

人工智能的三种效应：理论分析

黄旭

(宁波财经学院 金融与信息学院, 浙江 宁波 315715)

摘要: 人工智能不同于以往的技术变革,能同时增强资本和劳动者生产效率,并对传统行业存在较强的溢出效应。本文以人工智能的三种效应为基础,建立两部门理论模型,发现如果人工智能是资本偏向型技术,将有利于人工智能部门转型升级;如果人工智能是劳动偏向型技术,其溢出效应有利于关联企业转型升级。具体结论如下:①如果资本和劳动相互替代,当人工智能技术对资本的增强效应大于劳动力,则资本的产出弹性将上升,劳动的产出弹性将下降,反之,资本与劳动互补时结论相反;②当两部门产品同质时,如果人工智能部门的资本产出弹性大于传统物质生产部门,则随着资本存量和劳动力供给的增加,资本和劳动力将由传统物质生产部门流向人工智能部门;③如果两部门产品相互替代,如果两部门中人工智能技术对资本的增强效应大于劳动力,则随着人工智能技术的提高,分配给人工智能部门的资本比例上升,劳动比例下降,反之,如果两部门产品互补,则结论相反;④如果资本与劳动力的替代弹性为1,当两部门产品相互替代时,如果人工智能技术对人工智能部门资本和劳动力的增强效应之和,大于对传统物质生产部门资本和劳动力的溢出效应之和,则资本收入份额上升,劳动收入份额下降,反之,如果两部门产品互补时,则结论相反。

关键词: 人工智能; 增强效应; 劳动收入份额

中图分类号: F015 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)7—0083—10

一、引言

人工智能作为第四次工业革命中的核心技术,将引领新一轮工业革命的浪潮。与以往技术变革显著不同的是,人工智能对经济和社会的影响更广泛,也更深远。人工智能具备如下特征:人工智能技术对自动化资本和劳动者具备增强效应,同时作为一种通用性技术,人工智能具备强大的溢出效应。人工智能的三种效应将影响产业结构发生变化,同时深刻影响要素收入分配结构格局的变化。本文通过构建两部门模型,试图分析人工智能的三种效应对产业结构转型升级和劳动收入份额的影响,研究结论可以为我国借助人工智能实现高质量发展提供相应的理论支撑。

人工智能技术能增强资本的生产效率,比以往的技术变革的效应更大(Brynjolfsson, 2018)。例如工业机器人和物流中的无人驾驶卡车,极大提高了资本的生产效率。以往的技术变革满足边际成本递增或资本报酬递减的规律,而人工智能的很多投资,不会折旧,甚至会增值,未来可能会进入资本报酬递增的阶段。过往的技术变革产生的机器在使用中会折旧,而人工智能的有些产品,拥有自我学习的功能,会带来资本的增值。例如,智能翻译与语音助手等人工智能(artificial intelligence, AI)产品不会折旧,而AlphaGo通过机器学习,越来越聪明,会实现增值。

人工智能对劳动者的影响也比以往技术变革大(Bessen, 2019)。首先,人工智能能大幅度提高劳动者生产效率,如IBM(International Business Machines Corporation)开发的WATSON机器人,能在很短的时间生成详细的医疗报告,大大节约了医生诊断的效率。其次,以往技术革命主要替代的是体力劳动者,而人工智能的快速发展,使得对脑力劳动的替代成为可能,例如律师、数据分析师等职业均存在被人工智能替代的风险(Acemoglu 和 Restrepo, 2019)。最后,人工智能对劳动者技能组合需求在提高。人工智能技术的发展,催生了很多新的岗位,例如数据科学家、软件工程师和机器学习工程师等。社会对高级认知技能(包括读写和计算)、沟通技能及多种技能组合的需求在不断增加。根据2019年世界银行发展报告,2000—2014年,玻利维

收稿日期:2021-11-23

基金项目: 国家社会科学基金“共享经济下回收再制造网络组织及其治理研究”(18BGL184);浙江省哲学社会科学规划课题“疫情冲击下区块链金融助力中小微企业的融资模式及其保障机制研究”(21NDJC168YB);浙江省自然科学基金“回收再制造供需网组织模式及其支持系统研究”(LY20G030025);浙江省宁波市软科学一般项目“宁波企业家创新能力提升策略研究”(2021R037)

作者简介: 黄旭,经济学博士,宁波财经学院金融与信息学院讲师,研究方向:应用经济学。

亚的高技能工作的需求增加了8%。埃塞俄比亚增加了13%。虽然以往技术变革也会取代旧工作,产生新的工作,但是人工智能对技能的需求更高,是持续变化的。

以往技术革命改变的只是某些产业,而人工智能作为一种通用技术(general purpose technology, GPT),却极可能助力各产业转型智能升级。GPT对经济增长尤为重要,因为它会在整个经济中迅速传播,并在各行业中产生溢出效应。例如,由于AI的赋能,传统行业演化为新零售(包括智能门店)、智能制造、智慧农业、智能教育、智能医疗和智能营销等。人工智能技术的兴起,导致行业间发生垂直方向的整合,最后只剩下少数几家平台型企业占据绝大部分市场份额。行业平台化的演变导致大部分利润被少数企业垄断,这是人工智能技术区别于以往技术变革的一个重要方面。

人工智能促进产业结构转型升级主要通过如下途径:①人工智能被理解为自动化生产方式,将以更低廉的资本替代大量从事常规性工作的工人(Acemoglu和Restrepo, 2018a、2018b、2018c;董志强和黄旭, 2021)。企业通过使用大量的自动化设备,提高了企业的生产效率,扩大了生产规模,反过来增加了对劳动力的需求。②人工智能被理解为资本偏向型技术(Aghion et al, 2017;陈彦斌等, 2019;董志强和黄旭, 2019)或劳动偏向型技术(Bessen, 2019),人工智能的偏向性取决于智能资本对劳动力的替代弹性。③人工智能通过影响市场结构改变产业结构(陈永伟, 2018)。使用人工智能的企业极大地提高了生产效率,在同行业竞争中,通过占据更多市场份额逐渐占据支配地位,形成平台型企业(Autor et al, 2020)。④人工智能影响传统生产方式,导致资本和劳动力在不同部门间流动,从而促进产业结构转型升级(郭凯明, 2019)。

现有文献研究人工智能对劳动收入份额的影响主要分为如下几个方面:①产业结构转型升级的视角。人工智能技术的发展和应用将导致生产要素在不同产业部门之间流动,在产业结构转型的过程中劳动收入份额会发生变动(郭凯明, 2019)。②技能偏向性视角。人工智能会通过就业技能结构高级化、技能收入差距扩大化两个渠道降低劳动收入份额。一方面,人工智能可以通过机器学习改变传统的生产方式和劳动方式,重塑劳动力的就业技能结构;另一方面,人工智能可以提升高技能劳动力的收入水平,降低低技能劳动力的收入水平,改变劳动者的技能收入结构(蔡跃洲和陈楠, 2019;钞小静和周文慧, 2021)。③人工智能应用视角。在企业中,人工智能多以工业机器人的形式在制造业中被广泛应用。使用机器人同时提高了生产效率和工资率,但劳动生产率增长速度快于工资率,使用机器人的企业劳动收入份额下降4.1%左右(余玲铮等, 2019)。④工作任务变化。人工智能通过自动化替代旧的劳动力生产任务,同时通过技术变革创造新的劳动力工作任务。根据美国数据,人工智能发展的初期还无法充分体现创造出新任务的优势,由于其更侧重于自动化会导致劳动力市场需求停滞,劳动收入份额下降(Acemoglu和Restrepo, 2019)。

本文在借鉴Aghion et al(2017)、Acemoglu和Restrepo(2018a、2018b、2018c)、郭凯明(2019)的基础上,构建了一个两部门的模型。模型中主要以指数函数形式体现了人工智能技术的三种效应。研究发现,人工智能会影响企业的产出弹性,同时对企业之间资本和劳动力的再分配造成影响,进一步影响劳动收入份额和资本收入份额的变化。具体为①如果资本和劳动是相互替代的,当人工智能对资本的增强效应大于劳动力,则资本的产出弹性将上升,劳动的产出弹性将下降,反之,资本与劳动互补时结论相反;②当两部门产品同质时,如果人工智能部门的资本产出弹性大于传统物质生产部门,则随着资本存量和劳动力供给的增加,资本和劳动力将由传统物质生产部门流向人工智能部门;③如果两部门产品相互替代,如果两部门中人工智能技术对资本的增强效应大于劳动力,则随着人工智能技术的提高,分配给人工智能部门的资本比例上升,劳动比例下降;反之,如果两部门产品互补,则结论相反;④如果资本与劳动力的替代弹性为1,当两部门产品相互替代时,如果人工智能技术对人工智能部门资本和劳动力的增强效应之和,大于对传统物质生产部门资本和劳动力的溢出效应之和,则资本收入份额上升,劳动收入份额下降;反之,如果两部门产品互补时,则结论相反。

本文的创新之处在于,同时考虑人工智能技术的三种效应,对人工智能的研究更全面。另外,将人工智能技术理解成一种软体性技术,以指数函数的形式与以往的技术变革加以区分。西方的理论文献普遍将人工智能理解成为一种自动化的生产方式,替代低技能劳动力,互补高技能劳动力,对人工智能效应的刻画比较模糊,本文则通过指数函数详细刻画了人工智能影响资本、劳动者生产效率和溢出效应的大小。

二、模型

假设社会存在一个最终品生产企业和两个中间品生产企业,最终品企业生产要素来源于这两家中间品

企业。

最终品企业生产函数为

$$Y = \left[\gamma Y_1^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + (1-\gamma) Y_2^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (1)$$

其中： Y 为最终品产出； Y_1 和 Y_2 分别为中间品产出； ε 为两家中间品企业产品的替代弹性； γ 为中间品企业1在总产出中相对重要性的参数。

企业1为人工智能部门，企业2为传统物质生产部门，人工智能技术能同时增强资本和劳动力生产效率，并对传统物质生产部门存在较强的溢出效应。

企业1和企业2生产函数分别为

$$Y_1 = \left\{ \alpha_1 [A_{L_1} f_1(A_I) L_1]^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} + (1-\alpha_1) [A_{K_1} g_1(A_I) K_1]^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} \right\}^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1-1}} \quad (2)$$

$$Y_2 = \left\{ \alpha_2 [A_{L_2} f_2(A_I) L_2]^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} + (1-\alpha_2) [A_{K_2} g_2(A_I) K_2]^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} \right\}^{\frac{\sigma_2}{\sigma_2-1}} \quad (3)$$

其中： L_1 和 L_2 分别为人工智能部门和传统物质生产部门劳动力； K_1 和 K_2 分别为人工智能部门和传统物质生产部门资本； A_{L_1} 和 A_{L_2} 分别为两部门劳动者生产效率； A_{K_1} 和 A_{K_2} 分别为两部门资本生产效率； $f_1(A_I) = e^{m_1 A_I}$ 为人工智能技术对人工智能部门劳动者生产效率的增强效应； $g_1(A_I) = e^{n_1 A_I}$ 为人工智能技术对自动化资本生产效率的增强效应； m_1 和 n_1 分别为人工智能对劳动者和自动化资本生产效率的边际效应。自动化资本指的是购买自动化设备所使用的资金，如工业机器人等。本文认为人工智能以软体技术的形式驱动自动化设备进行生产，自动化设备是硬件，而人工智能是软件。 $f_2(A_I) = e^{m_2 A_I}$ 和 $g_2(A_I) = e^{n_2 A_I}$ 分别指的是人工智能技术对传统物质生产部门的劳动者和资本的外溢效应， m_2 和 n_2 分别为人工智能对传统物质生产部门劳动者和资本生产效率的边际效应。人工智能技术的增强效应和外溢效应采取指数函数的形式，是为了体现人工智能技术不同于以往的技术变革，能极大地提升生产效率，同时对传统行业存在较强的溢出效应。 σ_1 和 $\sigma_2 \in [0, +\infty)$ 分别为两部门劳动力与资本的弹性系数， α_1 和 $\alpha_2 \in (0, 1)$ 分别表示两部门劳动力产出的重要性。

为简化起见，记 $T_{L_1} = A_{L_1} e^{m_1 A_I}$ ， $T_{K_1} = A_{K_1} e^{n_1 A_I}$ ， $T_{L_2} = A_{L_2} e^{m_2 A_I}$ ， $T_{K_2} = A_{K_2} e^{n_2 A_I}$ 。假设最终品价格标准化为1，企业1产品的价格为 p_1 ，企业2产品的价格为 p_2 ，相对价格 p 定义为

$$p \equiv \frac{p_1}{p_2} = \frac{\partial Y / \partial Y_1}{\partial Y / \partial Y_2} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(\frac{Y_1}{Y_2} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon}} \quad (4)$$

两部门企业均追求利润最大化，从而

$$\pi_i = p_i Y_i - \omega_i L_i - R_i K_i, \quad i = 1, 2 \quad (5)$$

其中： π_i 为企业利润； ω_i 为工人工资； R_i 为资本价格。

由一阶条件得

$$\omega_i = \alpha_i p_i Y_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} T_{L_i}^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} L_i^{-\frac{1}{\sigma_i}}, \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

$$R_i = (1-\alpha_i) p_i Y_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} T_{K_i}^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} K_i^{-\frac{1}{\sigma_i}}, \quad i = 1, 2 \quad (7)$$

假设劳动力市场总供给为 L ，资本市场总供给为 K ，市场完全出清，从而

$$L = L_1 + L_2, \quad K = K_1 + K_2 \quad (8)$$

三、均衡分析

本文主要考察人工智能技术的三种效应对工人工资、资本价格、劳动收入份额和企业结构转型的影响。

定义企业1使用的劳动和资本的比重分别为

$$\lambda_l = \frac{L_1}{L_1 + L_2}, \quad \lambda_k = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad (9)$$

其中: λ_l 和 λ_k 分别为劳动力和资本在两部门自由流动,能体现两种生产要素再配置的过程,能充分体现产业结构的转变。

假设两部门工人是同质的,从而工资相等,由式(6)得

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{\gamma}{1-\gamma} \frac{Y_1^{\frac{1}{\sigma_1}-\frac{1}{\varepsilon}} T_{L_1}^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} L_2^{\frac{1}{\sigma_2}}}{Y_2^{\frac{1}{\sigma_1}-\frac{1}{\varepsilon}} T_{L_2}^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} L_1^{\frac{1}{\sigma_1}}} = 1 \quad (10)$$

其中: $L_1 = \lambda_l L$; $L_2 = (1 - \lambda_l)L$ 。

两部门资本不存在套利,即如果企业 1 资本价格较高,资本会由企业 2 流入企业 1,反之,如果企业 2 资本价格较高,资本会由企业 1 流入企业 2,最终两部门资本价格将相等。

由式(7)得

$$\frac{1-\alpha_1}{1-\alpha_2} \frac{\gamma}{1-\gamma} \frac{Y_1^{\frac{1}{\sigma_1}-\frac{1}{\varepsilon}} T_{K_1}^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} K_2^{\frac{1}{\sigma_2}}}{Y_2^{\frac{1}{\sigma_1}-\frac{1}{\varepsilon}} T_{K_2}^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} K_1^{\frac{1}{\sigma_1}}} = 1 \quad (11)$$

其中: $K_1 = \lambda_k K$; $K_2 = (1 - \lambda_k)K$ 。

记两部门资本和劳动的产出弹性分别为 θ_{k_i} 和 θ_{l_i} ($i = 1, 2$):

$$\theta_{k_i} = \frac{d \ln Y_i}{d \ln K_i} = \frac{(1 - \alpha_i)(T_{K_i} K_i)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}}}{\alpha_i (T_{L_i} L_i)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + (1 - \alpha_i)(T_{K_i} K_i)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}}} \quad (12)$$

$$\theta_{l_i} = \frac{d \ln Y_i}{d \ln L_i} = \frac{\alpha_i (T_{L_i} L_i)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}}}{\alpha_i (T_{L_i} L_i)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + (1 - \alpha_i)(T_{K_i} K_i)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}}} \quad (13)$$

本文认为人工智能部门相比传统物质部门所使用资本较多,劳动力较少,故假设 $\theta_{k_1} > \theta_{k_2}$, $\theta_{l_1} < \theta_{l_2}$ 。

由式(10)~式(13)可得如下命题。

命题 1 两部门均衡时,有

(1)

$$\frac{\partial \theta_{k_1}}{\partial A_l} > 0 \Leftrightarrow (\sigma_1 - 1)(n_1 - m_1) > 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \theta_{l_1}}{\partial A_l} > 0 \Leftrightarrow (\sigma_1 - 1)(m_1 - n_1) > 0 \quad (15)$$

$$\frac{\partial \theta_{k_2}}{\partial A_l} > 0 \Leftrightarrow (\sigma_2 - 1)(n_2 - m_2) > 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial \theta_{l_2}}{\partial A_l} > 0 \Leftrightarrow (\sigma_2 - 1)(m_2 - n_2) > 0 \quad (17)$$

(2)

$$\frac{d \ln \lambda_k}{d \ln K} > 0 \Leftrightarrow \theta_{l_1}(\sigma_1 - \varepsilon) > \theta_{l_2}(\sigma_2 - \varepsilon) \quad (18)$$

$$\frac{d \ln \lambda_k}{d \ln L} > 0 \Leftrightarrow \theta_{l_1}(\sigma_1 - \varepsilon) < \theta_{l_2}(\sigma_2 - \varepsilon) \quad (19)$$

$$\frac{d \ln \lambda_l}{d \ln K} > 0 \Leftrightarrow \theta_{k_1}(\sigma_1 - \varepsilon) < \theta_{k_2}(\sigma_2 - \varepsilon) \quad (20)$$

$$\frac{d \ln \lambda_l}{d \ln L} > 0 \Leftrightarrow \theta_{k_1}(\sigma_1 - \varepsilon) > \theta_{k_2}(\sigma_2 - \varepsilon) \quad (21)$$

命题 1(1)的经济直觉是,人工智能技术首先影响本部门企业的产出弹性,进而影响到资本和劳动力在两部门的流动,促进产业结构发生变化。当 $\sigma_i > 1$,即两部门资本与劳动力相互替代时,如果人工智能技术

对资本的增强效应大于劳动力,则该部门资本产出弹性增加,劳动产出弹性减少,反之,如果人工智能对劳动的增强效应大于资本,则该部门劳动产出弹性增加,资本产出弹性减少。即资本与劳动力相互替代时,人类与人工智能呈现竞争关系,人工智能的偏向性将促进企业更多使用价格更便宜的生产要素。现实中,企业如果使用资本比劳动力价格更低廉,将促进企业更多使用智能化资本进行生产,更少使用劳动力。当 $0 < \sigma_i < 1$,即两部门资本与劳动力互补时,如果人工智能技术对资本的增强效应大于劳动力,在互补的情况下,资本生产效率的提高反而会带来劳动边际产出提高的更多,从而该部门劳动产出弹性提高,资本产出弹性减少。反之,如果人工智能技术对劳动的增强效应大于资本,则资本边际产出提高更多,从而资本的产出弹性提高,劳动的产出弹性减少。即资本与劳动力互补时,人类与人工智能呈现合作的状态,当企业增加对自动化设备的需求时,同时也会增加对研发人员和操作自动化设备的工人的需求。

命题 1(2)的经济直觉是,企业的转型升级对应资本和劳动力在两部门间的流动,从而导致人工智能部门资本和劳动力的比重变化。而人工智能部门资本和劳动力的比重变化,与两部门的资本产出弹性 θ_k 、劳动产出弹性 θ_l 、资本与劳动的替代弹性 σ_i 和产品产出弹性 ε 有关。

特殊情形 1 当 $\varepsilon \rightarrow +\infty$ 时,此时两部门产品无限替代,即两部门产品是同质的,命题 1(2)变为

$$\frac{d\ln\lambda_k}{d\ln K} > 0 \Leftrightarrow \theta_{l_1} < \theta_{l_2} \text{ 或 } \theta_{k_1} > \theta_{k_2}; \quad \frac{d\ln\lambda_k}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow \theta_{l_1} > \theta_{l_2} \text{ 或 } \theta_{k_1} < \theta_{k_2};$$

$$\frac{d\ln\lambda_l}{d\ln K} > 0 \Leftrightarrow \theta_{l_1} < \theta_{l_2} \text{ 或 } \theta_{k_1} > \theta_{k_2}; \quad \frac{d\ln\lambda_l}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow \theta_{l_1} > \theta_{l_2} \text{ 或 } \theta_{k_1} < \theta_{k_2}。$$

如果满足 $\theta_{k_1} > \theta_{k_2}$, $\theta_{l_1} < \theta_{l_2}$,即当人工智能部门的资本产出弹性大于传统物质生产部门,或人工智能部门的劳动产出弹性小于传统物质生产部门时,则资本和劳动力将由传统物质生产部门流向人工智能部门。也就是说,随着资本存量和劳动力的增加,分配给人工智能部门的资本和劳动力比例将进一步增加,分配给传统物质生产部门的资本和劳动力比例减少。上述研究结论表明,当人工智能部门的资本产出弹性大于传统物质生产部门,或人工智能部门的劳动产出弹性小于传统物质生产部门时,使用人工智能有利于企业优化资本和劳动力结构,实现转型升级。现实中,两部门来自于同一行业,人工智能企业由于技术的优势,将吸引更多的资本和劳动力,挤压落后部门的生存空间,例如美团、阿里巴巴等平台型企业。人工智能会逐步淘汰落后产能,但同时也会导致平台型企业趋于垄断地位。

进一步,当 $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ 时,由式(12)、式(14)、式(16)得 $\partial(\theta_{k_1} - \theta_{k_2})/\partial A_l > 0 \Leftrightarrow (\sigma - 1)[(n_1 - m_1) - (n_2 - m_2)] > 0$ 。

人工智能技术同时增强资本和劳动,将 $n_i - m_i$ 理解为部门 i 资本的净增加效应。当 $\sigma > 1$ 时,即资本与劳动相互替代时,如果人工智能部门资本的净增加效应大于传统物质生产部门,则资本和劳动力由传统物质生产部门流向人工智能部门。原因是人工智能部门资本和劳动力的生产效率更高,将吸引更多的资金和劳动力流入人工智能部门。上述结论意味着,当资本存量和劳动力供给增加时,分配给人工智能部门的资本比例和劳动力比例将增加。这将导致人工智能部门的进一步发展壮大,传统物质生产部门要么提高技术转型升级,要么面临被淘汰的局面。

当 $0 < \sigma < 1$ 时,即资本与劳动互补时,如果人工智能部门资本的净增加效应大于传统物质生产部门,则资本和劳动力将将由人工智能部门流向传统物质生产部门。当资本存量和劳动力供给增加时,分配给人工智能部门的资本比例和劳动力比例将减少。

特殊情形 2 当 $\sigma_1 = \sigma_2 = 1$ 时, $\theta_{l_i} = \alpha_i$, $\theta_{k_i} = 1 - \alpha_i$,命题一变为

$$\frac{d\ln\lambda_k}{d\ln K} = -\frac{d\ln\lambda_k}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow (\alpha_1 - \alpha_2)(1 - \varepsilon) > 0; \quad \frac{d\ln\lambda_l}{d\ln K} = -\frac{d\ln\lambda_l}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow (\alpha_1 - \alpha_2)(1 - \varepsilon) > 0。$$

当 $0 < \varepsilon < 1$ 时,即两部门产品互补时,人工智能企业劳动资本产出弹性更大时,随着资本存量和劳动力的增加,将导致资本和劳动力分配给人工智能部门比例减少;当 $\varepsilon > 1$ 时,上述结论相反。即同一行业中,使用人工智能将增加竞争优势,促进同行业产业结构转型升级;不同行业中,使用人工智能的企业将产生强大的溢出效应,促进相关企业转型升级。

特殊情形 3 当 $\sigma = \sigma_1 = \sigma_2 \neq 1$ 时,命题 1(2)可变为

$$\frac{d\ln\lambda_k}{d\ln K} > 0 \Leftrightarrow (\theta_{l_1} - \theta_{l_2})(\sigma - \varepsilon) > 0 \text{ 或 } (\theta_{k_2} - \theta_{k_1})(\sigma - \varepsilon) > 0;$$

$$\frac{d\ln\lambda_k}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow (\theta_{l_1} - \theta_{l_2})(\sigma - \varepsilon) < 0 \text{ 或 } (\theta_{k_2} - \theta_{k_1})(\sigma - \varepsilon) < 0;$$

$$\frac{d\ln\lambda_l}{d\ln K} > 0 \Leftrightarrow (\theta_{l_1} - \theta_{l_2})(\sigma - \varepsilon) > 0 \text{ 或 } (\theta_{k_2} - \theta_{k_1})(\sigma - \varepsilon) > 0;$$

$$\frac{d\ln\lambda_l}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow (\theta_{l_1} - \theta_{l_2})(\sigma - \varepsilon) < 0 \text{ 或 } (\theta_{k_2} - \theta_{k_1})(\sigma - \varepsilon) < 0。$$

假设 $\theta_{k_1} > \theta_{k_2}, \theta_{l_1} < \theta_{l_2}$, 故 $\frac{d\ln\lambda_k}{d\ln K} > 0 \Leftrightarrow \sigma < \varepsilon, \frac{d\ln\lambda_k}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow \sigma > \varepsilon; \frac{d\ln\lambda_l}{d\ln K} > 0 \Leftrightarrow \sigma < \varepsilon, \frac{d\ln\lambda_l}{d\ln L} > 0 \Leftrightarrow \sigma > \varepsilon。$

当资本与劳动的替代弹性小于产品的替代弹性时,随着资本存量和劳动力供给的增加,分配给人工智能部门的资本比例和劳动力比例将增加,此时有利于人工智能企业转型升级;反之,当资本与劳动的替代弹性大于产品的替代弹性时,随着资本存量和劳动力供给的增加,分配给人工智能部门的资本比例和劳动力比例将减小,此时人工智能的溢出效应将有助于传统物质部门转型升级。

命题 2 均衡时

$$\frac{d\ln\lambda_k}{dA_l} = \frac{1}{u_l\sigma_k - u_k\sigma_l} [g_1(n_1 - m_1) + g_2(n_2 - m_2)] \quad (22)$$

$$\frac{d\ln\lambda_l}{dA_l} = \frac{1}{u_l\sigma_k - u_k\sigma_l} [g_3(m_1 - n_1) + g_4(m_2 - n_2)] \quad (23)$$

从而,

$$\frac{d\ln\lambda_k}{dA_l} > 0 \Leftrightarrow g_1(n_1 - m_1) + g_2(n_2 - m_2) > 0 \quad (24)$$

$$\frac{d\ln\lambda_l}{dA_l} > 0 \Leftrightarrow g_3(m_1 - n_1) + g_4(m_2 - n_2) > 0 \quad (25)$$

其中:

$$u_l\sigma_k - u_k\sigma_l > 0;$$

$$u_l = \frac{1}{\sigma_1} + \frac{1}{\sigma_2} f_l; u_k = \frac{1}{\sigma_1} + \frac{1}{\sigma_2} f_k; \sigma_l = \left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{l_1} + \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{l_2}f_l;$$

$$\sigma_k = \left(\frac{\theta_{l_1}}{\sigma_1} + \frac{\theta_{k_1}}{\varepsilon}\right) + \left(\frac{\theta_{l_2}}{\sigma_2} + \frac{\theta_{k_2}}{\varepsilon}\right)f_k; f_l = \frac{\lambda_l}{1 - \lambda_l}; f_k = \frac{\lambda_k}{1 - \lambda_k};$$

$$g_1 = \frac{\theta_{l_1}(\sigma_1 - \varepsilon) - \theta_{l_2}(\sigma_2 - \varepsilon)}{\sigma_1\sigma_2\varepsilon} f_l + \left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{l_1} + \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{l_2}f_l;$$

$$g_2 = \frac{\theta_{l_1}(\sigma_1 - \varepsilon) - \theta_{l_2}(\sigma_2 - \varepsilon)}{\sigma_1\sigma_2\varepsilon} + \left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{l_1} + \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{l_2}f_l;$$

$$g_3 = \frac{\theta_{k_1}(\sigma_1 - \varepsilon) - \theta_{k_2}(\sigma_2 - \varepsilon)}{\sigma_1\sigma_2\varepsilon} f_k + \left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{k_1} + \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{k_2}f_k;$$

$$g_4 = \frac{\theta_{k_1}(\sigma_1 - \varepsilon) - \theta_{k_2}(\sigma_2 - \varepsilon)}{\sigma_1\sigma_2\varepsilon} + \left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{k_1} + \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_{k_2}f_k。$$

命题 2 的经济直觉是,人工智能技术对资本和劳动力的再分配(两部门产业结构转型升级),与人工智能对资本和劳动力的增强效应和对传统部门的溢出效应有关,也与资本与劳动的替代弹性、两种产品的替代弹性有关。

特殊情形 1 当 $\varepsilon \rightarrow +\infty$ 时, 此时两部门产品无限替代, 即两部门产品是同质的, 命题 2 变为

$$g_1 = \frac{\theta_{l_2} - \theta_{l_1}}{\sigma_1 \sigma_2} f_l + \frac{1}{\sigma_1} \theta_{l_1} + \frac{1}{\sigma_2} \theta_{l_2} f_l > 0; \quad g_2 = \frac{\theta_{l_2} - \theta_{l_1}}{\sigma_1 \sigma_2} + \frac{1}{\sigma_1} \theta_{l_1} + \frac{1}{\sigma_2} \theta_{l_2} f_l > 0;$$

$$g_3 = \frac{\theta_{k_2} - \theta_{k_1}}{\sigma_1 \sigma_2} f_k + \frac{1}{\sigma_1} \theta_{k_1} + \frac{1}{\sigma_2} \theta_{k_2} f_k > 0; \quad g_4 = \frac{\theta_{k_2} - \theta_{k_1}}{\sigma_1 \sigma_2} + \frac{1}{\sigma_1} \theta_{k_1} + \frac{1}{\sigma_2} \theta_{k_2} f_k > 0。$$

当 $n_1 > m_1, n_2 > m_2$ 时, $\frac{d \ln \lambda_k}{d A_l} > 0, \frac{d \ln \lambda_l}{d A_l} < 0$; 当 $n_1 < m_1, n_2 < m_2$ 时, $\frac{d \ln \lambda_k}{d A_l} < 0, \frac{d \ln \lambda_l}{d A_l} > 0$ 。

当两部门人工智能技术对资本的增强效应大于劳动时, 随着资本存量和劳动力供给的增加, 分配给人工智能部门的资本比例将增加, 分配给人工智能部门的劳动力比例将减少。反之, 如果两部门人工智能技术对劳动的增强效应大于资本时, 随着资本存量和劳动力供给的增加, 分配给人工智能部门的劳动力比例将增加, 分配给人工智能部门的资本比例将减少。即如果人工智能是资本偏向型技术, 将有利于人工智能部门转型升级; 如果人工智能是劳动偏向型技术, 将更有利于传统物质部门转型升级。

特殊情形 2 当 $\sigma_1 = \sigma_2 = 1$ 时, $\theta_{l_i} = \alpha_i, \theta_{k_i} = 1 - \alpha_i$, 命题 2 变为

$$g_1 = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \frac{\alpha_1 + 2\alpha_2 \lambda_l}{1 - \lambda_l}; \quad g_2 = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \frac{\alpha_2}{1 - \lambda_l}; \quad g_3 = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \frac{\alpha_1 + 2\alpha_2 \lambda_k}{1 - \lambda_k}; \quad g_4 = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \frac{\alpha_2}{1 - \lambda_k}。$$

当 $\varepsilon > 1$ 时, $g_1 > 0, g_2 > 0, g_3 > 0, g_4 > 0$, 此时, 当 $n_1 > m_1, n_2 > m_2$ 时, $\frac{d \ln \lambda_k}{d A_l} > 0, \frac{d \ln \lambda_l}{d A_l} < 0$; 当 $n_1 < m_1, n_2 < m_2$ 时, $\frac{d \ln \lambda_k}{d A_l} < 0, \frac{d \ln \lambda_l}{d A_l} > 0$ 。

当 $0 < \varepsilon < 1$ 时, $g_1 < 0, g_2 < 0, g_3 < 0, g_4 < 0$, 此时, 当 $n_1 > m_1, n_2 > m_2$ 时, $\frac{d \ln \lambda_k}{d A_l} < 0, \frac{d \ln \lambda_l}{d A_l} > 0$; 当 $n_1 < m_1, n_2 < m_2$ 时, $\frac{d \ln \lambda_k}{d A_l} > 0, \frac{d \ln \lambda_l}{d A_l} < 0$ 。

人工智能技术对资本和劳动力的再分配, 不仅与人工智能的三种效应有关, 而且与两种产品的替代弹性有关。

如果两种产品是替代型, 当两部门人工智能技术对资本的增强效应大于劳动时, 随着资本存量和劳动力供给的增加, 分配给人工智能部门的资本比例将增加, 分配给人工智能部门的劳动力比例将减少。反之, 如果两部门人工智能技术对劳动的增强效应大于资本时, 随着资本存量和劳动力供给的增加, 分配给人工智能部门的劳动力比例将增加, 分配给人工智能部门的资本比例将减少。

如果两种产品是互补型, 当两部门人工智能技术对资本的增强效应大于劳动时, 随着资本存量和劳动力供给的增加, 分配给人工智能部门的资本比例将减少, 分配给人工智能部门的劳动力比例将增加。反之, 如果两部门人工智能技术对劳动的增强效应大于资本时, 随着资本存量和劳动力供给的增加, 分配给人工智能部门的劳动力比例将减少, 分配给人工智能部门的资本比例将增加。

由式(6)和式(7)得

$$\frac{\omega}{R} = \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1} \left(\frac{\lambda_k K}{\lambda_l L} \right)^{\frac{1}{\sigma_1}} \quad (26)$$

劳动收入份额为

$$\alpha_L = \frac{\omega L}{Y} = \frac{\alpha_1 \gamma (T_{L_1} L_1)^{\frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_1}} Y_1^{\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}}}{Y^{\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}}} \quad (27)$$

资本收入份额为

$$\alpha_K = 1 - \frac{\omega L}{Y} = 1 - \frac{\alpha_1 \gamma (T_{L_1} L_1)^{\frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_1}} Y_1^{\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}}}{Y^{\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}}} \quad (28)$$

命题3 均衡时,

$$\frac{d \ln(\omega/R)}{d \ln K} = - \frac{d \ln(\omega/R)}{d \ln L} = \frac{1}{\sigma_1 \sigma_2 \varepsilon (1 + \lambda_l)(1 + \lambda_k)(u_l \sigma_k - u_k \sigma_l)} > 0 \quad (29)$$

$$\frac{d \ln(\omega/R)}{d A_l} = \frac{1}{\sigma_1 \sigma_2 \varepsilon (u_l \sigma_k - u_k \sigma_l)} [\sigma_2 h_1 - \varepsilon (h_2 + h_3)] \quad (30)$$

$$\frac{d \ln \alpha_K}{d A_l} = -\alpha_L \frac{L}{K} \frac{1}{\sigma_1 \sigma_2 \varepsilon (u_l \sigma_k - u_k \sigma_l)} [\sigma_2 h_1 - \varepsilon (h_2 + h_3)] \quad (31)$$

$$\text{其中: } h_1 = \left[\frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_1} (n_1 - m_1) - \frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2} (n_2 - m_2) \right] (1 + \theta_{l_2} f_l + \theta_{k_2} f_k); h_2 = \left[\left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon} \right) (\theta_{k_2} n_2 + \theta_{l_2} m_2) - \left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon} \right) (\theta_{k_1} n_1 + \theta_{l_1} m_1) \right] \times \\ (f_l - f_k); h_3 = \left[\frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2} (\theta_{k_2} n_2 + \theta_{l_2} m_2) - \frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_1} (\theta_{k_1} n_1 + \theta_{l_1} m_1) \right] (f_l - f_k)。$$

由式(30)和式(31)知,资本收入份额与 ω/R 的变化方向相反,从而劳动收入份额与 ω/R 的变化方向相同。

特殊情形 当 $\sigma_1 = \sigma_2 = 1$ 时, $h_1 = h_3 = 0$,且满足 $\lambda_k > \lambda_l \Leftrightarrow \theta_{k_1} > \theta_{k_2}, h_2 = (\varepsilon - 1)(\lambda_k - \lambda_l) \{ [\alpha_2 m_2 + (1 - \alpha_2)n_2] - [\alpha_1 m_1 + (1 - \alpha_1)n_1] \}$,从而

$$\frac{d \ln(\omega/R)}{d A_l} > 0 \Leftrightarrow (\varepsilon - 1) \{ [\alpha_2 m_2 + (1 - \alpha_2)n_2] - [\alpha_1 m_1 + (1 - \alpha_1)n_1] \} > 0。$$

本文将 $\alpha_2 m_2 + (1 - \alpha_2)n_2$ 理解为人工智能技术对传统物质生产部门资本和劳动的溢出效应之和,将 $\alpha_1 m_1 + (1 - \alpha_1)n_1$ 理解为人工智能技术对人工智能部门资本和劳动力的增强效应之和。

当 $\varepsilon > 1$,即两种产品相互替代时,如果人工智能技术对传统物质生产部门的溢出效应之和,大于人工智能部门的增强效应之和,则劳动收入份额上升,资本收入份额下降;反之,如果人工智能部门的增强效应之和,大于传统物质生产部门的溢出效应,则劳动收入份额下降,资本收入份额上升。

当 $0 < \varepsilon < 1$,即两种产品互补时,如果人工智能技术对传统物质生产部门的溢出效应之和,大于人工智能部门的增强效应之和,则劳动收入份额下降,资本收入份额上升;反之,如果人工智能部门的增强效应之和,大于传统物质生产部门的溢出效应,则劳动收入份额上升,资本收入份额下降。

四、结论

人工智能作为第四次工业革命的核心技术,将赋能全行业的发展,带来社会生产效率的极大提升。本文在总结以往文献的基础上,重点突出了人工智能不同于以往技术变革的特征。人工智能具有自我学习的能力,可以同时增强资本和劳动者的生产效率。同时人工智能是一种通用性技术,具备强大的溢出效应,可促进全行业转型升级。

本文以指数函数的形式区分了人工智能的三种效应,建立两部门模型,分析人工智能三种效应对经济的影响。研究发现,人工智能技术的发展会改变企业资本和劳动的产出弹性,同时影响两部门资本和劳动力的再分配,促进产业结构转型升级,进一步影响劳动收入份额和资本收入份额的变化。具体表现为:

(1)如果资本和劳动是相互替代的,当人工智能对资本的增强效应大于劳动力,则资本的产出弹性将上升,劳动的产出弹性将下降,反之,资本与劳动互补时结论相反。所引发的启示是未来多研发偏向于劳动的人工智能技术。

(2)当两部门产品同质时,如果人工智能部门的资本产出弹性大于传统物质生产部门,则随着资本存量 and 劳动力供给的增加,资本和劳动力将由传统物质生产部门流向人工智能部门,从而促进人工智能部门转型升级;当两部门资本与劳动力的替代弹性相同时,若资本与劳动的替代弹性小于产品的替代弹性时,随着资本存量和劳动力供给的增加,分配给人工智能部门的资本比例和劳动力比例将增加,反之,则结论相反。启示是人工智能技术将带来产业结构转型升级,同一行业中,人工智能技术的发展将壮大人工智能部门,淘汰

传统物质生产部门,不同部门中,人工智能技术的溢出效应将促进关联企业转型升级。

(3)当两部门产品相互替代时,如果两部门中人工智能技术对资本的增强效应大于劳动力,则随着人工智能技术的提高,分配给人工智能部门的资本比例上升,劳动比例下降,从而有利于人工智能部门转型升级;反之,如果两部门产品互补,则结论相反,人工智能发展有利于关联企业转型升级。

(4)如果资本与劳动力的替代弹性为1,当两部门产品相互替代时,如果人工智能技术对人工智能部门资本和劳动力的增强效应之和,大于对传统物质生产部门资本和劳动力的溢出效应之和,则资本收入份额上升,劳动收入份额下降;反之,如果两部门产品互补时,则结论相反。

本文和以往技术进步的文献最大的区别是,同时考虑了人工智能的三种效应,尤其是考虑了人工智能对其他行业的溢出效应。本研究结论丰富了人工智能对经济影响的理论,对于进一步研究人工智能对经济增长、就业和收入的影响具有一定的借鉴意义。

当然,本研究存在一定的局限性。第一个不足之处是,研究的是静态模型。主要原因是动态模型下,一般只有 Cobb-Douglas 函数才有均衡解,但 Cobb-Douglas 函数无法充分体现人工智能的三种效应。第二个不足之处是,人工智能技术可以改变资本与劳动的替代程度。目前的文献普遍采用 CES(constant elasticity of substitution)生产函数,将资本与劳动的替代弹性理解成为一个常数,但从实际的角度而言,人工智能将改变资本与劳动的替代弹性,有的时候甚至会呈现很剧烈的变化。未来的研究中,需要将替代弹性理解成为人工智能的函数,改进现有的生产函数形式,突破现有的研究范式。第三个不足之处是,人工智能技术在本文中是外生的,未来可以在此基础上引入研发部门,探究人工智能资本的积累对人工智能技术的影响,进而研究人工智能对经济的影响。上述种种,均可以作为未来人工智能理论的研究范畴。

参考文献

- [1] 蔡跃洲,陈楠,2019.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,36(5):3-22.
- [2] 曹静,周亚林,2018.人工智能对经济的影响研究进展[J].经济学动态,(1):103-115.
- [3] 钞小静,周文慧,2021.人工智能对劳动收入份额的影响研究——基于技能偏向性视角的理论阐释与实证检验[J].经济与管理研究,42(2):82-94.
- [4] 陈彦斌,林晨,陈小亮,2019.人工智能、老龄化与经济增长[J].经济研究,(7):47-63.
- [5] 陈永伟,2018.人工智能与经济学:近期文献的一个综述[J].东北财经大学学报,(3):6-21.
- [6] 董志强,黄旭,2019.人工智能技术发展背景下的失业及政策:理论分析[J].社会科学战线,(12):76-84,281.
- [7] 董志强,黄旭,2021.人工智能发展背景下公共政策的增长和不平等效应——一个动态一般均衡模型[J].学术研究,(2):92-99.
- [8] 郭凯明,2019.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,35(7):60-77,202-203.
- [9] 黄旭,2021.人工智能技术发展背景下收入不平等及政策:理论分析[J].中央财经大学学报,(7):83-91.
- [10] 黄旭,董志强,2019.人工智能如何促进经济增长和社会福利提升?[J].中央财经大学学报,(11):76-85.
- [11] 余玲铮,魏下海,吴春秀,2019.机器人对劳动收入份额的影响研究——来自企业调查的微观证据[J].中国人口科学,(4):114-125,128.
- [12] ACEMOGLU D, GUERRIERI V, 2008. Capital deepening and non-balanced economic growth [J]. Journal of Political Economy, 116: 467-498.
- [13] ACEMOGLU D, RESTREPO P, 2018a. Artificial intelligence, automation, and work [M]//The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. Chicago: University of Chicago Press: 197-236.
- [14] ACEMOGLU D, RESTREPO P, 2018b. The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. American Economic Review, 108(6): 1488-1542.
- [15] ACEMOGLU D, RESTREPO P, 2018c. Modeling automation[C]//Massachusetts: MIT AEA Papers and Proceedings, 108: 48-53.
- [16] ACEMOGLU D, RESTREPO P, 2019. Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor [J]. Journal of Economic Perspectives, 33(2): 3-30.
- [17] AGHION P, JONES B F, JONES C I, 2017. Artificial intelligence and economic growth [M]//The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. Chicago: University of Chicago Press, 2018: 237-282.
- [18] AUTOR D, DORN D, KATZ L F, et al, 2017. The fall of the labor share and the rise of superstar firms [J]. The Quarterly Journal of Economics, 135(2): 645-709.
- [19] BESSEN J, 2018. Automation and jobs: When technology boosts employment[J]. Economic Policy, 34(100): 589-626.
- [20] BRYNJOLFSSON E T, 2018. What can machines learn and what does it mean for occupations and the economy [J]. AEA Papers and Proceedings, 108: 43-47.
- [21] LANKISCH C, PRETTNER K, PRSKAWETZ A, 2019. How can robots affect wage inequality? [J]. Economic Modelling,

81: 161-169.

- [22] PRETTNER K, STRULIK H, 2021. The U-shape of income inequality over the 20th century: The role of education[J]. The Scandinavian Journal of Economics, 123(2): 645-675.

Three Effects of Artificial Intelligence: Theoretical Analysis

Huang Xu

(School of Finance and Information, Ningbo University of Finance and Economics, Ningbo 315715, Zhejiang, China)

Abstract: Unlike previous technological changes, artificial intelligence can simultaneously enhance the productivity of capital and labor, and has a strong spillover effect on traditional industries. Based on the three effects of artificial intelligence, a two-sector theoretical model was established, and it is found that if artificial intelligence is a capital-oriented technology, it will be conducive to the transformation and upgrading of the artificial intelligence sector; if artificial intelligence is a labor-oriented technology, its spillover effect will help. Transformation and upgrading of affiliated enterprises. The specific conclusions are as follows. If capital and labor replace each other, when the enhancement effect of artificial intelligence technology on capital is greater than that of labor, the output elasticity of capital will increase and the output elasticity of labor will decrease. On the contrary, when capital and labor complement each other, the conclusion is the opposite. When the products of the two sectors are homogeneous, if the capital output elasticity of the artificial intelligence department is greater than that of the traditional material production department, then with the increase of capital stock and labor supply, capital and labor will flow from the traditional material production department to the artificial intelligence department. If the products of the two sectors substitute for each other, if the enhancement effect of artificial intelligence technology on capital in the two sectors is greater than that of labor, then with the improvement of artificial intelligence technology, the proportion of capital allocated to the artificial intelligence department will increase and the proportion of labor will decrease. If the products are complementary, the conclusion is opposite. If the elasticity of substitution of capital and labor is 1, when the products of the two sectors are substituted for each other, if the sum of the enhancement effect of artificial intelligence technology on the capital and labor of the artificial intelligence sector is greater than that on the capital of the traditional material production sector The sum of the spillover effects of labor and capital, the share of capital income will increase and the share of labor income will decrease. On the contrary, if the products of the two sectors are complementary, the conclusion will be the opposite.

Keywords: artificial intelligence; enhancement effect; labor income share