

人工智能、产业融合与产业结构转型升级

潘 珊, 李剑培, 顾乃华

[摘要] 推进产业智能化、绿色化、融合化,是建设现代化产业体系的重要内涵。推动产业融合发展是推进现代化产业体系建设、加快形成新质生产力的产业基础。生产性服务业所具备的“融合”特质,使其成为中国产业结构转型升级的重要方向。基于跨国数据的分析表明,中国的生产性服务业比重偏低,拉动经济增长的动能还有待释放。作为推动新一轮科技革命和产业变革的战略性通用技术,人工智能技术推动产业发展由分工深化走向相互融合,成为加快产业融合、促进生产性服务业发展的重要途径。本文建立一个包含人工智能和产业融合的多部门动态一般均衡模型,研究发现,当人工智能技术偏向制造业且制造业与生产性服务业替代弹性较低时,人工智能技术会促进制造业与生产性服务业的融合,通过集约边际效应提高生产性服务业的比重。数值模拟结果显示,人工智能技术可以有效促进产业融合和产业结构转型升级。此外,提高新型基础设施投资率、降低不同服务业之间劳动力流动成本等途径可以进一步推动产业融合和加快生产性服务业发展。本文从宏观经济结构视角展示人工智能技术影响产业融合和产业结构转型升级的理论机制,并就如何以人工智能技术促进产业融合和发展生产性服务业提出政策启示。

[关键词] 人工智能; 产业融合; 生产性服务业; 产业结构转型升级

[中图分类号] F124 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X (2025)02-0023-19

一、引言

产业融合是产业转型升级的重要趋势和引领方向。伴随着新一轮通用性科技革命,产业发展由分工深化逐步走向相互融合,传统产业之间的边界逐渐模糊,产业融合已成为产业发展的新趋势。随着产业融合不断深化,经济增长不再局限于单一产业或部门的快速发展,而是表现为各部门之间的协同合作与深度融合,为经济增长注入新的动力。二十届中央财经委员会第一次会议提出推进产业智能化、绿色化、融合化,建设具有完整性、先进性、安全性的现代化产业体系,明确了建设现代化产业体系的重要内涵。党的二十届三中全会强调,要推进生产性服务业融合发展。因此,加

[收稿日期] 2024-04-22

[基金项目] 国家社会科学基金后期资助项目“供给侧改革与中国经济‘双重’结构转型”(批准号 22FJLB009); 国家自然科学基金青年项目“中国经济的‘双重’结构转型:基于供给侧改革的理论分析与实证检验”(批准号 71703056); 国家社会科学基金重大项目“粤港澳大湾区产业融合发展的机制与政策研究”(批准号 19ZDA079)。

[作者简介] 潘珊,暨南大学产业经济研究院副研究员,博士生导师,经济学博士;李剑培,广东金融学院经济贸易学院讲师,经济学博士;顾乃华,暨南大学产业经济研究院研究员,博士生导师,管理学博士。通讯作者:李剑培,电子邮箱:lijianpei1314@foxmail.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

快产业融合发展是适应产业发展新趋势、建设现代化产业体系的必然要求。

制造业与生产性服务业的融合是最为典型的产业融合。当前,中国制造业面临“低端锁定”的不利局面,生产性服务业与制造业融合发展是提升产业链供应链韧性和引领产业攀升至全球价值链高端的关键(黄群慧,2016)。生产性服务业被视为推动制造业和服务业深度融合、协同发展的载体。生产性服务业贯穿生产制造的全过程,可以为制造业提供全产业链平台型服务,是推动制造业转型升级的重要动力。一个国家的制造业越强,其附加值会越多地来自生产性服务业的研发、设计、贸易、售后等环节,这些生产性服务业会给制造业带来强大的赋能作用,提高制造业的效率和竞争力。

图1给出全球主要经济体的生产性服务业比重与人均GDP的关系。^①可以看出,生产性服务业的就业比重和产出比重均伴随人均GDP的增长而持续提高,表明在经济发展的过程中,生产性服务业在经济中的重要性逐渐增强。然而,中国的生产性服务业比重一直偏低,与发达经济体有较大的差距。表1显示,中国2018年的生产性服务业就业比重为11%,产出比重为27%,低于同期日本和韩国的生产性服务业比重,而美国在2010年生产性服务业就业比重就已达22%,产出比重高达44%。由此可见,与发达经济体相比,中国生产性服务业就业与产出比重还有不小差距。

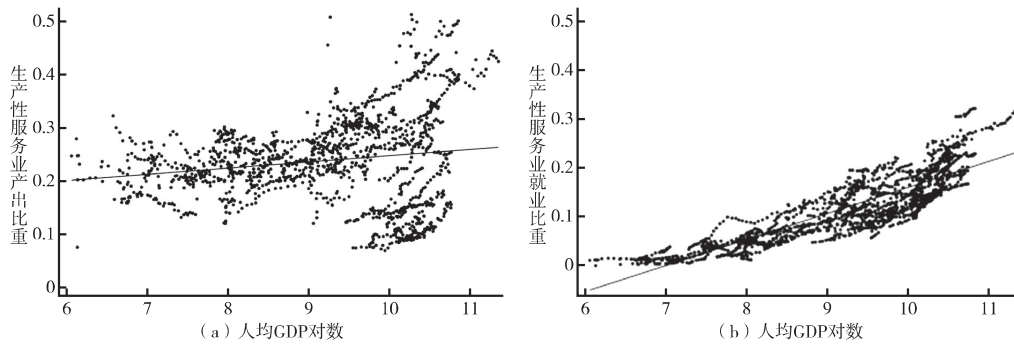


图1 全球主要经济体生产性服务业比重与人均GDP的关系

资料来源:人均GDP数据来自 Penn World Table 10.01 数据库,生产性服务业比重来自 GGDC 2014 行业数据库。表1同。

表1 中国与部分发达经济体生产性服务业比重的对比

经济体	人均GDP(不变价,万美元)	生产性服务业就业比重(%)	生产性服务业产出比重(%)
中国(2018)	1.390	11.255	26.918
美国(2010)	5.437	22.483	44.013
日本(2018)	3.982	22.607	33.912
韩国(2018)	4.200	22.439	31.113
英国(2011)	4.069	22.419	28.450

^① 根据 GGDC 的产业分类,生产性服务业主要包括交通运输、仓储和邮政业,金融业,房地产业和商务服务业。图1中引用数据来自全球45个经济体:美国、英国、德国、丹麦、西班牙、法国、意大利、瑞典、荷兰、中国、中国香港、中国台湾、日本、韩国、新加坡、以色列、玻利维亚、巴西、智利、哥伦比亚、哥斯达黎加、厄瓜多尔、墨西哥、秘鲁、印度、马来西亚、孟加拉国、巴基斯坦、菲律宾、斯里兰卡、布基纳法索、喀麦隆、肯尼亚、马拉维、毛里求斯、摩洛哥、莫桑比克、尼日利亚、卢旺达、塞内加尔、南非、坦桑尼亚、突尼斯、土耳其、赞比亚。

人工智能作为战略性通用技术,在推动新一轮科技革命与产业变革中发挥着关键作用。过去十年人工智能从实验室走向产业化,重塑了传统行业模式,并为全球经济和社会活动做出不容忽视的贡献(蔡跃洲和陈楠,2019)。人工智能技术最初以工业机器人的形式引入制造业的生产中,中国工业机器人行业不断发展壮大,自2013年起,中国超越日本成为世界第一大工业机器人市场,2021年中国机器人市场规模占全球比例已达33%。人工智能具有基础设施的外溢特征,可以提高不同产业的劳动生产率(Graetz and Michaels,2018;Zhong et al.,2024),高效率的生产模式节约生产资源,降低生产成本,不仅推动产业结构转型(郭凯明,2019),也推动制造业的岗位结构从低端生产加工转向高端服务发展(潘珊和郭凯明,2024),并有效提升生产性服务业的比重(王文等,2020)。产业融合作为产业结构转型的新趋势,在人工智能时代,不断发展的人工智能技术会对产业融合以及生产性服务业的发展带来什么影响?如何从产业融合的视角深入理解人工智能的影响机制,以更好利用人工智能技术推动产业结构转型升级?

基于以上考虑,本文建立一个包含人工智能和产业融合的多部门动态一般均衡模型,依据产业融合的特征,将服务业划分为生产性服务业和生活性服务业,其中制造业和生产性服务业融合生产工业品,生活性服务业和生产性服务业融合生产服务品。理论分析表明,当人工智能技术偏向制造业且制造业与生产性服务业替代弹性较低时,人工智能技术会促进制造业与生产性服务业的融合,通过集约边际效应提高生产性服务业的比重。本文利用GGDC(2021)的数据校准模型主要参数,模型较好地拟合中国1990—2018年的产业结构变化,数值模拟结果表明,人工智能技术将持续推动产业融合并提高生产性服务业的比重。提高新型基础设施投资率、降低不同服务业之间劳动力流动成本等途径可以进一步加快生产性服务业的发展。

本文延伸了人工智能领域的相关研究。目前已有大量文献从微观视角研究人工智能对就业的异质性影响(Acemoglu and Autor,2011;孙早和侯玉琳,2019;王林辉等,2022;尹志锋等,2023)。还有一些文献从宏观视角研究人工智能对宏观层面,如经济增长、收入分配、老龄化、产业结构等的影响(Acemoglu and Restrepo,2018;Graetz and Michaels,2018;Aghion et al.,2019;郭凯明,2019;陈彦斌等,2019),但是这些文献大多基于传统三次产业结构来建立理论模型,讨论单个产业的此消彼长。关于人工智能与产业融合的关系,一些文献利用企业数据和案例研究初步验证人工智能推动产业融合的结论(Wan et al.,2020;高翔等,2022)。本文从产业融合的视角出发,通过构建理论模型,刻画生产性服务业的融合特征,系统阐述人工智能技术对于产业融合及生产性服务业比重的影响机制。

本文拓展了产业融合领域的理论研究。在制造业与服务业融合发展方面,Vandermerwe and Rada(1988)率先系统阐释了传统制造企业通过整合产品与服务资源来增强市场竞争力的融合发展路径。在对产业融合度的量化研究中,众多文献聚焦于制造业与服务业的融合程度,即制造业服务化现象。从生产关系的维度出发,产业融合可进一步细分为投入服务化和产出服务化两种形式。前者借助投入产出表中的消耗系数来计算制造业中服务投入占总投入的比例(刘斌等,2016;刘斌和赵晓斐,2020);后者重在分析企业提供的业务形态和内容,以制造企业来自服务业务的收入占企业总收入的比率来衡量(陈漫,2016;张峰等,2019)。本文中的产业融合度也是采用类似的度量方式,从生产关系中投入服务化的视角,用投入的生产性服务业的产值比重来衡量。此外,还有一些文献关注影响产业融合的因素,如制度差异(姚星等,2019)、“营改增”政策(孙晓华等,2020)、劳动生产率(郭凯明和黄静萍,2020)等,这些研究为剖析产业融合的驱动因素提供有益洞见,然而产业融合的新动能——人工智能技术的作用被忽视。本文以宏观结构转型视角探讨人工智能技术对产

业融合和生产性服务业发展的影响,并结合中国经济特征做了定量检验,丰富了产业融合相关领域的研究。

与已有文献相比,本文的边际贡献主要体现在:①从研究视角看,本文突破传统产业的划分标准,依据产业的“融合”属性,将服务业部门分为生产性服务业和生活性服务业,强调生产性服务业在商品和服务生产过程中的融合作用。此外,本文关注人工智能技术对产业融合和生产性服务业发展的作用,拓展了人工智能领域的研究视角。②从研究方法看,本文在传统结构转型的框架下,刻画产业融合的过程,引入人工智能技术的偏向性影响,并结合中国产业结构特征从定性和定量上探讨人工智能、产业融合及产业结构转型升级之间的关系。③从研究发现看,本文从理论上解释了人工智能通过集约边际效应和广延边际效应影响生产性服务业的机制,发现提高新型基础设施投资率、降低不同服务部门之间的劳动力流动成本等可以进一步加快产业融合和产业结构转型升级。本文的发现为人工智能时代推动产业融合和促进生产性服务业发展奠定理论基础。

二、基准模型

这一部分将在结构转型的框架中引入人工智能技术,构建一个刻画产业融合的多部门嵌套的一般均衡模型。在供给方面,模型设定生产性服务业分别与制造业和生活性服务业融合生产出最终品,人工智能技术通过偏向性影响不同产业的全要素生产率来改变产业结构和消费结构。

生产部门由中间品部门和最终品部门构成。中间品部门为制造业、生产性服务业和生活性服务业三个部门,分别用下标 $j \in \{m, x, s\}$ 来表示。每个中间品部门由一个代表性企业在完全竞争市场中投入资本和劳动进行生产,采用如下生产函数形式:

$$Y_j = A_j K_j^{\beta} L_j^{1-\beta}, j \in \{m, x, s\} \quad (1)$$

其中, Y_j 、 K_j 和 L_j 分别表示中间品部门 j 的产出、资本和劳动投入, β_j 代表资本收入份额。 A_j 代表生产率,由人工智能技术水平决定:

$$A_j = B_j M^{\gamma_j} \quad (2)$$

其中,参数 $B_j > 0$,表示部门 j 的传统技术水平, M 代表人工智能技术水平, $\gamma_j > 0$ 为常数,衡量人工智能技术对不同产业的影响程度。与传统技术进步相比,本文模型中将生产率设定为两部分,除了可以捕捉部门传统的技术水平 B_j ,还有一部分来自人工智能技术的外溢性影响。这体现在人工智能技术可以提高所有中间品部门的生产率,如果 $\gamma_j \neq \gamma_j$,那么人工智能技术对于不同中间品部门的影响就是有偏的,随着人工智能技术水平的提高,其对于不同产业偏向性的影响也会放大。

用 p_j 、 R 和 W_j 分别表示中间品部门 j 的价格、资本价格和工资水平,中间品部门利润最大化问题的一阶条件为:

$$p_j \beta_j A_j K_j^{\beta-1} L_j^{1-\beta_j} = R, p_j (1 - \beta_j) A_j K_j^{\beta} L_j^{-\beta_j} = W_j \quad (3)$$

假设劳动力无法在不同中间品部门之间自由流动,用 $\xi_j = W_x / W_j$ 表示生产性服务业与产业部门 j 的工资之比,同时也衡量了劳动力市场的摩擦程度。

最终品部门生产工业品和服务品,用下标 $J \in \{M, S\}$ 来表示。生产性服务业部门的一部分产出 Y_{xM} 与制造业部门产出 Y_m 复合生产工业品 M ,而生产性服务业部门的另一部分产出 Y_{xS} 与生活性服务业部门产出 Y_s 复合生产服务品 S 。因此,生产性服务业部门的总产出为:

$$Y_{xM} + Y_{xS} = Y_x \quad (4)$$

最终品生产部门由一个代表性企业在完全竞争市场下购买中间品进行生产。企业的生产函数均满足常替代弹性生产函数形式：

$$Q_M = \left[\alpha_M^{1/\sigma_u} Y_m^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} + (1 - \alpha_M)^{1/\sigma_u} Y_{xM}^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} \right]^{\sigma_u/(\sigma_u-1)} \quad (5)$$

$$Q_S = \left[\alpha_S^{1/\sigma_s} Y_s^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} + (1 - \alpha_S)^{1/\sigma_s} Y_{xS}^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} \right]^{\sigma_s/(\sigma_s-1)} \quad (6)$$

其中, Q_J 表示最终品部门 J 的产出, 参数 $\alpha_j \in (0, 1)$ 为常数代表不同中间品的权重, $\sigma_j > 0$ 为不同中间品之间的替代弹性。生产性服务业以一定的替代互补关系分别与制造业和生活性服务业融合生产出工业品和服务品, 从而反映产业融合过程。

用变量 P_J 表示最终品部门 J 的产出价格, 求解最终品部门的利润最大化问题, 可得：

$$p_m = P_M \left[\alpha_M^{1/\sigma_u} Y_m^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} + (1 - \alpha_M)^{1/\sigma_u} Y_{xM}^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} \right]^{1/(\sigma_u-1)} \alpha_M^{1/\sigma_u} Y_m^{-1/\sigma_u} \quad (7)$$

$$p_s = P_S \left[\alpha_S^{1/\sigma_s} Y_s^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} + (1 - \alpha_S)^{1/\sigma_s} Y_{xS}^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} \right]^{1/(\sigma_s-1)} \alpha_S^{1/\sigma_s} Y_s^{-1/\sigma_s} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} p_x &= P_M \left[\alpha_M^{1/\sigma_u} Y_m^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} + (1 - \alpha_M)^{1/\sigma_u} Y_{xM}^{(\sigma_u-1)/\sigma_u} \right]^{1/(\sigma_u-1)} (1 - \alpha_M)^{1/\sigma_u} Y_{xM}^{-1/\sigma_u} \\ &= P_S \left[\alpha_S^{1/\sigma_s} Y_s^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} + (1 - \alpha_S)^{1/\sigma_s} Y_{xS}^{(\sigma_s-1)/\sigma_s} \right]^{1/(\sigma_s-1)} (1 - \alpha_S)^{1/\sigma_s} Y_{xS}^{-1/\sigma_s} \end{aligned} \quad (9)$$

最终品价格是中间品价格的复合, 满足以下条件：

$$P_M = \left[\alpha_M p_m^{1-\sigma_u} + (1 - \alpha_M) p_x^{1-\sigma_u} \right]^{1/(1-\sigma_u)} \quad (10)$$

$$P_S = \left[\alpha_S p_s^{1-\sigma_s} + (1 - \alpha_S) p_x^{1-\sigma_s} \right]^{1/(1-\sigma_s)} \quad (11)$$

下文用中间品生产部门就业和产出的相对比重变化来衡量产业结构转型过程。由式(7)一(9)整理得到：

$$\frac{p_m Y_m}{p_x Y_{xM}} = \frac{\alpha_M}{1 - \alpha_M} \left(\frac{p_m}{p_x} \right)^{1-\sigma_u} \triangleq \theta_M \quad (12)$$

$$\frac{p_s Y_s}{p_x Y_{xS}} = \frac{\alpha_S}{1 - \alpha_S} \left(\frac{p_s}{p_x} \right)^{1-\sigma_s} \triangleq \theta_S \quad (13)$$

其中, θ_j 代表最终品生产中两个中间品部门的相对产值, θ_j 越小, 表明生产性服务业在最终品部门 J 的生产过程中的比重越大, 那么产业融合的程度就越高, 因此 $1/\theta_j$ 衡量了产业融合的程度。

需求方面由一个代表性家庭刻画, 复合消费品满足^①：

$$C = \left[\omega_C^{1/\varepsilon_c} C_M^{(\varepsilon_c-1)/\varepsilon_c} + (1 - \omega_C)^{1/\varepsilon_c} C_S^{(\varepsilon_c-1)/\varepsilon_c} \right]^{\varepsilon_c/(\varepsilon_c-1)} \quad (14)$$

其中, C_j 代表家庭在最终品部门 J 的消费, 参数 $\omega_C \in (0, 1)$ 为常数, 表示复合消费品中工业品的权重, 参数 $\varepsilon_C \in (0, 1)$ 为常数, 表示两类最终品在消费中的替代弹性。

代表性家庭每期持有资本和劳动参与中间品部门的生产, 政府征收总量税 T , 家庭将获得的资本租金和工资收入减去税收用于消费。因此, 家庭部门的预算约束为：

$$P_M C_M + P_S C_S = \sum_j R K_j + \sum_j W_j L_j - T \quad (15)$$

① 为了直观展示人工智能技术通过产业融合改变产业结构和消费结构的机制, 忽略了收入效应, 因此采用位似偏好。

$$K' = (1 - \delta_k)K + I \quad (16)$$

其中, K' 代表下一期的资本存量, $\delta_k \in (0, 1)$ 表示资本折旧率。求解家庭部门效用最大化问题, 得到:

$$\frac{P_M C_M}{P_S C_S} = \frac{\omega_c}{1 - \omega_c} \left(\frac{P_M}{P_S} \right)^{1 - \varepsilon_c} \triangleq \eta \quad (17)$$

这里 η 定义为工业品和服务品的消费总额之比, 即消费结构。

投资品部门由一个代表性企业在完全竞争市场中使用工业品和服务品进行生产, 生产函数采用常替代弹性函数形式:

$$I = \left[\omega_I^{1/\varepsilon_I} I_M^{(\varepsilon_I - 1)/\varepsilon_I} + (1 - \omega_I)^{1/\varepsilon_I} I_S^{(\varepsilon_I - 1)/\varepsilon_I} \right]^{\varepsilon_I / (\varepsilon_I - 1)} \quad (18)$$

其中, I 表示投资品, I_J 表示生产投资品中投入的来自最终品部门 J 的产出, $\omega_I \in (0, 1)$ 表示工业品在投资中的权重, ε_I 为常数表示最终品部门的产出在投资中的替代弹性, 并满足:

$$\frac{P_M I_M}{P_S I_S} = \frac{\omega_I}{1 - \omega_I} \left(\frac{P_M}{P_S} \right)^{1 - \varepsilon_I} \quad (19)$$

政府将征收的税 T 用于购买最终品部门的产出 H_J 来投资建设新型基础设施, 即:

$$T = P_M H_M + P_S H_S \quad (20)$$

两个部门的产出 H_J 可以形成新型基础设施 H , 满足常替代弹性函数形式:

$$H = \left[\omega_H^{1/\varepsilon_H} H_M^{(\varepsilon_H - 1)/\varepsilon_H} + (1 - \omega_H)^{1/\varepsilon_H} H_S^{(\varepsilon_H - 1)/\varepsilon_H} \right]^{\varepsilon_H / (\varepsilon_H - 1)} \quad (21)$$

其中, $\omega_H \in (0, 1)$ 为常数, 表示工业品在生产新型基础设施中的权重, ε_H 为常数表示最终品部门的产出在新型基础设施建设中的替代弹性。同理有:

$$\frac{P_M H_M}{P_S H_S} = \frac{\omega_H}{1 - \omega_H} \left(\frac{P_M}{P_S} \right)^{1 - \varepsilon_H} \quad (22)$$

新型基础设施 H 推动了人工智能技术发展, 有助于人工智能技术积累, 即:

$$M' = (1 - \delta_M)M + H \quad (23)$$

其中, M' 代表下一期的人工智能技术水平, 参数 $\delta_M \in (0, 1)$ 代表人工智能技术的折旧率。人工智能技术水平 M' 又会对不同中间品部门产生偏向性的影响, 如式(2)所示。

一般均衡条件为每个最终品部门的产出等于消费、资本投资和新型基础设施投资, 即:

$$Q_J = C_J + I_J + H_J, \quad J \in \{M, S\} \quad (24)$$

要素市场出清条件为:

$$K_m + K_s + K_x = K, \quad L_m + L_s + L_x = 1 \quad (25)$$

假设每期劳动供给总量标准化为 1, 所以变量 L_j 代表中间品部门 j 的就业比重。定义 y_j 为中间品部门 j 的产出比重, 即部门 j 的名义产出占总产出的比重为:

$$y_j = \frac{P_j Y_j}{\sum_j P_j Y_j} = \frac{L_j / (1 - \beta_j) \xi_j}{\sum_j L_j / (1 - \beta_j) \xi_j} \quad (26)$$

本文用中间品部门的就业比重 L_j 和产出比重 y_j 来衡量产业结构转型。

三、理论分析

为了从理论上清楚地展示人工智能技术对于产业融合和生产性服务业发展的影响机制,本部分简化需求侧的模型设定,假设 $\omega_c = \omega_I = \omega_H = \omega$, $\varepsilon_c = \varepsilon_I = \varepsilon_H = \varepsilon$ 。那么根据式(17)、式(19)和式(22),消费、投资和新型基础设施投资中两个最终品的投入比重均相等,即:

$$\frac{P_M Q_M}{P_S Q_S} = \frac{\omega}{1 - \omega} \left(\frac{P_M}{P_S} \right)^{1-\varepsilon} = \eta \quad (27)$$

求解模型,可以得到三个中间品部门的就业比重^①:

$$L_m = \frac{(1 - \beta_m) \xi_m \eta (1 + \theta_s) \theta_M}{(1 - \beta_m) \xi_m \eta (1 + \theta_s) \theta_M + (1 - \beta_s) \xi_s (1 + \theta_M) \theta_s + (1 - \beta_x) [\eta (1 + \theta_s) + (1 + \theta_M)]} \quad (28)$$

$$L_x = \frac{(1 - \beta_x) [\eta (1 + \theta_s) + (1 + \theta_M)]}{(1 - \beta_m) \xi_m \eta (1 + \theta_s) \theta_M + (1 - \beta_s) \xi_s (1 + \theta_M) \theta_s + (1 - \beta_x) [\eta (1 + \theta_s) + (1 + \theta_M)]} \quad (29)$$

$$L_s = \frac{(1 - \beta_s) \xi_s (1 + \theta_M) \theta_s}{(1 - \beta_m) \xi_m \eta (1 + \theta_s) \theta_M + (1 - \beta_s) \xi_s (1 + \theta_M) \theta_s + (1 - \beta_x) [\eta (1 + \theta_s) + (1 + \theta_M)]} \quad (30)$$

以下理论分析中暂时忽略劳动力市场摩擦及中间品部门资本收入份额的差异,^②即假设 $\beta_j = \beta_x$, $\xi_j = 1$,那么化简生产性服务业就业比重的表达式,可得:

$$L_x = \frac{\eta}{1 + \eta} \frac{1}{1 + \theta_M} + \frac{1}{1 + \eta} \frac{1}{1 + \theta_s} \quad (31)$$

根据式(27),最终品部门中工业品和服务品的产出比重分别为 $\frac{\eta}{1 + \eta}$ 和 $\frac{1}{1 + \eta}$,根据式(12)及式(13),工业品和服务品的生产过程中生产性服务业的投入比重分别为 $\frac{1}{1 + \theta_M}$ 和 $\frac{1}{1 + \theta_s}$ 。因此,式(31)的经济含义是,生产性服务业的就业比重是其在最终品生产中投入比重的加权之和,权重取决于工业品和服务品各自的产出比重。那么,人工智能对于生产性服务业就业比重的影响可以分解为对最终品部门所占比重的影响,即广延边际效应,以及对最终品生产中生产性服务业投入比重的影响,即集约边际效应。^③

1. 人工智能对生产性服务业的集约边际影响

集约边际效应体现在产业融合度 $1/\theta_j$ 的变化上。由式(3)可知:

$$\frac{p_i}{p_x} = \frac{A_x}{A_j} = \frac{B_x}{\xi_j B_j} M^{\gamma-\gamma_j} \quad (32)$$

将上式代入式(12)及式(13)中,得到:

$$\theta_M = \frac{\alpha_M}{1 - \alpha_M} \left(\frac{B_x}{\xi_m B_m} M^{\gamma-\gamma_m} \right)^{1-\sigma_M}, \quad \theta_s = \frac{\alpha_s}{1 - \alpha_s} \left(\frac{B_x}{\xi_s B_s} M^{\gamma-\gamma_s} \right)^{1-\sigma_s} \quad (33)$$

① 具体推导过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 这部分为了直观展示理论分析的结论,对参数做了一定的简化,后面数值模拟中并没有采用简化的参数设定。

③ 广延边际效应主要关注生产要素投入的规模或广度,体现在总体结构的调整上;集约边际效应侧重于生产要素投入的强度或者深度。

对上式取对数后全微分,可得:

$$d\theta_m/dM < 0 \Leftrightarrow (1 - \sigma_m)(\gamma_x - \gamma_m) < 0 \quad (34)$$

$$d\theta_s/dM < 0 \Leftrightarrow (1 - \sigma_s)(\gamma_x - \gamma_s) < 0 \quad (35)$$

即人工智能技术对产业融合度 θ_j 的影响取决于最终品生产过程中两个中间品部门的替代弹性以及人工智能的偏向性。如果工业品的生产过程中,制造业与生产性服务业之间的替代弹性较小,并且人工智能技术对制造业影响更大,那么人工智能技术的提高将降低 θ_m ,增加生产性服务业在工业品生产过程中的产出比重,提高产业融合度;反之亦然。类似地,服务品的生产过程中,人工智能对产业融合度的影响也取决于人工智能的偏向性方向以及生产性服务业和生活性服务业的替代弹性大小。由此,本文提出:

命题 1:在工业品的生产中,如果制造业与生产性服务业之间的替代弹性较小,并且人工智能技术更偏向制造业,那么随着人工智能技术水平的积累,会提升制造业与生产性服务业的产业融合度。

人工智能对于产业融合度的影响也就是结构转型中的价格效应(Ngai and Pissarides, 2007)。由式(32)可知,人工智能技术的偏向性导致不同中间品部门的相对价格发生变化,如果人工智能技术对制造业的影响更大,那么人工智能技术积累会带动制造业与生产性服务业的相对生产率上升,导致制造业与生产性服务业的相对价格会下降,工业品的生产过程就会更多地使用相对价格较低的制造业。如果制造业和生产性服务业的替代弹性较低,制造业相对价格下降的幅度更大,导致在工业品生产中制造业的产值比重下降,生产性服务业的比重上升,从而提高了工业品的生产中制造业与生产性服务业的融合度;反之亦然。类似地,人工智能对生产性服务业与生活性服务业融合度的影响取决于两类服务业部门之间替代弹性和人工智能的偏向性程度。

与传统技术进步相比,即使产业本身的技术进步不变,只要人工智能技术对不同产业存在偏向性的影响,那么随着人工智能技术的积累,产业融合度就会改变。因此,在人工智能技术发展的初期阶段,人工智能技术快速提高制造业的生产效率,如果制造业和生产性服务业的互补协同性较高,那么人工智能可以促进制造业与生产性服务业的融合,增加工业品中生产性服务业的投入比重,通过集约边际效应提高生产性服务业的比重。

2. 人工智能对生产性服务业的广延边际影响

广延边际效应体现在最终品产出比重 η 的变化。由式(10)、式(11)及式(27)可得:

$$\eta = \frac{\omega}{1 - \omega} \frac{\left[\alpha_M \left(\frac{B_x}{\xi_m B_m} M^{\gamma_x - \gamma_m} \right)^{1 - \sigma_m} + (1 - \alpha_M) \right]^{(1 - \varepsilon)/(1 - \sigma_m)}}{\left[\alpha_S \left(\frac{B_x}{\xi_s B_s} M^{\gamma_x - \gamma_s} \right)^{1 - \sigma_s} + (1 - \alpha_S) \right]^{(1 - \varepsilon)/(1 - \sigma_s)}} \quad (36)$$

对上式两边同时取对数后做全微分,得到:

$$\frac{d \log \eta}{d \log M} = (1 - \varepsilon) \left[\frac{(\gamma_x - \gamma_m) \theta_m}{1 + \theta_m} - \frac{(\gamma_x - \gamma_s) \theta_s}{1 + \theta_s} \right] \quad (37)$$

$$d\eta/dM < 0 \Leftrightarrow (1 - \varepsilon) \left[(\gamma_x - \gamma_m) \theta_m (1 + \theta_s) - (\gamma_x - \gamma_s) \theta_s (1 + \theta_m) \right] < 0 \quad (38)$$

人工智能对最终品产出比重 η 的影响取决于最终品之间的替代弹性、人工智能的偏向性以及产业融合度。如果人工智能对于生产性服务业和生活性服务业的影响比较接近,即 $(\gamma_x - \gamma_s)$ 近似为 0,根据上式,人工智能的广延边际影响就取决于 $(1 - \varepsilon)(\gamma_x - \gamma_m)$,即最终品之间的替代弹性以

及人工智能的偏向性程度。如果人工智能技术对制造业的影响更大,带动制造业的相对生产率更快提高,导致制造业部门产出的相对价格下降,从而降低整个工业品部门的生产成本,家庭选择消费时就会用相对价格更低的工业品替代服务品,如果工业品和服务品之间的替代弹性小于1,家庭消费的工业品相对数量上升幅度小于工业品的相对价格下降幅度,导致工业品与服务品的相对产出比重 η 下降;反之亦然。由此,本文提出:

命题2:当人工智能技术对不同服务业的影响比较接近时,如果工业品和服务品之间的替代弹性较小,并且人工智能技术更偏向制造业,那么随着人工智能技术的提高,工业品的产出比重下降,服务品的产出比重上升。

由命题2可得,即使忽略收入效应,人工智能技术仍然可以带来消费结构的转型,即随着人工智能技术的积累,工业品的比重下降,服务品的比重上升。这主要是由于人工智能对制造业的偏向性影响大于服务业,导致工业品的价格水平更低,如果工业品和服务品的替代弹性较小,服务品的产出比重就会上升。因此,人工智能技术也是促进消费结构转型升级的动力之一。

综上,人工智能对于生产性服务业的影响取决于对产业融合度 θ_j 的集约边际效应对最终品产出比重 η 的广延边际效应。如果制造业和生产性服务业之间替代弹性较低,并且人工智能更偏向制造业,那么人工智能技术水平的提高会推动制造业和生产性服务业的融合,加大集约边际效应。进一步地,如果人工智能技术对于生产性服务业和生活性服务业的影响比较接近时,人工智能对于两类服务业的产业融合度 θ 影响不明显,当最终品产出之间的替代弹性较低时,人工智能技术会提高服务品的产出比重,影响广延边际效应。因此,人工智能技术对生产性服务业比重的影响方向取决于集约边际效应与广延边际效应的权衡。下面本文用数值模拟的方法来定量检验人工智能技术对产业融合以及生产性服务业的影响。

四、数值模拟

1. 参数校准

本文从Groningen Growth and Development Centre(GGDC)提供的经济转型数据库收集整理得到1990—2018年的中国分行业数据。在模型中,每一期对应于现实数据中的一年,即模型第一期对应为1990年。把GGDC(2021)行业数据库中剔除农业后的剩余11个行业划分到模型中的三个中间品部门:制造业包括采矿业、制造业、公用事业、建筑业;生产性服务业包括运输服务业、商务服务业、金融服务业、房地产业;其余行业为生活性服务业。把GGDC行业数据库中分行业的名义增加值、实际增加值和就业人数分别加总到制造业、生产性服务业和生活性服务业,就可以得到三个中间品部门的名义产出、实际产出和就业。用三个部门的名义产出除以实际产出,得到中间品部门的价格 p_j 。由于理论模型中就业总量被标准化为1,为了与模型对应,将三个中间品部门的名义产出、实际产出和就业除以总的非农就业人数进行标准化。对于分产业部门的资本收入份额,这里使用中国生产率数据库(China Industrial Productivity, CIP)提供的1990—2020年的14张中国投入产出表,计算出加总的三个产业部门的资本收入份额。把CIP中分行业的资本收入和增加值加总到三个产业就可以得到三个部门的资本收入份额,取各年均值后作为参数 β_j 的取值。测算出制造业、生产性服务业和生活性服务业的资本收入份额分别为0.614、0.658和0.439。由式(1)和式(3)可得:

$$\xi_j = \frac{W_x}{W_j} = \frac{(1 - \beta_x) p_x Y_x / L_x}{(1 - \beta_j) p_j Y_j / L_j} \quad (39)$$

使用已经构造的三个中间品部门的名义产出、就业数据和资本收入份额,计算第1期至第29期的劳动力市场摩擦因子 $\{\xi_j\}$ 。为估计偏好参数,简化需求侧的结构,假设 $\omega_c = \omega_l = \omega_h = \omega, \varepsilon_c = \varepsilon_l = \varepsilon_h = \varepsilon$ 。根据理论部分制造业和生产性服务业就业比重的式(28)和式(29),等式左边分别表示制造业和生产性服务业的就业比重,等式右边除了摩擦因子 ξ_j 和资本收入份额 β_j 外,还包含 θ_M, θ_S, η ,这三个变量都是价格 p_j 的函数,而就业比重和价格 p_j 通过现实数据构造,那么这两个等式就是关于待估参数 $\sigma_M, \sigma_S, \alpha_M, \alpha_S, \omega, \varepsilon$ 的表达式,通过选择待估参数使得制造业和生产性服务业的就业比重预测值与现实数据的拟合度最高。本文借鉴 Herrendorf et al. (2013)的方法,使用可行广义非线性最小二乘方法进行估计。表2展示了参数估计结果。由表2可知,制造业和生产性服务业的替代弹性为0.587,表明中国制造业和生产性服务业具有一定的互补性。生产性服务业和生活性服务业的替代弹性为1.057,表明这两类服务业部门之间有一定的替代性。在最终消费环节,工业品和服务品之间的替代弹性几乎为0且不显著,表明工业品和服务品之间有很强的互补性,这一结果与很多文献的估计是一致的(Herrendorf et al., 2013; Herrendorf et al., 2021)。

表2 参数估计结果

参数	σ_M	σ_S	α_M	α_S	ω	ε
取值	0.587*** (0.000)	1.057*** (0.000)	0.959*** (0.000)	0.676*** (0.000)	0.673*** (0.000)	0.000 —

注:表中括号内为p值,***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。

为了控制投资率变动带来的资本深化的影响,模拟时采用外生化投资率的方法。^①设定总投资率 s 为40%,与现实数据相符。近年来,中国广义基础设施投资占总投资的比例基本在25%左右,而新型基础设施投资占基础设施总投资的比重约为10%左右,即新型基础设施投资率 $s_H=1%$ 。关于人工智能的影响参数,不失一般性,在基准模型中设定参数 $\gamma_m = 1, \gamma_x = \gamma_s = 0.5$,来模拟人工智能技术更偏向制造业,而对两类服务业影响趋同的情形,后文敏感性分析中将进一步提高 γ_x 和 γ_s 的取值来模拟人工智能技术对服务业的影响逐渐加强的情形。设定初始资本为1,人工智能水平为1,资本折旧率为0.1,人工智能的折旧率为0,校准参数 B_j 使得模型第一期得到的三个中间品部门的就业比重尽量拟合1990年的中国实际数据。

2. 基准结果

下面通过数值模拟来展示人工智能技术对产业融合和产业结构转型的影响。取模型1期为1年,这里模拟60期的经济结构转型过程。1990—2018年共29期的劳动力市场摩擦因子已得出,假定2018年之后劳动力市场摩擦因子不变,由此得到全部时期的外生变量序列 $\{\xi_j\}$ 。由于人工智能技术初期以工业机器人的形式投入生产环节,并对三个产业部门的生产率带来偏向性的影响,而工业机器人是从2010年开始大幅在中国投入使用,因此本文假定在模型前20期(即1990—2010年)

^① 将投资率外生固定是为了控制投资率变动带来的资本深化的影响,从而分离出人工智能的影响机制,在附录中进一步对总投资率进行了敏感性分析,结果表明总投资率的波动带来的定量影响十分有限,具体参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

人工智能并不影响各个产业部门的生产率,即 $\gamma_j = 0$,从第21期开始,人工智能的偏向性影响在10年内逐步增加到基准模型中 γ_j 的参数取值,并在之后保持不变。将每一期外生的摩擦因子和所有参数取值代入基准模型,可以模拟出产业结构转型的动态过程,图2展示了基准模型下三个中间品部门的产业结构和现实数据的对比。

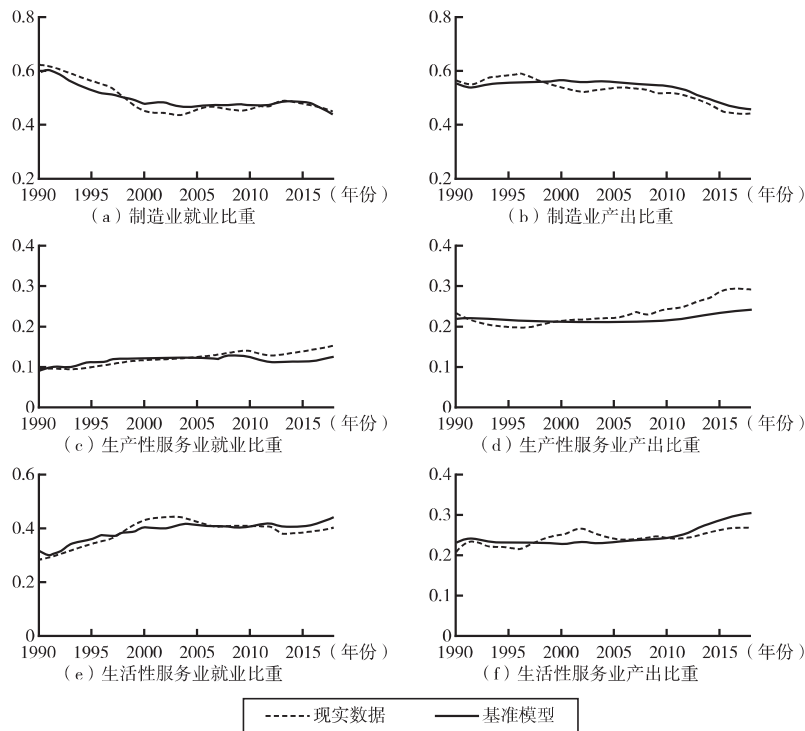


图2 中国产业结构的基准模拟结果和现实数据比较

从现实数据看,1990—2018年,中国制造业的就业比重和产出比重不断下降,服务业的就业比重和产出比重不断上升,其中,生活性服务业的上升幅度大于生产性服务业。值得注意的是,自2010年以来生产性服务业的就业比重和产出比重有一定幅度上升,而这个时期正是工业机器人的大规模引入以及人工智能技术的高速发展阶段。从数值模拟结果看,无论是用就业比重还是产出比重,基准模型均较好地拟合中国1990—2018年制造业、生产性服务业和生活性服务业的结构变化趋势。

图3给出基准模型60期的数值模拟结果,横轴代表模拟时期。^①从图3可以看出,随着人工智能技术水平不断提高,制造业与生产性服务业的融合度不断提高,而生产性服务业与生活性服务业的融合度基本保持不变,总体而言,集约边际效应逐步加大。从消费结构看,工业品与服务品的消费支出之比在前期波动后持续下降,表明工业品所占比重下降,服务品所占比重上升,广延边际效应减小。从产业结构看,制造业就业比重不断下降,生产性服务业就业比重小幅上升,生活性服务业就业比重实现更快速的提高。表3给出数值模拟定量结果,从就业比重看,制造业就业比重从0.597下降到0.182,生产性服务业就业比重从0.088上升到0.150,生活性服务业就业比重从0.315提高到0.668。从

① 数值模拟结果前30期各变量波动较大的来源是劳动力市场摩擦因子。根据实际数据,不同产业之间的劳动力摩擦因子每年取值都不同,后30期设定劳动力市场摩擦因子保持不变,模拟结果也相对平滑。

产出比重看,各个部门的产出比重趋势与就业比重相同,制造业产出比重从0.551下降到0.200,生产性服务业产出比重从0.219提高到0.310,生活性服务业产出比重从0.231增加到0.490。因此,人工智能技术水平的提高将有助于促进制造业与生产性服务业的融合,并拉动生产性服务业就业比重和产出比重上升,产业结构不断由制造业向服务业转型,同时,消费结构也由工业品向服务品升级。

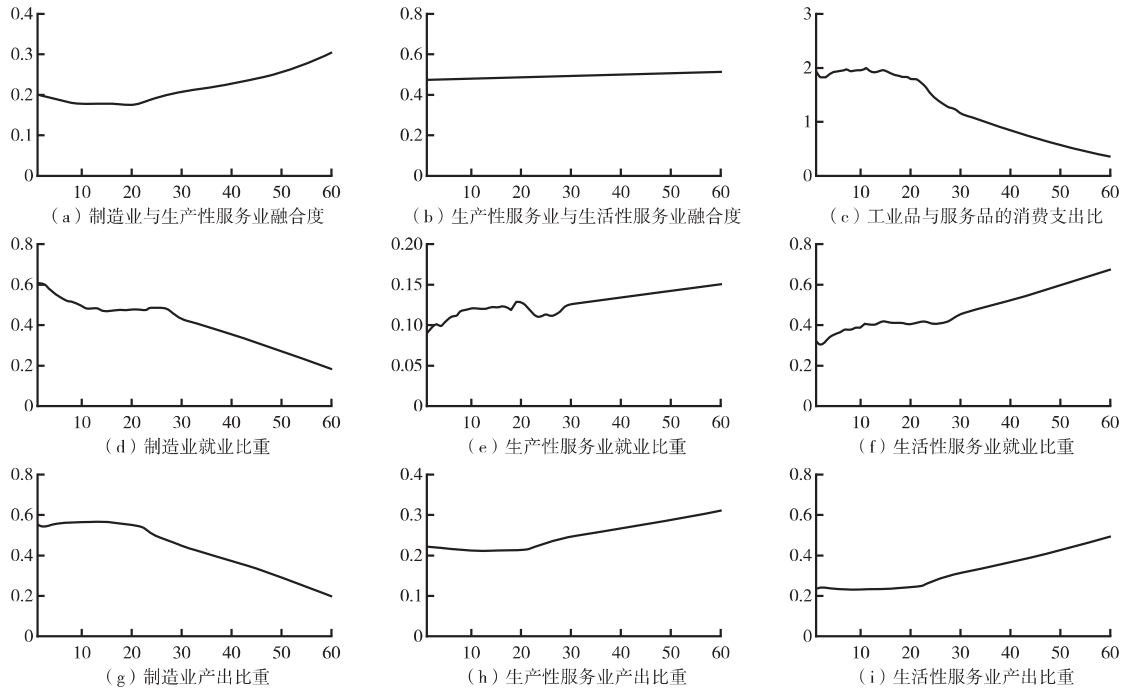


图3 基准模型的模拟结果

3. 敏感性分析

本部分对四个重要参数进行敏感性分析。首先,改变人工智能的产业偏向性参数。在基准模型中 $\gamma_m = 1$, $\gamma_x = \gamma_s = 0.5$,模拟人工智能对制造业部门的偏向性影响大于服务业部门的情形。近几年来,随着5G、大数据、云计算、大语言模型(LLMs)等技术的应用,人工智能的应用领域逐渐渗透到传统和新兴服务行业,如仓储物流、批发零售、科学研究、政府公共部门等。这里逐步将 γ_x 和 γ_s 提高到0.6和0.7来模拟人工智能技术升级后对服务业部门影响加大的情形。图4和表3汇报了此时的模拟结果,不同的 γ_x 和 γ_s 取值并没有改变各个变量的变化趋势:制造业与生产性服务业的融合度仍然会提高,工业品的消费支出比重会下降,制造业的就业和产出比重会下降,生产性服务业和生活性服务业的比重会上升。从表3定量结果看,与基准模型相比,人工智能对制造业和服务业的偏向性差异逐渐缩小对产业融合度和产业结构的定量影响十分有限,不同参数取值下的曲线几乎重合在一起。这个结果一方面表明参数 γ_x 和 γ_s 的稳健性较高,另一方面说明伴随人工智能技术对服务业影响加强并不会阻碍产业融合和产业结构转型升级,只要满足人工智能对制造业的偏向性影响大于服务业,人工智能技术仍然会促进产业融合和生产性服务业的发展。因此,人工智能技术对于产业融合的促进作用并不会受未来人工智能演化方向的影响,制造业与生产性服务业的融合度会持续增加,生产性服务业的比重也会进一步提高。

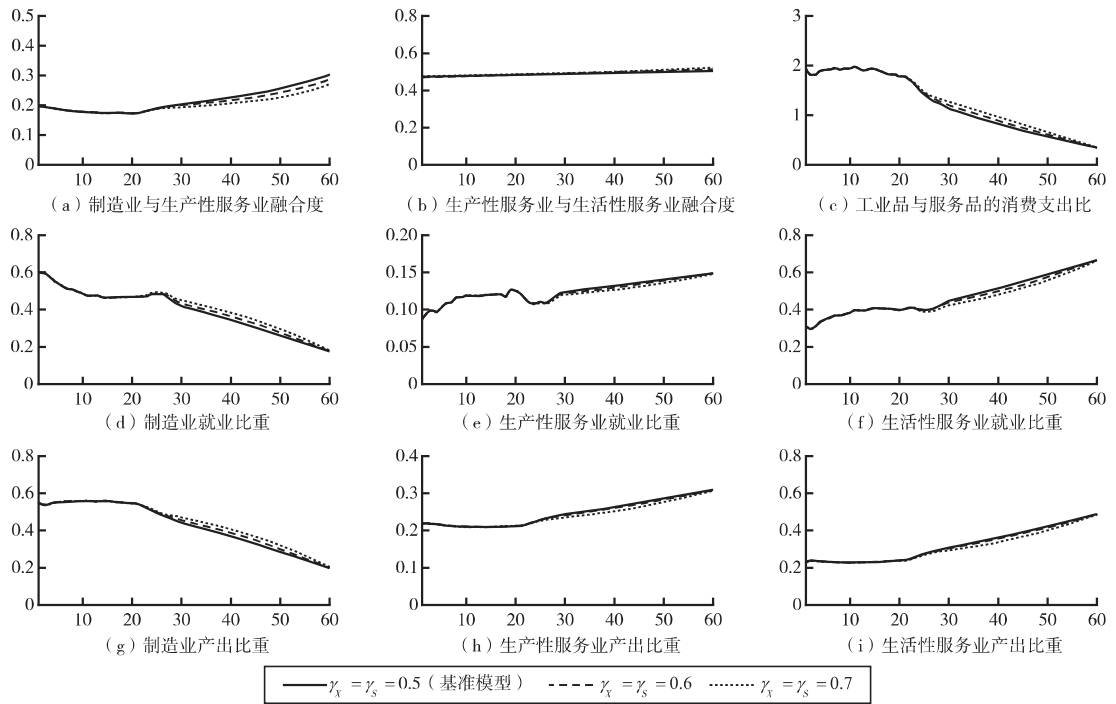


图4 人工智能产业偏向性参数不同取值下的模拟结果

表3 不同模拟环境下各个变量数值模拟的变化量

	产业融合度		就业比重			产出比重		
	制造业与生产性服务业	生产性服务业与生活性服务业	制造业	生产性服务业	生活性服务业	制造业	生产性服务业	生活性服务业
基准模型	0.104	0.037	-0.415	0.062	0.353	-0.351	0.091	0.259
敏感性分析1:人工智能偏向程度变化								
$\gamma_x = 0.6$	0.090	0.041	-0.414	0.061	0.353	-0.349	0.091	0.259
$\gamma_x = 0.7$	0.074	0.048	-0.416	0.061	0.355	-0.352	0.091	0.261
敏感性分析2:新基建投资率变化								
$s_H = 0.02$	0.296	0.052	-0.539	0.072	0.467	-0.486	0.124	0.362
$s_H = 0.05$	1.080	0.080	-0.590	0.078	0.513	-0.544	0.140	0.403
敏感性分析3:替代弹性变化								
$\sigma_M = 0.8$	0.042	0.037	-0.413	0.058	0.355	-0.349	0.086	0.263
$\sigma_M = 0.3$	0.223	0.037	-0.419	0.069	0.351	-0.355	0.102	0.253
敏感性分析4:劳动力市场摩擦变化								
$\xi_m \rightarrow 1$	0.080	0.037	-0.459	0.072	0.387	-0.321	0.084	0.238
$\xi_s \rightarrow 1$	0.106	0.044	-0.374	0.125	0.248	-0.375	0.097	0.278

注:表中数值是指第1期到第60期各个变量取值的变化量。

其次,改变新型基础设施的投资率 s_H 。这里将 s_H 分别提高到0.02和0.05,而保持总投资率 s 不变,以模拟新型基础设施投资率不断提高的情形。新型基础设施投资率提高加速了人工智能技术

的积累,从而强化了人工智能技术对产业融合和产业结构转型的影响。由图5和表3可以看出, s_H 提高后,各个变量的变化趋势没有改变,人工智能依然会促进产业融合和产业结构转型,此时制造业与生产性服务业的融合度快速提高,产业结构转型的幅度也更大。具体而言,当 s_H 由0.01分别增加到0.02和0.05时,制造业与生产性服务业的融合度分别提高0.296和1.080,工业品与服务品的消费支出比也加速下降,消费结构由工业品向服务品转型深化。此时,制造业的就业比重分别下降0.539和0.590,生产性服务业的就业比重分别上升0.072和0.078,生活性服务业的就业比重分别上升0.467和0.513;制造业的产出比重分别下降0.486和0.544,生产性服务业的产出比重分别上升0.124和0.140,生活性服务业的产出比重分别上升0.362和0.403,产业结构变化幅度的定量结果明显大于基准模型。由此可见,人工智能相比于普通资本,其通用性和偏向性的特征使其在产业融合和产业结构转型中扮演重要作用。即使在保持总投资率不变的情况下,调整投资结构,提高新型基础设施的投资比率,就可以进一步加速人工智能技术的积累,强化人工智能的影响机制,有效促进制造业与生产性服务业的融合,加快产业结构转型升级。

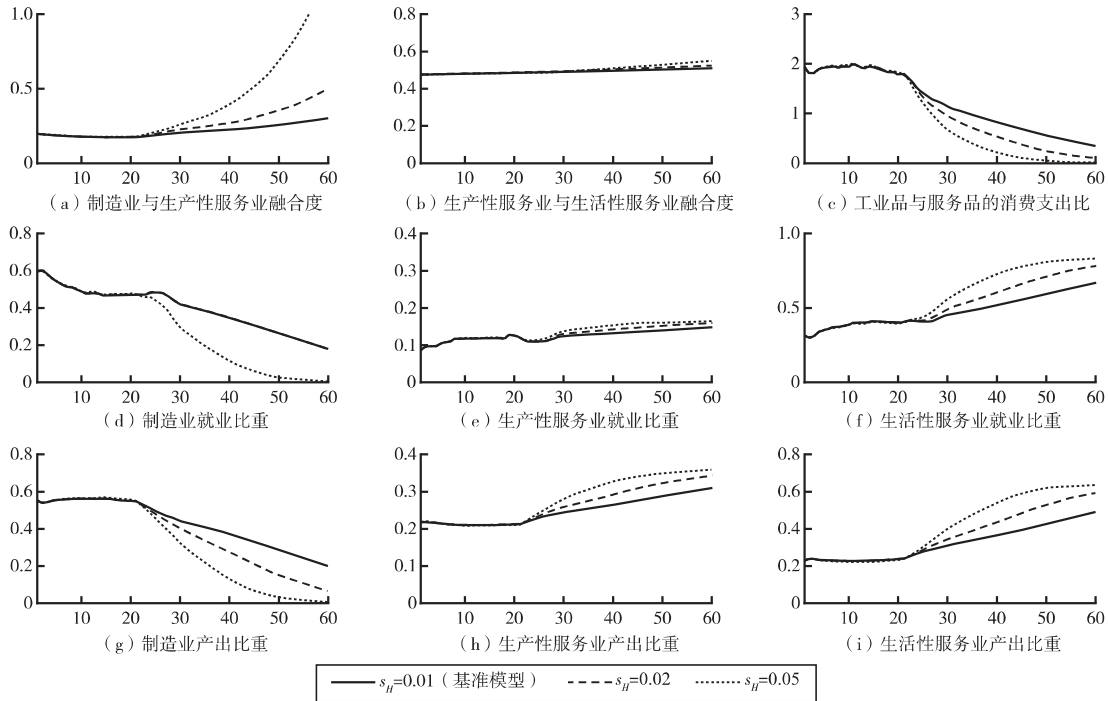


图5 新型基础设施投资率不同取值下的模拟结果

再次,改变制造业和生产性服务业之间的替代弹性。在基准模型中 σ_M 校准为0.587,这里分别取 $\sigma_M = 0.8$ 和 $\sigma_M = 0.3$ 来检验替代弹性的敏感性。根据理论分析中的式(33),制造业和生产性服务业之间替代弹性的不同取值会对制造业和生产性服务业的融合度产生一定的影响,当替代弹性 σ_M 越小时, θ_M 越大,那么制造业和生产性服务业的融合度越高,即当两个产业之间互补性越高时,产业融合就越紧密。而根据式(31),替代弹性 σ_M 对广延边际效应没有影响。因此,制造业和生产性服务业之间的替代弹性 σ_M 是通过影响产业融合度 θ_M 而间接影响产业结构,这一影响的定量结果由图6和表3给出,可以看出,替代弹性 σ_M 取值越低,制造业和生产性服务业的融合度越高,而制造

业、生产性服务业、生活性服务业的就业比重和产出比重的变化量与基准模型几乎一致,表明制造业和生产性服务业的替代弹性大小仅仅会改变两个产业之间的融合度,而对产业结构转型的影响十分有限,不同 σ_M 取值下的模拟结果是非常稳健的。

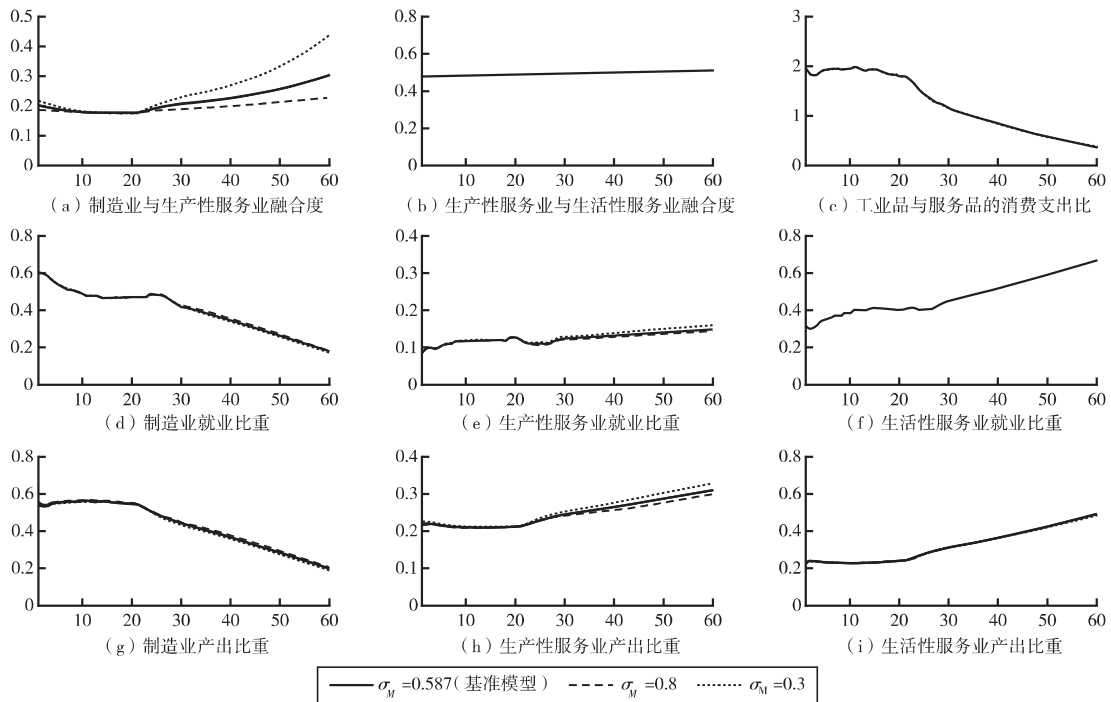


图6 替代弹性不同取值下的模拟结果

最后,改变劳动力市场摩擦因子。在基准模型中,假设在29期后劳动力市场摩擦因子保持恒定不变。这里,假设对劳动力市场进一步改革,从而缩小不同中间品部门之间的工资差 ξ ,以检验劳动力市场摩擦因子对于产业融合和产业结构转型的影响。具体地,假设生产性服务业与制造业的工资差 ξ_m 、生产性服务业与生活性服务业的工资差 ξ_s 从第30期开始分别匀速递减到1,以模拟劳动力市场摩擦因子下降的趋势。从图7和表3可以看出,与基准模型相比,劳动力市场摩擦因子的下降对产业融合以及产出比重的影响较小,而对不同中间品部门的就业比重有一定的影响:当 ξ_m 趋近于1时,制造业、生产性服务业和生活性服务业的就业比重分别下降0.459、上升0.072和上升0.387;当 ξ_s 趋近于1时,制造业、生产性服务业和生活性服务业的就业比重分别下降0.374、上升0.125和上升0.248。因此,与基准模型相比,当 ξ_s 下降时,生产性服务业的就业比重得到了更大幅度提升。为了加快发展生产性服务业,针对劳动力市场的改革,更为有效的途径是减少生产性服务业和生活性服务业之间的劳动力流动壁垒,促进不同服务业之间工资差的缩小,以充分发挥人工智能的优势。

此外,本文还改变了需求侧的权重参数 ω 、总投资率 s 以及最终品部门替代弹性 ε 的取值,并进一步讨论了存在国际贸易的情形,^①但是定量上需求侧机制对产业融合以及产业结构转型的影响有限,数值模拟的结果与基准模型差别较小。

① 具体结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

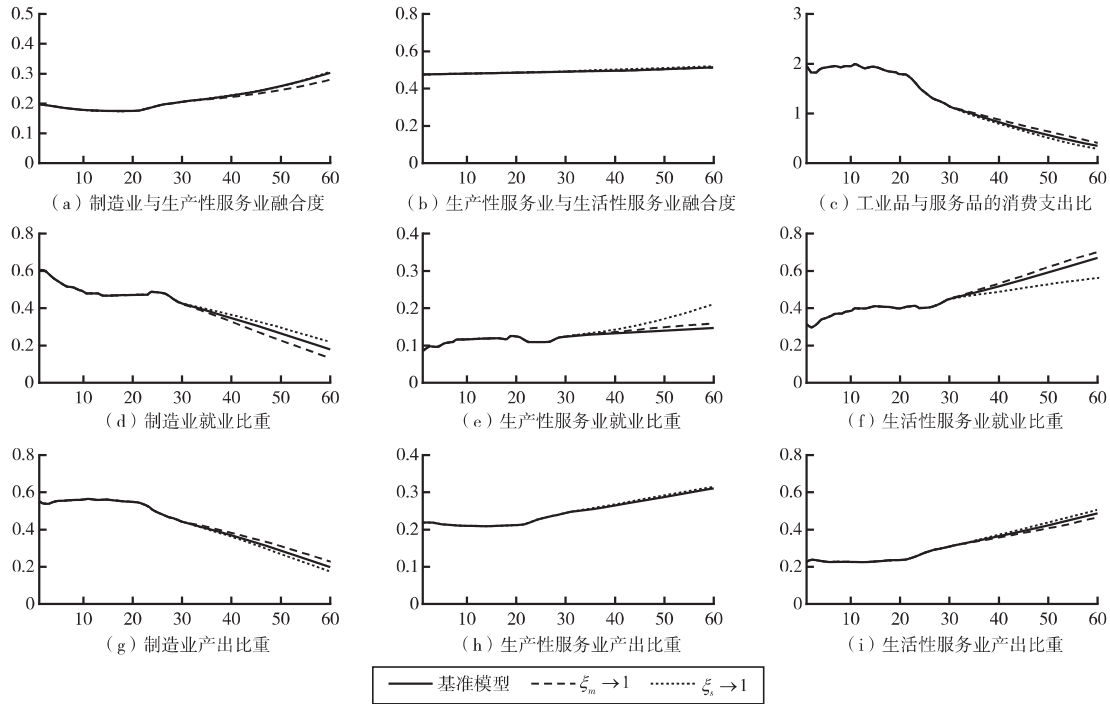


图7 劳动力市场摩擦因子不同取值下的模拟结果

综上所述,数值模拟的结果验证了理论模型的结论。在一定范围内改变参数取值,并不影响模型主要变量的定性趋势,随着人工智能技术的发展,制造业与生产性服务业的融合度会进一步提高,推动生产性服务业就业比重和产出比重的上升。敏感性分析的结果显示,近年来人工智能技术偏向性差异的缩小,并不会减缓产业融合和产业结构转型的进程。提高新型基础设施投资率、降低不同服务业部门之间劳动力流动成本,可以进一步促进产业融合、推动产业结构转型和生产性服务业的发展。

五、结论与启示

在人工智能时代,如何利用人工智能技术深化制造业和服务业的融合发展,进一步推动中国产业结构转型升级?本文在包含人工智能和产业融合的结构转型框架下研究了人工智能技术对于产业融合以及生产性服务业的影响。研究表明:①如果制造业与生产性服务业之间的替代弹性较小,并且人工智能技术更偏向制造业,那么人工智能技术水平的提高会提升制造业与生产性服务业的产业融合度。②如果人工智能技术更偏向制造业,而对不同服务业的影响比较接近,并且工业品和服务品之间的替代弹性较小,那么人工智能技术的提高会带来消费结构的转型,即工业品的产出比重会下降,服务品的产出比重会上升。③理论上,人工智能技术对生产性服务业的影响取决于集约边际效应和广延边际效应。基于模型的数值模拟结果显示,从长期看,人工智能技术会推动制造业与生产性服务业的融合,提高生产性服务业的就业比重和产出比重,实现产业结构转型升级。④敏感性分析结果表明,随着人工智能技术对服务业的影响加强,人工智能技术仍然会促进产业融合和生产性服务业的发展。提高新型基础设施投资率、降低不同服务业之间的劳动力流动成本可以进

一步加快产业融合和推动生产性服务业的发展。

目前,全球数字经济加快发展,新兴生产性服务业逆势增长。跨国数据表明,中国的生产性服务业发展水平与发达经济体相比仍存在一定的差距,未来产业转型升级仍有较大空间,产业融合的动能有待释放。本文为在人工智能时代如何促进产业融合和产业结构转型升级提供了理论依据,为进一步推动产业融合和生产性服务业发展,提出以下政策启示:

(1)强化人工智能顶层设计,提升产业融合发展动力。人工智能技术作为一项通用技术,具有跨领域、多场景应用的潜力,是驱动产业变革与融合发展的重要引擎。本文研究发现,人工智能技术显著提升制造业的生产效率,并推动制造业与生产性服务业的深度融合。因此,应强化人工智能的顶层设计,全面规划人工智能发展战略,制定以促进产业融合为导向的人工智能政策体系,明确其在制造业与生产性服务业融合发展中的关键角色和战略地位。同时,应通过政策引导和资金支持,进一步降低人工智能技术的应用壁垒,加速其在传统行业的应用,从而加速产业链上下游的深度融合与协同发展,为中国产业结构转型升级注入强劲动力。

(2)加大新型基础设施建设和投资力度,夯实产业融合发展基础。相较于传统基建投资模式,新型基础设施投资更加倚重创新研发、数字技术、金融服务等生产性服务业的资源整合,充分彰显了人工智能时代跨领域融合发展的特征。本文研究表明,提高新型基础设施投资率可以有效促进产业融合,提高生产性服务业的比重。因此,应加大对新型基础设施的投资力度,特别是以5G网络、工业互联网、大数据中心等为代表的数字基础设施,推动生产性服务业的信息化、数字化和智能化发展,为产业融合发展搭建坚实的数字化底座。在中长期规划中,应明确数字基础设施建设的目标和重点方向,统筹传统基础设施与新型基础设施的协同发展,为人工智能技术的深度应用和产业融合发展奠定坚实基础。

(3)持续深化劳动力市场化改革,增强产业融合发展保障。本文发现,降低不同服务业部门之间的劳动力流动壁垒可以进一步推动生产性服务业的发展。因此,应持续深化劳动力市场化改革,重点消除服务业部门间的流动障碍,包括劳动力市场分割、区域壁垒和行业垄断,构建更加开放与高效的一体化劳动力市场。与此同时,针对人工智能时代生产性服务业发展的需求,应不断完善技能培训体系,提供针对性的跨行业技能培训和继续教育服务,提升劳动力的数字适应能力和技术水平。通过降低跨部门流动的知识与技能门槛,增强从业者的通用技能与专业能力,进一步保障生产性服务业在产业融合发展过程中的高质量劳动力供给,为产业转型升级提供坚实支撑。

(4)加快发展生产性服务业,强化产业融合发展动能。本文利用跨国数据展示了生产性服务业的比重会随着经济发展水平提升而不断提高的特征事实。然而,目前中国的生产性服务业比重相对较低,未来在产业转型升级方面仍有较大的发展空间。因此,应强化生产性服务业的战略地位,出台针对性扶持政策,鼓励新兴生产性服务业的发展,如大数据服务、云计算服务、人工智能应用服务等。加大对这些领域的税收优惠、资金扶持力度,培育一批具有国际竞争力的新兴生产性服务企业,进一步提高生产性服务业在产业链中的比重,为现代化产业体系的构建提供发展动能。

本文从宏观结构转型视角论证了人工智能与产业融合及生产性服务业发展之间的关系,如何进一步细致深入度量产业融合度以及人工智能发展程度,利用微观实证方法验证这一结论是未来重要的研究方向。

〔参考文献〕

- [1]蔡跃洲,陈楠.新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J].数量经济技术经济研究,2019,(5):3-22.

- [2]陈漫,张新国.经济周期下的中国制造企业服务转型:嵌入还是混入[J].中国工业经济,2016,(8):93-109.
- [3]陈彦斌,林晨,陈小亮.人工智能、老龄化与经济增长[J].经济研究,2019,(7):47-63.
- [4]高翔,张敏,刘啟仁.工业机器人应用促进了“两业融合”发展吗?——来自中国企业投入服务化的证据[J].金融研究,2022,(11):58-76.
- [5]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,(7):60-77.
- [6]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,(11):112-125.
- [7]黄群慧.论中国工业的供给侧结构性改革[J].中国工业经济,2016,(9):5-23.
- [8]刘斌,赵晓斐.制造业投入服务化、服务贸易壁垒与全球价值链分工[J].经济研究,2020,(7):159-174.
- [9]刘斌,魏倩,吕越,祝坤福.制造业服务化与价值链升级[J].经济研究,2016,(3):151-162.
- [10]潘珊,郭凯明.人工智能、岗位结构变迁与服务型制造[J].中国工业经济,2024,(4):57-75.
- [11]孙晓华,张竣喃,郑辉.“营改增”促进了制造业与服务业融合发展吗[J].中国工业经济,2020,(8):5-23.
- [12]孙早,侯玉琳.工业智能化如何重塑劳动力就业结构[J].中国工业经济,2019,(5):61-79.
- [13]王林辉,胡晟明,董直庆.人工智能技术、任务属性与职业可替代风险:来自微观层面的经验证据[J].管理世界,2022,(7):60-79.
- [14]王文,牛泽东,孙早.工业机器人冲击下的服务业:结构升级还是低端锁定[J].统计研究,2020,(7):54-65.
- [15]姚星,蒲岳,吴钢,王博,王磊.中国在“一带一路”沿线的产业融合程度及地位:行业比较、地区差异及关联因素[J].经济研究,2019,(9):172-186.
- [16]尹志锋,曹爱家,郭家宝,郭冬梅.基于专利数据的人工智能就业效应研究——来自中关村企业的微观证据[J].中国工业经济,2023,(5):137-154.
- [17]张峰,刘曦苑,武立东,殷西乐.产品创新还是服务转型:经济政策不确定性与制造业创新选择[J].中国工业经济,2019,(7):101-118.
- [18]Acemoglu, D., and D. Autor. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings [A]. Ashenfelter, O., and D. Card. Handbook of Labor Economics [C]. Amsterdam: Elsevier, 2011.
- [19]Acemoglu, D., and P. Restrepo. The Race Between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment [J]. American Economic Review, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [20]Aghion, P., B. F. Jones, and C. I. Jones. Artificial Intelligence and Economic Growth [A]. Agrawal, A., J. Gans, and A. Goldfarb. The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda [C]. Chicago: University of Chicago Press, 2019.
- [21]Graetz, G., and G. Michaels. Robots at Work [J]. Review of Economics and Statistics, 2018, 100(5): 753-768.
- [22]Herrendorf, B., R. Rogerson, and A. Valentinyi. Two Perspectives on Preferences and Structural Transformation [J]. American Economic Review, 2013, 103(7): 2752-2789.
- [23]Herrendorf, B., R. Rogerson, and Á. Valentinyi. Structural Change in Investment and Consumption—A Unified Analysis [J]. Review of Economic Studies, 2021, 88(3): 1311-1346.
- [24]Ngai, L. R., and C. A. Pissarides. Structural Change in a Multisector Model of Growth [J]. American Economic Review, 2007, 97(1): 429-443.
- [25]Vandermerwe, S., and J. Rada. Servitization of Business: Adding Value by Adding Services [J]. European Management Journal, 1988, 6(4): 314-324.
- [26]Wan, J., X. Li, H. Dai, Kusiak, M. Martínez-García, and D. Li. Artificial-intelligence-driven Customized Manufacturing Factory: Key Technologies, Applications and Challenges [J]. Proceedings of the IEEE, 2020, 109(4): 377-398.
- [27]Zhong, Y., F. Xu, and L. Zhang. Influence of Artificial Intelligence Applications on Total Factor Productivity of Enterprises—Evidence from Textual Analysis of Annual Reports of Chinese-listed Companies [J]. Applied Economics, 2024, 56(43), 5205-5223.

Artificial Intelligence, Industrial Convergence, and the Transformation and Upgrading of China's Industrial Structure

PAN Shan¹, LI Jian-pei², GU Nai-hua¹

(1. Institute of Industrial Economics, Jinan University;

2. School of Economics and Trade, Guangdong University of Finance)

Abstract: Promoting the intelligentization, greening, and convergence of industries is a fundamental component of building a modern industrial system. Industrial convergence serves as the core foundation for advancing the construction of this system and accelerating the formation of new quality productive forces. The inherent “convergence” characteristic of producer services makes them a key direction for the transformation and upgrading of industrial structures. Cross-national data indicates that China's producer services are underdeveloped. As a strategic general-purpose technology driving the new round of technological revolution and industrial transformation, artificial intelligence (AI) shifts industrial development from deepening specialization to mutual integration, becoming a critical tool for accelerating industrial convergence and promoting the growth of producer services.

This paper develops a multi-sector dynamic general equilibrium model incorporating AI and industrial convergence. The findings suggest that when AI technology is biased toward manufacturing and the substitution elasticity between manufacturing and producer services is low, AI promotes the integration of manufacturing and producer services, thereby increasing the share of producer services through intensive marginal effects. Moreover, if the impact of AI on different service sectors is similar and the substitution elasticity between industrial and service goods is low, AI also induces a shift in the consumption structure, where the output share of industrial goods decreases while the output share of service goods increases. This paper uses data from GGDC (2021) to calibrate the model parameters, and the numerical simulation results show that the improvement in AI can facilitate industrial convergence and increase the share of producer services. Sensitivity analysis indicates that as AI's impact on the service sector strengthens, AI continues to promote industrial convergence and the development of producer services. Increasing investment in new infrastructure and reducing labor mobility costs across service sectors can further accelerate industrial convergence and the growth of producer services.

This paper expands existing literature on AI and industrial convergence. By combining theoretical analysis with numerical simulation, it presents the mechanisms through which AI affects industrial convergence and the upgrading of industrial structures from a macroeconomic perspective. It provides policy recommendations on how AI can promote industrial convergence and the development of producer services. First, it is crucial to strengthen the top-level design of AI to empower industrial convergence. Second, increasing investment in new infrastructure and technology R&D is necessary to solidify the foundation for industrial convergence. Third, continuing to deepen labor market reforms will support the development of industrial convergence. Finally, accelerating the growth of producer services will further reinforce the momentum of industrial convergence.

Keywords: artificial intelligence; industrial convergence; producer services; industrial transformation and upgrading

JEL Classification: O11 O14 O41

[责任编辑:李鹏]