

AI与虚拟仿真技术深度融合赋能小学个性化学习：困境解析与路径重构

苏语嫣，赵文静

洛阳师范学院教育科学学院，河南 洛阳

收稿日期：2026年7月17日；录用日期：2026年8月19日；发布日期：2026年8月27日

摘要

在数字化转型背景下，AI与虚拟仿真技术为小学个性化学习提供了新路径，但面临三重困境：教育整合中教师理念与模式重构滞后，技术协同中存在数据孤岛与算法偏见，资源生态上受成本高与内容稀缺制约。对此，本研究提出系统性突破路径：教育层面推动以学习者为中心的课程重构与教师发展；技术层面构建数据安全、算法透明的可信环境；资源层面建立标准引领、协同共享的可持续生态，以推动技术从工具应用走向深度融合，为教育实践提供参考。

关键词

人工智能，虚拟仿真，小学个性化学习，人机协同，资源生态

The Deep Integration of AI and Virtual Simulation Technology Empowers Personalized Learning in Primary Schools: Analysis of Challenges and Reconfiguration of Paths

Yuyan Su, Wenjing Zhao

College of Education Sciences, Luoyang Normal University, Luoyang Henan

Received: July 17, 2026; accepted: August 19, 2026; published: August 27, 2026

Abstract

Against the backdrop of digital transformation, Artificial Intelligence (AI) and virtual simulation

文章引用：苏语嫣，赵文静. AI 与虚拟仿真技术深度融合赋能小学个性化学习：困境解析与路径重构[J]. 教育进展, 2026, 16(8): 1826-1833. DOI: 10.12677/ae.2026.1681821

technologies have opened up novel avenues for personalized learning in primary schools. However, they are confronted with three-fold predicaments: the lagging reconstruction of teachers' pedagogical beliefs and instructional models during educational integration; the presence of data silos and algorithmic biases in technological synergy; and the constraints imposed by high costs and content scarcity in the resource ecosystem. In response to these challenges, this study puts forward systematic breakthrough strategies: at the educational dimension, advancing learner-centered curriculum restructuring and teacher professional development; at the technological dimension, constructing a trustworthy environment featuring data security and algorithmic transparency; and at the resource dimension, establishing a sustainable ecosystem guided by standards and underpinned by collaborative sharing. The ultimate goal is to facilitate the transition of technology from a tool-based application to deep integration, thereby providing a reference for educational practice.

Keywords

Artificial Intelligence, Virtual Simulation, Personalized Learning in Primary Schools, Human-Machine Collaboration, Resource Ecosystem

Copyright © 2026 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

在教育数字化转型背景下, 满足小学生个性化学习需求已成为小学教育高质量发展的核心议题。传统“一刀切”教学模式难以适配学生在兴趣、能力与认知风格上的个体差异, 而人工智能(AI)与虚拟仿真技术的兴起, 为实现因材施教注入了技术动能[1]。AI 擅长数据分析与智能决策, 可精准规划学习路径; 虚拟仿真则能创设安全可控的沉浸式情境, 激发学生探究意愿。然而, 二者若仅停留在简单叠加或工具化展示层面, 其教育价值将难以充分彰显。相较于现有侧重单一技术应用梳理或零散问题归纳的综述性研究, 本文核心创新点体现在三个方面: ① 突破技术局限, 提出适配小学生认知的“智能-沉浸”融合教学范式, 明确二者协同赋能的内在机制; ② 为小学阶段技术伦理研究提供参考, 构建兼顾数据价值与未成年人保护的算法治理框架; ③ 拓展单一资源开发视角, 设计“标准-开发-共享”三位一体的资源生态可持续路径。

本研究采用理论建构与政策文本分析相结合的研究范式。文献筛选以近 5 年 CSSCI 来源期刊核心文献和国家级教育政策文件为主, 系统梳理个性化学习与教育技术融合的理论基础; 基于小学数学《面积》单元教学进行案例分析, 构建“智能-沉浸式学习”的理论设计示例, 为技术融合应用提供可参考的实践框架。

2. 融合之基: AI 与虚拟仿真赋能个性化学习的时代必然性

2.1. 个性化学习: 从共性灌输到个性化发展的教育理念演进

个性化学习是当代基础教育改革的核心方向, 传统教学模式难以满足小学生在认知风格、学习能力与兴趣动机上的个体差异[2]。

现代教育技术是个性化学习从理念转化为实践的支撑。建构主义强调, 知识不是被动接受的客观存在, 它是学习者在与环境互动中建构而来的。因此, 教学不仅要注重创设探究情境, 还需要为学生提供合适的个性化学习支持。同时, 情境学习理论提出, 情境性是知识的本质, 学习脱离具体的实践场景便

很难实现真正的能力迁移。

AI 与虚拟仿真两种技术的组合不是单纯功能的叠加,而是在学习理论指导下产生的结果,他们的融合为实现个性化学习奠定了技术框架。

2.2. 政策支持：国家战略下的教育科技布局

国内已形成层级完善的教育科技发展政策体系,自上而下为人工智能、虚拟仿真技术融入基础教育筑牢制度根基,也为两类技术融合应用指明发展方向。

其中,《中国教育现代化 2035》起到引领的作用,带动着相关规划文件持续细化发展要求,进一步明确数字化发展下新的育人模式,逐步实现普及化教学与个性化培育的发展目标。有关数字化推进意见、虚拟现实行业发展计划的专项文件,它们分别围绕智能教育转型、沉浸式教学场景建设作出规范部署,旨在推动中小学搭建虚拟教学空间、开发适配课标数字课程。全局政策导向呈现出统筹两种技术,强调发挥各方技术优势,助力个性化教学的稳步发展。

2.3. 实践交汇：AI 与虚拟仿真协同赋能的教育价值

梳理现有研究,发现主要有两条独立脉络发展,一是智能导师系统(Intelligent Tutoring System, ITS)研究,经典模型包含领域知识、学生模型、教学策略、交互界面四大模块,发展至今已形成基于 AI 的自适应学习体系,核心优势在于精准的学情诊断与个性化路径适配,但其多依托习题、文本等抽象学习载体,缺乏具身化的探究情境,较难适配小学生的具象认知特点;二是沉浸式学习环境研究,以虚拟仿真场景为核心,聚焦具身交互与情境化体验,能有效激发小学生的学习兴趣,但多数场景为预设固定流程,难以根据学生个体差异动态调整任务与支架,个性化支撑不足。

整体来看,两类研究已各自形成成熟的理论框架,但始终处于“分头推进”的状态,二者深度融合的内在机制尚未得到充分阐释,尤其缺乏适配小学阶段认知规律的整合性教学范式。基于此,本文提出的“智能-沉浸式学习”范式,正是对两类研究的批判性继承:它并非技术功能的简单叠加,而是将智能诊断的“后端适配逻辑”深度嵌入沉浸式探究的前端场景之中,实现情境动态生成、认知支架个性化推送、学习反馈具身化交互的有机统一,弥补了单一技术路径在小学个性化教学中的局限。

3. 现实之困：AI 与虚拟仿真融合应用的实践挑战

3.1. 教育整合之困：从“工具嫁接”到“模式重构”的挑战

目前, AI 与虚拟仿真技术在小学教学领域的应用效果,一定程度上受到教师队伍能力的影响。大多数教师仍是知识传授者的角色,还没有转变为学生学习的设计者、引导者和技术协作者,以至于缺少对这两种技术融合的深度理解,也缺乏将新技术与教育教学深度结合的能力。相当一部分教师只是把 AI 与虚拟仿真两种技术当作课堂展示的辅助工具,更甚出现了为了用技术而用技术的形式化现象,而非把技术应用与课程标准要求、学生核心素养培养真正结合起来。

与此同时,现代教学模式,如项目式学习、探究式学习等,同 AI 与虚拟仿真这两种技术的结合存在明显障碍,部分教师仅仅将技术作为课堂点缀,而未能在技术的支持下进行教学设计的转变,这恰恰没有发挥出技术加持个性化学习的功能。

最后,相当一部分学校缺少对 AI 与虚拟仿真融合应用的培训,又或者是培训的内容大多停留在基础的操作层面,而没有深入到技术支持下的教学设计与实践应用部分的指导,这不利于教师技术应用能力的提升。

3.2. 技术协同之困：数据、算法与情境的融合壁垒

AI 与虚拟仿真的融合具有广阔前景,但是,数据、算法与情境的整合,这些技术协同层面不容乐观,在教育数字化实践中这些问题已经显现,制约了深度个性化学习的实现。技术割裂问题是当前教育信息化建设的共性问题,源于在不同的厂商中,教学系统数据独立、接口封闭,进而形成典型的“数据孤岛”[3],不同学校及部门间的信息资源共享陷入“囚徒困境”,数据分割与垄断使得 AI 难以构建全景式学生画像,也阻碍了教育数字化的整体推进。其中,数据隐私保护是小学场景下最需重视的核心挑战。虚拟仿真环境可采集学生操作轨迹、注视行为等细颗粒度学习数据,而小学生作为未成年人,数据自主意识与维权能力薄弱,若数据采集边界模糊、存储与使用缺乏规范,极易引发隐私泄露风险,其危害远高于其他教育学段,因此数据融合必须严格遵循“最小必要原则”。

与此同时,算法可解释性不足是制约融合教学效度的关键堵点。沉浸式场景会放大 AI 算法的“黑箱”效应,训练数据的固有偏差可能对不同认知基础、家庭背景的学生形成差异化引导,催生更隐蔽的教育不公[4]。更为关键的是,一线教师若无法把握 AI 决策的底层逻辑,便难以结合教学经验进行人工干预,无法精准纠正学生的认知偏差。加上多模态学习数据的认知转化技术尚不成熟,进一步限制了 AI 个性化教学的深度[5]。整体而言,技术协同困境是系统性问题,需技术攻坚、伦理规范与标准建设协同推进。

3.3. 资源生态之困：高成本与低适配性的恶性循环

就目前来看,“AI+ 虚拟仿真”技术在小学的应用,存在一个主要障碍,即高成本与低适配性相互强化的恶性循环,这不利于 AI 与虚拟仿真技术的规模化实现。

难以忽视的是硬件成本与普及门槛高。沉浸式设备昂贵,尤其是高质量的设备更是价格不菲,除此之外,后期维护更新与专用场地的建设也需要持续投入,然而小学教育经费有限,高昂费用给小学带来了沉重的运营压力,因此限制了技术的大面积覆盖。

除此之外,教育内容的稀缺也是问题之一。只有深度嵌入 AI 智能内核,才能更好实现个性化引导,但是现有资源却多停留在场景呈现与浅层交互[6]。这源于跨领域协作开发周期长、成本高,缺乏可持续供给机制。

更为关键的是,现存一个行业标准与规范缺位而形成的负向循环。对于技术接口、数据格式与质量评价缺乏一个统一的标准,这就导致平台与设备互通性差,难以跨平台反复使用一些优质资源,导致单位开发成本无法通过规模化分摊,进一步推高了内容价格。由此形成“标准缺失-生态割裂-成本高-供给不足”的闭环,这需从构建统一开放的生态与标准体系扭转现状。

4. 困境之破：构建“AI + 虚拟仿真”的个性化学习新生态

面对前述困境,我们亟需系统性地构建一个以学习者为中心、技术可信赖、资源可持续的新生态。这意味着不能仅停留在技术叠加的层面,而需进行深度的教育重塑、技术规范与生态共建。

4.1. 教育应用的深度融合路径：以“学习者为中心”的设计原则

针对教育整合之困,关键在于回归育人本质,以“学习者为中心”的原则重构教学实践,将技术深度、无痕地嵌入教学的核心环节,使其真正服务于学生认知建构与核心素养的发展。

4.1.1. 课程重构与教学模式创新

单纯的技术演示无法触及深度学习的核心[7],我们需要推动 AI 与虚拟仿真的融合,从辅助工具升级为学习环境的基础架构,深度赋能项目式学习(PBL)、探究式学习等以学生为主体的教学模式,从而催生一种“智能-沉浸式学习”新范式(如图 1)。该范式的核心特征在于:情境生成动态化、认知脚手架个

性化、学习反馈具身化。

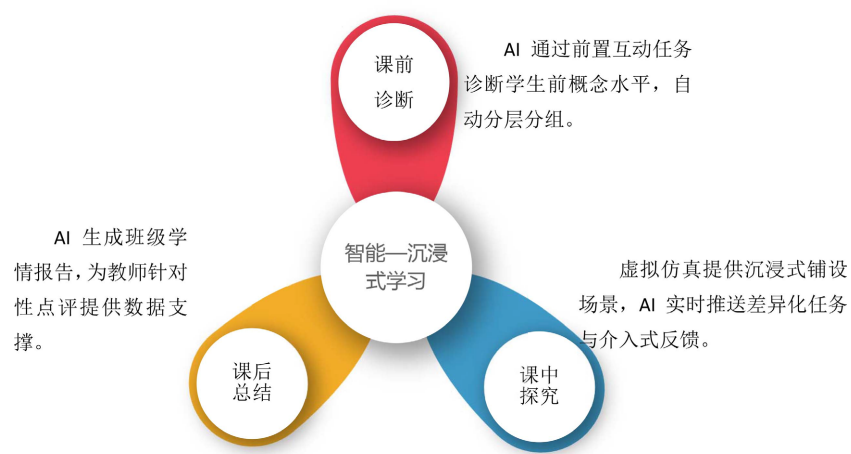


Figure 1. Smart-Immersive learning mode
图 1. 智能 - 沉浸式学习模式

以下以人教版小学数学三年级下册《面积》单元为例，给出“智能 - 沉浸式学习”范式的理论设计示例。其核心目标是帮助学生建立“面积”作为二维图形“大小”的度量概念，并掌握长方形面积的计算方法，同时厘清面积与周长的本质区别。传统教学中，学生常因缺乏对“面积是覆盖”的直观体验，而将面积公式与周长公式混淆。为破解此难点，可依托“智能 - 沉浸式学习”范式，设计一个名为“我是校园设计师——地砖铺设方案”的项目式学习任务。该项目的完整流程设计如图 2 所示。

教学阶段	核心教学活动	个性化技术支持
课前诊断	学生完成虚拟互动前置任务，测评面积前概念水平	AI 基于操作数据诊断认知起点，将学生隐性划分为概念初建组、应用探究组
课中探究	学生在虚拟校园场景中完成地砖铺设任务，自主尝试方案	虚拟仿真提供可交互场景；AI 实时捕捉操作行为，针对认知误区触发个性化引导，动态匹配任务难度
课后总结	教师依据学情报告组织研讨，针对性点评共性难点	AI 聚合操作数据，生成班级学情画像与个体学习建议

Figure 2. Design of the “Campus Designer” project-based learning activity: floor tile paving scheme
图 2. “我是校园设计师——地砖铺设方案”项目式学习设计

这一设计表明，融合技术的价值并非呈现炫酷场景，而在于创建了一个能够实时感知、理解并响应学习者认知状态的“活”的探究环境。虚拟仿真提供了无法在实体课堂中复现的、可任意尝试与修改的“施工场地”，AI 主要采集学生的拖拽操作序列、错误类型、任务完成时长三类核心数据，通过预设的认知诊断模型判断学生的概念掌握程度，进而动态调整虚拟情境中的任务难度与反馈方式。学生获得的不是静态知识，而是在解决真实、复杂问题过程中形成的可迁移的度量意识、空间观念和推理能力，这正是个性化学习的效果。

4.1.2. 提升教师人机协同素养

再智能的技术也无法替代教师的核心作用, 未来教师培训应从“设备操作指导”转向“人机协同教学活动设计”, 引导教师完成从技术被动操作者到学习设计师的角色转变。培训重点应聚焦于提升教师解读学情数据并转化为教学决策、设计虚实融合式学习活动、开展情感引导与价值引领的核心能力, 支持教师灵活运用技术而非被技术流程束缚。具体可参照《教师数字素养》行业标准与 TPACK 整合技术学科教学知识框架[8], 通过专家联合备课、专项工作坊等形式, 帮助教师逐步掌握新教学范式。

4.2. 技术发展的规范与协同路径: 构建可信赖的融合环境

4.2.1. 制定校园数据安全操作规程(SOP), 实现全流程精细化管控

教育数据承载着重要教育意义与隐私属性, 通用语言模型的开放性生成机制使其在数据主权、隐私保护、价值观对齐等方面存在潜在风险, 保护数据安全已成为基本教育伦理责任[9]。针对小学 AI 虚拟仿真教学的特殊性, 建立覆盖课前、课中、课后全周期的标准化操作流程。

课前产品审核, 由学校信息管理部门联合德育组核查数据采集范围, 严格遵循“最小必要”原则, 仅保留操作序列、任务完成时长等教学核心数据, 剔除面部微表情、语音情绪等非必要采集项, 并将监护人书面知情同意作为课程开设的前置条件。

课中数据处理, 关键要落实匿名化处理, 学生学习行为以随机身份 ID 标识, 不与学号、姓名等真实信息直接绑定, 实时过程数据优先缓存于本地终端, 课后统一同步至校内加密服务器。

课后数据销毁, 强调收集到的数据到期销毁, 非学业档案类的过程性数据保留期限不超过一学期, 到期自动匿名化销毁, 每学期开展一次校内数据合规自查。

4.2.2. 推动算法的透明度与伦理审计机制

算法的公平性是融合环境赢得教育信任的基石, 其“黑箱”特性与内嵌偏见对教育公平构成潜在威胁, 在小学价值观形塑阶段尤为敏感[10]。

首要建立面向教育场景的算法透明性解释框架。技术提供方无需公开核心源代码, 但应用通俗语言向教育者解释系统基本运作原理、核心决策参数与推荐逻辑, 这种“教育性解释”能帮助教师结合专业判断做出最终干预[11]。英国教育部发布的学校 AI 应用指南也优先强调技术透明度。

在此基础上建立常态化第三方算法伦理审计制度。委托独立机构定期审计 AI 系统在不同地域、家庭背景、性别学生群体中的差异性影响, 形成“监测 - 披露 - 整改”闭环, 英国 A-level 考试成绩算法因对贫困学生存在偏见被撤销的事件, 凸显了独立审计的必要性[12]。同时需实现算法治理从“过程解释”向“结果控制”的转向, 重点监管算法输出的公平性与运营者的注意义务, 借鉴欧盟《人工智能法案》基于风险分级的监管思路。

面对生成式 AI 的新趋势, 需提前设定严格的价值观对齐框架, 通过多学科协同在模型部署阶段注入教育公平原则, 建立实时内容筛查与纠偏机制, 确保技术输出符合立德树人目标。

4.3. 资源建设的可持续路径: 构建“标准 - 开发 - 共享”协同生态

破解当前融合教育资源稀缺、成本高昂与适配性不足的困境, 关键在于打破单向供给或零星开发模式, 系统性构建由标准规范、协同开发与开放共享三大支柱支撑的可持续发展生态。这一生态的核心是整合“高校 - 企业 - 小学”三方优势, 形成定位清晰、责权明确、激励相容的共同体, 推动高质量资源在普惠化应用中实现持续优化与最大效益[13]。

第一, 标准与规范先行是生态构建的基石与技术互通的保障。需由教育主管部门牵头, 联合多领域专家共同研制指导性规范, 涵盖内容设计与技术互联两个维度。内容设计的标准明确, 虚拟仿真教学必

须深度契合国家课程标准的核心要求, 确保技术服务于育人目标; 技术互联的标准, 要求统一数据接口等关键环节, 建立资源跨平台流通的“通用语言”, 避免重复投资与资源浪费。

第二, 建立“产学研用”协同开发机制, 明确三方权责与激励保障。倡导以教学需求为牵引、专业分工为基础、知识产权共享为纽带的开发模式。高校及科研机构承担理论与效果评估, 教育科技企业负责技术实现与运维支持, 一线教研团队提供教学脚本与应用反馈。为保障合作可持续, 必须建立合理的知识产权界定与利益分享机制, 激发各方持续参与的内生动力。

第三, 依托公共平台构建开放共享与迭代优化循环。将开发完成的资源汇聚至国家及省级智慧教育公共服务平台, 建立包含应用、评价、反馈、优化的完整闭环。平台需构建多维度资源评价体系, 将实践反馈作为资源迭代升级的直接依据, 通过精准推送实现优质资源的普惠共享, 形成“越用越优、越优越用”的良性循环。

总的来说, 资源困境的突破最终指向政府引导、三方协同、市场调节、平台支撑的复合型生态系统建立, 为“AI+ 虚拟仿真”个性化学习落地提供可持续的基础支撑。

5. 结论与展望

本研究系统分析了 AI 与虚拟仿真技术在小学个性化学习中的应用困境与突破路径。当前实践面临教育整合浮于表面、技术协同存在数据与算法壁垒、资源生态陷入“高成本-低适配”循环三大挑战。对此, 需构建以学习者为中心的“智能-沉浸”教学范式、建立数据安全与算法伦理治理框架、共建“标准-开发-共享”资源生态。本研究以理论与政策分析为主, 路径效果有待实证检验。未来可通过准实验研究验证“智能-沉浸式”学习范式的教学效果。实现深度个性化学习, 关键在于坚持育人为本, 推动教育整体革新。不可忽视的是, 受到现实条件的制约, AI 与虚拟仿真技术的融合应用在未来还有很大的探索空间。

基金项目

洛阳师范学院 2025 年度研究生教育科研基金项目《AI 赋能小学语文个性化教学: 中华优秀传统文化融入的路径构建与实践研究》, 项目编号: 2025-YJSJYJJ-015。

参考文献

- [1] 顾小清, 李世瑾. 人工智能促进未来教育发展: 本质内涵与应然路向[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2022, 40(9): 1-9.
- [2] 盛瑞芬. AI 赋能小学语文个性化学习的场景与实践[J]. 教学与管理, 2026(11): 37-40.
- [3] 张奔, 李孟琦. 生成式人工智能的双轨标识监管与制度完善[J]. 科学学研究, 2026, 44(7): 1413-1421.
- [4] 杨俊锋, 褚娟. 人工智能教育应用的伦理风险和规范原则[J]. 中国教育学报, 2024(11): 21-27.
- [5] 毛刚, 朱婧, 马婷燕, 等. 增进教师洞察的人机协同课堂教学分析模型、方法与实践[J]. 电化教育研究, 2026, 47(7): 97-104.
- [6] 李艳燕, 胡婉青, 李睿玉, 等. 自进化智能体支持的个性化学习新形态[J]. 电化教育研究, 2026, 47(6): 44-52.
- [7] 丁卉, 宋杰, 刘烨, 等. 基于“教师-AI 课堂-学生”协同的人工智能课程项目式教学模式探索[J]. 高等工程教育研究, 2026(3): 54-58+118.
- [8] 吴焕庆, 武传震. GenAI 时代教师知识框架的演进与创新: 从 TPACK 到 GHEX-IPACK [J]. 电化教育研究, 2025, 46(10): 23-31.
- [9] 窦桂梅. AI 赋能如何转化为育人实效——智能时代小学语文教育新范式的探索与思考[J]. 人民教育, 2025(20): 56-60.
- [10] 王晓敏, 刘婵娟. 人工智能赋能教育的伦理省思[J]. 江苏社会科学, 2023(2): 68-77.

- [11] 王佑镁, 王旦, 王海洁, 等. 算法公平: 教育人工智能算法偏见的逻辑与治理[J]. 开放教育研究, 2023, 29(5): 37-46.
- [12] 李廷洲, 沈华禹. 数智赋能教师发展的全球图景与未来展望[J]. 中小学管理, 2025(9): 15-19.
- [13] 徐升, 佟佳睿, 胡祥恩. 下一代个性化学习: 生成式人工智能增强智能辅导系统[J]. 开放教育研究, 2024, 30(2): 13-22.