles and functions in the process of economic growth. It can be used as a meta concept to explain the dynamic mechanism of knowledge and technology, and reveal the changing patterns of data elements themselves, and their impact on other production factors. The absence of data elements in the traditional process of economic growth does not mean that they did not exist in the early stages of human civilization, but rather were less conspicuous and significant. Information, knowledge, and skills can be seen as the products of data processing, while computers enable humans to process and utilize natural and social information at the data level, which is an achievement achieved by human beings in the industrialization stage. By utilizing artificial intelligence technology, we can process and utilize data elements to produce higher economic value, thereby enhancing the level of productive forces. In this situation, data elements have clearly become an indispensable production factor, as well as the main driving force for productive forces and economic growth.

This paper uses generalized technology as a function of data elements, analyzing the reconstruction of labor and capital by data elements in the process of data capitalization, and constructing a new production function to explain human society's development stages, in order to achieve technological internalization. We can use this production function to explain the economic growth process and characteristics of the agricultural and industrial eras. This paper preliminarily discusses the difficulties encountered in the promotion and application of innovation in society, and the impact of factors such as institutions and social culture on economic growth, and proposes the view that institutions also have endogeneity.

**Key words:** data elements; data capitalization; economic growth; innovation; institutional factors

(责任编辑: 邓 菁)