



电子科技大学学报(社科版)

Journal of University of Electronic Science and Technology of China(Social Sciences Edition)

ISSN 1008-8105,CN 51-1569/C

《电子科技大学学报(社科版)》网络首发论文

题目: 人工智能、工业机器人与技能溢价
作者: 段梦
DOI: 10.14071/j.1008-8105(2025)-4015
收稿日期: 2025-05-21
网络首发日期: 2025-09-01
引用格式: 段梦. 人工智能、工业机器人与技能溢价[J/OL]. 电子科技大学学报(社科版).
[https://doi.org/10.14071/j.1008-8105\(2025\)-4015](https://doi.org/10.14071/j.1008-8105(2025)-4015)



网络首发: 在编辑部工作流程中,稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定,且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件,可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定;学术研究成果具有创新性、科学性和先进性,符合编辑部对刊文的录用要求,不存在学术不端行为及其他侵权行为;稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准,正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性,录用定稿一经发布,不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容,只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约,在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版,以单篇或整期出版形式,在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z),所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

· 中国式现代化与数字赋能 ·

人工智能、工业机器人与技能溢价



□ 段 梦

[摘 要] 在人工智能迅猛发展及工业机器人广泛应用的背景下,其对技能溢价的影响备受瞩目。为解释人工智能与工业机器人应用对技能溢价的影响效果,文章构建包含人工智能和工业机器人的三层嵌套CES生产函数,从理论上推导其对技能溢价的作用机制。基于此理论模型,进行数值模拟分析。结果表明,当设定人工智能应用水平与工业机器人应用水平的不同比例关系时,技能溢价随人工智能应用水平提升呈现显著下降趋势。进一步分析发现,人工智能应用水平提升对高技能劳动力工资具有直接抑制作用,而工业机器人的影响效应相对有限。工业机器人应用对低技能劳动力工资的负向冲击更为显著,人工智能的影响则不明显。从技能溢价变化来看,人工智能应用具有降低技能溢价的直接效应,工业机器人应用则表现出提升技能溢价的趋势,但当两者应用水平均处于较高区间时,人工智能和工业机器人的交互作用会弱化工业机器人的正向效应,形成缩小技能溢价的协同机制。研究结果有助于深入理解人工智能和工业机器人对技能溢价的复杂影响,为政策制定提供理论依据,以实现更合理的收入分配。

[关键词] 人工智能;工业机器人;技能溢价

[文献标识码] A

[DOI] 10.14071/j.1008-8105(2025)-4015

作为新一轮产业变革的核心驱动力和引领未来发展的战略性技术,人工智能正在重构生产、分配、交换、消费等经济活动的各个环节^[1-2]。尤其是最近GPT-4o、DeepSeek等人工智能模型快速发展,人们开始思考技能溢价的未来演变将受到何种影响。与工业机器人相比,人工智能主要替代高技能工人执行的任务^[3-4]。2024年,诺贝尔化学奖授予大卫·贝克(David Baker)、戴米斯·哈萨比斯(Demis Hassabis)和约翰·江珀(John M. Jumper),以表彰他们在蛋白质设计和蛋白质结构预测领域的贡献。其中,哈萨比斯和江珀开发了一种名为AlphaFold2的人工智能模型,该模型能够预测大约两亿种已知蛋白质的复杂结构。由于这些任务通常是非常规的,并且由高技能工人执行,人工智能的使用可能会对他们的工资造成下行压力,从而也对技能溢价造成下行压力。Autor^[5]甚至认为人工智能可以帮助重建中产阶级,因为目前主要由高技能专家执行的任务,例如医生的医疗护理、律师的法律文件制作或计算机工程师的软件编码,在人工智能的帮助下,低技能个体也可以完成。因此,探讨人工智能和工业机器人应用对技能溢价的作用机制和影响效果,有助于为实现更合理的收入分配提供经验借鉴。

一、文献综述

现有文献关于人工智能和工业机器人对技能溢价的影响进行了广泛研究^[6-10]。传统理论认为技

[收稿日期] 2025-05-21

[基金项目] 国家自然科学基金青年科学基金(72404276);中国社会科学院“青启计划”(2024QQJH127)。

[作者简介] 段梦,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所助理研究员。

[引用格式] 段梦. 人工智能、工业机器人与技能溢价[J]. 电子科技大学学报(社科版). DOI: 10.14071/j.1008-8105(2025)-4015.

[Citation Format] DUAN Meng. Artificial intelligence, industrial robots and the skills premium[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China(Social Sciences Edition). DOI: 10.14071/j.1008-8105(2025)-4015.

能溢价是由个体的生产力差异决定的。随着技术进步,特别是人工智能和工业机器人的应用,这一理论框架得到了扩展。在人工智能和工业机器人的背景下,技能溢价理论框架强调了技术进步对劳动力需求结构的影响。Acemoglu^[1]提出了“资本-技能互补”理论,认为资本积累和技术进步与高技能劳动力之间存在互补性,这可能导致技能溢价的增加。在此基础上,Acemoglu和Autor^[12]提出了一个理论框架,将技术进步分为技能偏向型和非技能偏向型,并认为技能偏向型技术进步会增加对高技能劳动力的需求,从而提高技能溢价。

一方面,有研究表明,人工智能和工业机器人的应用扩大了技能溢价。王林辉等^[13]基于人工智能技术模型推演人工智能技术应用在高技术部门和低技术部门之间的收入分配效应,研究发现,人工智能技术诱致高、低技术部门劳动收入差距年均扩大0.75%。Lankisch等^[14]基于低技能劳动力比高技能劳动力更容易被机器所替代的经济模型研究发现,自动化降低了低技能劳动力的工资水平,进而提高了技能溢价。Prettner和Strulik^[15]基于具有内生教育的研发驱动增长模型研究发现,自动化将导致大学毕业生比例增加,收入和财富不平等加剧。Cords和Prettner^[16]基于劳动力市场的搜索和匹配模型研究发现,机器人的应用降低了低技能劳动力市场的劳动力市场紧张程度,增加了高技能劳动力市场的劳动力市场紧张程度。导致低技能工人失业率上升和工资下降,高技能工人失业率下降和工资上升。

另一方面,也有研究认为人工智能和工业机器人的应用可能会降低技能溢价。Acemoglu和Restrepo^[1]提出,机器人在替代非技能劳动力的同时,也可能通过降低生产成本和提高生产效率,进而增加对非技能劳动力的需求,从而抑制技能溢价的扩大。Bessen^[17-18]的研究进一步表明,从理论层面而言,若相关产品的需求弹性大于1,就业机会存在增加的可能性。孙早等^[19]认为,工业智能化将促使先进设备替代初中和高中学历劳动力,并增加对高、低教育程度劳动力的需求,致使中国劳动力就业结构总体呈现出“两极化”特征。杨飞等^[20]基于内生人工智能创新模型研究发现,当高一中技能劳动替代弹性大于高一低技能劳动替代弹性时,产业智能化通过新工作创造效应和生产率效应降低了技能溢价。Agrawal等^[21]认为在人工智能进步所推动的任务自动化进程中,能够改善就业前景,并有可能扩大劳动力的就业范围。他们认为技能溢价的变化潜力被忽视,其中人工智能任务自动化从外部提高了诸多劳动力的技能价值,扩充了可执行其他任务的劳动力人才库,并在此过程中提高了劳动收入并可能减少不平等。

上述文献对于认识和理解人工智能与工业机器人对技能溢价的影响具有重要借鉴意义。与现有文献相比,本文的边际贡献在于:首先,以往文献很少有将人工智能与工业机器人纳入统一理论框架分析其对技能溢价的作用机制与影响效果,本文在这方面进行了拓展研究;其次,为了分析人工智能与机器人在宏观层面对技能溢价的影响,本文提出了一个通用的三层嵌套恒定替代弹性(CES)生产函数,该函数区分了四种类型的资本:物质资本、无形资产、人工智能和工业机器人。考虑到人工智能主要替代高技能劳动力,而工业机器人主要替代执行常规机械任务的低技能劳动力,因此本文允许人工智能和工业机器人对不同技能水平的劳动力进行不完全替代^[4];最后,由于人工智能发展尚处于起步阶段,相关统计数据并不全面,虽然有研究基于人工智能专利数据作为人工智能发展指标的代理变量研究其对技能溢价的影响^[22-23],但或多或少存在高估或低估的问题,因此,本文抛开人工智能统计数据限制,基于数值模拟的方法,研究分析人工智能与工业机器人的应用对技能溢价的影响效果。

二、典型化事实

在衡量技能溢价水平时,通常用大学及以上毕业生的工资与高中及以下毕业生的工资水平之比来度量,但因数据缺乏,只能采用其他度量方式。具体而言,低技能劳动工资可由技术工人较少的行业平均工资来替代,高技能劳动工资则用技术工人较多的行业平均工资来替代,二者之比能作为真

实技能溢价的近似代理指标。例如, Lan Liu^[24]运用科学技术业平均工资与制造业平均工资之比来衡量技能溢价; 宋冬林等^[25]运用制造业平均工资与农林牧渔业平均工资之比来衡量技能溢价。陆雪琴等^[26]运用科学技术业平均工资与农林牧渔业平均工资之比来衡量技能溢价。图1反映了1995~2022年三种技能溢价衡量指标的变化趋势, 可以看出, (1)科学技术业与制造业的平均工资之比呈现出波动上升的总体趋势。具体来看, 该比值从1995年的1.31开始, 逐步攀升至2009年的峰值1.87, 之后虽有小幅回落, 但总体保持在1.70左右。至2022年, 该比值降至1.68, 相较于1995年增长了0.36。(2)制造业与农林牧渔业的平均工资之比也呈现出波动上升的趋势。该比值从1995年的1.48下降至1997年的1.39, 随后逐步上升, 至2006年达到1.97的峰值。之后虽有小幅下降, 但在2019年再次达到新的峰值1.65, 但随后出现明显下降, 至2022年降至1.65, 相较于1995年增长了0.18。(3)科学技术业与农林牧渔业的平均工资之比呈现出显著的上升趋势。该比值从1995年的1.94开始, 逐步上升至2008年的3.62, 之后下降至2015年的2.80, 随后再次上升至2019年的3.39, 之后逐渐下降至2022年的2.77, 相较于1995年增长了0.83。

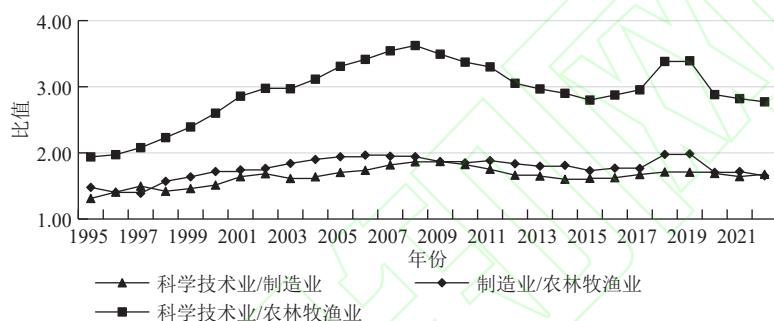


图1 技能溢价变动趋势

分析原因主要有以下几个方面: (1)经济结构调整。随着经济的发展, 产业结构从传统制造业等劳动密集型产业向技术密集型、知识密集型产业(如科学技术行业)转变。对高技能劳动力的需求不断增加, 而低技能劳动力的需求相对稳定或减少, 导致高技能劳动工资增长较快, 从而推动技能溢价上升。例如, 近年来信息技术、人工智能等行业的快速发展, 吸引了大量高技能人才, 使得这些行业的工资水平大幅提高, 进而影响了整体的技能溢价。(2)教育水平提升与人才供给结构变化。教育水平的提高使得劳动力的整体素质得到提升, 但高技能人才的增长速度可能跟不上市场对其的需求增长速度。这就造成了高技能劳动力的相对稀缺性, 促使企业提高高技能劳动力的工资以吸引和留住人才, 进而导致技能溢价上升。同时, 低技能劳动力的供给可能由于人口结构变化(如劳动力老龄化导致部分低技能劳动力退出市场)或教育普及后更多人追求更高技能的工作而有所减少, 也对技能溢价产生了推动作用。(3)技术进步与创新。技术进步使得高技能劳动力在生产过程中的作用更加重要, 他们能够运用先进的技术和知识提高生产效率和产品附加值。企业为了获取技术创新带来的效益, 愿意为高技能劳动力支付更高的工资, 从而扩大了技能溢价。例如, 自动化生产技术的应用需要高技能的操作人员和研发人员进行设备维护和技术改进, 这些人员的工资相对较高。(4)政策因素。政府的教育政策、产业政策和劳动力市场政策等也可能对技能溢价产生影响。例如, 政府对教育领域的投入增加, 有助于提高劳动力的技能水平, 但如果政策对某些行业(如传统制造业)的扶持力度较大, 可能在一定时期内抑制了技能溢价的上升; 反之, 若政策鼓励技术创新和高技能产业发展, 则会促进技能溢价的提高。

三、理论模型

传统观点认为, 高技能劳动力不受自动化的影响, 因为他们专门从事需要人类判断、解决问题、

分析技能或各种软技能的更复杂任务。然而, GPT-4o、DeepSeek等人工智能模型的最新进展对这种说法提出了质疑。新一代人工智能技术, 加上大数据和机器学习的进步, 已经具备了执行许多以前被认为不可或缺的人工判断任务的潜力。麦肯锡的一项研究得出结论: “即使是收入最高的职业 (例如理财规划师、医生和高级管理人员), 也有很大一部分工作可以通过采用当前技术实现自动化。”^[3]在此背景下, 本文进一步扩展了段巍等^[27]、Bloom等^[4]的理论模型框架, 构建了一个包含人工智能和工业机器人的三层嵌套CES生产函数。研究的创新性主要表现在, 在段巍等^[27]的理论模型框架中, 仅考虑到物质资本与非技能劳动力、无形资产与技能劳动力之间的替代性, 并未引入人工智能与工业机器人, 而本文借鉴Bloom等^[4]的理论模型框架, 进一步将人工智能与工业机器人纳入扩展的理论模型中, 并设定人工智能主要替代高技能劳动力, 工业机器人主要替代低技能劳动力。具体函数形式如下:

$$Y_t = [\mu_0 Z_{1t}^\rho + (1 - \mu_0) Z_{2t}^\rho]^\frac{1}{\rho} \quad (1)$$

其中, Y_t 表示第 t 期的产出, Z_{1t} 表示物质资本与低技能密集型任务的要素组合, Z_{2t} 表示无形资产与高技能密集型任务的要素组合。 μ_0 和 $1 - \mu_0$ 分别表示两种要素组合的份额参数, 且 $\mu_0 \in (0, 1)$ 。 ρ 表示两种要素组合的替代弹性, 且 $\rho > 0$ 。进一步地, 两种要素组合有如下函数形式:

$$Z_{1t} = [\beta_1 K_{Tt}^\theta + (1 - \beta_1) T_{Lt}^\theta]^\frac{1}{\theta} \quad (2)$$

$$Z_{2t} = [\beta_2 K_{Ht}^\varphi + (1 - \beta_2) T_{Ht}^\varphi]^\frac{1}{\varphi} \quad (3)$$

其中, K_{Tt} 和 K_{Ht} 分别表示物质资本和无形资本的投入, T_{Lt} 和 T_{Ht} 分别表示低技能密集型任务和高技能密集型任务。 β_1 和 $1 - \beta_1$ 分别表示物质资本与低技能密集型任务的份额参数, β_2 和 $1 - \beta_2$ 分别表示无形资产与高技能密集型任务的份额参数, 且有 $\beta_1, \beta_2 \in (0, 1)$ 。 θ 和 φ 分别表示物质资本与低技能密集型任务、无形资产与高技能密集型任务的替代弹性, 且有 $\theta, \varphi > 0$ 。

由于工业机器人形式的自动化主要影响执行常规机械任务的低技能劳动力, 而人工智能形式的自动化主要影响高技能劳动力。因此, 本文设定工业机器人主要替代低技能劳动力, 人工智能主要替代高技能劳动力, 因此, 进一步地, 低技能密集型任务和高技能密集型任务有如下函数形式:

$$T_{Lt} = [\lambda_1 L_t^\gamma + (1 - \lambda_1) P_t^\gamma]^\frac{1}{\gamma} \quad (4)$$

$$T_{Ht} = [\lambda_2 H_t^\varepsilon + (1 - \lambda_2) G_t^\varepsilon]^\frac{1}{\varepsilon} \quad (5)$$

其中, L_t 和 H_t 分别表示低技能劳动力和高技能劳动力, P_t 和 G_t 分别表示工业机器人和人工智能。 λ_1 和 $(1 - \lambda_1)$ 分别表示低技能劳动力与工业机器人的份额参数, λ_2 和 $1 - \lambda_2$ 分别表示高技能劳动力与人工智能的份额参数, 且有 $\lambda_1, \lambda_2 \in (0, 1)$ 。 γ 和 ε 分别表示低技能劳动力与工业机器人、高技能劳动力与人工智能的替代弹性, 且有 $\gamma, \varepsilon > 0$ 。

联立式(1)~式(5), 得到,

$$Y_t = \{\mu_0 [\beta_1 K_{Tt}^\theta + (1 - \beta_1) [\lambda_1 L_t^\gamma + (1 - \lambda_1) P_t^\gamma]^\frac{\theta}{\gamma}]^\frac{\rho}{\theta} + (1 - \mu_0) [\beta_2 K_{Ht}^\varphi + (1 - \beta_2) [\lambda_2 H_t^\varepsilon + (1 - \lambda_2) G_t^\varepsilon]^\frac{\varphi}{\varepsilon}]^\frac{\rho}{\varphi}\}^\frac{1}{\rho} \quad (6)$$

假设市场完全竞争, 并将最终产出价格标准化为1, 将式(6)分别对 L_t 和 H_t 求导, 可以得出低技能劳动力和高技能劳动力的工资率:

$$\omega_L = \frac{\partial Y_t}{\partial L_t} = \mu_0 (1 - \beta_1) \lambda_1 L_t^{\gamma-1} \{\mu_0 [\beta_1 K_{Tt}^\theta + (1 - \beta_1) [\lambda_1 L_t^\gamma + (1 - \lambda_1) P_t^\gamma]^\frac{\theta}{\gamma}]^\frac{\rho}{\theta} (1 - \mu_0) [\beta_2 K_{Ht}^\varphi + (1 - \beta_2) [\lambda_2 H_t^\varepsilon + (1 - \lambda_2) G_t^\varepsilon]^\frac{\varphi}{\varepsilon}]^\frac{\rho}{\varphi}\}^\frac{1}{\rho-1} [\beta_1 K_{Tt}^\theta + (1 - \beta_1) [\lambda_1 L_t^\gamma + (1 - \lambda_1) P_t^\gamma]^\frac{\theta}{\gamma}]^\frac{\rho}{\theta-1} [\lambda_1 L_t^\gamma + (1 - \lambda_1) P_t^\gamma]^\frac{\theta}{\gamma-1} \quad (7)$$

将 ω_H 除以 ω_L 可得出技能溢价,即高技能劳动力的工资超过低技能劳动力工资的倍数:

技能溢价是衡量工资不平等的重要指标。它的明确表达式使得分析人工智能和工业机器人对技能溢价的影响更加清晰。将式(9)分别关于 P_i 和 G_i 求导,得到工业机器人和人工智能影响技能溢价的理论公式:

对于任何的 $t \geq 0$, 都有 $L_t > 0$, $H_t > 0$, $P_t > 0$, $G_t > 0$ 成立。因此, $\frac{\partial(\omega_H/\omega_L)}{P_t}$ 的符号主要取决于 θ 和 ρ , γ 和 θ 之间的相对大小。当 $\gamma > \theta > \rho$ 时, 即低技能劳动力与工业机器人之间的替代弹性大于物质资本与低技能密集型任务之间的替代弹性, 且物质资本与低技能密集型任务之间的替代弹性大于两种要素组合之间的替代弹性时, 工业机器人应用水平的不断提升会提高技能溢价水平。 $\frac{\partial(\omega_H/\omega_L)}{G_t}$ 的符号主要取决于 ρ 和 φ , φ 和 ε 之间的相对大小。当 $\varepsilon > \varphi$ 且 $\varphi < \rho$ 时, 即高技能劳动力与人工智能之间的替代弹性大于无形资本与高技能密集型任务之间的替代弹性, 且无形资本与高技能密集型任务之间的替代弹性小于两种要素组合之间的替代弹性时, 人工智能应用水平的不断提升会降低技能溢价水平。

四、数值模拟

（一）数据来源说明

为了更加直观的展现人工智能和工业机器人应用对技能溢价的影响效果,基于表1的数据,模拟分析人工智能和工业机器人应用增加对技能溢价的影响。具体而言,借鉴Bloom等^[4]的研究,设定低技能劳动力与工业机器人之间的替代弹性为0.75,即 $\gamma = 0.75$;设定高技能劳动力与人工智能之间的替代弹性为0.6,即 $\varepsilon = 0.6$ 。参考段巍等的研究^[3],设定两种要素组合(物质资本与低技能密集型任务的要素组合和无形资产与高技能密集型任务的要素组合)之间的替代弹性为0.475,即 $\rho = 0.475$;设定无形资产与高技能密集型任务之间的替代弹性为0.45,即 $\varphi = 0.45$;设定物质资本与低技能密集型任务之间的替代弹性为0.5,即 $\theta = 0.5$ 。基于国际机器人联合会(IFR)公布数据,本文选取2019年中国工业机器人运行存量作为本文数值模拟分析的基准值,并参考Klump等的研究,估算出2019年中国工

业机器人运行存量的价值量^[28]。本研究将大学及以上毕业生定义为高技能劳动力,将高中及以下毕业生定义为低技能劳动力,并依据《中国统计年鉴2020》的数据,计算出高技能劳动力和低技能劳动力的就业人数。此外,参考田侃等^[29]、郑世林和杨梦俊^[30]以及曹麦^[31]的研究,计算出物质资本存量 and 无形资本存量数值。具体数值如表1所示。

表1 数值模拟的参数值和初始值

变量	指标解释	数值	数据来源
γ	低技能劳动力与工业机器人之间的替代弹性	0.75	Bloom等 ^[4] 、Jurkat等 ^[32]
ε	高技能劳动力与人工智能之间的替代弹性	0.6	Bloom等 ^[4]
ρ	两种要素组合之间的替代弹性	0.475	段巍等 ^[3]
φ	无形资本与高技能密集型任务之间的替代弹性	0.45	满足 $\varepsilon > \varphi$ 且 $\varphi < \rho$
θ	物质资本与低技能密集型任务之间的替代弹性	0.5	满足 $\gamma > \theta > \rho$
K_{Tt}	物质资本存量	15.9万亿美元	田侃等 ^[29] 、郑世林和杨梦俊 ^[30] 、曹麦 ^[31]
K_{It}	无形资本存量	1.76万亿美元	田侃等 ^[29] 、郑世林和杨梦俊 ^[30] 、曹麦 ^[31]
H_t	高技能劳动力	1.76亿人	中国统计年鉴2020
L_t	低技能劳动力	5.98亿人	中国统计年鉴2020
P_t	工业机器人运行存量价值量	250亿美元	国际机器人联合会(2020)
μ_0	要素组合的份额参数	0.5	核心结果对该数值的取值具有稳健性
β_1	物质资本的份额参数	0.5	核心结果对该数值的取值具有稳健性
β_2	无形资本的份额参数	0.5	核心结果对该数值的取值具有稳健性
λ_1	低技能劳动力的份额参数	0.9	Bloom等 ^[4]
λ_2	高技能劳动力的份额参数	0.95	Bloom等 ^[4]

(二) 人工智能使用水平变化对技能溢价的数值模拟

关于人工智能的度量指标,不少学者使用工业机器人作为其代理变量,但是人工智能是一个复杂宽泛的范畴,工业机器人只是人工智能的一个分支,无法准确衡量人工智能的真实水平。因此,有学者开始通过关键词识别企业申请的人工智能专利,以此来反映人工智能的发展水平^[22-33],但仍存在一定的不足。因此,本文设定人工智能使用量的价值量为工业机器人使用量的价值量的一定比例,从而模拟分析出不同人工智能和工业机器人使用量的情况下技能溢价的变化情况,模拟结果如表2所示。可以看出,当人工智能使用量的价值量为0时,技能溢价约为4.19,即高技能劳动力工资是低技能劳动力工资的4.19倍。随着人工智能使用量的增加,技能溢价水平出现明显降低。表现为,当人工智能使用量的价值量为工业机器人使用量的价值量的一半时,此时的技能溢价为3.69;当人工智能使用量的价值量与工业机器人使用量的价值量相等时,此时的技能溢价为3.52;当人工智能使用量的价值量为工业机器人使用量的价值量的1.5倍时,此时的技能溢价为3.40;当人工智能使用量的价值量为工业机器人使用量的价值量的2倍时,技能溢价进一步降低至3.32。

表2 不同人工智能水平下的技能溢价

G_t	ω_H/ω_L
$G_t = 0$	4.19
$G_t = 0.5 \times P_t$	3.69
$G_t = 1.0 \times P_t$	3.52
$G_t = 1.5 \times P_t$	3.40
$G_t = 2.0 \times P_t$	3.32

表2中的数值模拟表明,人工智能使用水平的提升有可能降低技能溢价水平,缩小高技能劳动力与低技能劳动力之间的工资差距。但需要注意的是,替代弹性之间的相对大小也会影响技能溢价的

变化。此外,在表2的数值模拟中,仅假设人工智能使用量的价值量孤立地发生变化,但现实的情况可能是随着人工智能使用量的价值量的变化,工业机器人使用量的价值量也会随之变化。如果工业机器人使用量的价值量随着人工智能使用量的价值量的增加而增加,那么人工智能对技能溢价的部门抑制作用就会被部分抵消。导致可能出现会出现劳动力增强型技术进步,从而提高低技能和高技能工人的生产率,在可观测数据中,这种变化会掩盖人工智能对技能溢价的孤立影响。

(三) 人工智能和工业机器人使用水平变化对技能溢价的数值模拟

为了解决人工智能和工业机器人使用量同时增加对技能溢价的影响,通过图2a、b、c三维图来展示人工智能和工业机器人之间在工资结果和技能溢价方面的复杂相互作用。通过这种多维数据的可视化展示,可以更直观地理解人工智能与工业机器人应用水平的变化如何共同塑造劳动市场的薪酬结构和技能溢价水平。

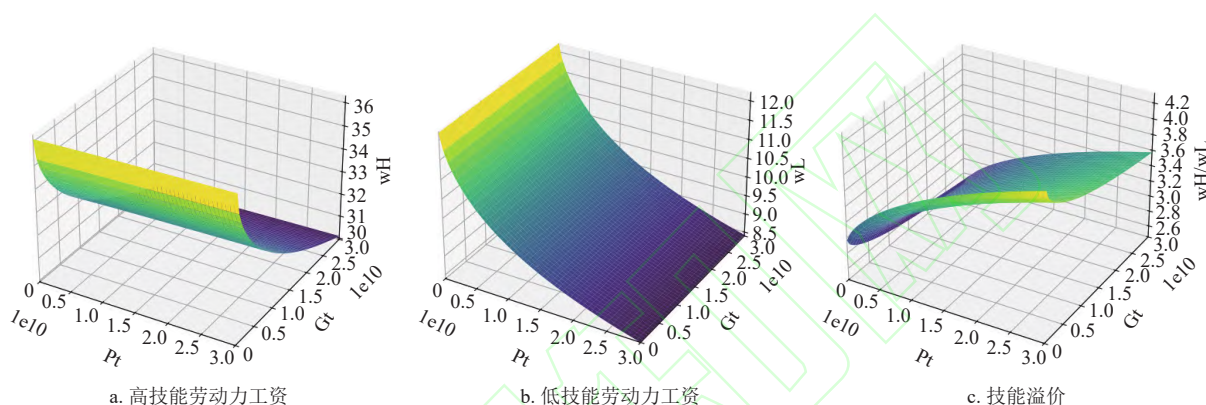


图2 不同人工智能和工业机器人应用水平下的薪酬结构与技能溢价

具体而言,对于高技能劳动力的工资变化,如图2a所示。当人工智能和工业机器人的应用都处于最低水平时,此时的高技能劳动力工资处在较高水平;当工业机器人应用处于最低水平,人工智能应用水平不断提升时,高技能劳动力工资出现明显的下降;而当工业机器人应用处于最高水平,人工智能应用水平不断提升时,高技能劳动力工资也呈现不同幅度的下降;最终,当人工智能和工业机器人应用水平都达到最高水平时,此时的高技能劳动力工资相比于人工智能和工业机器人应用水平都处于最低水平时,表现出显著的下降。此外,还可以发现,人工智能应用水平的提升会导致高技能劳动力工资的明显下降,而工业机器人应用水平的提升对高技能劳动力工资的影响较小,凸显了不同技术对高技能劳动力工资的不同影响,而这取决于它们与相应类型劳动力的可替代性。

对于低技能劳动力的工资变化,如图2b所示。当人工智能和工业机器人的应用都处于最低水平时,此时的低技能劳动力工资处于较高水平;当工业机器人应用处于最低水平,人工智能应用水平不断提升时,低技能劳动力工资仍处于较高水平,变化幅度较小;而当工业机器人应用处于最高水平,人工智能应用水平不断提升时,低技能劳动力工资水平同样变化较小,但此时的低技能劳动力工资处于较低水平;最终,当人工智能和工业机器人应用水平都达到最高水平时,此时的低技能劳动力工资相比于人工智能和工业机器人应用水平都处于最低水平时,表现出显著的下降。此外,还可以发现,低技能劳动力工资在工业机器人应用水平最低但人工智能应用密集的环境中往往最高。同时,工业机器人应用水平的提升则会导致低技能劳动力工资的降低,人工智能应用水平的提升会对低技能劳动力的工资水平影响较小,凸显了不同技术对低技能劳动力工资的不同影响,而这取决于它们与相应类型劳动力的可替代性。

对于技能溢价的变化,如图2c所示。当人工智能和工业机器人的应用都处于最低水平时,此时的技能溢价处于较低水平;当工业机器人应用处于最低水平,人工智能应用水平不断提高时,技能溢价水平表现出小幅降低;而当工业机器人应用处于最高水平,人工智能应用水平不断提升时,技能溢

价水平同样表现出小幅降低,但此时的技能溢价水平总体处于较高水平;最终,当人工智能和工业机器人应用都处于最高水平时,此时的技能溢价相比于人工智能和工业机器人应用都处于最低水平时,表现出显著的扩大。此外,还可以发现,技能溢价在人工智能应用处于最低水平,但工业机器人应用水平较高的时候最明显。但技术也提供了缩小这种差距的方法,当人工智能和工业机器人应用水平都达到较高水平时,它们会相互作用,缩小高技能劳动力与低技能劳动力之间的技能溢价水平。同时,人工智能应用水平的提升会降低技能溢价水平,而工业机器人应用水平的提升则会提高技能溢价水平,凸显了不同技术对技能溢价的不同影响,而这取决于它们与相应类型劳动力的可替代性。

五、研究结论与政策启示

(一)研究结论

在人工智能与工业机器人技术深度渗透产业变革的进程中,技能溢价的动态演变引发学界与实务界的广泛关切。基于1995~2022年行业工资数据的测算表明,以不同技能层级劳动力平均工资比衡量的技能溢价整体呈现波动上行或显著增长态势。为揭示人工智能与工业机器人应用对技能溢价的影响,本研究通过将物质资本与无形资本纳入技术进步分析框架,构建了更贴近现实经济结构的理论模型,揭示了人工智能与工业机器人影响技能溢价的差异化路径及交互作用机制,为理解技术进步对劳动力市场收入分配的复杂影响提供了新的分析视角。

理论分析显示,工业机器人应用对技能溢价的影响取决于低技能劳动力与工业机器人、物质资本与低技能密集型任务、以及两种要素组合之间替代弹性的相对大小。类似地,人工智能应用对技能溢价的影响取决于高技能劳动力与人工智能、无形资本与高技能密集型任务、以及两种要素组合之间替代弹性的相对大小。在理论框架基础上,数值模拟分析表明,当设定人工智能应用水平与工业机器人应用水平的不同比例关系时,技能溢价随人工智能应用水平提升呈现显著下降趋势。进一步分析发现,人工智能应用水平提升对高技能劳动力工资具有直接抑制作用,而工业机器人的影响效应相对有限;工业机器人应用对低技能劳动力工资的负向冲击更为显著,人工智能的影响则不明显。从技能溢价变化来看,人工智能应用具有降低技能溢价的直接效应,工业机器人应用则表现出提升技能溢价的趋势,但当两者应用水平均处于较高区间时,人工智能和工业机器人的交互作用会弱化工业机器人的正向效应,形成缩小技能溢价的协同机制。

(二)政策启示

第一,优化产业政策。政府应根据产业发展趋势,制定合理的产业政策,引导产业结构向高端化、智能化转型,减少低技能劳动力的需求,增加高技能劳动力的需求,从而缩小技能溢价。例如,加大对新兴技术产业的扶持力度,鼓励企业进行技术创新,提高生产效率,同时加强对传统制造业的改造升级,提高其技术含量和附加值。

第二,加强教育投入与人才培养。加大对教育领域的投入,提高教育质量,优化教育结构,注重培养高技能人才,以满足市场对高技能劳动力的需求,缓解高技能劳动力的相对稀缺性,降低技能溢价。一方面,加强高等教育和职业教育的衔接,培养适应市场需求的应用型人才;另一方面,开展针对低技能劳动力的技能培训和再教育,提高其技能水平,增加其就业竞争力。

第三,完善劳动力市场政策。建立健全劳动力市场机制,促进劳动力的合理流动,打破行业壁垒和地区分割,提高劳动力市场的效率。例如,加强劳动力市场信息服务,为劳动者提供准确、及时的就业信息,减少信息不对称;同时,完善社会保障体系,降低劳动者的就业风险,鼓励劳动者积极参与市场竞争。

第四,推动技术创新与应用。鼓励企业积极引进和应用人工智能、工业机器人等先进技术,提高生产效率和产品质量,同时加强对技术创新的引导,使技术进步更多地惠及低技能劳动力,通过技

术创新创造更多的就业机会,降低技能溢价。例如,政府可以通过税收优惠、财政补贴等政策手段,鼓励企业开展研发活动,推动技术创新成果的转化和应用。

第五,关注技术应用的协同效应。在推动人工智能和工业机器人应用的过程中,要充分考虑两者的协同效应,合理规划技术发展路径,避免出现技术应用的不平衡导致技能溢价进一步扩大的情况。例如,在制定产业规划时,要综合考虑不同技术对不同技能水平劳动力的影响,引导企业合理配置技术资源,实现技术进步与就业结构优化的良性互动。

注释

①本文认为,人工智能是一种通过算法模拟人类智能的技术,其本质是软件系统,例如语音识别、数据分析等。它无需实体存在,仅依赖代码和算力实现功能。而工业机器人是物理实体,依赖机械结构、传感器和执行器完成动作,例如工业机械臂、送餐机器人。简言之,人工智能是“虚拟大脑”,工业机器人是“物理身体”。

参考文献

- [1] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Low-skill and high-skill automation[J]. *Journal of Human Capital*, 2018, 12(2): 204-232.
- [2] ACEMOGLU D. The Simple Macroeconomics of AI[R]. National Bureau of Economic Research, 2024.
- [3] CHUI M, MANYIKA J, MIREMADI M. Where machines could replace humans-and where they can't (yet)[J]. *The McKinsey Quarterly*, 2016: 1-12.
- [4] BLOOM D E, PRETTNER K, SAADAOUJ J, et al. Artificial intelligence and the skill premium[R]. National Bureau of Economic Research, 2024.
- [5] AUTOR D. Applying AI to rebuild middle class jobs[R]. National Bureau of Economic Research, 2024.
- [6] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets[J]. *Journal of political economy*, 2020, 128(6): 2188-2244.
- [7] AGRAWAL A, GANS J S, GOLDFARB A. Artificial intelligence: the ambiguous labor market impact of automating prediction[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2019, 33(2): 31-50.
- [8] FURMAN J, SEAMANS R. AI and the Economy[J]. *Innovation policy and the economy*, 2019, 19(1): 161-191.
- [9] 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+202-203.
- [10] 黄浩权, 戴天仕, 沈军. 人工智能发展、干中学效应与技能溢价——基于内生技术进步模型的分析[J]. *中国工业经济*, 2024(2): 99-117.
- [11] ACEMOGLU D. Labor and capital augmenting technical change[J]. *Journal of the European Economic Association*, 2003, 1(1): 1-37.
- [12] ACEMOGLU D, AUTOR D, 2011. Skills, tasks and technologies: implications for employment and earnings. *Hand. Lab. Econ.* 4, 1043-1171.
- [13] 王林辉, 胡晟明, 董直庆. 人工智能技术会诱致劳动收入不平等吗——模型推演与分类评估[J]. *中国工业经济*, 2020(4): 97-115.
- [14] LANKISCH C, PRETTNER K, PRSKAWETZ A. How can robots affect wage inequality?[J]. *Economic Modelling*, 2019, 81: 161-169.
- [15] PRETTNER K, STRULIK H. Innovation, automation, and inequality: Policy challenges in the race against the machine[J]. *Journal of Monetary Economics*, 2020, 116: 249-265.
- [16] CORDS D, PRETTNER K. Technological unemployment revisited: automation in a search and matching framework[J]. *Oxford Economic Papers*, 2022, 74(1): 115-135.
- [17] BESSEN J. Automation and Jobs: When Technology Boosts Employment[J]. *Economic Policy*, 2019, 34(100): 589-626.
- [18] BESSEN J. AI and Jobs: The Role of Demand[R]. National Bureau of Economic Research, 2018. No. w24235
- [19] 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.
- [20] 杨飞, 范从来. 产业智能化是否有利于中国益贫式发展?[J]. *经济研究*, 2020, 55(5): 150-165.

- [21] AGRAWAL A K, GANS J S, GOLDFARB A. The Turing Transformation: Artificial intelligence, intelligence augmentation, and skill premiums[R]. National Bureau of Economic Research, 2023.
- [22] 尹志锋, 曹爱家, 郭家宝, 等. 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.
- [23] 姚加权, 张锟澎, 郭李鹏, 等. 人工智能如何提升企业生产效率?——基于劳动力技能结构调整的视角[J]. 管理世界, 2024, 40(02): 101-116+133+117-122.
- [24] LIU L. Skill Premium and Wage Differences: The Case of China[C]//2009 Second International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling. IEEE, Conference Location: Wuhan, China, 2009, 2: 115-118.
- [25] 宋冬林, 王林辉, 董重庆. 技能偏向型技术进步存在吗?——来自中国的经验证据[J]. 经济研究, 2010, 45(5): 68-81.
- [26] 陆雪琴, 文雁兵. 偏向型技术进步、技能结构与溢价逆转——基于中国省级面板数据的经验研究[J]. 中国工业经济, 2013(10): 18-30.
- [27] 段巍, 舒欣, 吴福象, 等. 无形资产、资本—技能互补与技能溢价[J]. 经济研究, 2023, 58(3): 116-134.
- [28] KLUMP R, JURKAT A, SCHNEIDER F. Tracking the rise of robots: A survey of the IFR database and its applications[J]. 2021, MPRA Paper No. 111816.
- [29] 田侃, 倪红福, 李罗伟. 中国无形资产测算及其作用分析[J]. 中国工业经济, 2016(3): 5-19.
- [30] 郑世林, 杨梦俊. 中国省际无形资产存量估算: 2000~2016年[J]. 管理世界, 2020, 36(9): 67-81+110+82.
- [31] 曹麦. 考虑无形资产框架下全要素生产率对经济增长质量的贡献[J]. 调研世界, 2024(3): 68-78.
- [32] JURKAT A, KLUMP R, SCHNEIDER F. Tracking the rise of robots: The IFR database[J]. Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 2022, 242(5-6): 669-689.
- [33] 王泽宇. 企业人工智能技术强度与内部劳动力结构转化研究[J]. 经济学动态, 2020(11): 67-83.

Artificial Intelligence, Industrial Robots and the Skills Premium

DUAN Meng

Abstract Under the background of rapid development of artificial intelligence and widespread application of industrial robots, its impact on skill premium has attracted much attention. To explain the influence effect of artificial intelligence and industrial robot applications on skill premium, a three-layer nested CES production function including artificial intelligence and industrial robots was constructed, and the mechanism of its effect on skill premium was theoretically derived. Based on this theoretical model, numerical simulation analysis is carried out. The results show that when different proportional relationships between the application level of artificial intelligence and that of industrial robots are set, the skill premium shows a significant downward trend with the improvement of the application level of artificial intelligence. Further analysis reveals that the improvement in the application level of artificial intelligence has a direct inhibitory effect on the wages of highly skilled labor, while the impact effect of industrial robots is relatively limited. The negative impact of industrial robot applications on the wages of low-skilled labor is more significant, while the influence of artificial intelligence is not obvious. From the perspective of changes in skill premium, the application of artificial intelligence has a direct effect of reducing skill premium, while the application of industrial robots shows a trend of increasing skill premium. However, when the application levels of both are in a relatively high range, the interaction between artificial intelligence and industrial robots will weaken the positive effect of industrial robots, forming a synergistic mechanism that reduces skill premium. The research results are conducive to a deeper understanding of the complex impact of artificial intelligence and industrial robots on skill premiums, providing a theoretical basis for policy-making to achieve a more reasonable income distribution.

Key words artificial intelligence; industrial robots; skill premium

编辑 邓婧