数实融合能否促进教育均等化

王尹君，吴梦秋

（河南牧业经济学院经济与贸易学院，郑州 450044）

摘要：以数据要素和数字技术为依托的数实融合重塑了区域教育生态格局，为教育均等化发展提供了创新路径。利用2012—2023年全国276个城市面板数据，探讨了数实融合对教育均等化的影响效应与作用机制。研究表明，数实融合显著缩小了教育发展差距，促进了省内教育均等化发展，且该效应在中西部地区、政府干预力度较大及数字基础设施建设水平较高的区域更为突出。机制分析表明，数实融合可以通过降低行政成本和提高财政透明度的方式推进教育均等化。同时，数实融合对教育均等化的影响存在着非线性门槛特征，且数实融合未能有效推动省际教育均等化发展。因此，要加快数字基础设施建设，打破教育资源流动壁垒，实施差异化的数实融合发展战略，充分释放数实融合促进教育均等化的潜在效能。

关键词：数实融合；教育均等化；作用机制；门槛特征

中图分类号：F124；G521 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)10－0213－10

作为基本公共服务均等化的重要组成部分，教育均等化是实现共同富裕、建设教育强国、构建中国式现代化的有力支撑。随着城乡教育一体化和教育扶贫脱贫等一系列战略部署的纵深推进，中国教育质量明显提高，教育均等化日益彰显。2023年，中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于构建优质均衡的基本公共教育服务体系的意见》指出，加快推进国家基本公共服务均等化，构建优质均衡的基本公共教育服务体系。2025年《教育强国建设规划纲要（2024—2035年）》强调，提高教育公共服务质量和水平，提升普惠性、可及性、便捷性，加强近期和中长期教育资源统筹配置。然而，当前中国教育领域仍存在显著的区域差异和发展不平衡问题，教育资源配置失衡，教育不平等现象尚未得到根本性解决。在数智化时代，数字技术为弥合区域教育鸿沟、重构教育均衡发展格局提供了创新路径。由数据要素和数字技术双轮驱动的数实融合，能够有效降低行政成本、提升财政透明度，为落后区域提供跨越式发展机遇，推进区域教育均等化发展进程。基于此，本文系统考察数实融合对教育均等化的影响效应及作用机制，深入解析数实融合与教育均等化间关系，不仅有助于深化对数实融合经济效应的理论认知，还能够为推动教育优质均衡发展、加快教育强国建设提供理论指导和思路启示。

1 文献综述与研究假设

1.1 文献综述

目前，关于数实融合与教育均等化间关系的研究主要围绕信息化和数字化对教育均等化的影响展开。首先，在影响效应方面，大部分学者利用案例调查或文本分析等定性研究方法考察数字化与教育均等化间关系，并认为数字技术能够推动教育变革，促进教育均衡与教育公平[1-2]。整体来看，中国教育均等化水平明显提升，已初步呈现教育强国特征，但当下大多数省份正面临改善阻力的关键拐点[3]，区域间教育资源配置的非均衡现象仍然比较突出[4]。而互联网等先进信息技术的蓬勃兴起，恰恰能够有效缩小区域办学条件差距、扩大优质教育资源覆盖面、弥合教资水平差距，进而为改善教育服务不均衡提供了有力抓手[5]。彭红超等[6]认为，信息化在推动基础教育公平方面成效显著，但在促进更深层次有质量的公平方面有待进一步优化。彭锦和李彦龙[7]表示，数字普惠金融的发展通过优化金融资源配置和降低金融服务门槛，有效缓解了不同收入阶层家庭间的经济鸿沟，显著提升了贫困

收稿日期：2025-12-17

基金项目：河南省哲学社会科学教育强省项目（2025JYQS0067）；河南牧业经济学院博士科研启动资金资助项目（2024HNUAHEDF003）

作者简介：王尹君（1994—），女，河南商丘人，博士，讲师，研究方向为数字经济、科技创新与产业结构；吴梦秋（1990—），女，河南郑州人，博士，讲师，研究方向为对外直接投资与国际经营战略。

家庭收入水平和教育投资额度，进而为教育均等化发展提供了新的发展动能。然而，还有少数学者表示数字技术会加剧数字鸿沟与教育不均衡[8]。数字技术所伴生的数字素养鸿沟、数据安全隐患和师生关系异化等问题可能会对教育起点公平、教育过程公平与教育结果公平带来一定挑战[9-10]。其次，在作用机制方面，有学者指出数字化会通过影响教育资源配置、收入不平等和人力资本积累等方式作用于教育均等化。例如，马野驰和胡令[11]指出，数字技术与传统金融的有机结合有效拓宽了金融服务覆盖范围，提升了金融服务可得性，并通过减轻收入不平等和缓解家庭流动性约束等方式促进了教育均等化。蔡伟贤等[12]利用微观家户和宏观区域层面数据，发现信息化投入会通过人力资本积累和代际流动等渠道作用于教育均等化。周俊武等[13]表示数智化能够通过整合教育资源信息、均衡教育供求、推动城镇化等方式促进教育公平的实现。

综上所述，现有研究已广泛探讨数字化与信息化对教育均等化的作用，但其影响仍存争议，且缺乏对数实融合与教育均等化之间关系的直接考察。更为重要的是，数实融合对教育均等化的影响具有系统性与复杂性，亟须通过更精细、更系统的研究揭示其内在机制。为此，本文以数实融合为切入点，探究其对教育均等化的影响，可能的创新点如下：在分析层面，同时关注省份内部与省份之间的教育差异，从多维度解析数实融合对不同区域教育均等化的影响，拓展相关研究边界；在机制研究层面，从政府行政成本与财政透明度两方面入手，探究数实融合影响教育均等化的多重路径，丰富相关理论；在研究方法层面，通过构建面板门槛模型，识别数实融合对教育均等化的非线性影响，为理解其复杂作用提供实证支持。

1.2 研究假设

近年来，中国教育服务供给水平显著提升，但仍存在教育服务质量参差和教育资源配置不均等问题[14]，尤其是欠发达地区教育供给总量不足、资源配置失衡、教育质量提升乏力等现象尤为突出，成为制约教育均等化发展和教育强国建设的关键症结。资源依赖理论强调组织或区域的发展受制于关键资源的获取与控制能力，而教育资源的地理分布不均与行政壁垒是导致教育差距的结构性原因。数实融合借助数字技术解构传统资源依附模式，促进数据要素的跨域流动与高效配置，能够帮助欠发达地区突破资源禀赋约束，降低对本地实体教育资源的绝对依赖，从而为教育均等化的实现提供可能。具体而言，数实融合依托数据要素市场化配置与数字技术的广泛渗透，能够有效降低区域间教育公共服务的获取门槛，提升教育资源的流动性与可及性，拓展教育服务覆盖半径[15]，使优质教育资源得以突破地理边界和行政壁垒，实现实时共享与精准投放，从而提升教育资源配置的均衡性。同时，数实融合有利于强化教育发达地区的示范引领和空间溢出效应[16]。借助数字平台，先进的教育模式与实践经验得以标准化、模块化并快速复制推广，有望在更大范围内实现教育资源共享和教育均等化发展。此外，数实融合正推动教育管理体系向数据驱动、智能监管的方向深刻转型，促使教育决策从经验判断转向科学精准，为教育均衡发展提供了制度保障与技术支撑。基于以上分析，提出以下研究假设。

H1：数实融合能够促进教育均等化发展。

作为一种新型发展模式，数实融合能够依托跨部门数据协同与智能流程再造，大幅度缩减政府行政成本，为教育均等化提供持续动力。首先，数实融合能够打破政府层级壁垒和部门分割，通过数据共享和业务协同重构政府内外部关系[17]，减少传统政务流程中重复审批、多头管理的冗余环节，实现行政流程的精简与再造，降低人力、物力和时间等行政成本，使政府能够将更多财政和行政资源向教育薄弱环节倾斜，提升区域教育均等化水平。其次，数字技术与教育教学的深度融合有助于打破传统教育管理中的信息孤岛现象，实现各类教育信息实时更新和全域共享，确保教育数据的标准化采集、安全化存储和智能化分析，从根本上降低行政协调与信息处理成本[18]，提升教育服务可及性与便捷性，加速教育均等化进程。同时，依托5G、人工智能等前沿技术，远程直播教学、虚拟仿真实验等数字化场景蓬勃兴起，优质教育资源能够低成本、高效率地实现规模化覆盖，降低了中间环节的行政损耗，有望推动形成城乡联动、动态匹配的普惠教育新机制，助力教育从“区域失衡”走向“系统均衡”。基于以上分析，提出以下假设。

H2：数实融合可以通过降低行政成本促进教育均等化。

以数字技术为依托的数实融合能够显著加速财政信息可视化与公开化进程，有效提高财政透明度，为教育均等化构建制度性保障。与发达地区相比，欠发达地区在财政信息公开制度建设方面更为滞后，整体财政透明度相对更低[19]，而数实融合的普惠效应

对欠发达地区产生了更为显著的赋能作用[20],为缩小区域教育发展差距提供了新可能。首先,传统教育财政管理模式中所存在的资金分配决策滞后和监管效能不足等缺陷,不仅降低财政资金使用效率,更易导致教育资源分配的公平性与时效性难以得到有效保障。在数实融合背景下,大数据、区块链等数字技术的深度应用正在重构教育管理体系,通过构建全流程可追溯的"数字账本"实现了从预算编制到资金拨付、从项目执行到绩效评估的全周期透明化管理,显著降低了信息不对称和监督成本,增强了欠发达地区教育财政信息的可获得性,有效遏制了教育资金截留、挪用等违规行为[21],从而能够持续改善欠发达地区教育质量和资源配置水平,为教育公平提供坚实的财政保障。其次,数实融合能够对欠发达地区海量教育财政数据进行多维度深度挖掘与智能分析,精准呈现区域间、城乡间、校际教育经费配置差异和使用效益,极大地协助管理者快速识别资源配置的结构性失衡,洞察教育投入产出效益的时空演变规律,及时调整财政支出结构,系统性优化欠发达地区教育生态体系[22],最终实现教育均等化。此外,财政信息公开平台的构建有助于突破传统的信息藩篱,为多元主体参与教育财政监督创造有效渠道,进而为教育均等化提供持续性的社会监督保障。基于以上分析,提出以下假设。

H3:数实融合可以通过提高财政透明度促进教育均等化。

2 研究设计

2.1 模型设定

2.1.1 基准回归模型

为了分析数实融合对教育均等化的影响,利用2012—2023年中国31个省份(因数据缺失,未包含港澳台地区)面板数据,以熵值法测度的数实融合为解释变量,以基尼系数法测度的教育差异为被解释变量,并加入控制变量,构建双向固定效应模型。

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

式中:i 为各省份;t 为年份;$EduGini_{it}$ 为被解释变量教育均等化,反映不同区域间教育差距;Dig_{it} 为核心解释变量,表征各省份数实融合水平;X_{it} 为其余控制变量,主要包含人口密度、城镇化率、政府支出、税负水平、基础设施及文化服务;μ_i 为省份固定效应;δ_t 为时间固定效应;ε_{it} 为随机扰动项。

2.1.2 机制检验模型

从理论分析可知,数实融合依托先进的数字技术,能够有效降低行政成本、增强财政透明度,进而加速推动教育均等化进程。为了验证本文假设,参考江艇[23]的做法,采用两步法构建如下机制检验模型,以验证行政成本和财政透明度是否发挥了机制作用。

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

式中:M_{it} 为机制变量,分别为行政成本 Cost 和财政透明度 Fin。若模型(1)中估计系数 α_1 和模型(2)中估计系数 β_1 均显著,表明行政成本和财政透明度是数实融合促进教育均等化的机制变量。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量

在教育均等化的多元测度方法中,基尼系数法成为评估教育均衡发展的常用方法。参考 Thomas 等[24]的做法,基于人均受教育年限构建基尼系数来量化分析区域间教育均等化发展程度。原因主要在于,相较于入学率、教育投入等流量指标,居民受教育程度等存量指标的分布态势更能有效反映教育积累状况,且受教育年限与教育机会获取之间具有一定的正向关联性[25],能较好体现教育均等化发展程度。因此,以人均受教育程度这一存量指标刻画教育成就,并构建基尼系数公式来测算省内市际教育发展差异。

$$EduGini_i=1+\frac{1}{N_i}+\frac{2}{N_i^2\overline{Edu}_i}\sum_{j=1}^{N_i}(N_i-i+1)Edu_{ij} \quad (3)$$

式中:N_i 为 i 省份包含的地级市个数;Edu_{ij} 为 i 省份 j 地级市的教育成就;$\overline{Edu}_i$ 为 i 省份的人均受教育年限均值。基尼系数值越大表示区域间教育不平等程度越大,反之表示区域间教育发展越均衡。另外,人均受教育年限的计算公式为

$$Edu=\sum_{i=1}^{m}p_i y_i \quad (4)$$

式中:Edu 为各省份6岁以上人口的平均受教育年限;p_i 为不同教育程度人口数占总人口的比例;y_i 为不同受教育程度的受教育年限;m 为按受教育程度划分的分组数;m 设定为5,划分层次依次为,未上过学($y_1=0$)、小学($y_2=6$)、初中($y_3=9$)、高中($y_4=12$)、大专及以上($y_5=16$)。

2.2.2 核心解释变量

借鉴王军等[26]、张帅等[27]、郭东等[28]的做法,从数字经济和实体经济两个方面构建数实融合评价指标体系。具体而言,从数字产业化、产业数字化和数字基础设施三个方面衡量数字经济发展,从

实体经济规模、实体经济结构、实体经济潜力、实体经济效益四个方面衡量实体经济发展，构建的指标体系如表1所示。同时，采用熵值法评估数字经济和实体经济发展水平，利用耦合协调度模型测度数实融合水平。

2.2.3 控制变量

为了有效估计并避免因遗漏变量所产生的内生性问题，选取人口密度、城镇化率、政府支出、税负水平、基础设施及文化服务作为控制变量。其中，采用年末常住人口与土地面积比值表示人口密度(Pop)、采用城镇人口与总人口比值表示城镇化率(Urban)、采用政府财政支出与GDP比值表示政府支出(Gov)、采用税收收入与GDP比值表示税负水平(Tax)、采用人均道路面积表示基础设施(Road)、采用文化体育与传媒支出占政府财政支出比例表示文化服务(Culture)。

2.2.4 机制变量

首先，参考张曾莲和方娜[29]的做法，利用地方财政一般公共服务与地方财政公共安全支出之和与总人口的比值作为行政成本的代理变量(Cost)。其次，参考肖鹏和代龙涛[30]的做法，利用《中国市级政府财政透明度研究报告》中的财政透明度得分作为各区域财政透明度的代理变量(Fin)。

2.3 数据来源与说明

依据数据完整性与可得性要求，所使用的数据时间跨度为2012—2023年，主要涵盖全国31个省份(因数据缺失，未包含港澳台地区)面板数据和全国276个地级市面板数据，数据来源于相应年份的《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国劳动年鉴》及各省市统计年鉴。

3 实证分析

3.1 基准回归

利用所选省份面板数据，以模型(1)为基础考查数实融合对省内教育均等化的影响，同时为了验证数实融合影响的稳健性，依次将相关控制变量逐步引入模型中，估计结果如表2所示。在教育基尼系数作为被解释变量，单独将数实融合作为解释变量引入模型时，如列(1)所示，数实融合的估计系数为−1.203并通过了显著性检验，表示随着数实融合程度的不断深化，教育基尼系数会呈现逐步下降趋势，教育均等化会得到逐步改善。在逐步引入相关控制变量后，核心变量数实融合的估计系数仍然显著为负，说明数实融合能够显著促进教育均等化发展，即数实融合能够有效拓展教育服务半径，缩小省份内部各城市间教育差距，驱动区域教育均等化发展，验证了H1。

表1 数实融合评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
数字经济	数字化基础设施	互联网宽带接入率
		互联网宽带普及率
		移动电话交换机数量
		长途光缆线路长度
		网页数
		域名数
	数字产业化	人均电信业务总量
		移动电话普及率
		信息传输、软件和信息技术服务业法人单位数
		信息软件业就业人员占比
		国内专利申请授权量
		国内专利申请受理量
	产业数字化	数字普惠金融
		有电子商务交易活动的企业数比重
		电子商务销售额
		每百家企业拥有网站数
		快递量
实体经济	实体经济规模	规模以上工业企业数
		人均社会消费品零售总额
	实体经济结构	实体经济(金融业、房地产业除外)就业人数占比
		第二产业占GDP比例
	实体经济潜力	人均规模以上工业R&D经费支出
	实体经济效益	人均规模以上工业企业利润总额

表 2　数实融合与教育均等化:基准回归

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	EduGini	EduGini	EduGini	EduGini	EduGini	EduGini	EduGini
Dig	−1.203**	−2.151***	−1.929***	−1.907***	−2.450***	−2.449***	−2.474***
	(−3.10)	(−4.11)	(−3.72)	(−3.59)	(−3.26)	(−3.24)	(−3.35)
Pop		1.484***	1.453***	1.503***	1.392***	1.363***	1.351***
		(4.24)	(4.00)	(4.16)	(4.35)	(4.15)	(3.59)
Urban			1.176	1.177	1.198	1.204	1.201*
			(1.74)	(1.73)	(1.77)	(1.77)	(1.80)
Gov				−1.323*	−2.818**	−2.982**	−2.957**
				(−1.85)	(−2.49)	(−2.39)	(−2.41)
Tax					13.724**	13.133**	13.061**
					(2.47)	(2.35)	(2.28)
Road						−0.019	−0.020
						(−0.53)	(−0.50)
Culture							0.358
							(0.11)
常数项	28.237***	21.846***	21.183***	21.324***	21.359***	21.911***	21.920***
	(170.13)	(15.03)	(12.06)	(12.51)	(13.67)	(12.26)	(11.93)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
省份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
观测值	372	372	372	372	372	372	372
R^2	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996

注:*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著;括号内为 t 值。

此外,观察表 2 列(7)控制变量估计结果可知,除了政府支出和基础设施的弹性系数为负值,其余变量的弹性系数均为正值。具体而言,政府财政支出通过优化教育资源配置和加强薄弱地区教育投入,能够有效缩小区域间教育差距,促进教育均等化水平提升。人口密度、城镇化率、税负水平均不利于教育均衡发展,可能是因为人口密度的增加使教育资源承载压力加大,加剧区域间教育资源分配失衡,阻碍教育均等化进程;城镇化的快速推进深化了城乡间人才虹吸效应,导致欠发达地区优质师资持续流失,扩大区域间教育发展差距;过高的税负水平可能挤占地方政府教育支出空间,弱化财政对欠发达地区教育发展的转移支付力度,抑制教育均等化发展。基础设施和文化服务的估计系数尚未通过显著性检验,说明基础设施与文化服务的供给质量有待进一步提升。

3.2　稳健性检验

3.2.1　内生性问题的处理:工具变量估计

基准回归模型中可能存在双向因果导致的内生性问题,即数实融合与教育均等化之间可能存在双向因果关系,并且模型中还可能存在因遗漏变量而导致的偏误问题。基于此,使用工具变量对内生性问题进行处理,参考杨仁发和郑媛媛[31]的方法,使用 1984 年各省份每百人固定电话数与上一年数实融合的交互项作为工具变量(IV)。其合理性在于,历史上固定电话普及率越高的地区,数字经济发展水平也相对越高,越有利于促进数实融合。同时,历史上不同省份的固定电话数不会对当前区域教育发展产生影响,至少不会产生直接影响,故满足工具变量的相关性与外生性要求。工具变量估计结果如表 3 所示,由列(1)第一阶段估计结果可知,工具变量的估计系数为 0.001 且通过了显著性检验,并结合 Wald-F 统计量等指标可发现该工具变量的选取是合理有效的。由列(2)第二阶段估计结果可知,核心变量数实融合的估计系数为 −3.989,并在 10%的置信水平下显著,表示数实融合能够显著促进教育均等化水平的提高,说明基准回归结果具有一定的稳健性。

3.2.2　替代变量测算方法

为了进一步检验基准回归结果的可靠性,借鉴 Kwon 等[32]、周密等[33]的做法,利用专利共分类分析方法,使用中国专利申请数据及专利-产业匹配信息来反映各省份数实融合程度(Dig_1),具体做法为,先基于专利国际分类号的出现频次测算技术关联度,再匹配专利分类号与国民经济行业并测算产业融合指数,最后按照专利所属地汇总至省份层面得到数实融合指数,估计结果如表 3 所示。根据表 3 列(3)估计结果可以得知,在更换核心变量测度方法后,数实融合的估计系数仍然显著为负,数值为 −0.124,表示数实融合程度的提高可以有效驱动

表3　数实融合与教育均等化：稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Dig	EduGini	EduGini	EduGini
IV	0.001***			
	(15.35)			
Dig		−3.989*		−4.757***
		(−1.70)		(−3.72)
$lnDig_1$			−0.124**	
			(−2.38)	
控制变量	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
省份固定效应	YES	YES	YES	YES
观测值	330	330	372	324
Wald-F统计量	564.909			
R^2	0.977		0.996	0.995

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平下显著；括号内为t值。

教育均等化发展，证实基准回归结果的可靠性。

3.2.3　更改样本量

考虑到研究样本中所包含的4个直辖市在人文环境、基础设施、资源配置等方面的迥然不同，为了缓解特殊样本对研究结论可能造成的影响，特剔除4个直辖市后进行回归。估计结果如表3所示，由列(4)可知，剔除特殊样本后，数实融合的弹性系数变为−4.757，且在1%的置信水平下显著，表示数实融合与教育基尼系数之间存在反向关系，再次证明数实融合促进教育均等化的基准回归结论是稳健的。

3.3　异质性

3.3.1　自然区位异质性

不同省份在资源要素禀赋和基础设施建设等方面千差万别，从而使得数实融合的作用可能在不同区域呈现不同特点。因此，将研究样本划分为东部和中西部地区，来考察不同区域下数实融合对教育均等化影响效果的差异。估计结果如表4所示，由东部地区估计结果可知，数实融合的估计系数为−0.896但未通过显著性检验，表示在东部地区，数实融合对教育均等化未产生明显影响。就中西部地区而言，数实融合的估计系数分别为−5.827且通过了显著性检验，表明在中西部地区，数实融合能够显著推进教育均等化。以上现象可能是因为，相比于中西部地区，东部地区的教育均等化发展已达到较高水平，数实融合促进教育均衡发展的边际作用相对有限。而中西部地区教育基础设施和优质师资力量相对不足，区域内部可能存在更为严重的教育资源分布不均等现状，

表4　数实融合与教育均等化：自然区位异质性

变量	(1)	(2)
	东部地区	中西部地区
Dig	−0.896	−5.827**
	(−0.44)	(−2.62)
控制变量	YES	YES
时间固定效应	YES	YES
省份固定效应	YES	YES
观测值	144	228
R^2	0.998	0.996

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平下显著；括号内为t值。

数实融合的发展恰恰能够有效突破地理空间限制，重构教育资源时空配置格局，从更大程度上激发中西部省份后发优势，在更大力度上提升教育均等化发展水平。

3.3.2　经济社会异质性

在经济社会特征方面，一方面探讨政府干预力度不同引发的异质性。在市场经济条件下，数实融合虽具有缩小区域差距的潜在正向效应，但其自发机制难以从根本上解决发展不平衡问题，只有在政府干预下，才能有效引导数字经济红利向欠发达地区溢出，最终实现区域协调发展[34]。基于此，采用政府支出与GDP比值表示政府干预力度，并将其三等分组进行回归分析，一等分组为低政府干预力度的省份，二、三等分组为高政府干预力度省份。估计结果如表5所示，由结果可得，在政府干预力度更大的区域内，数实融合对教育均等化的影响效应更强烈。这表明，要充分发挥数实融合的普惠效应，离不开政府的合理有效引导。

另一方面探讨数字基础设施建设引发的异质性。从互联网宽带接入率、互联网宽带普及率、移动电话交换机数量、长途光缆线路长度、网页数及域名数六个方面衡量数字基础设施建设，同时将其三等分组进行回归分析。估计结果如表5列(3)和列(4)所示，在数字基础设施建设较高的省份，数实融合可以显著驱动教育均等化，而在数字基础设施建设较低的省份，数实融合未起到明显带动作用。这可能是因为，高水平数字基建省份通常拥有较为完善的网络和智能终端设备，能够为教育资源的实时传输和高效共享提供有利条件，使城乡学校和学生平等享受优质教育服务，推进教育均等化发展。而数字基础设施薄弱的地区受限于网络覆盖不足和硬件设施短缺，远程教育难以有效推广，进而影响教育公平进程。

表 5　数实融合与教育均等化:经济社会异质性

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	低政府干预	高政府干预	低数字基建	高数字基建
Dig	−5.644**	−6.114**	0.921	−3.747*
	(−2.28)	(−3.05)	(0.21)	(−2.19)
控制变量	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
省份固定效应	YES	YES	YES	YES
观测值	124	248	124	248
R^2	0.998	0.997	0.998	0.998

注:*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著;括号内为 t 值。

3.4　作用机制检验

上文理论阐释数实融合会通过行政成本和财政透明度等机制影响教育均等化,接下来利用计量模型(2)来实证检验行政成本和财政透明度的机制作用,估计结果如表 6 所示。首先,观察列(1)和列(2),当行政成本作为被解释变量时,无论模型中是否加入控制变量,数实融合的估计系数均体现为负值且通过了显著性检验,表示数实融合对政府行政成本起到了反向抑制作用,即数实融合水平的深化有利于降低政府行政成本,证实了数实融合可以通过降低行政成本这一机制促进教育均等化,H2 得到验证。其次,观察列(3),当财政透明度作为机制变量且模型中不引入控制变量时,数实融合的估计系数为 0.428,并在 5%的置信水平下显著,表示数实融合对财政透明度产生了显著正向影响。当模型中引入全部控制变量后,如列(4)所示,数实融合的估计系数降低至 0.392,并且也通过了显著性检验,表明数实融合能够显著提高教育财政信息的可得性,增强财政透明度,证实数实融合可以通过提高财政透明度这一机制促进教育均等化,H3 得到验证。

表 6　数实融合与教育均等化:作用机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Cost	Cost	Fin	Fin
Dig	−0.162***	−0.178***	0.428**	0.392*
	(−4.16)	(−5.36)	(2.24)	(2.04)
控制变量	NO	YES	NO	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
省份固定效应	YES	YES	YES	YES
R^2	0.954	0.956	0.924	0.925

注:*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著;括号内为 t 值。

4　进一步研究

4.1　门槛效应

整体来看,数字经济与实体经济的相互融合不是一蹴而成的,而是一个阶段性演进过程。在不同发展阶段下,数实融合对教育均等化的影响可能有所不同。鉴于此,以数实融合为门槛变量,构建如下面板门槛模型,实证探讨数实融合对教育均等化影响的非线性效应。

$$\begin{aligned}\mathrm{EduGini}_{it} = {} & \delta_0 + \delta_1 \mathrm{Dig}_{it} I(q_{it} \leqslant \theta) + \\ & \delta_2 \mathrm{Dig}_{it} I(q_{it} > \theta) + \delta_3 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \\ & \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{5}$$

式中:q_{it} 为门槛变量;θ 为门槛值;$I(\cdot)$为指示函数。

首先,利用 Bootstrap 方法重复抽样 500 次检验门槛效应和门槛值,检验结果如表 7 所示。当数实融合作为门槛变量时,只有单一门槛通过了显著性检验,其余门槛结果均不显著,表明数实融合对教育均等化的影响效应存在单一门槛特征。

表 7　门槛效应检验

模型	门槛值	F	P	95%置信区间
单一门槛	0.303	10.880*	0.086	[0.303,0.536]
双重门槛	0.303 0.350	4.005	0.236	[0.303,0.531] [0.334,0.821]
三重门槛	0.531	2.706	0.392	[0.386,0.821]

注:*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著。

其次,为了识别数实融合对教育均等化影响的区间效应,需要进一步剖析数实融合对教育均等化影响的门槛估计结果,如表 8 所示。当数实融合低于门槛值(Dig <0.303)时,数实融合的估计系数为 0.500 且未通过显著性检验,表示数实融合对教育均等化的影响不显著。当数实融合跨过门槛值(Dig≥0.303)时,数实融合估计系数为 −2.463,并通过了显著性检验,表示数实融合对教育均等化产生了显著的促进作用。显然,数实融合对教育均等化的影响呈现非线性单门槛效应,即在数实融合发展的初级阶段,其对教育均等化的改善效应尚不明显,随着数实融合程度的不断加深,其对教育均等化的促进作用逐渐凸显。其原因可能是,在数实融合初级发展阶段,不同区域在数字基础设施、数字技术应用等方面存在较大差距,数字红利未能实现广泛共享,经济发达地区凭借先发优势率先获益,欠发达地区受制于数字素养短板被边缘化,致使数实融合对教育均等化的带动作用尚不明显。随着数实融合进程的深入推进,数字基础设施建设和数字技术应用日趋成熟,欠发达地区逐步突破发展瓶颈,此时数实融合对教育均等化的积极效应开始显著释放。

表8 数实融合与教育均等化:门槛模型估计

变量	单一门槛模型
Dig(Dig <0.303)	0.500 (0.28)
Dig (Dig≥0.303)	−2.463* (−1.85)
控制变量	YES
样本量	372

注:*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平下显著;括号内为稳健标准误。

4.2 数实融合对省份之间教育均等化的影响

通过基准回归分析结果可得,数实融合能够显著促进教育均等化发展,但是前文教育均等化反映的是省份内部不同城市之间教育差异化程度。那么对于不同省际而言,数实融合对教育均等化又会产生怎样的影响?接下来利用分位数回归方法,以省级人均受教育年限为被解释变量,以数实融合为解释变量进行详细探讨,以期为数实融合赋能教育均等化提供更为全面充足的证据。相应的估计结果如表9所示,无论人均受教育年限处于何种分位点,数实融合的估计系数均显著为正,表示数实融合能够显著促进省份教育水平的提高。同时,随着分位点的逐步增加,数实融合的估计系数呈现明显的上升趋势,说明受教育程度越高,数实融合的影响效应会相应越大,即数实融合显著扩大了省份间教育差距,不利于省份间教育均等化发展。

表9 数实融合与省间教育均等化

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
Dig	1.333*** (3.34)	1.339*** (4.78)	1.345*** (5.88)	1.352*** (4.72)	1.359*** (3.19)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES
观测值	372	372	372	372	372

注:*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平下显著;括号内为t值。

5 结论与启示

数实融合作为当代科技革命和产业变革的核心特征之一,对教育均等化推进和教育强国建设具有重要影响。本文基于地级市人均教育年限测度了省内不同地市间教育差异,创新性地从省内和省间两个维度探讨了数实融合对教育均等化的影响效应,识别了数实融合对教育均等化的作用机制,解析了数实融合对教育均等化的异质性效应和门槛效应,为数字化赋能教育公平发展提供了新的视角。基于上述分析,主要得出以下结论:①数实融合对教育均等化产生了显著的促进作用,并利用工具变量、替换变量测算及更改样本量等方法验证了估计结果的稳健性。②数实融合对教育均等化的影响效应具有一定异质性,即数实融合对中西部地区教育均等化产生了更为强烈的影响,但对东部地区影响效应不显著。同时,在政府干预力度和数字基础设施建设较高的区域,数实融合对教育均等化的影响相对更突出。③机制检验结果表明,数实融合能够通过降低行政成本和提高财政透明度的方式促进教育均等化发展。④门槛效应分析表明,数实融合对教育均等化的影响存在着基于数实融合的单门槛特征,即只有在数实融合跨过一定门槛值后,其对教育均等化的影响效应才逐步凸显。⑤数实融合对省际教育均等化产生了明显的抑制作用。据此,得出以下启示。

(1)加大数字基础设施建设,持续推进数实融合。在国家层面制定教育新基建专项规划,明确5G与千兆光网覆盖学校路线图,重点向中西部县域及农村学校倾斜网络建设资金。推动建立“国家-省-校”三级教育专网架构,实现教育数据互联互通与安全可控。在资金机制层面,设立数实融合教育专项基金,采用“政府引导、社会参与、绩效挂钩”的PPP模式,对开展智慧校园、虚拟教研室等示范项目的学校给予一定比例奖补。同时,强化政府引领作用,建立健全数据要素市场规则体系,构建统一规范、竞争有序的数据要素市场。探索设立教育应用试点示范区,对开展教育数字化创新的企业给予所得税减免、研发费用加计扣除等政策激励,促进数字经济与实体经济在更广范围、更深层次、更高水平上实现融合发展,为教育均等化提供强劲支撑。

(2)差异化数实融合发展,激发数实融合赋能效应。各级政府在推动数实融合发展过程中,立足区域发展实际,充分考量不同区域在产业结构、资源禀赋、数字化基础等方面的差异化特征,因地制宜制定精准施策的发展路径。对于东部地区省份,充分发挥其数字经济先发优势,支持北京、上海、深圳等地设立国家级数字教育创新基地,开展AI课程、虚拟实训等前沿应用试点,并建立与国际数字教育组织的合作对接机制,着重培育人工智能等前沿数字产业,打造具有影响力的数实融合创新高地。对于中西部地区省份,结合区域资源禀赋和产业特点,健全数据中心、算力中心等新型基础设施布局,在河南、四川等省份布局区域性教育大数据中心,并依托本地高校定向培养教育数字化技术员。同时,完善区域协同发展机制,设立东、中西部

地区数字教育协作基金,支持开展双师课堂常态化教学、跨省教师研修共同体等项目,警惕“重硬件轻应用”“同质化建设”等问题,建立项目全周期评审与动态优化机制,鼓励地方申报特色化应用场景。

(3)为扭转数实融合对省份间教育均等化的影响,进一步打破教育资源流动壁垒,补齐欠发达区域教育基础设施短板。依托国家智慧教育平台,建设数字教育资源跨省流通专区,制定资源质量标准与积分互换制度,对向欠发达地区输送优质资源的学校、企业给予认证与激励,实施薄弱校数字化补强工程,为西部乡村学校配备轻量化 AI 备课系统、低带宽适用的同步课堂工具,助力优质教育资源精准输送,为教育数字化转型奠定扎实基础。同时,开展教师数字素养全员轮训,将培训成果与职称评聘挂钩,开发低代码教育工具平台,降低教师技术使用门槛,构建跨省数字教育质量检测平台,重点跟踪学生数字素养、课堂互动质量等过程性指标,并建立“预警-反馈-改进”闭环机制,实现数实融合对省际教育均衡发展的促进作用。

参考文献

[1] 陈丽,徐亚倩,杨阳.“互联网+教育”的方法论:共享驱动创新[J].中国远程教育,2024,44(1):25-34.

[2] 郭绍青,王家阳.教育智能化:技术赋能乡村教育公平的新路径[J].中国电化教育,2025(2):67-74.

[3] 车明佳,赵彦云.教育强国视角下教育公平的时空演变规律:基于教育基尼系数的测算[J].统计与决策,2025,41(1):104-109.

[4] 陈斌开,亢延锟,侯嘉奕.公共服务均等化、教育公平与共同富裕[J].经济学(季刊),2023,23(6):2104-2118.

[5] 詹志华.数字化赋能新时代教育公平探析[J].理论视野,2025(2):68-74.

[6] 彭红超,郑珊珊,高淑印,等.信息化促进基础教育公平的发展指数研究[J].中国远程教育,2024,44(1):55-67.

[7] 彭锦,李彦龙.数字普惠金融与教育机会均等化[J].统计与决策,2022,38(13):142-146.

[8] 杨宗凯,王俊,吴砥,等.ChatGPT/生成式人工智能对教育的影响探析及应对策略[J].华东师范大学学报(教育科学版),2023,41(7):26-35.

[9] 吴砥,李环,陈旭.人工智能通用大模型教育应用影响探析[J].开放教育研究,2023,29(2):19-25.

[10] 范静波,梁慧.ChatGPT 在教育领域应用的伦理风险及挑战[J].中国科学院院刊,2024,39(11):1871-1881.

[11] 马野驰,胡令.数字普惠金融发展对教育机会公平的影响[J].教育经济评论,2024,9(4):3-25.

[12] 蔡伟贤,朱迪,刘梦雅.基础教育信息化投入与教育公平:来自农村远程义务教育工程的证据[J].数量经济技术经济研究,2024,41(8):154-174.

[13] 周俊武,郭蔚,蔡湘杰.数智化何以促进教育公平[J].湖南师范大学教育科学学报,2025,24(3):12-21.

[14] 霍翠芳,石莹.基本公共教育服务均等化政策的逻辑理路与评估省思[J].教学与管理,2025(12):1-7.

[15] 夏杰长,张雅俊.数字经济赋能浙江共同富裕示范区建设:作用机理与实施路径[J].浙江工商大学学报,2022(5):100-110.

[16] LUNDBERG J. Spatial interaction model of spillovers from locally provided publicservices[J]. Regional Studies,2006,40(6):631-644.

[17] MAYER-SCHÖNBERGER V,CUKIER K. Big data:a revolution that will transform how we live,work andthink[J]. American Journal of Epidemiology,2014,179(9):1143-1144.

[18] 韩金镕,郑涵茜,李显越,等.信息摩擦下数字经济的出口效应研究:兼论市场搜寻与信息沟通成本[J].南开经济研究,2025(1):45-65.

[19] 詹绍菓,李昕.财政分权对地方政府债务规模的非线性影响:基于财政透明度的调节效应[J].东北大学学报(社会科学版),2023(3):28-37.

[20] 马珂琦.数实产业技术融合对城乡共同富裕的影响研究:基于新质生产力的中介效应检验[J].云南民族大学学报(哲学社会科学版),2024,41(4):120-130.

[21] MURALIDHARAN K,NIEHAUS P,SUKHTANKAR S. Building state capacity:evidence from biometric smartcards inIndia[J]. American Economic Review,2016,106(10):2895-2929.

[22] 储德银,姜春娜.财政透明、公共服务供给与企业纳税遵从[J].经济管理,2023(2):135-150.

[23] 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.

[24] THOMAS V,WANG Y,FAN X. Measuring education inequality:gini coefficients of education for 140 countries,196—2000[J]. Journal of Educational Planning and Administration,2003,17(1):5-33.

[25] 刘精明.教育扩张与分布型教育不平等:复合教育基尼系数的演化性质及其检验[J].社会学研究,2023,38(1):68-95.

[26] 王军,朱杰,罗茜.中国数字经济发展水平及演变测度[J].数量经济技术经济研究,2021,38(7):26-42.

[27] 张帅,吴珍玮,陆朝阳,等.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[J].经济地理,2022,42(7):22-32.

[28] 郭东,李琳,庞国光.中国城市数实融合时空演化及影响因素研究[J].科研管理,2025,46(7):24-35.

[29] 张曾莲,方娜.电子政务对政府行政成本的影响:控制规模还能提升效益:基于 2010—2019 年省级面板数据的实证分析[J].软科学,2023,37(7):18-24.

[30] 肖鹏,代龙涛.预算绩效管理改革提升了地方政府行政绩效吗[J].财贸经济,2023,44(10):5-21.

[31] 杨仁发,郑媛媛.数字经济发展对全球价值链分工演进及韧性影响研究[J].数量经济技术经济研究,2023,40

(8)：69-89.

[32] KWON O，AN Y，KIM M，et al. Anticipating technology-driven industry convergence：evidence from large-scale patent analysis[J]. Technology analysis & strategic management，2020，32(4)：363-378.

[33] 周密，王雷，郭佳宏. 新质生产力背景下数实融合的测算与时空比较：基于专利共分类方法的研究[J]. 数量经济技术经济研究，2024，41(7)：5-27.

[34] 牛建国，张世贤. 数字经济、凯恩斯“世纪预言”与共同富裕[J]. 经济学家，2022(10)：64-73.

Can Digital-real Integration Promote Educational Equalization?

WANG Yinjun，WU Mengqiu

(School of Economics and Trade，Henan Institute of Animal Husbandry Economics，Zhengzhou 450044，China)

Abstract：Digital-real integration based on data elements and digital technologies has reshaped the ecological pattern of regional education and provided an innovative path for the development of educational equalization. Based on the panel data of 276 cities in China from 2012 to 2023，the impact and mechanism of digital-real integration on educational equalization were explored. The result shows that digital-real integration significantly reduces education development gap and promotes the development of intra-provincial education equalization，and the effect is more prominent in the central and western regions，regions with greater government intervention and higher levels of digital infrastructure construction. Mechanism analysis shows that digital-real integration can promote education equalization by reducing administrative costs and improving financial transparency. Meanwhile，there is a non-linear threshold characteristic of the impact of digital-real integration on education equalization，and digital-real integration has not effectively promoted the development of inter-provincial education equalization. Therefore，the government should accelerate the construction of digital infrastructure，break down the barriers to the flow of educational resources，and implement a differentiated development strategy for digital-real integration，so as to fully release the potential efficacy of digital-real integration in promoting educational equalization.

Keywords：digital-real integration；educational equalization；mechanism；threshold characteristics