

数字资本积累与产业结构转型： 中国 1981—2020^{*}

刘征驰 陈文武 李慧子

内容提要：利用数字技术投资推动产业结构转型升级，需要厘清数字资本影响产业结构转型的理论机制与历史经验。本文通过构建一个包含数字资本的多部门一般均衡模型，分析了数字资本积累通过价格效应和收入效应影响产业结构的理论机制。基于此，本文进一步量化分析了数字资本积累对中国 1981—2020 年产业结构转型的影响。研究发现，数字资本积累使得农业和工业产出比重分别降低了 8.27 和 1.49 个百分点，使得服务业产出比重提高了 9.75 个百分点。其中农业数字资本积累是农业产出比重降低和服务业产出比重提高的主要驱动力，工业数字资本积累是工业产出比重降低的主要驱动力。此外，在数字资本积累对中国产业结构转型的影响中，先是收入效应起主导作用，后是价格效应起主导作用。本文从数字资本积累的视角发展了产业结构转型领域的理论与定量研究，对中国利用数字技术投资推动产业结构转型升级，助力经济高质量发展具有重要参考意义。

关键词：数字经济 数字资本 产业结构

作者简介：刘征驰，湖南大学经济与贸易学院数字经济系主任、教授，410079；

陈文武，湖南大学经济与贸易学院博士研究生，410079；

李慧子，湖南大学经济与贸易学院博士研究生，410079。

中图分类号：F061.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1002-8102(2024)03-0164-17

一、引言

改革开放以来，中国经济创造了举世瞩目的“增长奇迹”。与此同时，中国经济的产业结构也经历了巨大转型。正如著名的“库兹涅茨事实”所指出的，经济的发展会经历农业产出比重逐渐下降，服务业产出比重逐渐上升，工业产出比重先上升后下降的产业结构转型过程(Kuznets, 1973)。

^{*} 基金项目：国家自然科学基金面上项目“集体知识行动视阈下对等创新社群治理机制研究”(72071073)；湖南省社会科学基金项目“数据赋能情境下互联网平台治理机制研究”(22YBA039)；长沙市社会科学基金项目“新兴技术赋能下数据要素市场运行及治理机制研究”(J0216875)。感谢匿名审稿专家的宝贵意见，文责自负。陈文武电子邮箱：wenwuchen@hnu.edu.cn。

过去几十年,中国经济发展的历史也基本符合这一产业结构转型趋势。

针对产业结构转型的库兹涅茨事实,已有文献进行了广泛而深入的讨论。价格效应与收入效应被认为是驱动产业结构转型的主要因素(Herrendorf等,2014)。价格效应由Baumol(1967)提出,指不同产业部门技术进步率差异带来相对价格变化,进而引起产业结构变化(Ngai和Pissarides,2007)。收入效应源自恩格尔定律,指由居民收入变化带来的产业结构变化(Kongsamut等,2001)。此外,也有部分文献研究了资本深化、国际贸易、投资结构等因素对产业结构转型的影响(Acemoglu和Guerrieri,2008;Uy等,2013;García-Santana等,2021)。基于此,郭凯明等(2017)测算了中国产业结构转型中的价格效应与收入效应。此外,既有文献还分别考察了市场摩擦(盖庆恩等,2013)、人口红利(颜色等,2022)、基础设施(郭凯明、王藤桥,2019)以及政府决策(Dekle和Vandenbroucke,2012;余泳泽等,2020;齐鹰飞和Li,2020)等因素对中国产业结构转型的影响。

近年来,随着数字技术的快速发展,数字经济与传统产业深度融合,对中国产业结构产生了深远影响。在此背景下,郭凯明(2019)、田秀娟和李睿(2022)从理论上分析了人工智能等数字技术影响产业结构转型的理论机制。但鉴于衡量数字技术应用的数据不可得,尚未有文献定量分析评估数字技术应用对中国产业结构转型的影响。然而,在当前数字经济快速发展的背景下,亟须借助数字技术手段推动中国产业结构转型升级,助力中国经济高质量发展。这不仅需要厘清数字技术影响产业结构转型的理论机制,也需要梳理评估其影响中国产业结构转型的历史经验。

为此,本文从数字资本积累的视角出发,在理论和定量两方面综合分析数字资本对中国产业结构转型的影响。具体地,本文首先构建包含数字资本的多部门一般均衡模型,分析数字资本积累通过价格效应和收入效应影响产业结构转型的理论机制。其次,基于本文模型框架构造了1981—2020年中国农业、工业和服务业的数字资本存量、非数字资本存量、产出以及劳动投入等变量,并对模型相关参数进行估计和校准,进而定量分析了数字资本积累对中国产业结构转型的影响。本文主要研究发为:(1)数字资本积累对中国1981—2020年间的产业结构转型产生了显著影响;(2)农业数字资本积累是推动农业产出比重下降和服务业产出比重上升的主要驱动力,工业数字资本积累是推动工业产业比重下降的主要驱动力;(3)在数字资本积累对中国产业结构转型的影响中,先是收入效应起主导作用,后是价格效应起主导作用。

与已有文献相比,本研究的贡献和创新主要有以下三个方面。

一是在现实贡献方面。在当前数字技术快速发展,并与国民经济各行业广泛融合的时代背景下,利用数字技术推动产业结构转型升级是中国经济高质量发展的内在要求。因此,厘清数字技术应用影响产业结构转型的理论机制,并定量剖析其对中国产业结构转型的驱动作用,不仅有利于进一步认清过去几十年中国产业结构转型的原动力,对未来推动中国经济由高速增长向高质量发展转型也具有重要现实意义。

二是在理论研究方面。虽然最近已有一些文献从技术特征的视角分析了人工智能等数字技术影响产业结构转型的理论机制(郭凯明,2019;田秀娟、李睿,2022)。但与这些文献不同,本文从数字资本积累的视角分析数字技术影响产业结构转型的经济机制,从而进一步拓展了数字经济与产业结构转型领域的理论研究。

三是在定量分析方面。已有文献主要利用计量回归的方法探讨数字经济的宏观经济效应(张勋等,2019;赵涛等,2020)。与已有文献不同,本文利用参数校准和反事实模拟的方法定量分析数

字资本积累对中国产业结构转型的影响,不仅能够有效克服宏观经济数据的内生性问题,而且能够进一步从产业和效应两个维度分解数字资本积累对中国产业结构转型的影响。这既深化了有关数字经济的宏观定量研究,也为认识数字资本积累对中国经济发展历史进程中产业结构转型的作用提供了进一步的实证论据。

本文余下部分安排如下。第二部分归纳1981—2020年中国经济中农业、工业和服务业的数字资本积累过程,及其对农业、工业和服务业生产效率产生差异性影响的特征事实;第三部分构建刻画农业、工业和服务业数字资本积累特征的模型框架;第四部分分析数字资本积累影响产业结构转型的理论机制;第五部分利用中国投入产出表与统计年鉴构造性地计算农业、工业和服务业数字资本存量及其他模型的变量,并对模型参数进行估计和校准,进而定量分析数字资本积累对中国1981—2020年产业结构转型的影响;第六部分总结全文并评述。

二、特征事实

根据国家统计局公布的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,数字经济可分为数字产业化和产业数字化两部分。数字产业化是指为产业数字化提供数字产品或服务的部门;产业数字化是指应用数字技术为传统产业带来效率提升,是数字经济与实体经济的融合。数字产业化作为一种新型工业或服务业,其发展可以直接不同程度地提高工业和服务业生产效率;产业数字化则通过与国民经济各行业进行渗透和融合,差异性提高农业、工业和服务业等传统产业生产效率。具体而言,产业数字化可以通过推动农业机械化、促进农业技术进步与采用提高农业生产效率(孙学涛等,2022);通过降低交易成本、减少资源错配和促进创新等方式提高工业生产效率(黄群慧等,2019;史丹、孙光林,2022);通过突破服务时空限制,改变服务不可储存、不可贸易的性质等方式提高服务业生产效率(江小涓、罗立彬,2019)。

无论是数字产业化还是产业数字化,其核心基础都是数字技术的应用,而数字技术的应用需要通过数字资本投资与积累实现(Jorgenson 和 Stiroh, 1999; Jorgenson, 2001; Jorgenson 和 Vu, 2005)。因此,为分析数字技术应用对中国产业结构转型的影响,本文在许宪春和张美慧(2020)、蔡跃洲和牛新星(2021)的基础上,以国家统计局公布的《国民经济行业分类》(GBT 4754-2017)、《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》、《三次产业划分规定(2012)》为标准,基于国家统计局和中国产业生产率数据库(China Industrial Productivity Database, CIP)公布的投入产出表中相关行业资本形成总额及中间投入数据,利用永续盘存法首次测算了1981—2020年中国农业、工业和服务业的数字资本存量,测算结果如图1所示。

由图1可知,在1981—2020年间,中国的农业、工业和服务业经历了不同程度的数字资本积累过程。具体地,在1981年,农业、工业和服务业中的数字资本存量分别为0.24亿元、20.19亿元、9.79亿元,此时数字资本存量在农业、工业和服务业中的比重分别为0.78%、66.83%、32.40%。2020年,农业、工业和服务业的数字资本存量分别增长至35.65亿元、8603.91亿元、5786.71亿元,此时数字资本存量在农业、工业和服务业中的比重变为0.25%、59.64%、40.11%。1981—2020年,从绝对值看,农业、工业和服务业数字资本存量分别增长了147.54倍、425.15倍、590.08倍,年均增长率分别为13.38%、16.34%、17.30%;从相对值看,农业和工业的数字资本存量占比下降,服务业的数字资本存量占比上升。

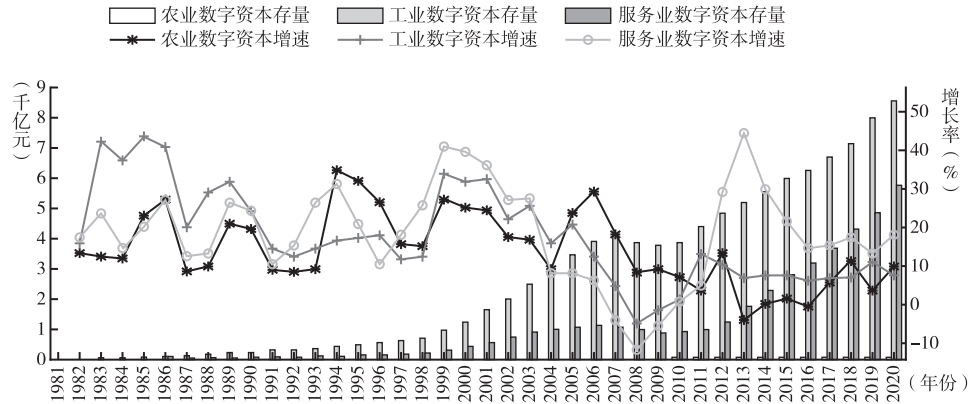


图1 1981—2020年各产业数字资本存量及其增速

综合上述对数字产业化、产业数字化以及数字资本存量数据的分析讨论可知,中国经济中农业、工业和服务业数字资本积累过程存在两方面的特征:(1)农业、工业和服务业的数字资本积累过程存在差异;(2)数字资本积累对农业、工业和服务业全要素生产率的影响存在差异。本文模型将刻画数字资本积累这两方面的特征,并在此基础上进一步从理论和定量两方面分析数字资本积累对中国产业结构转型的影响。

三、模型框架

这一部分拓展 Acemoglu 和 Guerrieri(2008)、Herrendorf 等(2013)的研究,构建能够刻画数字资本积累前述两方面特征的多部门一般均衡模型,以探究数字资本积累通过价格效应和收入效应影响产业结构转型的理论机制,并为后文定量分析部分提供数据核算框架。

模型的生产方面由农业、工业、服务业三个产业构成,分别用下标 $j = \{a, m, s\}$ 表示。每个产业由一个代表性企业在完全竞争市场环境下使用数字资本、非数字资本和劳动三种生产要素进行生产。其中数字资本来自政府数字化转型部门的投资,非数字资本来自企业投资。模型的需求方面由消费需求和投资需求两部分构成。

生产方面,农业、工业和服务业的代表性企业在完全竞争市场环境下租用非数字资本 K_{jt}^{nd} 、雇佣劳动力 L_{jt} ,采用 Cobb-Douglas 型技术生产产出 Y_{jt} :

$$Y_{jt} = A_{jt} (K_{jt}^d)^{\gamma_j} \times (K_{jt}^{nd})^{\alpha_j} \times L_{jt}^{1-\alpha_j} \quad (1)$$

其中, A_{jt} 为技术参数, $\alpha_j, 1 - \alpha_j$ 分别表示非数字资本和劳动的产出弹性。 $A_{jt} (K_{jt}^d)^{\gamma_j}$ 衡量产业部门 j 的全要素生产率,其中 K_{jt}^d 表示数字资本存量,来自政府部门的数字资本投资。参数 $\gamma_j > 0$ 表示数字资本对产业 j 全要素生产率的弹性,体现数字资本对各产业部门全要素生产率的差异性影响。

令 P_{jt} 、 r_t 和 w_{jt} 分别表示产业部门 j 的产品价格、非数字资本租金和劳动力工资水平,则由企业利润最大化问题的一阶条件可得:

$$r_t K_{jt}^{nd} = \alpha_j P_{jt} Y_{jt} \quad (2)$$

$$w_{jt} L_{jt} = (1 - \alpha_j) P_{jt} Y_{jt} \quad (3)$$

在消费需求方面,考虑最大化以下当期复合消费的代表性居户:

$$C_t = [\omega_a \frac{1}{\varepsilon} (C_{at} + \bar{C}_a)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + \omega_m \frac{1}{\varepsilon} (C_{mt} + \bar{C}_m)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + \omega_s \frac{1}{\varepsilon} (C_{st} + \bar{C}_s)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (4)$$

其中,参数 $0 < \omega_a, \omega_m, \omega_s < 1$ 为常数,且 $\omega_a + \omega_m + \omega_s = 1$ 。参数 $\varepsilon > 0$ 为常数,表示居户对农业、工业、服务业三个产业部门产品的消费替代弹性。非位似项 $\bar{C}_a, \bar{C}_m, \bar{C}_s$ 为常数,且 $\bar{C}_a, \bar{C}_m, \bar{C}_s \neq 0$, 这使得居户对农业、工业和服务业产品的需求收入弹性存在差异(Kongsamut等,2001)。

求解消费者效用最大化问题,可得以下居户支出构成:

$$\frac{P_{jt}(C_{jt} + \bar{C}_j)}{P_{j't}(C_{j't} + \bar{C}_{j'})} = \frac{\omega_j}{\omega_{j'}} \left(\frac{P_{jt}}{P_{j't}} \right)^{1-\varepsilon} \quad (5)$$

在投资需求方面,由于本文关注数字资本积累通过价格效应和收入效应对产业结构的影响,为隔绝投资构成的影响,我们假设农业、工业和服务业的投资品 I_{jt} 以下函数形式聚合成总投资 I_t :

$$I_t = \sum_{j=a,m,s} I_{jt} \quad (6)$$

假设在每一时期 t , 投资 I_t 的 τ_t 比例被政府以转移支付的方式用于数字资本投资,剩余部分企业自留,用于非数字资本投资。令 I_t^d, I_t^{nd} 分别表示数字资本投资和非数字资本投资,则有 $I_t^d = \tau_t I_t$ 、 $I_t^{nd} = (1 - \tau_t) I_t$ 。因此,非数字资本存量的积累方程为:

$$K_t^{nd} = (1 - \delta^{nd}) K_{t-1}^{nd} + I_t^{nd} \quad (7)$$

其中 δ^{nd} 表示非数字资本折旧率。假设政府部门在每一时期 t 按 $\chi_{at}, \chi_{mt}, \chi_{st}$ 的比例将非数字资本投资总量分配至农业、工业与服务业,且 $\chi_{at} + \chi_{mt} + \chi_{st} = 1$ 。因此,农业、工业、服务业的数字资本积累方程为:

$$K_{jt}^d = (1 - \delta^d) K_{j,t-1}^d + I_{jt}^d \quad (8)$$

其中 $I_{jt}^d = \chi_{jt} I_t^d$, 表示政府部门分别对农业、工业与服务业的数字资本投资, δ^d 表示数字资本折旧率。

要素市场出清条件为,农业、工业和服务业的非数字资本投入之和与劳动投入之和分别等于非数字资本总供给与劳动总供给,即:

$$K_{at}^{nd} + K_{mt}^{nd} + K_{st}^{nd} = K_t^{nd} \quad (9)$$

$$L_{at} + L_{mt} + L_{st} = L_t \quad (10)$$

劳动力总供给 L_t , 以及农业、工业和服务业的劳动力供给 L_{at}, L_{mt}, L_{st} 外生给定。

产品市场出清条件为,农业、工业和服务业的消费与投资之和分别等于其产出,即:

$$Y_{jt} = C_{jt} + I_{jt} \quad (11)$$

四、理论分析

这一部分基于上述模型框架进行理论分析,主要关注农业、工业和服务业的数字资本积累通

过价格效应和收入效应影响产业结构的理论机制。

(一) 数字资本与产业结构

定义 x_{jt}^y 为产业 j 的名义产出比重, $x_{jt}^{k^{nd}}$ 为产业 j 的非数字资本比重, 即:

$$x_{jt}^y \equiv \frac{P_{jt} Y_{jt}}{\sum_j P_{j't} Y_{j't}}, \quad x_{jt}^{k^{nd}} \equiv \frac{K_{jt}^{nd}}{K_t^{nd}} \quad (12)$$

在本文模型中, 产业结构转型就体现为 x_{jt}^y 和 $x_{jt}^{k^{nd}}$ 的变化。由式(2)可得 x_{jt}^y 和 $x_{jt}^{k^{nd}}$ 之间的关系式 $x_{jt}^{k^{nd}}/x_{j't}^{k^{nd}} = \alpha_j x_{jt}^y / \alpha_{j'} x_{j't}^y$ 。由此可知, x_{jt}^y 和 $x_{jt}^{k^{nd}}$ 同方向变化。因此, 本文选择 x_{jt}^y 作为分析基准, 并以 x_{jt}^y 的变化来衡量产业结构转型。令 s_t 表示储蓄率, 则有:

$$\sum_{j=\{a, m, s\}} P_{jt} C_{jt} = (1 - s_t) \sum_{j=\{a, m, s\}} P_{jt} Y_{jt} \quad (13)$$

结合式(5)和式(13), 可将农业、工业、服务业的名义产出比重表示为:

$$x_{jt}^y = \frac{\omega_j}{\sum_{j'=\{a, m, s\}} \omega_{j'} (P_{j't}/P_{jt})^{1-\varepsilon}} \left(1 - s_t + \frac{\sum_{j'=\{a, m, s\}} P_{j't} \bar{C}_{j'}}{\sum_{j'=\{a, m, s\}} P_{j't} Y_{j't}} \right) - \frac{P_{jt} \bar{C}_j}{\sum_{j'=\{a, m, s\}} P_{j't} Y_{j't}} \quad (14)$$

再利用式(1)和式(2), 可将式(14)中的相对价格表示为:

$$\frac{P_{jt}}{P_{j't}} = \frac{\alpha_{j'} A_{j't} (k_{j't}^{nd})^{\alpha_{j'}-1} (K_{j't}^d)^{\gamma_{j'}}}{\alpha_j A_{jt} (k_{jt}^{nd})^{\alpha_j-1} (K_{jt}^d)^{\gamma_j}} \quad (15)$$

其中 $k_{jt}^{nd} \equiv K_{jt}^{nd}/L_{jt}$ 表示产业 j 的劳均非数字资本。上述式(14)、式(15)表明, 数字资本积累一方面可以通过影响产业相对价格 $P_{jt}/P_{j't}$ 带来产业结构变化, 另一方面也可以通过影响总产出水平 $\sum_j P_{jt} Y_{jt}$ 引起产业结构变化, 即数字资本积累的价格效应与收入效应。具体地, 式(14)中的 $(P_{j't}/P_{jt})^{1-\varepsilon}$ 和包含 \bar{C}_j 的项分别捕捉了部门数字资本积累通过价格效应和收入效应影响产业结构转型的理论机制。下文将分别对其进行具体分析。

(二) 价格效应

首先分析各部门数字资本积累通过价格效应影响产业结构转型的经济机制。不妨令非位似项 $\bar{C}_j = 0, j = \{a, m, s\}$, 以分离出部门数字资本积累通过价格效应影响产业结构转型的经济机制。将式(15)代入式(14)可得:

$$x_{jt}^y = \frac{(1 - s_t) \omega_j}{\sum_{j'=\{a, m, s\}} \omega_{j'} \left[\alpha_j A_{jt} (k_{jt}^{nd})^{\alpha_j-1} / \alpha_{j'} A_{j't} (k_{j't}^{nd})^{\alpha_{j'}-1} \right]^{1-\varepsilon} \left[(K_{jt}^d)^{\gamma_j} / (K_{j't}^d)^{\gamma_{j'}} \right]^{1-\varepsilon}} \quad (16)$$

式(16)中的 $\left[(K_{jt}^d)^{\gamma_j} / (K_{j't}^d)^{\gamma_{j'}} \right]^{1-\varepsilon}$ 项捕捉了部门数字资本积累通过价格效应影响产业结构转型的经济机制。具体地, 随着产业 j 的数字资本积累, 即数字资本存量 K_{jt}^d 的相对增加, 该产业的全要素生产率水平将相对提高, 进而使得该产业相对价格下降。产业相对价格下降使得实际产出相对上升, 当产业替代弹性较大 ($\varepsilon > 1$) 时, 相对实际产出的上升幅度将大于相对价格的下降幅度, 使得该产业的名义产出相对上升, 即该产业的名义产出比重上升。反之亦然。具体而言, 不失一般性, 考

虑所有产业的数字资本存量都增加 x_p ($x_p > 1$) 倍, 且 $\gamma_j > \gamma_{j'}$ 的情形。由式(16)可知, 此时若替代弹性较大 ($\varepsilon > 1$), 产业 j 的名义产出比重将变为原来的 $x_p^{(\gamma_j - \gamma_{j'}) (\varepsilon - 1)} > 1$ 倍, 即在其他因素不变的情况下, 产业部门 j 的名义产出比重上升。

综合上述分析, 可得以下命题 1。

命题 1 (数字资本积累影响产业结构转型的价格效应): 数字资本积累通过提高各产业全要素生产率, 进而影响产业结构的方向取决于替代弹性 ε 的取值范围, 及其对产业全要素生产率的弹性 γ_j 的相对大小。当 $\varepsilon > 1$ ($\varepsilon < 1$), 且 $\gamma_j > \gamma_{j'}$ ($\gamma_j < \gamma_{j'}$) 时, 数字资本积累提高 (降低) 产业 j 的名义产出比重, 降低 (提高) 其他产业 j' 的名义产出比重。

(三) 收入效应

其次分析部门数字资本积累通过收入效应影响产业结构转型的经济机制。随着各产业部门的数字资本积累, 各产业部门全要素生产率提高, 从而社会总生产力水平提高, 进而使得居民收入水平提高。由于居民对各产业部门产品的需求收入弹性存在差异, 收入水平的提高将引起各产业的相对名义产出变化。具体而言, 不失一般性, 考虑 $\bar{C}_m = \bar{C}_s = 0, \bar{C}_a < 0$, 即农业产品的需求收入弹性较小的情形。此时可将式(14)表示为:

$$x_{at}^y = \frac{\omega_a P_{at}^{1-\varepsilon}}{\sum_{j=[a, m, s]} \omega_j P_{jt}^{1-\varepsilon}} (1 - s_t) - \frac{\omega_m P_{mt}^{1-\varepsilon} + \omega_s P_{st}^{1-\varepsilon}}{\sum_{j=[a, m, s]} \omega_j P_{jt}^{1-\varepsilon}} \frac{P_{at} \bar{C}_a}{\sum_{j=[a, m, s]} P_{jt} Y_{jt}} \quad (17)$$

$$x_{mt}^y = \frac{\omega_m P_{mt}^{1-\varepsilon}}{\sum_{j=[a, m, s]} \omega_j P_{jt}^{1-\varepsilon}} (1 - s_t) + \frac{\omega_m P_{mt}^{1-\varepsilon}}{\sum_{j=[a, m, s]} \omega_j P_{jt}^{1-\varepsilon}} \frac{P_{at} \bar{C}_a}{\sum_{j=[a, m, s]} P_{jt} Y_{jt}} \quad (18)$$

$$x_{st}^y = \frac{\omega_s P_{st}^{1-\varepsilon}}{\sum_{j=[a, m, s]} \omega_j P_{jt}^{1-\varepsilon}} (1 - s_t) + \frac{\omega_s P_{st}^{1-\varepsilon}}{\sum_{j=[a, m, s]} \omega_j P_{jt}^{1-\varepsilon}} \frac{P_{at} \bar{C}_a}{\sum_{j=[a, m, s]} P_{jt} Y_{jt}} \quad (19)$$

由式(17)~式(19)可知, 当 $\bar{C}_a < 0$, 即农业产品需求收入弹性小于 1 时 (Kongsamut 等, 2001), 在其他因素不变的情况下, 随着各产业部门的数字资本积累, 居民收入水平 $\sum_j P_{jt} Y_{jt}$ 随之提高, 这使得农业名义产出比重下降, 工业和服务业名义产出比重上升。其他情形的分析类似。例如, 不失一般性, 考虑所有产业的数字资本存量都增加 x_y 倍, 且 $\gamma_j = \gamma_{j'}$ 的情形。此时, 农业、工业与服务业的相对价格 $P_j/P_{j'}$ 不变, 但居民收入水平增长至原来的 $x_y^{\gamma_j}$ 倍。由于 $\bar{C}_a < 0$, 这将使农业名义产出比重下降, 工业和服务业名义产出比重上升。

综合上述分析, 可得以下命题 2:

命题 2 (数字资本积累影响产业结构转型的收入效应): 数字资本积累通过提高居民收入水平对产业结构的影响方向取决于各产业的需求收入弹性。当部门 j 的需求收入弹性小于 1 ($\bar{C}_j < 0$) 时, 数字资本积累提高其名义产出比重, 反之则降低。

五、定量分析

基于前文的模型框架和理论分析, 这一部分以 1981—2020 年的中国经济数据为样本, 首先对模型外生变量进行构造性计算, 对模型相关参数进行估计和校准, 然后在此基础上定量分析数字

资本积累对中国产业结构转型的影响,最后从产业和效应两个维度对这一影响进行分解。

(一)变量构造

为与模型相对应,本文将国家统计局划分的第一产业、第二产业、第三产业分别与模型中的农业、工业和服务业相对应。需要说明的是,虽然国家统计局划分的第一产业、第二产业和第三产业与农业、工业、服务业不完全对应,但本文使用农业、工业和服务业的广义范畴,忽略产业划分的这一差别。

为估计农业、工业和服务业部门生产函数中的参数、数字资本总投资比重以及各产业数字资本投资比重,需要计算各产业的实际产出 Y_{jt} 、劳动投入 L_{jt} 、数字资本存量 K_{jt}^d 以及非数字资本存量 K_{jt}^{nd} 。对于农业、工业和服务业实际产出 Y_{jt} 。首先,利用国家统计局公布的各产业名义增加值与增加值指数数据,计算得到1981年价格被标准化为1的农业、工业和服务业的价格水平。然后,分别用农业、工业和服务业的名义增加值除以价格水平,即可得到农业、工业和服务业的实际增加值。用农业、工业和服务业的名义增加值和实际增加值的数据分别作为本文模型中农业、工业和服务业的名义产出 $P_{jt}Y_{jt}$ 和实际产出 Y_{jt} 的数据。对于农业、工业和服务业的劳动投入 L_{jt} ,考虑到1990年国家统计局对统计口径的调整,本文分别采用Holz(2006)和国家统计局公布的数据作为1981—1989年和1990—2020年的劳动投入。

最后,构造性地计算农业、工业和服务业的数字资本存量 K_{jt}^d 和非数字资本存量 K_{jt}^{nd} 。①将国家统计局公布的资本形成总额作为总名义投资,其中既包括了数字资本名义投资,也包括了非数字资本名义投资。根据国家统计局公布的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,生产数字资本的产业基本可以归属于《国民经济行业分类》(GBT 4754-2017)中的“计算机、通信和其他电子设备制造业”和“信息传输、软件和信息技术服务业”。因此,本文将“计算机、通信和其他电子设备制造业”的资本形成总额作为数字硬件名义投资,将“信息传输、软件和信息技术服务业”的资本形成总额作为数字软件名义投资。数字硬件投资和数字软件投资共同构成数字资本投资。

基于国家统计局和CIP公布的投入产出表可得“计算机、通信和其他电子设备制造业”以及“信息传输、软件和信息技术服务业”的资本形成总额。②“计算机、通信和其他电子设备制造业”属于工业,“信息传输、软件和信息技术服务业”属于服务业。因此,分别将“计算机、通信和其他电子设备制造业”“信息传输、软件和信息技术服务业”的资本形成总额除以工业、服务业价格水平,即可得到数字硬件、软件实际投资。将数字硬件、软件实际投资相加得到数字资本实际投资。

前述数字硬件、数字软件投资数据是农业、工业和服务业的数字硬件投资总额和数字软件投资总额。因此需要利用各产业的数字硬件、软件投资比重数据来计算分产业的数字资本投资。参考许宪春和张美慧(2020)的方法,定义并引入“产业数字硬件技术应用强度系数”和“产业数字软件技术应用强度系数”两个工具系数,并分别用该工具系数作为各产业数字硬件、软件投资比重的估计值。对产业数字硬件、软件技术应用强度系数的定义用公式表示如下:

$$\text{产业}j\text{数字硬件(软件)技术应用强度系数} = \frac{\text{产业}j\text{的数字硬件(软件)中间品投入占比}}{\sum_{j' \in \{a, m, s\}} \text{产业}j'\text{的数字硬件(软件)中间品投入占比}}$$

① 由于版面所限,本文无法对数字资本与非数字资本的测算方法与结果进行详细介绍,相关详细数据与过程留存备案。

② CIP公布了1981—2010年的中国投入产出表,国家统计局公布了2002年、2005年、2007年、2010年、2012年、2015年、2017年、2018年和2020年的投入产出表。为此,本文首先计算有数据年份的数字硬件、软件投资比重,然后再通过插值法得到缺失年份的数据。

基于上述对产业数字硬件、软件技术应用强度系数的定义,利用国家统计局和CIP公布的投入产出表数据,即可计算其估计值。然后,参考王亚菲和王春云(2017)的做法,以上述两个工具系数的估计值为基准,将数字硬件、软件实际投资分配至农业、工业和服务业。最后,将农业、工业和服务业的数字硬件、软件实际投资相加,得到农业、工业和服务业的数字资本实际投资。基于各产业数字资本实际投资数据,本文进一步利用永续盘存法测算得到各产业的数字资本存量。^①

上文测算了各产业数字资本存量,我们还需要测算各产业非数字资本存量。用总名义投资减去数字资本名义投资可以得到非数字资本名义投资。计算非数字资本实际投资数据需要用到非数字资本投资品价格数据。由前文(6)式可知,非数字资本投资由农业、工业和服务业投资品构成。因此,与前文模型保持一致,同时结合杨轶波(2020)等资本存量测算文献的做法,将农业、工业和服务业的产出价格加权平均作为非数字资本投资价格。其中农业、工业和服务业的权重系数的取值参考Guo等(2021),分别取0.10、0.65和0.25。将非数字资本名义投资除以其价格水平,得到非数字资本实际投资。最后,与已有相关文献的惯常做法一致,将非数字资本的年折旧率设为10%,并再次利用永续盘存法,测算得到农业、工业和服务业的非数字资本存量总量。

值得注意的是,与前文利用投入产出表直接分别测算农业、工业和服务业数字资本存量不同,对于分产业的非数字资本存量的测算,本文是先测算非数字资本总存量,然后再基于前文模型将其分配至农业、工业和服务业。这是因为,在本文模型中,非数字资本存量在农业、工业和服务业中的分配内生于企业最优化决策,同时这也是本文模型刻画的结构转型的关键理论机制。具体地,本文根据前文(2)式将非数字资本划分至农业、工业和服务业三个产业部门,从而分别得到农业、工业和服务业的非数字资本存量。

(二)参数估计与校准

基于上文构造的模型变量数据,本节对模型参数进行估计和校准。首先估计产业生产函数中的参数 α_j 和 γ_j ,数字资本总投资比重 $[\tau_i]_{t=1981}^{2020}$,以及各产业数字资本投资比重 $[\chi_{jt}]_{t=1981}^{2020}$ 。对于数字资本总投资比重 $[\tau_i]_{t=1981}^{2020}$,我们用每一期数字资本投资占资本形成总额的比例作为其估计值。对于各产业数字资本投资比重 $[\chi_{jt}]_{t=1981}^{2020}$,我们分别用每一期农业、工业和服务业的数字技术应用强度作为其估计值。对于参数 α_j ,由于在Cobb-Douglas函数形式下, α_j 衡量了非数字资本收入份额, $1 - \alpha_j$ 则衡量劳动收入份额,因此我们利用国家统计局和CIP公布的投入产出表中的增加值分布数据,计算得到1981—2020年各产业劳动收入份额均值,再用1减去该均值,由此得到农业、工业与服务业的非数字资本收入份额 α_a 、 α_m 与 α_s 的估计值,具体分别为0.082、0.623、0.550。

估计非数字资本对产业全要素生产率的弹性参数 γ_j 需要先测算产业全要素生产率。为此,基于本文模型框架,我们将前文测算得到的各产业实际产出、非数字资本存量和劳动投入数据代入到生产函数式(1),计算得到历年各产业全要素生产率。之后,再将各产业全要素生产率、数字资本存量取对数,并进行最小二乘估计,得到数字资本对农业、工业和服务业全要素生产率的弹性 γ_a 、 γ_m 和 γ_s 的估计值。具体结果如表1所示。^②

① 用永续盘存法测算资本存量,还需要折旧率与初期资本存量作为基础数据。对于数字资本折旧率,我们参照世界KLEMS数据库以及王春云和王亚菲(2019)等研究的做法,将数字资本的年折旧率设为31.5%;对于初期数字资本存量,本文与张军等(2004)、单豪杰(2008)等保持一致,采用增长率法得到。

② 值得说明的是,表1中参数的估计值可能会让读者误认为数字资本对农业全要素生产率的影响大于工业和服务业,实际并非如此。我们估计了数字资本积累对农业、工业和服务业全要素生产率增长的贡献率,结果表明数字资本积累对工业和服务业全要素生产率增长的贡献率大于农业,相关数据结果留存备索。

表 1
 数字资本各产业全要素生产率弹性的估计结果

参数	γ_a	γ_m	γ_s
取值	0.332	0.248	0.098

接下来再对居户消费函数中的参数 ε 、 ω_j 、 \bar{C}_j 进行校准。为校准消费函数中的参数,还需要消费支出及其产业构成数据。在本文模型中,消费为产出的一定比例,该比例系数即为1减投资率。国家统计局公布了投资率数据,基于该数据即可得到消费支出及其产业构成数据。使用农业、工业和服务业名义支出比重和总消费支出数据,借鉴 Herrendorf 等(2013)的参数校准方法,并通过令 $\bar{C}_m = 0$,将工业部门设为基准部门,对式(14)进行迭代可行广义最小二乘非线性估计,即可得到参数 ε 、 ω_j 、 \bar{C}_j 的校准结果,具体如表2所示。

表 2
 效用函数参数校准结果

参数	ε	ω_a	ω_m	ω_s	\bar{C}_a	\bar{C}_s
取值	0.424	0.145	0.071	0.784	-533.948	6284.534

(三)基准模型模拟结果

将前文计算的各产业数字资本存量、非数字资本存量、劳动投入、技术参数和储蓄率变量的时间序列数据 $[K_{jt}^d, K_{jt}^{nd}, L_{jt}, A_{jt}, s_t]_{j=\{a,m,s\}, t=1981}^{2020}$,以及对参数 $[\alpha_j, \gamma_j, \varepsilon, \omega_j, \bar{C}_j]_{j=\{a,m,s\}}$ 的估计和校准值分别代入式(1)、式(14)、式(15),即可计算得到1981—2020年农业、工业和服务业的名义产出比重的时间序列数据,具体如图2所示。本文将此模型模拟的结果称为基准模型模拟结果。图2展示了1981—2020年中国农业、工业和服务业产出比重变化的现实数据与基准模型模拟结果,表3则更具体地展示了现实数据与基准模型模拟结果的差异。

由图2和表3可知,模型较好地模拟了中国1981—2020年的产业结构转型过程。现实数据表明,1981—2020年中国农业产出比重降低23.66个百分点,工业产出比重降低8.15个百分点,服务业产出比重上升31.81个百分点。相对应地,基准模型模拟结果显示中国农业产出比重降低28.03个百分点,工业产出比重降低3.09个百分点,服务业产出比重上升28.06个百分点,与现实数据较为接近。

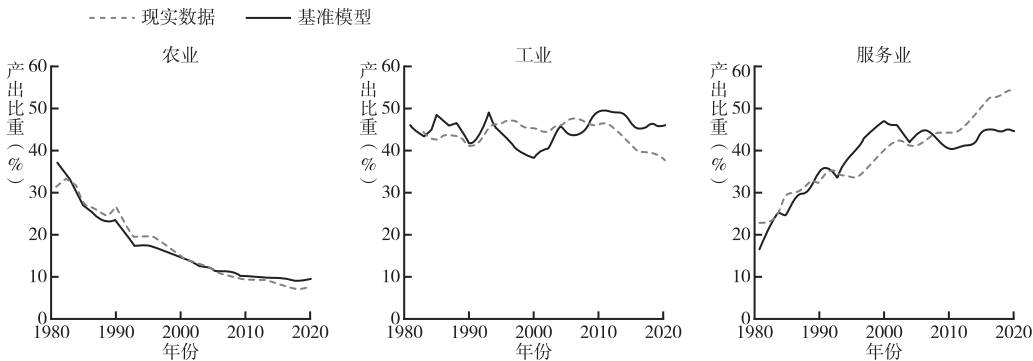


图 2 基准模型模拟结果

具体而言,从1981年到2020年的40年间,与现实数据相比,基准模型模拟的中国农业和服务业产出比重变化的误差均在5个百分点以内,工业产出比重变化的误差稍大于5个百分点。总之,本文基准模型模拟结果较好再现了1981—2020年中国产业结构转型过程。因此,下文将基于基准模型进行反事实分析,以定量评估数字资本积累对中国产业结构转型的影响。

表3 1981—2020年产业结构转型的现实数据与基准模型对比 单位:个百分点

	农业产出比重变化	工业产出比重变化	服务业产出比重变化
现实数据	-23.66	-8.15	31.81
基准模型	-28.03	-3.09	28.06

(四)数字资本积累对中国产业结构转型的影响

为评估数字资本积累对中国产业结构转型的影响,考虑将农业、工业、服务业的数字资本存量同时固定在1981年水平的反事实情形,即将基准模拟环境中农业、工业、服务业数字资本存量的时间序列数据 $[K_{at}^d, K_{mt}^d, K_{st}^d]_{t=1981}^{2020}$ 替换为常量 $[K_{a1981}^d, K_{m1981}^d, K_{s1981}^d]$ 。将此模型模拟结果与基准模型模拟结果相比较,即可得到数字资本积累对中国产业结构转型的影响。图3展示了反事实模拟结果。由此可知,农业、工业和服务业数字资本积累对1981—2020年间的中国产业结构转型产生了显著影响。

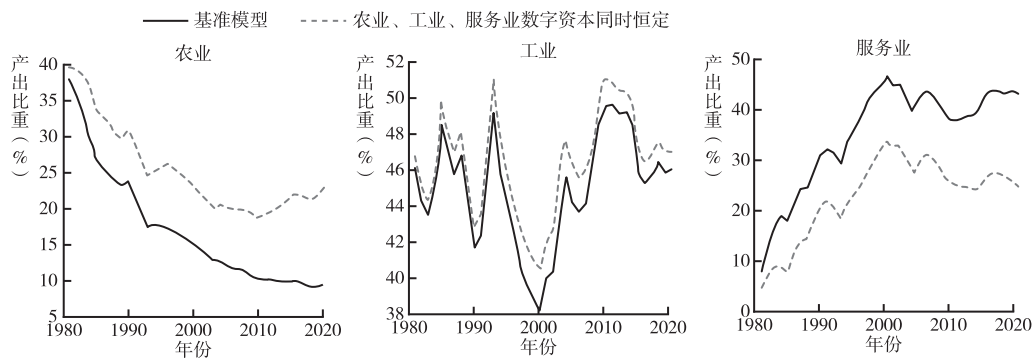


图3 数字资本积累对中国产业结构转型的影响

由图3可知,数字资本积累降低了农业产出比重和工业产出比重,提高了服务业产出比重。1981—2020年,数字资本积累分别使农业产出比重和工业产出比重平均降低了8.27个百分点和1.49个百分点,使服务业产出比重平均提高了9.75个百分点。

上文在总体层面估计了农业、工业和服务业的数字资本积累通过价格效应和收入效应两种机制对1981—2020年中国产业结构转型的净影响,发现社会总体的数字资本积累降低了农业和工业产出比重,提高了服务业产业比重。

在收入效应机制上,由于服务业需求收入弹性大于1,工业需求收入弹性等于1,农业需求收入弹性小于1($\bar{C}_a = -533.948$, $\bar{C}_m = 0$, $\bar{C}_s = 6284.534$),数字资本积累的收入效应有助于提高服务业产

出比重,降低农业产出比重。在价格效应机制上,由于替代弹性 $\varepsilon = 0.424 < 1$,农业、工业和服务业数字资本积累的价格效应分别降低各产业自身的产出比重,但降低多少则取决于各产业的数字资本积累程度及其对各产业全要素生产率的弹性。从数字资本积累程度的角度看,服务业数字资本积累程度最高,工业次之,农业最小(1981—2020年,农业、工业、服务业数字资本存量年均增长率分别为13.38%、16.34%、17.30%);从数字资本积累对全要素生产率弹性的角度看则相反,数字资本积累对农业全要素生产率的弹性最大,工业次之,服务业最小($\gamma_a = 0.332, \gamma_m = 0.248, \gamma_s = 0.098$)。因此,在总体层面上尚无法分辨出数字资本积累的价格效应对农业、工业和服务业产出比重的影响方向。

由上述分析可知,虽然我们已经量化分析了数字资本积累通过价格效应和收入效应对1981—2020年中国产业结构转型的总影响,但我们还无法从定量上分辨出农业、工业和服务业数字资本积累对中国产业结构转型分别产生的影响,以及数字资本积累分别通过价格效应和收入效应对中国产业结构转型的影响。为此,下文进一步从产业分解和效应分解两个维度分别分析数字资本积累对1981—2020年中国产业结构转型的影响。

(五)产业分解:农业、工业与服务业

本小节从产业维度分解数字资本积累对1981—2020年中国产业结构转型的影响。为此,考虑分别将农业、工业、服务业的数字资本存量固定在1981年水平的三种反事实情形,即分别将基准模拟环境中的农业、工业、服务业数字资本存量的时间序列数据 $[K_{at}^d]_{t=1981}^{2020}$ 、 $[K_{mt}^d]_{t=1981}^{2020}$ 、 $[K_{st}^d]_{t=1981}^{2020}$ 置换为常量 K_{a1981}^d 、 K_{m1981}^d 、 K_{s1981}^d 。分别将此模型模拟结果与基准模型模拟结果相比较,即可得到农业、工业、服务业的数字资本积累分别对中国产业结构转型产生的影响。图4~图6分别展示了三种反事实情形的模拟结果。

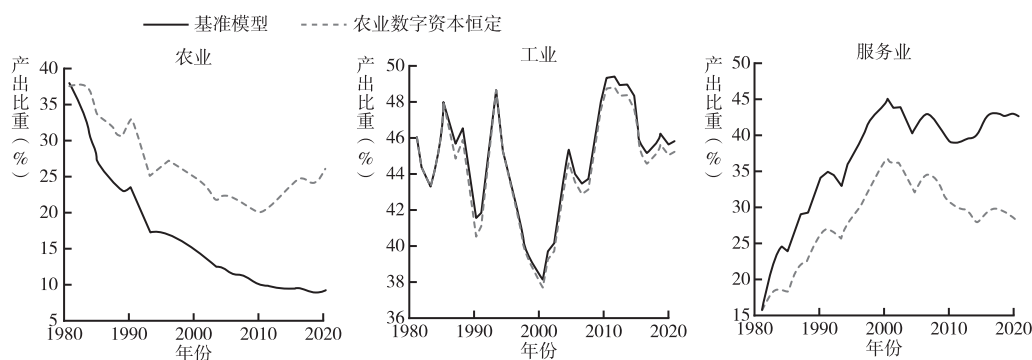


图4 农业数字资本积累对中国产业结构转型的影响

由图4可知,农业数字资本积累降低了农业产出比重,提高了工业和服务业产出比重。具体而言,1981—2020年,农业数字资本积累使农业产出比重平均降低9.83个百分点,使工业产出比重平均提高0.61个百分点,使服务业产出比重平均提高9.22个百分点。这是因为农业、工业和服务业产品之间的替代弹性小于1,农业产品的需求收入弹性小于1,服务业产品的需求收入弹性大于1,农业数字资本积累的价格效应使农业产出比重降低,工业和服务业产出比重提高,收入效应也使农业产出比重降低,服务业产出比重提高。

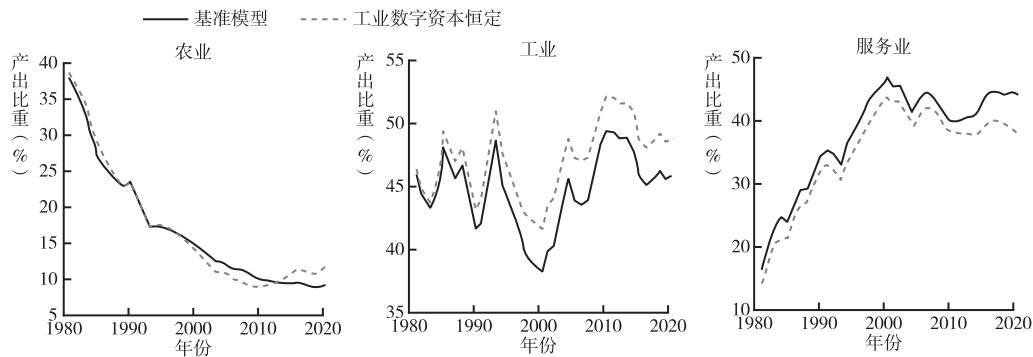


图5 工业数字资本积累对中国产业结构转型的影响

由图5可知,工业数字资本积累降低了工业产出比重,提高了服务业产出比重,对农业产出比重的影响具有非一致性,在1997—2012年提高了农业产出比重,在其他年份则降低了农业产出比重。1981—2020年,工业数字资本积累使农业产出比重平均降低0.15个百分点,使工业产出比重平均降低2.51个百分点,使服务业产出比重平均提高2.66个百分点。这是因为三者的产品间替代弹性小于1,服务业需求收入弹性大于1,工业数字资本积累的价格效应和收入效应使工业产出比重降低,服务业产出比重提高;农业需求收入弹性小于1,工业数字资本积累对农业产出比重具有正负两方面的影响,其中价格效应对农业产出比重的影响为正,收入效应对农业产出比重的影响为负,因而总体上工业数字资本积累对农业产出比重的影响具有非一致性。

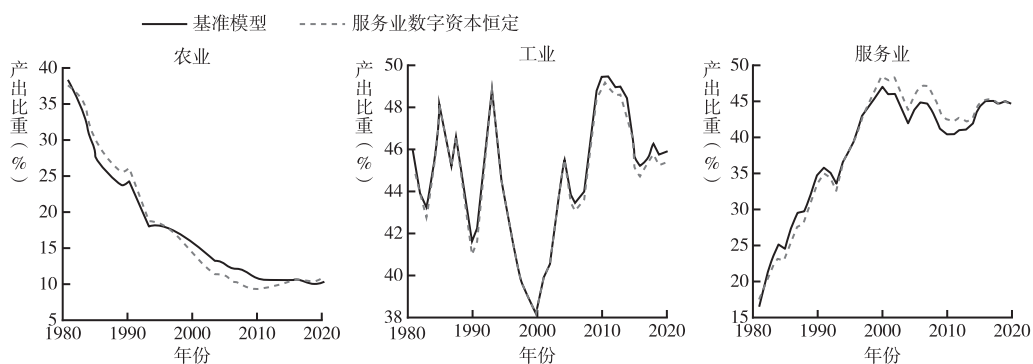


图6 服务业数字资本积累对中国产业结构转型的影响

由图6可知,服务业数字资本积累提高了工业产出比重,但对农业和服务业产出比重的影响具有非一致性。服务业数字资本积累在1982—1995年、1997—2014年以及2019—2020年提高了农业产出比重和服务业产出比重,在其他年份降低了农业产出比重和服务业产出比重。1981—2020年,服务业数字资本积累使得农业和工业产出比重分别平均提高了0.04个百分点和0.35个百分点,使得服务业产出比重平均降低了0.39个百分点。这是因为服务业数字资本积累的价格效应提高了工业产出比重。服务业数字资本积累对农业产出比重和服务业产出比重具有正负两方面的影响,其中价格效应对农业产出比重的影响为正,对服务业产出比重的影响为负;收入效应对农业产出比重的影响为负,对服务业产出比重的影响为正。这带来了服务业数字资本积累对农业和服

务业产出比重影响的非一致性。

本节关于农业、工业和服务业数字资本积累对中国产业结构转型影响的量化分析结论与前文理论分析的结论一致。以农业为例,具体分析农业数字资本积累通过价格效应和收入效应对农业、工业和服务业产出比重的影响。从价格效应来看,农业数字资本积累提高了农业生产效率,从而降低了农业产品与工业产品、服务业产品的相对价格。由于农业、工业与服务业产品之间的替代弹性较小($\varepsilon = 0.424 < 1$),农业与工业、服务业产品相对价格的降低使得农业产出比重下降、工业和服务业产出比重上升。从收入效应来看,农业数字资本积累提高了农业产出水平,进而提高居户收入水平。由于居户对农业产品的需求收入弹性小于1($\bar{C}_a = -533.948 < 0$),对服务业产品的需求收入弹性大于1($\bar{C}_s = 6284.534 > 0$),收入水平的提高使得农业产出比重下降,服务业产出比重提高。关于工业、服务业数字资本积累的价格效应和收入效应的分析与此类似。

综合前文关于数字资本积累对产业结构转型的影响及产业分解结果的分析可知,1981—2020年,在由数字资本积累驱动的中国产业结构转型中,农业、工业和服务业的数字资本积累对农业产出比重下降分别贡献了118.91%、1.84%、-0.50%;对工业产出比重下降分别贡献了-41.33%、168.95%、-23.62%;对服务业产出比重上升分别贡献了94.51%、27.29%、-4.03%。由此可知,在由部门数字资本积累推动的中国产业结构转型中,农业数字资本积累是驱动农业产出比重下降和服务业产出比重上升的主要因素,工业数字资本积累是驱动工业产出比重下降的主要因素。

(六)效应分解:价格效应与收入效应

与分析单个产业的数字资本积累不同,当同时考虑各产业数字资本积累时,其价格效应对中国产业结构转型的影响方向无法直接通过理论分析得出。因为此时价格效应的影响方向取决于数字资本积累对三个产业产品价格水平的相对影响大小。因此,为定量考察数字资本积累影响1981—2020年中国产业结构转型的价格效应和收入效应两种经济机制的作用方向,这一部分进一步对其进行分解。图7显示了分解结果。^①

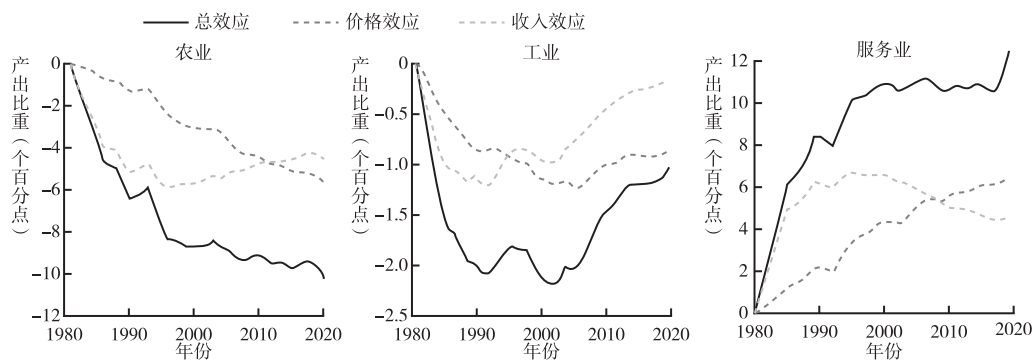


图7 数字资本积累影响中国产业结构转型的效应分解

由图7可知,数字资本积累影响农业、工业产出比重的总效应、价格效应和收入效应都为负,影响服务业产出比重的总效应、价格效应和收入效应都为正。数字资本积累影响农业、工业产出比重

^① 本文分解价格效应与收入效应的方法为:首先令非位似项 $\bar{C}_j = 0$,此反事实模拟结果与基准模型模拟结果的差值即为价格效应,再用数字资本影响产业结构转型的总效应减去价格效应,即可得到收入效应。

的价格效应为负,影响服务业产出比重的价格效应为正的原因是,数字资本积累更大幅度地降低了农业、工业产品的价格,从而使得农业、工业产品相对价格下降,服务业产品相对价格上升。由于农业、工业和服务业产品之间的替代弹性较小,农业、工业产品相对价格的下降使得农业、工业产品产出比重降低,服务业产品相对价格的上升使得服务业产出比重提高。与此类似,数字资本积累影响农业、工业产出比重的收入效应为负,影响服务业产出比重的收入效应为正的原因是,数字资本积累提高了居民收入水平,由于农业产品和工业产品的需求收入弹性较小,服务业产品的需求收入弹性较大,居民收入水平的提高使得农业产出比重和工业产出比重降低,服务业产出比重提高。

此外,图7还显示,在数字资本积累对农业、工业和服务业产出比重的影响中,开始都是收入效应起主导作用,随后收入效应的影响逐渐缩小,价格效应的影响逐渐增大,并且最终价格效应起主导作用。数字资本积累影响农业、工业和服务业产出比重的价格效应分别在2012年、1996年和2010年超过收入效应。这说明,在数字资本积累推动中国1981—2020年产业结构转型的经济机制中,开始时主要是通过提高居民收入水平,随后是通过改变各产业产品的相对价格。

六、结论与评述

在当前全球数字经济蓬勃发展的时代背景下,数字技术的应用与投资为中国推动产业结构转型升级,助力经济高质量发展提供了重要机遇。本文运用理论模型和量化分析工具,结合中国宏观经济数据,探究了数字资本积累对中国产业结构转型的影响。在理论分析上,本文提出数字资本积累可以通过价格效应和收入效应两种经济机制影响产业结构转型。在定量分析上,本文发现数字资本积累对中国1981—2020年间的产业结构转型产生了显著影响,数字资本积累使得农业产出比重平均降低8.27个百分点,使得工业产出比重平均降低1.49个百分点,使得服务业产出比重平均提高9.75个百分点。其中农业数字资本积累是推动农业产出比重下降和服务业产出比重上升的主要驱动力,工业数字资本积累是推动工业产业比重下降的主要驱动力。在数字资本积累影响中国产业结构转型的经济机制中,开始时收入效应起主导作用,随后收入效应的作用先增后减,价格效应的作用持续增大,最后价格效应的作用超过收入效应。

本文为中国进入新时代后,政府通过促进数字技术应用与投资推动产业结构转型、助力高质量发展提供了重要政策启示。首先,数字资本积累对中国过去几十年产业结构转型升级具有有效推动作用,在当前互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等数字技术加速创新的数字经济新时代,政府更应抢抓数字技术与实体经济融合发展的重要战略机遇,进一步充分发挥数字技术应用对中国产业结构转型升级的推动作用。其次,由于数字技术应用对各产业的影响不是孤立的,而是具有相互作用性,政府在利用数字技术投资,赋能传统产业转型升级时,应充分认识到数字技术对各产业相互作用的复杂影响,做好促进数字技术应用与投资的政策设计,通过推动重点领域和重点产业的数字化,更高效地推动中国产业结构转型升级和经济高质量发展。例如,由于农业数字化在推动中国产业结构转型中起到了巨大作用,政府可以在当前乡村振兴战略背景下,通过重点推动农业生产的数字化,提高农业生产效率,提高农民收入水平,进而推动产业结构转型升级。

参考文献:

1. 蔡跃洲、牛新星:《中国数字经济增加值规模测算及结构分析》,《中国社会科学》2021年第11期。
2. 盖庆恩、朱喜、史清华:《劳动力市场扭曲、结构转变和中国劳动生产率》,《经济研究》2013年第5期。

3. 郭凯明:《人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动》,《管理世界》2019年第7期。
4. 郭凯明、杭静、颜色:《中国改革开放以来产业结构转型的影响因素》,《经济研究》2017年第3期。
5. 郭凯明、王藤桥:《基础设施投资对产业结构转型和生产率提高的影响》,《世界经济》2019年第11期。
6. 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》,《中国工业经济》2019年第8期。
7. 江小涓、罗立彬:《网络时代的服务全球化——新引擎、加速度和大国竞争力》,《中国社会科学》2019年第2期。
8. 齐鹰飞、LI Yuanfei:《财政支出的部门配置与中国产业结构升级——基于生产网络模型的分析》,《经济研究》2020年第4期。
9. 单豪杰:《中国资本存量K的再估算:1952~2006年》,《数量经济技术经济研究》2008年第10期。
10. 史丹、孙光林:《大数据发展对制造业企业全要素生产率的影响机理研究》,《财贸经济》2022年第9期。
11. 孙学涛、于婷、于法稳:《数字普惠金融对农业机械化的影响——来自中国1869个县域的证据》,《中国农村经济》2022年第2期。
12. 田秀娟、李睿:《数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架》,《管理世界》2022年第5期。
13. 王春云、王亚菲:《数字化资本回报率的测度方法及应用》,《数量经济技术经济研究》2019年第12期。
14. 王亚菲、王春云:《中国行业层面信息与通信技术资本服务核算》,《统计研究》2017年第12期。
15. 许宪春、张美慧:《中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角》,《中国工业经济》2020年第5期。
16. 颜色、郭凯明、杭静:《中国人口红利与产业结构转型》,《管理世界》2022年第4期。
17. 杨铁波:《中国分行业物质资本存量估算(1980-2018年)》,《上海经济研究》2020年第8期。
18. 余泳泽、孙鹏博、宣烨:《地方政府环境目标约束是否影响了产业转型升级?》,《经济研究》2020年第8期。
19. 张军、吴桂英、张吉鹏:《中国省际物质资本存量估算:1952—2000》,《经济研究》2004年第10期。
20. 张勋、万广华、张佳佳、何宗樾:《数字经济、普惠金融与包容性增长》,《经济研究》2019年第8期。
21. 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》,《管理世界》2020年第10期。
22. Acemoglu, D., & Guerrieri, V., Capital Deepening and Nonbalanced Economic Growth. *Journal of Political Economy*, Vol.116, No. 3, 2008, pp. 467-498.
23. Baumol, W. J., Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis. *American Economic Review*, Vol. 57, No.3, 1967, pp. 415-426.
24. Dekle, R., & Vandenbroucke, G., A Quantitative Analysis of China's Structural Transformation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 36, No. 1, 2012, pp. 119-135.
25. García-Santana, M., Pijoan-Mas, J., & Villacorta, L., Investment Demand and Structural Change. *Econometrica*, Vol. 89, No.6, 2021, pp. 2751-2785.
26. Guo, K., Hang, J., & Yan, S., Servicification of Investment and Structural Transformation: The Case of China. *China Economic Review*, Vol. 67, 2021, pp. 101-621.
27. Herrendorf, B., Rogerson, R., & Valentinyi, A., Two Perspectives on Preferences and Structural Transformation. *American Economic Review*, Vol. 103, No. 7, 2013, pp. 2752-2789.
28. Herrendorf, B., Rogerson, R., & Valentinyi, A., Growth and Structural Transformation. *Handbook of Economic Growth*, Vol.2, 2014, pp. 855-941.
29. Holz, C., Measuring Chinese Productivity Growth, 1952-2005. SSRN Working Paper, No. 928568, 2006.
30. Jorgenson, D. W., Information Technology and the US Economy. *American Economic Review*, Vol. 91, No. 1, 2001, pp. 1-32.
31. Jorgenson, D. W., & Stiroh, K. J., Information Technology and Growth. *American Economic Review*, Vol. 89, No. 2, 1999, pp.109-115.
32. Jorgenson, D. W., & Vu, K., Information Technology and the World Economy. *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol.107, No. 4, 2005, pp. 631-650.
33. Kongsamut, P., Rebelo, S., & Xie, D., Beyond Balanced Growth. *Review of Economic Studies*, Vol. 68, No. 4, 2001, pp.869-882.
34. Kuznets, S., Modern Economic Growth: Findings and Reflections. *American Economic Review*, Vol. 63, No. 3, 1973, pp.247-258.
35. Ngai, L. R., & Pissarides, C. A., Structural Change in a Multisector Model of Growth. *American Economic Review*, Vol. 97,

No.1, 2007, pp. 429–443.

36. Uy, T., Yi, K. M., & Zhang, J., Structural Change in an Open Economy. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 60, No. 6, 2013, pp. 667–682.

Digital Capital Accumulation and the Transformation of the Industrial Structure: A Case Study of the 1981-2020 China

LIU Zhengchi, CHEN Wenwu, LI Huizi (Hunan University, 410079)

Summary: With the rapid development of digital technologies such as the Internet, big data and artificial intelligence, the integration of digital economy and traditional industries has become an important force to promote the transformation and upgrading of China's industrial structure. In order to use the investments in digital technology to promote the transformation and upgrading of industrial structure and boost the high-quality development of China's economy, it is necessary to clarify the theoretical mechanism and historical experience of digital capital affecting the transformation of the industrial structure. Therefore, by expanding the theoretical framework of structural transformation, we constructed a multi-sector general equilibrium model including digital capital, and theoretically analyzed the economic mechanism of digital capital accumulation affecting structural transformation through the price effect and the income effect. Then, we used the model framework to calculate China's digital capital stock and other model variables from 1981 to 2020, calibrated the model parameters, and evaluated the impact of digital capital accumulation on China's structural transformation from 1981 to 2020 based on counterfactual analysis.

The main findings of this paper are as follows. Firstly, digital capital accumulation had a significant impact on China's structural transformation from 1981 to 2020. Secondly, the accumulation of agricultural digital capital was the main driving force behind the declined proportion of agricultural output and the increased proportion of service output, and the accumulation of industrial digital capital was the main driving force for the declined proportion of manufacturing output. Third, of the impact of digital capital accumulation on China's structural transformation, the income effect played a dominant role before it was outperformed by the price effect. In other words, the income effect decreased over time while the price effect increased.

The main contributions of this paper are as follows. This paper analyzes the impact of digital capital accumulation on China's structural transformation from both theoretical and quantitative aspects, which not only helps us further understand the source power of China's structural transformation in the past few decades, but also has important practical significance for China to promote the transformation and upgrading of its industrial structure in the future. Meanwhile, by analyzing the economic mechanism of digital technology influencing structural transformation from the perspective of digital capital accumulation, this paper expands the theoretical research in the field of digital economy and the transformation of the industrial structure.

Keywords: Digital Economy, Digital Capital, Industrial Structure

JEL: O11, O14, O41

责任编辑:世 晴