

doi:10.16112/j.cnki.53-1223/n.2026.01.202504230003

引用格式:林秀水.创新驱动政策提升企业人工智能技术——基于国家新一代人工智能创新发展试验区的证据[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2026,51(1):211-222.

Citation:LIN Xiushui. Enhancing Enterprise Artificial Intelligence Technology via Innovation-Driven Policies: Evidence from National New Generation AI Innovation and Development Pilot Zones[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science), 2026, 51(1): 211-222.

创新驱动政策提升企业人工智能技术 ——基于国家新一代人工智能创新发展试验区的证据

林秀水

(湛江科技学院 管理学院,广东 湛江 524088)

摘要: 为探究创新驱动政策对企业人工智能技术的影响,基于国家新一代人工智能创新发展试验区的准自然实验(以下简称“AI创新试验区”),构建双重机器学习模型,利用2015—2023年A股上市企业数据,实证分析了政策对企业人工智能技术的多维度影响。研究发现:AI创新试验区的设立可以显著提升企业的人工智能技术,在核心技术、技术支持方面的作用更加突出。经过重设模型、工具变量法等稳健性检验后,结论依然成立。从机制上看,政策主要依靠激发企业研发投入意愿、深化数字化投入来推进技术提升。异质性分析进一步揭示政策效果在非国有企业、技术密集型行业、外围城市、东部地区企业中更加明显。该研究不仅可以为创新驱动政策与人工智能技术发展的因果关系提供更准确的推断方法,也为政府优化政策配置、推动区域协同发展提供理论依据。

关键词: 创新驱动政策;双重机器学习;企业人工智能技术;国家新一代人工智能创新发展试验区

中图分类号: TP18;F279.2;F273.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2026)01-0211-12

Enhancing Enterprise Artificial Intelligence Technology via Innovation-Driven Policies: Evidence from National New Generation AI Innovation and Development Pilot Zones

LIN Xiushui

(School of Management, Zhanjiang University of Science and Technology, Zhanjiang 524088, Guangdong, China)

Abstract: In order to explore the impact of innovation-driven policies on enterprise AI technology, based on the quasi-natural experiment of the National New Generation AI Innovation and Development Pilot Zones (hereinafter referred to as “AI Innovation Pilot Zones”), this paper constructs a dual machine learning model, and empirically analyzes the multi-dimensional impact of policies on enterprise AI technology using the data of A-share listed enterprises from 2015 to 2023. The study found that the establishment of AI Innovation Pilot Zones can significantly enhance the artificial intelligence technology of enterprises, and play a more prominent role in core technology and technical support. After the robustness tests such as the reset model and the instrumental variable method, the conclusion is still valid. From the perspective of mechanism, the policy mainly relies on stimulating enterprises’ willingness to invest in R&D and deepening digital investment to promote technological upgrading. Heterogeneity analysis further reveals that the policy effect is more obvious in non-state-owned enterprises,

收稿日期:2025-04-23. 基金项目:中国商业经济学会2024年度规划课题(20256008).

作者简介:林秀水(1980-),男,博士,讲师.主要研究方向:数字经济和产业经济. E-mail:xiushuilin@zjkj.edu.cn

technology-intensive industries, peripheral cities and enterprises in the eastern region. This study can not only provide a more accurate inference method for the causal relationship between innovation-driven policies and the development of AI technology, but also provide a theoretical basis for the government to optimize policy allocation and promote regional collaborative development.

Keywords: innovation-driven policies; dual machine learning; enterprise artificial intelligence technology; national new generation AI innovation and development pilot zones

0 引言

在数字化与智能化深度融合的时代背景下,人工智能已成为推动经济社会变革的核心力量,深刻重塑着企业的运营模式与竞争格局.习近平总书记强调“谁能把握大数据、人工智能等新经济发展机遇,谁就把准了时代脉搏”.2017年国务院印发《新一代人工智能发展规划》以来,人工智能产业快速发展.截至2023年底,我国人工智能核心产业规模接近5800亿元,核心企业数量超过4400家,并且形成了以京津冀、长三角以及珠三角等区域为主的人工智能产业聚集区^[1].为此,国家相继推出了“宽带中国”“大数据综合试验区”“智慧城市”“AI创新试验区”等一系列创新驱动政策,以提升企业的人工智能技术,推动企业的高质量发展,并促进产业升级和经济高质量发展.自2019年起至2021年,北京等18个城市先后获批设立AI创新试验区,致力于打造人工智能的创新高地,推动人工智能和经济社会发展的深度融合^[2].

一方面,AI创新试验区作为创新驱动政策的关键实施平台,对企业行为与绩效产生了多维影响.研究表明,政策通过政府补贴、产学研协同与创业激励等途径,有效激发了企业创新活力,提升了创新产出水平^[3].同时,创新驱动政策还能通过优化供应链配置、加速数字化转型与提升数字技术创新能力,显著增强企业新质生产力^[2].此外,AI创新试验区的设立有助于提高企业劳动收入份额,改善内部收入分配结构^[4],还通过“知识溢出”与“创新环境优化”双重机制,促进企业创新投入与产出的增长^[5].另一方面,企业人工智能技术的发展受到政策、市场、基础设施、人才等多方面的影响.以AI创新试验区为代表的创新驱动政策,可以降低企业的研发成本以及市场进入门槛^[3].市场需求以及竞争压力能促使企业加快人工智能布局、提高生产效率、改善产品和服务、提升竞争优势^[6-7].数字基础设施的完善为企业的人工智能应用打下了基础,“宽带中国”“智慧城市”等推动网络覆盖与数据积累,给算法训练和应用提供良好的条件^[8-9].高校和科研机构在人才培养与技术突破方面的作用,以及企业不断的技术研发投入,加速了人工智能技术在企业中的渗透与深化^[10-11].

已有研究虽然取得了丰硕的成果,但在AI创新试验区对企业人工智能技术影响的具体传导机制、异质性效应及不同情境下的政策实效等方面还值得进一步探讨.本文以AI创新试验区这一创新驱动政策的重要载体为研究对象,系统考察其对企业人工智能技术的影响.研究方法上用双重机器学习模型解决传统方法内生性、高维的问题,提高政策评价的准确性;在研究视角上关注AI创新试验区对企业人工智能技术不同维度的具体影响;在机制与异质性分析方面,既阐释政策通过激发企业研发投入和数字化投入来提升人工智能技术,也指出其在企业所有制、行业类型、城市层级及区域分布上的差异化效果,为后续研究以及政策优化提供参考.

1 理论分析与研究假设

1.1 AI创新试验区提升企业人工智能技术直接效应

AI创新试验区对企业人工智能技术有显著的直接效应.一是政策激励的促进作用:通过政府补贴、税收优惠等政策工具,激励企业在人工智能领域增加研发投入,从而提升企业的创新能力和创新产出^[3].二是应用场景拓展的拉动作用:通过产业协同等方式,挖掘并催生出许多人工智能的应用场景.企业根据自身对人工智能发展需求的判断,选择合适的应用场景,有目的、有针对性地推进智能化转型^[12].智能语音、图像识别、自动驾驶、智慧医疗等领域的企业正在加快布局,加速推进人工智能应用场景的商业化与产业化^[6].随着应用场景的不断拓展,企业面临的市场需求也越来越大,进而推动企业在人工智能技术研发与应用上加大投

入。三是创新生态构建的支撑作用:通过构建良好的创新生态体系来聚集多元化的创新资源,为企业人工智能技术研发提供有力支持。此外,AI创新试验区可以汇聚高端人才、科研机构、创新企业,协同创新效应加快人工智能技术的突破和应用^[13]。创新生态形成后,既可以提高企业自主研发的能力,也可以促进企业之间、产学研之间的深度合作,加快人工智能技术从研发到实际应用的转化。根据以上分析,提出以下假设:

H1 AI创新试验区能够显著提升企业人工智能技术。

1.2 AI创新试验区提升企业人工智能技术机制效应

除上述直接效应,AI创新试验区对企业人工智能技术水平的提升还遵循“政策导向—企业投入—技术提升”传导路径。政策通过降低研发成本、营造创新环境等方式来激发企业研发投入的意愿;研发投入的增多又为数字化转型提供技术基础与资源支撑,经由技术研发与数字化应用的相互配合,提高企业人工智能技术。

(1)研发投入

研发投入属于政策激励转为实际创新行为的关键环节,同时也是把政策导向同技术积累联系起来的纽带。AI创新试验区设立之后,借助财政补贴、税收优惠、配套研发基金等政策工具,降低企业在人工智能等领域开展研发活动的成本和风险,有效促进企业增加研发投入^[3]。此外,通过降低企业的试错成本,提高创新资源的配置效率,进一步促进企业加大研发投入^[14]。刘华珂等^[5]认为AI创新试验区设立以后,企业的研发支出显著增加,说明政策对企业研发活动有促进作用。

同时,研发投入对企业人工智能技术的提高具有双重作用。一方面,研发投入为企业提供了必要的资源支撑,助力人工智能研发规模的扩大和技术迭代的加快。梅国平等^[15]建立的多部门动态一般均衡模型表明,研发部门用研发型劳动力和增强型人工智能技术作为主要投入,可以大大提高新技术生产效率。企业加大研发资金和人力资源的投入,可以推进更多的前沿人工智能项目,例如深度学习算法研发、智能系统优化。另一方面,研发投入可以培育企业创新生态,改善人力资本结构,从而间接提高企业对人工智能技术的吸收和应用能力。张敬檬等^[16]的实证研究显示,AI创新试验区依靠激励企业自主创新、改善人力资本,有效地提升企业的产品市场竞争优势。由此可见,研发投入能够支持企业开展员工培训、产学研合作、建设知识管理平台等活动,推动人工智能技术与企业的业务流程更好地融合。

因此研发投入既是对政策信号的直接响应,也是通过加强创新链条的连续性来保证人工智能技术的不断进步。根据以上分析,提出以下假设:

H2 AI创新试验区通过增加企业研发投入提升企业人工智能技术。

(2)数字化投入

数字化投入是AI创新试验区赋能企业人工智能技术发展的核心支撑,通过数据要素、数字技术与传统生产要素的深度融合,为人工智能的研发、应用与迭代构建“数字底座”^[2]。AI创新试验区通过财政补贴、基础设施配套、市场引导等途径减少企业数字化转型的资金门槛与技术风险^[17]。主要表现在三个方面:一是搭建技术协同平台。数字化投入实现企业内部以及产业链上下游的数据整合,给人工智能算法训练提供高质量的数据要素,加速人工智能在研发仿真、生产自动化等场景的落地^[17]。二是促进创新要素集聚。数字化投入促使创新链同产业链实现深度融合,企业凭借大数据分析准确把握市场需求和技术走向,依靠数字化平台实现与高校、科研机构的资源共享,缩减人工智能技术从实验室走向产业化的时间^[18]。三是优化资源配置。数字化投入依靠流程改善削减信息不对称和交易成本,为人工智能研发释放更多的资源;规模效应也起到摊薄设备采购、算法研发成本的作用,让中小企业也能参与人工智能技术的创新^[19]。

因此,AI创新试验区以引导数字化投入为手段,从技术协同、要素集聚、资源配置三个方面为人工智能技术的发展提供支持。根据以上分析,提出以下假设:

H3 AI创新试验区通过促进企业数字化投入提升企业人工智能技术。

2 研究设计

2.1 数据来源

本研究基于已公布的AI创新试验区的相关信息,并参考刘家民等^[2]的研究成果,整理并获取AI创新

试验区的数据. 企业层面的数据来源于 CSMAR 数据库和 CNRDS 数据库. 本研究选取了 2015—2023 年间的 A 股上市企业作为初始研究样本. 在数据预处理阶段, 剔除了所有带有“ST”标识的公司样本, 最终确定了 34 058 个有效观测值.

2.2 变量定义

2.2.1 被解释变量

本文的被解释变量为人工智能技术(AIT). 借鉴袁辉等^[20]的做法, 将人工智能词典中的 71 个关键词划分为核心技术(CT)、应用领域(AA)、技术支持(TS)等 3 个维度, 统计 2015—2023 年上市企业年报中披露的 3 个维度的关键词数量. 同时, 将人工智能的 71 个关键词及各维度关键词出现频次加 1 后取自然对数, 以此分别作为企业人工智能技术及各维度的量化指标, 人工智能词典详见表 1. 另外, 运用上市企业人工智能专利获得数量加 1 的自然对数作为企业人工智能技术的替代变量.

表 1 人工智能维度及关键词

Tab. 1 Dimensions and keywords of artificial intelligence

维度	关键词
核心技术 (CT)	人工智能、深度学习、机器学习、神经网络、支持向量机(SVM)、长短期记忆(LSTM)、循环神经网络、卷积神经网络、增强智能、特征提取、特征识别、深度神经网络、强化学习、自然语言处理、智能计算
应用领域 (AA)	智能教育、智能政务、智能养老、智能医疗、智能运输、智能零售、智能保险、智能农业、智能环保、商业智能、大数据营销、智慧银行、智慧金融、大数据风控、AI 产品、大数据运营、智能客服、问答系统、智能投顾、智能语音、智能家居、智能监管、人机对话、人机交互、智能音箱、可穿戴产品、机器人流程自动化、无人驾驶、自动驾驶
技术支持 (TS)	语音交互、语音合成、语音识别、声纹识别、人脸识别、生物识别、人机协同、机器翻译、云计算、边缘计算、物联网、大数据平台、分布式计算、AI 芯片、智能芯片、大数据处理、智能传感器、大数据管理、数据挖掘、计算机视觉、图像识别、知识图谱、增强现实、虚拟现实、智能搜索、大数据分析、智能体

2.2.2 核心解释变量

本文的核心解释变量为 AI 创新试验区(*Event*). 将试点政策视作一项准自然实验, 根据企业所在城市是否被批准设立为 AI 创新试验区, 并结合政策实施的具体年份, 构建一个虚拟变量. 具体而言, 若企业所在城市在当年及以后年份被列入 AI 创新试验区名单, 则该年份及后续年份的 *Event* 取值为 1; 否则为 0.

2.2.3 控制变量

为了控制其他因素的影响, 本研究选取了 8 个企业层面的控制变量, 分别为: 企业年龄(*Age*), 以样本年份减去成立年份得出; 第一大股东持股比例(*Top1*), 采用第一大股东持股比例来衡量; 托宾 Q 值(*Tobin*), 其计算公式为: 市值 A/资产总计; 企业规模(*Size*), 用年末总资产的自然对数衡量; 资产负债率(*Lev*), 使用负债总额除以总资产; 营业总收入增长率(*Growth*), 采用营业总收入同比增长率来衡量; 两职合一(*Dual*), 采用董事长与总经理是否为同一人(0 表示否, 1 表示是)来衡量; 现金流量比率(*Cash*), 以经营活动现金流量净额与总资产相除来度量.

2.2.4 机制变量

研发投入(*RI*)的评估借鉴了李果等^[21]的研究方法, 采用企业年度研发投入强度(研发支出占营业收入的比例)与技术人员占比(研发人员数量占比)两个指标, 经标准化处理后合成综合指数, 用以衡量企业在研发活动中的资源投入强度与人才配置水平.

数字化投入(*DI*)的度量, 借鉴张永坤等^[22]的研究成果, 依据上市公司在财务报告年末披露的无形资产明细项, 选出与数字化转型相关的信息, 按其占无形资产总额的比重来衡量.

2.3 模型设定

目前对创新驱动政策效应的评估广泛应用传统的双重差分(Difference in Differences, DID)模型, 但在一定局限性. DID 模型需满足“随机分配”与“平行趋势”两个极为苛刻的前提条件, 即使满足上述条件, 随时间变化的控制变量仍可能导致双向固定效应估计结果产生偏误.

为克服上述局限,本研究借鉴 Chernozhukov 等^[23]提出的双重机器学习模型进行因果推断.该模型运用内曼正交估计矩进行交叉拟合估计,有效化解了普通多元线性回归模型因变量非线性引发的估计偏误以及控制变量过多导致的维度诅咒难题.同时,解决了机器学习模型偏差大、置信区间构建困难等问题,显著提升了双向固定效应模型控制变量因果推断的精度,是一种一致、渐进正态且有效的半参数因果估计方法^[24].因此,本文建立如下交互式双重机器学习模型:

$$AIT_{it} = \alpha Event_{it} + f(X_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$E(\varepsilon_{it} | Event_{it}, X_{it}) = 0 \quad (2)$$

$$Event_{it} = g(X_{it}) + v_{it} \quad (3)$$

$$E(v_{it} | X_{it}) = 0 \quad (4)$$

式中: i 代表企业, t 代表时间; AIT_{it} 为被解释变量,即企业人工智能技术; $Event_{it}$ 为核心解释变量,即AI创新试验区的虚拟变量; α 为重点关注的处理效应系数,用于衡量AI创新试验区对企业人工智能技术的影响,若显著为正,则表明政策显著促进企业人工智能发展水平提升,反之则抑制; X_{it} 为企业层面高维控制变量集合; $f(X_{it})$ 和 $g(X_{it})$ 为未知具体形式函数,需借机器学习算法估计; ε_{it} 和 v_{it} 为相互独立且均值为0的随机扰动项.

3 实证结果与分析

表2 相关变量描述性统计结果

3.1 描述性统计

表2显示,被解释变量 AIT 的取值范围在0~6.488之间,其均值为1.106,标准差为1.295,显示出不同企业的人工智能技术存在差异.核心解释变量 $Event$ 的均值为0.300,即样本中有30%的企业处于AI创新试验区内.就本文描述性统计结果而言,所采用的样本数据未出现异常值,结果可靠.

3.2 基准回归

本研究运用双重机器学习模型评估了AI创新试验区对企业人工智能技术提升的政策效果,样本按1:4比例随机分割.通过随机森林算法进行回归分析,具体回归结果参见表3.在控制个体固定效应、时间固定效应及控制变量一次项的基础上,表3列(1)的结果揭示 $Event$ 对 AIT 具有正向影响,且该效应在1%显著性水平下成立.进一步地,列(2)在列(1)的基础上纳入了控制变量的二次项,结果显示回归系数依然显著为正,且数值变化不大,验证了政策效应的稳健性,因此假设H1成立.

为进一步探究AI创新试验区对提升企业人工智能技术各维度的具体影响,表3列(3)~(5)分别给出了 $Event$

Tab. 2 Descriptive statistics of related variables

变量	样本量	平均值	标准差	中位数	最小值	最大值
AIT	34 058	1.106	1.295	0.693	0.000	6.488
$Event$	34 058	0.300	0.458	0.000	0.000	1.000
age	34 058	10.311	8.393	8.000	0.000	33.000
$top1$	34 058	32.803	14.797	30.335	0.000	89.990
$tobin$	34 058	2.116	2.319	1.602	0.609	126.951
$size$	34 058	22.327	1.493	22.073	17.388	31.431
lev	34 058	0.426	0.295	0.406	0.008	31.467
$growth$	34 058	0.383	12.690	0.086	-2.684	1 880.75
$dual$	34 058	0.323	0.467	0.000	0.000	1.000
$cash$	34 058	0.046	0.079	0.046	-0.805	2.222

表3 基准回归结果

Tab. 3 Results of the baseline regression

变量	$AIT(1)$	$AIT(2)$	CT(3)	AA(4)	TS(5)
$Event$	0.380*** (0.015)	0.389*** (0.015)	0.296*** (0.011)	0.045*** (0.007)	0.249*** (0.011)
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	NO	YES	YES	YES	YES
常数项	0.201*** (0.005)	0.188*** (0.006)	0.201*** (0.004)	0.091*** (0.002)	0.183*** (0.004)
样本量	34 058	34 058	34 058	34 058	34 058
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES

注: *、**、***依次代表在10%、5%、1%的水平下显著,括号内为稳健标准误.下表均相同,不再赘述.

对CT、AA、TS的回归系数.就政策效应而言,政策对3个维度的影响均在1%的水平下显著为正.然而,CT

的系数(0.296)与TS的系数(0.249)远大于AA的系数(0.045),这说明相较于应用领域,政策在核心技术和技术支持两个方面能更有效地促进企业发展人工智能.导致这种差异的原因很多,从行业发展角度来说,核心技术和技术支持往往需要大量的研发投入和技术积累,AI创新试验区提供了高端人才的引育政策、研发资金补贴、先进设备的引进等资源以及政策扶持,降低了企业成本和负担.而应用领域的发展受市场成熟度、行业竞争格局、商业模式可行性等多重因素制约,因此企业在短期内更倾向于将资源投向核心技术研发与技术支持体系建设,以此构筑技术壁垒,形成核心竞争力.

3.3 稳健性检验

3.3.1 重设双重机器学习模型

为确保双重机器学习方法的准确性,避免模型设定偏误,本文对双重机器学习模型进行重设,用于稳健性检验.其一,将双重机器学习模型的基准回归样本分割比例分别调整为1:2和1:6;其二,更换双重机器学习算法,将基准回归里的随机森林依次换为套索回归、梯度提升、支持向量机算法.表4估计结果显示,样本分割比例与机器学习算法的改变均未影响基准回归结论,验证了基准回归结果的稳健性.

表4 重设双重机器学习稳健性检验

Tab. 4 Robustness test of resetting dual machine learning

变量	改变样本分割比例		更换机器学习模型		
	1:2(1)	1:6(2)	套索回归(3)	梯度提升(4)	支持向量机(5)
<i>Event</i>	0.398*** (0.015)	0.390*** (0.015)	0.086*** (0.017)	0.551*** (0.017)	0.669*** (0.016)
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES	YES
常数项	0.190*** (0.006)	0.182*** (0.005)	0.007*** (0.003)	0.005*** (0.006)	0.268*** (0.007)
样本量	34 058	34 058	34 058	34 058	34 058
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES

3.3.2 缩尾检验

为了研究离群值对回归的影响,对样本连续变量做1%、5%双侧缩尾,代入基准模型,得到的结果见表5的列(1)和列(2).回归系数均在1%的水平下显著为正,所得结论与基准回归结果一致,说明研究结论是稳健可靠的.

3.3.3 控制省份-时间交互固定效应

尽管本研究在基准回归中用双向固定效应处理遗漏变量对结果的影响,但仍存在随时间及个体变化的不可观测因素.因此本研究在基准模型中加入省份-时间交互固定效应来控制这些难以观测的因素.表5列(3)的回归结果显示核心解释变量的系数依然显著为正,证明了基准回归结果的稳健性.

3.3.4 调整样本

中国地域辽阔,各省市的经济发展水平与营商环境的区域差异性较大,可能对本文的基准回归结果造成影响.因此,本文剔除区域发展水平相对欠佳的甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、西藏自治区,也剔除了区域发展水平较高的北京市、上海市、天津市、重庆市.表5列(4)是剔除后的回归结果,系数显著为正,说明基准回归结论的稳健性.

3.3.5 调整研究窗口期

为确保估计结果的稳健性,本研究对研究窗口期进行调整,将2015—2023年分别缩短至2016—2022年、2017—2021年,缩短窗口期后的实证结果详见表5列(5)、列(6),各系数均在1%显著水平下呈正值,说明研究窗口期的变动不影响基准结论.

表 5 稳健性检验

Tab. 5 Robustness test

变量	缩尾处理		省份 - 时间交互 固定效应(3)	调整样 本(4)	调整研究窗口期	
	1% 缩尾(1)	5% 缩尾(2)			2016—2022(5)	2017—2021(6)
<i>Event</i>	0.390*** (0.015)	0.378*** (0.014)	0.355*** (0.018)	0.403*** (0.018)	0.355*** (0.017)	0.358*** (0.020)
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES	YES	YES
常数项	0.179*** (0.005)	0.164*** (0.005)	0.175*** (0.005)	0.180*** (0.006)	0.188*** (0.006)	0.191*** (0.007)
样本量	34 058	34 058	34 058	26 300	26 370	18 705
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES

3.3.6 控制其他政策影响

在样本期内,2015 年启动建设的国家大数据综合试验区(NBZ)以及 2019 年启动建设的国家数字经济创新发展试验区(NDZ),可能会对本文结果产生偏误影响.上述政策在推动企业数字技术、互联网、大数据、云计算、人工智能等方面成效显著,对于提升企业人工智能技术意义重大,进而可能干扰本文结果.为排除同期政策干扰,将 NDZ 与 NBZ 政策分别及联合引入基准回归模型进行分析.如表 6 第(1)至(3)列所示,在考虑上述政策影响后,回归系数依然保持正向显著,证实了基准回归结果的稳健性.

表 6 稳健性检验

Tab. 6 Robustness test

变量	控制其他政策			工具变量(4)	替换被解释 变量(5)
	NBZ(1)	NDZ(2)	同时控制 NBZ 和 NDZ(3)		
<i>Event</i>	0.301*** (0.018)	0.377*** (0.015)	0.317*** (0.020)	0.480*** (0.032)	0.035*** (0.009)
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES	YES
常数项	0.157*** (0.005)	0.173*** (0.005)	0.155*** (0.005)	0.185*** (0.005)	0.061*** (0.003)
样本量	34 058	34 058	34 058	34 058	34 058
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES

3.3.7 工具变量

在本研究中,内生性问题可能会影响对 AI 创新试验区提升企业人工智能技术的准确评估.为解决内生性问题,参考张容嘉等^[25]的方法,构造部分线性工具变量模型进行回归:

$$All_{it} = \alpha Event_{it} + f(X_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$Instrument_{it} = g(X_{it}) + v_{it} \quad (6)$$

公式(6)中 $Instrument_{it}$ 为 $Event_{it}$ 的工具变量.本文将地形起伏度与政策虚拟变量 $Event$ 的交互项作为工具变量,并将其纳入双重机器学习的部分线性工具变量模型中进行内生性检验.从相关性角度来看,较大的地形起伏度一方面会增加网络基础设施建设的成本,另一方面还会降低通信设备的使用效率和信号稳定性^[2].鉴于 AI 创新试验区对网络建设发展水平要求较高,因此地形起伏度与政策变量 $Event$ 存在一定相关性.就外生性而言,地形起伏度作为一种地理因素,其特性决定了它不会对企业的的人工智能技术产生直接影响,符合外生性条件.同时,地形起伏度属于静态变量,在短时间内不会随时间推移而发生变化.

根据表6列(4)的回归结果,可以看到,在纳入工具变量进行内生性检验后,回归系数显著,这证实了估计结果的稳健性。

3.3.8 替换被解释变量

鉴于回归结果有受所选变量测量方式干扰的可能,本研究尝试采用别的替代指标来度量人工智能技术,进而验证回归结果的稳健性。借鉴袁辉等^[20]的成果,选取上市企业人工智能专利获取数量加1后的自然对数充当人工智能技术的替代变量进行验证。表6列(5)显示,替换核心解释变量后,估计结果仍然在1%的水平下显著呈正。

3.4 机制效应分析

本文基于双重机器学习模型,检验 *Event* 对机制变量 *RI* 和 *DI* 的影响效应。根据表7中的结果, *Event* 的系数均显著为正,说明 AI 创新试验区的建设显著提升了企业研发投入和数字化投入。

与此同时,通过前文机制效应对相关文献的深入剖析可知, AI 创新试验区的建设能够通过提升 *RI* 和 *DI* 提升企业人工智能技术。因此,本文从实证角度进一步揭示 AI 创新试验区与企业人工智能技术之间的内在逻辑关系。本研究借助因果中介效应模型进行检验,该模型将总效应分解为直接效应与间接效应,能够克服传统中介效应模型的局限。实证结果显示(见表8), *RI* 与 *DI* 的总效应、处置组及控制组的直接效应和间接效应均在1%水平下显著为正。这表明, AI 创新试验区一方面通过补贴、税收优惠等政策降低企业研发成本,激发企业增加研发资源投入,推动核心技术攻关与专利产出;另一方面通过完善数字基础设施、搭建协同平台,引导企业深化数字化投入,强化数据整合与技术应用能力。研发投入与数字化投入构成政策发挥作用的两条关键路径,二者协同促进企业人工智能技术水平提升。

表8 因果中介效应检验

Tab.8 Causal mediation effect test

变量	总效应	处置组直接效应	控制组直接效应	处置组间接效应	控制组间接效应
<i>RI</i>	0.576***	0.379***	0.369***	0.207***	0.197***
<i>DI</i>	0.577***	0.477***	0.468***	0.109***	0.101***

3.5 异质性分析

3.5.1 企业所有制异质性

本研究将样本企业按所有制性质划分为国有企业和非国有企业,研究 AI 创新试验区对不同所有制类型企业人工智能技术的异质性影响。表9列(2)的回归结果表明在非国有企业组中, *Event* 的系数为0.454,并且在1%的显著性水平下显著,明显高于列(1)中国有企业组的系数。由此可见, AI 创新试验区对非国有企业的人工智能技术的提升效果更好。非国有企业面对市场竞争时,更倾向于把 AI 创新试验区作为实现技术赶超的重要契机,因此会更加积极主动地投入到人工智能技术的创新和应用当中。

3.5.2 企业行业异质性

技术密集型行业要保持竞争优势,需要依靠前沿技术的不断革新和深度应用。由于人工智能技术可以提高企业复杂生产流程的效率、加快产品研发周期等,技术密集型行业对人工智能技术的需求更为迫切。而非技术密集型行业的生产、运营对人工智能技术应用的频率较低。为了检验该观点,借鉴金祥义等^[26]的研究将上市企业划分为技术密集型行业与非技术密集型行业。

表9列(3)的回归结果表明技术密集型行业中 *Event* 的回归系数为0.838,在1%的显著性水平下高度显著,说明该行业里 AI 创新试验区对企业人工智能技术有非常大的促进作用。政策极大调动了企业进

表7 Event 对机制变量的回归结果

Tab.7 Regression results of Event on mechanism variables

变量	<i>RI</i> (1)	<i>DI</i> (2)
<i>Event</i>	0.200*** (0.010)	0.027*** (0.002)
控制变量一次项	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES
常数项	0.082*** (0.004)	0.033*** (0.001)
样本量	34 058	34 058
个体固定	YES	YES
时间固定	YES	YES

行人工智能技术研发、应用的积极性和投入力度。而在非技术密集型行业中 *Event* 的回归系数为 0.278, 同样在 1% 的显著性水平下显著为正, 表明 AI 创新试验区在非技术密集型行业中也起到了积极的促进作用, 但是系数较小, 说明其提升企业人工智能技术的效果不如技术密集型行业, 符合行业特性的预期, 即非技术密集型行业在应用人工智能技术时遇到的技术门槛、转型成本等问题影响政策效果的充分发挥, 但政策仍在引导企业引入和应用人工智能技术方面起到积极作用, 促使企业逐步提高人工智能应用水平, 稳步实现数字化转型。

表 9 企业性质与行业异质性

Tab. 9 Firm nature and industry heterogeneity

变量	企业性质异质性		行业异质性	
	国有企业(1)	非国有企业(2)	技术密集型行业(3)	非技术密集型行业(4)
<i>Event</i>	0.173*** (0.023)	0.454*** (0.018)	0.838*** (0.044)	0.278*** (0.016)
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES
常数项	0.115*** (0.007)	0.190*** (0.007)	0.140*** (0.014)	0.153*** (0.006)
样本量	9 805	24 253	6 890	27 168
个体固定	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES

3.5.3 企业所在城市异质性

由于各个城市的经济基础、产业结构等存在较大差异, 因此本文将直辖市、省会城市与副省级城市划为中心城市, 其余城市划为外围城市, 对城市异质性进行研究。表 10 列(2)的回归结果说明在外围城市样本中, *Event* 的系数为 0.328, 显著为正, 系数值也较大, 表明 AI 创新试验区在外围城市对企业人工智能技术的提升具有显著的正向促进效应。究其原因, 外围城市相较于中心城市来说, 人工智能发展的基础较弱, 在政策的激励下企业能够更敏锐地捕捉到发展机会, 积极引进、应用人工智能技术, 使得企业的人工智能技术有较大的提高。

而中心城市样本中 *Event* 的系数虽然为正, 但它的系数值比外围城市小。因为中心城市在科技研发投入、高端人才集聚、数字基础设施建设等方面本就具有优势, 企业在人工智能领域的发展比较成熟, 即使没有 AI 创新试验区的推动, 企业也会通过加大投入来提升人工智能技术。所以, AI 创新试验区在中心城市的边际效应较小。

表 10 城市和区域异质性

Tab. 10 Urban and regional heterogeneity

变量	城市异质性		区域异质性		
	中心城市(1)	外围城市(2)	东部(3)	中部(4)	西部(5)
<i>Event</i>	0.160*** (0.020)	0.328*** (0.039)	0.410*** (0.018)	0.289*** (0.030)	0.137*** (0.036)
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES	YES
常数项	0.140*** (0.007)	0.166*** (0.007)	0.174*** (0.007)	0.098*** (0.010)	0.090*** (0.011)
样本量	20 537	13 521	24 851	5 497	3 710
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES

3.5.4 区域异质性

参考杨仁发等^[27]的研究,本研究根据地理位置把各省市划分为东、中、西部3个区域进行分组回归分析,探究AI创新试验区对企业人工智能技术的影响在不同区域的差异表现.表10的结果表明在东部样本中 *Event* 的系数为0.410,具有显著的正向作用,系数值也较大,说明东部地区AI创新试验区对企业人工智能技术的提升效果非常明显.东部地区经济较为发达、产业基础好,人才、技术和资金资源丰富,能较好地响应AI创新试验区,加大人工智能领域的投入与研发力度,让企业的人工智能技术得到快速提升.中部地区的 *Event* 系数为0.289,同样显著为正,但系数值略小于东部地区.中部地区正处在经济快速发展的时期,近年来在科技创新上加大投入力度,积极承接东部产业转移和技术溢出,AI创新试验区在推动企业人工智能应用方面也起到了积极作用.相比之下,西部样本中 *Event* 的系数为0.137,虽为正且显著,但比东、中部地区小.西部地区由于经济发展水平、基础设施建设等原因,AI创新试验区的促进作用在现阶段还很有限.

4 结论与政策建议

4.1 研究结论

本研究采用双重机器学习模型,系统评估AI创新试验区对企业人工智能技术的影响.研究结果表明,AI创新试验区对企业人工智能技术有显著的促进作用,基准回归以及一系列的稳健性检验都证明了该结论.从技术角度看,政策对核心技术和技术支持有较大的推动作用,可以看出AI创新试验区在研发资源与配套政策上的倾斜效应,以及企业自身的战略聚焦;从机制上来看,政策通过激发研发投入和加大数字化投入提升企业人工智能技术.政策工具首先激励企业增加研发资源,形成技术积累,再通过完善数字基础设施与应用生态来推动数字化投入,两者相互配合,构成“研发—数字化—迭代”的良性循环,从而提升企业的人工智能技术.异质性分析结果显示,政策效应在非国有企业、技术密集型行业、外围城市及东部地区更为明显,可见企业属性、行业特征与区域基础共同影响政策效果的发挥.

4.2 政策建议

基于上述结论,为优化创新驱动政策,促进企业人工智能发展,提出以下建议:

1) 实行精准化的政策扶持.根据行业的不同、企业的不同实行差异化的资源配置.对于技术密集型行业要强化研发支持与生态构建;对于非技术密集型行业要通过专项补贴、技术辅导、示范项目等途径推动其智能化转型.在所有制层面,可以适度向非国有企业倾斜创新资源,激发市场活力,推动各类企业协同发展.

2) 推进区域联动和均衡布局.就区域与城市之间的差距而言,构建“东部带动—中部崛起—西部跟进”的协同机制,鼓励东部地区设立研发分支、共建产业园等;向中西部输出技术和管理;加强对外围城市的基础设施和科创投入,提高其产业承载能力,缩小区域差距.

3) 完善创新生态与要素支撑.健全以企业为主体、产学研深度融合的创新体系,加强知识产权保护,激励研发持续投入.推动高校优化人工智能相关学科专业,加强复合型人才的培养;鼓励校企共建科研创新平台,突破共性的技术瓶颈.在人才保障方面,可以通过税收优惠、住房补贴等吸引高端人才,也可以建立跨区域人才共享机制,缓解中西部与中小城市的人才短缺问题.

参考文献:

- [1] 工信部王正:我国人工智能核心产业规模接近5800亿元[EB/OL].证券时报网(2024-03-22)[2025-04-23].<https://www.stcn.com/article/detail/1154458.html>.
- [2] 刘家民,马晓钰.数智化创新政策如何推动企业新质生产力发展[J].西部论坛,2024,34(4):17-34.
LIU J M, MA X Y. How can digital and intelligent innovation policy promote the development of new quality productive forces in enterprises[J]. West Forum, 2024, 34(4): 17-34.
- [3] 陈艳霞,张鹏.人工智能产业政策的创新促进效应——来自企业专利数据的证据[J].现代经济探讨,2024(3):69-79+132.
- [4] 李媛媛,高帅科.人工智能与企业劳动收入份额——基于新一代人工智能创新发展试验区试点的准自然实验[J].工业技术经济,2024,43(7):120-130.

- LI Y Y,GAO S K. Artificial intelligence and enterprise labor income share—A quasi - natural experiment based on the pilot of a new generation of artificial intelligence innovation development pilot zone[J]. *Journal of Industrial Technology and Economics*,2024,43(7):120 - 130.
- [5] 刘华珂,李旭超,聂禾,等. AI时代:城市数智化转型与企业创新[J]. *中国软科学*,2024(2):38 - 54.
LIU H K,LI X C,NIE H,et al. AI era: Digital and intellectual transformation of cities and enterprise innovation[J]. *China Soft Science*,2024(2):38 - 54.
- [6] 李猛,李涵. 人工智能对科技创新质量的影响:基于中国 A 股上市公司的证据[J]. *社会科学*,2024(11):122 - 137.
LI M,LI H. The impact of artificial intelligence on the quality of scientific and technological innovation: Based on the evidence of China's A - share listed companies[J]. *Journal of Social Sciences*,2024(11):122 - 137.
- [7] 张建宇,杨旭,鲁超冉,等. 人工智能采用对企业竞争优势的影响研究[J]. *科研管理*,2025,46(1):95 - 105.
ZHANG J Y,YANG X,LU C R,et al. Research on the impact of AI adoption on the competitive advantages of enterprises[J]. *Science Research Management*,2025,46(1):95 - 105.
- [8] 刘家民,马晓钰. 信息基础设施建设与数智化创新:“赋能”还是“负能”——来自“宽带中国”战略的经验证据[J]. *技术经济*,2025,44(2):43 - 57.
LIU J M,MA X Y. Information infrastructure construction and digital - intellectual innovation: Empowerment or negative energy? Empirical evidence from the “broadband China” strategy[J]. *Journal of Technology Economics*,2025,44(2):43 - 57.
- [9] 张瑞琛,唐慧,周国琛. 城市数智化转型对企业数字创新的影响——以国家新一代人工智能创新发展试验为准自然实验[J]. *经济问题*,2025(4):49 - 58.
ZHANG R C,TANG H,ZHOU G C. The impact of urban digital and intelligence transformation on enterprise digital innovation—Taking the national new generation of artificial intelligence innovation and development pilot as a quasi - natural experiment[J]. *On Economic Problems*,2025(4):49 - 58.
- [10] 王磊,肖倩,邓芳芳. 人工智能对中国制造业创新的影响研究——来自工业机器人应用的证据[J]. *财经论丛(浙江财经学院学报)*,2023(9):14 - 24.
WANG L,XIAO Q,DENG F F. The impact of artificial intelligence on innovation in Chinese manufacturing: Evidence from the adoption of robots[J]. *Collected Essays on Finance and Economics*,2023(9):14 - 24.
- [11] 亢延锟,黄海,张柳钦,等. 产学研合作与中国高校创新[J]. *数量经济技术经济研究*,2022,39(10):129 - 149.
KANG Y K,HUANG H,ZHANG L Q,et al. University - industry research collaborations and innovation of universities[J]. *Journal of Quantitative & Technological Economics*,2022,39(10):129 - 149.
- [12] 朱四伟,梁冉,吕康娟. 人工智能、企业数字责任对企业社会绩效的影响——基于中国上市企业 ESG 表现的证据[J]. *西安财经大学学报*,2024,37(6):64 - 79.
ZHU S W,LIANG R,LÜ K J. The impact of artificial intelligence, corporate digital responsibility on corporate social performance: Evidence based on ESG performance of Chinese listed firms[J]. *Journal of University of Finance and Economics*,2024,37(6):64 - 79.
- [13] 欧阳金琼,魏德强,王雨濛. 人工智能对新质生产力的影响——基于新一代人工智能创新发展试验区的政策效应[J]. *软科学*,2025,39(3):28 - 36.
OUYANG J Q,WEI D Q,WANG Y M. The impact of artificial intelligence on new qualitative productivity: Based on new generation of artificial intelligence innovation and development pilot zone policy effects[J]. *Soft Science*,2025,39(3):28 - 36.
- [14] 彭迪云,马可菲,苏雅,等. 人工智能对制造企业绿色创新的影响——基于国家新一代人工智能创新发展试验区的经验证据[J]. *金融与经济*,2025(10):52 - 64.
PENG D Y,MA K F,SU Y,et al. The impact of artificial intelligence on green innovation in manufacturing enterprises—Empirical evidence from national new generation AI innovation and development pilot zones[J]. *Finance and Economy*,2025(10):52 - 64.
- [15] 梅国平,何珏,汪寿阳,等. AI 重塑经济高质量发展:“节约型”与“增强型”技术的双重逻辑[J]. *系统工程理论与实践*,2025,45(11):3532 - 3553.
MEI G P,HE J,WANG S Y,et al. AI reshaping high - quality economic development: The dual logic of “labor - saving” and “augmenting” technologies[J]. *Systems Engineering - Theory & Practice*,2025,45(11):3532 - 3553.
- [16] 张敬檬,胡芊芊,汤泰劼. 国家新一代人工智能创新发展试验区与产品市场竞争优势[J/OL]. *当代财经*,1 - 15[2025

- 12 - 20]. <https://doi.org/10.13676/j.cnki.cn36-1030/f.20250917.001>.
- ZHANG J M, HU Q Q, TANG T J. National New Generation of AI Innovation and Development Pilot Zone and product market competition advantage[J/OL]. *Contemporary Finance & Economics*, 2025; 1 - 15. <https://doi.org/10.13676/j.cnki.cn36-1030/f.20250917.001>.
- [17] 杜传忠, 张榕. 企业智能化转型能否突破全球价值链“低端锁定”困境——基于供应链协同创新的视角[J]. *国际经贸探索*, 2025, 41(10): 4 - 22.
- DU C Z, ZHANG R. Can intelligent transformation of the enterprises break through the dilemma of “low - end lock - in” in global value chain: From the perspective of supply chain collaborative innovation[J]. *International Economics and Trade Research*, 2025, 41(10): 4 - 22.
- [18] 王婧卜, 褚希伟. 人工智能嵌入、创新链产业链融合与制造业全球价值链地位[J]. *新疆社会科学*, 2025(2): 54 - 65.
- [19] 霍宏卿, 程彬桓. 人工智能与企业新质生产力——来自沪深A股上市公司的证据[J]. *金融与经济*, 2024(8): 60 - 72.
- HUO H Q, CHENG B H. Artificial intelligence and new quality productivity of enterprises—Evidence from A - share listed companies in Shanghai and Shenzhen[J]. *Finance and Economy*, 2024(8): 60 - 72.
- [20] 袁辉, 韩居伯. 人工智能助推新质生产力发展研究[J]. *现代经济探讨*, 2024(10): 10 - 19.
- YUAN H, HAN J B. Research on artificial intelligence boosting the development of new quality productivity[J]. *Modern Economic Research*, 2024(10): 10 - 19.
- [21] 李果, 白云朴. 人工智能应用如何影响制造企业创新绩效? [J]. *财经论丛*, 2024(12): 102 - 112.
- LI G, BAI Y P. How does application of artificial intelligence affect the innovation performance of manufacturing enterprises? [J]. *Collected Essays on Finance and Economics*, 2024(12): 102 - 112.
- [22] 张永坤, 李小波, 邢铭强. 企业数字化转型与审计定价[J]. *审计研究*, 2021(3): 62 - 71.
- ZHANG Y S, LI X B, XING M Q. Enterprise digital transformation and audit pricing[J]. *Auditing Research*, 2021(3): 62 - 71.
- [23] CHERNOZHUKOV V, CHETVERIKOV D, DEMIRER M, et al. Double/debiased machine learning for treatment and structural parameters[J]. *The Econometrics Journal*, 2018, 21(1): C1 - C68.
- [24] 房克雷, 谢思, 潘竟成. 跨境电商综试区建设能否缩小地区数实融合差距: 基于双重机器学习的因果推断[J]. *世界经济研究*, 2024(9): 92 - 104 + 134 + 137.
- FANG K L, XIE S, PAN J C. Can the construction of cross - border e - commerce comprehensive pilot zones narrow the regional digital and real economy integration gap: A causal inference based on double machine learning[J]. *World Economy Studies*, 2024(9): 92 - 104 + 134 + 137.
- [25] 张容嘉, 李云飞, 王乐. 国家数字经济创新发展试验区设立与企业 ESG 表现——基于机器学习的因果推断[J]. *工业技术经济*, 2025, 44(5): 72 - 83.
- ZHANG R J, LI Y F, WANG L. Establishment of national digital economy innovation and development pilot zone and ESG performance of enterprises—Causal inference based on machine learning[J]. *Industrial Technology & Economy*, 2025, 44(5): 72 - 83.
- [26] 金祥义, 张文菲. 人工智能与企业出口扩张: 贸易革命的技术烙印[J]. *国际贸易问题*, 2022(9): 70 - 87.
- JIN X Y, ZHANG W F. Artificial intelligence and firms' export expansion: The technological mark of trade revolution[J]. *Journal of International Trade*, 2022(9): 70 - 87.
- [27] 杨仁发, 陆瑶. 人工智能对制造业高质量发展的影响研究[J]. *华东经济管理*, 2023, 37(4): 65 - 76.
- YANG R F, LU Y. Research on the impact of artificial intelligence on the high - quality development of manufacturing industry[J]. *East China Economic Management*, 2023, 37(4): 65 - 76.

(编辑: 朱银周)