

# 服务机器人创新对工资性别差异变化的影响研究\*

高子茗 吕 洋 王亚丽

**【摘 要】**服务机器人创新改变了劳动力的技能优势和就业市场的性别分工,为推动性别平等提供了新契机。文章综合利用城市层次的服务机器人专利申请数据和 CHIP 微观调查数据,运用 Oaxaca-Blinder 分解方法测算了城市层次的工资性别歧视程度及其变动趋势,并在个体层次考察了性别工资差异的影响机制。研究发现:(1)服务机器人创新显著降低了城市服务业的工资性别歧视程度,相较于男性而言,女性的平均年工资水平显著提高;(2)服务机器人创新对女性工资的提升作用在较高学历人群中更加明显,在不同年龄、不同工作经验的人群中相应作用的异质性较小;(3)服务业的技能溢价是服务机器人创新降低工资性别歧视的主要机制,城市服务业发展与服务机器人创新相辅相成,在其中起着正向调节作用。文章研究结论表明,在数字经济时代,以服务机器人为代表的技术创新不仅有助于促进经济发展,而且对解决劳动力市场上长期存在的性别不平等问题具有积极作用,这从一个侧面体现了服务机器人创新的社会效应。

**【关键词】**机器人技术 性别平等 工资差异 技能溢价

**【作 者】**高子茗 南开大学经济学院,博士研究生;吕 洋 南开大学经济学院,博士研究生;王亚丽(通讯作者) 南开大学经济学院,博士研究生。

## 一、引 言

长期以来,劳动力市场上就业机会和工资水平存在显著的性别差距,已成为社会各界关注的重大现实问题。近年来人工智能和数字技术的快速发展,不仅推动了产业结构的变革,而且深刻地改变着人们的生产生活方式,这些变化为消除就业歧视提供了契机。以机器人为代表的技术进步减少了对简单、重复型体力劳动的需求,增加了对情感、人

\* 本文为国家社会科学基金重大项目“新发展格局下金融结构优化与高质量技术创新”(编号:21&ZD112)和国家社会科学基金重大项目“雄安新区创新生态系统构建机制与路径研究”(编号:18ZDA044)的阶段性成果。

际沟通等技能的需求,这有助于凸显女性的性别优势,推动劳动力市场上工资性别差距的缩小(许健等,2022)。2021年,中国机器人市场规模高达839亿元,其中,服务机器人占47%,年产量达921.44万套<sup>①</sup>。服务机器人不仅在教育、餐饮、导购、物流、金融等领域替代了大量基础性人力劳动,而且逐步向生产性服务业渗透。在这一背景下,探究服务机器人创新对工资性别差异的影响及其作用机制,对于理解新时代就业领域的性别平等化进程及其实现路径具有重大意义。

近年来,有不少研究关注机器人对劳动力市场结构和工资差距的影响。不过,受数据可得性的限制,多数研究主要关注工业机器人的影响(孙早、韩颖,2022;许健等,2022;Wang等,2022),鲜有文献针对服务机器人的就业效应开展系统研究。与工业机器人相区别,服务机器人的应用范围更广<sup>②</sup>,不仅在市场部门可以对接生产商、中间商和经销商,而且可以满足家庭日常生活和专业服务的需求。因而,服务机器人创新对生产和就业的影响更大。此外,服务机器人通过提高情感、互动沟通等技能的重要性,增加非常规技能溢价,有助于女性发挥比较优势(许健等,2022)。因此,有必要系统考察服务机器人创新对劳动力市场性别差异变化的影响。

本文从城市和微观个人两个层次出发,着重考察服务机器人创新对城市工资性别歧视的影响,以及个体层次男女工资差异随服务机器人创新应用的变化趋势和作用机制。具体研究问题包括:(1)随着城市服务机器人的创新,不同行业的工资性别差距是否发生变化?以工业和服务业为例,服务机器人创新对工资性别差距的影响在两大行业是否存在差异?(2)在微观个人层次,服务机器人创新是否有助于降低性别工资差距?相对于男性而言,女性劳动力的工资水平是否随服务机器人创新而显著提升?(3)服务机器人创新对工资性别差距的影响机制如何?是否存在与性别相关的技能溢价效应?为回答上述问题,本文利用城市服务机器人专利申请数据和中国居民收入调查微观数据进行分析。本文的边际贡献有:(1)本文聚焦于服务机器人创新对城市劳动力市场中工资性别歧视的影响,这在以往研究中并不多见,本文的研究发现有望为以往基于工业机器人的研究结论提供对照和必要的补充;(2)本文综合城市层次和个体层次进行实证分析,测算了城市层次各年份分行业的工资性别歧视程度综合指数,这在以往研究中也比较少见(Ge等,2020;许健等,2022);(3)在微观个体层次,本文检验了技能溢价和城市服务业发展状况的作用机制,研究发现与城市层次的结论相互印证,为全面理解服务机器人创新对工资性别差异的影响提供了稳健的经验证据。

① 数据来自国际机器人联合会(International Federation of Robotics, IFR, 网址: <https://ifr.org/>)。

② 根据国家统计局出版的《中国经济景气月报》,2022年中国工业机器人产成量为62 036套,服务机器人产成量为6 458 014套,后者为前者的百余倍。

二、特征事实与理论分析

(一) 特征事实

大量研究表明,劳动力市场上工资性别差距不仅与男女劳动者的人力资本差异有关,还受劳动力市场性别歧视的影响(张抗私等,2018;罗楚亮等,2019;孙早、韩颖,2022)。前者主要反映男女劳动者在体力、脑力、时间投入等方面的差异导致的工资差距,后者则可能与社会文化、结构及制度等因素有关,是性别不平等在劳动力市场上的体现。

图 1 对比展示了 2008、2013 和 2018 年中国工业和服务业就业人员的工资性别差异。在工业就业人员中,男女工资之比在考察期间持续扩大;与之相对,服务业就业人员中男女工资之比在 2013 年后未继续上升。两大行业工资性别差距的不同变动趋势一方面与市场结构和外部环境变化有关,另一方面也可能与两大行业中两性技能的比较优势及行业分工差异有关。从劳动力市场结构变化来看,考察期间,科技进步和服务机器人技术的蓬勃发展极大地促进了服务业的发展,服务业扩张为改善女性劳动报酬提供了契机。如图 2 所示,在服务机器人专利申请数量不断增加的同时,第三产业增加值占比和从业人员比例逐步攀升,同期女性就业比重也呈现一定的增长趋势。可见,城市服务机器人创新在促进经济增长和推动产业结构升级的同时,推动了女性劳动力的就业。从两性行业分工来看,在教育、卫生和社会工作、住宿和餐饮等女性就业占比超过 50% 的细分行业中,2013~2021 年女性就业比重进一步增加(如图 3 所示)。这一方面印证了

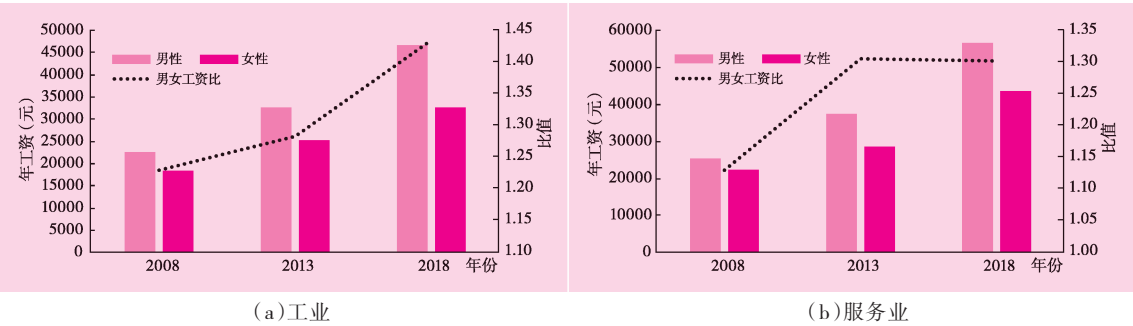


图 1 各年份不同行业就业人员年平均工资的性别差异

注:数据来自中国居民收入调查项目 2008、2013 和 2018 年数据,参照《国民经济行业分类(GB/T4754-2017)》筛选数据中属于工业和服务业的全部细分行业<sup>①</sup>。

<sup>①</sup> 工业包括采矿业,制造业,电力、燃气及水的生产和供应业,建筑业;服务业包括批发和零售业,交通运输、仓储和邮政业,住宿和餐饮业,信息传输、软件和信息技术服务业,金融业,房地产业,租赁和商务服务业,科学研究和技术服务业,水利、环境和公共设施管理业,居民服务、修理和其他服务业,教育,卫生和社会工作,文化、体育和娱乐业,公共管理、社会保障和社会组织,国际组织。

男女在不同行业的相对优势和分工差异;另一方面,上述结果也表明,在服务机器人快速发展的同时,女性在服务业的相对优势进一步强化。因此,为深入理解服务机器人创新对工资性别差距的影响,有必要分解相应差距的不同构成部分,明确不同行业、不同城市劳动力市场的工资性别歧视程度及其变化趋势。

(二) 理论分析

受传统“男主外、女主内”的分工模式和性别文化的影响,女性在家庭照料、家务劳动和子女教育等方面往往投入更多的时间和精力(Kosse等,2020),由此使得用人单位可能基于对职业女性工作投入和精力分配等方面的顾虑而系统性地降低女性的劳动报酬。除此之外,两性在教育、技能、经验、体力等方面的差异以及制度性的性别隔离,也可能加剧女性在劳动力市场上面临的性别歧视问题。

劳动力市场上性别分工和相对就业优势因行业而异。相较于工业领域,女性在服务业领域具有较为明显的比较优势。服务机器人创新通过降低工作任务对体能的要求、提高对社会互动及人际沟通等非常规技能的需求,有助于缓解女性的劣势(李建奇,2022),提升服务业就业女性的工资水平(郭凯明,2019)。据此,本文提出假设 1:在服务业中,服务机器人创新能够相对提升女性工资,降低工资性别歧视程度。

服务机器人创新对工资性别差异的影响,具体作用机制至少体现在以下两个方面。

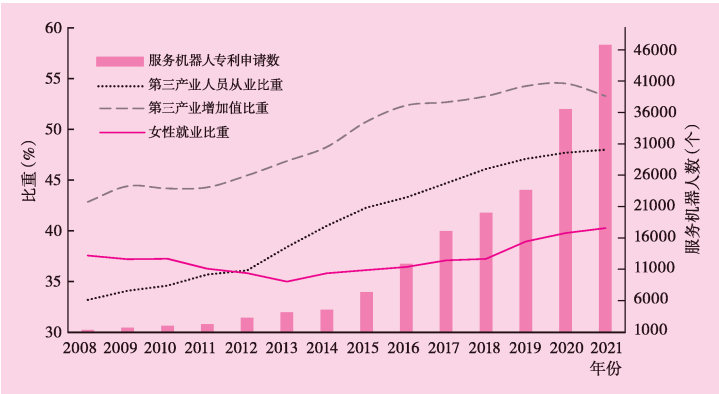


图 2 服务机器人创新与服务业发展

注:数据来自 2008~2021 年《中国统计年鉴》和《中国劳动统计年鉴》、国家知识产权局官网( <https://www.cnipa.gov.cn> )。

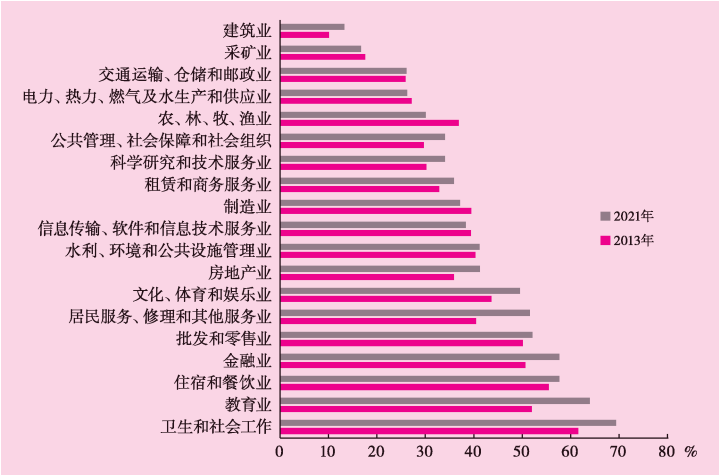


图 3 2013 和 2021 年分行业女性从业比例

注:各行业女性从业比例等于相应行业年末城镇单位女性就业人数占年末城镇单位就业总人数的比例,数据来自 2013 和 2021 年《中国劳动统计年鉴》,行业划分统一按照《国民经济行业分类(GB/T4754-2017)》标准。

# 1. 技能溢价机制

随着人工智能和科技创新日新月异,劳动力市场上两性的相对优势在发生变化。到目前为止,机器人对常规技能和工作任务表现出较强的替代作用,但对情感、人际沟通等非常规技能的冲击还非常有限,这在客观上强化了非常规技能在就业市场上的重要性,在需要频繁与人互动沟通的服务业尤为如此(Deming, 2017)。因此,服务机器人创新通过提高非常规技能溢价,有助于提升女性的相对工资水平(Acemoglu 等, 2018; 李建奇, 2022)。

为考察服务机器人创新对工业、服务业的差异性影响,本文借鉴许健等(2022)的研究,构建理论模型以阐释技能溢价的作用机制。假设城市  $c$  有工业  $n$  和服务业  $s$ <sup>①</sup>,均需要体力劳动(低技能  $l$ )和脑力劳动(高技能  $h$ )两类投入。低技能劳动力能够在行业间自由转移,体力劳动的单位工资标准化为  $w$ ;高技能劳动力的流动性较差,脑力劳动在工业和服务业的单位工资分别为  $w_n$  和  $w_s$ (邵文波等, 2018)。参考郭凯明和颜色(2015)的做法,男性和女性拥有相同的脑力劳动力( $L_h$ ),但男性的体力劳动力比女性更多( $L_l^m > L_l^f$ ),假设劳动力总量给定,满足  $\sum L_l = \bar{L}$  和  $\sum L_h = \bar{H}$ ,则工业和服务业中男女工资比分别为:

$$\left(\frac{w^m}{w^f}\right)_n = \frac{\frac{L_h w_n}{L_h w_n + L_l^m} + L_l^m}{\frac{L_h w_n}{L_h w_n + L_l^f} + L_l^f} \quad (1)$$

$$\left(\frac{w^m}{w^f}\right)_s = \frac{\frac{L_h w_s}{L_h w_s + L_l^m} + L_l^m}{\frac{L_h w_s}{L_h w_s + L_l^f} + L_l^f} \quad (2)$$

假设两行业产出  $Y_n$  和  $Y_s$  分别满足:

$$Y_n = \left[ (\alpha_n)^{\frac{1}{\rho_n}} (L_n^l)^{\frac{\rho_n-1}{\rho_n}} + (1-\alpha_n)^{\frac{1}{\rho_n}} (L_n^h)^{\frac{\rho_n-1}{\rho_n}} \right]^{\frac{\rho_n}{\rho_n-1}} \quad (3)$$

$$Y_s = \left[ (\alpha_s)^{\frac{1}{\rho_s}} (L_s^l + R)^{\frac{\rho_s-1}{\rho_s}} + (1-\alpha_s)^{\frac{1}{\rho_s}} (L_s^h)^{\frac{\rho_s-1}{\rho_s}} \right]^{\frac{\rho_s}{\rho_s-1}} \quad (4)$$

式(3)和式(4)中,  $\alpha_n, \alpha_s \in (0, 1)$  为低技能劳动力的相对重要性,  $\rho_n, \rho_s > 0$  为体力劳动和脑力劳动的替代弹性,  $R$  表示各城市服务机器人创新程度,价格标准化为 1。体力劳动要素和脑力劳动要素的价格由单位劳动投入的边际产品决定:

$$\frac{w_s}{w} = \left( \frac{1-\alpha_s}{\alpha_s} \right)^{\frac{1}{\rho_s}} \times \left( \frac{L_s^l + R}{L_s^h} \right)^{\frac{1}{\rho_s}} \quad (5)$$

$$\frac{w_n}{w} = \left( \frac{1-\alpha_n}{\alpha_n} \right)^{\frac{1}{\rho_n}} \times \left( \frac{L_n^l}{L_n^h} \right)^{\frac{1}{\rho_n}} \quad (6)$$

① 简化起见,城市下标  $c$  省略。



式(5)和式(6)中,  $\frac{w_s}{w}$  和  $\frac{w_n}{w}$  为技能溢价水平。根据式(1)、式(2)和式(5), 可得:

$$\frac{\partial(\frac{w_s}{w})}{\partial R} > 0, \frac{\partial(\frac{w^m}{w^f})_s}{\partial R} < 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial(\frac{w_n}{w})}{\partial R} = 0, \frac{\partial(\frac{w^m}{w^f})_n}{\partial R} = 0 \quad (8)$$

根据式(7), 服务机器人创新能够提高技能溢价水平  $\frac{w_s}{w}$ , 导致  $(\frac{w^m}{w^f})_s$  下降。据此, 本文提出假设 2: 服务机器人创新通过提高技能溢价水平, 缩小服务业工资性别差距。

## 2. 服务业发展调节作用

除技能溢价外, 服务机器人与城市服务业发展亦存在正向关联(Fossen 等, 2022)。Cheng 等(2019)发现在服务业相对发达的城市, 机器人技术的普及和应用程度更高; 郭凯明(2019)通过构建数理模型, 论证了智能服务技术有助于促进城市产业结构升级, 提高劳动收入份额。因此, 服务机器人创新有助于促进当地服务业吸引高质量的生产要素, 积累人力资本, 推动服务业发展和升级。

上述理论分析表明, 服务机器人创新与城市服务业发展相辅相成, 即  $R(\cdot) = R(Y_s, L_s^h)$  和  $Y_s$  正相关。参考郭凯明和王钰冰(2022)的做法, 设定  $(\frac{1-\alpha_s}{\alpha_s})^{\frac{1}{\rho_s}} > (\frac{1-\alpha_n}{\alpha_n})^{\frac{1}{\rho_n}}$ , 即男性在工业领域具有就业优势。在初始状态下( $R=0$ ), 各城市行业技能溢价水平相当, 即  $\frac{w_s}{w} = \frac{w_n}{w} = w^*$ 。假设城市 1 的服务机器人创新程度提升  $\Delta_1 R$ , 城市 2 保持不变, 即  $R_1 > R_2$ 。根据式(5)和式(7), 城市 1 服务业技能溢价水平提升, 此时有  $(\frac{w_s}{w})_{R_1} > (\frac{w_s}{w})_{R_2} > \frac{w_n}{w}$ 。这一工资差距使得长期来看脑力劳动者更愿意支付迁移和工作转换成本, 进入技能溢价水平较高的城市 and 行业。因而, 产业空间结构的劳动力区域分布呈现  $L_n^h \rightarrow L_{s, R_1}^h$ 、 $L_n^h \rightarrow L_{s, R_2}^h$  和  $L_{s, R_2}^h \rightarrow L_{s, R_1}^h$  的变动趋势, 即高技能劳动力不断向服务业发达的城市集中。由于服务机器人创新程度与服务业增加值、劳动力从业比例正向相关( $R \propto_+ Y_s \propto_+ L_s^h$ ), 上述变动趋势亦推动了城市服务业的发展和升级。城市 1 和城市 2 之间存在  $g_{R_1} > g_{R_2}$ 、 $g_{Y_{s, R_1}} > g_{Y_{s, R_2}}$  和  $g_{L_{s, R_1}^h} > g_{L_{s, R_2}^h}$  ①。在服务机器人创新的循环累积作用下, 更高的  $R_1$  强化了女性优势  $(\frac{1-\alpha_s}{\alpha_s})^{\frac{1}{\rho_s}}$  并提高了技能溢价  $\frac{w_s}{w}$ , 降低了男女工资比  $(\frac{w^m}{w^f})_s$ 。因此, 本文提出假设 3: 城市服务业发展水平越高, 服务机器人

①  $g$  表示各类经济变量增长速率。

创新对服务业工资性别差距的抑制效应越大。

### 三、研究设计

#### （一）数据来源

本文的数据来源包括多个部分,中国居民收入调查(China Household Income Project, CHIP)、国家知识产权局、中国裁判文书网<sup>①</sup>和《中国城市统计年鉴》。针对个体指标,本文选取 2008、2013 和 2018 年 CHIP 项目基于“城乡居民收入分配与生活状况调查问卷”收集的数据。CHIP 项目的样本来自历年国家统计局城乡一体化常规住户调查大样本,该样本库覆盖全国 31 个省份的 16 万户居民。根据东中西分层抽样设计,CHIP 项目的调查样本覆盖了 15 个省份 126 个城市<sup>②</sup>。就调查内容而言,个体层面的信息包括工资收入、工作经验、教育背景、性别、年龄等。本文剔除了 16 岁以下、60 岁以上的样本,并将工作时长或收入取值奇异的样本(包括年工作时长小于 120 小时或超过 6 205 小时、年收入小于 1 000 元)排除在外。

在城市层次,本文的核心解释变量为服务机器人专利申请数,数据来自国家知识产权局。参考王亚丽等(2023)的方法,本文按照“服务消费机器人制造”专利分类号筛选,获取各城市各年专利申请数,以期全面、精确地测度城市服务机器人创新水平。参考刘秉镰等(2022)、高子茗(2023)的做法,本文获取知识产权和不正当竞争相关司法判例文书数据,通过统计各城市基层法院公布的司法文书,构建 2008、2013、2018 年各城市知识产权和商业竞争相关法治环境指标,作为因果识别的工具变量。城市其他经济发展数据均来自 2008、2013 和 2018 年的《中国城市统计年鉴》。

#### （二）城市工资性别歧视程度测算

按照 Oaxaca-Blinder 分解思路,本文细分城市—行业—年份将工资性别差距分解为禀赋差异与因素歧视两个部分。其中,禀赋差异反映个体身体素质、发育阶段、心理能力等特征的影响;因素歧视指在相同禀赋特征下,各因素对工资性别歧视程度的贡献。男女个体工资决定方程为:

$$\ln Y_{ct}^{\{M,F\}} = \beta_{ct}^{\{M,F\}} X_{ct}^{\{M,F\}} + \varepsilon_{ct}^{\{M,F\}} \tag{9}$$

式(9)中,上标{M,F}分别表示男性和女性;下标 c 表示城市;下标 t 表示时间,对应 2008、2013 和 2018 年。 $\ln Y$  为个体的年工资收入对数。 $X$  为因素矩阵,包括受教育程度、工作经验、年龄及其二次项; $\beta$  为相应待估计系数矩阵, $\varepsilon$  为随机扰动项。参考罗楚亮等(2019)的研究,男女工资差异分解为:

① 网址 <https://wenshu.court.gov.cn/>。  
② 数据来自中国收入分配研究院([www.ciidbnu.org](http://www.ciidbnu.org))。

$$E(\ln Y_{ct}^M)-E(\ln Y_{ct}^F)=\underbrace{\sum_x(X_{ct}^M-x_{ct}^F)(\beta_{ct}^M+\beta_{ct}^F)/2}_{\text{禀赋差异部分}}+\underbrace{\sum_x(\beta_{ct}^M-\beta_{ct}^F)(x_{ct}^F+x_{ct}^M)/2}_{\text{因素歧视部分}} \tag{10}$$

本文使用 CHIP 调查数据,按照式(9)和式(10)估计求得各城市服务业、工业在各调查年份的工资性别歧视程度,以及细分工作经验、年龄和受教育程度的工资歧视指数,这些估计结果作为下文模型的被解释变量。

(三) 模型设定

为考察服务机器人创新对工资性别歧视的影响,本文从城市和个体两层次进行分析。城市层次的回归模型为:

$$Y_{ct}=\alpha+\beta patent\_ser_{ct}+Z_{ct}+\mu_c+\vartheta_t+\varepsilon_{ct} \tag{11}$$

式(11)中,下标  $c$ 、 $t$  分别表示城市和年份,被解释变量  $Y_{ct}$  衡量的是  $t$  年城市  $c$  服务业或工业领域的工资性别歧视程度,核心解释变量  $patent\_ser_{ct}$  为  $t$  年城市  $c$  的服务机器人专利申请数。参考高子茗和吕洋(2023)的做法,本文控制了城市层次可能影响劳动力市场环境和机器人技术推广的社会经济因素  $Z_{ct}$ ,具体包括人均地区生产总值、人口密度、工业和服务业从业人员占比、工业和服务业增加值占比。 $\mu_c$  和  $\vartheta_t$  分别为城市和年份固定效应, $\varepsilon_{ct}$  为随机扰动项。

为了探究城市层次工资性别差异的微观影响机制,本文构建个体层次的回归模型:

$$Y_{ict}=\alpha+\beta patent\_ser_{ct}+\gamma female_{ict}+\delta patent\_ser_{ct}\times female_{ict}+Z_{ct}+X_{ict}+\mu_c+\vartheta_t+\rho_k+\varepsilon_{ict} \tag{12}$$

式(12)中,下标  $i$  表示个体,被解释变量  $Y_{ict}$  为个人年工资对数。核心解释变量为交互项  $patent\_ser_{ct}\times female_{ict}$ ,其中, $patent\_ser_{ct}$  的定义同式(11), $female_{ict}$  为女性对应的虚拟变量。城市层次控制变量同式(11)中  $Z_{ct}$ ,个体层次控制变量  $X_{ict}$  包括个人年龄及其平方、受教育年限、工作经验、年工作时长。除城市及年份固定效应  $\mu_c$ 、 $\vartheta_t$  外,式(12)还进一步控制个体“主要工作所在细分行业”的固定效应  $\rho_k$ ,以排除工作类型的潜在干扰。 $\varepsilon_{ict}$  为随机扰动项。

表 1 展示了主要变量的描述性统计结果。在城市层次,服务业工资性别歧视指数的均值和标准差均小于工业,印证了女性在服务业领域就业的相对优势。各城市之间,服务机器人专利申请数差异明显,样本极差约 0.078 万个;人均 GDP、人口密度和产业结构的分布也呈现明显差异。这为本文考察城市层次工资性别差异及其构成原因提供了重要的数据基础。在个人层次,女性被访者占比为 38.9%,明显低于男性;被访者的平均年龄在 40 岁左右,受教育年限和工作年限的均值均在 9 年左右。被访者所在行业以服务业为主,占 58.2%;年工资额的均值略高于 3 万元(对数值为 10.33),年工作时长的均值约为 2 172.3 小时。



表 1 主要变量的描述性统计结果

变 量	单位	均值	标准差	最小值	最大值
城市层次特征(N=264)					
服务业工资性别歧视指数	-	0.653	1.931	-3.919	4.989
工业工资性别歧视指数 #	-	0.834	2.049	-3.920	4.992
服务机器人专利申请数	万个	0.003	0.009	0	0.078
知识产权司法判例文书数	万个	0.003	0.012	0	0.120
不正当竞争司法判例文书数	万个	0.005	0.023	0	0.318
人均 GDP	万元	5.893	5.705	0.548	53.240
人口密度	万人 / 平方公里	0.054	0.038	0.001	0.262
工业从业人员占比	%	46.871	12.903	12.406	83.300
工业增加值占比	%	52.050	12.233	16.637	84.709
服务业从业人员占比	%	41.781	10.079	18.500	81.023
服务业增加值占比	%	47.049	9.693	17.706	74.612
个人层次特征(N=56247)					
年工资额对数	-	10.330	0.807	6.908	15.333
女性	-	0.389	-	0	1
年龄	岁	40.103	11.729	16	60
受教育年限	年	9.862	3.717	0	22
工作经验年数	年	8.876	9.027	0	44
年工作时长	百小时	21.723	8.569	1.200	58.248

注:# 有效样本量为 234。

四、实证分析结果

(一) 基准回归

表 2 汇报了城市层次服务业和工业领域工资性别歧视指数的基准回归结果。对服务业而言,模型 1 显示,城市服务机器人专利申请数对性别歧视程度具有显著的负向效应,即城市服务机器人创新有助于削弱服务业工资中的性别歧视。控制变量的回归系数显示,城市工业从业人员占比和工业增加值占比的回归系数均显著为正,表明在工业发展水平较高的城市,服务业的工资性别歧视程度显著更高。这一结果与以往研究发现相吻合(罗楚亮等,2019),反映了劳动力市场上的性别分工差异与行业壁垒。相对而言,女性在工业领域缺乏比较优势,因而在工业发展水平较高的城市工资性别不平等程度显著较高。

针对工业领域工资性别歧视指数的模型结果显示(见模型 2),城市服务机器人专利申请数对当地工业领域的工资性别歧视没有显著的影响。换言之,服务机器人创新并未削弱工业领域工资性别歧视。模型 2 的多数控制变量系数不显著,间接印证了工业领域工资性别歧视问题更为普遍,与城市产业结构、人口及经济发展状况没有显著的关系。

综上所述,服务机器人创新有助于削弱服务业内部的性别歧视,但对工业领域就业者工资的性别歧视没有显著的影响。这一研究结论与以往关于两性就业优势、行业分工

等的研究论断相呼应(许健等,2022),反映了服务机器人对服务业就业平等化促进效应的偏向性。

为了探讨不同行业工资性别差异的成因,本文基于式(12)介绍的模型对微观层次劳动力的工资影响机制及性别差异进行分析。

表3展示了个体层次的基准回归结果。其中,针对服务业就业者的回归结果显示(见模型3),服务机器人专利

申请数与女性虚拟变量的交互项系数显著为正,表明服务机器人创新有助于缩小服务业就业人员的工资性别差异。具体来看,在控制模型中其他因素不变的情形下,服务机器人专利申请数每增加1万个,城市服务业就业人员中女性年工资提升幅度约相对于男性提升幅度的1.9( $=e^{0.660}$ )倍,显著缩小了男女工资差距;结合“女性”变量的主效应系数来推算,当城市服务机器人专利申请数达到0.381万个,服务业就业者的工资性别差异消失。与模型3的结果相区别,工业就业者样本的回归结果中服务机器人专利申请数的主效应及交互项系数均不显著,这与表2城市层次的研究发现相呼应,印证了服务机器人创新对工业领域工资性别差异无显著影响。在服务机器人创新的作用下,服务业女性的工资相较于男性明显提升,构成了服务业工资性别歧视程度降低的微观推力;不过,上述影响在工业领域并未显现。

个体层次控制变量的拟合结果显示,个体受教育程度、工作经验以及年工作时长均与年工资收入正相关,年龄对工资的影响呈倒U形。这些结果与以往研究发现一致(许健等,2022;张抗私等,2018;踪家峰、周亮,2015)。此外,模型3中城市人均GDP、服务业从业人员占比与服务业工资水平正相关,表明地区经济及服务业发展能够提高当地服务业就业者的平均工资;而工业从业人员占比的回归系数显著为负,表明在工业占主导地位的城市,服务业就业者的工资水平平均较低。这些结论与模型1相呼应。

(二) 稳健性检验

在考察服务机器人创新对男女工资的影响时,选择性偏差、测量误差、内生性问题均可能导致估计结果失真。为检验上文研究发现的稳健性,本文分别采用变更核心解释变量、删除特殊年份(2008年)样本的方法检验测量误差的估计偏误,采用工具变量

表2 城市层次服务业和工业就业者工资性别歧视指数的基准回归结果

	模型 1	模型 2
	服务业(N=264)	工业(N=234)
服务机器人专利申请数	-59.817**(26.576)	30.027(46.492)
人均 GDP	0.123(0.118)	-0.222(0.232)
人口密度	42.218(50.487)	33.067(35.899)
工业从业人员占比	0.265**(0.128)	0.176(0.253)
工业增加值占比	0.278**(0.123)	0.115(0.255)
服务业从业人员占比	-0.007(0.128)	0.024(0.187)
服务业增加值占比	-0.008(0.105)	0.083(0.142)
R <sup>2</sup>	0.536	0.403

注:所有模型均控制了城市及年份固定效应。括号中的数值为城市层次的聚类稳健标准误;\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。下表同。

法、Heckman 两步法缓解内生性问题和样本自选择问题的影响。

1. 改变核心解释变量

为排除核心解释变量测量误差的干扰,本文使用能够反映科学技术突破性创新的发明专利数量来替换核心解释变量。表 4 汇报了相应稳健性检验结果。在城市层次,模型 5 中服务机器人发明专利申请数的系数显著为负;在个体层次,模型 6 中交互项的系数显

著为正。这些结果为基准模型的稳健性提供了支持。

2. 删除 2008 年样本

在技术发展初期,各地服务机器人创新程度普遍较低,大部分城市服务机器人专利申请数为 0;加之,CHIP2008 的问卷设置与 CHIP2013 和 CHIP2018 略有不同。为检验相应年份测量结果的干扰,本文剔除 2008 年的样本后重新拟合模型。结果如表 5 所示,基于 2013 和 2018 年样本的分析模型结果中,核心解释变量的系数依然显著,且系数方向与基准回归结果一致。

3. 工具变量法

为了解决潜在的内生性问题,本文选取城市知识产权、

表 3 个体层次年工资对数影响因素的基准回归结果

	模型 3 服务业(N=32754)	模型 4 工业(N=23493)
服务机器人专利申请数×女性	0.660*** (0.113)	0.150 (0.566)
服务机器人专利申请数	-0.834 (0.561)	1.818 (1.884)
女性	-0.252*** (0.006)	-0.313*** (0.013)
年龄	0.057*** (0.010)	0.048*** (0.003)
年龄的平方	-0.001*** (1.2E-4)	-0.001*** (8.3E-5)
受教育年限	0.043*** (0.004)	0.036*** (0.003)
工作经验年数	0.017*** (0.002)	0.009*** (0.001)
年工作时长	0.028*** (2.8E-4)	0.045*** (0.001)
人均 GDP	0.009*** (0.001)	0.007 (0.008)
人口密度	-1.192* (0.647)	-3.177 (3.095)
工业从业人员占比	-0.021*** (0.001)	0.001 (0.012)
工业增加值占比	-0.006** (0.003)	-0.002 (0.007)
服务业从业人员占比	0.022*** (0.003)	0.001 (0.012)
服务业增加值占比	0.001 (0.002)	0.002 (0.007)
R <sup>2</sup>	0.446	0.530

注:所有模型均控制了城市、年份、细分行业的固定效应。

表 4 改变核心解释变量的分析结果

	模型 5 城市层次(N=264) 工资性别歧视程度	模型 6 个体层次(N=32754) Ln(年工资)
服务机器人发明专利申请数	-50.168*** (11.472)	
服务机器人发明专利申请数×女性		0.980*** (0.128)
R <sup>2</sup>	0.533	0.446

表 5 删除 2008 年样本的分析结果

	模型 7 城市层次(N=225) 工资性别歧视程度	模型 8 个体层次(N=32087) Ln(年工资)
服务机器人专利申请数	-29.989*** (6.261)	
服务机器人专利申请数×女性		0.729*** (0.050)
R <sup>2</sup>	0.671	0.448

不正当竞争相关司法判例文书数量作为工具变量重新拟合模型,回归结果如表 6 所示。选取相应工具变量的理由在于:其一,城市知识产权和市场竞争法律保护强度会影响当地机器人技术创新;其二,两类司法判例文书的公布均不会影响工资性别差异。因此,上述工具变量同时满足相关性和排斥性约束,表中 F 值和 P 值检验同样印证了不存在弱工具变量和过度识别问题。由模型结果可见,第一阶段回归中工具变量系数显著为正,第二阶段解释变量的回归结果与基准回归结果一致。

表 6 工具变量法的分析结果

	模型 9:城市层次(N=264)		模型 10:个体层次(N=32754)	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
	服务机器人专利申请数	工资性别歧视程度	服务机器人专利申请数	Ln(年工资)
知识产权文书数	0.065*(0.035)		0.002*** (2.0E-4)	
不正当竞争文书数	0.074*** (0.019)		0.007*** (7.9E-5)	
服务机器人专利申请数		-196.841* (106.779)		
服务机器人专利申请数×女性				17.412*** (3.143)
F 值		27.303		233.382
P 值		0.224		0.235
R <sup>2</sup>	0.575	0.088	0.920	0.204

4. Heckman 两步法

由于本文分析样本中部分城市专利申请数量为零,为排除样本自选择偏差,本文参考刘秉镰等(2022)的做法进行 Heckman 两步法分析,结果如表 7 所示。模型结果显示,第一阶段回归结果中工具变量系数均显著为正,第二阶段分析结果中逆米尔斯比率在统计上不显著,核心解释变量的拟合结果则与基准回归结果保持一致。这些结果均支持了本文基准模型结果的稳健性。

表 7 Heckman 两步法的分析结果

	模型 11:城市层次(N=264)		模型 12:个体层次(N=32754)	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
	专利申请 (1=有,0=无)	工资性别歧视程度	专利申请 (1=有,0=无)	Ln(年工资)
知识产权文书	89.610*** (33.425)		6.714*** (0.220)	
不正当竞争文书	533.165*** (166.687)		32.487** (12.751)	
服务机器人专利申请数		-57.694** (25.876)		
服务机器人专利申请数×女性				0.678*** (0.116)
逆米尔斯比率		-0.493 (1.036)		-0.004 (0.006)
R <sup>2</sup> /Pseudo R <sup>2</sup>	0.150	0.537	0.949	0.446

(三) 异质性分析

为进一步探究服务机器人创新的异质性影响,本文分别从教育、年龄、工作经验 3 个影响工资的主要因素进行考察。在城市层次,被解释变量依次为前文式(9)中受教育年限、年龄、工作经验的因素歧视部分。分析结果显示(见表 8),仅教育因素歧视部分的模型(模型 13)中服务机器人专利申请数的系数显著为负,说明服务机器人创新能够缩小与受教育年限相关的工资性别差异。

表 8 城市层次工资性别歧视的异质性分析(N=264)

	模型 13	模型 14	模型 15
	教育因素歧视部分	年龄因素歧视部分	经验因素歧视部分
服务机器人专利申请数	-22.561*** (5.923)	-4.706 (8.632)	-4.344 (12.232)
R <sup>2</sup>	0.418	0.585	0.419

从微观层次的分析结果来看(见表 9),服务机器人专利申请数、女性和受教育年限的交互项系数显著为正(模型 16),其余交互项(模型 17 和模型 18)在统计上均不显著。这一结果与表 8 基于城市层次的研究发现相吻合,表明服务机器人创新对服务业工资性别差异的影响因个人教育特征而异,高学历女性能够从服务机器人创新中获取更高的收入回报,从而降低工资性别歧视程度。其可能的解释是,得益于服务机器人创新,女性在沟通、交流互动等高技能、互动型脑力工作中的比较优势被强化(许健等,2022),在低技能、重复性体力工作中的相对劣势被削弱。因此,劳动力市场中与体力、脑力、时间分配等因素相关的工资性别歧视被服务机器人创新部分消除。

表 9 个体层次服务业就业人员年工资对数影响机制的异质性分析(N=32754)

	模型 16	模型 17	模型 18
服务机器人专利申请数×女性×受教育年限	0.287** (0.124)		
服务机器人专利申请数×女性×年龄		0.089 (0.063)	
服务机器人专利申请数×女性×工作经验			0.012 (0.043)
R <sup>2</sup>	0.446	0.446	0.446

注:被解释变量为 Ln(年工资),所有模型中控制变量同表 3。

(四) 机制检验

1. 技能溢价中间机制

本文基于 CHIP 微观调查数据,构建城市服务业技能溢价水平指标。参考余东华和孙婷(2017)、杨飞(2017)等的做法,以样本中个人受教育年限的中位数为界,划分高、低(含中位数)技能群体;然后按城市一年份组分别计算高、低技能群体的平均工资差,求得城市层次的技能溢价水平指标;在此基础上,检验技能溢价的中介机制。

表 10 显示,在城市层次,服务机器人专利申请数有助于提高技能溢价水平(见模型 19),进而通过技能溢价消减工资性别歧视(见模型 20)。这表明,城市服务机器人创新



通过提升技能溢价水平,推动了工资性别平等化进程,与前文理论分析相吻合。个人层次的模型结果也对相应机制提供了支持。模型 21 中服务机器人专利申请数和技能溢价水平及女性虚拟变量的交互项系数均显著为正,印证了服务机器人创新和技能溢价水平提升对女性相对工资的提升效应。现阶段,服务业领域人工智能主要替代简单、重复型工作任务,尚难以感知与预测人类的复杂情绪,因而,高级认知和社交等非常规技能与服务机器人创新形成互补(李建奇,2022),强化了女性非常规技能溢价,有助于促进劳动力市场的性别平等。

表 10 技能溢价中介机制检验结果

	城市层次(N=264)		个体层次(N=32754)
	模型 19	模型 20	模型 21
	技能溢价水平	工资性别歧视程度	Ln(年工资)
服务机器人专利申请数	29.821*** (10.901)	-35.773 (38.429)	
技能溢价水平		-0.486** (0.203)	
服务机器人专利申请数×女性			0.273*** (0.012)
技能溢价水平×女性			0.015** (0.006)
R <sup>2</sup>	0.057	0.561	0.446

注:技能溢价水平单位为万元。

### 2. 服务业发展的调节作用

本文用服务业从业人员占比衡量城市服务业发展水平,并与前文介绍的核心解释变量构建交互项,重新拟合模型。表 11 的结果显示,城市层次模型(见模型 22)中交互项的回归系数显著为负,个体层次模型(见模型 23)中交互项的回归结果显著为正。这些结果验证了服务业发展水平对城市服务机器人创新消减工资性别差异的调节作用,随着服务业发展水平的提高,服务机器人创新对工资性别歧视的消减效应不断增强。结合表 2 基准回归结果可以推断,尽管服务业发展无法直接消除性别不平等,但服务机器人创新对女性工资的提升作用随服务业发展而扩大,为促进劳动力市场的性别平等、构建文明和谐的社会环境提供了助力。

表 11 服务业发展调节作用

	模型 22: 城市层次(N=264) 工资性别歧视程度	模型 23: 个体层次(N=32754) Ln(年工资)
服务机器人专利申请数×服务业从业人员占比	-3.147* (1.833)	
服务机器人专利申请数×女性×服务业从业人员占比		0.166*** (0.063)
R <sup>2</sup>	0.530	0.426

## 五、结论与启示

机器人技术正在深刻地改变着人类的生产与生活方式。受此影响,劳动力市场的工

作任务、就业及工资结构也在发生重要变化。本文基于城市服务机器人专利申请数,从个体和城市两个层次入手,分析了服务机器人创新对服务业和工业领域就业工资性别差异的影响,探讨了相应影响的作用机制和异质性。本文实证结果表明,服务机器人创新对工资性别不平等问题具有显著的改善作用;不过,在本文研究期内,相应效应主要体现在服务业领域。这可能与服务机器人的特点及其主要应用场景有关,目前,服务机器人主要应用于各类服务业和家庭生活服务等领域,服务机器人通过凸显非常规技能在就业市场上的重要性,为提高服务业就业女性在劳动力市场上的比较优势、改善其工资状况提供了契机。此外,本文发现,服务机器人创新对服务业工资性别差距的影响具有异质性。相应效应因个人教育状况而异,平均而言,受教育程度较高的女性更有可能因服务机器人创新而获得较高的工资溢价,消减其相对于男性的工资劣势。最后,本文的研究结论印证了非常规技能溢价的重要中介效应,并揭示了产业结构对相应效应的调节作用。服务业发展水平越高,服务机器人创新的效应越大。

基于上述研究结论,本文提出以下政策建议。(1)政府应当鼓励市场主体创新发展服务机器人技术,让劳动力更好地享受技术红利,为高质量研发创新和高质量就业提供支撑。(2)推动机器人产业发展应当兼顾效率和公平。针对中国劳动力市场上存在的男女工资差异,依托人工智能技术扩大女性职业技能优势,畅通女性职业发展路径,缓解家庭与工作冲突,促进男女就业从“形式公平”转向“实质公平”。同时,对性别分工领域出现的“独立女性”、“家庭煮夫”等新现象予以充分尊重、理解和包容。(3)利用大数据技术提升劳动力市场信息普及程度,减少劳动参与过程中的信息不对称。在新型就业形态不断涌现的背景下,充分发挥零工经济、第二职业对女性就业的支持和激励作用,充分保障女性就业权利,提高其工资收入。鼓励女性运用信息交互平台,掌握数字技术技能,拓宽就业渠道,推动整个社会的性别平等化进程。

#### 参考文献:

1. 高子茗(2023):《市场透明化、产品质量信息与企业盈利能力》,《经济评论》,第 4 期。
2. 高子茗、吕洋(2023):《劳动保障强化对企业加成率分布优化研究》,《数量经济技术经济研究》,第 6 期。
3. 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》,《管理世界》,第 7 期。
4. 郭凯明、王钰冰(2022):《人工智能技术方向、时间配置结构转型与人类劳动变革远景》,《中国工业经济》,第 12 期。
5. 郭凯明、颜色(2015):《劳动力市场性别不平等与反歧视政策研究》,《经济研究》,第 7 期。
6. 李建奇(2022):《数字化变革、非常规技能溢价与女性就业》,《财经研究》,第 7 期。
7. 刘秉镰等(2022):《知识产权司法强化能否真正服务于创新驱动战略?——基于研发竞争结构异质性的讨论》,《财经研究》,第 12 期。
8. 罗楚亮等(2019):《行业结构、性别歧视与性别工资差距》,《管理世界》,第 8 期。
9. 邵文波等(2018):《信息化与高技能劳动力相对需求——基于中国微观企业层面的经验研究》,《经济评论》,第 2 期。

10. 孙早、韩颖(2022):《人工智能会加剧性别工资差距吗?——基于我国工业部门的经验研究》,《统计研究》,第3期。
11. 王亚丽等(2023):《服务机器人与女性就业》,《山西财经大学学报》,第10期。
12. 许健等(2022):《工业机器人应用、性别工资差距与共同富裕》,《数量经济技术经济研究》,第9期。
13. 杨飞(2017):《市场化、技能偏向性技术进步与技能溢价》,《世界经济》,第2期。
14. 余东华、孙婷(2017):《环境规制、技能溢价与制造业国际竞争力》,《中国工业经济》,第5期。
15. 张抗私等(2018):《正规就业与非正规就业工资差异研究》,《中国人口科学》,第1期。
16. 踪家峰、周亮(2015):《大城市支付了更高的工资吗?》,《经济学(季刊)》,第4期。
17. Acemoglu D., Restrepo P. (2018), Low-Skill and High-Skill Automation. *Journal of Human Capital*. 12(2): 204–232.
18. Cheng H., Jia R., Li D., et al. (2019), The Rise of Robots in China. *Journal of Economic Perspectives*. 33(2): 71–88.
19. Deming D.J. (2017), The Growing Importance of Social Skills in the Labor Market. *The Quarterly Journal of Economics*. 132(4): 1593–1640.
20. Fossen F.M., Sorgner A. (2022), New Digital Technologies and Heterogeneous Wage and Employment Dynamics in the United States: Evidence from Individual-Level Data. *Technological Forecasting and Social Change*. 175: 121381.
21. Ge S., Zhou Y. (2020), Robots, Computers, and the Gender Wage Gap. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 178: 194–222.
22. Kosse F., Deckers T., Pinger P., et al. (2020), The Formation of Prosociality: Causal Evidence on the Role of Social Environment. *Journal of Political Economy*. 128(2): 434–467.
23. Wang R., Shi J., Ye B. (2022), Can Robots Reshape Gender Role Attitudes. *China Economic Review*. 75: 101852.

## Impact of Service Robot Innovation on the Gender Wage Gap

Gao Ziming   Lyu Yang   Wang Yali

**Abstract:** The innovation of service robots has changed the skill advantage of labor force and the gender division of labor in the job market, which provides an opportunity to promote gender equality. Employing the city-level data of service robots patent application and survey data from the CHIP program, this paper uses the Oaxaca–Blinder decomposition method to estimate the gender wage discrimination index at city level, and explores the determinants of individual-level gendered wage differences. The results show that: (1) Service robot innovation significantly reduces the degree of gender wage discrimination in service industry; (2) Service robot innovation has a more significant improving effect on the wage of highly educated women, while the effect does not differ by age and work experience; (3) The increase of non-conventional skill premium is the main mechanism underlying the wage-equalization effect of service robot innovation. The development of regional service industry also plays a positive moderating role. In order to promote gender equity in China's labor market, it is vital to strengthen the positive social impact of technological innovation as represented by service robots in the era of digital economy.

**Keywords:** Robotics; Gender Equality; Wage Gap; Skill Premium

(责任编辑:牛建林)