

融合创新：数智技术赋能高等教育的新质发展

祝智庭¹ 戴岭²

(1. 华东师范大学开放教育学院, 上海 200062; 2. 华东师范大学教育学部, 上海 200062)

【摘要】 高等教育作为人才第一资源、研究第一平台、创新第一动力的重要结合点,是推动新质生产力快速发展的重要力量。融合创新作为数智技术赋能高教新质发展的新战略,具有理论创新、思维创新、研究范式创新和实践创新的复合属性。本文首先提出要将融合创新研究和融合创新教育作为跨学科研究的新境界和数智赋能教育创新的新范式,接着深入探讨两者的内涵要素、逻辑机理和实施路径,最后提出以融合创新研究和融合创新教育培养融合创新人才、构建基于团队科学的融合创新文化、改进高等教育融合创新治理体系等促进我国高等教育融合创新发展的策略与建议。

【关键词】 新质生产力;融合创新;融合创新研究;融合创新教育;设计研究;融合创新文化

【中图分类号】 G649.21

【文献标识码】 A

【文章编号】 1007-2179(2024)03-0004-11

一、问题提出

自2017年国务院发布的《新一代人工智能发展规划》提出开展人工智能跨学科探索性研究、推动人工智能与相关基础学科的交叉融合新模式以来,党和国家高度重视人工智能与教育的融合发展,相继公布《高等学校人工智能创新行动计划》《关于高等学校加快“双一流”建设的指导意见》《关于“双一流”建设高校促进学科融合加快人工智能领域研究生培养的若干意见》等政策文件,聚焦跨界融合、精准培养人工智能高层次人才。在政策引领下,新增交叉学科聚焦前沿科技领域,主要涉及新能源、集成电路科学与工程、人工智能等。构建基础理论与“人工智能+X”复合型人才并重的培养体系、探索深度融合的学科建设和人才培养机制、创新学科组织模式与课程体系、拓展跨学

科育人功能已成各高校战略发展的共识。

我国目前交叉学科研究数量总体可观,但高质量、有深远影响的成果相对滞后。其原因在于长期实行的学科分割制度,加剧了自然科学、社会科学与人文科学等之间的隔阂。本研究提出融合创新教育、融合创新研究等新兴范式,倡导个体知识、认知和思维的融合,打破学科、研究和应用的界限,促进主体、机器和环境的协同,探索和开辟融合创新理论、研究、治理的新道路,确保融合创新项目战略性、可持续发展,以期应对科学领域的难题和复杂社会挑战,强化高等教育推动新质生产力发展的核心地位。

二、融合创新研究:跨学科研究的新境界

(一)缘起与意义

融合创新研究的理念可追溯至会聚技术项目。

【收稿日期】2024-04-10 **【修回日期】**2024-04-28 **【DOI编码】**10.13966/j.cnki.kfjyyj.2024.03.001

【基金项目】2018年度国家社会科学重大项目“信息化促进新时代基础教育公平的研究”(18ZDA335)。

【作者简介】 祝智庭,教授,博士,华东师范大学开放教育学院,研究方向:教育信息化系统架构与技术标准、信息化促进教学变革与创新、技术赋能的智慧教育(ztzhu@dec.ecnu.edu.cn);戴岭(通讯作者),博士研究生,华东师范大学教育学部,研究方向:教育信息化系统架构、信息化促进教学变革与创新(596064720@qq.com)。

【引用信息】 祝智庭,戴岭(2024).融合创新:数智技术赋能高等教育的新质发展[J].开放教育研究,30(3):4-14.

21世纪初,美国商务部、美国国家科学基金会(National Science Foundation of United States, NSF)等联合发起以“汇聚四大技术,提升人类能力”为主题的会议,首次提出融合四大科技领域的“NBIC(Nano-Bio-Info-Cogno)会聚技术”概念,旨在为实现跨越传统学科界限、统一科学和整合技术的蓝图(Roco et al., 2002)。NBIC会聚技术指纳米科学与技术、生物技术与基因工程、信息技术(包括人工智能与通信技术)、认知科学(包括认知神经科学)的协同、互补和融合,以期提高人类能力、丰富社会成果、提升国民生产力和生活质量(王国豫等, 2016)。《提升人类技能的会聚技术》报告阐述了四大领域间的协同效应:“认知科学家的设想,通过纳米科学家来制造,经由生物科学家的应用,配合信息科学家的监控,共同推进科技创新。”这一描述不仅彰显了跨学科合作的力量,也展示了如何通过各学科间的互补与整合,实现科技与人类技能的共同提升(吕千千等, 2023)。交叉融合涌现出解决复杂问题的新途径,加速了科技进步与知识创新,不仅展现出跨学科合作和探索创新方法的重要性,而且体现了融合创新研究中综合性思维在推动社会发展中的核心作用。

如果20世纪被称为“分析的时代”,那么21世纪则开启了“融合时代”的新篇章。这一转变代表了研究范式从特定专业的内部分析向跨学科融合研究的转型。美国国家科学院(National Academy of Sciences)认为,融合研究通过跨越学科边界整合包括生命科学、物理、化学、数学、计算机和工程等多领域的知识与技术,构建了针对科学与社会挑战的综合性框架。作为学科交叉的进阶形态,融合创新的精髓在于不同领域思想、方法和技术的高度整合,为复杂问题提供创新解决方案,是解答新兴学科复杂问题的关键策略(美国科学院研究理事会, 2015)。美国国家科学基金会一直注重跨学科交叉研究,战略性地将其置于优先地位,通过设定跨学科的优先领域、推进学部间合作计划、建立研究中心和提供教育支持等多元化途径,持续资助学科交叉研究;通过资助“十大创意计划(10 big ideas)”“发展融合研究计划(growing convergence research)”“融合加速器计划(convergence accelerators)”等项目,不断加强对融合创新研究的支

持力度。人类健康、能源和资源的困境、空间探索等重大难题的解决,需要多学科融合,即汇聚多领域的思维、方法与技术,以激发创新与创造(The U.S. National Science Foundation, 2020)。鉴于融合研究带有创新和创造的清晰目标,本研究提出“融合创新研究”(convergence innovation research)概念。

(二)理论创新

进入融合时代,融合创新研究逐渐成为学界的主流,其理论体系和研究范式亟待完善。班布里奇等(Bainbridge et al., 2016b)通过文献梳理和案例分析,得到融合创新研究的十大理论基础。

1) 自然统一理论:认为自然界的诸多规律可被一种综合的研究框架所解释,即不同学科的不同数据遵循相同的频率分布,通过融合研究的视角,可以实现知识、技术与社会系统的统一。

2) 人类互动生态系统理论:认为所有生物与社会系统天然具有相互联系和集体行动的趋向,不仅为维持稳态,也为进化跃进作铺垫;强调自然作为能自我调节的复杂系统,能承载符合伦理的人类文明。人类在发展技术时,不能以技术的先进与否作为衡量标准,而应因时因地选择最适宜的技术,并予以适当引导,实现人类与自然的和谐发展。

3) 复杂性理论:认为自然和人造系统具有多样性、非线性交互和多层次结构等特征,这些系统因受外部约束会进化成新的复杂秩序,只有这种适应性系统才能通过类似生物进化的自然选择过程存活下来。当今世界,人类生存极度依赖于这些动态的复杂系统,这也使得未来充满不确定性。

4) 经济增长理论:认为社会经济的增长得益于知识领域的交汇与对新技术的投资;强调跨学科合作和大规模研究资金对推动科学进步的重要性。

5) 专业化网络理论:认为即便面对不完整的社交群体网络,集体仍能通过密集或分散的互动达成共识或实现创新,并阐述了在不断增长的复杂性中,如何通过跨学科融合和广泛合作,改善内部结构,促进创新和适应外部挑战。

6) 逆突出理论:认为当多个领域同时推进发展时,如果某个领域相对滞后,便会形成“逆突出”;倡导相关学科加强合作,推动知识和技术的共同发展,这样才能有效推动整体进步。

7) 基础原则理论:强调研究跨领域和复杂现

象时需遵循统一的方法论原则,如数学原理在理工科的应用、通用语言在跨地区交流中的使用等。

8) 发展渐近理论: 认为技术发展需遵循“投入—产出”规律,当某一技术经过快速发展期后,若要突破可能需要巨大的投资。

9) 外来革命理论: 认为外部因素最能推动内部技术革新,如纳米技术的进展是社会支持与多学科合作驱动的成果。

10) 社会问题转化理论: 认为科技创新通常由外部形势(战争、疫情等)驱动,这些重大创新可用于解决社会问题和改善民生。

这十大理论从融合的视角指导人类如何在日益互联的世界,利用不同领域的知识和技术,解决复杂问题和增进社会福祉。

(三) “收敛—发散”思维

科学探索与技术革新呈现既协同又非均质的演化态势(Roco, 2016)。不同的演进轨迹间存在协同效应,催生了科学的聚合、技术的融合,以及知识应用向新领域的分化。科技发展的“收敛—发散”循环便是典型的过程(见图1),它由四个阶段组成: 1) 跨学科的创意汇集,旨在引发新概念或孕育新思想; 2) 系统性整合,即针对实际应用和需求设计创新方案,又被称作“创意涌现”阶段; 3) 技术创新的成果转化; 4) 成果衍生,包括开辟解决问题的新思路,孵化新的功能和应用等。该循环基于人类解决问题的“归纳—演绎”逻辑,始于信息的汇集与整合,以新的方式重组并提炼成知识(收敛阶段),继而应用于新场景,形成新专业、产业和技术域(发散阶段)。四个阶段的螺旋循环构成了从创新思维的孕育到实践应用的全过程。洛克(Roco, 2020)提出的收敛过程创新指数可用于

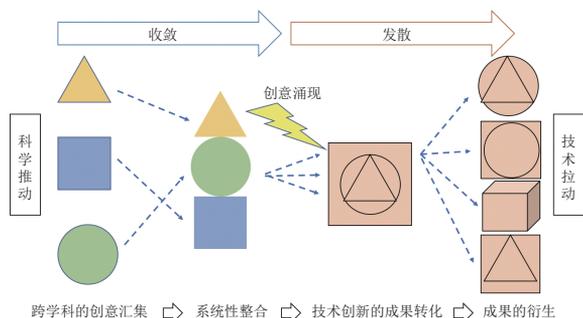


图1 融合创新研究的“收敛—发散”

优化和加速这一循环,提高创新效率(见图2)。

$$I \sim k(S, E) S^2 O/T^3$$

图2 创新指数影响函数

其中, I 为创新成果的潜在增长量,即创新指数,代表收敛效应的增强或融合强度的提升。它是对在“收敛—发散”循环中可能实现的创新成果增量的量化表达。T 代表完成完整的“收敛—发散”循环所需的时间。O 是产出与投入比值,即成果比,反映创新活动的效率, O 与 T 的比值为扩散系数。k 为融合领域规模(S)和外部环境(E)的函数系数,表示创新成果的潜在增长量与融合领域的内部因素和收敛发生的外部背景之积成正比。S²则表示融合领域大小与创新增量之间的二次方关系,意味着信息收集领域的大小对创新成果的潜在增长有超线性的影响。此公式为科技政策制定、发展规划研究和跨学科合作设计等提供了理论依据和决策工具。

此外,收敛阶段不仅能涌现创新思维,还能提升整个生态系统的韧性(resilience)。作为系统对外部干扰和压力响应的能力,韧性是评估和提升社会生态系统可持续性的关键指标,不仅关乎生态系统的健康和持续性,而且关系到社会系统的稳定和人类福祉。生态学、社会科学、经济学和心理学等多个学科均对韧性概念有所探讨,其多维度特性要求研究者采用跨学科视角进行分析和理解。融合创新研究的核心目标之一是促进和提升社会生态系统的韧性,即系统在遭受干扰后恢复原有功能或转向新稳态的能力。这为增强社会生态系统的韧性提供了全面和深入的理解方式。

(四) 设计研究促进融合创新实践

设计认识论认为,设计表面上看似在创造物,其实是在协调人与人、人与物、人与环境之间的关系,有平衡实用主义和理想主义的特质。设计作为一种“生产关系”,发挥着“引导、调整”人与自然、人与社会关系的巨大作用,是推动人类社会经济、科技、文化、教育转变的“整合与集成创新”。在教育研究中,个人与个体、个体与环境、学校和社会等关系交叉错杂,由此造成了诸多矛盾和困境。教育工作者可借助设计理念协调好各主体间的关

系, 策划最优解(祝智庭等, 2023)。设计研究促进融合创新实践的机理可归纳为四点:

1) 设计思维作为人类的第三文化智慧, 包含复杂系统工程思维。设计思维具有综合处理问题能力的特性, 可用于理解问题产生的背景、催生洞察力和解决问题的最佳方案, 已被广泛用于当代设计、工程技术和管理学等领域。它巧妙地将复杂系统工程对交互性、相互依赖性和系统性的深刻洞察融入设计过程, 确保解决方案不仅充满创新性与实用性, 而且能在更广泛的生态环境下展现出持久有效性。设计思维通过独特的分析与综合、扩散与收敛的认知过程, 展现了在复杂系统中探寻平衡点的非凡能力, 从而赋予设计成果以系统工程所追求的鲁棒性与适应性。

2) 创意涌现(creativity emergence)阶段是设计思维的重要作用区。设计思维的核心目标是融汇新颖的价值观与实践逻辑, 采取精准有效的方式推动融合创新实践。设计思维作为一种以人为本的解决复杂问题的创新方法和思维方式, 将技术可行性、商业策略与用户需求相匹配, 催生有意义的创意和想法, 从而转化为社会价值。在教育研究中, 设计思维通过问题定义的人本性、解决方案的迭代性、发散思维的可能性和汇聚思维的精炼性, 共同促成创意涌现, 激发研究者的创新性思维。

3) 设计科学研究作为问题解决的新范式, 可用于解决劣构问题(wicked problems)。劣构问题因其本质上的复杂性、多变性和不确定性, 往往难以用传统的线性解决方案加以解决。设计科学研究以其独特的方法论、认识论和价值论体系, 通过以解决方案为导向、迭代过程和反馈机制、跨学科合作、系统思维和多方主体参与等策略, 提供有效应对劣构问题的途径, 并在应对当代社会面临的复杂挑战时展现出独特的优势和潜力。

4) 设计研究旨在产生新知。设计研究开辟了能在实践中发现和解决问题的动态环境。它通过固有的探索性质和迭代机制, 促进跨学科知识的融合与创新, 深化对研究主题的动态理解, 进而在实践过程中不断挑战并拓展现有认知边界。设计研究的循环迭代过程促使研究者将具体的实践经验升华为普遍的理论知识, 为解决复杂问题提供新的视角和解析框架。

可见, 在教育研究领域, 设计研究以其独特的人本关怀、迭代发展、跨学科交融和创新推动力, 不仅致力于破解深层次的劣构问题, 而且通过不断的知识生成与实践检验, 拓宽学术探索与社会应用的边界, 为解决复杂问题提供了新的理论洞见和实践路径。

(五) 人工智能赋能融合创新研究范式跃迁

研究范式是指在一定历史时期形成的指导科学探究方法和理论解释的基本信念体系。科学研究范式经历了从孔德和迪尔凯姆开创的传统实证范式(基于观察和归纳的实践研究), 过渡至理论范式(基于假设和理论推演), 演进为计算范式(基于计算机仿真), 再转化为数据范式(数据密集型科学), 正逐步迈向以智能驱动为主的第五范式。李国杰院士将“智能化科研”(AI for Research)称为第五科研范式, 认为“第五范式”不仅是对传统科学方法的继承, 更是对智能系统的探索, 强调人脑与人工智能的有机融合(程学旗等, 2020)。机器学习和深度学习加持的人工智能表现出卓越的自主学习、推演和预测能力, 深度契合融合创新研究的逻辑机理和创新特质。“智能化科研”是人工智能赋能融合创新研究的范式跃迁, 有六大特征: 一是人工智能深度融合于科学研究、技术开发与工程实践之中, 实现知识生成的自动化和科研流程的智能化全覆盖; 二是实现人机深度融合, 其中机器智能的涌现成为科研不可或缺的一环, 促使暗知识和智能猜想成为可能; 三是将复杂系统作为研究重点, 有效应对计算复杂度极高的问题; 四是针对非确定性议题, 提升概率论与统计推断在科学探索中的地位; 五是推崇跨学科的协作模式, 促进前四种科研范式的有机整合, 强调基于第一性原理的模型与数据驱动方法的深度融合; 六是随着科研活动越发依赖大模型和大平台, 科学研究与工程实践的结合更加紧密(李国杰, 2024)。

有学者对人工智能在信息科学、数学、医学、材料科学、地球科学、生命科学、物理、化学等基础科学领域的研究发展与应用进行了全面考察, 认为人工智能赋能融合创新研究能给科研和应用带来颠覆性价值(Xu et al., 2021)。例如, 在材料科学领域, 研究者可以利用人工智能分析高通量的材料数据, 加速新材料的创新设计; 在物理学领域,

人工智能算法能轻松模拟和预测凝聚态中粒子的运动; 化学领域研究者能借助人工智能精确地开展光谱分析和预测化合物的合成路径, 可加快化学新材料和药物的开发速度; 生命科学和医学领域的研究者可通过人工智能的大数据分析能力, 精准剖析病因和制定个性化医疗方案; 在数学领域, 人工智能能协助解决优化问题和参数估计, 增强模型的泛化能力和解释性等。此外, 蛋白质三维结构预测、分子动力学模拟、芯片全自动设计等科研突破更是证明了“智能化科研”既可以提高科研效率, 又能保证科研精确性, 已成为科学探索和创新领域的重要驱动力。

三、融合创新教育: 数智赋能教育创新的新范式

(一) 融合创新教育: 超越 STEM 的教育范式跃迁

STEM 教育已发展成为一门元学科, 消弭了传统教育体系中科学、技术、工程和数学四大学科间长久存在的界限。这种跨学科融合不仅是学科内容的整合, 更包含了对创新思维和解决复杂情境问题能力的重视。通过 STEM 教育, 学生可获得 21 世纪所需的知识和技能, 不仅包括专业知识, 更重要的是创新思维、问题解决能力和批判性思维。新质生产力的提出深刻反映了社会整体对创新创造等能力的需求。因此, STEM 教育不只是学术领域的创新, 也是应对当代和未来社会挑战的前瞻性布局。

融合创新教育理念推动 STEM 教育跨学科整合, 将科学、技术、工程与数学结合为更具应用性的超学科。随着教育模式的不断演进, STEM 已拓展至包含艺术 (STEAM)、艺术加戏剧 (STEAMD)、阅读与写作 (STREAM)、设计与设计思维 (STEAMD)、法律与经济 (STEMLE), 以及机器人、工程与多媒体 (STREM) 等更广泛的“STEM+X”学科领域。在融合创新教育的实践中, 5E 教学法被视为优化 STEM 教育、提供个性化学习路径的有效策略。特蕾莎和迈克尔 (Teresa & Michael) 所完善的 5E 教学法基于吸引 (engage)、探索 (explore)、解释 (explain)、展开 (elaborate) 和评价 (evaluate) 五个环节, 构建了促进学生积极参与和深度理解的融合创新学习过程 (Kennedy et al., 2023)。这一方法依托认知心理学和建构主义学习理论, 鼓励学生通

过亲身体验、探索实验和反思讨论, 主动建构知识 (见图 3)。它通过引入以学生为中心的教学策略, 如项目式学习、问题化学习和现象式学习, 使教育者能够根据学生的兴趣、经验和需求设计教学活动, 激发学生对跨学科领域的探索热情, 同时培养其批判性思维、问题解决和创新能力 (戴岭等, 2023b)。这种教育方式为学生发展奠定了坚实基础, 也为创新解决全球挑战提供了方案。

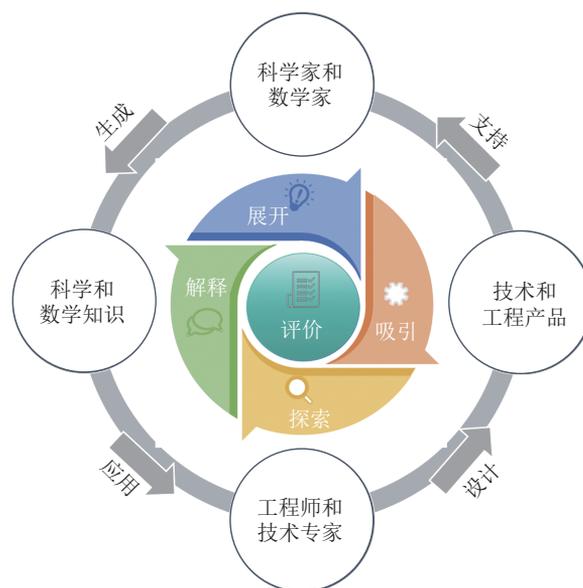


图3 STEM教育中各要素逻辑关系

此外, 达里安-史密斯等 (Darian-Smith et al., 2016) 基于融合创新理论提出全球跨学科框架 (global transdisciplinary framework)。它整合全球研究领域的多种视角, 提倡在全球化问题研究中引入更全面、灵活、包容的方法论。全球跨学科框架的核心在于超越传统学科与跨学科研究的局限性, 多角度、多层次审视全球性问题, 推动学术实践向更加综合、互联的方向发展。该框架不仅包含复杂问题识别、跨领域方法融合和多主体参与等要素, 更注重去中心化和去领域化、整合边缘群体视角和采用知识共享共创的思维, 将跨文化、跨知识边界和跨研究方法的理念运用于探索解决更广泛的全球性问题。

(二) 创造力培育: 融合创新教育的主轴线

创新作为融合创新教育的核心, 是新质生产力跃进、形成新的经济增长点的关键因素。创新根本上源于创造力的有效发挥, 是创造力的应用和实

现。创造力不仅是创新的起点,更是贯穿创新全过程的驱动力。创造力指在特定领域生成新颖且有价值思想的能力。爱德华·德博诺(Bono, 2007)认为,这种能力可以通过学习和实践来培养,涉及打破既定模式,以不同的方式看待事物。威廉·普洛默(Plomer, 2018)将创造力描述为连接看似不相关事物的能力。单一的思维方式或在单一领域很难产生创造力,诚如爱因斯坦(1976)所言:“我从未通过理性思维发现过任何东西”。

融合创新教育以其跨学科的整合教学理念,在当代教育实践中具有独特优势,主要体现在促进学生创造性思维能力的培养。该模式通过综合运用多种教学方法和丰富的实践案例,将抽象的理论知识与具体的现实情境紧密相连,能有效提高学生对知识的深度理解与长期记忆。此外,融合创新教育鼓励学生从多维度审视问题,并在此过程中探索创新的解决策略,不仅能锻炼学生的创新能力和批判性思维,也能增强自我表达和实践操作能力。例如,通过以“纸张浪费”为主题的系列课程,学生不但能学习纸张的历史、制作过程,而且能通过数学课程的统计分析,以及语言课程中的诗歌创作,从多个角度理解和应对环保问题。这种教育模式能有效促进知识间的相互联系,使学生在解决实际问题的过程中激发创新思维,增强动手能力和批判性思维。教师通过在教学中贯穿统一主题,促进不同学科知识之间的交叉融合,为学生构建充满挑战与创新的学习环境,以培育既能深入理解复杂问题,又能解决现实问题的创新型人才。

有学者提出了五种培养创造力的思维习惯:好奇心、持久性、想象力、纪律性和合作性,不同习惯对应特定的行为特征。好奇心引领学生探究未知,挑战既定假设;持久性赋予学生面对挑战的韧性和独立思考的勇气;想象力激发创新思维和非线性思维;纪律性确保思考过程的严谨和技能的精进;合作性开启了团队协作与集体智慧的力量(A New Direction, 2023)。五种习惯共同塑造多元化、动态的创新思维模式,培养学生全面、深入且系统的创造性思维能力。

(三)人工智能渗透的普适性融合创新教育实践

人工智能对教育领域的渗透正展现出不可估量的潜力。教育人工智能不仅能对教学内容进行

智能化的定制与适配,而且能从根本上革新教育评价体系、学生学习行为分析和教学反馈机制(戴岭等, 2023c)。首先,人工智能技术支持的精准数据分析与学习路径优化,能为教育者提供全新的教学策略工具,使个性化学习不再是空洞的理念,而是可行的实践。基于人工智能辅助的自适应学习系统,学生能根据学习进度和理解程度,获得个性化的学习资源与反馈,从而实现真正意义上的“因材施教”。其次,人工智能在自动化评分和反馈方面的应用,可彻底将教育工作者从繁重的评价工作中解放出来,不仅能提高评价的客观性与及时性,更重要的是能为教师提供更多的空间以关注学生的个性化发展需求和创造更有价值的教学活动。此外,人工智能技术可用于创建富有吸引力和沉浸感的虚拟学习环境,不仅能提升学习的趣味性和参与度,更重要的是能促进合作学习和知识的深度探索,为学习者构建跨时空、互动式的知识共享平台。在学生信息管理与风险预警方面,人工智能的应用更是体现了它在教育管理决策支持系统中的价值。通过分析学生行为、成绩和其他相关数据,人工智能能及时识别潜在的学习困难与道德伦理风险,为教育管理者提供科学的决策依据。

ChatGPT等大语言模型在教育实践中可扮演多元化角色(戴岭等, 2023a):作为“或然引擎”(possibility engine, 意指帮助发现各种可能性),激发思维,为创意表达提供可能;以“苏格拉底辩手”的身份,挑战学生的论点,推动深度思考;作为“协作教练”,协助集体研究和解决问题;在“侧面导学”中,作为学习的导航者,引导学生理解复杂概念;以“个人辅导”身份,为学生的学习进度提供即时反馈;作为“协同设计者”,参与教学设计,使教学内容从“非结构化”到“结构化”再到“智能化”;作为“科学博物馆”,提供丰富的实验环境和交互体验;作为“学习伙伴”,与学生共同反思知识;作为“激励者”,通过游戏和挑战激发学习兴趣。

华东师范大学智能教育算法测评小组开发了智能教育可信评测平台(EduTEP),从教学知识、学生发展,内容知识三个维度针对中小学发布了首个CALM-EDU评测框架与CALM-EDU001评测报告。报告显示,GPT-4等大语言模型在教育领域的应用和相关任务的处理中表现出卓越的综合性能(华东

师范大学, 2023a)。随后, 华东师范大学发布基于大语言模型的教育领域聊天机器人系统 EduChat, 旨在支持个性化、公平和富有同理心的智能教育。EduChat 展现了其在教育领域的四项关键功能: 开放式问答、作文批改、启发式教学和情感支持。通过大量教育专业书籍的预训练及高质量定制指令的精准微调, EduChat 能提供准确的知识回答和深度分析, 并能采用苏格拉底式问答激发学生的批判性思维, 以及提供情绪与心理支持。EduChat 的开发不仅为个性化和高效的智能教育提供了强大的技术支持, 也为教育领域大模型的应用提出了新的实践方向和研究视角(华东师范大学, 2023b)。

人工智能与其他学科的交叉融合可分为三个层次(肖仰华, 2022): 第一层是与工程和医学的结合, 体现在人工智能作为高效率的工具角色, 强化应用实践, 如图像识别在疾病诊断中的运用。第二层是与脑科学的融合。人工智能的发展受到神经科学的启发, 深度学习和神经网络的兴起便是其最佳例证。第三层是与人文社科的融合。这是一种双向的、全面的、深层次的融合, 是一种良好的双向互补、彼此成就的关系。人工智能通过吸收人文知识增强对社会现象的洞察, 人文学科借人工智能探索知识新境界, 促进思想与技术的共进(肖仰华, 2022)。为适应人工智能渗透下的融合创新教育发展, 全球高校正在积极探索与实施多样化教育模式。韩国延世大学设立以人工智能教育为中心的融合密集专业方案, 俄罗斯彼得罗扎沃茨克大学提出智能学习环境的收敛教育模式, 斯坦福大学编制了《人工智能教学应用指南》, 韩国亚洲大学设立下一代超智能网络融合教育研究小组等。这些实践例证表明人工智能与教育的深度融合已成为推动学术创新和教育改革的重要力量。

四、策略与建议

(一) 融合创新研究与融合创新教育结合培养融合创新人才

新质生产力的发展迫切需要培育能将专业知识与技能融会贯通至特定领域, 并持续贡献新思维、新理论、新方法及新创造的人才, 进而创造卓越的经济、社会和生态价值。辛格(Singh, 2016)指出, 高等教育体系正向 21 世纪的年轻人提供 20 世纪

的教育, 还要求其为未知的社会作好准备。可见, 高等教育的供需之间存在巨大矛盾, 破解此矛盾的关键在于构建具有灵活性、包容性和研究整合性的高等教育体系(Evans et al., 2020), 精确识别和扶持学生的个性化才能, 深入推进其创造性和批判性思维的成长, 并利用技术手段增强学生的决策能力与创新素养。

《科学与技术融合手册》提出教育体系的再概念化, 并通过四个维度展现了立体融合的教育体系(Bainbridge et al., 2016a): 1) 纵向维度关注教育过程时间序列的连续性, 强调从幼儿园到职业生涯各阶段教育内容的递进和衔接。该维度倡导教育内容与实践应贯穿人的整个生命周期, 即从学前教育到高等教育再到职业发展, 以及公民身份的塑造, 形成包容性强、可持续的学习生态系统。教育不仅被视为一项长期投资, 更是构建个体能力和贡献社会的核心。2) 横向维度着重跨学科知识和方法的整合, 促进 STEM 领域与社会科学、人文艺术的知识交汇, 使学习者能在广阔的知识体系中加以灵活运用、跨界融合。这一维度的目的是打破学科壁垒, 构建互补、交互的学科知识网络, 以适应日益复杂的挑战。3) 交叉相关性维度指将融合技术的发展与社会经济问题紧密联系, 强化不同领域和学科间合作的动机, 从而增强教育对于社会发展的直接影响力。4) 教学环境与方法维度关注教学环境的多元化和教育方法的创新。该维度主张通过正规和非正规的教育手段将传统教学模式与现代化、个性化的学习路径融合, 促进学习者深入理解知识、发展批判性思维和创新能力, 充分体现教育的内在灵活性与外部的包容性。

沙玛等(Sharma et al., 2021)提出了高等教育机构学术卓越创新框架。该框架以创新为驱动力, 通过高等教育机构各要素间的相互作用实现学术卓越, 并提升其对社会的贡献, 包括理念创新、理念执行、质量创新、团队角色、教学和学习过程创新、行政流程创新、合作流程创新、发展流程创新和价值创造过程创新, 即通过培养开放性思维与跨学科合作文化, 提高创意转化率, 强化团队合作, 更新教学方法, 优化行政管理, 促进机构间合作, 充分发挥创新作为高等教育机构核心资产的价值。其中, 技术迭代发挥着不可替代的作用。为揭示数智赋能

教育创新的复杂性,列乌斯(Leurs, 2021)依托四个创新空间——智能空间、解决方案空间、技术空间和人才空间,构建了多维度的创新生态系统。智能空间着力于收集与分析教育领域内外的信息,对现状进行客观解读和理论化构建,为决策提供科学依据;解决方案空间集中于实证研究和解决方案的孵化,鼓励通过原型测试、快速试错和模型迭代,优化教育模式与实践;技术空间体现了信息技术和大数据在教育创新中的驱动作用,旨在推动学习工具和平台的革新;人才空间强调通过系统性人才培养和组织能力建设,促使变革得以发生,包括领导力开发、团队建设和创新文化塑造。四个空间相互支持又功能分明,可用于指导高等教育机构在复杂变革的时代借助创新工具和系统思维,持续推进学术卓越与机制革新。

在此背景下,融合创新研究和融合创新教育能发挥显著提升学生复合能力的效能(Pearce et al., 2018): 1)系统思维能力,即让学生能全面理解复杂问题并采取综合方法加以解决; 2)创新能力,即促使学生超越传统框架,勇于探索和实践新思路和解决方案; 3)沟通与协作能力,强化学生在多元文化和学科背景下的交流与团队合作能力; 4)批判性思维能力,即培养学生独立分析和评价的能力,形成理性判断的习惯; 5)终身学习能力,即学生具备在快速变化的环境中持续进步和自我更新的能力。在高等教育领域,构建有利于学生创新能力培养的长效机制和多元协同的培养体系已成当务之急。譬如,有高校设立“三创”(创新、创意、创业)机构(包括三创教育中心、三创实践中心、三创研究中心)(钱磊等, 2020),联合行业企业、兄弟院校、社会、教育发展基金会等各方力量,聚集优势资源,以共商、共建、共享的机制构建创新创业教育体系,培养适应企业用人需要和社会发展需要的创新人才;通过融合创新研究与跨学科研究方法,促进学界与产业界的深度交流与合作,探索具有前瞻性和应用性的跨学科问题解决方案,以此加强学生面对复杂问题的系统思维和创新实践能力;在分层递进式课程设计基础上,构建“教学赛创”一体化分层递进的模块化教学模式,通过在教中学、学中做、做中创、创中转四个教学环节,实现创新人才培养;争取行业企业和社会优质资源,搭建校企一体、校校协同、中外联通

的立体化合作平台,构建优势互补、项目共建、成果共享、利益共赢的协同育人共同体;强化学生应用性实践能力和创新创业能力,培养适应区域经济和产业发展的高素质应用型创新人才,从课程体系、教学模式、实践平台搭建和服务体系提升等方面合力筑就融合创新人才培养体系。

(二)营造基于团队科学的融合创新文化

团队科学(SciTS)是探索科学研究团队组织结构、沟通模式和行为过程的新兴研究领域,旨在揭示促进或阻碍跨学科合作研究的关键因素(Stokols et al., 2008a)。该领域强调团队中不同学科背景的专家通过集体智慧,解决单一学科难以应对的复杂科学与社会问题(Stokols et al., 2008b)。通过促进个体间的深入合作,团队科学推动了科学研究范式的转变,从传统的个体独立研究模式,转向更为开放、合作、互联的研究模式,不仅为解决当代科学研究中的复杂问题提供了有效途径,也为科学知识的创造、传播和应用提供了新的视角和方法,是推动科学进步和创新的关键力量。

融合创新文化是一种深植于组织和团队中的文化理念,强调融合不同知识、技能和视角,共同解决问题。在这种文化氛围中,来自不同背景的个体自由交流思想,激发创新,涌现灵感,共同推动新知识的生产、新技术的开发和新解决方案的提出。科研成果向新质生产力的转化过程,包括需求的收集、分析、发布、对接、研发、实验,以及最后的落地应用,单纯依靠个体的力量,很难实现有组织科研和成果转移转化。构建基于团队科学的融合创新文化指将以往散点式的、临时性的、短期的合作变成有组织的、持续稳定的协同,引领机械型组织跃升成涌现型组织,实现组织的反熵增。

高等教育构建基于团队科学的融合创新文化,需要从策略制定、机构设置、人才培养、评价激励等多个维度综合实施策略:一是通过制度设计和政策支持打破传统学科间的壁垒,搭建多学科交流合作平台。这包括建立跨学科研究中心、开设跨学科课程和项目、建立跨学科研究经费专项支持,以及设定合作研究项目的评价标准、跨学科团队成果的认可和奖励机制。二是注重培养团队成员跨学科思维和团队合作能力,强化开放性思维和合作精神。教师需鼓励学生积极参与跨学科团队项

目和实践活动,通过实践学习和问题解决,体验团队合作的意义,理解不同学科视角的价值,从而培育具有融合创新精神的人才。三是推行横向领导与分布式管理,即通过横向领导结构和分布式管理模式,增强组织的灵活性和创新能力,鼓励信息共享、权力下放和自主决策,为跨学科合作提供有利环境。四是实施动态团队构建与跨界流动,即采用基于项目需求的动态团队配置策略,根据研究方向和项目目标灵活调整团队成员,同时鼓励学者和学生不同学科和研究团队之间流动,以促进知识和经验的交流。五是优化绩效评估与激励制度,即设计符合融合创新文化特征的激励机制,构建公正、全面并能促进跨学科合作的评价体系。这一体系应超越传统以单一学科成果为评价核心的模式,融入团队合作精神、跨学科研究参与度和影响力等指标的综合评估,以实现跨学科研究团队成就的充分认可和表彰。

此外,高等教育机构可通过塑造跨学科合作的文化价值观、营造开放和共享的组织氛围、强化团队精神和集体认同、鼓励失败和容忍试错等文化策略提升学术创新与社会服务的质量和效能,为应对全球性挑战提供有力的智力支持和解决方案。

(三)改进高等教育融合创新治理体系

治理指在复杂多变的环境中实现共同利益的集体能力,侧重于各种机制相互作用,是一种多维度、多角度的融合行为过程。融合治理作为跨学科、跨界限的治理理念,旨在通过整合科学技术与社会治理的多元视角和资源,构建高效、公正与可持续发展模式。与自上而下的治理不同,融合治理以横向联系和自组织原则为主导。融合治理在科学、技术和社会领域具有引发根本性变革的潜力。知名的美国纳米技术治理策略旨在实现变革性、负责任且包容性的发展(Roco, 2008);埃隆·马斯克及其公司SpaceX的治理体系融合了社会多方利益主体,持续推进与政府职能相独立的新融合技术的发展(Roco, 2020);参与式治理工具的出现,如游戏、合作设计和社交媒体等,拓展了公众参与科技和教育治理的途径,使科技和教育的发展更贴合社会需求和价值。在融合技术的监管方面,洛卡等(Roco et al., 2013)提出两种监管方法:一是探索现有监管体系的可扩展性;二是发展新型探索性的、

柔性的监管和治理模型。在此理念指导下,韩国科学技术研究院设立了融合研究政策中心,运用融合理念统筹各级政府的决策,综合考量研发项目和投资决策的所有关键因素,以推动国家的长期发展和增强对未来技术的探索潜力。此外,早期的太空飞行平台、硅谷和半导体研究联盟等,也证实了融合治理在不同领域的应用成效。

高等教育的融合治理是跨界协作引领教育创新与发展的关键。世界经济论坛(World Economic Forum, 2022)提出高等教育未来的四大趋势:

1) 泛在学习,指将虚拟课堂和实体课堂、校内和校外、沉浸式和体验式学习、知识讲授和实践应用相融合。

2) 主动学习,指学生的有效学习有赖于间隔学习、情感学习和知识应用的融合。

3) 技能学习,指高等教育的教师和学生需要不断更新教学和学习技能,以适应未来发展的需要。学习这些技能通常需要具备跨学科素养。

4) 形成性评估,指融合正式和非正式、自我和同伴、能力和项目的评估,注重学习过程本身,不只关注最终结果,以促进持续改进和成长。

高等教育需正视并解决转型性学习过程中出现的非预期挑战,利用复杂动态系统的机制促成融合创新治理。瓦纳斯帕等(Vanasupa et al., 2014)提出融合创新治理的六条关键路径:1)促进学科间的开放交流,即打破学科壁垒,建立更加开放的交流与合作机制,鼓励不同学科之间的思想碰撞和知识融合;2)构建适应性强的教育模式,即发展适应未来需求的灵活教育,支持学生面对快速变化的社会环境;3)创设支持创新的人性化环境,即构建鼓励实验和容错的研究环境,支持学生和教师探索新的学习路径和研究方法;4)增强实践与理论相结合,即通过与行业企业的合作,将理论知识与实际应用相结合,丰富学生的实践经验,提升其问题解决能力;5)支持可持续的职业发展,即为教师提供持续的职业发展机会,以便其不断更新知识体系,提升教学和研究质量;6)鼓励学术自由和学术创新,即维护学术自由,鼓励学者开展创新性研究,为社会和经济的可持续发展贡献力量。彼得森等(Petersen et al., 2021)提倡通过共享目的(合作动机)、实践(交互方式)和地点(交互环境)推进跨学科、跨领域的

研究,通过设立“非学科中心”激发高等教育机构内部的创新和协作。可见,建立开放合作的平台和物理空间对引导融合创新研究可持续发展至关重要,其目的在于营造一种工作氛围,提供一种实践方式,而不单是形式上的存在。此外,杜贝(Dubé, 2014)提出多中心治理模型作为应对复杂系统挑战的治理策略,强调个体、社区、市场和国家之间的相互作用、协同合作,以多层次的治理结构增强各治理实体的自我组织能力和适应性,旨在创造动态、灵活、包容的治理环境。

总之,构建具有前瞻性、包容性和综合性的融合创新教育体系,是高等教育适应时代变革、引领社会创新发展的关键。融合创新教育不仅是学科间的融合,更强调技术与艺术、工程与社会科学等不同领域和各个层面的横纵融合,注重理论与实践、人文关怀与科技发展、全球视野与本土实践、个人发展与跨界合作的结合,核心价值在于培养具有适应能力、创新能力和全球竞争力的人才。在人工智能等技术的冲击和渗透下,高等教育所肩负的追求卓越、推动新质生产力的使命愈发紧要和迫切,高等教育机构应充分领会融合创新的整体性、系统性、设计性和涌现性,以开放、包容的视野和格局,发挥好它在教育强国建设中的重要作用。

[参考文献]

- [1] A New Direction (2023). Teaching for creativity [EB/OL]. [2023-03-11]. <https://www.anewdirection.org.uk/programmes/teaching-for-creativity>.
- [2] 爱因斯坦(1976). 爱因斯坦文集(第一卷)[M]. 北京: 商务印书馆: 281.
- [3] Bainbridge, W. S., & Roco, M. C. (2016a). Handbook of science and technology convergence[M]. Berlin: Springer Publishing Company, Incorporated: 55.
- [4] Bainbridge, W. S., & Roco, M. C. (2016b). Science and technology convergence: With emphasis for nanotechnology-inspired convergence[J]. Journal of Nanoparticle Research, 18: 1-19.
- [5] Bono, E. D. (2007). Creative and innovative thinking skills [EB/OL]. [2007-07-22]. <https://www.slideshare.net/kkjkevin03/creative-and-innovative-thinking-skills>.
- [6] 程学旗, 梅宏, 赵伟, 华云生, 沈华伟, 李国杰(2020). 数据科学与计算智能: 内涵、范式与机遇 [J]. 中国科学院院刊, 35(12): 1470-1481.
- [7] 戴岭, 胡姣, 祝智庭(2023a). ChatGPT 赋能教育数字化转型的新方略 [J]. 开放教育研究, 29(4): 41-48.
- [8] 戴岭, 张宝辉, 杨秋(2023b). 新课标背景下教学思维的时代意蕴、现实困境与突破路径 [J]. 远程教育杂志, 41(3): 75-83.
- [9] 戴岭, 赵晓伟, 祝智庭(2023c). 智慧问学: 基于 ChatGPT 的对话式学习新模式 [J]. 开放教育研究, 29(6): 42-51+111.
- [10] Darian-Smith, E., & McCarty, P. (2016). Beyond interdisciplinarity: developing a global transdisciplinary framework[J]. Transcience: A Journal of Global Studies, 7(2): 1-26.
- [11] Dubé, L., Addy, N. A., Blouin, C., & Drager, N. (2014). From policy coherence to 21st century convergence: A whole-of-society paradigm of human and economic development[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 1331(1): 201-215.
- [12] Evans, S., & Bahrami, H. (2020). Super-flexibility in practice: Insights from a crisis[J]. Global Journal of Flexible Systems Management, 21(3): 207-214.
- [13] 华东师范大学(2023a). EduTEP 平台: 发布教育领域大模型测评框架与国内大模型评测情况 [EB/OL]. [2023-05-18]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/630371600>.
- [14] 华东师范大学(2023b). EduChat: 教育行业垂直领域大模型 [EB/OL]. [2023-12-20]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/673273067>.
- [15] Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2023). STEM education as a meta-discipline [EB/OL]. [2023-02-25]. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-24259-54>.
- [16] Leurs, B. (2021). The landscape of innovation approaches [EB/OL]. [2024-03-01]. <https://states-of-change.org/resources/landscape-of-innovation-approaches>.
- [17] 李国杰(2024). 智能化科研(AI4R): 第五科研范式 [J]. 中国科学院院刊, 39(1): 1-9.
- [18] 吕千千, 谭宗颖(2023). 美国国家科学基金会融合研究的资助机制及启示 [J]. 中国科学基金, 37(2): 319-329.
- [19] 美国科学院研究理事会(2015). 会聚观: 推动跨学科融合 [M]. 王小理译. 北京: 科学出版社: 1.
- [20] Pearce, B., Adler, C., Senn, L., Krütli, P., Stauffacher, M., & Pohl, C. (2018). Making the link between transdisciplinary learning and research[J]. Transdisciplinary Theory, Practice and Education: The Art of Collaborative Research and Collective Learning: 167-183.
- [21] Petersen, A. M., Ahmed, M. E., & Pavlidis, I. (2021). Grand challenges and emergent modes of convergence science[J]. Humanities and Social Sciences Communications, 8(1): 1-15.
- [22] Plomer, W. (2018). Creativity is connecting the seemingly unconnected [EB/OL]. [2018-10-30]. <https://promojournal.com/?i=2253>.
- [23] 钱磊, 张毅驰(2020). 多元协同培养应用型卓越创新人才的实践探究 [J]. 创新教育研究, 8(5): 692-697.
- [24] Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2003). Converging technologies for improving human Performance; Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science[J]. Research Technology Management, 45(6): 60-61.
- [25] Roco, M. C. (2008). Possibilities for global governance of converging technologies[J]. Journal of Nanoparticle Research, 10: 11-29.
- [26] Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2013). The new world of discovery, invention, and innovation: convergence of knowledge, technology, and society[J]. Journal of Nanoparticle Research, 15: 1-17.

[27] Roco, M. C. (2016). Convergence-Divergence process [EB/OL]. [2016-04-14]. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-07052-0_11#citeas.

[28] Roco, M. C. (2020). Principles of convergence in nature and society and their application: From nanoscale, digits, and logic steps to global progress[J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 22(11): 321.

[29] Sharma, M. K., & Sharma, R. C. (2021). Innovation framework for excellence in higher education institutions[J]. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 22(2): 141-155.

[30] Singh, J. D. (2016). Higher education in the 21st century-issues and challenges[J]. *International Education Journal of Chetna*, 1(2): 33-42.

[31] Stokols D., Hall K. L., Taylor B. K., Moser R. P. (2008a). The science of team science: Overview of the field and introduction to the supplement[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2): S77-S89.

[32] Stokols D., Misra S., Moser R. P., Hall K. L., Taylor B. K. (2008b). The ecology of team science: Understanding contextual influences on transdisciplinary collaboration[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2S): S96-S115.

[33] The U. S. National Science Foundation (2020). Funding at

NSF [EB/OL]. [2020-12-01]. <https://new.nsf.gov/funding>.

[34] 肖仰华(2022). 关于人工智能的跨学科之思 [EB/OL]. [2022-07-05]. <https://cs.fudan.edu.cn/e9/28/c24280a452904/page.htm>.

[35] Vanasupa, L., Schlemer, L., Burton, R., Brogno, C., Hendrix, G., & MacDougall, N. (2014). Laying the foundation for transdisciplinary faculty collaborations: Actions for a sustainable future[J]. *Sustainability*, 6(5): 2893-2928.

[36] 王国豫, 马诗雯(2016). 会聚技术的伦理挑战与应对 [J]. *科学通报*, 61(15): 1632-1639.

[37] World Economic Forum (2022). 4 trends that will shape the future of higher education [EB/OL]. [2022-07-07]. <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/four-trends-that-will-shape-the-future-of-higher-education/>.

[38] Xu, Y., Liu, X., Cao, X., et al. (2021). Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research[J]. *The Innovation*, 2(4): 100-179.

[39] 祝智庭,戴岭(2023). 设计智慧驱动下教育数字化转型的目标向度、指导原则和实践路径 [J]. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 41(3): 12-24.

(编辑: 魏志慧)

Convergence Innovation: Empowering New Quality Development in Higher Education through Digital Intelligence

ZHU zhiting¹ & DAI ling²

(1. School of Open Learning and Education, East China Normal University, Shanghai 200062;
2. Faculty of Education, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract: Higher education, serving as the crucial nexus for talent as the primary resource, research as the primary platform, and innovation as the primary driving force, is indispensable in propelling the rapid development of novel-quality productive forces. Convergence innovation, as a novel strategy for enhancing the new quality development of higher education with digital and intelligent technologies, embodies the composite attributes of theoretical innovation, thinking innovation, research paradigm innovation, and practical innovation. This paper introduces convergence research and convergence education as the new frontiers of transdisciplinary research and the new paradigms of educational innovation powered by digital intelligence. It thoroughly explores the inherent elements and logical mechanisms of both, ultimately proposing strategies and recommendations for cultivating convergence talents, establishing a convergence culture based on team science, and enhancing governance and policy mechanisms for convergence development in higher education.

Key words: new quality productive forces; convergence innovation; convergence research; convergence education; design research; convergence culture