



宏观质量研究
Journal of Macro-quality Research
ISSN 2095-607X, CN 42-1848/C

《宏观质量研究》网络首发论文

题目： 人工智能与制造业深度融合:空间分布、经济效应与影响因素
作者： 朱兰, 冷宇辰, 张彤进
网络首发日期： 2025-04-02
引用格式： 朱兰, 冷宇辰, 张彤进. 人工智能与制造业深度融合:空间分布、经济效应与影响因素[J/OL]. 宏观质量研究.
<https://link.cnki.net/urlid/42.1848.C.20250402.1101.003>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

人工智能与制造业深度融合： 空间分布、经济效应与影响因素^{*}

朱 兰 冷宇辰 张彤进

摘 要：推动人工智能与制造业深度融合，是中国发展新质生产力、建设现代化产业体系、推动经济高质量发展的重要战略。该文尝试使用2010—2020年城市制造业人工智能专利数量和企业存活数量，衡量区域人工智能与制造业融合程度，并分析区域人工智能与制造业融合的经济效应与影响因素。研究发现：(1)中国人工智能与制造业融合具有时间上从2016年后加速发展，空间上“东多西少、高度集中”的分布特征；(2)城市制造业人工智能发展通过推动第二产业发展和扩大劳动就业，促进地区经济增长，且这一经济效应在高收入地区更为显著；(3)使用事件分析法发现，2016年《“十三五”国家科技创新规划》的出台显著影响了地区制造业人工智能企业的进入和退出，且相较于非第二产业主导的地区，第二产业主导地区工业领域人工智能企业进入数量下降，退出数量增多，净进入企业数量减少，进一步拉大人工智能与制造业融合的区域差距。研究结论对于了解区域人工智能与制造业融合的经济现象，制定具有行业针对性和区域联动性的政策提供重要参考。

关键词：人工智能；制造业；实数融合；融合特征；经济效应

一、引言

在全球经济数字化转型的大背景下，实体经济与数字经济的融合发展已成为建设现代化产业体系、推动经济高质量发展的关键战略。《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》在第三项“健全推动经济高质量发展体制机制”中首次提出“健全促进实体经济和数字经济深度融合制度”（后文简称“实数融合”），将实体经济放在数字经济前面，凸显实体经济发展的的重要性。制造业是实体经济的主体与根基，人工智能是新一轮科技革命影响未来发展的关键变量。推动制造业和人工智能重点领域的融合深度，是加快推进新型工业化，充分释放中国制造大国和网络大国叠加、聚合、倍增效应，拓展经济发展新空间，加强国际竞争优势的关键内容。

目前围绕实体经济、数字经济以及数实融合的理论内涵、概念界定、经济社会效应、融合机制、融合问题以及融合路径等研究较为丰富，形成了完善的数字经济学科的研究范式。^①从现有文献来看，实体经济的内涵在理论层面并没有作出严格的界定，也没有专门针对实体经济的统计口径和统计指标体系（夏杰长，2022），产业分类方面也存在狭义和广义等多层次分类视角（黄群慧，2017）。“数实融合”的“数”具体是指数据要素、数字技术还是数字经济，学术界和政策界没有明确区分，存在一定的混用（夏杰长和李奎，2024）。

^{*} 朱兰，中国社会科学院大学应用经济学院、中国社会科学院数量经济与技术经济研究所，电子邮箱：zhulan@cass.org.cn；冷宇辰，中国社会科学院大学应用经济学院，电子邮箱：lengyuchen@ucass.edu.cn；张彤进，天津商业大学经济学院，电子邮箱：zhang_tongjin@126.com。本文受中国社会科学院青年人文社会科学研究中心社会调研项目（2025QNZX009）、中国社会科学院经济大数据与政策评估实验室资助项目（2024SYZH004）和国家自然科学基金青年项目（72103155）的资助。感谢匿名审稿人对本文提出的意见，文责自负。

^① 由于相关文献太多，在此不一一列举。

围绕实数融合的研究更多是将新一代信息技术作为整体,侧重于学理性和政策性研究,探讨数字经济与实体经济融合的内涵、融合机理、趋势、挑战、驱动因素和对策等(洪银兴和任保平,2023;陆岷峰,2023;张帅等,2022;钞小静,2022;赵剑波,2020;曹平等,2024)。考虑到制造业在实体经济中的核心地位,以及人工智能技术与区块链、元宇宙等其他新一代信息技术的差异性,本文将重点聚焦人工智能与制造业融合,旨在将制造业作为“出题人”,将人工智能作为“解题者”,立足实体经济发展,研究区域人工智能与制造业融合现状及其对经济发展的影响。2019年《关于促进人工智能和实体经济深度融合的指导意见》强调,促进人工智能和实体经济深度融合,需要结合不同行业、不同区域特点,探索创新成果应用转化的路径和方法,构建数据驱动、人机协同、跨界融合、共创分享的智能经济形态。因此,本文将聚焦制造业,使用中国城市制造业人工智能企业与专利数据,从新型实体企业和实数技术融合两个方面衡量不同区域制造业和人工智能融合水平,在了解中国人工智能与制造业空间分布特征基础上,构建计量模型,研究区域人工智能与制造业融合的经济效应及其影响因素。

本文的边际贡献在于:第一,研究视角上,本文聚焦人工智能与制造业,研究区域人工智能与制造业融合现状及其对经济发展的影响。已有关注人工智能与制造业融合测度的文献鲜少,仅有少部分文献探究人工智能与制造业融合的内涵表现与难点对策(邓洲,2018;高煜,2019;朱兰,2023);第二,数字技术和数据变量方面,本文聚焦人工智能技术,区别于区块链、机器人等其他新一代信息技术,以人工智能专利和人工智能企业测度人工智能发展情况,更加精准合理。另外,本文使用城市—制造业—人工智能三维变量,从新型实体企业与实数技术融合两个方面衡量人工智能与制造业产业融合和技术融合水平,展现不同时间不同城市人工智能与制造业深度融合的时空特征,然后构建计量模型,研究区域实数融合的经济效应和影响因素。本文的研究结论为提出具有行业针对性、区域联动性的实体经济与数字经济融合策略,深化实体经济与数字经济融合深度和强度提供数据和现象支撑。

二、文献综述

人工智能与制造业融合本质上属于数字经济与实体经济融合(简称为“数实融合”)的领域,本文将在数实融合的框架内分别从人工智能与制造业融合的理论内涵、变量测度与经济效应三个方面进行阐述。

(一)人工智能与制造业融合的内涵

数字经济与实体经济深度融合是构建现代化产业体系、推动区域高质量发展的重要手段(陈曦,2022)。人工智能与制造业融合,本质上属于数字经济与实体经济融合的领域,其中的“数”可理解为数据要素、数字技术或数字经济,而“实”可理解为广义的实体经济中尚未进行数字化变革的部分,本质上是数字产业化和产业数字化协同发展(夏杰长和李奎淦,2024)。洪银兴和任保平(2023)认为数字经济和实体经济深度融合是数据成为关键生产要素之后提出的要求,把“深度融合”界定为数字技术和数据要素渗透实体经济的全过程,通过数据要素与数字技术双轮驱动对实体经济进行改造,具体表现为技术创新与数字经济融合、产业创新与数字经济融合、企业组织创新与数字经济融合。陈曦(2022)指出数字经济和实体经济深度融合有三方面内涵:一是万物互联成为数字经济与实体经济融合的物质基础,二是数据成为数字经济与实体经济融合的关键要素,三是创新成为数字经济与实体经济融合的最终结果。陈雨露(2023)则从企业层面、产业层面与宏观经济层面解析数字经济与实体经济融合的主要途径,分析数实融合的必要条件与政策着力点。

具体到人工智能与制造业融合,就是人工智能与制造业产业或同一产业内的不同行业通过相互渗透、相互交叉、最终融为一体,逐步形成新产业的动态发展过程。在融合的过程中,一方面人工智能促进制造业产业升级和效率提升,另一方面制造业领域的工业大数据、任务场景以及工程能力为人工智能提供应用场景、工业数据和装备支撑,促进人工智能技术进步(朱兰,2023)。Freeman和Perez(1988)将技术革命下范式变革的内容概括为九方面:企业生产与组织的新方式,对劳动力技能的新要求,新的产品组合,新要素取代旧要素的新趋势,新投资模式,新基础设施投资浪潮,中小企业大量进入新兴部门,大

公司积极进入新部门,新的消费产品、消费方式和生活方式。在人工智能技术的推动下,人工智能与制造业融合也将产生一系列的新产品、新技术、新模式、新需求、新投资等,比如人工智能与药物研发融合产生的AI制药,传统汽车产业与人工智能融合产生的智能网联新能源汽车,人工智能与工业机器产生的智能机器人等。

(二)人工智能与制造业融合的变量测度

人工智能与制造业融合可以从微观和宏观两个层面进行测度,其中微观层面可以分为产业融合和技术融合两个视角。

产业融合最初是从产业合并引申而来的一个概念(厉无畏,2002),随着20世纪70年代信息通讯技术的发展,三次产业之间的边界趋于模糊,企业兼并浪潮突破地区和行业的界限,出现产业融合发展态势(植草益,2001)。产业融合更多体现为企业采用人工智能、区块链等新技术,购买数字化软件与服务,或者融入数字平台、采用数字经营模式等。已有研究较多使用企业数字化转型或者接入电商平台(吕越等,2023)等测度数实产业融合。技术融合方面,黄先海和高亚兴(2023)认为数实产业技术融合是分属于数字产业与实体产业范畴的技术之间互补互促的动态演进过程。与人工智能相关的专利和论文被经常用于衡量人工智能技术(Cockburn等,2019;Damioli等,2021)。为测度企业数实技术融合程度,黄先海和高亚兴(2023)使用企业发明专利中引用数字产业技术专利的数量作为代理变量,陶峰等(2023)采用国际专利分类信息识别与数字创新活动技术特征相契合的发明专利。陈楠和蔡跃洲(2021,2022)分别使用不同制造业细分行业中数字经济专利数量衡量数字技术在行业中的渗透率,或者使用省级年度人工智能专利申请量和授权量表征区域层面人工智能技术进步和渗透率。

宏观层面,学者们主要借助调整后的Logistic协同演化模型、耦合协调度模型等方法来测度“数实融合”协调发展关系。这主要包括两种方式:一是使用单一评价指标体系测度数字经济和实体经济融合程度(胡西娟等,2022;钞小静,2022)。比如,胡西娟等(2022)从基础融合、应用融合、创新融合、金融融合四个方面,选取19个变量衡量30个省份数字经济和实体经济融合程度。另外一种常用方法是分别构建数字经济和实体经济指标体系,然后基于耦合协调度测度数实程度(张帅等,2022;郭晗和全勤慧,2022)。张帅等(2022)选取12个指标从数字基础设施、数字化应用、数字产业发展三个角度构建省级数字经济发展水平综合指标,采用人均实体经济生产总值、非农从业人员占比、规上工业R&D投入强度等5个指标从实体经济规模、结构和潜力三个角度构建实体经济评价指标体系,然后以协调度衡量各地区数字经济和实体经济的融合水平。

总体而言,上述研究主要是从理论层面探讨数实融合的内涵、机制与路径,实证研究方面以国家或者省级层面为主,这主要是因为国家或者省级层面数据可得性高,统计口径一致,具有可比性。但是,上述研究数据变量含义宽泛,即不能精准反映新一代信息技术特性,而且指标选取具有较强的主观性。因此,本文将借鉴吕越等(2023)、黄先海和高亚兴(2023)等研究,从产业融合和技术融合方面测度人工智能与制造业的融合水平。

(三)人工智能与制造业融合的经济效应

近年来,大量理论与实证研究关注人工智能对生产率和经济增长的影响(Aghion等,2017;曹静和周亚林,2018;Lu,2021;Babina等,2024)。许多研究发现人工智能对中国经济发展质量具有显著的提升作用(杨先明和王志阁,2023;陈楠和蔡跃洲,2022;杨艳等,2023)。微观层面,企业应用人工智能技术不仅有助于提高企业数据分析和信息处理能力,更好对接消费者偏好和市场需求(陈庆江等,2023),企业智能化转型还能够通过提高企业劳动力多样性,促进知识与文化交流碰撞,从而推动企业创新(邓悦和蒋琬仪,2022),提高企业劳动生产率(Czarnitzki等,2023)。另外,人工智能等数字科技还具有溢出效应,接近数字科技企业有助于提高企业全要素生产率(蒋为等,2025)。

中观层面,人工智能技术赋能制造业,推动制造业产业升级和价值链攀升,提高企业创新水平。人工智能与制造业融合,促进制造业生产模式变革和生产流程升级,推动传统制造业向高端制造业转型,提高了产品附加值和技术含量(任保平和宋文月,2019)。人工智能与高附加值产业的深度融合,可以增

强本土供应链的韧性,促进传统产业的智能化改造和升级,在全球价值链中争取有利位置(刘斌和潘彤,2020)。此外,制造业具有较高的生产率、前后联动效应以及规模效应等,工业化是一国经济增长的重要引擎(朱兰等,2024)。人工智能与制造业融合有助于推动制造业产业升级(付文字等,2020;米晋宏等,2020),提高制造业发展质量(郑琼洁和王高凤,2021;陆瑶和杨仁发,2023;谢伟丽等,2023;李翔等,2023),进而促进区域经济增长(王霄琼等,2024)。另外,人工智能与制造业深度融合增加了新型实体企业的数量(何德旭等,2024),专精特新等新型实体企业通过科技手段与制造工艺创新降低了生产成本,优化资源配置,提高经济效率(徐亚平和史依铭,2024)。

宏观层面,人工智能具有渗透性、替代性、协同性和创新性等技术—经济特征,通过要素替代、效率提升和知识创造等多条路径,直接促进经济增长(蔡跃洲和陈楠,2019)。另外,人工智能通过提高生产自动化智能化程度、提高资本回报率和提高全要素生产率,有助于应对老龄化冲击从而促进经济增长(陈彦斌等,2019)。基于国家人工智能试验区的智慧城市建设有助于促进企业绿色创新(高华川等,2024)。

综上,本文提出研究假设:人工智能与制造业融合有助于促进地区经济增长。

三、数据说明与基本特征

(一)数据说明

本文借鉴已有研究,分别从产业融合和技术融合两个方面衡量人工智能与制造业融合程度。其中,产业融合使用制造业中人工智能企业数进行衡量,技术融合使用制造业人工智能专利数进行测度。数据主要来源于企研·学术大数据,涵盖2010年—2020年全国城市—行业—人工智能企业存活数目和死亡数目,以及城市—行业—人工智能专利数量和类别,包括专利申请总数、专利授权总数以及发明专利、实用新型专利、外观设计专利三类专利的申请和授权数目。基于人工智能产业智能感知、数据标签与标注、深度学习、决策与执行、AI能力评价5个关键技术要素,将人工智能产业划分基础设施、基础理论和核心技术、智能应用3个部分。然后从企业基本信息、创新知识产出、产品应用平台和人力资本投入等多个维度的企业信息,梳理并筛选出人工智能产业相关企业,构建人工智能产业专题数据库。

(二)中国人工智能与制造业融合的空间分布

本节将简要分析中国制造业人工智能专利和企业的空间分布,为后文进一步研究中国城市人工智能与制造业融合的经济效应奠定事实基础。

专利分布在一定程度上反应地区的技术水平,制造业人工智能专利申请数和授权数越多,说明该城市人工智能与制造业技术融合程度越深。计算2020年不同城市制造业人工智能专利申请数和授权数,结果发现城市间制造业人工智能“技术鸿沟”较大。不论是专利申请数还是授权数,全国制造业人工智能技术渗透率都存在明显的空间分布不均衡现象,具有“东多西少、高度集中”的特征。具体来说,东部地区制造业人工智能专利申请数明显高于西部地区,主要聚集在珠三角、长三角和北京市,呈现“三足鼎立”态势。制造业人工智能专利申请集中于东部沿海地区,部分地区制造业人工智能技术尚处于初步发展阶段,西部绝大多数地区仍处于空白状态。

但是企业研发的人工智能技术和产品并不一定应用于本地区或者本行业,因此本文进一步使用城市制造业人工智能企业数反映人工智能与制造业融合深度。结果显示,中国人工智能与制造业融合程度具有“东多西少、集中分布”特征。各地区制造业人工智能企业数目整体较少,人工智能企业数目超过200的城市仅有深圳市,达到643家,其次是苏州、广州、东莞、上海,制造业人工智能企业数目在100~200之间,170个地级市人工智能企业数在1~100之间,人工智能企业数目在个位数的有124个地级市,192个地级市人工智能企业数为0。人工智能企业分布高度集中,仅深圳市集中分布了全国22%的制造业人工智能企业,排名前五的地级市人工智能企业数目占比达到41.5%,接近半数。也就是说,超过半数地级市制造业没有人工智能企业,西部和东北大部分地区人工智能与制造业融合处于空白或者初步探索阶段,与北京、上海、深圳、杭州等一线城市具有较大差距。这说明,中国人工智能与制造业融

合整体水平不高,超半数地区处于空白状态,中国人工智能和制造业融合程度整体较低,距离全面普及的目标较远。

总体而言,中国人工智能与制造业融合发展程度存在明显的区域差异,具有“东多西少、高度集中”的特征。从区域分布来看,不论是从企业数目还是专利数目,人工智能与制造业的融合程度均存在明显的空间分布不均衡现象。制造业人工智能企业主要聚集在珠三角、长三角和北京市,呈现“三足鼎立”态势。部分地区人工智能与制造业融合尚处于初步发展阶段,西部绝大多数地区仍处于空白状态。区域之间呈现明显的“二元”分布结构,北京、深圳、杭州、上海等发达地区人工智能与实体经济融合程度远远高于欠发达地区,且这一差距随着专利和企业的不断累积逐渐扩大。

四、人工智能与制造业融合的经济效应分析

(一)模型构建与变量说明

前文我们对不同地区人工智能与制造业的融合现状进行了描述性分析。为了进一步分析地区“人工智能+制造”的经济效应,本文构建模型如下:

$$y_{c,t} = \beta M_AI_{c,t} + \gamma X_{c,t} + \lambda_c + \lambda_t + \epsilon_{c,t} \quad (1)$$

其中, $y_{c,t}$ 是我们感兴趣的被解释变量,使用地区经济总量 GDP(取对数)衡量地区经济增长,其中 c 是城市, t 是年份。核心解释变量是城市人工智能与制造业融合水平,分别从企业发展和技术进步两个维度进行衡量。其中,企业发展使用地区年度制造业企业存活数表示,技术进步使用地区年度制造业人工智能发明专利申请数和授权数来表示。为了缓解因遗漏变量带来的内生性,模型同时控制了城市 c 在 t 年的人口总量(取对数)、单位从业人数(取对数)和研发人员数量(取对数)。 λ_c 表示城市固定效应, λ_t 表示年份固定效应,分别控制城市层面不随时间变动的特征和时间趋势。 $\epsilon_{c,t}$ 是误差项,标准误差聚类到城市层面。人工智能行业企业数和专利数据来源于企研·学术大数据平台,城市层面数据来源于《中国城市统计年鉴》,时间为 2010—2020 年。

关于核心解释变量 $M_AI_{c,t}$ 的构建,由于缺乏年度城市制造业人工智能企业数和专利数,本文借鉴 Acemoglu 和 Restrepo(2020)工业机器人渗透率的构建方式,使用 2020 年数据作为基准值,假设地区制造业人工智能企业比值不变,构建年度地区制造业人工智能企业数和专利数。具体公式如下:

$$M_AI_{firm_{c,t}} = weight_c \times firm_{c,t} \quad (2)$$

$weight_c = stock_{c,2020} / firm_{c,2020}$, 其中 $stock_{c,2020}$ 指的是 2020 年城市 c 的制造业人工智能企业存活数量(单位为万个),行业包括采矿业、制造业、建筑业和电力、热力、燃气及水生产和供应业, $firm_{c,2020}$ 是 2020 年城市 c 制造业企业存活数量(万个), $firm_{c,t}$ 指的是城市 c 在 t 年的制造业企业存活数目(万个)。城市年度工业人工智能发明专利申请数和授权数构造方法与企业存活数类似,故不再赘述。考虑到年度地区制造业人工智能企业比值不变的假设较强,后文使用制造业增加值增速作为权重变量,构建年度—城市—制造业人工智能企业存活数,进行稳健性检验。

(二)结果分析

表 1 列出了城市人工智能与制造业融合发展对地区经济增长的影响,其中第(1)列使用城市制造业人工智能企业存活数作为解释变量,第(2)列和第(3)列分别使用城市制造业人工智能发明专利授权数和申请数作为解释变量。结果显示,不论是使用城市制造业人工智能企业数还是人工智能专利数,地区人工智能与制造业融合程度对地区经济增长具有显著的正向促进作用。具体来说,城市制造业人工智能存活企业数目每增加一万家,地区经济总量提升 12.5%;城市制造业人工智能专利授权数和申请数提高一个百分点,地区经济总量分别增加 3.3% 和 1.9%。这可能是由于一方面人工智能的渗透性、替代性、协同性和创造性四项技术—经济特征,不仅有助于推动国民经济各领域各部门高质量增长,而且人工智能自身规模壮大也有助于经济增长质量的提升(蔡跃洲和陈楠,2019)。另一方面,制造业具有规模效应、前后联动效应、投入—产出结构效应等,不仅有助于拉动其他产业发展,还能促进产业结构转型升级(朱兰等,2024)。

表 1 制造业人工智能发展与经济增长

	城市 GDP (1)	城市 GDP (2)	城市 GDP (3)
城市制造业人工智能企业存活数	0.125*** (0.01)		
城市制造业人工智能专利申请数		0.033*** (0.00)	
城市人工智能专利授权数			0.019*** (0.00)
控制变量	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes
样本量	2858	2253	2030
R ²	0.98	0.98	0.98

注:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$,括号内为聚类稳健标准误。

另外,相比较而言,城市人工智能企业存活数比专利申请数量的经济产值带动效应更强,这可能是由于专利授权受专利代理、专利审查等其他方面因素的影响,具有时滞性,经济效应当期不能及时显现,而人工智能领域专利申请本身已经体现了该行业人工智能领域的研发投入,专利申请是研发活动的结果,研发活动本身已经对地区经济增长起到了促进作用。而制造业人工智能企业是人工智能与制造业融合的实际载体,属于“新型实体企业”。这类企业大多属于资本或者技术密集型的智能制造企业,资源利用与经济效率更高,能够显著促进地区经济增长。

进一步分析城市人工智能与制造业融合促进经济增长的机制,本文分别从实体经济发展与就业扩张两个方面进行分析。研究表明,人工智能与制造业融合的载体,比如智能制造、工业机器人、工业互联网等,都会显著促进实体经济的发展。表 2 列出了城市人工智能与制造业融合发展对地区工业经济的影响,其中第(1)列使用城市制造业人工智能企业存活数作为解释变量,第(2)列和第(3)列分别使用城市制造业人工智能发明专利申请数和授权数作为解释变量。结果显示,不论是城市人工智能与制造业领域的技术融合还是产业融合,均有助于促进工业生产总值的增加。具体而言,城市制造业人工智能存活企业数目每增加一万家,第二产业产值提高 16.9%;城市制造业人工智能专利申请数和授权数每提高一个百分点,第二产业产值分别提高 4.8%和 2.7%。这可能是因为企业与其他数字经济核心产业(数字产品服务业除外)的技术融合对全要素生产率均有显著的提升作用,偏向于实体产业技术创新的企业从数实产业技术融合中能获得更大的全要素生产率提升效益(黄先海和高亚兴,2023)。人工智能应用能够显著促进制造业高质量发展,且能有效提升制造业发展的经济效益、创新效益、绿色效益和附加值效益(陆瑶和杨仁发,2023)。

表 2 城市人工智能与制造业融合和工业发展

	第二产业工业总产值 (1)	第二产业工业总产值 (2)	第二产业工业总产值 (3)
城市制造业人工智能企业存活数	0.169*** (0.02)		
城市制造业人工智能专利申请数		0.048*** (0.01)	
城市制造业人工智能专利授权数			0.027*** (0.01)
控制变量	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes
样本量	2858	2253	2030
R ²	0.96	0.97	0.97

注:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$,括号内为聚类稳健标准误。

表3列出了人工智能与制造业融合对地区劳动就业的影响,分别使用第二产业就业人数和制造业就业人数作为地区实体经济就业人数的代理变量。其中第(1)列和第(2)列使用城市制造业人工智能企业存活数作为解释变量,第(3)列和第(4)列使用城市制造业人工智能发明专利申请数作为解释变量,第(5)列和第(6)列使用城市制造业人工智能发明专利授权数作为解释变量。结果显示,城市人工智能与制造业领域的技术融合和产业融合,均有助于促进地区实体经济核心部门的就业人数增加。具体而言,城市制造业人工智能存活企业数目每增加一万家,第二产业和制造业就业人数分别提高13.7%和6.4%;城市制造业人工智能专利申请数每提高一个百分点,第二产业和制造业就业人数分别提高5.2%和5%;城市制造业人工智能专利授权数目每提高一个百分点,第二产业和制造业就业人数分别提高3.9%和4.3%。这可能是因为经济转型与创新对新产品的需求增长有助于创造就业(Harrison等,2014)。人工智能与制造业融合的过程中,新技术和新产品创造了新的市场需求和工作岗位,增加了劳动力需求(Su等,2022),尤其是对于产业智能化发展期和处于上升期的产业(陈东和秦子洋,2022)。

表3 城市人工智能与制造业融合与劳动就业

	第二产业 从业人数 (1)	第二产业 从业人数 (2)	第二产业 从业人数 (3)	制造业 从业人数 (4)	制造业 从业人数 (5)	制造业 从业人数 (6)
城市制造业人工智能企业存活数	0.137*** (0.02)			0.064** (0.03)		
城市制造业人工智能专利申请数		0.052*** (0.01)			0.050*** (0.01)	
城市制造业人工智能专利授权数			0.039*** (0.01)			0.043*** (0.01)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	2598	2048	1845	2596	2048	1845
R2	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.94

注:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$,括号内为聚类稳健标准误。

(三)稳健性检验

为了保证结果的可信度,本文主要从遗漏变量、测量误差、反向因果三方面考虑其内生性问题。因此,本文综合使用替换被解释变量、增加控制变量、改变融合数据权重、使用GMM模型等四种方式,进行稳健性检验(见表4)。具体来说:(1)替换被解释变量。基准模型中使用城市GDP衡量城市经济增长,这可能受城市人口规模的影响。因此,本文使用城市人均GDP作为被解释变量,研究城市人工智能与制造业融合对地区人均收入水平的提升。(2)增加控制变量。基准回归模型中仅控制了地区人口总量、单位从业人数和研发人员数量,为了避免因遗漏变量带来的内生性,本文进一步增加了单位从业人数、规模以上工业企业数、年末金融机构各项贷款余额、实际使用外资金额、教育支出、科学支出等变量,研究城市人工智能与制造业融合对地区经济增长的影响。(3)使用其他权重计算城市人工智能与制造业融合水平。前文使用城市制造业企业存活数目增速作为可变权重,考虑到地区人工智能与制造业融合程度可能与地区经济增速相关,本文进一步使用地区经济增速作为可变权重,衡量年度城市人工智能与制造业融合水平。(4)使用GMM模型。由于模型可能存在反向因果关系,本文在基准模型的基础之上加入城市人工智能与制造业融合水平的滞后1期,模型转化为一个动态面板模型,然后使用系统GMM进行估计。核心解释变量使用城市制造业人工智能企业存活数用以衡量人工智能与制造业融合程度,所有的结果均显示,城市人工智能与制造业融合显著促进了地区经济增长,表明本文的分析结果是稳健的。^①

^①使用制造业人工智能专利数作为核心解释变量,上述结果依旧保持不变,为节约篇幅,在此不一一列出。

表 4 稳健性检验

	使用人均 GDP	替换控制变量	替换权重方式	使用 GMM 模型
人工智能与制造业融合水平	0.0518*** (0.01)	0.0483*** (0.01)	0.125*** (0.01)	0.559*** (0.02)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	2852	1785	2858	2600

注:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$,括号内为聚类稳健标准误。

五、拓展分析:什么导致地区人工智能与制造业融合差异?

(一)模型构建与变量说明

2016 年被视为人工智能元年。2016 年 AlphaGO 打败李世石使得人工智能广泛进入普通大众视野,同年,苹果、特斯拉、百度、谷歌等巨头实现人工智能技术突破,世界主要经济体纷纷出台人工智能发展战略,美国发布《为未来人工智能作好准备》和《人工智能、自动化和经济》,日本审议通过《第五期科学技术基本计划(2016—2020)》,中国也在《“十三五”国家科技创新规划》(以下简称《规划》)中明确将“人工智能”作为科技创新重点发展方向。科技创新规划对全国技术发展和产业政策的出台具有直接的影响,但是由于地方经济发展基础和产业结构不同,《规划》对不同地区的人工智能的发展影响不同。为了研究《规划》冲击的影响,本文将地区按照第二产业占比进行划分,研究《规划》对不同地区的差异性影响。由于《规划》对全国地区都具有影响,不适合使用双重差分法,本文使用事件分析法识别《规划》出台对城市人工智能与制造业融合的动态效应。模型构建如下:

$$y_{c,t} = \sum \beta_j Treat_c \times Post(n)_t + \lambda_c + \lambda_t + \varepsilon_{c,t} \quad (3)$$

其中, $y_{c,t}$ 表示 t 年城市 c 人工智能与制造业融合程度,分别使用制造业人工智能企业存活数、新进入数、退出数、发明专利申请数和发明专利授权数,从新型实体企业和实数技术融合两个方面进行衡量。 $Post(n)_t$ 表示人工智能政策冲击前后的年份,本文设定政策冲击前 5 年以及政策冲击后 4 年,共包含 10 年的窗口期。 $Treat_c$ 按照 2015 年第二产业增加值占比是否超过中位数进行区分,如果 2015 年城市 c 的第二产业增加值占比超过了中位数,该城市以第二产业作为主导产业,那么就认为是处理组, $Treat_c$ 取值为 1;反之则为控制组,取值为 0。 β_j 捕捉了政策的动态效应,衡量政策冲击不同年份对城市人工智能与制造业融合深度的影响。 λ_c 表示城市固定效应, λ_t 表示年份固定效应,分别控制城市层面不随时间变动的特征和时间趋势, $\varepsilon_{c,t}$ 是误差项。城市年度制造业人工智能行业企业数和专利数据来源于企研·学术大数据平台,城市层面数据来源于《中国城市统计年鉴》,时间为 2010—2020 年。

(二)结果分析

表 5 列出了政策冲击对城市制造业人工智能企业数目的影响,包括制造业人工智能企业新进入数、退出数和净进入数。结果显示,2016 年《规划》的出台显著影响了城市制造业人工智能企业的进入和退出,且政策具有滞后性。在政策实施当年,《规划》对城市制造业人工智能企业发展没有显著影响;但是在政策冲击一年后,相较于非第二产业占主导的地区,第二产业占主导的地区制造业人工智能企业进入数目显著下降,退出数量增多,净进入企业数目减少。这一政策效应随着时间的推移,越加明显。这说明,《规划》的出台确实对城市制造业人工智能的发展产生了影响,但是这一影响具有非对称性。也就是说相较于非第二产业主导的地区,第二产业主导地区的制造业人工智能企业净进入企业数目反而下降,制造业人工智能企业更多向非工业主导地区汇集。这可能是由于人工智能企业属于技术和人才密集型,在国家科技创新鼓励人工智能技术研发之后,更多企业更倾向于进入以服务业为主的发达地区。这

与王林辉等(2022)发现的人工智能企业地理格局分布呈现“强者愈强,弱者愈弱”现象一致,背后原因在于由于规模效应和协同效应,人工智能企业的地理格局往往由大规模企业主导,人工智能企业跟随龙头企业聚集分布。

表5 政策冲击与城市制造业人工智能企业发展

	企业新进入数量	企业退出数量	企业净进入数
before5	-0.056 (0.068)	0.013 (0.053)	-0.054 (0.072)
before4	-0.091 (0.068)	0.004 (0.053)	-0.089 (0.072)
before3	-0.053 (0.068)	0.007 (0.053)	-0.047 (0.072)
before2	-0.001 (0.068)	0.007 (0.053)	0.001 (0.072)
current	-0.045 (0.068)	0.019 (0.053)	-0.036 (0.072)
after1	-0.123* (0.068)	0.089* (0.053)	-0.110 (0.072)
after2	-0.112* (0.068)	0.171*** (0.053)	-0.124* (0.072)
after3	-0.174** (0.068)	0.233*** (0.053)	-0.285*** (0.073)
N	2,618	2,618	2,600
R-squared	0.910	0.433	0.896
City FE	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes
Control	Yes	Yes	Yes

注:*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1,括号内为稳健标准误。

图1展示了政策冲击前后城市制造业人工智能企业进入与退出的回归系数,可以看出,2016年政策冲击后,第二产业主导地区制造业人工智能企业数目出现了较大的进入-退出更替,新进入企业数目明显较少,企业退出数目增加,制造业人工智能企业更多出现在非工业主导地区。

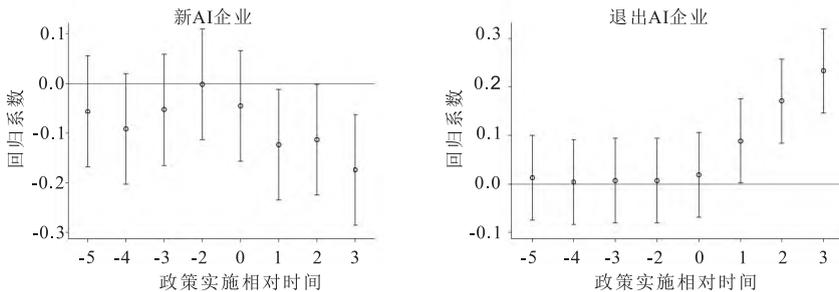


图1 政策冲击与城市工业领域人工智能企业:企业进入与退出

为检验结果的稳健性,将被解释变量替换为城市制造业人工智能发明专利申请数和授权数。表6展示了替换变量后的回归结果。结果显示,《规划》出台的政策冲击效果当期就已出现,且具有动态性、持续性。不论是制造业人工智能专利申请数还是授权数,在《规划》出台后,第二产业主导地区的制造业人工智能发明专利申请数和授权数均出现了下降,制造业人工智能技术更多出现在非第二产业主导的地区。这可能是由于技术的出现更多是在科学研究行业、ICT行业等生产性服务业,制造业更多是人工智能技术的应用领域,人工智能专利更多是外观设计或者实用新型专利。

表 6 政策冲击与制造业人工智能技术发展

	发明专利申请数	发明专利授权数
before5	0.135 (0.093)	-0.054 (0.039)
before4	0.069 (0.093)	0.010 (0.038)
before3	-0.079 (0.093)	0.002 (0.037)
before2	-0.157* (0.093)	-0.016 (0.036)
current	-0.237** (0.093)	-0.074** (0.034)
after1	-0.312*** (0.093)	-0.102*** (0.034)
after2	-0.290*** (0.093)	-0.036 (0.033)
after3	-0.206** (0.092)	-0.060* (0.034)
N	2903	1498
R-squared	0.931	0.428
City FE	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes
Control	Yes	Yes

注:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$,括号内为稳健标准误。

六、研究结论与政策建议

数字经济与实体经济融合发展,是带动区域产业升级和经济转型、建设创新型国家和世界科技强国、提升全球地位和实现大国崛起的重大战略选择。党的二十大报告强调要“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群”。党的二十届三中全会更是首次提出“实数融合”,强调数字经济促进实体经济发展的的重要性。本文聚焦人工智能与制造业融合,利用2010—2020年城市制造业人工智能专利数目和企业数目,衡量人工智能与制造业融合程度,研究城市人工智能与制造业融合的空间特征、经济效应与影响因素。研究发现:第一,中国人工智能与制造业融合呈现出时间上在2016年后加速发展、空间上“东多西少、高度集中”的分布特征;第二,城市制造业人工智能发展通过推动第二产业发展和扩大劳动就业,促进地区经济增长,且这一经济效应在高收入地区更为显著;第三,使用事件分析法发现,2016年《“十三五”国家科技创新规划》的出台显著影响了地区制造业人工智能企业的进入和退出,且相较于非第二产业主导的地区,第二产业主导地区制造业人工智能企业进入数目下降,退出数量增多,净进入企业数目减少,进一步加大人工智能与制造业融合的区域差距。

不同城市人工智能与制造业融合程度反映了中国当前存在的“数字鸿沟”和“技术鸿沟”。随着技术进步和企业发展的循环累积,若不采取措施,将进一步加剧地区间经济发展不均衡,不利于新发展格局构建和经济高质量发展。因此,有必要制定科学合理的政策,降低人工智能与制造业融合门槛,缓解融合瓶颈,推动人工智能与制造业深度融合,促进制造业转型升级,推动区域经济均衡发展。这就需要:第一,尊重人工智能技术发展规律,保持和增强发达地区人工智能技术的原研优势,发挥技术进步和产业变革引领作用。人工智能技术具有高资本、高技术、高人力资本、高数据密集特征,这就决定了人工智能技术的研发和创新集中于发达地区。发达地区人工智能技术水平代表中国人工智能技术的前沿,应尊重科学创新和数字经济发展规律,培育京津冀、长三角、粤港澳人工智能产业集群,打造人工智能创新发展高地。对标世界技术前沿,补齐人工智能技术短板,保持和增强比较优势,进一步提高人工智能技术研发优势,加强人工智能“卡脖子”关键核心技术攻关。加强体制机制创新,支持人工智能技术创新平台

建设,鼓励建立海外实验室,加强国内外人才和技术交流,融入全球创新网络(朱兰,2024)。

第二,填补知识鸿沟,培养复合型人才,拓展人工智能技术应用场景,推动人工智能与不同行业深度融合。一是根据制造业不同细分行业的要素禀赋、技术特性、生产经营模式等,探索人工智能应用场景,加快人工智能技术成果转化应用。搭建人工智能与制造业企业对接平台,将制造业企业作为“出题人”,邀请人工智能等技术领域企业或者高校作为“解题人”,共同破解人工智能与制造业融合难题。二是填补知识鸿沟,培养符合数智化时代的复合型人才,是推动制造业和人工智能融合发展的关键。依靠多种途径培养制造业与数字技术复合型人才,如高校或者高职高专设置智能制造专业,通过本科辅修、远程教育、技能培训等方式加强制造业学生的数智能力,也可以鼓励专业数字技术人才进入具体制造业实体部门,了解不同产业的工业机理和市场需求,加快培养兼具数字思维、管理思维和生产能力的复合型人才(高柏和朱兰,2020)。

第三,按照地区比较优势,补齐数实融合短板,加强区域间数字技术转移和数字产业合作,缩小区域间“数字鸿沟”。洪银兴和任保平(2023)认为当前数字经济与实体经济融合存在“不能融合”“融合不全”“融合不深”“不愿融合”和“不便融合”问题,并提出了推动数字经济和实体经济深度融合的途径。但是,阻碍不同地区人工智能与制造业融合的因素存在差异,比如欠发达地区可能是因为数字基础设施、产业基础薄弱或者制造业技术较为落后。这就需要一方面加大经济欠发达地区数字基础设施建设力度并鼓励适度超前建设,补齐基础设施短板。加强与发达地区部门、技术、人才交流,借助对口支援等区域互助模式,快速吸收企业数字化转型、数字农业、数字治理、在线教育等经验,发挥欠发达地区后发优势。另一方面,要探究不同地区实数融合不深的具体原因,同时结合地区禀赋结构和发展目标,探索促进地区实体经济和数字经济融合发展的路径与模式。立足落后地区的发展阶段和禀赋结构,以产业升级为“考题”,将人工智能等数字技术作为“解题”工具,赋能地区产业升级和经济发展,同时挖掘新经济业态和新经济模式。

参考文献:

- [1] 蔡跃洲、陈楠,2019:《新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业》,《数量经济技术经济研究》第5期。
- [2] 曹静、周亚林,2018:《人工智能对经济的影响研究进展》,《经济学动态》第1期。
- [3] 钞小静,2022:《以数字经济与实体经济深度融合赋能新形势下经济高质量发展》,《财贸研究》第12期。
- [4] 陈东、秦子洋,2022:《人工智能与包容性增长——来自全球工业机器人使用的证据》,《经济研究》第4期。
- [5] 陈楠、蔡跃洲,2021:《数字技术对中国制造业增长速度及质量的影响——基于专利应用分类与行业异质性的实证分析》,《产业经济评论》第6期。
- [6] 陈楠、蔡跃洲,2022:《人工智能、承接能力与中国经济增长——新“索洛悖论”和基于AI专利的实证分析》,《经济学动态》第11期。
- [7] 陈庆江、平雷雨、董天宇,2023:《数字技术应用创新赋能效应的实现方式与边界条件》,《管理学报》第7期。
- [8] 陈曦,2022:《推动数字经济与实体经济深度融合:理论探析与实践创新》,《人民论坛·学术前沿》第24期。
- [9] 陈彦斌、林晨、陈小亮,2019:《人工智能、老龄化与经济增长》,《经济研究》第7期。
- [10] 陈雨露,2023:《数字经济与实体经济融合发展的理论探索》,《经济研究》第9期。
- [11] 曹平、杨镕博,2024:《智慧城市建设能促进城市数实融合吗?——基于“准自然实验”的证据》,《江南大学学报(人文社会科学版)》第3期。
- [12] 邓洲,2018:《促进人工智能与制造业深度融合发展的难点及政策建议》,《经济纵横》第8期。
- [13] 邓悦、蒋婉仪,2022:《智能化转型何以激发企业创新?——基于制造业劳动力多样性的解释》,《改革》第9期。
- [14] 付文字、李彦、赵景峰,2020:《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》,《经济体制改革》第4期。
- [15] 高柏、朱兰,2020:《从“世界工厂”到工业互联网强国:打造智能制造时代的竞争优势》,《改革》第6期。
- [16] 高煜,2019:《我国经济高质量发展中人工智能与制造业深度融合的智能化模式选择》,《西北大学学报(哲学社会科学版)》第5期。
- [17] 郭晗、全勤慧,2022:《数字经济与实体经济融合发展:测度评价与实现路径》,《经济纵横》第11期。
- [18] 高华川、王划璞、董珍,2024:《智能驱动与企业绿色创新——基于国家人工智能试验区的准自然实验》,《江南大学

学报(人文社会科学版)》第6期。

- [19] 何德旭、张昊、刘蕴霆,2024:《新型实体企业促进数实融合提升发展质量》,《中国工业经济》第2期。
- [20] 洪银兴、任保平,2023:《数字经济与实体经济深度融合的内涵和途径》,《中国工业经济》第2期。
- [21] 胡西娟、师博、杨建飞,2022:《中国数字经济与实体经济融合发展的驱动因素与区域分异》,《学习与实践》第12期。
- [22] 黄群慧,2017:《论新时期中国实体经济的发展》,《中国工业经济》第9期。
- [23] 黄先海、高亚兴,2023:《数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究》,《中国工业经济》第11期。
- [24] 蒋为、倪诗程、彭森,2025:《数字科技企业赋能实体经济发展的效率变革——基于数字化供应链视角的理论与经验证据》,《数量经济技术经济研究》第1期。
- [25] 厉无畏,2002:《产业融合与产业创新》,《上海管理科学》第4期。
- [26] 李翔、叶初升、潘丽群,2023:《人工智能何以提升中国制造业发展质量——索洛悖论在中国制造业的再检验》,《兰州大学学报(社会科学版)》第4期。
- [27] 刘斌、潘彤,2020:《人工智能对制造业价值链分工的影响效应研究》,《数量经济技术经济研究》第10期。
- [28] 陆岷峰,2023:《数字科技赋能实体经济高质量发展:融合优势、运行机理与实践路径》,《新疆师范大学学报(哲学社会科学版)》第1期。
- [29] 陆瑶、杨仁发,2023:《人工智能对制造业高质量发展的影响研究》,《华东经济管理》第4期。
- [30] 吕越、陈泳昌、张昊天、诸竹君,2023:《电商平台与制造业企业创新——兼论数字经济和实体经济深度融合的创新驱动路径》,《经济研究》第8期。
- [31] 米晋宏、江凌文、李正图,2020:《人工智能技术应用推进中国制造业升级研究》,《人文杂志》第9期。
- [32] 任保平、宋文月,2019:《新一代人工智能和实体经济深度融合促进高质量发展的效应与路径》,《西北大学学报(哲学社会科学版)》第5期。
- [33] 陶锋、朱盼、邱楚芝、王欣然,2023:《数字技术创新对企业市场价值的影响研究》,《数量经济技术经济研究》第5期。
- [34] 王林辉、姜昊、董直庆,2022:《工业智能化会重塑企业地理格局吗》,《中国工业经济》第2期。
- [35] 王霄琼、陈聪、李腾飞,2024:《制造业智能化、产业结构升级与区域经济增长》,《当代经济》第10期。
- [36] 夏杰长,2022:《中国式现代化视域下实体经济的高质量发展》,《改革》第10期。
- [37] 夏杰长、李鑫溟,2024:《数实融合驱动经济高质量发展:驱动机制与优化路径》,《探索与争鸣》第9期。
- [38] 谢伟丽、石军伟、张起帆,2023:《人工智能、要素禀赋与制造业高质量发展——来自中国208个城市的经验证据》,《经济与管理研究》第4期。
- [39] 徐亚平、史依铭,2024:《数字经济与实体经济融合赋能“专精特新”企业高质量发展》,《经济体制改革》第4期。
- [40] 杨先明、王志阁,2023:《人工智能、财政职能与中国经济发展质量》,《宏观质量研究》第4期。
- [41] 杨艳、王理、李雨佳、廖祖君,2023:《中国经济增长:数据要素的“双维驱动”》,《统计研究》第4期。
- [42] 张帅、吴珍玮、陆朝阳、张娜,2022:《中国省域数字经济与实体经济融合的演变特征及驱动因素》,《经济地理》第7期。
- [43] 赵剑波,2020:《推动新一代信息技术与实体经济融合发展:基于智能制造视角》,《科学学与科学技术管理》第3期。
- [44] 郑琼洁、王高凤,2021:《人工智能技术应用与中国制造业企业生产率——兼对“生产率悖论”的再检验》,《学习与实践》第11期。
- [45] 朱兰,2023:《人工智能与制造业深度融合:内涵、机理与路径》,《农村金融研究》第8期。
- [46] 朱兰,2024:《中国人工智能发展的空间极化与国际追赶——基于技术—产业双重视角》,《农村金融研究》第3期。
- [47] 朱兰、吴紫薇、王勇,2024:《经济高质量发展的“引擎”——高端制造业发展、人力资本配置和经济增长》,《数量经济技术经济研究》第4期。
- [48] 植草益,2001:《信息通讯业的产业融合》,《中国工业经济》第2期。
- [49] Acemoglu, D. and Restrepo, P., 2020, Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets, *Journal of Political Economy*, 128(6): 2188—2244.
- [50] Aghion, P., Jones, B. F. and Jones, C. I., 2017, Artificial Intelligence and Economic Growth, *NBER Working Paper*, No.23928.
- [51] Babina, T., Fedyk, A. and He, A., Hodson, J., 2024, Artificial Intelligence, Firm Growth, and Product Innovation, *Journal of Financial Economics*, 151, 103745.
- [52] Cockburn, I. M., Henderson, R. and Stern, S., 2019, The Impact of Artificial Intelligence on Innovation: An

Exploratory Analysis, In A. Agrawal, Gans J. and Goldfarb A. (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence*, University of Chicago Press, 115–148.

- [53] Czarnitzki, D. , Fernández, G. P. and Rammer, C. , 2023, Artificial Intelligence and Firm—level Productivity, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 211: 188–205.
- [54] Damioli, G., Van Roy V. and Vertesy D. , 2021, The Impact of Artificial Intelligence on Labor Productivity, *Eurasian Business Review*, 11: 1–25.
- [55] Freeman, C. and Perez, C. , 1988, Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour. In G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg and L. L. G. Soete (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers.
- [56] Harrison, R. , Jaumandreu, J. , Mairesse, J. and Peters, B. , 2014, Does Innovation Stimulate Employment? A Firm—level Analysis Using Comparable Micro—Data from Four European Countries, *International Journal of industrial organization*, 35: 29–43.
- [57] Lu, C. H. , 2021, The Impact of Artificial Intelligence on Economic Growth and Welfare, *Journal of Macroeconomics*, 69, 103342.
- [58] Su, C. W. , Yuan, X. , Umar, M. and Lobont, O. R. , 2022, Does Technological Innovation Bring Destruction or Creation to the Labor Market? *Technology in Society*, 68, 101905.

Advancing the Integration of Manufacturing and Artificial Intelligence: Spatial Distribution, Economic Effects, and Influencing Factors

Zhu Lan^{1,2}, Leng Yuchen¹ and Zhang Tongjin³

(1.Faculty of Applied Economics, UCASS;2.Institute of Quantitative & Technological Economics, CASS;

3.School of Economics, Tianjin University of Commerce)

Abstract: Fostering the deep integration of artificial intelligence (AI) and manufacturing constitutes a pivotal national strategy for China to cultivate new productive capacities, establish a modern industrial ecosystem, and advance high—quality economic development. This study examines the spatial—temporal evolution of regional AI—manufacturing integration across Chinese cities from 2010 to 2020, employing novel metrics derived from AI—related patent statistics and manufacturing enterprise survival rates. Through empirical analysis of economic impacts and policy determinants, three key findings emerge: First, the convergence process exhibited accelerated progression post—2016, displaying a distinct east—west gradient with pronounced concentration in technology—intensive eastern regions. Second, urban—level AI adoption in manufacturing stimulates regional economic growth through dual mechanisms of secondary sector productivity enhancement and employment expansion, with amplified effects observed in high—income cities. Third, event study analysis reveals that the 2016 National Science & Technology Innovation 13th Five—Year Plan implementation induced significant market restructuring—secondary sector—dominant regions experienced reduced AI enterprise entry, increased exits and negative net entry, exacerbating regional integration disparities. These findings provide critical insights for designing spatially differentiated industrial policies and optimizing innovation ecosystem development in emerging economies.

Key Words: artificial intelligence; manufacturing; real integration; integration characteristics; economic effects