

工业智能化对城乡收入差距的影响

——基于市场一体化的中介效应

钟腾龙, 邱歆悦

(中央财经大学 国际经济与贸易学院, 北京 102206)

摘要:文章基于市场一体化的中介效应,以工业机器人在制造业中的应用为例,探讨中国工业智能化发展对城乡收入差距的影响。实证结果表明,工业机器人应用有利于缩小城乡收入差距,促进城乡协调发展,该结论在一系列稳健性检验后依然成立。进一步研究发现,工业智能化应用能够通过提高商品市场一体化和劳动力市场一体化程度来缩小城乡收入差距。政府应扩大工业机器人的应用范围,减少地方保护主义,加速商品市场一体化和劳动力市场一体化进程,促进城乡公平,缩小城乡收入差距。

关键词:工业智能化;商品市场一体化;劳动力市场一体化;城乡收入差距

[中图分类号]F061.5;F062.9 [文献标识码]A [文章编号]1672-934X(2025)02-0085-12

DOI:10.16573/j.cnki.1672-934x.2025.02.010

The Impact of Industrial Intelligence on the Urban-rural Income Gap Based on the Mediating Effect of Market Integration

Zhong Tenglong, Qiu Xinyue

(School of International Trade and Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China)

Abstract: Based on the mediating effect of market integration, the impact of China's industrial intelligentized development on the urban-rural income gap has been investigated, with the application of industrial robots in manufacturing as an example. The empirical results show that the application of industrial robots helps narrow the urban-rural income gap and promotes coordinated urban-rural development, which remains valid after a series of robustness tests. Further research reveals that industrial intelligence reduces the urban-rural income gap by enhancing the integration of both commodity market and labor market. So the government is expected to promote urban-rural equity and reduce the urban-rural income gap by expanding the application of industrial robots, reducing local protectionism, and accelerating the integration of both commodity and labor markets.

Key words: industrial intelligence; commodity market integration; labor market integration; urban-rural income gap

一、引言

随着科学技术的快速发展,我国经济社会运行效率稳步提升。其中,工业智能化对经济

发展、国际贸易等方面的影响越来越显著。与此同时,随之而来的社会公平、城乡收入差距等问题也成为不可忽视的议题。党的十八大以来,我国提出建立以“权利公平、机会公平、

收稿日期:2024-12-11

基金项目:国家社会科学基金项目(24BJL034)

作者简介:钟腾龙(1990—),男,副教授,主要从事贸易政策、数字经济与贸易研究;

邱歆悦(2002—),女,硕士研究生,研究方向为国际贸易理论与政策。

规则公平”为主要内容的社会公平保障体系,进一步强调了社会公平的重要性。其中,如何缩小城乡收入差距是我国实现社会公平的一大难题。《中共中央 国务院关于加快建设全国统一大市场的意见》指出,建设全国统一大市场旨在打破地方保护和市场分割,打通制约经济循环的关键堵点,促进商品要素资源在更大范围内畅通流动。通过全国统一大市场建设,可以促进区域间的资源互补和经济合作,推动形成优势互补、分工合理的区域经济布局。因此,构建全国统一大市场对实现经济的均衡发展、促进城乡融合具有重要意义。本文以城乡收入分配公平为出发点,以工业机器人在制造业中的应用为例,探究工业智能化发展是否及如何通过影响市场一体化程度来影响城乡收入差距的。

随着新一轮工业革命浪潮的兴起,工业智能化开始广泛应用于生产生活、高端制造等领域,并逐渐成为引领全球产业变革的关键性技术。已有文献从就业质量、经济增长等视角研究了智能化的影响效应。主流观点认为,智能化技术主要通过替代人类劳动、协同人类管理决策、促进创新三种方式带动经济增长^[1-3]。智能化技术虽然一方面对劳动力存在一定替代效应,但另一方面能促进生产力、创造更多就业岗位,对就业总量与就业结构的影响总体为正^[4-6]。

如何缩小城乡收入差距,是我国经济社会发展进程中的重要议题。当前,关于工业智能化能否促进经济增长、物价稳定、充分就业以及对外贸易等内外均衡问题已经受到众多学者的关注。然而,现有研究仍主要集中在工业智能化对经济社会运行效率的影响,而有关其如何影响社会公平特别是城乡收入差距方面的研究并不多见,且研究结论存在一定分歧。如杨晓锋认为,工业机器人在制造业中的全面应用有

利于提高人力资本存量、优化资本结构,从而显著提高制造业工人的平均工资^[7]。徐宇明认为,无论是从长期还是短期来看,产业智能化都能显著缩小城乡收入差距,且产业结构升级在其中起到了正向促进作用^[8]。而魏建等认为,人工智能以自动化的形式补充和替代了人类劳动,降低了中低技能劳动力的工资待遇,为高技能劳动力创造了更大价值,显著扩大了城乡收入差距^[9]。刘欢认为,工业智能化会加剧劳动力就业的不稳定性,特别是跨省的低技能劳动力^[10]。另外,Bessen认为,智能化对收入差距的影响并不绝对,劳动力收入还受生产要素与供需弹性等因素的影响^[11]。

区别于已有文献,本文从市场一体化的视角来研究工业智能化对城乡收入差距的影响,认为工业智能化应用通过提高商品市场一体化和劳动力市场一体化程度,缩小城乡收入差距。此外,在实证研究中,本文使用美国各年分行业工业机器人安装量来代入中国各省分行业就业人数占比作为工具变量,由此,较为有效地解决了变量的内生性问题,获得相对可靠的实证结果。

二、机制分析和研究假设

市场一体化是指各区域间经济社会联系越来越紧密,资本、劳动等要素及商品价格趋于一致,进而形成较为统一的市场。总体来说,高度一体化的市场有利于消除地区间壁垒,促进资源有效配置,提高经济运行效率,从而实现区域协同发展与人民共同富裕。

智能化技术的发展与应用对商品市场一体化具有积极作用。关于商品市场一体化的驱动因素,学界研究的关注点逐渐从传统的保护主义、出口开放程度等方面转向技术创新、数字经济等新兴领域。梁堃指出,技术创新能够促进产业升级,对商品市场一体化建设

具有积极影响^[12]。李潇等分析发现,数字化的兴起消除了传统生产和交易在时空限制方面的障碍,使交易活动变得更加灵活,加速了商品市场一体化的进程^[13]。田瑶等进一步认为,迅猛增长的数字经济通过其资源辐射效应,增强了不同地区商品市场间的联系,能有效改善市场分割的问题^[14]。整体来看,技术创新发展通过提高生产效率、降低交易成本,打破了传统的地区间壁垒,促进了地区合作,为产品市场的融合提供了动力^[15-16]。总体而言,智能化技术(如机器人、物联网)不仅能够优化生产和供应链,提高生产效率和产品质量,还能够根据地区特性对商品进行标准化或差异化设计,确保产品既具有普遍吸引力,又能迎合特定市场的独特需求。这种灵活性促进了商品在不同地区间的流通,有助于减少地区间的价格差异,进而有效推动商品市场一体化的进程。

同时,商品市场一体化对缩小城乡收入差距具有不可或缺的作用。我国商品市场主体长期由中小微企业主导,集中度不够、组织化程度较低,难以构建有效的产业链和供应链体系^[17]。这种分割的市场结构会影响价格形成机制和整体经济效率,制约乡村经济的发展,从而扩大城乡收入差距。薛军等指出,我国中西部地区所面临的商品市场分割现象较为突出,且显著扩大了地区间居民收入差距^[18]。近年来,随着商品市场一体化进程的不断推进,日益完善的市场体系提高了生产者的风险预期,激励其扩大经营规模,从而显著提高了农民的经营性收入^[19]。而随着商品市场规模的扩大,产业分工得以深化,区域间的比较优势得到加强,城乡地区通过发挥各自的比较优势,实现了产业的互补发展^[20]。城市集中发展高技术、高附加值产业,乡村则利用农业基础,专注于农产品的生产和加工。这种互补的产业结构不仅加大了农村地区的经济贡献,而且有助于提升农村居民的收入水平,进而有效地

缩小城乡收入差距。综上,本文提出研究假设H1:

H1:工业智能化能够提高商品市场一体化程度,进而缩小城乡收入差距。

工业智能化发展对劳动力市场的影响越来越深。得益于人工智能技术的飞速发展,劳动力市场愈发向着一体化演变,关于智能化与劳动力就业的研究也日益增长。张远等从企业微观视角出发,研究了智能化转型对不同技能水平员工的就业影响,发现智能化转型通过增加高技能劳动力比重、降低低技能劳动力比重,促进劳动力结构的优化与企业效率的提升^[21]。刘军等发现,制造业的智能化发展在短期内会改变不同技能劳动力的供需,进而改变城乡收入差距;从长期来看,会减缓城乡收入差距扩大的趋势^[22]。周广肃等基于就业广度与强度研究发现,工业智能化发展抑制了就业人数的增长,同时增加了劳动力的工作时长^[23]。

同时,劳动力市场一体化与城乡收入差距息息相关。城乡劳动力市场一体化意味着劳动力可以自由流动,拥有平等的择业、就业权利^[24],由此形成一个统一、开放、完善且竞争有序的市场。诸多学者从要素价格扭曲出发来分析劳动力市场的分割现象。随着要素流动成本降低,劳动力市场一体化是市场竞争的必然趋势^[25]。同样地,劳动力市场一体化程度越高,劳动要素流动的成本和壁垒就越小,更多的农村劳动力向城镇流动,进而促进城乡协同发展,缩小城乡收入差距。李言等立足于劳动力要素价格市场化配置,引入DSGE模型模拟分析,发现工资扭曲对宏观经济具有负面影响^[26]。胡联等从工资扭曲效应视角,发现劳动力市场分割会通过工资价格扭曲引起资源错配,进而加剧各省的相对贫困发生率^[27]。总而言之,劳动力流动能够通过加强市场一体化程度来促进区域经济发展^[28]。反之,分割的劳动力市场会

加剧资源错配,加剧收入分配的不平等,进而扩大城乡收入差距。综上,本文提出研究假设 H2:

H2:工业机器人的应用能够提高劳动力市场一体化程度,进而改善城乡收入差距。

结合假设 H1 和假设 H2,本文提出研究假设 H3:

H3:工业智能化有利于缩小城乡收入差距,推动城乡协调发展。

三、研究设计

(一)样本选择与数据来源

本文选择 2008—2019 年中国 30 个省级(剔除中国港澳台及西藏地区)的平衡面板数据作为样本,共 360 个观测值。本文数据主要源于 IFR 国际机器人联合会、《中国统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》《中国经营管理统计年报》、CSMAR 等(注:数据均通过手工收集和匹配)。

本文使用省级层面数据作为主要研究样本,主要出于两个方面的考虑;其一,本文以城乡收入差距为研究对象,省级层面的样本能够更好地反映区域宏观经济状况和城乡收入差

距变化的总体趋势;其二,本文在机制检验部分需要使用各地区商品市场、劳动力市场分割程度等关键指标,在构建商品市场分割指数指标时,需要用到地区零售价格指数、劳动力平均工资等指标,而这些指标数据在省级层面更加具有完整性和可靠性。

另外,本文在稳健性检验中进一步使用城市层面的数据来验证工业智能化对城乡收入差距的影响,以捕捉同一省份内不同城市之间的差异性。

(二)模型设定

为检验假设 H1,本文构建以下模型:

$$\ln Theil_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Robot_{i,t} + \theta X_{i,t} + \lambda_i + \nu_t + \epsilon_{i,t} \tag{1}$$

其中, i 表示个体(省份), t 表示时间。 $\ln Theil$ 表示以泰尔指数衡量的城乡收入差距,并取对数。 $\ln Robot$ 为省级层面工业机器人安装密度的自然对数。 $X_{i,t}$ 包括一系列省级层面的控制变量:经济发展程度($\ln RGDP$)、贸易开放程度($Open$)、财政支出占比($Fiscal$)、产业结构($Stru$)、道路通达程度($Road$),具体变量定义如表 1 所示。

表 1 变量定义表

变量类型	变量符号	变量名	变量定义
被解释变量	$\ln Theil$	城乡收入差距	泰尔指数取对数,越小越公平
解释变量	$\ln Robot$	工业机器人密度	各省份工业机器人安装密度,取对数
	$\ln RGDP$	经济发展程度	各省当年人均 GDP,取对数
	$Open$	贸易开放度	各省当年进出口总额占 GDP 的比重
控制变量	$Fiscal$	财政支出占比	各省当年财政支出占当年 GDP 的比重
	$Stru$	产业结构	各省第三产业与第二产业增加值之比
	$Road$	道路通达程度	路网密度,公路上程数/区域总面积
工具变量	$\ln Robot_US$	工业机器人 IV	利用美国数据计算的机器人密度,取对数
机制变量	$Segm1$	商品市场分割指数	利用各省 8 类商品价格指数计算出的指数
	$Segm2$	劳动力市场分割指数	利用各省劳动力平均工资数据,采用相对价格法计算

Hausman 检验的结果支持固定效应模型。考虑到省级维度的个体差异及时间层面的变化,本文采用双向固定效应模型,以减轻扰动项

中不随个体和时间变化的因素的影响。其中, λ_i 为个体固定效应, ν_t 为时间固定效应, $\epsilon_{i,t}$ 为随机误差项。

(三)变量构造与定义

1.被解释变量

收入差距通常以基尼系数、泰尔指数、城乡居民人均可支配收入之比三个指标来衡量。基尼系数根据收入对人口进行划分,并计算人口与收入的累计百分比,其测量的是地区总体收入差距,难以反映城乡收入差异^[29]。泰尔指数的提出时间相对基尼系数的提出时间而言较晚,其计算过程纳入了城乡人口的变动,包含了城乡人均收入差距,且对收入在高收入与低收入群体之间的转移更为敏感^[30]。因此,泰尔指数广泛应用于衡量资源分配的差异性,尤其是城乡差距。赵伟等依据泰尔指数的测度方法,分析了1978—2001年我国金融增长的区域间差异^[31];曹裕等依据泰尔指数测度了城乡收入差距,研究我国城市化与经济增长的关系^[32];韩立岩等利用泰尔指数替代基尼系数,研究了地区及城乡收入差距对居民消费的影响^[33]。由此可见,泰尔指数能够更深刻地刻画城乡收入差异,因此,本文采用泰尔指数的自然对数($\ln Theil_{it}$)作为被解释变量。

同时,城乡居民支配收入之比也是衡量城乡差距的有效方式。为进一步反映城乡之间生活成本差异,本文采用城乡居民人均消费支出占人均可支配收入之比来衡量城乡收入差距,并将其用于稳健性检验。

2.核心解释变量

本文的解释变量为机器人安装密度($\ln Robot$)。参考Acemoglu等构造的美国不同行业工业机器人渗透度^[34],本文构造中国省级机器人安装密度,利用Bartik工具变量的构造思想,将全国各行业机器人安装密度与各省分行业就业人数占比份额进行交互:

$$Robot_{i,t} = \sum_j Robot_{t,j} \times I_{i,j,t=2008} = \sum_j \frac{Stock_{j,t}}{Employee_{j,t=2008}} \times \frac{Employee_{i,j,t=2008}}{Employee_{i,t=2008}} \quad (2)$$

其中, $Robot_{i,t}$ 为我国*i*省*t*年的工业机器人安装密度,将其取自然对数后得到核心解释变量($\ln Robot_{i,t}$)。首先,将我国《国民经济行业分类与代码》中的制造业行业与IFR中的14个行业大类相匹配。 $Stock_{j,t}$ 表示IFR数据中我国*j*行业*t*年工业机器人安装量, $Employee_{j,t=2008}$ 表示以2008年为基年,我国*j*行业就业总人数,二者相除得到我国*t*年*j*行业工业机器人安装密度 $Robot_{t,j}$ 。其次,将 $Robot_{t,j}$ 与各省各行业基年就业人数百分比 $I_{i,t,j=2008}$ 交乘。最后,对行业求和,即可得到省级层面的工业机器人安装密度。以2008年作为基年进行计算,可以得到不随时间变化的就业份额,进而避免就业份额随时间变化而导致的内生性问题。

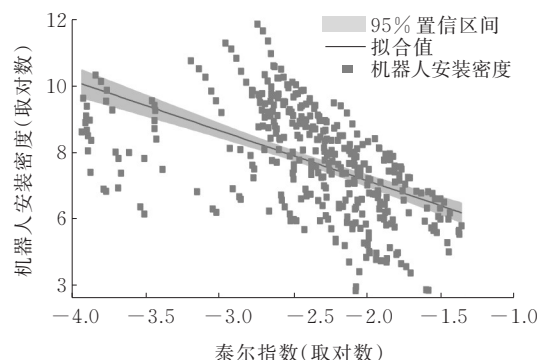


图1 泰尔指数(取对数)与机器人安装密度(取对数)散点图

3.控制变量

参考关于城乡收入差距的相关研究^[35-37],本文使用以下控制变量以避免遗漏变量偏差。

省际人均GDP取自然对数($\ln RGDP$)。城乡收入差距受经济发展水平的影响,人均GDP是度量经济发展水平的重要因素。因此,将省际人均GDP作为控制变量,并对其取自然对数以消除可能存在的异方差影响。

贸易开放程度($Open$)。关于开放程度对城乡收入差距影响的研究,目前存在两种不同观点。一种观点认为,国际贸易领域学者Krugman基于美国数据,认为与低收入国家的贸易往来会显著扩大美国国内收入差距^[38];沈颖郁等也找到了类似的经验证据,即对外贸易和FDI会

扩大城乡收入差距^[39]。另一种观点认为,随着我国对外贸易品结构的不断优化,城乡收入差距得到了一定程度的缓解^[40]。魏浩等认为,一方面,对外开放能够创造更多就业岗位,为城镇劳动力提供更多就业机会,这有利于缩小城乡收入差距;另一方面,劳动技能差异造成就业质量偏向并扩大城乡收入差距^[41]。因此,本文引入贸易依存度作为控制变量。

财政支出占比(*Fiscal*)。财政支出包括社会保障支出、就业支出、医疗保障支出等,是影响城乡收入差距的重要因素。故本文引入财政支出与该省当年GDP之比作为控制变量。

产业结构(*Stru*)。理论上,产业结构的升级会提高生产率、促进农村剩余劳动力转移,改变城乡居民收入分配格局,进而缩小城乡收入差距。实证研究发现,2003年以来,我国产业结构升级对城乡收入差距具有显著的缩减作用^[42]。本文使用第二产业与第三产业增加值之比来衡量产业结构。

公路通达强度(*Road*)。完善的交通网络是城镇经济发展的基础,发达的道路交通网络有利于城乡融合,促进城乡协同发展并缩小城乡收入差距^[43]。因此,本文使用各省路网密度作为控制变量。

4. 工具变量

为减轻模型内生性带来的影响,本文参考王永钦等^[44]的做法,以美国分行业机器人安装量计算的省级机器人安装密度作为工具变量。计算原理与核心解释变量 $\ln Robot_{i,t}$ 相似,将 $Stock_{j,t}$ 与 $Employee_{j,t=2008}$ 换成美国 t 年 j 行业的机器人安装量($Stock_{j,t}^{US}$)与美国 t 年 j 行业的就业人数($Employee_{j,t=2008}^{US}$),得到工具变量 $Robot_US$,并同样对其取对数:

$$Robot_US_{i,t} = \sum_j Robot_{t,j}^{US} \times I_{i,j,t=2008} = \sum_j \frac{Stock_{j,t}^{US}}{Employee_{j,t=2008}^{US}} \times \frac{Employee_{i,j,t=2008}}{Employee_{i,t=2008}} \quad (3)$$

首先,作为世界第一大经济体,美国的工业水平处于世界领先地位。技术进步能反映工业机器人行业的发展程度,并对中国机器人安装密度产生一定影响。其次,美国工业机器人的发展与其他影响中国收入分配公平的因素无关。因此,该工具变量($\ln Robot_US$)满足相关性、外生性,且拒绝了弱工具变量的假设,有助于解决内生性问题。

5. 机制变量

商品市场一体化程度(*Segm1*)。已有相关研究通常以市场分割指数来衡量市场一体化水平,且常用有引力模型法、地区专业化程度、价格指数法等。其中,使用最多的是价格指数法。根据一价定律,各市场上同一商品的价格应该趋于一致。同时,贸易的冰山成本会使不同地区的商品价格存在一定程度上的波动偏离。因此,价格指数法通常选择不同地区一篮子商品的价格指数进行测算。若某个区域内相同商品的价格趋于一致,说明其地区间壁垒小,市场一体化程度高。

本文参考陆铭等^[45]的做法,计算商品市场分割指数。选取2003—2019年《中国统计年鉴》中样本省份的8类商品(食品烟酒类、衣着类、居住类、其他用品和服务类、家庭设备用品、医疗保健用品、交通和通信类、娱乐教育文化类)的零售价格指数,构造相对价格方差,得到以差分形式表示的相对价格指标,进而得到样本省份与其相邻省份之间的市场分割指数。

首先,计算样本省份与其相邻省份的相对价格指数的差分,并取绝对值。 i 表示省份, t 表示年份, k 表示某一类商品的零售价格指数。其次,去均值,即减少某一特定类别商品导致的偏误。最后,计算方差,得到2003—2019年465对相邻省份之间的相对价格,即商品市场分割指数 $Segm_{it}$,将其取对数得到机制变量。

$$|\Delta Q_{it}^k| = |\ln(P_{it}^k/P_{it}^k) - \ln(P_{it-1}^k/P_{it-1}^k)|$$

(4)

劳动力市场一体化程度(*Segm2*)。城乡劳动力市场一体化是本文提出的第二个机制。劳动力市场一体化包括城乡劳动力市场一体化、农业与工业部门劳动力一体化等^[25]。与商品市场的测算方法类似,劳动力市场分割程度的主流测度方式为相对价格法,即根据各地区各行业员工平均工资数据,构建劳动力市场分割指数^[46-47]。将各年的这两个指标取均值后所得结果如图2所示。由图2可知,自2009年以来,我国劳动力市场分割程度逐年下降,商品市场在波动中趋于一体化整合。

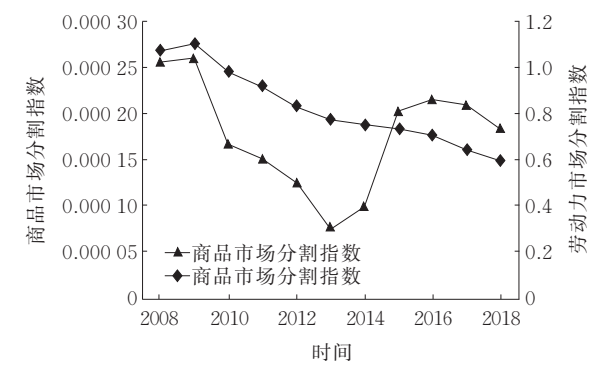


图2 商品、劳动力市场分割程度趋势图

四、实证分析

(一)描述性统计分析

表2为本文主要变量的描述性统计结果。其中,取自然对数后的泰尔指数平均值为-2.382,标准差为0.562;机器人安装密度平均值为7.726,标准差为1.598。工具变量平均值为8.127,标准差为1.235,即以美国机器人保有量数据计算得出的机器人安装密度比我国的样本数据大,且标准差小于我国样本数据。人均GDP、贸易开放度、财政支出占比等其他省级控制变量的统计结果均在合理范围内。

由表3相关性分析结果可知,工业机器人安装密度与lnTheil指数表示的城乡收入差距

呈负相关,各变量方差扩大因子均小于5,不存在多重共线性问题。

表2 主要变量描述性统计

Variables	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
lnTheil	360	-2.382	0.562	-3.906	-1.385
lnRobot	360	7.726	1.598	3.955	11.304
lnRobot_US	360	8.127	1.235	5.12	10.627
lnRGDP	360	10.652	0.522	9.44	11.813
Open	360	0.27	0.293	0.014	1.397
Fiscal	360	0.238	0.099	0.105	0.593
Stru	360	-0.006	0.406	-0.658	1.427
Road	360	-0.328	0.777	-2.427	0.733
Segm1	360	-8.752	0.533	-9.936	-7.067
Segm2	360	0.853 1	0.281 9	0.238 3	1.780 8

表3 相关性分析

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
lnTheil	1						
lnRobot	-0.530	1					
lnRGDP	-0.828	0.694	1				
Open	-0.599	0.300	0.490	1			
Fiscal	0.361	-0.467	-0.289	-0.429	1		
Stru	-0.543	0.270	0.484	0.238	0.156	1	
Road	-0.448	0.602	0.363	0.401	-0.647	0.211	1

(二)基准回归分析

表4为机器人应用与城乡收入差距的基准回归结果。其中,表4列(1)、列(2)为OLS估计,在未加入控制变量时,工业机器人密度对城乡收入差距的回归系数为-0.0628,仅在10%水平上显著;在加入一系列控制变量后,核心解释变量回归系数的绝对值稍有下降,但显著性水平上升到5%。

考虑到可能存在的遗漏变量、双向因果及测量偏误可能带来的内生性问题,本文使用美国各行业机器人保有量数据代入计算的工具变量lnRobot_US,进行工具变量回归。表4列(3)、列(4)为两阶段最小二乘法的分步回归结

果,第一阶段回归结果显示,工具变量对内生解释变量的系数在 1% 水平上显著,且 F 统计量为 271.416, p 值为 0.000,拒绝弱工具变量假设。表 4 列(3)为两阶段最小二乘法回归结果,工业机器人密度每提高 10%,以泰尔指数衡量的城乡收入差距就平均降低约 1%,且显著性水平有明显提升。根据泰尔指数的定义,指数越小,城乡居民收入分布差异越小。由此可知,工业化智能化水平的提高有利于缩小城乡收入差距,推动城乡协调发展,假说 H3 成立。

表 4 工业机器人应用对城乡收入差距的影响

Variables	lnTheil			
	OLS		IV 2sls (first)	IV 2sls (second)
	(1)	(2)	(3)	(4)
lnRobot	-0.062 8*	-0.061 3**		-0.099 8***
	(0.0371)	(0.0297)		(0.024 9)
lnRobot_US			0.959***	
			(0.058 4)	
lnRGDP		-0.242 9*	-0.254***	-0.258***
		(0.126 3)	(0.153)	(0.082 1)
Open		-0.421 3**	-0.186	-0.431***
		(0.206 6)	(0.128)	(0.084 8)
Fiscal		-0.135 2	-0.273	-0.147
		(0.106 4)	(0.181)	(0.091 6)
Stru		0.024 1	-0.129	0.0081 7
		(0.095 0)	(0.114)	(0.050 8)
Road		-0.249 9	0.918***	-0.213***
		(0.154 3)	(0.186)	(0.079 4)
Cost		-0.984 2*	-1.359***	-1.036***
		(0.532 8)	(0.400)	(0.243)
Unemployment		0.011 3	0.050 5	0.011 0
		(0.029 5)	(0.032 9)	(0.016 1)
Edu		1.109 9	-1.786	1.446
		(1.794 2)	(4.309)	(1.265)
Constant	-3.105 3***	0.940 4	0.560	1.327
	(0.264 0)	(1.455 2)	(1.748)	(0.853)
Province & Time	Yes	Yes	Yes	Yes
N	360	360	360	360
adj. R ²	0.806 8	0.856 7	0.991	0.980

注:括号内为稳健标准误,* $p<0.10$,** $p<0.05$,*** $p<0.01$ 。下同。

(三)稳健性检验

为验证回归结果的稳健性,本文使用扩大数据集、替换工具变量、替换核心解释变量、替换被解释变量四种方法进行检验。

1. 使用城市层面的样本

为进一步揭示各城乡间的收入差异,更准

确地反映工业机器人应用对城乡收入差距的影响,本文扩大数据集,即使用城市层面样本数据。参考魏下海等^[48-49]的方法,本文在公式(2)、公式(3)的基础上,使用 2008—2019 年中国 293 个地级市的样本,在剔除缺失值后构造出城市层面工业机器人密度指标,并同样用美国

2008—2019年工业机器人安装量代入,最终得到工具变量,回归结果如表5所示。核心解释变量系数的绝对值比省级数据稍大,且均显著为负。由此,从城市层面验证了基准回归结果的稳健性。

表5 工业机器人应用对城乡收入差距的影响

Variables	lnTheil (IV 2sls)	
	(1)	(2)
lnRobot	−0.230 0*** (0.014 7)	−0.239 2*** (0.014 9)
控制变量	N	Y
Constant	−1.759 3*** (0.045 5)	−2.547 6*** (0.220 5)
City & Year	Y	Y
N	3 180	3 168
adj. R ²	0.174 4	0.177 6

2. 考虑工业机器人应用的滞后效应

在核心解释变量的选择上,机器人安装密度会对劳动力市场产生影响,而其对城乡收入差距的影响可能存在一定的时间滞后,故本文将核心解释变量滞后1期和滞后2期,再进行两阶段最小二乘回归来检验结果的稳健性,结果如表6列(2)、列(3)所示。由表6列(2)、列(3)可知,滞后1期的回归系数与基准回归中的系数相近,滞后2期的回归系数绝对值较大,但依然在1%水平上显著。

3. 替换被解释变量

除了泰尔指数外,城乡收入差距还可以用城乡居民人均可支配收入之比(lnGap)来衡量^[50]。本文采用城镇与乡村人均可支配收入之比替换泰尔指数,并取自然对数构建双对数模型。回归结果如表7列(2)所示,工业机器人密度每提高1%,城乡人均可支配收入比就下降0.024 4%,且在10%水平上显著,证实了工业智能化有助于缩小城乡收入差距的假设。其中,回归系数的绝对值与基准回归结果之所以有一定差别,是因为泰尔指数与

城乡可支配收入比的计算方式以及数值结果存在差别。从影响方向和显著性水平来看,结论仍然稳健。

表6 核心解释变量滞后1期和滞后2期回归结果

Variables	lnTheil (IV)		
	(1)	(2)	(3)
lnRobot	−0.099 8*** (0.024 9)		
L.lnRobot		−0.119 2*** (0.035 4)	
L2.lnRobot			−0.176 0*** (0.061 4)
控制变量	Y	Y	Y
Constant	1.327 3 (0.852 7)	1.446 2 (1.090 4)	0.827 3 (1.206 8)
Province & Year	Y	Y	Y
N	360	330	300
adj. R ²	0.980 3	0.977 6	0.975 6

表7 替换被解释变量的回归结果

Variables	lnTheil (IV)	lnGap (IV)
	(1)	(2)
lnRobot	−0.099 8*** (0.024 9)	−0.024 4* (0.012 5)
控制变量	Y	Y
Constant	1.327 3 (0.852 7)	3.064 5*** (0.384 7)
Province & Time	Y	Y
N	360	360
adj. R ²	0.980 3	0.959 0

五、影响机制分析

基准回归结果揭示了工业智能化对缩小城乡收入差距的正向效应。基于前文的理论分析,市场一体化可能是实现这一积极效应的关键途径。故本文构建模型5来分别检验工业机器人密度对商品市场一体化、劳动力市场一体化程度的影响,为理解工业智能化通过市场一体化这一机制促进城乡经济均衡发展提供实证依据。模型5如下:

$$Z_{i,t,k} = \beta_0 + \beta_1 \ln Robot_{i,t} + \beta_2 X_{i,t} + \lambda_i + \nu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

其中, $Z_{i,t,k}$ 代指本文的机制变量, 包括商品市场分割指数 $\ln Segm1$ 、劳动力市场分割指数 $\ln Segm2$ 。参考郝楠等^[51]的做法, 选取一系列可能影响劳动力结构的控制变量 $X_{i,t}$, 包括教育支出占 GDP 比重 (Edu)、生活成本 ($Cost$)、失业率 ($Unemp$)、贸易开放度 ($Open$)、产业结构 ($Stru$)、道路通达程度 ($Road$)。

(一) 商品市场一体化

表 8 列(1)、列(2)展示了工业机器人密度对商品市场分割指数的两种回归结果。两阶段最小二乘估计显示, 机器人密度每增加 1%, 市场分割程度平均降低 0.100 9%, 即商品市场一体化程度有所提升。结合前面的理论分析可知, 工业智能化通过降低商品市场分割程度来缩小城乡收入差距, 假设 H1 得以验证。

表 8 机制检验结果

Variables	lnSegm1		lnSegm2	
	OLS (1)	IV 2sls (2)	OLS (3)	IV 2sls (4)
lnRobot	-0.061 8 (-1.429 5)	-0.100 9*** (-0.032 3)	-0.205 1*** (-2.833 7)	-0.165 4*** (-3.808 7)
控制变量	Y	Y	Y	Y
Province & Year	Y	Y	Y	Y
N	360	360	360	360
adj. R ²		0.553		0.872
r ²		0.576 4		0.888 8
r ² _w	0.582 0		0.806 5	
r ² _o	0.573 8		0.889 4	
r ² _b	0.543 4		1.000 0	

(二) 劳动力市场一体化

除了商品市场一体化影响机制外, 本文继续研究劳动力市场一体化这一影响机制。其

中, 采用相对工资计算出的劳动力市场分割指数来指代劳动力市场一体化程度。

表 8 列(3)、列(4)显示了工业机器人密度对劳动力市场一体化程度的回归结果, 如列(4)所示, 机器人密度每增加 1%, 劳动力市场分割指数平均降低 0.165 4%, 这一影响在 1% 水平上显著, 即工业智能化在促进劳动力市场一体化方面发挥了积极作用。因此, 工业智能化通过降低劳动力市场分割程度, 加速劳动力市场一体化进程, 进而缩小城乡收入差距, 假设 H2 得以验证。

六、结论与启示

我国经济社会运行正从效率优先转向公平优先, 如何缩小城乡收入差距已经受到越来越多的关注。本文以 2008—2019 年 30 个省级(剔除中国港澳台及西藏地区)平衡面板数据为研究样本, 从城乡收入差距视角出发, 探究工业智能化对城乡收入差距的影响。实证结果显示, 工业智能化程度越高, 以泰尔指数表示的城乡收入差距越小。本文进一步从市场一体化程度视角分析其作用机制。具体而言, 从商品市场来看, 工业智能化的发展能够降低商品市场的分割程度, 而趋于一体化的商品市场对缩小城乡收入差距具有正向影响; 从劳动力市场来看, 工业智能化降低了各地区劳动力分割程度, 从而使城乡收入更为均衡。

基于以上结论, 本文从两个方面提出建议: 第一, 从工业智能化的角度来看, 工业机器人的广泛应用被证实对缩小城乡收入差距具有显著的积极作用。政府应该鼓励企业扩大工业机器人的应用范围, 平衡城乡收入分配, 提高社会整体福祉。第二, 从市场一体化的角度来看, 各地方政府应减少地方保护主义, 大力推动商品、劳动力等要素在区域间的自由流动, 优化资源配

置,加速商品市场一体化和劳动力市场一体化进程,促进城乡公平,缩小城乡收入差距。

[参考文献]

- [1] Makridakis S. The forthcoming artificial intelligence(AI) revolution:Its impact on society and firms[J].Futures,2017,90(0):46-60.
- [2] 刘亮,李廉水,刘军,等.智能化与经济发展方式转变:理论机制与经验证据[J].经济评论,2020(2):3-19.
- [3] 睢博,雷宏振.工业智能化能促进企业技术创新吗?:基于中国2010—2019年上市公司数据的分析[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2021(3):130-140.
- [4] 王文.数字经济时代下工业智能化促进了高质量就业吗[J].经济学家,2020(4):89-98.
- [5] 陈晓,郑玉璐,姚笛.工业智能化、劳动力就业结构与经济增长质量:基于中介效应模型的实证检验[J].华东经济管理,2020(10):56-64.
- [6] 陈宗胜,赵源.不同技术密度部门工业智能化的就业效应:来自中国制造业的证据[J].经济学家,2021(12):98-106.
- [7] 杨晓峰.智能制造是否有助于提升制造业平均工资?:基于2001—2016年17省工业机器人数据研究[J].经济体制改革,2018(6):169-176.
- [8] 徐宇明.产业智能化对我国城乡收入差距的影响研究[J].金融与经济,2022(1):64-74.
- [9] 魏建,徐恺岳.人工智能技术发展对城乡收入差距的影响[J].浙江工商大学学报,2021(4):84-96.
- [10] 刘欢.工业智能化如何影响城乡收入差距:来自农业转移劳动力就业视角的解释[J].中国农村经济,2020(5):55-75.
- [11] Bessen J. Automation and jobs: when technology boosts employment[J].Economic Policy,2019,34(100):589-626.
- [12] 梁堃.中国市场一体化水平测度及影响因素分析[J].商业经济研究,2023(9):184-188.
- [13] 李潇,韦晓慧.数字经济发展与流通业绩优化:来自大数据综合试验区的证据[J].技术经济与管理研究,2022(2):85-88.
- [14] 田瑶,郭立宏.数字经济与地区共享发展:基于区域经济协调发展的视角[J].经济问题探索,2024(2):1-16.
- [15] 张智龙,黄伟.金融深度、数字经济与市场一体化[J].系统工程理论与实践,2024(9):2872-2886.
- [16] 张云,柏培文.数智化如何影响双循环参与度与收入差距:基于省级—行业层面数据[J].管理世界,2023(10):58-83.
- [17] 周鹏,盛宇华.全国统一大市场建设与共同富裕:基于地区市场分割视角[J].中国流通经济,2024(7):61-75.
- [18] 薛军,郑毓铭.统一大市场与共同富裕:基于地区的视角[J].云南民族大学学报(哲学社会科学版),2022(5):14-21.
- [19] 邹宝玲,曹壹帆,肖亚成.共同富裕视域下市场一体化的农民增收效应研究[J].财经问题研究,2023(11):115-129.
- [20] 韩笑,彭桥.统一大市场、产业结构调整与区域经济差距[J].当代经济管理,2024(4):12-23.
- [21] 张远,李焕杰.企业智能化转型对内部劳动力结构转换的影响研究[J].中国人力资源开发,2022(1):98-118.
- [22] 刘军,曹雅茹,鲍怡发,等.制造业智能化对收入差距的影响研究[J].中国软科学,2021(3):43-52.
- [23] 周广肃,李力行,孟岭生.智能化对中国劳动力市场的影响:基于就业广度和强度的分析[J].金融研究,2021(6):39-58.
- [24] 张亚,郑予捷,刘青.城乡劳动力市场一体化研究[J].农村经济,2006(9):98-101.
- [25] 都阳,蔡昉.中国制造业工资的地区趋同性与劳动力市场一体化[J].世界经济,2004(8):42-49.
- [26] 李言,孔令池.劳动力价格异质性扭曲的宏观经济效应:基于DSGE模型的模拟分析[J].南开经济研究,2020(5):87-108.
- [27] 胡联,杨成喻,盛迪.我国劳动力市场分割加剧了相对贫困吗?[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2023(3):92-99.
- [28] 陈磊,胡立君,何芳.要素流动、市场一体化与经济发展:基于中国省级面板数据的实证研究[J].经济问题探索,2019(12):56-69.
- [29] 王少平,欧阳志刚.我国城乡收入差距的度量及其对经济增长的效应[J].经济研究,2007(10):44-55.
- [30] 欧阳志刚.中国城乡经济一体化的推进是否阻滞了城乡收入差距的扩大[J].世界经济,2014(2):116-135.
- [31] 赵伟,马瑞永.中国区域金融增长的差异:基于泰尔指数的测度[J].经济地理,2006(1):11-15.
- [32] 曹裕,陈晓红,马跃如.城市化、城乡收入差距与经济增长

- 长:基于我国省级面板数据的实证研究[J].统计研究,2010(3):29-36.
- [33] 韩立岩,杜春越.收入差距、借贷水平与居民消费的地区及城乡差异[J].经济研究,2012(S1):15-27.
- [34] Acemoglu D, Restrepo P. Robots and jobs: evidence from US labor markets[J]. Journal of Political Economy, 2020, 128(06):2188-2244.
- [35] 程名望,张家平.互联网普及与城乡收入差距:理论与实证[J].中国农村经济,2019(2):19-41.
- [36] 李晓钟,李俊雨.数字经济发展对城乡收入差距的影响研究[J].农业技术经济,2022(2):77-93.
- [37] 宋晓玲.数字普惠金融缩小城乡收入差距的实证检验[J].财经科学,2017(6):14-25.
- [38] Krugman P R. Trade and wages, reconsidered[J]. Brookings Papers on Economic Activity, 2008, 2008(01):103-154.
- [39] 沈颖郁,张二震.对外贸易、FDI与中国城乡收入差距[J].世界经济与政治论坛,2011(6):136-147.
- [40] 袁冬梅,魏后凯,杨焕.对外开放、贸易商品结构与中国城乡收入差距:基于省际面板数据的实证分析[J].中国软科学,2011(6):47-56.
- [41] 魏浩,赵春明.对外贸易对我国城乡收入差距影响的实证分析[J].财贸经济,2012(1):78-86.
- [42] 徐敏,姜勇.中国产业结构升级能缩小城乡消费差距吗?[J].数量经济技术经济研究,2015(3):3-21.
- [43] 罗能生,彭郁.交通基础设施建设有助于改善城乡收入公平吗?:基于省级空间面板数据的实证检验[J].产业经济研究,2016(4):100-110.
- [44] 王永钦,董雯.机器人的兴起如何影响中国劳动力市场?:来自制造业上市公司的证据[J].经济研究,2020(10):159-175.
- [45] 陆铭,陈钊.分割市场的经济增长:为什么经济开放可能加剧地方保护?[J].经济研究,2009(3):42-52.
- [46] 赵进文,苏明政.劳动力市场分割、金融一体化与巴拉萨-萨缪尔森效应:基于省际面板平滑转换模型的检验[J].金融研究,2014(1):16-28.
- [47] 韩帅帅,孙斌栋.中国劳动力市场分割的时空演化[J].人口与经济,2019(2):92-104.
- [48] 魏下海,张沛康,杜宇洪.机器人如何重塑城市劳动力市场:移民工作任务的视角[J].经济学动态,2020(10):92-109.
- [49] 赵春明,李震,李宏兵等.机器换人:工业机器人使用与区域劳动力市场调整[J].北京师范大学学报(社会科学版),2020(6):113-127.
- [50] 许秀川,王钊.城市化、工业化与城乡收入差距互动关系的实证研究[J].农业经济问题,2008(12):65-71,111-112.
- [51] 郝楠,江永红.谁影响了中国劳动力就业极化?[J].经济与管理研究,2017(5):75-85.