

数字产业化的结构转型效应研究

——理论模型与实证检验

艾阳 宋培 李琳

内容提要:持续推动产业结构转型是中国式现代化的内在要求。本文通过构建多部门一般均衡模型阐述数字产业化影响产业结构转型的内在机理,并通过数值分析发现,当数字产品与制造产品的替代弹性较高、与传统服务产品的替代弹性较低,且制造业要素替代弹性较高时,数字产业化将通过提高货物部门实际产出和制造业资本密集度,提高服务业就业比重和名义产出份额,推动产业结构服务化转型。基于2005—2020年省级面板数据的实证检验结果表明,数字产业化会提高工业部门的生产力水平,促使劳动要素向服务业部门转移及服务业产出份额持续提升,最终推动产业结构转型。该结论经过稳健性检验后依然成立。机制检验结果表明,市场机制与产业互动是数字产业化推动产业结构转型的重要渠道。异质性检验结果表明,数字产业化的结构转型效应存在区域和时间差异。研究结论为中国深挖数字经济发展潜力、推动建设中国现代化产业体系提供理论依据与政策建议。

关键词:数字产业化 产业结构转型 市场机制 产业互动 资本深化

中图分类号:F269.24

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2023)12-0003-21

一、问题提出

党的二十大报告指出:“从现在起,中国共产党的中心任务就是团结带领全国各族人民全面建成社会主义现代化强国、实现第二个百年奋斗目标,以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴。”在结构转型中推动高质量发展,是中国建设现代经济体系、跨越经济增长阵痛期、实现中国式现代化的一项重大战略任务。值得关注的是,作为继农业经济、工业经济后的新型经济形态,数字经济在新一代信息技术的更新迭代下蓬勃发展,与实体经济融合发展的程度不断加深,正成为驱动经济增长、优化产业结构的关键力量。根据中国信息通信研究院的数据,2021年中国数字产业化规模为8.35万亿元,同比名义增长11.9%,占国内生产总

收稿日期:2023-06-13;修回日期:2023-08-16

基金项目:国家社会科学基金重大项目“大国经济条件下构建自主可控的现代产业体系重大问题研究”(21&ZD099);南开大学文科发展基金重点项目“数字化与‘鲍莫尔成本病’——理论反思与现实考察”(ZB22BZ0105)

作者简介:艾阳 南开大学经济学院博士研究生,天津,300071;

宋培 南开大学经济学院博士研究生,通信作者;

李琳 南开大学经济学院博士研究生。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

值(GDP)比重为7.3%,数字产业发展正经历由“量的扩张”向“质的提升”转变。然而,数字经济下的全新技术经济范式在提高经济运行效率的同时,可能会对传统就业形态产生颠覆性影响^[1]。一方面,人工智能、云计算、物联网等行业的持续发展,有利于培育新职业,拓展就业空间,改变劳动力市场结构;另一方面,数字产业可能会对传统产业产生替代效应,尤其是低技能劳动力所在的就业岗位。因此,数字产业发展会推动生产要素在产业间重新配置,促使产出比例在产业间调整变迁,这就是产业结构转型的过程。那么,数字产业化对产业结构转型究竟会产生什么影响?这是本文要探究的核心问题。

数字产业化影响产业结构转型具有三个明显特征。第一,产业融合互动成为数字经济时代的重要生产方式之一。国家统计局发布《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,明确将数字经济分为数字产业化与产业数字化。其中,产业数字化是将数字技术充分应用到传统产业,实现数据要素与资本、技术、劳动力等生产要素深度融合,推动传统工艺、生产流程、管理活动再造,最终实现全要素生产率提升的产业“焕新”。作为数字技术的实物载体,数字品投入是传统企业实现数字化改造在物质层面的表现形式,体现了数字产业与传统产业间融合互动的生产方式,这将会改变现有产业结构^[2-4]。第二,数字技术与传统要素间的可替代性具有明显的行业异质性。相较于劳动要素,数字技术应用对资本要素的赋能效果更好,能够通过链接资本形成智能化生产设备,提高产品生产环节的效率,这为资本密集型产业带来了比较优势。由于工业部门相较于服务业部门更具备资本密集型属性,且工业部门的要素替代弹性更高,即属于“灵活部门”,因此,数字产业化对工业部门的生产率提升效果可能更好^[5]。第三,数字经济发展对产业结构转型的影响内生于经济系统,需要发挥市场配置资源的决定性作用。数字基础设施建设具有投资大、外部性强等特征,若由市场配置可能会产生市场失灵,应该交予政府主导,但数字品的生产与分配应该由市场主导^[6]。根据工业和信息化部数据,以软件和信息技术服务业为例,2021年全国软件市场内规模以上企业超过4万家,从业人员达到809万人,软件业务收入累计9.5万亿元,企业利润率达到9.2%,这说明市场主导数字经济资源配置的效果是显著的。

基于上述三个特征,本文构建了一个引入数字经济的多部门一般均衡模型。模型中,数字品由一个独立的产业部门(数字产业)通过投入劳动和资本生产得到,并与传统产业产品相结合,以常替代弹性(CES)生产技术生产得到最终品。这一生产过程不仅体现了数字经济的两个方面,即数字产业化和产业数字化,还刻画了产业融合互动的生产方式。模型中设定资本和劳动在制造业中的替代弹性高于服务业,且资本在制造业生产中的重要性更高,以体现制造业相较于服务业具有更高的资本密集度;同时设定数字产品与制造产品间的替代弹性高于传统服务产品,从而刻画数字技术应用的行业异质性。模型中的要素市场和产品市场均是完全竞争市场,数字产业从要素市场获取劳动和资本,并根据产品市场中企业的数字化改造需求出售数字产品,这体现了市场在数字产业资源配置中起决定性作用的特征。

与本文研究相关的文献主要有三支:一是数字经济的相关研究。首先,关于数字经济的测度研究。现有文献主要使用投入产出法、指标构建法和增加值测算法展开研究,认为数字产业化作为数字经济发展的基础与核心,正处于内部结构调整与规模快速增长的阶段^[7-9],未来须依靠关键核心技术自主创新、数字平台赋能与数据集成释放创新发展活力^[4,10]。其次,关于数字经济的影响研究。现有文献主要集中于经验层面,微观层面的研究发现数字化转型会显著提升企业创新能力、专业化分工水平、股票流动性和经营绩效^[11-14]。宏观层面的研究发现数字经济发展会对经济高质量发展、收入不平等、全要素生产率等产生显著影响^[15-18]。二是产业结构转型的相关研究。现有文献主要从供给侧与需求侧两方面对产业结构变迁展开研究,发现供给侧的技术进步、要素禀赋变化和资本深化会对产业结构产生影响,而需求侧的需求结构与偏好变化是影响产业结构转型的重要因素^[19-24]。最近有文献研究了部门异质性替代弹性、国际贸

易和投资结构对产业结构的影响,如徐朝阳和王韡(2021)发现农业与非农业、工业与服务业间不同的替代弹性可以较好地解释中国产业结构变迁的事实^[25];斯波西(Sposi,2019)在模型中加入了开放经济和产业互动,发现出口会影响产业结构变迁^[26];郭等人(Guo et al.,2021)研究发现产业结构转型过程中投资品服务化的影响愈发重要^[27]。三是数字经济对劳动力配置与产业结构的影响研究,这与本文研究较为接近。部分文献认为数字经济发展能够促进社会有效分工、劳动力充分就业与劳动福利改善^[28-29],同时随着数字经济发展进入新阶段,就业结构优化效应将逐渐显现,表现为劳动力由制造业流向服务业,最终带来第三产业就业占比的提升^[30]。也有文献指出数字经济与就业之间的关系存在不确定性,比如数字经济与新技术对就业的影响包括创造效应与替代效应,最终的净效应则取决于两种力量的博弈^[31-32],劳动者技能差异、区域特征与产业类型等也会使得数字经济发展的就业效应产生异质性效果^[33-34]。多数学者指出数字经济有利于提升第三产业产出占比^[35-36],数字技术与不同生产部门间的融合效果差异、科学技术创新和社会分工等可能成为数字经济促进产业结构转型的重要机制^[37-39],其中数字产业化是促进产业结构升级的基础与先导性条件^[40]。

综上,虽然现有文献围绕数字经济对就业结构和产业结构的影响展开了有益探讨,但聚焦数字产业化的研究相对匮乏。本文可能存在的贡献至少三个方面:第一,基于数字产业化视角,构建多部门一般均衡模型,系统阐述数字产业化对产业结构转型的影响机理,发展了数字经济领域的研究。第二,现有关于产业结构转型的研究主要从供给侧与需求侧两方面展开,本文研究纳入了产业融合互动这一影响产业结构的重要因素,拓展了产业结构转型领域的研究。第三,关于产业结构转型的实证研究大多从产业结构合理化与高级化两个层面展开,本文从产业结构转型的定义与内涵出发,指出产业结构转型区别于“过早去工业化”“过快服务化”,是以物质生产力不断提高为前提与基础,促使劳动要素逐渐向服务业转移,最终表现为产业结构服务化的过程,兼顾物质丰富与精神满足两个层面,由此创新性地从物质产出水平、资本密集程度、服务业产出份额和劳动份额四个维度刻画产业结构转型,并基于此展开实证分析。

二、理论模型

本部分构建多部门一般均衡模型,阐述数字产业化影响产业结构转型的理论机理。模型中假设生产端由最终产品生产部门和中间产品生产部门构成。最终产品生产部门包括货物生产部门和服务生产部门,中间产品生产部门包括制造业、服务业和数字产业。每个生产部门均由一个代表性厂商在完全竞争市场下进行生产决策。消费端由一个代表性家庭刻画,根据家庭一生效用最大化的原则进行决策。

(一) 模型框架

1. 最终产品部门生产

最终产品生产厂商将特定中间产品作为投入生产最终产品。具体而言,货物生产厂商通过投入制造产品和数字产品生产货物,服务生产厂商通过投入传统服务产品和数字产品生产服务,这刻画了数字经济时代下的产业融合互动特征^①。最终产品生产的代表性厂商以 CES 生产函数形式进行生产:

$$Y_{it} = [\lambda_1 (A_{it}^G Q_{it})^{(\eta_1-1)/\eta_1} + (1 - \lambda_1) (A_{it}^S Q_{it})^{(\eta_1-1)/\eta_1}]^{\eta_1/(\eta_1-1)} \quad (1)$$

^① 本文考虑了数字技术与一般知识的差异。数字技术作为通用目的技术,能够在各行各业得到普遍应用,因此,模型中采用数字产品与其他各行业产品相结合的生产特征加以描述;而一般知识在现有的宏观经济模型中主要以全要素生产率或中间品效率和种类创新刻画,这与本文模型存在本质区别。

$$Y_{2t} = [\lambda_2 (A_{2t}^S Q_{St})^{(\eta_2-1)/\eta_2} + (1 - \lambda_2) (A_{2t}^D Q_{D2t})^{(\eta_2-1)/\eta_2}]^{\eta_2/(\eta_2-1)} \quad (2)$$

其中, Y_{1t} 、 Y_{2t} 分别表示货物生产厂商和服务生产厂商在 t 时期生产的货物和服务数量; Q_{1t} 、 Q_{D1t} 分别表示货物生产厂商使用的制造产品和数字产品投入, Q_{St} 、 Q_{D2t} 分别表示服务生产厂商使用的传统服务产品和数字产品投入; λ_1 和 λ_2 分别衡量制造产品和传统服务产品在最终产品生产中的重要性, 满足 $\lambda_i \in (0, 1)$, $i = \{1, 2\}$; A_{1t}^I 、 A_{1t}^D 、 A_{2t}^S 、 A_{2t}^D 分别表示技术进步; η_1 和 η_2 分别衡量制造产品、传统服务产品与数字产品之间的替代弹性, 满足 $\eta_i \in [0, \infty)$, $i = \{1, 2\}$; CES 生产函数满足规模报酬不变、严格凹性和稻田条件。在完全竞争市场中, 最终产品生产厂商在给定最终产品和中间产品价格的前提下, 通过选择最优的中间产品投入组合实现利润最大化。

2. 中间产品部门生产

中间产品生产部门通过投入资本与劳动要素生产中间产品。中间产品生产厂商以 CES 生产技术进行生产, 代表性厂商的生产函数如下:

$$Q_{jt} = [\alpha_j (A_{jt}^K K_{jt})^{(\sigma_j-1)/\sigma_j} + (1 - \alpha_j) (A_{jt}^L L_{jt})^{(\sigma_j-1)/\sigma_j}]^{\sigma_j/(\sigma_j-1)} \quad (3)$$

其中, $j = \{I, S, D\}$, 分别表示制造业、传统服务业和数字产业的生产厂商; Q_{jt} 表示 t 时期生产制造产品、传统服务产品和数字产品的数量; K_{jt} 、 L_{jt} 表示各类中间产品生产厂商使用的资本和劳动投入; α_j 为分配参数, 衡量了资本和劳动在制造产品、传统服务产品以及数字产品生产中的相对重要性, 满足 $\alpha_j \in (0, 1)$; A_{jt}^K 和 A_{jt}^L 分别表示资本和劳动的扩展型技术进步; σ_j 衡量了三个中间产品生产资本与劳动之间的替代弹性, 满足 $\sigma_j \in [0, \infty)$ 。在完全竞争市场中, 中间产品生产厂商在给定的资本和劳动价格下, 通过选择最优的资本和劳动投入组合实现利润最大化。

3. 消费者行为

需求端由一个代表性家庭刻画。代表性家庭每期效用为常相对风险厌恶型效用函数(CRRA)形式:

$$u(C_t) = \frac{C_t^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \quad (4)$$

$$C_t = [\omega (C_{1t})^{(\varepsilon-1)/\varepsilon} + (1 - \omega) (C_{2t})^{(\varepsilon-1)/\varepsilon}]^{\varepsilon/(\varepsilon-1)} \quad (5)$$

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (6)$$

其中, 相对风险回避系数 $\theta \in (0, \infty)$, 家庭效用函数中的 C_t 可以看作由货物和服务组成的一种复合商品, 采用 CES 函数刻画; ω 衡量货物与服务在家庭消费中的相对重要性; ε 为常替代弹性, 满足 $\varepsilon \in [0, \infty)$, 衡量货物与服务在家庭消费中的可替代性; 式(6)为资本的运动方程, δ 为资本折旧率。家庭在每一时期通过在要素市场提供资本和劳动获得收入, 并将其收入用于消费和储蓄, 以最大化其一生效用。其预算约束方程为:

$$P_{1t} C_{1t} + P_{2t} C_{2t} = r_t K_t + w_t L_t \quad (7)$$

4. 市场出清

市场出清条件为:

$$C_{1t} = Y_{1t} \quad (8)$$

$$C_{2t} = Y_{2t} \quad (9)$$

$$L_t = L_{It} + L_{St} + L_{Dt} \quad (10)$$

$$K_t = K_{It} + K_{St} + K_{Dt} \quad (11)$$

$$Q_{Dt} = Q_{D1t} + Q_{D2t} \quad (12)$$

(二) 模型优化

1. 最终产品生产厂商的优化行为

货物生产厂商的利润最大化行为可以表示为：

$$\max \pi_{1t} = P_{1t} Y_{jt} - P_{It} Q_{It} - P_{Dt} Q_{D1t} \quad (13)$$

在中间产品市场完全竞争的情况下,根据货物生产厂商利润最大化的一阶条件,可得：

$$P_{It} = \lambda_1 (A_{1t}^I)^{\eta_1 - 1/\eta_1} P_{1t} Y_{jt}^{1/\eta_1} Q_{It}^{-1/\eta_1} \quad (14)$$

$$P_{Dt} = (1 - \lambda_1) (A_{1t}^D)^{\eta_1 - 1/\eta_1} P_{1t} Y_{jt}^{1/\eta_1} Q_{Dt}^{-1/\eta_1} \quad (15)$$

同理,根据服务生产厂商利润最大化的一阶条件,可得：

$$P_{St} = \lambda_2 (A_{2t}^S)^{\eta_2 - 1/\eta_2} P_{2t} Y_{2t}^{1/\eta_2} Q_{St}^{-1/\eta_2} \quad (16)$$

$$P_{Dt} = (1 - \lambda_2) (A_{2t}^D)^{\eta_2 - 1/\eta_2} P_{2t} Y_{2t}^{1/\eta_2} Q_{Dt}^{-1/\eta_2} \quad (17)$$

货物和服务的价格可以表示为中间品价格的复合：

$$P_{1t} = [\lambda_1 A_{1t}^I P_{It}^{1-\eta_1} + (1 - \lambda_1) A_{1t}^D P_{Dt}^{1-\eta_1}]^{1/(1-\eta_1)} \quad (18)$$

$$P_{2t} = [\lambda_2 A_{2t}^S P_{St}^{1-\eta_2} + (1 - \lambda_2) A_{2t}^D P_{Dt}^{1-\eta_2}]^{1/(1-\eta_2)} \quad (19)$$

2. 中间产品生产厂商的优化行为

中间产品生产厂商的利润最大化行为可以表示为：

$$\max \pi_{jt} = P_{jt} Q_{jt} - r_t K_{jt} - w_t L_{jt} \quad (20)$$

在要素市场完全竞争的情况下,根据中间产品生产厂商利润最大化的一阶条件,可得：

$$r_t = \alpha_j P_{jt} Q_{jt}^{1/\sigma_j} (A_{jt}^k)^{(\sigma_j - 1)/\sigma_j} K_{jt}^{-1/\sigma_j} \quad (21)$$

$$w_t = (1 - \alpha_j) P_{jt} Q_{jt}^{1/\sigma_j} (A_{jt}^l)^{(\sigma_j - 1)/\sigma_j} L_{jt}^{-1/\sigma_j} \quad (22)$$

其中, $j = \{I, S, D\}$, r_t 和 w_t 分别表示资本租金和劳动工资。

3. 消费者的优化行为

通过求解家庭效用最大化可得：

$$\frac{C_{1t}}{C_{2t}} = \left(\frac{P_{1t}}{P_{2t}} \right)^{-\varepsilon} \frac{\omega}{1 - \omega} \quad (23)$$

$$\left(\frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^\theta = \beta (1 + r_{t+1} - \delta) \quad (24)$$

(三) 均衡分析

定义制造业、数字产业使用的资本和劳动比重分别为： $x_{It}^k = K_{It}/K_t$, $x_{It}^l = L_{It}/L_t$ 和 $x_{Dt}^k = K_{Dt}/K_t$, $x_{Dt}^l = L_{Dt}/L_t$, 定义货物生产厂商使用的数字产品比重为： $q_{dt} = Q_{D1t}/Q_{Dt}$ 。

可得模型的均衡条件:

$$\left(\frac{\omega}{1-\omega}\right)^{1/\varepsilon} \frac{1-\lambda_1}{1-\lambda_2} \times \frac{Y_{1t}^{1/\eta_1-1/\varepsilon}}{Y_{2t}^{1/\eta_2-1/\varepsilon}} = \frac{(A_{2t}^D)^{(\eta_2-1)/\eta_2}}{(A_{1t}^D)^{(\eta_1-1)/\eta_1}} \times \frac{[(1-q_{dt})Q_{Dt}]^{-1/\eta_2}}{(q_{dt}Q_{Dt})^{-1/\eta_1}} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda_1}{1-\lambda_1} \times \frac{\alpha_I (A_{1t}^I)^{(\eta_1-1)/\eta_1}}{\alpha_S (A_{1t}^D)^{(\eta_1-1)/\eta_1}} \left(\frac{Q_{1t}}{q_{dt}Q_{Dt}}\right)^{-1/\eta_1} Q_{1t}^{1/\sigma_I} (A_{1t}^I)^{(\sigma_I-1)/\sigma_I} (x_{1t}^k K_t)^{-1/\sigma_I} \\ &= \frac{\lambda_2}{1-\lambda_2} \left(\frac{A_{2t}^S}{A_{2t}^D}\right)^{(\eta_2-1)/\eta_2} \left[\frac{Q_{2t}}{(1-q_{dt})Q_{Dt}}\right]^{-1/\eta_2} Q_{2t}^{1/\sigma_S} (A_{2t}^S)^{(\sigma_S-1)/\sigma_S} [(1-x_{1t}^k-x_{2t}^k)K_t]^{-1/\sigma_S} \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda_1}{1-\lambda_1} \times \frac{1-\alpha_I (A_{1t}^I)^{(\eta_1-1)/\eta_1}}{1-\alpha_S (A_{1t}^D)^{(\eta_1-1)/\eta_1}} \left(\frac{Q_{1t}}{q_{dt}Q_{Dt}}\right)^{-1/\eta_1} Q_{1t}^{1/\sigma_I} (A_{1t}^I)^{(\sigma_I-1)/\sigma_I} (x_{1t}^l L_t)^{-1/\sigma_I} \\ &= \frac{\lambda_2}{1-\lambda_2} \left(\frac{A_{2t}^S}{A_{2t}^D}\right)^{(\eta_2-1)/\eta_2} \left[\frac{Q_{2t}}{(1-q_{dt})Q_{Dt}}\right]^{-1/\eta_2} Q_{2t}^{1/\sigma_S} (A_{2t}^S)^{(\sigma_S-1)/\sigma_S} [(1-x_{1t}^l-x_{2t}^l)L_t]^{-1/\sigma_S} \end{aligned} \quad (27)$$

$$\frac{\lambda_1}{1-\lambda_1} \times \frac{\alpha_I (A_{1t}^I)^{(\eta_1-1)/\eta_1}}{\alpha_D (A_{1t}^D)^{(\eta_1-1)/\eta_1}} \left(\frac{Q_{1t}}{q_{dt}Q_{Dt}}\right)^{-1/\eta_1} \frac{Q_{1t}^{1/\sigma_I}}{Q_{Dt}^{1/\sigma_D}} = \frac{(A_{Dt}^D)^{(\sigma_D-1)/\sigma_D}}{(A_{1t}^k)^{(\sigma_I-1)/\sigma_I}} \times \frac{(x_{Dt}^k K_t)^{-1/\sigma_D}}{(x_{1t}^k K_t)^{-1/\sigma_I}} \quad (28)$$

$$\frac{\lambda_1}{1-\lambda_1} \times \frac{1-\alpha_I (A_{1t}^I)^{(\eta_1-1)/\eta_1}}{1-\alpha_D (A_{1t}^D)^{(\eta_1-1)/\eta_1}} \left(\frac{Q_{1t}}{q_{dt}Q_{Dt}}\right)^{-1/\eta_1} \frac{Q_{1t}^{1/\sigma_I}}{Q_{Dt}^{1/\sigma_D}} = \frac{(A_{Dt}^l)^{(\sigma_D-1)/\sigma_D}}{(A_{1t}^l)^{(\sigma_I-1)/\sigma_I}} \times \frac{(x_{Dt}^l L_t)^{-1/\sigma_D}}{(x_{1t}^l L_t)^{-1/\sigma_I}} \quad (29)$$

给定资本和劳动的供给、技术参数,式(25)一式(29)共同决定了均衡。本文以参数 A_D^k 和 A_D^l 的增长来表征数字产业化,由均衡条件可知, A_D^k 和 A_D^l 的变化会导致均衡解 $(x_t^k, x_t^l, x_t^k, x_t^l, q_d)$ 的变化,即数字产业化会对产业结构转型产生影响。具体而言, A_D^k 和 A_D^l 的增长会带来数字产业发展,如果数字产品在货物生产中的替代弹性较大,在服务生产中的替代弹性较小,那么制造业将由于智能制造和资本深化逐渐被数字产业替代,货物部门的生产力将得到极大提高,导致服务与货物的相对价格不断上升。此时大量劳动要素将从物质生产部门流向服务生产部门,服务业的劳动要素份额和名义产出份额将逐渐提升,整个经济体最终将实现物质生产极大化条件下的服务经济形态。接下来,本文将通过数值模拟展示上述机制。

三、数值模拟

为了方便刻画上述理论机制,本部分采用比较静态分析方法展示数字产业化如何作用于产业结构转型,即在当期资本和劳动给定的情况下,分析数字产业化如何推动劳动等生产要素在各部门间的重新配置,最终带来产出结构的变迁。为了简洁表达,接下来的分析中略去时间下标 t 。在开展数值模拟前需要确定模型参数,本文首先根据现有研究设定一部分参数,然后让其他参数在合理的范围内取值,以综合评价不同情形下的模拟结果。以1年为1期,本文定量模拟30期的结果。与现有研究一致,本文将产业结构转型定义为货物部门实际产出比重和制造业资本密集程度提高,服务业的名义产出比重和就业比重提高^[6]。

(一) 参数选取

设定 $A_D^k(1) = A_D^l(1) = 1$, 令两者每期均以 10% 或 20% 的增长速度提高, 以比较数字产业化速度“一般”与“积极”的两种情形。设定 $A_I^k = A_I^l = A_S^k = A_S^l = A_1^D = A_2^D = 1$, 即控制其他形式技术进步带来的影响; 设定 $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$, 表征制造产品和数字产品在货物生产中, 以及传统服务产品与数字产品在服务生产中均同样重要。伴随着经济发展和消费需求升级的马斯洛效应显现, 服务业将会转向以人的精神情感投入为前提的有“温度”的服务, 不易被数字产品替代, 而制造业可以通过数智化的资本链接实现自动化生产, 容易被数字产品替代, 因此本文设定 $\eta_1 = 1.5, \eta_2 = 0.5$, 表征数字产业与制造业的替代弹性较高、与服务业的替代弹性较低^[41-42]。根据郭凯明等(2020)^[6]的研究, 制造业与服务行业相比更具备资本密集型特征, 因此本文设定 $\alpha_I = 0.8, \alpha_S = 0.2$, 由于不考虑数字产业的要素密集度, 故设定 $\alpha_D = 0.5$ 。根据卓玛草(2022)^[5]的研究, 设定 $\sigma_I = 1.5, \sigma_S = 0.5$ 以及 $\sigma_D = 1$, 表征资本和劳动在制造业的替代弹性较高、在服务行业的替代弹性较低、在数字产业的替代弹性为中性。为控制资本积累与人口增长的影响, 设定 $K = 1, L = 1$ 。根据赫伦多夫等(Herrendorf et al., 2013)^[42]、颜色等(2022)^[43]的研究, 家庭消费中不同产业间的替代弹性小于 1, 即货物与服务在消费中表现为互补的特征, 因此设定 $\varepsilon = 0.5$ 。设 $\omega = 0.5$, 表征货物与服务在家庭消费中同等重要, 后文会将其改为 $\omega = 0.3$ 展开敏感性分析, 以刻画品质化、个性化的消费升级趋势。

(二) 基准结果

图 1 汇报了数值模拟结果, 其中横坐标表示经济演化的期数, 纵坐标表示各时期相应变量的大小。从图 1 中可以发现, 伴随数字产业发展, 制造业资本持续深化, 货物实际产出不断增加, 服务业就业份额和服务名义产出占比也呈持续上升趋势。这表明数字产业化可以通过数字赋能推动货物生产部门资本深化, 如智能制造、自动化生产等, 从而促使劳动要素从货物生产部门流向服务生产部门。由于数字经济时代的生产力大幅提升, 物质生产的不断丰富和服务生产的相对缓慢将导致货物与服务相对价格的不断下降, 最终使得服务名义产出占比不断上升。因此, 大部分从事服务业的劳动者可以通过提供价格高昂的服务换取价格低廉的货物以满足物质消费需求, 这与发达国家的服务业经济形态相似, 即产业结构高级化。图 1 中两种曲线分别为数字产业技术进步 10% 和 20% 的数值模拟结果, 通过对比分析发现, 数字产业发展越迅速, 上述产业结构转型效果将会越明显。此外, 根据数字产品分配曲线可以发现, 数字产品将倾向于流入替代性更强的货物生产部门。

表 1 汇报了主要变量从第 1 期到第 30 期的变化情况。基准模型中, 两种技术进步情形下的制造业资本劳动比分别上升 5.883 4 和 18.820 6, 货物实际产出分别上升 1.034 2 和 5.798 5, 表明数字产业发展推动了制造业部门的资本深化、提高了物质生产水平。两种技术进步情形下的服务业就业比重分别上升 0.249 8 和 0.476 4, 服务名义产出比重分别上升 0.110 7 和 0.306 8, 表明数字产业发展推动了劳动要素向服务业转移, 促使产业结构向服务化转型。此外, 两种技术情形下的数字产品分配分别上升 0.223 7 和 0.290 2, 这表明数字产品倾向于流入替代性更强的货物生产部门。

上述定量结果的经济学含义为: 当数字产品与制造产品为替代关系、数字产品与传统服务产品为互补关系时, 数字产业发展将促使数字产业替代制造业, 而生产要素逐渐流入传统服务业以满足家庭消费的互补性特征。这里所谓的替代, 并不是制造业所能提供的产品功能和形式等的全部消失, 而是其传统的产品形态发生改

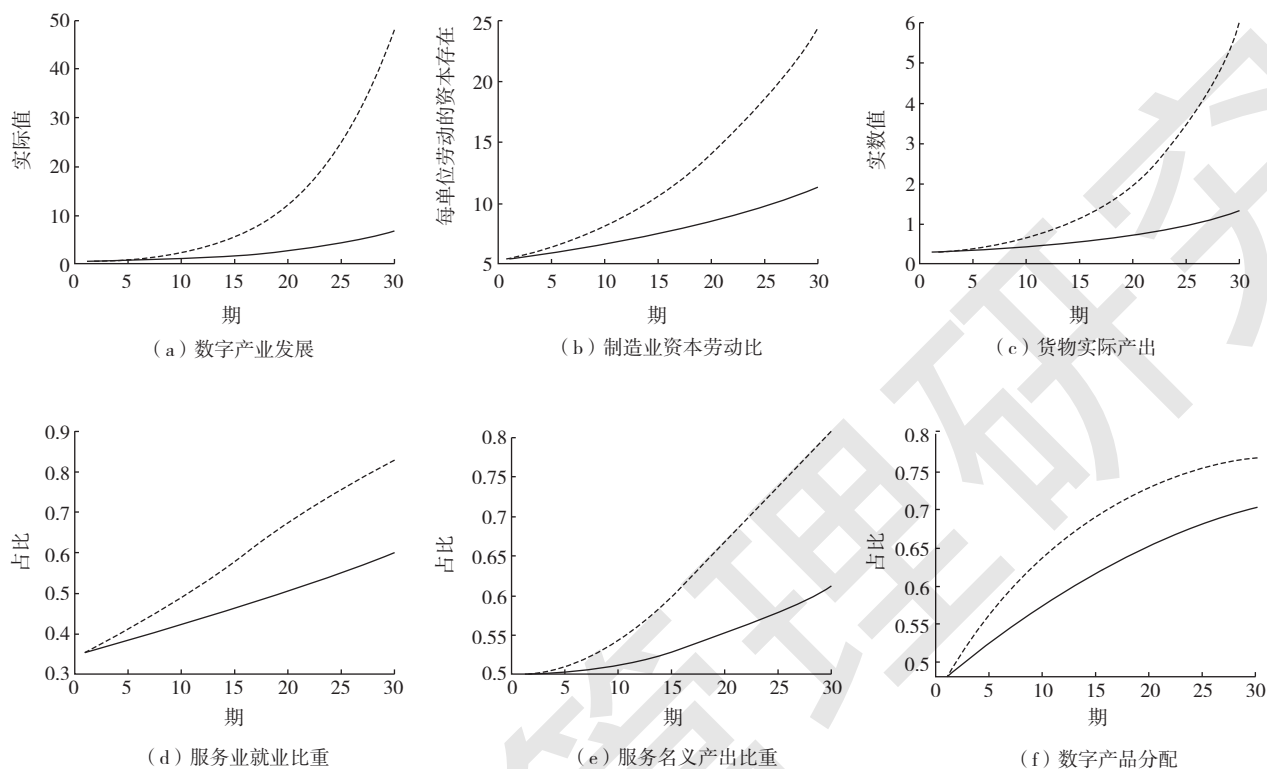


图1 数字产业化影响产业结构转型的基准模拟结果

注:实线表示数字产业技术进步10%,虚线表示数字产业技术进步20%。

变,以数字化产品的形态得以呈现。这一模拟结果的现实意义为:它刻画出一种未来以数字来链接的产业图景,其中的一部分内容目前已经在一些行业真实地发生着,如华为、小米、小鹏、理想等一批诞生于互联网或是经历互联网重塑的制造企业,其所生产出来的汽车、手机、智能家居等产品,从设计开始就打上互联网的烙印。但伴随着经济发展和消费需求升级的马斯洛效应显现,人们对于传统服务业的需求更多是以人的精神情感投入为前提的有“温度”的服务,同时也是昂贵的服务,正如照护机器人与养老服务人员对于养老需求者的价值差异一样。在这种情况下,数字产业无法完全替代部分高度人性化的服务业,这将使能够满足人类情感、心理和自我价值实现的所谓传统服务业,或者说是消费性服务业在经济中的占比保持稳定,更主要的是吸纳更多的劳动力流向这一类服务业。伴随着人工智能等新一代信息技术进步和智能制造对传统制造业的颠覆性变革,制造业最终将成为智能资本占主导的生产体系,大量的劳动力将转移至服务业,以高成本提供昂贵的人性化服务业。

表1 不同环境中数字产业化影响产业结构转型的模拟结果

模型	不同环境	数字产业发展	制造业资本劳动比	货物实际产出	服务业就业比重	服务名义产出比重	数字产品分配
基准模型	技术进步10%	6.277 4	5.883 4	1.034 2	0.249 8	0.110 7	0.223 7
	技术进步20%	47.688 1	18.820 6	5.798 5	0.476 4	0.306 8	0.290 2

表1(续)

模型	不同环境	数字产业发展	制造业资本劳动比	货物实际产出	服务业就业比重	服务名义产出比重	数字产品分配
$\omega=0.3$	技术进步 10%	4.692 2	8.505 2	0.567 7	0.273 4	0.083 5	0.224 8
	技术进步 20%	30.267 5	25.195 1	2.824 0	0.440 8	0.201 8	0.313 8
$\varepsilon=0.3$	技术进步 10%	5.879 5	6.855 1	0.894 7	0.284 0	0.154 6	0.183 1
	技术进步 20%	34.597 7	24.968 8	3.491 4	0.531 5	0.383 2	0.170 7
$\lambda_1=\lambda_2=0.8$	技术进步 10%	3.167 6	1.709 6	0.277 7	0.129 4	0.003 9	0.487 6
	技术进步 20%	45.134 1	8.270 9	1.209 1	0.241 9	0.143 2	0.674 0
$\eta_1=1.2,\eta_2=0.8$	技术进步 10%	7.181 7	2.019 6	0.913 5	0.107 5	0.047 9	0.089 1
	技术进步 20%	82.448 1	5.847 2	4.787 6	0.251 2	0.164 8	0.092 9
$\alpha_l=0.9,\alpha_s=0.1$	技术进步 10%	6.222 4	29.270 6	1.106 5	0.249 2	0.111 0	0.230 5
	技术进步 20%	49.121 7	121.679 6	6.267 8	0.461 3	0.311 8	0.303 9
$\sigma_l=1.2,\sigma_s=0.8$	技术进步 10%	6.349 4	3.932 9	1.049 2	0.245 7	0.112 9	0.226 1
	技术进步 20%	48.601 6	10.809 2	5.895 9	0.459 7	0.310 2	0.293 3

注:表中数值是指第 1 期到第 30 期该变量取值的变化。

(三) 敏感性分析

本文通过改变模型中的六个重要参数展开稳健性检验,即在不改变其他参数取值的前提下改变某种参数取值,重新数值模拟数字产业化对劳动要素配置和产业结构转型的影响,观察上述定量分析结果是否发生变化。第一,关注家庭消费中货物与服务的重要性,将基准模型中的 $\omega=0.5$ 改为 $\omega=0.3$,用以刻画服务品消费在家庭需求中更为重要的情形。第二,关注家庭消费中货物与服务替代弹性的影响,将基准模型中的 ε 的取值从 0.5 降为 0.3。第三,关注最终品生产中制造品和传统服务品的重要性,将基准模型中的 $\lambda_1=\lambda_2=0.5$ 改为 $\lambda_1=\lambda_2=0.8$,用以表征货物生产中制造产品相较数字产品更为重要、服务生产中传统服务产品相较数字产品也更为重要的情形。第四,关注最终品生产中中间产品间替代弹性的影响,将基准模型中的 $\eta_1=1.5,\eta_2=0.5$ 换为 $\eta_1=1.2,\eta_2=0.8$ 。第五,关注中间品部门的资本密集度,将基准模型中的 $\alpha_l=0.8,\alpha_s=0.2$ 换为 $\alpha_l=0.9,\alpha_s=0.1$ 。第六,关注中间品生产中资本与劳动替代弹性的影响,将基准模型中的 $\sigma_l=1.5,\sigma_s=0.5$ 换为 $\sigma_l=1.2,\sigma_s=0.8$ 。上述结果表明,在一定范围内改变参数的取值,数字产业化对产业结构转型的影响仍然不变,表明本文基准模拟的定量结果保持了较好的稳健性。

四、实证研究设计

(一) 计量模型构建

前文理论分析阐述了数字产业化影响产业结构转型的内在机理,指出数字产业化会提高物质生产力水平、促使劳动要素向服务业转移,最终推动产业结构向服务化转型。接下来,本文基于中国 2005—2020 年 30 个省份的面板数据展开实证检验^①。模型设定如下:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 Control_{it} + \lambda_t + \delta_i + \varepsilon_{it} \quad (30)$$

^① 考虑到数据可得性与连续性,本文样本不包括西藏和港澳台地区。

其中, i 和 t 分别表示省份和时间;被解释变量(Y)是产业结构转型,从工业实际产出($Products$)、制造业资本密集度($Kintense$)、服务业产出份额($Service$)和服务业劳动份额($Slabor$)四个维度衡量;核心解释变量是数字产业化(Dig); $Control_{it}$ 表示控制变量集; λ_t 表示时间层面的固定效应; δ_i 表示省份层面的固定效应; ε_{it} 为随机误差项。

(二) 变量说明

1. 核心变量

(1)数字产业化(Dig):本文根据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中关于数字产业化的定义与划分,借鉴许宪春和张美慧(2020)^[44]、白雪洁等(2022)^[36]的方法,采用各省份信息传输、软件和信息技术服务业(软件行业)和计算机、通信和其他电子设备工业(硬件行业)的增加值,并取其对数值来衡量。这两部分不仅为其他部门生产提供必要设施与平台,更是发挥数字经济特性的核心,符合数字产业化的内涵。

(2)工业实际产出($Products$):本文认为产业结构转型是以物质生产不断丰富为前提与基础,劳动要素逐渐向服务业转移,最终带来服务业产出份额持续上升的经济发展态势。因此,本文从工业实际产出、制造业资本密集度、服务业产出与劳动份额四个维度衡量产业结构转型。为与理论模型保持一致,工业实际产出采用剔除硬件行业后的各省份工业实际增加值的对数值衡量。

(3)制造业资本密集度($Kintense$):参考胡昭玲(2007)^[45]、叶娇等(2018)^[46]的做法,本文使用制造业资本存量除以制造业劳动投入衡量资本密集度。其中,资本存量采用各省份剔除数字核心产业后的制造业规上企业固定资产净值衡量,并以2005年为基期进行价格调整,制造业劳动投入采用各省份剔除数字核心产业后的制造业规上企业年平均用工人数量衡量。

(4)服务业产出份额($Service$):该指标从产出层面刻画产业结构转型。为与理论模型保持一致,本文采用各省份剔除软件行业后的服务业增加值与总产出的比值衡量。

(5)服务业劳动份额($Slabor$):该指标从要素层面刻画产业结构转型。为与理论模型保持一致,本文采用各省份剔除软件行业后的服务业城镇单位就业人员与总就业人数的比值衡量。

2. 控制变量

本文选取以下控制变量:外商直接投资(FDI),采用各省份外商直接投资占地区生产总值(GDP)的比重衡量;出口需求(Ex),采用各省份出口额占 GDP 的比重衡量;政府干预(Gov),采用各省份政府支出与 GDP 的比值衡量;人均收入($Pgdp$),采用各省份人均 GDP 的对数值衡量。

(三) 数据来源

本文数据来源于地区投入产出表、《中国统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》、《中国第三产业统计年鉴》、《中国经济普查年鉴》、国家统计局和中国研究数据服务平台(CNRDS)。本文以2005年为基期,对所有以名义价值表示的数据进行价格调整。

五、实证结果及分析

(一) 基准回归结果

表2报告了基准回归结果。可以看到,数字产业化有利于提升工业实际产出,促使劳动力向服务业转移,从而推动产业结构向服务化转型。具体而言,数字产业化水平每提高1%,工业实际产出将增加0.045%,制造

业资本密集度将提高 0.347 个单位,服务业劳动份额和服务业产出份额将分别上升 0.061 和 0.071 个单位。上述实证结果验证了本文基本结论。随着数字产业发展和数字技术扩散,工业发展将逐渐趋于信息化、自动化、智能化,生产效率大幅提升,对低端劳动力的需求大幅降低,此时服务业则成为吸纳就业的主要部门。例如,近年来迅速壮大的外卖、快递、网约车等对技能水平要求较低且更为灵活的服务行业承接了大部分低技能劳动力的就业转移。此外,数字产业发展对计算机服务、科学研究和技术服务等较高端服务业的带动,创造出服务业的高端技能人才需求。因此,传统工业就业随着数字产业化而向服务业转移是目前及未来一段时间内劳动要素配置的趋势。从产出结构视角来看,数字产业化将推动服务业产出占比持续上升。值得注意的是,数字产业化推动下的产业结构转型是建立在物质生产越来越发达的前提下,有别于经济结构的脱实向虚,是真正意义上的产业结构高级化。

表 2 基准回归结果

变量	Products		Kintense		Service		Slabor	
	未纳入控制变量	纳入控制变量	未纳入控制变量	纳入控制变量	未纳入控制变量	纳入控制变量	未纳入控制变量	纳入控制变量
<i>Dig</i>	0.063** (0.027)	0.045* (0.027)	0.602*** (0.059)	0.347*** (0.063)	0.120*** (0.023)	0.071*** (0.025)	0.051*** (0.017)	0.061** (0.022)
<i>FDI</i>		-0.895*** (0.185)		-0.402 (0.486)		-0.087 (0.096)		-0.111 (0.221)
<i>Ex</i>		-0.423*** (0.078)		-0.963*** (0.158)		-0.183*** (0.054)		-0.333*** (0.065)
<i>Pgdp</i>		0.001*** (0.000)		0.423*** (0.150)		0.053 (0.046)		-0.069 (0.044)
<i>Gov</i>		-0.416*** (0.135)		1.596*** (0.273)		0.419** (0.197)		0.087 (0.109)
常数项	7.049*** (0.140)	6.707*** (0.149)	-2.753*** (0.317)	-5.706*** (1.285)	-0.101 (0.124)	0.281 (0.191)	0.264*** (0.093)	0.712 (0.557)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
R^2	0.385	0.523	0.123	0.404	0.235	0.558	0.048	0.330
样本量	480	480	480	480	480	480	480	480

注:***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平;小括号内数值表示省份层面的聚类稳健标准误。后表同。

(二) 稳健性检验

1. 调整样本范围

为剔除极端值对回归结果的影响,对核心解释变量与被解释变量进行1%的缩尾处理,回归结果如表3所示。可以发现,相较于基准回归,数字产业化仍会对工业实际产出、制造业资本密集度以及服务业产出份额和劳动份额产生显著影响,且作用方向不变。

2. 替换核心解释变量

在基准计量模型中,本文以软件行业与硬件行业增加值的对数值作为数字产业化的代理变量。但实际

上,数字产业化不仅包括数字化赋权基础设施,还包括数字化媒体和数字化交易。因此,本文借鉴许宪春和张美慧(2020)^[44]、白雪洁等(2022)^[36]的方法,重新测算各省份数字产业增加值规模。表3所示的结果表明,在替换核心解释变量之后,基准回归结果仍然稳健。

表3 稳健性检验一

变量	被解释变量与核心解释变量缩尾				替换核心解释变量			
	<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>	<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>
<i>Dig</i>	0.067** (0.029)	0.352*** (0.061)	0.074*** (0.024)	0.061** (0.022)	0.047*** (0.013)	0.429*** (0.063)	0.096*** (0.020)	0.079*** (0.022)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	7.218*** (0.151)	-5.606*** (1.240)	-0.403 (0.369)	0.916** (0.388)	7.303*** (0.169)	-4.657*** (1.291)	-0.140 (0.337)	1.123*** (0.378)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
R^2	0.446	0.417	0.564	0.330	0.440	0.424	0.601	0.360
样本量	480	480	480	480	480	480	480	480

3. 使用工具变量

从经济发展现实来看,在经济发展水平较高的地区,服务业就业与产出占比往往相对更高,数字产业化水平也更发达。因此,基准模型可能存在联立性偏误问题。此外,遗漏变量和数据测量误差也可能带来估计结果偏误。为保证基本结论的稳健性,参考肖土盛等(2022)^[47]、叶堂林和王雪莹(2023)^[48]的做法,本文将同年份其他省份数字产业化的平均值作为工具变量,进行两阶段最小二乘(2SLS)估计。一方面,数字产业化具有空间外溢效应,同时期内其他省份的数字产业发展会对提升本省数字产业化水平,满足相关性要求;另一方面,地区产业结构转型情况主要由自身要素禀赋、需求结构等因素决定,受其他省份的数字产业化水平影响较小,满足工具变量外生性条件。两阶段最小二乘估计的回归结果如表4所示,可以发现基准结论仍然成立。

表4 稳健性检验二

变量	第一阶段	第二阶段			
		<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>
<i>IV</i>	-19.518*** (1.349)				
<i>Dig</i>		0.045* (1.663)	1.509*** (0.167)	0.279*** (0.027)	0.271*** (0.030)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	119.303*** (7.924)	6.707*** (45.005)	-6.829*** (0.683)	-0.782*** (0.112)	-0.506*** (0.122)

表4(续)

变量	第一阶段	第二阶段			
		<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>
Kleibergen-Paap rk Wald <i>F</i>			124.426 { 16.38 }		
Kleibergen-Paap rk <i>LM</i>			89.435 [0.000]		
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	450	450	450	450	450

注:中括号内数值是统计检验的 *P* 值;大括号内数值是 Stock-Yogo 弱工具变量检验 10%水平的临界值。

4. 考虑遗漏变量

数字产业化作为“第四产业”与新的竞争力来源,通过现代信息技术的市场化应用,成为推动经济发展的内生动力。因此,区域市场环境是数字科技成果转化与应用的关键,为避免遗漏变量带来的偏误,本文纳入地区市场化指数(*Market*),以控制地区市场化水平的影响。从表5的回归结果可知,在纳入市场化因素后,基准回归的主要结论不变。

表5 稳健性检验三

变量	<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>
<i>Dig</i>	0.078 *** (0.029)	0.264 *** (0.063)	0.046 ** (0.021)	0.045 * (0.023)
<i>Market</i>	0.002 (0.009)	0.094 *** (0.017)	0.028 *** (0.005)	0.018 *** (0.005)
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	7.137 *** (0.174)	-4.199 *** (1.272)	0.040 (0.367)	1.203 *** (0.409)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
<i>R</i> ²	0.446	0.443	0.671	0.384
样本量	480	480	480	480

5. 采用分位数回归方法

与普通最小二乘(OLS)估计相比,分位数回归不仅放松了同方差及误差项正态分布的假设,还可以更为全面地描述不同分位数上被解释变量与核心解释变量之间的关系。因此,本文采用面板分位数回归方法作为稳健性检验,设置 10%、25%、50%、75%和 90%这 5 个分位数指数来评估数字产业化对产业结构转型的影响,回归结果如表6所示。可以发现,数字产业化对服务业产出和劳动份额影响的系数在不同分位数上均显

著为正,对工业实际产出和制造业资本密集度的影响分别呈现由负转正和逐渐增大的趋势,验证了基准回归结果的稳健性。这表明在产业结构转型水平由低到高的演进过程中,数字产业化对该进程的正向影响会逐渐变强。

表 6 分位数回归结果

分位数	<i>Products</i>		<i>Kintense</i>		<i>Service</i>		<i>Slabor</i>	
	<i>Dig</i>	控制变量	<i>Dig</i>	控制变量	<i>Dig</i>	控制变量	<i>Dig</i>	控制变量
10%	-0.063 (0.075)	控制	0.312 (1.594)	控制	0.068*** (0.017)	控制	0.053*** (0.015)	控制
25%	-0.047 (0.055)	控制	0.345 (1.395)	控制	0.069*** (0.012)	控制	0.069*** (0.012)	控制
50%	-0.026 (0.036)	控制	0.397 (0.713)	控制	0.071*** (0.009)	控制	0.071*** (0.009)	控制
75%	0.018 (0.044)	控制	0.521 (0.356)	控制	0.072*** (0.013)	控制	0.072*** (0.013)	控制
90%	0.042** (0.024)	控制	0.697 (0.819)	控制	0.073*** (0.017)	控制	0.073*** (0.017)	控制

6. 采用广义矩估计(GMM)估计方法

为进一步缓解内生性问题,本文使用两步系统-广义矩估计(SYS-GMM)方法对基准计量模型展开估计。由表7的回归结果可知,AR(1)显著,且AR(2)和汉森(Hansen)检验结果均不显著,表明扰动项差分存在一阶自相关,不存在二阶自相关与过度识别问题。GMM检验结果表明本文基本结论具有较好的稳健性。

表 7 GMM 估计结果

变量	<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>
<i>Dig</i>	0.521*** (0.143)	0.158*** (0.015)	0.062*** (0.008)	0.029*** (0.010)
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	7.548*** (2.785)	-2.965*** (0.182)	-0.120*** (4.521)	0.546*** (0.190)
AR(1)	0.002	0.001	0.023	0.000
AR(2)	0.342	0.215	0.375	0.102
Hansen J	0.476	0.346	0.371	0.302
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	480	480	480	480

(三) 机制检验

1. 机制检验一:市场机制

理论分析表明数字产业化推动产业结构转型的核心渠道是市场机制。在价格信号的引导下,数字产业化通过影响生产要素及中间产品间的供求关系推动产业结构转型。接下来,本文将工业与服务业的相对价格(*Price*)作为中介变量展开机制检验。由于统计数据缺乏服务品价格指数,本文采用各省份工业生产者出厂价格指数与居民消费价值指数的比值来衡量工业与服务业间的相对价格变化,该指标越大表示工业品相对服务品价格上涨越快。表8报告了机制检验结果,可以发现,数字产业化对相对价格的影响在1%的显著性水平下为负,这表明数字产业化带来了服务品相对工业品价格的上升。由于数字产品容易替代制造产品,数字产业发展将大幅提高货物产量,从而导致货物价格的下降,而数字产品不容易替代传统服务产品,因此服务业难以实现像制造业一样的自动化生产,从而导致服务品价格的相对高昂,这与发达国家的服务经济形态相吻合。由产业结构转型作为被解释变量的回归结果可以发现,相对价格对工业实际产出、制造业资本密集度、服务业产出份额和劳动份额的影响均显著为负,表明市场机制是数字产业化影响产业结构转型的有效渠道。

表8 机制检验一:市场机制

变量	<i>Price</i>	<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>
<i>Dig</i>	-0.191 *** (0.033)	0.050 * (0.027)	0.078 (0.065)	-0.017 ** (0.008)	0.020 * (0.011)
<i>Price</i>		-0.306 *** (0.109)	-1.406 *** (0.153)	-0.090 *** (0.031)	-0.244 *** (0.048)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-4.444 (0.804)	6.404 *** (0.183)	-5.081 *** (0.181)	1.485 *** (0.210)	1.019 ** (0.395)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
R^2	0.592	0.532	0.499	0.811	0.435
样本量	480	480	480	480	480

2. 机制检验二:产业互动

前文理论模型刻画了数字经济时代的产业互动特征。数字产业化是数字经济的基础部分,通过将数字化的知识和信息转化为生产要素,实现信息技术创新和管理创新、商业模式创新融合,从而加强产业间互动协作,不断催生新产业、新业态、新模式,最终形成数字产业链和产业集群,推动产业结构转型^[49]。本文基于已有年份的投入产出表进行部门合并,并利用双比例尺度(RAS)法推算每年的投入产出表,最后计算工业部门使用服务品中间投入的直接消耗系数,用于衡量中介变量产业互动(*Interact*),机制检验结果如表9所示。估计结果显示,数字产业化在1%的显著性水平上推动了产业互动。同时,产业互动对工业实际产出、制造业资本密集度、服务业产出份额和劳动份额的影响系数均显著为正,验证了产业互动在数字产业化推

动产业结构转型过程中的重要机制作用。

表 9 机制检验二:产业互动

变量	<i>Interact</i>	<i>Products</i>	<i>Kintense</i>	<i>Service</i>	<i>Slabor</i>
<i>Dig</i>	0.050*** (0.015)	-0.052* (0.028)	0.524*** (0.056)	0.107*** (0.009)	0.056*** (0.011)
<i>Interact</i>		0.402*** (0.084)	0.520*** (0.166)	0.097*** (0.028)	0.115*** (0.032)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.111 (0.080)	7.779*** (0.142)	-2.231*** (0.294)	-0.003 (0.049)	0.974*** (0.209)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
R^2	0.177	0.161	0.463	0.420	0.345
样本量	480	480	480	480	480

(四) 异质性检验

1. 区域异质性

区域间数字鸿沟是经济发展矛盾在数字经济时代的重要体现,与共享数字收益、共同富裕的目标背道而驰。基于此,本文以各省份 2005—2020 年数字产业化水平的均值为依据,将样本划分为数字产业化发达和数字产业化欠发达地区^①,考察数字产业化对产业结构转型影响的区域异质性,表 10 报告了回归结果。可以发现,无论是数字产业化发达还是欠发达地区,数字产业化均会提升服务业产出份额,但综合其他指标来看均尚未实现全面、整体的产业结构转型。具体而言,在数字产业化水平较高的区域,数字产业化对工业实际产出具有负向影响,且对于制造业资本密集度和服务业劳动份额的提高效应不明显。在数字产业化水平欠发达地区,数字产业化则能够提升工业实际产出与服务业劳动份额,但会降低制造业资本密集度。可能的原因在于,数字产业化水平较高的区域如北京、上海、广东等地,其本身金融服务、教育卫生、科学研究和技术服务等服务业的发展水平较为领先,因此数字产业化对产业结构的影响重点表现为服务业占比提升,而欠发达地区的服务业发展在数字经济时代迎来后发优势,具有更大的物质丰富与就业转移空间。

表 10 区域异质性

变量	<i>Products</i>		<i>Kintense</i>		<i>Service</i>		<i>Slabor</i>	
	发达地区	欠发达地区	发达地区	欠发达地区	发达地区	欠发达地区	发达地区	欠发达地区
<i>Dig</i>	-0.099** (0.044)	0.113*** (0.036)	0.075 (0.085)	-0.157 (0.255)	0.064*** (0.020)	0.071** (0.027)	0.028 (0.027)	0.069*** (0.023)

① 根据各省份 2005—2020 年数字产业化水平的均值,选取前 1/3 省份作为数字产业发达地区,后 2/3 省份作为数字产业欠发达地区。

表10(续)

变量	<i>Products</i>		<i>Kintense</i>		<i>Service</i>		<i>Slabor</i>	
	发达地区	欠发达地区	发达地区	欠发达地区	发达地区	欠发达地区	发达地区	欠发达地区
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	8.294*** (0.282)	6.577*** (0.164)	-0.256*** (2.180)	0.357 (0.250)	-1.503*** (0.340)	-0.035 (0.441)	1.622*** (0.465)	0.572 (0.455)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
邹检验	11.600 [0.000]		3.280 [0.038]		6.250 [0.002]		8.650 [0.000]	
R^2	0.176	0.522	0.450	0.715	0.653	0.551	0.490	0.250
样本量	176	304	176	304	176	304	176	304

注:中括号内数值是邹检验(Chow test)的P值,后表同。

2. 时间异质性

随着中国经济进入高质量发展阶段,数字经济也从高速的外延型增长模式向质量与效益兼顾的内涵型增长模式转变。那么,数字产业化对产业结构转型的影响是否存在时间异质性?本文将样本划分为第一阶段(2005—2012年)和第二阶段(2013—2020年)展开实证检验,表11报告了回归结果。可以发现,在数字产业发展尚不充分的第一阶段,数字产业化对工业实际产出、制造业资本密集度以及服务业产出和劳动份额的影响均不显著。在第二阶段,数字产业化对工业实际产出的影响虽仍然不显著,但其对制造业资本密集度以及服务业产出和劳动份额均有显著的提升效果。上述结果表明数字产业化对产业结构转型的影响存在时间异质性。可能的原因在于,2013年之前,中国整体上还是以工业经济为主,同时数字产业发展处于雏形阶段,数字技术在经济活动中还未得到广泛应用。2013年之后,中国服务业产出占比超过工业,成为吸纳就业的第一主体,电子信息制造业、软件和信息技术服务业等数字产业发展更为迅速,尤其是物联网、云计算、人工智能等产业成为数字经济发展潮流的引领者,数字产业化对产业结构转型的影响逐渐显现。

表11 时间异质性

变量	<i>Products</i>		<i>Kintense</i>		<i>Service</i>		<i>Slabor</i>	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
<i>Dig</i>	0.041 (0.040)	0.048 (0.037)	0.075 (0.085)	0.504*** (0.128)	0.008 (0.013)	0.056*** (0.012)	0.007 (0.014)	0.036** (0.017)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	7.191*** (0.196)	7.698*** (0.221)	-0.256*** (2.180)	-1.317 (0.807)	0.092 (0.174)	-0.820 (0.518)	1.691*** (0.190)	-3.853*** (0.723)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制

表11(续)

变量	<i>Products</i>		<i>Kintense</i>		<i>Service</i>		<i>Slabor</i>	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
邹检验	3.680 [0.056]		57.070 [0.000]		26.950 [0.000]		4.160 [0.042]	
R^2	0.541	0.548	0.450	0.149	0.404	0.326	0.241	0.451
样本量	240	240	240	240	240	240	240	240

六、结论与政策启示

以数字技术为代表的新一轮科技与产业革命正在加速演进,数字经济已成为重组全球资源要素、重塑全球经济结构、重构全球竞争格局的关键力量,是中国推动产业升级的重大突破口和经济高质量增长的重要引擎。数字产业化作为数字经济发展的基础与动力来源,是推动以数字技术为核心的新兴产业集群发展的现实表现,正成为现代化产业体系建设的重要抓手。那么,数字产业化将对产业结构转型产生怎样的影响?本文围绕这一核心问题展开研究。本文构建多部门一般均衡模型,纳入数字产业化影响产业结构转型的三大特征,阐述数字产业化对产业结构转型的影响机理。通过数值模拟方法对不同参数环境下的经济结构演化过程进行定量分析,发现当数字产品与制造产品的替代弹性较高、与传统服务产品替代弹性较低,且制造业的资本产出弹性较高时,数字产业化将通过提高货物实际产出和制造业资本密集度,促进服务业名义产出和劳动份额增长,推动产业结构转型。在定量分析的基础上,本文进一步利用2005—2020年30个省份的面板数据,实证检验数字产业化对产业结构转型的实际影响。研究表明,数字产业化会提高工业部门的生产力水平,促使劳动要素向服务业部门转移,最终推动产业结构向服务化转型。该结论在经过调整样本范围、替换核心解释变量、使用工具变量、考虑遗漏变量和更换回归方法的一系列稳健性检验后仍然成立。异质性检验发现,数字产业化对产业结构的影响在数字产业化较发达地区主要表现为服务业占比提升,而在数字产业化欠发达地区则更多表现出物质丰富和就业转移的后发优势,数字产业化对产业结构转型的促进作用在2013年之后更为明显。机制检验发现,市场机制和产业互动是数字产业化推动产业结构转型的关键渠道。

基于研究结论,本文建议从以下四大方面挖掘数字产业化潜力,更好地建设现代化产业体系。第一,着力攻克数字技术基础前沿领域和关键核心技术,掌握数字产业发展自主权。首先,选准研发攻关方向与技术轨道,实现动态优化布局以加速迭代步伐,注重应用引领性技术,明确未来发展空间较大的技术方向;其次,适当超前部署基础性科学研究任务,为实现核心技术突破提供知识与技术保障,从根本上积累支撑关键核心技术攻关的“源”创新;最后,注重数字科技成果向实际应用的有效转化,形成优先基于重大应用场景与市场需求进行研发与创新的逆向牵引模式。第二,产业结构服务化需要以物质生产力持续提升为前提,在注重服务业占比提升的同时关注制造业比重,避免盲目借助数字技术发展服务业。一方面,稳定制造业比重,以数字化重构制造业竞争优势,充分利用大数据和人工智能等,通过拓展生产能力、破解制造瓶颈、转变

创新方式等路径提升制造产品竞争力;另一方面,引导数字经济加快向生产性服务业、高技术服务业等现代高端服务业态渗透赋能,推动数智技术在相关服务业中由辅助手段走向深度应用,对服务业产品功能、场景等环节的开发从传统的功能输出型向复合的智能引导型转变。第三,把握数字经济发展为劳动力配置带来的变革与机遇,注重人力资本质量与结构优化,为劳动力向服务业转移提前布局。一是重点发挥数字产业化的高端就业吸纳能力,注重高水平数字技术人才的培养与集聚;二是完善劳动中介服务机构建设,加强职业教育与技能培训,从建立高效就业信息网络和提升劳动力整体素质两方面缓解就业摩擦;三是确保产业结构变动过程中失业人群的社会保障,建立多样化的失业保障模式,解决劳动力面临收入风险时的基本生活问题,增强再就业信心与可能性。第四,推动数字产业与传统产业间的融合互动,充分借助市场配置资源,注重分类施策。产业融合方面,不断完善有利于产业融合的政策配套体系,包括加快建设全国统一大市场以强化产业间协作,打造支持产业链创新链融合发展的金融服务体系等;市场作用发挥方面,应大力培育富有活力和竞争力的市场主体,营造包容的营商环境;区域协调方面,从区域协调发展阶段视角统筹数字产业整体布局,根据不同省市的经济区位特点与产业基础等因素进行数字产业发展统筹规划,鼓励各地形成特色鲜明、亮点突出、相互补充的差异化与互补性并存的数字产业格局。

参考文献:

- [1] 丁述磊, 戚聿东, 刘翠花. 数字经济时代职业重构与青年职业发展[J]. 改革, 2022(6): 91-105.
- [2] 蔡跃洲, 张韵南. 信息通信技术对中国经济增长的替代效应与渗透效应[J]. 经济研究, 2015, 50(12): 100-114.
- [3] 苗翠芬. 人工智能与制造业服务化[J]. 经济与管理研究, 2023, 44(7): 22-39.
- [4] 王俊豪, 周晟佳. 中国数字产业发展的现状、特征及其溢出效应[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(3): 103-119.
- [5] 卓玛草. 异质性要素替代弹性与中国产业结构变迁——兼论新发展格局稳增长的来源[J]. 经济科学, 2022(6): 22-38.
- [6] 郭凯明, 潘珊, 颜色. 新型基础设施投资与产业结构转型升级[J]. 中国工业经济, 2020(3): 63-80.
- [7] 蔡跃洲, 牛新星. 中国数字经济增加值规模测算及结构分析[J]. 中国社会科学, 2021(11): 4-30.
- [8] 陈梦根, 张鑫. 中国数字经济规模测度与生产率分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(1): 3-27.
- [9] 王军, 朱杰, 罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(7): 26-42.
- [10] 宋培, 李琳, 艾阳, 等. 中国数字经济创新发展的技术选择与效果评估[J]. 科学学研究, 2023, 41(8): 1410-1421.
- [11] GHASEMAGHAEI M, CALIC G. Assessing the impact of big data on firm innovation performance: big data is not always better data[J]. Journal of Business Research, 2020, 108: 147-162.
- [12] 袁淳, 肖土盛, 耿春晓, 等. 数字化转型与企业分工: 专业化还是纵向一体化[J]. 中国工业经济, 2021(9): 137-155.
- [13] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 130-144.
- [14] BAJARI P, CHERNOZHUKOV V, HORTAÇSU A, et al. The impact of big data on firm performance: an empirical investigation[Z]. NBER Working Paper No. 24334, 2018.
- [15] 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, 36(10): 65-76.
- [16] 张勋, 万广华, 张佳佳, 等. 数字经济、普惠金融与包容性增长[J]. 经济研究, 2019, 54(8): 71-86.
- [17] PAN W R, XIE T, WANG Z W, et al. Digital economy: an innovation driver for total factor productivity[J]. Journal of Business Research, 2022, 139: 303-311.
- [18] 戚聿东, 刘翠花, 丁述磊. 数字经济发展、就业结构优化与就业质量提升[J]. 经济学动态, 2020(11): 17-35.

- [19] ALVAREZ-CUADRADO F, POSCHKE M. Structural change out of agriculture: labor push versus labor pull[J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2011, 3(3): 127-158.
- [20] 王林辉,袁礼. 有偏型技术进步、产业结构变迁和中国要素收入分配格局[J]. *经济研究*, 2018, 53(11): 115-131.
- [21] 郭凯明,颜色,杭静. 生产要素禀赋变化对产业结构转型的影响[J]. *经济学(季刊)*, 2020, 19(4): 1213-1236.
- [22] NGAI L R, PISSARIDES C A. Structural change in a multisector model of growth[J]. *The American Economic Review*, 2007, 97(1): 429-443.
- [23] 颜色,郭凯明,杭静. 需求结构变迁、产业结构转型和生产率提高[J]. *经济研究*, 2018, 53(12): 83-96.
- [24] BOPPART T. Structural change and the Kaldor facts in a growth model with relative price effects and non-Gorman preferences[J]. *Econometrica*, 2014, 82(6): 2167-2196.
- [25] 徐朝阳,王韡. 部门异质性替代弹性与产业结构变迁[J]. *经济研究*, 2021, 56(4): 77-92.
- [26] SPOSI M. Evolving comparative advantage, sectoral linkages, and structural change[J]. *Journal of Monetary Economics*, 2019, 103: 75-87.
- [27] GUO K M, HANG J, YAN S. Servicification of investment and structural transformation: the case of China[J]. *China Economic Review*, 2021, 67: 101621.
- [28] 田鸽,张勋. 数字经济、非农就业与社会分工[J]. *管理世界*, 2022, 38(5): 72-84.
- [29] 王文. 数字经济时代下工业智能化促进了高质量就业吗[J]. *经济学家*, 2020(4): 89-98.
- [30] 杨伟国,吴邦正. 平台经济对就业结构的影响[J]. *中国人口科学*, 2022(4): 2-16.
- [31] 胡拥军,关乐宁. 数字经济的就业创造效应与就业替代效应探究[J]. *改革*, 2022(4): 42-54.
- [32] ACEMOGLU D, RESTREPO P. The race between man and machine: implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. *The American Economic Review*, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [33] 陈贵富,韩静,韩恺明. 城市数字经济发展、技能偏向型技术进步与劳动力不充分就业[J]. *中国工业经济*, 2022(8): 118-136.
- [34] 柏培文,张云. 数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益[J]. *经济研究*, 2021, 56(5): 91-108.
- [35] 刘洋,陈晓东. 中国数字经济发展对产业结构升级的影响[J]. *经济与管理研究*, 2021, 42(8): 15-29.
- [36] 白雪洁,宋培,李琳. 数字经济发展助推产业结构转型[J]. *上海经济研究*, 2022(5): 77-91.
- [37] 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[J]. *管理世界*, 2022, 38(5): 56-74.
- [38] 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[J]. *管理世界*, 2019, 35(7): 60-77.
- [39] 刘翠花. 数字经济对产业结构升级和创业增长的影响[J]. *中国人口科学*, 2022(2): 112-125.
- [40] 陈晓东,杨晓霞. 数字经济发展对产业结构升级的影响——基于灰关联熵与耗散结构理论的研究[J]. *改革*, 2021(3): 26-39.
- [41] 郭凯明,黄静萍. 劳动生产率提高、产业融合深化与生产性服务业发展[J]. *财贸经济*, 2020, 41(11): 112-125.
- [42] HERRENDORF B, ROGERSON R, VALENTINYI Á. Two perspectives on preferences and structural transformation[J]. *The American Economic Review*, 2013, 103(7): 2752-2789.
- [43] 颜色,郭凯明,杭静. 中国人口红利与产业结构转型[J]. *管理世界*, 2022, 38(4): 15-33.
- [44] 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[J]. *中国工业经济*, 2020(5): 23-41.
- [45] 胡昭玲. 产品内国际分工对中国工业生产率的影响分析[J]. *中国工业经济*, 2007(6): 30-37.
- [46] 叶娇,赵云鹏,和珊. 生产率、资本密集度对企业国际化模式选择决策的影响[J]. *统计研究*, 2018, 35(1): 32-42.
- [47] 肖土盛,孙瑞琦,袁淳,等. 企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J]. *管理世界*, 2022, 38(12): 220-237.
- [48] 叶堂林,王雪莹. 数字经济对协调性均衡发展的影响——兼论共同富裕的实现路径[J]. *经济学动态*, 2023(1): 73-88.
- [49] 陈堂,陈光. 数字化转型对产业结构升级的空间效应研究——基于静态和动态空间面板模型的实证分析[J]. *经济与管理研究*, 2021, 42(8): 30-51.

Structural Transformation Effect of Digital Industrialization

—Theoretical Model and Empirical Testing

AI Yang, SONG Pei, LI Lin

(Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract: As the foundation and driver of the development of the digital economy, digital industrialization is a realistic manifestation of promoting the development of emerging industrial clusters with digital technology as the core. It is becoming an important starting point for the construction of a modern industrial system. Thus, this paper intends to investigate the potential impact of digital industrialization on the industrial structure transformation.

This paper constructs a multi-sector general equilibrium model to elaborate the underlying mechanism. The numerical simulation reveals that when the elasticity of substitution of digital products and manufactured products, and production factors in manufacturing is high, and that of digital products and traditional service products is low, digital industrialization will promote service-oriented industrial structure transformation by improving the real output of goods sector and the capital intensity of manufacturing, and increasing the employment proportion and nominal output share of the service industry.

Then, the panel data of 30 provincial-level regions in China from 2005 to 2020 is used to conduct an empirical test. It is found that digital industrialization will improve the productivity level of the industrial sector, promote the transfer of labor factors to the service sector, increase the output share of the service sector continuously, and advance the industrial structure transformation. This conclusion still holds after a series of robustness tests. The heterogeneity test reveals that digital industrialization increases the proportion of the service industry in the more developed regions. However, in the less developed regions, it shows the latter advantages of material abundance and the shift of employment to services. Furthermore, the promotion effect of digital industrialization on industrial structure transformation is more obvious after 2013. The mechanism test shows that the market mechanism and industrial interaction are the key channels for this promotion effect.

The following four aspects are proposed to explore the potential of digital industrialization and build China's modern industrial system better. First, it should focus on tackling the frontiers and the key core technologies of digital technology and grasp the autonomy of digital industrialization. Second, the servitization of industrial structure needs to be based on the continuous improvement of material productivity and should pay attention to the quality of development of the service industry and the proportion of industry while focusing on the increase in the service industry. Third, it should grasp the opportunities brought by the digital economy for labor allocation, attach importance to the quality and structure optimization of human capital, and plan for the labor transfer to the service industry in advance. Fourth, it should promote the integration and interaction between digital and traditional industries, make full use of the market to allocate resources, and lay emphasis on classified policies.

Keywords: digital industrialization; industrial structure transformation; market mechanism; industrial interaction; capital deepening

责任编辑:姜 菜