

人工智能对地区产业结构升级的影响

封金妍, 吴晓隽*

东华大学旭日工商管理学院, 上海

收稿日期: 2025年6月23日; 录用日期: 2025年7月4日; 发布日期: 2025年8月20日

摘要

人工智能在推动中国产业结构升级中扮演着重要的角色, 是新质生产力的重要引擎。本文以2009~2022年中国省域面板资料为基础, 从区域省际层面考察人工智能对产业结构升级的影响效果和作用通路。研究发现, 人工智能间接驱动产业结构升级的作用渠道——劳动力结构优化, 总体上可以促进产业结构转型升级; 分区域回归结构显示内地人工智能发展成效更加显著; 分区域回归结构表明, 人工智能发展在内地地区有着更为显著的效果。在此基础上, 提出了加快智能基础设施建设, 优化区域劳动力结构, 发挥区域比较优势的对策。

关键词

人工智能, 劳动力结构, 产业结构升级, 新质生产力

The Impact of Artificial Intelligence on Regional Industrial Structure Upgrading

Jinyan Feng, Xiaojun Wu*

Glorious Sun School of Business and Management, Donghua University, Shanghai

Received: Jun. 23rd, 2025; accepted: Jul. 4th, 2025; published: Aug. 20th, 2025

Abstract

Artificial intelligence serves as a key driver of new productive forces and plays a significant role in promoting industrial structure upgrading in China. This paper examines the impact and channels through which AI influences industrial structure upgrading at the inter-provincial level in China, based on provincial panel data from 2009 to 2022. The study finds that AI generally promotes industrial structure upgrading, with labor force structure optimization serving as the indirect channel through which AI drives industrial structure upgrading. Regional regression analysis indicates

*通讯作者。

that AI development has a more significant effect in inland regions. Based on these findings, this paper proposes policy recommendations in three areas: enhancing the construction of intelligent infrastructure, optimizing regional labor force structures, and leveraging regional comparative advantages.

Keywords

Artificial Intelligence, Labor Force Structure, Industrial Structure Upgrading, New Quality Productivity

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前, 中国正处在新一轮科技革命的重要历史阶段, 这一变革具有深远的战略意义。与此同时, 传统劳动密集型产业所依赖的“人口红利”正逐步消退, 叠加“重复建设”、“产能过剩”、“环境污染”以及“核心技术受制于人”等问题日益凸显, 已成为阻碍经济社会持续高质量发展的主要瓶颈。面对新的发展阶段, 我国亟需推动经济动能转换, 优化产业结构, 加快产业整合步伐, 以实现经济发展质量与效率的同步提升。

在两会政府工作报告中, 人工智能被明确列为引领新一轮科技革命和产业变革的核心力量, 并强调要加快推进新一代人工智能技术的发展。这不仅体现了国家层面对未来科技与产业融合趋势的深刻把握, 也关乎我国能否在全球科技竞争中占据有利位置。目前, 人工智能正在加速渗透到各个行业, 催生出大量新产业、新业态和新模式, 成为推动生产力跃升的关键引擎。

在此背景下, 如何充分发挥人工智能的技术优势, 结合我国区域发展特点, 制定科学合理的产业结构优化升级战略, 已成为当前政策制定者和学术界共同关注的重点议题。为此, 本文聚焦中国产业结构升级问题, 围绕人工智能是否能够有效推动产业升级这一核心命题展开深入研究。在此基础上, 进一步探讨人工智能影响产业结构调整的作用路径, 并进行系统评估, 旨在为相关政策的制定与完善提供坚实的理论支持和实证依据。

2. 文献综述

以人工智能为核心代表的自动化技术, 凭借其广泛的适用性、强替代性、协同能力和渗透能力, 正在深刻重塑企业的生产模式与劳动力市场结构。现有大量研究主要从就业结构变化、城乡收入差距、产业转移以及产业集聚等角度探讨人工智能对我国经济发展所产生的影响。总体来看, 人工智能在优化产业结构方面展现出显著作用, 已成为学界关注的重点领域。

已有文献多从财政支出结构、产业扶持政策以及技术创新机制等维度分析推动产业结构升级的主要因素[1]-[3]。胡俊与杜传忠(2020)指出[4], 由于人工智能具备广泛渗透力和数据驱动特征, 能够带动多个新兴行业的快速成长, 并显著提升整体生产效率, 从而助力我国实现深层次的产业结构调整。Su *et al.* (2021)的研究也表明, 在数字经济发展的背景下, 异质性技术在推动产业结构优化过程中发挥了关键作用[5]。郭凯明(2019)则强调, 作为一项具有普遍适用性的技术, 人工智能具备全新的底层技术架构, 对不同行业中的劳动力与资本要素具有选择性影响[6]。其输出弹性及对传统生产方式的替代程度因行业而异,

进而引发生产要素在各产业之间的重新配置, 最终推动产业结构的演进与升级。

综上所述, 从理论与实证两个层面来看, 当前学术界已积累了大量关于人工智能应用效果的研究成果, 普遍证实了其在推动产业结构优化与升级过程中所起到的积极作用[7]。然而, 现有研究仍存在若干不足之处。一方面, 大多数文献的研究视角较为集中于行业或区域异质性等单一维度, 缺乏对问题的多角度、系统化分析; 另一方面, 在探讨人工智能发展、产业升级以及劳动力结构变动三者之间内在联系方面, 相关理论构建尚显薄弱, 尤其是在人工智能如何通过改变劳动力配置来间接促进产业结构调整这一机制上, 尚未形成清晰、完整的作用路径和逻辑解释。因此, 未来的研究应在继承现有成果的基础上, 进一步完善理论模型, 加强对关键作用机制的剖析, 从而更全面地揭示人工智能影响产业结构升级的深层规律。

3. 理论分析与研究假设

(一) 直接机制与研究假设

人工智能作为新一轮科技革命的重要推动力, 其本质是以数字化手段驱动的技术革新。它通过对实体经济体系进行深度改造, 在优化产业结构和提升经济运行效率方面发挥着关键作用, 从而为传统产业的转型升级提供了新动能[8]。从技术实现路径来看, 人工智能重构了传统的生产模式与工艺流程, 显著提升了产业整体的技术水平。通过将生产过程向数字化、智能化方向演进, 增强了产业链的产出能力。随着人工智能在领先企业中的应用不断深化, 其技术优势也逐步向上下游企业扩散, 带动产业链相关主体改进落后的生产方式, 形成跨企业的技术外溢效应, 进一步提升了产业整体的发展质量。

此外, 人工智能的应用还体现在对生产过程的实时监控与动态调控上。借助智能系统可以及时识别并处理生产中的异常情况, 从而优化流程、提升控制精度和运行稳定性。这种方式有效降低了人为操作带来的不确定性, 保障了产品质量的一致性与可靠性, 增强了企业在市场中的竞争优势[9]。与此同时, 依托智能化制造体系与智慧供应链管理方法, 企业能够更迅速地应对市场需求变化, 增强生产的灵活性与适应能力。在提升产业运行效率方面, 人工智能还通过赋能劳动力, 提高员工技能水平, 加快生产节奏与创新步伐。例如, 借助自动化控制系统和智能装备, 不仅可以实现对生产状态的实时追踪, 还能有效节省资源投入, 降低运营成本, 进而提升全要素生产率。

综上所述, 人工智能促进产业结构优化升级的作用机制主要体现在三个方面: 推动技术革新、提升产品品质、增强生产效能。基于以上分析, 本文提出如下研究假设:

H1: 人工智能应用对产业结构升级有正向作用。

(二) 间接渠道与研究假设

间接作用主要体现在人工智能通过机制变量对产业结构优化所产生的影响。Laptev 的研究表明, 人工智能在产业中的研发、应用与扩散过程会对劳动力市场产生双重效应, 即替代效应与互补效应[10]。劳动力作为经济系统中关键的生产要素, 其结构变动往往能够反映出产业结构的调整趋势, 因此在人工智能推动产业升级的过程中, 劳动力结构被视为一个重要的传导机制。具体而言, 这种作用路径可以从以下两个方面进行阐述:

首先, 从替代效应来看, 基于技能偏向型技术进步理论, 人工智能的发展在减少对低技能劳动需求的同时, 也对这部分群体的就业机会和薪资水平带来压力。随着自动化设备和智能制造系统的广泛应用, 企业对高技能人才的需求不断上升, 而对低技能劳动者的需求则相应下降[11]。这一变化促使部分原本从事低技能岗位的劳动力向劳动密集型行业或服务业转移, 从而带动了这些领域的规模化发展, 并进一步推动产业结构向更高层次演进[12]。

其次, 互补效应同样不可忽视。人工智能系统的运行与维护依赖于大量具备信息技术、数据分析与

系统管理等能力的高素质人才。在高端人力资源供给不足的情况下, 智能产业往往会吸引来自其他行业的专业技术人才, 形成跨行业的人才流动现象[13]。这不仅缓解了智能化领域人才短缺的问题, 也有助于改善相关产业内部的劳动力构成, 提升整体人力资本质量。

基于上述分析, 本文提出如下研究假设:

H2: 人工智能通过优化劳动力资源配置, 进而推动产业结构的转型升级。

4. 研究设计

(一) 模型设定

建立基准回归模型如下:

$$Isu_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 AI_{it} + \alpha_2 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, Isu_{it} 表示 i 省域在 t 时期的产业结构升级水平, AI_{it} 为核心解释变量, 表示 i 省域在 t 时期的人工智能水平, μ_i 表示 i 省域的个体固定效应, δ_t 表示 t 时期的时间固定效应, ε_{it} 为随机扰动项。

建立中介效应模型如下:

$$Lab_{it} = \beta_0 + \beta_1 AI_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$Isu_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 AI_{it} + \gamma_2 Lab_{it} + \gamma_3 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

(二) 变量设定

(1) 被解释变量。产业结构升级(Isu)。三次产业结构比重与各行业劳动生产率之间的加权关系进行测度[14], 具体计算公式如下:

$$Isuh_{it} = \sum_{j=1}^3 \frac{Y_{ijt}}{Y_{it}} * \frac{Y_{ijt}}{L_{ijt}} \quad (4)$$

$j = 1, 2, 3$

其中, Y_{ijt} 表示增加值, Y_{it} 是生产总值, L_{ijt} 表示从业人员数, j 表示产业。

产业结构合理化($Isur$), 用泰尔指数进行测度[15], 其计算公式如下:

$$Isur_{it} = \sum_{j=1}^3 \frac{Y_{ijt}}{Y_{it}} * \ln \left(\frac{\frac{Y_{ijt}}{L_{ijt}}}{\frac{Y_{it}}{L_{it}}} \right) \quad (5)$$

$j = 1, 2, 3$

其中, $\frac{L_{ijt}}{L_{it}}$ 表示第二产业从业人员数在总就业人数中的占比, 其他指标解释同上式。 $Isur_{it}$ 衡量产业结构偏离均衡状态的程度。

取二者之差, 得到产业结构升级整体指标。

$$Isu_{it} = Isuh_{it} - Isur_{it} \quad (6)$$

$j = 1, 2, 3$

(2) 核心解释变量。人工智能水平(AI), 借鉴芦婷婷(2021)[16]、康茜等(2021)[17]的做法进行测度。具体计算方法: 从中国劳动统计年鉴里面收集细分行业各个省份的就业人数占全国总就业人数的百分比, 然后用这个百分比×全国各行业机器人安装数量。

(3) 中介变量。劳动力结构(Lab)。参考相关文献并结合数据可得性, 专科以上学历为高技能劳动力,

其余学历为低技能劳动力, 采用高技能劳动力占总劳动力的比重作为测度指标。

(4) 控制变量。政府介入度(Gov): 使用每个地区的政府开支与本地国内生产总值的比例; R&D 强度(Inn): 是指每个地区的 R&D 费用占国内生产总值的比率; 开放度(Open): 是指每个区域的进出口总额占国内生产总值的比重; 人力资本(Hc): 大学在校学生占总人口的比例。

(三) 数据说明

本文所涉及变量的原始数据主要来源于《中国统计年鉴》以及各省份和直辖市的统计年鉴资料。对少量缺失值使用线性插值法补齐。表 1 展示了各变量的描述性统计结果, 包括均值、标准差、最大值与最小值等基本统计特征。

Table 1. Descriptive statistics results

表 1. 描述性统计结果

| 变量 | 观测值 | 平均数 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|------|-----|-------|-------|-------|--------|
| Isu | 420 | 2.388 | 0.126 | 2.132 | 2.836 |
| AI | 420 | 1.221 | 2.379 | 0.005 | 22.406 |
| Lab | 420 | 7.597 | 0.773 | 5.550 | 8.860 |
| Gov | 420 | 0.255 | 0.110 | 0.110 | 0.760 |
| Inn | 420 | 0.021 | 0.015 | 0.000 | 0.070 |
| Open | 420 | 0.277 | 0.294 | 0.010 | 1.460 |
| Hc | 420 | 0.021 | 0.006 | 0.010 | 0.040 |

5. 实证结果分析

(一) 基准回归分析

由 VIF 及豪斯曼检验的结果可以看出, 该方法不会产生多重的共线性, 故以固定效应模型来估计是更具科学性的。表 2 列出了一个基准的回归结果, 其中人工智能对整个工业结构的总体提升起到了作用。由表 2 列(1)中显示, 在加入控制变量之前, 人工智能对于产业结构的升级有着积极的促进作用。在引入控制变量后, 回归系数有所降低, 但是仍然是显著的。分析其原因, 人工智能技术能够利用互联网平台降低要素成本, 利用标准化的知识模型实现对市场需求的快速响应、新产品的迅速开发, 从而促进产业链转型升级。

Table 2. Benchmark regression results

表 2. 基准回归结果

| 变量 | (1) | (1) |
|----------|---------------------|---------------------|
| | ISU | ISU |
| AI | 0.015*** (11.68) | 0.008*** (5.38) |
| Gov | | 0.470*** (6.50) |
| Inn | | 2.694*** (5.02) |
| Open | | -0.059** (-2.10) |
| Hc | | 5.104*** (9.16) |
| Constant | | 2.114*** |

续表

| | | |
|--------------|-----|---------|
| | | (82.08) |
| Observations | 420 | 420 |
| Number of id | 30 | 30 |
| 时间固定效应 | YES | YES |
| 个体固定效应 | YES | YES |

(二) 异质性分析

本文将地区划分为沿海与内陆地区进行分析, 采用加权最小二乘法对沿海与内陆样本进行差异化赋权。回归结果见表 3, 结果显示, 人工智能对产业结构升级在两个地区均显著正向影响, 但对内陆地区的影响效果更大。

对内地而言, 其较低的人工智能技术水平, 可能意味着更低的成本与先期投入, 以吸引更多的创新型企业与创业型企业, 进而带动产值的提升。此外, 部分内地仍以传统工业为主体, 其发展还处于起步阶段, 运用人工智能技术可以更好地促进产业结构升级。第四, 内地具有比较稳定的市场环境, 能够为行业提供海量的实际数据与应用情景, 促进行业中的人工智能技术的实施与优化, 使其能够更好地了解并适应市场的需要, 进行个性化定制, 增强竞争能力, 促进行业转型升级。

但是, 沿海地区在组织结构与管理制度的有效性、生产运作的效率与优化程度、发明专利的数量和劳动力的质量等方面存在着比较优势。产业结构升级程度是多因素综合作用的复杂指数, 除人工智能技术之外, 还存在其它对提高生产效率与生产率具有重要影响的因素。其中, 资源型人工智能技术发展程度越高, 同时又具备其它优势, 对产业结构升级的作用就越弱。

Table 3. Heterogeneity test results

表 3. 异质性检验结果

| 变量 | (1) | (2) |
|--------------|----------------------|----------------------|
| | 沿海地区 ISU | 内陆地区 ISU |
| AI | 0.004*** (2.83) | 0.051*** (14.00) |
| Gov | 0.497*** (2.87) | 0.429*** (6.66) |
| Inn | 3.059*** (3.93) | 0.404 (0.61) |
| Open | -0.097*** (-3.20) | -0.253*** (-3.98) |
| Hc | 2.146 (1.51) | 1.690*** (2.95) |
| Constant | 2.303*** (44.29) | 2.175*** (83.30) |
| Observations | 140 | 280 |
| Number of id | 10 | 20 |
| 时间固定效应 | YES | YES |
| 个体固定效应 | YES | YES |

(三) 稳健性检验

为了确保研究结果的科学性和准确性, 本文在 1% 的水平上进行缩尾处理, 并给出了表 4 中的回归结

果。通过与标准回归的比较, 证明了该方法是可靠和有效的。

Table 4. Robustness test results

表 4. 稳健性检验结果

| 变量 | (1) 缩尾处理 ISU |
|--------------|---------------------|
| AI | 0.028*** (5.28) |
| Gov | 0.270*** (4.30) |
| Inn | 2.346*** (5.89) |
| Open | -0.041** (-2.28) |
| Hc | 5.236*** (8.92) |
| Constant | 2.189*** (82.20) |
| Observations | 420 |
| Number of id | 30 |
| 时间固定效应 | YES |
| 个体固定效应 | YES |

(四) 内生性问题

本项目拟采用一种人工智能的一阶时滞(L.AI)为工具变量, 对其进行内生性处理, 以克服模型中可能出现的遗漏变量及可能出现的逆向因果关系。回归结果如表 5 所示。人工智能的滞后一期对产业结构升级具有显著正向影响, 且 F 统计量为 131.670, 远高于经验准则的 10, 表明工具变量具有较强的解释力。

Table 5. Endogenous problem test results

表 5. 内生性问题检验结果

| 变量 | (1) ISU |
|--------------|----------------------|
| L.AI | 0.011*** (4.93) |
| Gov | 0.441*** (5.69) |
| Inn | 2.605*** (4.75) |
| Open | -0.080*** (-2.83) |
| Hc | 4.963*** (8.34) |
| Constant | 2.135*** (75.41) |
| Observations | 390 |
| Number of id | 30 |
| 时间固定效应 | YES |
| 个体固定效应 | YES |

(五) 机制效应分析

大量研究表明, 人工智能应用的提升会促进劳动力结构的改善, 劳动力结构的改善会促进产业结构升级。回归结果如表 6 所示。列(1)表示 AI 对 Lab 的影响正向显著, 同时, Lab 对 Isu 的影响也正向显著, 因此假设 2 成立。

Table 6. Results of mediating effect test

表 6. 中介效应检验结果

| 变量 | (1) | (2) |
|--------------|---------------------|--------------------|
| | Lab | Isu |
| AI | 0.018*** (4.93) | 0.022*** (4.98) |
| Lab | | 0.348*** (3.78) |
| Constant | 2.597*** (80.91) | |
| Observations | 390 | |
| Number of id | 30 | |
| 时间固定效应 | YES | YES |
| 个体固定效应 | YES | YES |
| 控制变量 | YES | YES |

6. 结论与政策启示

本文基于中国各省市 2009~2022 年的数据, 构建双向固定效应模型与机制模型来研究人工智能应用对产业结构升级的影响及其作用机制, 研究结果如下: 基准回归结果表明, 人工智能应用对产业结构升级产生正向影响, 并在经过内生性处理和稳健性检验后依然成立; 异质性分析表明, 人工智能应用在内陆地区对产业结构升级的促进作用更显著; 机制分析表明, 人工智能能通过改善劳动力结构进而促进产业结构升级。

基于上述结论, 本文提出以下政策建议。实证分析表明, 人工智能技术的应用在推动产业结构优化方面具有显著正向效应, 尤其是在内陆省份中表现得更为明显。因此, 应加大对中西部地区的政策倾斜和技术资源投入力度, 结合地方产业特点, 积极推进人工智能与传统行业的深度融合, 提升企业在智能制造与智能服务等领域的应用水平, 从而不断完善区域产业生态系统。与此同时, 研究还揭示了人工智能通过优化劳动力结构来促进产业升级的作用路径。基于此, 建议加快构建面向数字经济时代的职业教育和技能培训体系, 着力增强劳动者的数字化技能与岗位匹配能力, 以更好地适应由技术进步所引发的就业结构变动。此外, 人工智能的发展高度依赖于数据资源、治理机制以及制度环境的支持。为此, 有必要加快健全相关法律法规, 强化对数据安全、用户隐私及伦理问题的监管, 提升技术应用的规范程度与可持续性。同时, 进一步完善跨区域协同机制, 推动形成资源共享、优势互补的合作格局, 助力全国范围内产业结构迈向更高质量的发展阶段。

参考文献

- [1] 齐鹰飞, Li Yuanfei. 财政支出的部门配置与中国产业结构升级——基于生产网络模型的分析[J]. 经济研究, 2020, 55(4): 86-100.
- [2] 余泳泽, 孙鹏博, 宣烨. 地方政府环境目标约束是否影响了产业转型升级[J]. 经济研究, 2020, 55(8): 57-72.
- [3] 孙大明, 原毅军. 空间外溢视角下的协同创新与区域产业升级[J]. 统计研究, 2019, 36(10): 100-114.

-
- [4] 胡俊, 杜传忠. 人工智能推动产业转型升级的机制、路径及对策[J]. 经济纵横, 2020, 36(3): 94-101.
- [5] Su, J., Su, K. and Wang, S. (2021) Does the Digital Economy Promote Industrial Structural Upgrading?—A Test of Mediating Effects Based on Heterogeneous Technological Innovation. *Sustainability*, **13**, Article 10105. <https://doi.org/10.3390/su131810105>
- [6] 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.
- [7] 付文字, 李彦, 赵景峰. 人工智能如何影响地区制造业优化升级——基于双重中介效应的研究[J]. 经济体制改革, 2020, 38(4): 187-193.
- [8] Zhao, P., Gao, Y. and Sun, X. (2022) How Does Artificial Intelligence Affect Green Economic Growth?—Evidence from China. *Science of The Total Environment*, **834**, Article 155306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155306>
- [9] Graetz, G. and Michaels, G. (2018) Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, **100**, 753-768. https://doi.org/10.1162/rest_a_00754
- [10] Laptev, V. (2019) Artificial Intelligence and Liability for Its Work. *Law: Journal of the Higher School of Economics*, **35**, 79-102.
- [11] Autor, D.H., Levy, F. and Murnane, R.J. (2003) The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, **118**, 1279-1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- [12] 周杰琦, 陈达, 夏南新. 人工智能对绿色经济增长的作用机制与赋能效果——产业结构优化视角[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(4): 45-55.
- [13] Zimmermann, K.F. (1995) Flexibility in the Face of Demand Fluctuations: Employment, Capacity Utilization, and Industry Structure. *International Journal of Industrial Organization*, **13**, 179-193. [https://doi.org/10.1016/0167-7187\(94\)00450-g](https://doi.org/10.1016/0167-7187(94)00450-g)
- [14] 刘伟, 张辉. 中国经济增长中的产业结构变迁和技术进步[J]. 经济研究, 2008, 43(11): 4-15.
- [15] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究, 2011, 46(5): 4-16+31.
- [16] 康茜, 林光华. 工业机器人与农民工就业: 替代抑或促进[J]. 山西财经大学学报, 2021, 43(2): 43-56.
- [17] 芦婷婷, 祝志勇. 人工智能是否会降低劳动收入份额——基于固定效应模型和面板分位数模型的检验[J]. 山西财经大学学报, 2021. 43(11): 29-41.