

人工智能技术应用如何影响企业运营效率

——基于中国制造业上市公司的实证研究

刘海立

北京外国语大学国际商学院，北京

收稿日期：2024年12月24日；录用日期：2025年1月10日；发布日期：2025年2月18日

摘要

人工智能技术的快速发展为经济社会增添了新动力，本文研究了人工智能技术的应用对企业效率的影响，通过利用2003~2021年中国制造业上市公司人工智能采纳程度的面板数据，实证检验了人工智能技术应用促进了企业运营效率，并且根据企业性质进行检验发现民营企业效果更强。人工智能技术的应用会从降低生产成本和管理费用环节优化生产运营流程从而提高企业的运营效率。本文也检验了市场化程度的调节作用，对于市场化程度较高的地区人工智能技术的应用对企业运营效率的影响更加明显。因此政府应该积极推动国内人工智能技术的快速发展，企业应该深化人工智能技术的应用程度，实施智能化生产，快速实现产业升级和经济高质量发展。

关键词

人工智能，运营效率，制造业

How the Application of Artificial Intelligence Technology Affects the Operational Efficiency of Enterprises

—An Empirical Study Based on Chinese Manufacturing Listed Companies

Haili Liu

International Business School, Beijing Foreign Studies University, Beijing

Received: Dec. 24th, 2024; accepted: Jan. 10th, 2025; published: Feb. 18th, 2025

文章引用: 刘海立. 人工智能技术应用如何影响企业运营效率[J]. 现代管理, 2025, 15(2): 41-55.
DOI: 10.12677/mm.2025.152041

Abstract

The rapid development of artificial intelligence (AI) technology has added a new impetus to the economy and society. This paper investigates the impact of the application of AI technology on the efficiency of enterprises, and empirically examines the application of AI technology promotes the operational efficiency of enterprises by utilizing the panel data on the degree of adoption of AI by listed companies in China's manufacturing industry from 2003~2021, and the test is carried out based on the nature of the enterprise to find that the effect of private enterprises is stronger. The application of AI technology will optimize the production and operation process from the reduction of production costs and management expenses to improve the operational efficiency of enterprises. This paper also examines the regulating effect of the degree of marketization, and the impact of the application of AI technology on the operational efficiency of enterprises is more obvious in regions with a higher degree of marketization. Therefore, the government should actively promote the rapid development of AI technology in China, and enterprises should deepen the degree of application of AI technology, implement intelligent production, and rapidly realize industrial upgrading and high-quality economic development.

Keywords

Artificial Intelligence, Operational Efficiency, Manufacturing Industry

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

近年来，由于科技的高速发展全球迅速步入了以人工智能科技发展为标志的第四次工业革命。人工智能是新一轮技术革命和行业转型的关键因素，我国为抓住这个机会制定了许多有关的优惠政策促进开发人工智能技术，带动高新技术行业的发展与研发创新能力。从 2015 年 7 月国务院发布的《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》中国迈入人工智能发展新阶段到 2021 年 3 月《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》更是将新一代人工智能列入七大科技前沿领域之一。因此，我国必须重视人工智能技术的发展，在新的国际科技竞争中占据领先地位，快速实现经济高质量发展。

中国是制造业大国，是世界上发展最快的发展中国家，是全球第二大经济体，面对全球经济发展动力不足、逆全球化，中国企业尤其是制造业面临着严峻的挑战。中国企业要实现产业升级，加快经济高质量发展，形成竞争新优势，需要抓住此次机遇。正如不可预估的外部冲击、需求的不确定性、消费者的定制化要求，这些挑战都是企业急需解决的难题。随着工业 4.0 的到来，人工智能技术广泛应用于制造业，人工智能技术正在逐渐改变传统工业企业的生产管理方式。本文主要研究人工智能技术应用对于企业运营效率的影响，利用 2003~2021 年中国制造业上市公司人工智能采纳程度数据，实证检验对制造业上市公司运营效率的影响，并进一步探究了人工智能技术应用对企业运营效率的作用机制。

2. 文献综述

根据现有文献探讨人工智能应用对企业运营效率的影响的文章很少，大部分集中在人工智能技术应

用对就业、劳动力市场的影响。本文主要从企业运营效率的定义、影响企业运营效率的因素以及人工智能技术的应用对企业效率的影响三个方面进行文献的回顾。

2.1. 企业运营效率概念的相关研究

企业运营效率指标能够帮助了解企业的经营状况，主要是利用企业资产的使用效率进行分析[1]；对资源的有效配置是通过查看经营效率指标进行的[2]；不同于经营效率和生产效率，企业运营效率比较关注资产的使用率，想要提高企业运营效率需要提高企业将资产转化为收入的能力[3]；根据财政部发布的《企业绩效评价操作细则(修订)》，存货周转率(IT)和总资产周转率(TAT)是衡量企业运营效率的重要指标[4]。这两个指标分别代表了企业的资产的投入产出比和资产流动速度[5]；企业运营效率可以通过综合度量指标“流动资产周转率(CAT)”、营运资本周转率(WCT)以及同样可以衡量企业资金流转速度的指标“营业周期(OC)”进行测度[6]。

2.2. 企业运营效率影响因素的相关研究

影响企业运营效率既有外部因素也有企业内部因素。对于企业内部，企业运营效率会受到企业的发展阶段、企业类型等因素影响，国有企业具有政治方面的优势，有很多国企可能一味图利而忽视提升企业运营效率，周阳敏研究发现在房地产行业国有企业经营效率明显低于民营企业[2]。企业正常运作的关键是进行合理的内部控制，这与企业运营效率有着密切的关系[1]。根据 WSR 理论企业社会责任提升了营运资金管理效率[7]。

2.3. 人工智能影响效率的相关研究

人工智能技术的应用是否能够提升企业的运营效率，提高企业市场价值，获取竞争优势，是企业最为关心的问题。在互联网、大数据、人工智能飞速发展的现代社会，实体经济的制造技术已经逐渐融合了这些新一代的信息技术，推动着以工业机器人、人机智能交互和智能物流管理为代表的智能化制造的快速发展。新一代的生产技术能够促进企业全要素生产率的提高[8]。用于生产制造的机器人大大地提高了生产率、降低了生产成本，实现了技术和成本的双重优势[9]；智能制造能够实时把控生产过程，能够快速收集产品信息，提高市场反应速度和产品核心竞争力，提高企业运营效率的关键是进行智能化生产，并且可以通过市场化程度的提高促进人工智能技术对于企业运营效率的正面作用[10]；刘骏等通过利用 2014~2019 年国际机器人联盟(IFR)工业机器人分行业工业机器人存量数据以及 1710 家中国制造业上市公司的微观数据检验了工业机器人应用提升了中国制造业上市公司运营效率，工业机器人能够灵活调整产业规模，能够快速应对突发冲击，赢得竞争优势[6]。还有一部分研究认为人工智能技术的广泛应用会对企业运营效率产生负面影响，Aghion 等认为新兴的技术会与高端人才之间存在不匹配，对于劳动力的需求也会减少，从而降低了自动化带来的生产效益[11]。Gasteiger 和 Prettner 认为人工智能技术的应用能够替代人工，劳动力的需求缩小，工资下降，从而经济增长中的劳动力占比下降，会减缓经济的增长速度[12]。程虹等通过研究表明工业机器人的使用能够提高企业的管理能力，减少经营过程中的不确定性[13]。2018 年 IFR 报告指出机器人作为人工智能时代的重要代表，它的使用将会促进制造业在生产流程、组织管理和产品质量方面的提升。

从以上文献回顾可以看出，鲜少有文献直接研究人工智能技术的应用与企业运营效率之间的关系，因此这正是本文研究的重点。

3. 机制分析

本文以机器账面价值除以员工总数来衡量人工智能的应用程度，我们可以从工业机器人的视角出发

探究工业机器人的使用对于企业运营效率的影响路径。首先企业面临复杂的市场环境需要及时调整生产规模时，机器人调整具备成本低、速度快的特点，使得产量和需求量迅速对齐，从而提升企业运营效率。例如削减产量，机械化程度高的企业可以选择让机器人停止操作，从而降低产量、减少库存和积压，但是如果是雇佣的人力出于劳动保护法无法大幅度削减人员，所以无法快速调整产量导致产品积压，运营效率下降。第二，如果企业需要进行产品调整的时候，机器人可以使用编程的方法迅速完成新产品的生产，不需要额外培训人员，省时省钱高效。综上所述，以机器人为代表的人工智能技术的应用可以在一定程度上帮助企业减少库存产品、降低生产成本从而提高企业的运营效率，基于以上分析，本文提出以下假设：

H1：人工智能技术应用程度的提高会提升企业的运营效率。

企业的发展不仅受到内部因素的制约，外部因素也会起到重要影响，市场化程度是测量企业外部环境的指标，中国地区之间市场化发展程度差异很大，东部市场化程度相对较高，中西部相对较低[10]。第一随着市场化程度的推进，企业通过引进人工智能技术不断提升产品质量和降低成本从而吸引客户并且提高企业运营效率，第二市场化程度的提高会降低引进国外高新技术的成本提升企业运营效率，第三，企业的融资约束会随着市场化程度的加深而降低，加强了人工智能技术的应用对企业运营效率的促进作用。基于以上分析，本文提出以下假设：

H2：市场化程度越高，人工智能技术应用对企业运营效率的促进作用越强。

4. 研究方法

4.1. 数据来源

本文使用的数据主要来源于以下几个渠道：① 人工智能采纳程度数据来源于上市公司企业年报、东方财富 choice 网站和国泰安数据库，选择 2003~2021 年与人工智能相关的所有制造业 A 股上市公司面板数据，剔除 ST, *ST 公司和各变量缺失指标的样本；② 控制变量集、中介变量数据来源于上市公司企业年度报告。

4.2. 模型设定

为了检验人工智能技术应用对制造业上市公司企业运营效率的影响，构建以下面板数据模型：

$$\ln IT_{i,t} = c_1 + \alpha_1 \ln AI_{i,t} + \sum \text{Controls} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中： i 代表不同企业； t 代表不同年份； $\sum \text{Controls}$ 代表一系列控制变量，为了降低回归方程的异方差性和保证结果可靠性，所有变量在后续实证过程中均进行了对数处理； $\varepsilon_{i,t}$ 为残差项，(1)式是以企业存货周转率作为被解释变量的固定效应模型。

根据温忠麟等人提出的逐步检验法验证中介效应检验方法，在上述模型中增加生产成本(product_cost)和销售费用率(sale_cost)两个中介变量，从而明确人工智能技术对制造业企业上市公司运营效率的影响[14]。

$$\ln product_cost_{i,t} = c_1 + \alpha_1 \ln AI_{i,t} + \sum \text{Controls} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\ln IT_{i,t} = c_2 + \alpha_2 \ln AI_{i,t} + \gamma \ln product_cost_{i,t} + \sum \text{Controls} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\ln sale_cost_{i,t} = c_1 + \alpha_1 \ln AI_{i,t} + \sum \text{Controls} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$\ln IT_{i,t} = c_2 + \alpha_2 \ln AI_{i,t} + \gamma \ln sale_cost_{i,t} + \sum \text{Controls} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

4.3. 变量说明

4.3.1. 被解释变量

企业运营效率，根据刘骏等[6]以及雷海民等[4]存货周转率(IT)是衡量企业运营效率的重要指标，该指标从企业资产的投入产出比角度进行测量，除此之外本文还在稳健性检验中使用了能够衡量企业资产运用效率的另外三个指标分别是“流动资产周转率(CAT)”、“营运资本周转率(WCT)”“总资产周转率(TAT)”和能够衡量企业资金流转速度的指标“营业周期(OC)”，使用其余指标进行回归以增强结果的稳健性。

4.3.2. 核心解释变量

本文的核心解释变量是人工智能的采纳程度(AI)。在制造业的生产过程中，人工智能技术的应用对企业运营效率的影响很大。本文借鉴何勤[15]和孙文远等学者的做法[16]，采用企业机器设备的人均价值作为衡量企业人工智能采纳程度的指标，即企业固定资产报表中公布的机器账面价值/员工总数。

4.3.3. 中介变量

人工智能的应用会优化企业的生产运营流程，智能设计、智能生产和智能物流配送都能够提升对市场需求的反应速度，即使是定制化需求也能做到大批量生产，大规模的生产能够在一定程度上降低生产成本。因此，本文参考李平等选取了生产成本和销售费用率来反映生产运营流程优化作为中介变量[17]。其中，生产成本(product_cost)用营业总收入与营业成本的比值进行测量，销售费用率(sale_cost)用销售费用与营业收入的比值进行测量。

4.3.4. 调节变量

市场化程度(market_index)。本文参照樊纲教授提出的市场化指数，该指数通过对市场化程度的多个方面进行综合评估，最终能够反映一个国家或地区的市场化程度[18]。

4.3.5. 控制变量

参考已有文献的做法，本文在实证模型中选取以下指标控制企业的基本特征，公司规模采用总资产的对数(size)和营业收入的对数(ln sale)，资本密集度(Capital_intensity)，资产负债率(Asset_doubt_rate)，行业集中度(HHI_A)——赫芬达尔指数使用主营业务收入与行业主营业务收入合计的比值的平方累加以及企业上市年龄(age)。

4.4. 实证结果与分析

4.4.1. 描述性统计

首先是主要变量的描述性统计“见表 1”，从表中可以看出代表企业运营效率的指标(IT、OC、WCT、CAT、TAT)最大值、最小值、平均值之间差距较大，说明不同样本公司之间的运营效率存在较大差异。

Table 1. Descriptive statistics of the main variables

表 1. 主要变量的描述性统计

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Ln_AI	21,521	13.009	0.923	4.21	18.479
Ln_IT	21,459	1.189	0.888	-6.735	12.974
Ln_OC	21,496	5.278	0.817	-7.074	12.638
Ln_WCT	17,493	0.893	1.195	-8.431	9.051

续表

ln_CAT	21,514	-0.001	0.683	-8.473	3.286
ln_TAT	21,514	-0.607	0.639	-8.579	2.173
ln_product_cost	21,510	0.05	0.271	-7.759	2.11
ln_sale_cost	21,460	-3.071	1.095	-11.539	5.102
Ln_Asset_doubt_rate	21,520	-1.009	0.643	-4.89	5.184
Ln_Capital_intensity	21,514	0.607	0.639	-2.173	8.58
size	21,521	21.817	1.212	16.181	27.547
lnSale	21,514	21.211	1.444	12.701	27.512
age	21,521	8.468	6.811	-1	30
HHI_A	21,463	0.175	0.143	0.031	1

4.4.2. 基础回归

Table 2. Base regression: level of AI adoption and firm operational efficiency
表 2. 基础回归：人工智能的采纳程度与企业运营效率

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln_IT	ln_OC	ln_WCT	ln_CAT	ln_TAT
Ln_AI	0.076*** (0.007)	-0.047*** (0.006)	0.213*** (0.011)	0.115*** (0.003)	0.000*** (0.000)
ln_Asset_d~e	-0.101*** (0.009)	0.150*** (0.007)	0.940*** (0.015)	0.123*** (0.004)	0.000 (0.000)
ln_Capital~y	-0.656*** (0.009)	0.709*** (0.007)	-0.901*** (0.015)	-0.882*** (0.004)	-1.000*** (0.000)
size	-0.056*** (0.007)	0.065*** (0.006)	0.022* (0.012)	-0.015*** (0.003)	-0.000 (0.000)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
age	0.013*** (0.001)	-0.017*** (0.001)	-0.017*** (0.002)	-0.003*** (0.001)	-0.000 (0.000)
HHI_A_- _cons	-0.129*** (0.039)	0.047 (0.032)	0.193*** (0.062)	-0.101*** (0.018)	-0.000** (0.000)
N	21,400	21,437	17,438	21,455	21,455
adj. R-sq	0.122	0.269	0.270	0.687	1.000

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

接下来是基础回归的结果“见表 2”，第(1)~(5)列考察制造业上市公司人工智能采纳程度对企业运营

效率的影响,结果显示人工智能采纳程度对存货周转率(IT)、营运资本周转率(WCT)、流动资产周转率(CAT)、总资产周转率(TAT)具有显著正向影响,对营业周期(OC)有显著负向影响,即H1成立,总体来看,人工智能技术的应用提升了企业的运营效率。具体来看,人工智能的采纳程度每增加1%,存货周转率增长7.6%,营运资本周转率增长21.3%,流动资产周转率增长11.5%,总资产周转率增长0.0%,缩短企业的营业周期(OC)4.7%,(1)~(5)证实了人工智能技术应用对企业运营效率的促进作用。

4.4.3. 生产成本与销售费用的中介效应回归分析

Table 3. Regression results for the mediating effect of production costs
表3. 生产成本中介效应回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	ln_product~t	ln_IT	ln_OC	ln_WCT	ln_CAT	ln_TAT
Ln_AI	-0.016*** (0.002)	0.068*** (0.007)	-0.043*** (0.006)	0.209*** (0.011)	0.114*** (0.003)	0.000*** (0.000)
ln_Asset_d~e	-0.183*** (0.003)	-0.166*** (0.010)	0.178*** (0.008)	0.903*** (0.016)	0.112*** (0.004)	0.000*** (0.000)
ln_Capital~y	-0.244*** (0.003)	-0.738*** (0.010)	0.743*** (0.008)	-0.959*** (0.017)	-0.893*** (0.005)	-1.000*** (0.000)
size	0.102*** (0.002)	-0.020*** (0.007)	0.049*** (0.006)	0.045*** (0.012)	-0.010*** (0.003)	-0.000*** (0.000)
age	-0.011*** (0.000)	0.009*** (0.001)	-0.015*** (0.001)	-0.020*** (0.002)	-0.004*** (0.001)	0.000** (0.000)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	-0.047*** (0.014)	-0.145*** (0.039)	0.053* (0.032)	0.178*** (0.061)	-0.103*** (0.018)	-0.000* (0.000)
ln_product~t	-0.345*** (0.020)	0.144*** (0.017)	-0.344*** (0.039)	-0.051*** (0.009)	0.000*** (0.000)	
_cons	-1.904*** (0.057)	0.979*** (0.161)	4.603*** (0.131)	-1.032*** (0.281)	-0.563*** (0.074)	0.000 (0.000)
N	21,451	21,396	21,433	17,436	21,451	21,451
adj. R-sq	0.258	0.135	0.272	0.273	0.687	1.000

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

生产成本和销售费用中介效应回归结果“见表3”和“见表4”,采用逐步检验法,首先检验采用人工智能采纳程度对于生产成本回归情况,从表中可以看出解释变量对中介变量的回归系数显著,接下来在主效应中加入中介变量,从回归结果中可以看出,加入中介变量后,解释变量的回归系数均通过了1%的显著性检验,说明存在中介效应,人工智能采纳程度会降低生产成本进而促进企业运营效率,即H1成立。智能化制造会使生产过程的各环节得到升级,从而提升企业运营效率,例如,企业通过智能物流

仓储设备可以更好地实现从采购到入库再到销售的高效配合过程，降低物流、采购成本，减少产品积压，从而降低企业运营成本。

Table 4. Regression results of the mediating effect of selling expenses
表4. 销售费用中介效应回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	ln_sale_cost	ln_IT	ln_OC	ln_WCT	ln_CAT	ln_TAT
Ln_AI	-0.035*** (0.008)	0.060*** (0.007)	-0.039*** (0.005)	0.215*** (0.011)	0.114*** (0.003)	0.000*** (0.000)
ln_Asset_d~e	0.057*** (0.010)	-0.082*** (0.009)	0.138*** (0.007)	0.958*** (0.015)	0.125*** (0.004)	0.000 (0.000)
ln_Capital~y	0.329*** (0.010)	-0.612*** (0.009)	0.675*** (0.007)	-0.908*** (0.016)	-0.887*** (0.004)	-1.000*** (0.000)
size	-0.070*** (0.008)	-0.063*** (0.007)	0.063*** (0.005)	0.021* (0.012)	-0.014*** (0.003)	-0.000 (0.000)
age	0.001 (0.001)	0.014*** (0.001)	-0.016*** (0.001)	-0.017*** (0.002)	-0.003*** (0.000)	-0.000 (0.000)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	0.028 (0.044)	-0.120*** (0.038)	0.048 (0.030)	0.190*** (0.061)	-0.095*** (0.018)	-0.000 (0.000)
ln_sale_cost	-0.139*** (0.006)	0.114*** (0.005)	0.043*** (0.011)	0.006** (0.003)	-0.000*** (0.000)	
_cons	-1.234*** (0.177)	1.540*** (0.155)	4.620*** (0.123)	-0.467* (0.280)	-0.455*** (0.071)	-0.000 (0.000)
N	21,401	21,366	21,394	17,409	21,401	21,401
adj. R-sq	-0.082	0.147	0.301	0.269	0.691	1.000

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

销售费用中介效应回归结果“见表4”，采用逐步检验法，从表中可以看出解释变量对中介变量的回归系数显著，然后在主效应中加入中介变量，从回归结果中可以看出，加入中介变量后，解释变量的回归系数均通过了1%的显著性检验，说明存在中介效应，人工智能采纳程度会降低销售费用进而促进企业运营效率，即H1成立。在现实的企业运营过程中，通过智能设备可以帮助销售更好地锁定产品的目标用户和市场范围，从而帮助销售人员更快地识别客户进行精准推送，减少营销费用，从而提升企业运营效率。

4.4.4. 市场化程度的调节作用

加入人工智能采纳程度与市场化程度交乘项的回归结果“见表5~9”，“见表5”、“见表7~9”的(3)列所示，交乘项Ln_AI_market_index的系数均显著为正，“见表6”的系数显著为负，表明市场化程度确实影响着人工智能采纳程度与企业运营效率的关系，市场化程度越高，人工智能采纳程度对企业运

营效率的促进作用越强[19]。市场化程度较高的地区,由于引进人才和技术等相对容易,人工智能技术的应用对企业运营效率的影响更加明显,即 H2 成立。

Table 5. Moderating effects test (IT)**表 5. 调节效应检验(IT)**

	(1)	(2)	(3)
	ln_IT	ln_IT	ln_IT
Ln_AI	0.076*** (0.007)		
ln_Asset_d~e	-0.101*** (0.009)	-0.095*** (0.023)	-0.103*** (0.023)
ln_Capital~y	-0.656*** (0.009)	-0.615*** (0.022)	-0.620*** (0.022)
size	-0.056*** (0.007)	-0.047*** (0.016)	-0.049*** (0.016)
age	0.013*** (0.001)	0.019*** (0.004)	0.010** (0.004)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	-0.129*** (0.039)	-0.096 (0.091)	-0.107 (0.091)
market_index	-0.011 0.003*** (0.001)		(0.020)
Ln_AI_mark~x			
_cons	1.622*** (0.159)	2.487*** (0.371)	2.140*** (0.343)
N	21,400	3972	3972
adj. R-sq	0.122	0.034	0.036

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

Table 6. Moderating effects test (OC)**表 6. 调节效应检验(OC)**

	(1)	(2)	(3)
	ln_OC	ln_OC	ln_OC
Ln_AI	-0.047*** (0.006)		
ln_Asset_d~e	0.150*** (0.007)	0.116*** (0.019)	0.123*** (0.019)
ln_Capital~y	0.709*** (0.007)	0.630*** (0.019)	0.635*** (0.019)

续表

	0.065***	0.046***	0.048***
size	(0.006)	(0.014)	(0.013)
age	-0.017*** (0.001)	-0.012*** (0.004)	-0.004 (0.003)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	0.047 (0.032)	-0.108 (0.078)	-0.098 (0.078)
market_index	0.005		(0.017)
Ln_AI_mark~x	-0.003*** (0.001)		
_cons	4.338*** (0.128)	3.992*** (0.315)	4.294*** (0.291)
N	21,437	3980	3980
adj. R-sq	0.269	0.125	0.128

Standard errors in parentheses: * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Table 7. Moderated effects test (WCT)**表 7.** 调节效应检验(WCT)

	(1)	(2)	(3)
	ln_WCT	ln_WCT	ln_WCT
Ln_AI	0.213***		(0.011)
ln_Asset_d~e	0.940*** (0.015)	0.898*** (0.044)	0.886*** (0.044)
ln_Capital~y	-0.901*** (0.015)	-0.889*** (0.040)	-0.897*** (0.040)
size	0.022* (0.012)	-0.006 (0.032)	-0.003 (0.032)
age	-0.017*** (0.002)	-0.016** (0.007)	-0.041*** (0.007)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	0.193*** (0.062)	0.227 (0.151)	0.193 (0.151)
market_index	-0.039		(0.031)
Ln_AI_mark~x	0.008*** (0.002)		

续表

_cons	-0.628** (0.277)	3.175*** (0.722)	2.077*** (0.684)
N	17,438	3058	3058
adj. R-sq	0.270	0.114	0.119

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

Table 8. Moderated effects test (CAT)**表 8. 调节效应检验(CAT)**

	(1)	(2)	(3)
	ln_CAT	ln_CAT	ln_CAT
Ln_AI	0.115*** (0.003)		
ln_Asset_d~e	0.123*** (0.004)	0.064*** (0.010)	0.052*** (0.010)
ln_Capital~y	-0.882*** (0.004)	-0.849*** (0.010)	-0.859*** (0.010)
size	-0.015*** (0.003)	0.021*** (0.007)	0.017** (0.007)
age	-0.003*** (0.001)	-0.009*** (0.002)	-0.022*** (0.002)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	-0.101*** (0.018)	-0.163*** (0.044)	-0.179*** (0.043)
market_index	0.007		(0.010)
Ln_AI_mark~x	0.006*** (0.001)		
_cons	-0.466*** (0.072)	0.258 (0.173)	-0.157 (0.157)
N	21,455	3986	3986
adj. R-sq	0.687	0.615	0.629

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

Table 9. Moderated effects test (TAT)**表 9. 调节效应检验(TAT)**

	(1)	(2)	(3)
	ln_TAT	ln_TAT	ln_TAT
Ln_AI	0.000*** (0.000)		
ln_Asset_d~e	0.000 (0.000)	0.000* (0.000)	0.000* (0.000)

续表

	-1.000*** (0.000)	-1.000*** (0.000)	-1.000*** (0.000)
ln_Capital~y			
size	-0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)
age	-0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	-0.000** (0.000)	-0.000** (0.000)	-0.000** (0.000)
market_index	-0.000 0.000		(0.000)
Ln_AI_mark~x			
_cons	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)
N	21,455	3986	3986
adj. R-sq	1.000	1.000	1.000

Standard errors in parentheses: * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

4.4.5. 异质性分析

根据企业性质将样本划分为国有企业和民营企业，“见表 10、表 11”可以看出，由于民营企业的灵活度相对较大拥有更多的自主权，相对于国有企业，民营企业人工智能技术的应用对企业运营效率的促进作用更强[20]。

Table 10. Artificial intelligence application and enterprise operational efficiency in state-owned enterprises
表 10. 国有企业人工智能应用与企业运营效率

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln_IT	ln_OC	ln_WCT	ln_CAT	ln_TAT
Ln_AI	0.046*** (0.010)	-0.026*** (0.008)	0.156*** (0.022)	0.094*** (0.005)	0.000*** (0.000)
ln_Asset_d~e	-0.097*** (0.017)	0.137*** (0.014)	1.200*** (0.037)	0.120*** (0.009)	-0.000 (0.000)
ln_Capital~y	-0.730*** (0.013)	0.796*** (0.011)	-0.906*** (0.030)	-0.864*** (0.007)	-1.000*** (0.000)
size	0.000 (0.011)	0.038*** (0.009)	-0.041* (0.023)	-0.024*** (0.006)	0.000 (0.000)
age	0.009*** (0.002)	-0.015*** (0.001)	-0.010*** (0.003)	-0.005*** (0.001)	-0.000** (0.000)

续表

lnSale	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)
HHI_A_	0.056	-0.048	0.019	-0.040	0.000
	(0.062)	(0.051)	(0.123)	(0.032)	(0.000)
_cons	0.848***	4.510***	1.836***	0.059	-0.000***
	(0.253)	(0.208)	(0.539)	(0.129)	(0.000)
N	7459	7461	5319	7462	7462
adj. R-sq	0.242	0.397	0.233	0.685	1.000

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01

Table 11. Artificial intelligence application and business operation efficiency in private enterprises
表 11. 民营企业人工智能应用与企业运营效率

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln_IT	ln_OC	ln_WCT	ln_CAT	ln_TAT
Ln_AI	0.074*** (0.010)	-0.013* (0.008)	0.228*** (0.014)	0.115*** (0.004)	-0.000** (0.000)
ln_Asset_d~e	-0.090*** (0.012)	0.132*** (0.009)	0.881*** (0.018)	0.138*** (0.005)	0.000** (0.000)
ln_Capital~y	-0.636*** (0.013)	0.628*** (0.010)	-0.917*** (0.019)	-0.896*** (0.006)	-1.000*** (0.000)
size	-0.066*** (0.010)	0.074*** (0.008)	0.024 (0.016)	-0.020*** (0.005)	0.000 (0.000)
age	0.010*** (0.002)	-0.017*** (0.002)	-0.011*** (0.003)	0.002** (0.001)	0.000 (0.000)
lnSale	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)	0.000 (.)
HHI_A_	-0.251*** (0.052)	0.117*** (0.043)	0.208*** (0.075)	-0.097*** (0.024)	-0.000 (0.000)
_cons	1.895*** (0.233)	3.757*** (0.187)	-1.004*** (0.366)	-0.398*** (0.104)	0.000 (0.000)
N	11,994	12,026	10,472	12,043	12,043
adj. R-sq	0.043	0.151	0.292	0.677	1.000

Standard errors in parentheses: *p < 0.10, **p < 0.05, ***p < 0.01.

5. 结论与建议

本文以中国制造业上市公司为研究样本, 利用 2003~2021 年中国制造业上市公司人工智能采纳程度数据, 实证检验了人工智能技术的应用对制造业上市企业运营效率的影响。实证结果表明, 随着人工智

能采纳程度不断提高也会相应提升企业运营效率。本文进行了异质性分析发现民营企业的人工智能技术应用对企业运营效率的促进作用相比于国有企业更强。并进一步检验了市场化程度在人工智能技术应用影响企业运营效率过程中的调节作用，并发现人工智能技术的应用会降低生产成本和销售费用从而促进企业的运营效率。本文的研究意义在于：一方面，从企业运营效率的角度出发，考察了以机器人为代表的人工智能技术应用对企业运营效率的影响，论述了智能化生产的重要性，另一方面也揭示了人工智能技术应用会通过“生产运营流程优化”来降低生产成本和销售费用提高企业的运营效率。

近年来全球经济增长缓慢，不确定性加强和逆全球化浪潮不断加剧，中国作为世界上发展最快的发展中国家，世界第二大经济体，受到了严重的冲击，尤其是中国的制造业企业受到了巨大的挑战，为实现高质量发展与产业升级，企业进行大规模地使用人工智能技术是必不可少的手段，政府应该积极推动国内人工智能技术的快速发展，在融资、技术指导和人才引进等方面提供便利和帮助，进一步激发企业活力，早日实现经济繁荣和社会进步。面对人工智能技术的迅猛发展，中国制造业正迎来前所未有的机遇与挑战。为有效抓住AI革命的机遇，并支持制造业上市公司利用人工智能技术提升运营效率和竞争优势，特提出以下政策建议：

1) 加强顶层设计，构建协同创新生态。政府应制定更加清晰和长远的人工智能发展战略，鼓励产学研深度合作，建立以企业为主体、市场为导向、政产学研协同的创新生态。通过设立国家级人工智能研发平台，整合资源，突破核心技术瓶颈，并加速成果转化，推动人工智能技术在制造业的广泛应用。面对复杂的国际环境，实现产业转型升级，大规模使用人工智能和工业机器人是必不可少的手段，国家应该积极制造具有高性价比的机器人让企业享受红利。

2) 加大政策扶持，鼓励企业智能化改造。政府应出台更有力度的财税支持政策，如税收减免、研发补贴、智能设备采购补贴等，鼓励制造业上市公司积极拥抱人工智能技术，加快智能化改造步伐。同时，设立专项资金，支持中小企业数字化转型，避免形成数字鸿沟。

3) 优化人才培养体系，打造人工智能人才高地。政府应加强与高校、科研机构和企业的合作，设立人工智能人才培养专项计划，培养既懂技术又懂应用的复合型人才。鼓励企业建立内部培训体系，提升员工的人工智能应用能力。同时，积极引进海外人工智能高端人才，形成人才集聚效应，国家也应在融资和技术指导上为企业提供帮助和便利。

4) 完善数据治理，强化数据安全保护。推动数据资源共享，构建统一规范的数据平台，促进数据在不同环节的流通和应用。同时，建立健全数据安全法律法规，加强对企业数据隐私的保护，为人工智能技术安全健康发展保驾护航。

强化知识产权保护，激发创新活力。建立完善的知识产权保护体系，加大对侵权行为的惩罚力度，鼓励制造业上市公司加大研发投入，推动人工智能技术创新。同时，支持企业积极参与国际合作，提升中国在全球人工智能领域的竞争力[21]。总之，中国应以更加开放的心态拥抱人工智能革命，通过政策引导和市场机制相结合，激发制造业上市公司在人工智能领域的创新活力，最终实现中国制造业的转型升级和高质量发展。

参考文献

- [1] 杨旭东. 内部控制对企业运营效率的影响研究——基于A股上市公司的经验证据[J]. 审计研究, 2019(6): 61-69.
- [2] 周阳敏. 房地产中央企业经营效率研究[J]. 中国工业经济, 2010(7): 14-25.
- [3] 丁志国, 丁垣竹, 金龙. 违约边界与效率缺口: 企业债务违约风险识别[J]. 中国工业经济, 2021(4): 175-192.
- [4] 雷海民, 梁巧转, 李家军. 公司政治治理影响企业的运营效率吗——基于中国上市公司的非参数检验[J]. 中国工业经济, 2012(9): 109-121.

-
- [5] 雷海民, 梁巧转, 李家军. 最终控制权、公司年龄影响中国政治资源企业的运营效率吗?——中国上市公司的非参数检验[J]. 经济管理, 2014, 36(7): 39-49.
 - [6] 刘骏, 龚熠, 刘涛雄. 工业机器人应用如何影响企业运营效率——基于中国制造业上市公司的实证研究[J]. 管理评论, 2023, 35(5): 243-253+291.
 - [7] 焦然, 温素彬, 张金泉. 基于 WSR 的企业社会责任对营运资金管理效率影响研究——利益相关者认知的调节作用[J]. 管理评论, 2021, 33(5): 217-235.
 - [8] Kromann, L., Skakken, J.R. and Srensen, A. (2011) Automation, Labor Productivity and Employment: A Cross Country Comparison. CEBR, Copenhagen Business School.
 - [9] 唐宜红, 顾丽华. 智能制造对出口的影响——基于工业机器人的经验证据[J]. 国际经贸探索, 2022, 38(4): 4-21.
 - [10] 温素彬, 张金泉, 焦然. 智能制造、市场化程度与企业运营效率——基于 A 股制造业上市公司年报的文本分析[J]. 会计研究, 2022(11): 102-117.
 - [11] Aghion, P., Jones, B.F. and Jones, C.I. (2017) Artificial Intelligence and Economic Cash. NBER Working Papers.
 - [12] Gasteiger, E. and Prettner, K. (2017) A Note on Automation, Stagnation, and The Implications of a Robot Tax. School of Business & Economics Discussion Paper.
 - [13] 程虹, 陈文津, 李唐. 机器人在中国: 现状、未来与影响——来自中国企业-劳动力匹配调查(CEES)的经验证据[J]. 宏观质量研究, 2018, 6(3): 1-21.
 - [14] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 刘红云. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620.
 - [15] 何勤, 李雅宁, 程雅馨, 李晓宇. 人工智能技术应用对就业的影响及作用机制研究——来自制造业企业的微观证据[J]. 中国软科学, 2020(z1): 213-222.
 - [16] 孙文远, 刘于山. 人工智能对劳动力市场的影响机制研究[J]. 华东经济管理, 2023, 37(3): 1-9.
 - [17] 李平, 张静婷, 王春晖. 生产性服务进口技术复杂度与企业生产率: 来自制造业上市公司的微观证据[J]. 世界经济研究, 2022(2): 104-117, 136.
 - [18] 樊纲, 王小鲁, 朱恒鹏. 中国市场化指数——各地区市场化相对进程 2006 年度报告[M]. 北京: 经济科学出版社, 2007.
 - [19] 王小鲁, 樊纲, 胡李鹏. 中国省份市场化指数报告(2018) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2019.
 - [20] 俞红海, 徐龙炳, 陈百助. 终极控股股东控制权与自由现金流过度投资[J]. 经济研究, 2010, 45(8): 103-114.
 - [21] 解学梅, 朱琪玮. 企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题? [J]. 管理世界, 2021, 37(1): 128-149.