

数字经济与制造业融合对区域经济高质量发展的影响研究

——基于人工智能应用的中介效应

徐 涵, 刘 洁

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2025年3月28日; 录用日期: 2025年4月16日; 发布日期: 2025年5月22日

摘 要

近年来数字技术成为经济发展过程中的关键要素, 制造业作为实体经济的主体, 是推动经济高质量发展的主要力量之一, 本文选取2014~2022年中国30个省份的面板数据, 实证研究数字经济与制造业融合发展水平对区域经济高质量发展的影响。研究结果表明: 数制融合程度对区域经济高质量发展具有显著的正向影响; 机制检验表明, 数制融合通过提高人工智能应用程度促进经济高质量发展。人力资本在数制融合促进经济高质量发展的过程中起到了正向调节的作用; 拓展检验发现, 数制融合对我国经济高质量发展的影响具有区域异质性。

关键词

数制融合, 经济高质量发展, 人工智能, 人力资本

Research on the Impact of the Integration of Digital Economy and Manufacturing Industry on High Quality Development of Regional Economy

—Mediating Effect Based on Artificial Intelligence Applications

Han Xu, Jie Liu

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Mar. 28th, 2025; accepted: Apr. 16th, 2025; published: May 22nd, 2025

文章引用: 徐涵, 刘洁. 数字经济与制造业融合对区域经济高质量发展的影响研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(5): 1506-1522. DOI: 10.12677/ecl.2025.1451431

Abstract

In recent years, digital technology has become a key element in the process of economic development. As the mainstay of the real economy, manufacturing is one of the main forces driving high-quality economic development. This article selects panel data from 30 provinces in China from 2014 to 2022 to empirically study the impact of the integration of digital economy and manufacturing on the high-quality development of regional economy. The research results indicate that the degree of integration of numerical systems has a significant positive impact on the high-quality development of regional economy. Mechanism testing shows that the integration of numerical systems promotes high-quality economic development by increasing the degree of application of artificial intelligence. Human capital plays a positive regulatory role in promoting high-quality economic development through the integration of numerical systems. The expansion test found that the integration of numerical systems has regional heterogeneity in its impact on the high-quality economic development.

Keywords

Numerical System Integration, High Quality Economic Development, Artificial Intelligence, Human Capital

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

改革开放以来,中国经济持续发展,并且保持了三十多年平均 10%以上的高速增长,但也同时面临着一些挑战,比如人口红利逐渐消失、传统资本边际报酬递减以及市场化改革带来的资源重新配置效应逐渐减弱等问题。党的十九大报告指出,我国经济已从高速增长阶段转向高质量发展阶段。经济高质量发展是政治、经济、文化、社会、生态等方面的综合提升。党的二十大报告指出,高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务。尽管国家高度重视并不断推进经济高质量发展,但当前经济发展中仍存在宏观经济增速趋势性改变、产业新旧动能转换面临挑战以及本土化技术创新乏力等问题[1]。随着新一轮科技改革,数字经济和制造业的深度融合成为化解上述问题并持续推动经济高质量发展的重要突破口。近年来,以人工智能和物联网为代表的数字经济迅猛发展,推动了新兴产业的崛起,催生了智能制造、电子商务和金融科技等新业态。除了新兴产业迅速崛起,传统产业也通过积极融入数字技术,实现了转型升级。作为实体经济的核心支柱,加速制造业的发展并提升其竞争力,对推动经济向高质量发展转型具有至关重要的意义。近年来,制造业广泛采用大数据、云计算、物联网等先进通信技术,全面覆盖研发设计、生产制造、运营管理及市场营销等关键环节,旨在达成价值提升、质量优化及效率增进的目标[2]。党的二十大报告明确提出,要“促进数字经济和实体经济深度融合”“推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。制造业通过引入新技术和新工艺,能够为经济体系注入源源不断的活力。因此,加快推进数字经济与制造业的深度融合,着力推动制造业数字化转型,已成为当前阶段我国经济高质量发展进程中的关键环节[3]。目前,学术界较少以数制融合为研究角度,探索区域经济高质量发展的影响因素,也缺乏关注数制融合促进经济高质量发展的传导机制以及外部因素的调节作用。为丰富这一研究论题的内容,本文将构建固定效应模型、调节效应模型以及中介效应模型,研究数字经济与制造业融合对

经济高质量发展的直接效应和间接影响。

2. 理论分析与研究假说

2.1. 数制融合与经济高质量发展

美国学者 Tapscott D 首先引入了数字经济的概念,着重阐述了信息技术在全球经济中的重要推动作用,指出数字经济与人类协同合作共同构成了当今时代发展的核心动力[4]。随后, Jorgenson 进一步验证了这一观点,他指出技术进步不仅是促进全要素生产率增长的直接动因,还间接促进了资本的加速深化[5]。数字经济与制造业的深度融合体现为数字技术向制造业的广泛渗透与扩展,对经济发展的条件、发展路径及最终成果产生了重要的影响。

随着我国不断重视数字经济和制造业的融合发展,国内学者也纷纷展开研究。根据相关文献的内容,学者们主要从以下三个方面对数制融合促进经济高质量发展展开研究:第一,数字经济和制造业的深度融合显著提升了创新能力,为经济增长注入了新的动力。数据资源作为关键生产要素,通过现代信息网络与信息通信技术的协同应用,加速了全要素数字化转型,为制造业的创新与升级提供了新的发展路径。钞小静认为数字经济与实体经济融合的网络特性表现为多元主体间的全面互联及高效的信息流通。这些技术与网络层面的特征共同构成了提升创新能力的坚实基础,推动经济向高质量发展阶段迈进[6];第二,数制融合赋能制造业产业结构升级,进一步促进经济高质量发展。任保平和宋文月认为数字技术与制造业的融合在多个维度上产生了显著的溢出效果,具体包括推动传统制造业的转型升级、促进新兴产业的蓬勃发展、引领商业模式的革新,以及加强供需两端的协同作用[7]。这些影响共同促进了经济高质量发展;第三,数制融合能够减少环境污染,实现绿色经济高质量发展。数字技术工具能够改善制造业的资源分配效率,增强能源使用效益,削减冗余的能源消耗,从而减轻环境污染排放。郑光凤和柳剑平认为互联网技术的应用显著提高了政府在环境保护工作上的效率与治理能力,同时也大幅度提升了公众的环保知识水平、环保意识以及参与环保行动的积极性[8]。

基于上述理论分析,本文提出假设 1:数字经济与制造业深度融合对区域经济高质量发展具有正向的促进作用。

2.2. 数制融合、人力资本与经济高质量发展

人力资本的概念最初是由美国经济学家 Schultz [9]在上世纪六十年代提出,随后经过 Becker Gary [10]等人的深入研究,形成了更完善的人力资本理论。在 20 世纪 80 年代, Lucas [11]和 Romer [12]将人力资本理论引入到新增长理论中,认为知识和人力资本也是一种生产要素。第一,人力资本能够在长期内促进经济高质量发展。在其余条件相同的前提下,拥有更高人力资本存量的国家或地区,在长期内更可能维持相对较高的经济增长率。新古典经济增长理论提出,资本与劳动力存量的变动短期内能够影响经济增长速度。内生经济增长理论还强调,人力资本存量的变化能直接作用于全要素生产率,进而对长期经济增长速度产生作用。常非凡和宋永华认为人力资本是技术创新和经济增长的重要驱动因素,特别是在当前数字经济蓬勃发展的背景下,人力资本显著增强了数字经济对于区域经济高质量发展的赋能效应[13]。

第二,人力资本是数字经济和制造业融合发展的关键因素。高人力资本水平是数字经济加快产业融合的基础条件,通过将庞大的信息集转化为数据资源,并将数字技术深度融合于传统制造业之中,能够有效提升制造业的生产效率并增强其市场竞争力[14]。一方面,数字经济的蓬勃发展显著推动了技术密集型制造业就业规模的扩张,进而增加了对高技能劳动力的需求。数字经济不仅通过“替代效应”淘汰行业低技能劳动力,也会通过“提升效应”提高对岗位员工的技能要求[15]。高水平的劳动力具备使用数字技术的专业技能,能够理解和运用大数据、云计算、人工智能等技术工具,从而推动制造业的数字化转

型; 另一方面, 人是创新的主体, 高水平人力资本是实现数字技术进步和工艺优化的关键, 这不仅包括研发人员的数字技术创新, 还包含管理人员在商业模式和运营流程上的创新管理。

基于以上理论分析, 本文提出假设 2: 人力资本在数制深度融合推动区域经济高质量发展的过程中发挥正向调节作用。

2.3. 数制融合、人工智能应用与经济高质量发展

如今数字经济已然成为推动经济增长的新引擎。作为数字技术的典型代表, 人工智能在生产领域的广泛应用及其赋能效应, 直接影响我国能否抓住新一轮科技革命与产业变革的战略契机。因此, 深入研究数制融合对产业人工智能应用的影响, 对于实现我国经济高质量发展具有重要的实践价值。在数字经济的演进过程中, 海量数据得以生成并不断积累, 为产业人工智能的应用奠定了坚实的数据基础。此外, 数字经济的蓬勃增长进一步激发了市场对产业人工智能应用的广泛需求[16]。

人工智能与社会再生产的融合, 不仅能够更好地满足人民群众对生活日益增长的需求, 还能促进人的全面发展, 从而为经济的高质量发展提供有力支撑[17]。关于人工智能应用对经济高质量发展的影响, 已有学者从不同角度进行研究。杜传忠等从宏观和微观视角分析人工智能影响经济高质量发展的机制, 微观视角上人工智能通过优化资源配置方式、优化生产要素结构以及优化生产配置结构来影响经济高质量发展, 从宏观角度出发人工智能可以通过释放消费需求潜力、重塑对外贸易新格局以及优化劳动力供给结构来促进经济高质量发展[18]。蒲晓晔等从需求端和供给端研究人工智能对经济高质量发展的影响。从需求端分析, 人工智能通过增加投资动力、消费动力以及开放新动力赋能经济高质量发展; 从供给端分析, 人工智能通过优化生产要素结构、劳动力结构以及提升资本质量促进经济高质量发展[19]。周松兰等认为以人工智能为核心的前沿技术有望催生新一轮科技革命[20]。具体而言, 人工智能不仅可以推动技术领域的重大创新, 还能优化高端要素配置并重塑产业布局, 从而促进消费与投资的双重提升, 实现供需动态平衡, 助力各地区经济的高质量发展。

基于以上理论分析, 本文提出假设 3: 数制融合通过提高人工智能应用程度促进区域经济高质量发展。

3. 研究设计

3.1. 样本选择与数据来源

本文选取 2014~2022 年全国 30 个省份(不含港澳台地区和西藏)的面板数据展开分析。变量的各项指标数据主要来源于各省份统计年鉴、《中国统计年鉴》、EPS 数据库和国泰安数据库。

3.2. 变量定义与测度分析

3.2.1. 被解释变量

经济高质量发展水平(HQED)是涵盖经济发展多个方面并呈现高级发展状态的综合概念, 它无法用单一的内容定义, 从创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念出发能够更好地概括高质量发展的内涵。目前, 学者们已从不同视角测度经济高质量发展的水平, 这一测度体系大致划分为三大类别: 一是通过选取单一且具有代表性的指标来量化经济高质量发展水平, 诸如全要素生产率、绿色全要素生产率等; 二是依据对经济高质量发展内涵的深刻理解来构建综合性的评价指标体系。本文参考《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》中的国民经济发展主要指标, 设置创新、协调、绿色、开放、共享五个一级指标, 以及相对应的十个二级指标和十八个三级指标。具体指标数据和说明如表 1 所示。本文在根据指标体系得到各项数据之后, 先对各项数据进行标准化处理, 再利用熵值法计算得出各省份的经济高质量发展水平综合指数。

Table 1. Evaluation index system for high quality economic development level
表 1. 经济高质量发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性	指标说明
创新	创新投入	R&D 研发投入强度	+	R&D 经费/生产总值
		教育支出占财政支出比重	+	教育支出/总财政支出
	创新产出	技术市场成交额	+	
		发明专利拥有量	+	年末发明专利拥有量
协调	城乡协调	城镇化水平	+	城镇居民人口数/总人口数
		城乡居民可支配收入差异系数	-	城市居民人均可支配收入/ 农村居民人均纯收入
	产业协调	第三产业比重	+	第三产业值/地区生产总值
绿色	资源消耗	单位 GDP 电耗	-	总用电量/地区生产总值
		单位 GDP 水耗	-	总用水量/地区生产总值
	环境保护	生活垃圾无害化处理率	+	生活垃圾无害化处理量/ 生活垃圾生产总量
		建成区绿化覆盖率	+	建成区绿化面积/建成区总面积
开放	贸易发展	外贸依存度	+	进出口总额/地区生产总值
		贸易差额		地区出口总值-地区进口总值
	外资运用	外商投资企业数	+	
共享	民生改善	居民人均可支配收入	+	
		公共服务支出占总支出的比重	+	公共服务支出/财政总支出
	基础设施	平均每万人拥有公路	+	公路里程/人口数*10,000
		卫生医疗机构床位数	+	

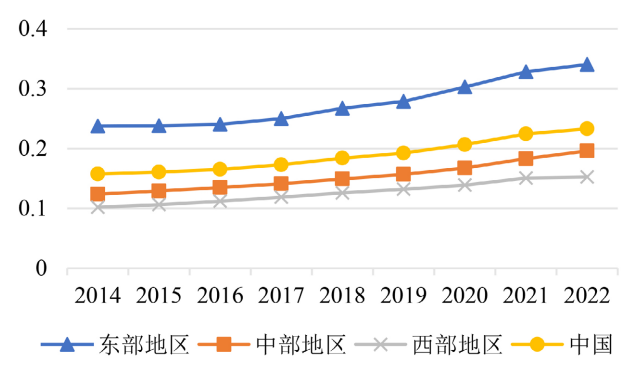


Figure 1. Comprehensive index of high quality economic development in various regions of China
图 1. 中国各地区经济高质量发展综合指数

本文按照经济发展、资源分布和区域政策的差距将中国区域划分为东部地区、西部地区以及中部地区，再计算出各区域每年的平均经济高质量发展综合指数，最终将结果绘制成图 1。从图 1 可以看出，中国经济高质量发展水平整体呈现出平缓上升的态势；从时序特征来看，三大区域的发展趋势相似，中国各区域的平均经济高质量发展水平不断提高；从空间特征来看，东部地区经济高质量发展水平最高，中部地区次之，西部地区最低。其中，东部地区经济高质量发展速度更快，近九年的平均增长率为 27.54%，西部地区的经济高质量发展速度最慢，近九年的平均增长率为 12.64%。

3.2.2. 核心解释变量

数制融合度(IC)即数字产业与制造业的融合程度，包含了数字经济发展水平以及制造业发展水平。本文参考周晓辉的研究方法[21]，选取互联网普及率、电信业务量、信息服务业就业人数以及移动电话用户数测量数字经济水平。本文参考朱建民的研究方法[22]，从企业规模、劳动力结构、产出能力以及发展效益四个角度，对制造业发展水平进行测度。具体如表 2 所示。

本文首先通过熵值法计算得出数字经济水平以及制造业发展水平的综合指数，然后运用耦合协调度模型计算出不同地区的数制融合度。首先通过公式(1)计算出系统的综合发展指数；然后构建耦合度模型(公式(2))计算数字经济和制造业的耦合度；最后将公式(1)和公式(2)计算得出的结果带入协调度模型(公式(3))，最终得出数字经济和制造业的融合度。其中：T 代表数字经济和制造业的综合协调水平；C 代表数字经济和制造业的耦合度，取值范围为 0~1；IC 代表数字经济与制造业的耦合协调度，取值 0~1，数值越大，代表数制融合水平越高； U_1 代表数字经济， U_2 代表制造业， α 和 β 分别代表数字经济与制造业的权重，待定系数 $\alpha = \beta = 0.5$ ，表示数字经济和制造业同等重要。

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (1)$$

$$C = \left[U_1 \times U_2 / \left(\frac{U_1 + U_2}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$IC = \sqrt{T \times C} \quad (3)$$

Table 2. Evaluation index system for the development level of digital economy and manufacturing industry

表 2. 数字经济与制造业发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	指标属性	指标说明
数字经济水平	互联网普及率	+	每百人国际互联网用户数
	电信业务量	+	人均电信业务总量
	信息服务业就业人数	+	信息传输、计算机服务和软件业从业人员占比
	移动电话用户数	+	每百人移动电话用户数
制造业水平	企业规模	+	规模以上工业企业数量
	劳动力结构	+	制造业从业人数占比
	产出能力	+	制造业增加值
	发展效益	+	净利润占营业收入的比重

本文根据现有研究，将耦合协调度均匀分布划分为六个等级，对应六种耦合协调类型，如表 3 所示。将东部地区、西部地区以及中部地区每一年的平均数制融合度结合表 3 进行分类，分类结果如表 4 所示。整体而言，地区之间的耦合协调类型有较为明显的差异性。从东部地区来说，东部地区在 2014~2017 年间数字经济发展水平无法和制造业发展达成一致，系统处于中度协调状态。而 2018 年之后，东部地区的数字经济发展逐渐与制造业同步，系统趋于优化；中部地区数制融合度总体变化不大，系统持续处于中度协调；西部地区 2014~2017 年间系统协调度较低，数字经济发展落后，但 2018 年之后数字经济发展不断壮大，系统处于中度协调状态，但仍需要改善。

Table 3. Types of coupled and coordinated development between digital economy and manufacturing industry
表 3. 数字经济与制造业发展的耦合协调发展类型

类型	系统状态	耦合协调度取值区间
I	不协调(两个系统或要素呈现衰退趋势)	$IC = 0$
II	低度协调(一个系统快速发展，另一个系统发展滞后)	$0 < C \leq 0.3$
III	中度协调(一个系统快速发展，另一个系统发展需要改善)	$0.3 < IC \leq 0.5$
IV	良好协调(基本协调，整体协调度较高)	$0.5 < IC \leq 0.8$
V	非常协调(两个系统发展接近均衡状态)	$0.8 < IC < 1$
VI	极度协调(两个系统相互促进、共同发展)	$IC = 1$

Table 4. Types of coupling and coordination between digital economy and manufacturing development in various regions of China from 2014 to 2022

表 4. 中国各区域 2014~2022 年数字经济与制造业发展耦合协调类型

地区	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
中国	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV
东部地区	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
中部地区	II	III	III	III	III	III	III	III	III
西部地区	II	II	II	II	III	III	III	III	III

3.2.3. 控制变量

为了加强回归结果的准确性，本文根据以往数制融合以及经济高质量发展的相关研究选取了对外开放程度(Open)、政府干预程度(Gov)、城镇化水平(Urb)、财政分权度(Fen)、金融发展水平(Fin)五个变量作为控制变量。具体控制变量衡量方法在表 5 中体现。

3.2.4. 调节变量

人力资本作为具备“主观能动性”的要素，在数制融合促进区域经济高质量发展的过程中发挥着重要作用。本文参考以往学者的做法，用各省份高等院校学生人数与全国高等院校学生人数的比值来衡量地区人力资本水平。

3.2.5. 中介变量

人工智能应用程度(AI)是某一特定区域内人工智能技术在经济、社会、文化等多个领域的普及深度和

应用广度。本文参考 Borland 和 Coelli 的方法[23]，用信息传输、计算机服务和软件业全社会固定资产投资与生产总值的比值来衡量地区人工智能应用程度。综上所述，本文总结了主要变量的定义，如表 5 所示。

Table 5. Definition of main variables

表 5. 主要变量定义表

变量类型	变量名称	变量符号	测量指标
被解释变量	经济高质量发展水平	HQED	基于表 1 的指标体系，利用熵权法得到的综合指数
解释变量	数制融合水平	IC	基于表 2 的指标体系，通过耦合协调度模型计算数制融合度
控制变量	对外开放程度	Open	外商投资企业投资总额/地区生产总值
	政府干预程度	Gov	财政一般预算支出/地区生产总值
	城镇化水平	Urb	城镇人口/年末常住人口
	财政分权度	Fen	地方政府财政收入/财政支出
	金融发展水平	Fin	年末金融机构各项贷款余额/地区生产总值
调节变量	人力资本	HC	各省份高等院校学生人数/全国高等院校学生人数
中介变量	人工智能应用程度	AI	信息传输、计算机服务和软件业全社会固定资产投资/地区生产总值

3.3. 模型设计

3.3.1. 基准回归模型

基于前文的理论基础分析，为了更好地研究数制融合和区域经济高质量发展之间的联系，本文构建基准回归模型进行分析。在设立回归模型之前，本文对样本数据进行了 F 检验和 Hausman 检验以确定合适的模型类别，根据检验结果最终选择双向固定效应模型进行回归检验。构建基准回归模型如下：

$$HQED_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 IC_{it} + \alpha_2 Open_{it} + \alpha_3 Gov_{it} + \alpha_4 Urb_{it} + \alpha_5 Fen_{it} + \alpha_6 Fin_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中变量下表 i、t 分别代表省份和年份；HQED_{it} 是被解释变量，表示 i 省在 t 年的经济高质量发展水平；IC_{it} 是核心解释变量，表示 i 省在 t 年的数制融合度；Open_{it} 是控制变量，表示 i 省在 t 年的对外开放程度；Gov_{it} 是控制变量，表示 i 省在 t 年的政府干预程度；Urb_{it} 是控制变量，表示 i 省在 t 年的城镇化水平；Fen_{it} 是控制变量，表示 i 省在 t 年的财政分权度；Fin_{it} 是控制变量，表示 i 省在 t 年的金融发展水平；it 是随机扰动项；0 是常数项；1~6 是各变量的系数。

3.3.2. 调节效应模型

为了进一步研究数制融合对区域经济高质量发展的影响因素，基于前文关于人力资本调节作用的分析，本文引入人力资本和数制融合的交互项构建调节效应模型：

$$HQED_{it} = \beta_0 + \beta_1 IC_{it} + \beta_2 HC_{it} + \beta_3 HC_{it} \times IC_{it} + \beta_4 Open_{it} + \beta_5 Gov_{it} + \beta_6 Urb_{it} + \beta_7 Fen_{it} + \beta_8 Fin_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

在式(5)中，同样选取 HQED 为被解释变量，IC 为核心解释变量。其中 HC_{it} 是调节变量，表示 i 省在

t 年的人力资本; $HC_{it} \times IC_{it}$ 是人力资本和数制融合的交互项; ε_{it} 是随机扰动项; 0 表示常数项; 1~8 是各变量的系数。本式主要关注系数 3 的显著性。

3.3.3. 中介效应模型

本文从人工智能应用的角度出发, 探讨数字经济与制造业融合对经济高质量发展的作用机制。鉴于江艇指出传统中介效应检验手段存在的内生性偏差及渠道识别不明确等局限[24], 本文参考刘斌和甄洋的研究方法, 通过构建核心解释变量与中介变量的回归模型进行机制检验[25]。中介效应模型如下:

$$AI_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 IC_{it} + \alpha_2 Open_{it} + \alpha_3 Gov_{it} + \alpha_4 Urb_{it} + \alpha_5 Fen_{it} + \alpha_6 Fin_{it} + \varepsilon_{it} \tag{6}$$

其中, AI_{it} 表示 t 年 i 省的人工智能应用程度; ε_{it} 是随机扰动项; 0 是常数项, 1~6 是各变量的系数。

4. 实证结果分析

4.1. 主要变量的描述性统计

各主要变量的描述性统计结果如表 6 所示。其中经济高质量发展指数的均值为 0.189, 最小值为 0.0676, 最大值为 0.645, 可见各地区之间的经济高质量发展水平相差较大, 发展并不均衡。各省数制融合度的最小值为 0.138, 最大值为 0.817, 这也说明了区域间数制融合发展水平存在差距。其他变量变化范围和差距与已有研究相近。

Table 6. Descriptive statistics of main variables
表 6. 主要变量描述性统计

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
HQED	270	0.189	0.103	0.0676	0.645
IC	270	0.403	0.128	0.138	0.817
Open	270	1.004	4.764	0.0503	55.36
Gov	270	0.260	0.109	0.105	0.753
Urb	270	0.620	0.110	0.403	0.893
Fen	270	0.479	0.184	0.151	0.931
Fin	270	2.296	3.541	0.636	22.724
HC	270	0.0333	0.0193	0.00208	0.0772
AI	270	0.010	0.006	0.002	0.040

4.2. 基准回归结果分析

表 7 是数字经济和制造业融合发展对区域经济高质量发展影响的回归结果。模型(1)是没有纳入控制变量的回归结果, 回归系数在 5%的显著水平下显著为正。模型(2)~(6)逐一加入控制变量, 随着控制变量的加入, 数制融合度对经济高质量发展的影响力逐渐增强, 回归系数显著性提高到 1%。模型(6)是纳入了所有控制变量的检验结果, 结果显示回归系数为 0.363, 在 1%的显著水平下显著。基准回归结果表明数制融合对经济高质量发展具有显著的正向促进作用。假设 1 得到验证。

Table 7. Benchmark regression results
表 7. 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	HQED	HQED	HQED	HQED	HQED	HQED
IC	0.290** (0.133)	0.277** (0.134)	0.309** (0.137)	0.381*** (0.136)	0.381*** (0.137)	0.363*** (0.125)
Open		-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.002*** (0.000)	-0.002*** (0.000)	-0.002*** (0.000)
Gov			0.347*** (0.104)	0.344*** (0.115)	0.342*** (0.119)	0.336*** (0.112)
Urb				-0.446 (0.299)	-0.443 (0.305)	-0.446 (0.309)
Fen					-0.006 (0.094)	-0.001 (0.096)
Fin						-0.006 (0.012)
_cons	0.066 (0.043)	0.071 (0.043)	-0.028 (0.058)	0.204 (0.162)	0.206 (0.166)	0.227 (0.169)
province	YES	YES	YES	YES	YES	YES
year	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000	270.000
Within r ²	0.652	0.664	0.700	0.721	0.721	0.721

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著。括号内为聚类稳健标准误。下同。

4.3. 稳健性检验与内生性检验

4.3.1. 稳健性检验

第一，补充变量。考虑到遗漏变量可能会对回归结果产生影响，本文选择经济发展水平(Dev)和环境规制水平(Env)作为控制变量加入基准回归模型中。经济发展水平采用人均生产总值的对数衡量，环境规制水平用工业污染治理投资额和地区生产总值的比值来表示。表 8 第(1)列即为加入遗漏变量的模型，回归系数依然显著为正。第二，缩尾处理。为了修正各项指标数据可能存在的测量误差问题，本文对数制融合指数与经济高质量发展综合指数进行 2%和 98%水平的缩尾处理。结果如表 8 列(2)所示，回归系数仍然显著为正。第三，缩短样本空间。我国在 2016 提出建设网络强国的“三步走”计划，这一战略的出台标志着我国数字经济产业的发展初具雏形。为了更准确地研究数字经济和制造业融合发展对经济高质量发展的影响。本文采取缩短样本时间窗口的方法，将样本时间调整到 2016~2022 年。缩短样本时间的回归结果如表 8 第(3)列所示，回归结果中的系数方向和显著性与前文基准回归结果基本一致。

Table 8. Results of robustness test
表 8. 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	HQED	HQED	HQED
IC	0.327** (0.121)	0.166* (0.087)	0.309*** (0.109)
Open	-0.002*** (0.000)	0.001 (0.015)	-0.001*** (0.000)
Gov	0.331*** (0.107)	0.242** (0.098)	0.494*** (0.098)
Urb	-0.481 (0.299)	-0.213 (0.277)	-0.628** (0.276)
Fen	0.005 (0.098)	-0.038 (0.079)	-0.076 (0.088)
Fin	-0.010 (0.012)	-0.016 (0.020)	0.018 (0.019)
Dev	-0.049 (0.058)		
ENV	1.446 (1.939)		
_cons	0.364* (0.211)	0.226 (0.163)	0.296* (0.170)
provinve	YES	YES	YES
year	YES	YES	YES
N	270.000	270.000	210.000
Within r ²	0.725	0.711	0.733

4.3.2. 内生性检验

为了进一步缓解因果逆向的问题，本文选择引入滞后期模型进行回归检验。本文将滞后一期和滞后二期的解释变量(L.IC、L2.IC)重新对被解释变量(HQED)进行回归，从而避免当期的数制融合度与经济高质量发展水平相互影响。回归结果如表 9 所示，L.IC 和 L2.IC 的回归系数都在 5%的显著水平上显著为正，在缓解了当期逆向因果后，假设 1 依然成立。

Table 9. Results of lag test
表 9. 滞后期检验结果

变量	(1)	(2)
	HQED	HQED
L.IC	0.443** (0.164)	
L2.IC		0.457** (0.169)
Open	-0.001*** (0.000)	-0.001** (0.000)
Gov	0.415*** (0.116)	0.381*** (0.115)
Urb	-0.718** (0.345)	-1.038** (0.386)
Fen	0.011 (0.107)	-0.040 (0.081)
Fin	0.008 (0.013)	0.016 (0.014)
_cons	0.301 (0.186)	0.519** (0.208)
province	YES	YES
year	YES	YES
N	240.000	210.000
Within r ²	0.744	0.762

5. 机制检验与异质性分析

5.1. 调节效应检验

为了验证人力资本在数制融合与经济高质量发展关系中的作用，本文对式(5)进行参数估计。检验结果如表 10 所示，列(2)是加入人力资本和数制融合交互项的回归结果，交互项系数在 5%的显著水平上显著为正。纳入交互项的模型会存在一定程度的多重共线性，为了降低交互项的多重共线性问题，本文进一步对变量和交互项进行了中心化处理。列(3)是变量中心化处理之后的回归检验结果，回归结果显示交互项的回归系数为 0.3，在 1%的水平上显著。调节检验结果说明人力资本在数制融合促进区域经济高质量发展的过程中发挥了正向调节作用。假设 2 得到验证。

Table 10. Results of moderation effect test
表 10. 调节效应检验结果

	(1)	(2)	(3)
	HQED	HQED	HQED
IC	0.363*** (0.125)	0.123 (0.141)	0.300*** (0.091)
HC		-3.683*** (0.790)	-1.540 (1.271)
IC*HC		5.314** (2.567)	
c_IC*c_HC			5.314** (2.567)
Open	-0.002*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)
Gov	0.336*** (0.112)	0.235** (0.099)	0.235** (0.099)
Urb	-0.446 (0.309)	-0.361 (0.312)	-0.361 (0.312)
Fen	-0.001 (0.096)	0.002 (0.084)	0.002 (0.084)
Fin	-0.006 (0.012)	0.006 (0.009)	0.006 (0.009)
_cons	0.227 (0.169)	0.309* (0.179)	0.237 (0.164)
province	YES	YES	YES
year	YES	YES	YES
N	270.000	270.000	270.000
Within r ²	0.721	0.764	0.764

5.2. 中介效应检验

为了验证人工智能在数制融合推动经济高质量发展过程中的作用，本文基于式(6)进行中介效应检验，机制检验结果如表 11 列(2)所示，数制融合的回归系数为 0.051，在 1%的显著水平上显著。这说明数字经济与制造业融合能够提高人工智能应用程度，再结合前文理论分析和文献可知，人工智能应用程度的提

升对于经济高质量发展的正向促进作用是显而易见的。因此，本文结合式(3)的中介效应检验结果和相关文献分析得出结论：数字经济与制造业融合能够通过提高人工智能应用程度促进地区经济高质量发展。假设 3 得到验证

Table 11. Results of the mediating effect test on the application degree of artificial intelligence
表 11. 人工智能应用程度中介效应检验结果

变量	(1)	(2)
	HQED	AI
IC	0.363*** (0.125)	0.051*** (0.017)
Open	-0.002*** (0.000)	-0.000 (0.000)
Gov	0.336*** (0.112)	0.054** (0.023)
Urb	-0.446 (0.309)	0.017 (0.032)
Fen	-0.001 (0.096)	0.007 (0.011)
Fin	-0.006 (0.012)	-0.001 (0.002)
_cons	0.227 (0.169)	-0.033 (0.021)
province	YES	YES
year	YES	YES
N	270.000	270.000
Within r ²	0.721	0.160

5.3. 异质性分析

由表前文已经验证了数制融合对经济高质量发展具有正向促进作用，进一步考虑到我国地域辽阔，各个省份在经济发展水平、基础设施、地方政策等方面存在较大差异，数字经济和制造业融合度可能会对不同地区产生不同的影响。因此，为了进一步研究这一假设是否具有地理区域差异，本文按照经济发展、资源分布和区域政策的差距将中国区域划分为东部地区、西部地区以及中部地区。

分样本对式(4)回归，结果如表 12 所示。回归结果显示数制融合在东部地区内对经济高质量发展有显著正向作用，在中部和西部地区则不显著。回归结果系数表明，数制融合度增加 1 个百分点，东部地区的经济高质量发展水平提高 0.329 个百分点。东部地区的数制融合度对经济高质量发展的正向影响可能

源于其基础设施、产业结构、市场化程度及政策支持等多方面的独特优势。东部地区相较于中部和西部地区拥有更为完善的数字基础设施，包括高速宽带网络、大数据中心、物联网等，这些基础设施为数字技术与传统制造业的深度融合提供了坚实的物质基础。东部地区高效的市场机制能够更有效地配置数字经济资源和制造业资源，并且能够迅速调整生产要素以适应市场需求的波动，从而促进经济高质量发展；中部和西部地区的数制融合水平对经济高质量发展不存在显著影响，主要是由于这些地区在数字基础设施的建设上相对滞后，尚未达到支持数制深度融合的水平，这就导致数字技术在传统产业中的应用受限。

Table 12. Heterogeneity test results
表 12. 异质性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	东部地区	中部地区	西部地区
IC	0.329* (0.176)	0.235 (0.129)	0.124 (0.075)
Open	-0.002*** (0.000)	-0.002 (0.035)	0.005 (0.003)
Gov	0.536* (0.243)	0.017 (0.161)	0.151 (0.108)
Urb	-0.387 (0.445)	0.766 (0.640)	0.343 (0.288)
Fen	0.020 (0.159)	-0.183** (0.073)	0.069 (0.098)
Fin	-0.024 (0.051)	0.026 (0.043)	0.000 (0.004)
_cons	0.297 (0.331)	-0.303 (0.310)	-0.179 (0.181)
province	YES	YES	YES
year	YES	YES	YES
N	99.000	72.000	99.000
Within r ²	0.764	0.836	0.825

6. 结论与政策启示

本文构建了经济高质量发展和数制融合度的评价指标体系，计算出 30 个省份在 2014~2022 年的经济高质量发展水平和数制融合综合指数，然后建立了双向固定效应模型、调节效应模型和中介效应模型，并进行了一系列的稳健性检验、内生性检验以及异质性分析。研究结果发现：(1) 东部地区、中部地区和西部地区的数制融合度以及经济高质量发展水平存在显著差异。(2) 数字经济与制造业融合有利于实现

经济高质量发展,这一结论在经过一系列稳健性检验和内生性检验之后仍然成立。(3) 人力资本在数制融合推动经济高质量发展的过程中具有正向调节作用。(4) 数制融合能够通过提高人工智能应用程度,进一步促进经济高质量发展。(5) 在异质性分析中,本文将样本划分为东部、中部和西部地区,结果发现数制融合对经济高质量发展的促进效应存在地区异质性。

基于上述研究结论,为提高数字经济与制造业的融合水平、探索促进地区经济高质量发展的新路径,本文提出以下政策建议:(1) 加大对制造业数字技术创新的支持力度,制定区域经济高质量发展协同优化策略。政府应加强对地区数字技术创新的政策扶持以激励制造业进行数字技术研发,通过提升制造业的数字技术能力,可以有效促进区域经济的高质量发展。(2) 提升人力资本水平是关键。各地方政府应重视教育和培训,加强与高校和科研机构的合作,培养与市场需求相匹配的高素质人才。特别是在制造业集中的地区,政府可以鼓励企业与高校合作,为学生提供实践机会。(3) 普及人工智能应用,政府应设立专项资金,支持人工智能核心技术攻关,推动技术创新与成果转化。还要制定专项规划,促进人工智能与传统产业深度融合,培育新业态、新模式。(4) 针对不同地区的异质性特征,实施差异化的政策。东部地区的基础设施和产业链较为完备,政府应加强产业链韧性,提升东部地区的数字技术创新能力。在中部地区,应注重发挥其地理优势,加强区域合作与技术交流,推动跨区域的数字技术资源共享。西部地区则应继续深化改革,通过实施具有地区特色的数字建设发展规划,加快释放西部地区的后发优势。

参考文献

- [1] 贺颖,倪红福,付敏杰,等. 高质量发展背景下中国经济面临的重大问题及对策建议[J]. 财经智库, 2023, 8(5): 47-70+145-146.
- [2] 王晓红,陶育华,包英男. 制造业与数字经济融合的机制与对策研究[J]. 江苏行政学院学报, 2023(3): 62-68.
- [3] 杜传忠,刘书彤. 数字经济赋能中国制造业全要素生产率的效应测度及路径分析[J]. 经济与管理研究, 2023, 44(9): 43-65.
- [4] Tapscott, D. (1996) The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. *Educom Review*, **31**, 52-54.
- [5] Jorgenson, D.W. and Vu, K.M. (2016) The ICT Revolution, World Economic Growth, and Policy Issues. *Telecommunications Policy*, **40**, 383-397. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.01.002>
- [6] 钞小静. 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[J]. 财贸研究, 2022, 33(12): 1-8.
- [7] 任保平,宋文月. 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[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2019, 49(5): 6-13.
- [8] 郑光凤,柳剑平. 数字经济与实体经济融合对城市经济高质量发展的影响研究[J]. 长江大学学报(社会科学版), 2024, 47(2): 86-94.
- [9] Schultz, T.W. (1961) Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, **51**, 1-17.
- [10] Becker, G.S. (1962) Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis. *Journal of Political Economy*, **70**, 9-49. <https://doi.org/10.1086/258724>
- [11] Lucas, R.E. (1988) On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, **22**, 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- [12] Romer, P.M. (1990) Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, **98**, S71-S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- [13] 常非凡,宋永华. 财政支出、人力资本积累与经济高质量发展——基于动态随机一般均衡模型的研究[J]. 宏观经济研究, 2022(6): 15-28+56.
- [14] 宋洋. 数字经济赋能高质量发展的作用机制研究——基于人力资本的理论框架[J]. 贵州社会科学, 2023(10): 109-116.
- [15] 惠宁,杨昕. 数字经济驱动与中国制造业高质量发展[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 51(1): 133-147.
- [16] 赵金彩,杜永猛. 数字经济对产业人工智能应用的影响效应分析[J]. 创新科技, 2024, 24(9): 45-59.

- [17] 师博. 人工智能助推经济高质量发展的机理诠释[J]. 改革, 2020(1): 30-38.
- [18] 杜传忠, 疏爽. 人工智能与经济高质量发展: 机制、成效与政策取向[J]. 社会科学战线, 2023(12): 78-87+281.
- [19] 蒲晓晔, 黄鑫. 人工智能赋能中国经济高质量发展的动力问题研究[J]. 西安财经大学学报, 2021, 34(4): 101-109.
- [20] 周松兰, 王俊霞, 林熙. 人工智能、制造业创新链与经济高质量发展——基于地区面板数据的实证研究[J]. 科技管理研究, 2023, 43(7): 171-181.
- [21] 周晓辉. 先进制造业与数字经济的融合度测算: 以长三角为例[J]. 统计与决策, 2021, 37(16): 138-141.
- [22] 朱建民, 张慧妹. “数制”融合对制造业创新韧性的影响[J]. 商业研究, 2024(2): 13-22.
- [23] Borland, J. and Coelli, M. (2017) Are Robots Taking Our Jobs? *Australian Economic Review*, **50**, 377-397.
<https://doi.org/10.1111/1467-8462.12245>
- [24] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120.
- [25] 刘斌, 甄洋. 数字贸易规则与研发要素跨境流动[J]. 中国工业经济, 2022(7): 65-83.