

基于教学思维链的教育大模型推理显化研究

李永智 曹培杰 武卉紫 包昊昱 程 蓓 邓友超

(中国教育科学研究院, 北京 100088)

[摘要] 以大语言模型为代表的人工智能应用存在推理黑箱化、生成幻觉化、知识碎片化、情感空洞化、价值疏离化、应用单一化等问题。本研究借鉴 OpenAI O1、DeepSeek 等大语言模型的技术思路,提出教学思维链这一创新理论与方法。教学思维链是一种蕴含教学逻辑的教学过程表征,关联学科知识和教学法知识,以步骤级教学行为为节点、体现多路径择优的动态链式数据结构。教学思维链具有六方面特征:理念特征表现为教学复杂性的结构化降维、行为特征强调技术落地的工程范式、集成特征突出多源协同的决策引擎、方法特征关注隐性决策的表征挑战、价值特征体现为构建双向赋能的共生生态、自进化特征强调动态适应与自我优化的协同机制。作为教育大模型研发的底层逻辑架构,教学思维链历经提取生成、训练学习、迭代优化三个构建阶段,贯穿教育大模型从认知表征到决策优化的全生命周期,有助于推动通用大模型走向教育专用大模型,为教育强国建设和高水平科技自立自强注入新动能。

[关键词] 人工智能;教育大模型;教学思维链;教学智慧

[中图分类号] G434

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2025)04-0004-08

《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》明确提出打造人工智能教育大模型。近年来,大模型技术快速发展,已成为人工智能增长最迅速的领域(AI Index, 2024),加速了人工智能对教育的重新定义。锚定教育场景开发专用大模型,是实现大模型教育服务能力跃升,确保大模型技术稳健、安全地服务于大规模教与学的必然趋势(刘明等, 2024)。然而,此轮人工智能技术突破的代表——大语言模型推理机制存在“黑箱”,在教育领域应用存在专业知识不足、复杂教育任务场景下准确度不高等问题(Kasneci et al., 2023)。这使得大语言模型在

逻辑推理、因果关系推断、创造性思维和情感理解等方面无法与优秀教师的智慧对齐,更无法促进学生高阶思维及社会情感能力发展(李永智等, 2025)。如何显化大语言模型的推理过程,提炼优秀教师教学智慧,创新教育大模型理念架构和实践路径,促进人工智能助力教育变革,是亟待解决的重大现实难题。

一、教育大模型发展现状与内涵重构

(一)大语言模型教育应用现状

教育大模型是适用于教育场景、具有超大规

[收稿日期] 2025-06-30

[修回日期] 2025-07-07

[DOI编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2025.04.001

[基金项目] 2024年度国家重点研发计划“社会治理与智慧社会科技支撑(平安中国)”重点专项项目“中小学科学教育智能导师关键技术研究及应用”(2024YFC3308200)。

[作者简介] 李永智,研究员,博士生导师,研究方向:数字教育、教育战略;曹培杰,研究员,博士生导师,研究方向:数字教育、科学教育;武卉紫,助理研究员,研究方向:人工智能教育;包昊昱,助理研究员,研究方向:人工智能教育;程蓓,副研究员,研究方向:人工智能教育;邓友超(通讯作者),研究员,博士生导师,研究方向:教育理论、教师发展、宏观教育(ycdeng@cnaes.edu.cn)。

[致谢] 黄昌勤、王士进、嵩天、唐文忠、王雯等对本研究作出了贡献。

[引用信息] 李永智,曹培杰,武卉紫,包昊昱,程蓓,邓友超(2025). 基于教学思维链的教育大模型推理显化研究[J]. 开放教育研究, 31(4): 4-11.

模参数、融合通用知识和专业知识训练形成的人工智能模型(曹培杰等, 2024)。当前,以大语言模型为基础的教育大模型正加速发展,助力人机共教、普惠智能、互动评价(李艳燕等, 2023)。构建教育专用大模型,通常是在已有大语言模型基础上,通过引入高质量领域数据,并对模型进行微调和对齐,使其能够准确地理解和生成教育领域知识(籍欣萌等, 2025)。目前教育大模型研发广受关注。OpenAI、谷歌、清华大学、中国教育科学研究院、科大讯飞等已推出相关模型及应用,覆盖学生个性化学习支持、教师教学辅助、教学精准评价和学校管理效率提升等场景(刘邦奇等, 2024)。然而,大语言模型技术主要依赖 Transformer 架构,其生成机制限于对大数据的概率拟合,推理机制难以显化,致使其系统性“幻觉”问题难以克服,无法与教育场景深度耦合。

1. 推理黑箱化: 运算过程不透明

大语言模型虽有强大的能力,但其复杂的内部运算与推理机制仍是不透明的“黑箱”——内部机理难以窥探,模型推理过程不可解释。过程无法被完全理解、难以被完整追溯,其深度融入教育核心环节的合理性与安全性就会引发质疑。这一局限是限制大语言模型教育深度应用的关键。

2. 生成幻觉化: 输出内容未验证

知识内容的科学性是保障教育质量和效果的基石。大语言模型生成的内容,并非基于对事实的理解与核查,而是依赖于训练数据的统计模式与概率关联。它本质上是概率推理,而不是逻辑推理。这导致其容易产生“知识幻觉”,即生成看似流畅、符合语法但实际存在事实错误、逻辑谬误甚至信息虚构的内容。学生可能在学习中无意吸收并内化这些错误内容,教师由此需耗费额外精力甄别、核实模型输出。

3. 知识碎片化: 海量知识被混装

大语言模型的知识组织普遍存在“关联断裂”与“层级混乱”问题。尽管大模型通过海量数据训练掌握了庞杂的学科知识点,但缺乏对知识体系的系统性建构,呈现“点状存储”与“机械关联”的特征。其知识表征往往基于统计学共现关系,而非基于学科认知发展逻辑,导致知识网络结构碎片化和平面化。

4. 情感空洞化: 共情交互缺失

师生情感连接是教育的关键。大语言模型虽然可以模仿人类,生成看似带有情感色彩的文本,但内容多基于模式匹配而非真实的情感体验与共情。大语言模型难以真正理解学生学习状态,无法提供恰如其分、发自内心的情感支持,也无法与师生真正建立情感共鸣。

5. 价值疏离化: 价值塑造难聚焦

教育不仅是知识的传递,更是价值塑造与道德发展的过程。当前大语言模型的设计与训练往往缺乏对教育价值的深度考量与对齐。训练数据庞杂,不可避免地带有社会偏见、刻板印象甚至不道德的内容。这导致大模型可能输出带有偏向甚至歧视的观点,或处理价值问题时出现错误倾向。

6. 应用单一化: 教育过程的线性重复

当前大语言模型的推理机制存在“线性化”与“表层化”局限,难以应对复杂的教育教学场景。其推理过程多遵循“问题—检索—生成”的单向路径,难以对学习过程进行择优动态建模。这使教育大模型无法理解优秀教师的教学思维逻辑,将教学交互简化为“输入—输出”的检索传递,存在“强知识传递,弱育人功能”等不足。

(二) 内涵重构

大语言模型教育应用的局限并非“能力不足”,它是教育底层逻辑推理能力缺乏带来的必然结果。主流大语言模型的智能本质上是对人类已有知识的“静态快照”和“统计关联”。其“世界模型”(world model)是建立在庞大、静态的文本语料库之上的(Wang et al., 2024)。训练数据包含的社会偏见、错误信息也被一并“压缩”和“固化”(Farrell et al., 2025)。不透明的概率推理机制导致难以匹配真实的教育需求,无法对人类教师教学实践所展现的教学智慧进行结构化、逻辑性整合。技术的局限决定了大语言模型本质上是一个强大的“语言模拟器”。其智能的生成囿于语言语义的边界,难以形成具有自主理解、因果推理和主动探索能力的“智能体”。

因此,教育大模型应以“世界模型”理念为基础,将“语言模型”拓展为“逻辑模型”,通过构建能与真实世界互动、理解因果并持续学习的数字化“世界模型”,实现对优秀教师教学智慧的显

化表征和提炼,形成不断引导、激发和支持学习者主动建构的知识库与智能体。

1. 多模态教育场景的显性化表征

优秀教师的智慧在于“融会贯通”,而非单纯的“博闻强识”。教育大模型需通过整合视频、物理模拟等多模态数据,将内部的符号系统与师生交互动态连接,产生更类人的显性化概念与逻辑表征(Du et al., 2025),建立对教育场景的综合理解,从而洞察背后的教与学规律。

2. 教与学的因果推断与启发引导

教学的艺术在于激励、唤醒、鼓舞。与大语言模型基于统计相关性不同,教育大模型需学习并表征教育的因果关系,基于教学规律和教学场景进行逻辑推演。这种教与学的因果洞察力,使其能诊断学生存在的深层次问题,并基于诊断结果,为学生提供精准、有启发性的引导。

3. 适应性的持续学习与演进

为打破大语言模型的“静态快照”局限,教育大模型的知识库不应是固化的,而是能与学习者共同成长的生态系统。其核心在于能通过与师生的交互,不断对教学过程结构化整理,实时、增量式地更新和优化内部“世界模型”。这种持续的自我演进,使教育大模型能动态适应师生的成长,成为师生成长的个人伙伴。

二、教学思维链及其特征

(一)教学思维链的提出

为提升教育大模型的底层推理能力,本研究提出“教学思维链”这一创新理论与方法。它借鉴人工智能的思维链(chain-of-thought)理念(Wei et al., 2022),强调不仅输出答案,更要展示“如何想出来”的推理路径。

1. 历史逻辑:从经验默会到初步意识

纵观教育发展,优秀教师的教学行为背后往往蕴含连贯的思维链条。这一现象可追溯至教育活动的源头。比如,孔子倡导的“不愤不启,不悱不发”教学原则,蕴含了“观察情境—激发疑问—适时点拨—引导迁移”的启发式思维序列;苏格拉底的“产婆术”教学法则,以连续的诘问构成“揭示前提—引导推论—暴露矛盾—促成重构”的思辨链条。有研究关注课堂动态交互的本质,认识到其

中交织着知识逻辑、教学逻辑、学习逻辑与认知逻辑的复杂运演,构成师生对话的“隐形网络”(朱德全, 2008)。有学者进一步指出,教师的教学思维是对“教什么”“怎么教”进行专业判断的过程(李志厚, 2016),且这种判断会迅速转化为连续、可观察的教学行为,如提问、示范、练习等。这揭示了思维判断与教学行动之间存在紧密的对应关系。教学思维链尽管长期处于默会或内隐状态,但蕴含的理念价值在教育的历史长河中被反复印证。

2. 理论逻辑:多维学理的交叉印证

教学思维链概念并非凭空产生,而是得益于教育学和认知科学的支撑。一方面,结构化的学科与教学法知识,构成教学思维链的知识引擎。学科知识(简称CK)与教学法知识(简称PCK)框架,为理解教学决策的知识来源提供了依据。教师的教学思维链,本质上是在学科知识的结构框架内,运用教学法知识选择呈现方式、教学策略等,形成“思维—行动”节点并链接成序列的过程。另一方面,思维过程显性化,为教学思维链提供了方法支撑。认知学徒制理论强调,专家(如优秀教师)的隐性思维过程需通过示范、搭建脚手架、清晰表达、反思等使其显性化,以便学习者观察、模仿和内化(Collins et al., 1991)。这与教学思维链的核心诉求一致,即将教师内隐的教学推理路径外化为可学习、可分析的链式结构。学习科学、课程论等研究表明,理解并外化优秀教师的思维过程是提升教学效能和学习质量的关键。

3. 实践逻辑:复杂决策的运作与AI赋能的显性化

在真实的教学场景中,教师往往综合考量学生的认知序列、学科知识结构、核心素养目标和课堂反馈,动态组合理解聚焦、融合联结、创新实践、反思批判、发展进阶等策略,培养学生高阶能力(朱立明等, 2019; 郑志辉, 2025)。这种教学决策过程并非简单的线性流程,而是由高度依赖多路径择优、动态演化的思维链式网络组成。教学网络视角佐证了这一复杂性。教学系统由知识、问题、教学、学习、认知五大网络类型交织而成;教师在网络之间筛选信息、迁移,必然生成若干具备优先级的行动路线(张文婷等, 2021)。

长期以来,教师思维过程难以直接观察,更难

以显化表征。人工智能技术在链式推理上的探索,特别是 OpenAI O1 和 DeepSeek 显式输出推理步骤,为解决这一难题提供了可能。教师隐含的思维链也有望通过技术手段提取、结构化表示和显性化呈现。近年来,学界通过深度挖掘课堂实录数据,已积累一些真实样本用于重建教师决策序列和构建教学思维链模型。这些技术为解析、模拟、生成和评估教学思维链提供了工具,使优秀教学经验可望得以突破传统师徒制,实现广泛传播与赋能。

(二)定义与内涵

教学思维链吸收教育学原理、课程与教学论、认知科学等理论给养,为解决大模型教育场景适配提供底层逻辑架构。本研究认为,教学思维链是蕴含教学逻辑的教学过程表征,关联学科知识和教学法知识,以步骤级教学行为为节点、体现多路径择优的动态链式数据结构。

1. 教学思维链的本质是教学逻辑结构的显性化表征

教学思维链将教学过程以链式结构呈现,不仅列出教师行为序列,更展现其行为背后隐含的思维逻辑。它揭示了教师如何运用教学原理和学科知识组织教学,提供可追溯的框架,使教学决策背后的过程透明化,增强教学决策的可解释性。

2. 步骤级教学行为构成思维链的基础节点

教学思维链以步骤级教学行为为节点进行设计,即将具体的教学行动,如提问、讲解、示范、反馈等刻画为链式节点。每个节点代表教师教学的思维决策。例如,教师通过提问激发学生思考,再根据学生反应调整教学策略。这样不仅能捕捉教学细节,还能将教师的教学思维与教学行动紧密结合,形成易于分析和优化的链条。通过节点拆解,教学思维链能准确展示教师决策的具体内容与思维路径,为教学决策优化提供支持。

3. 动态择优是应对教学复杂性的核心机制

教学思维链具备动态演进与多路径选择特性。区别于传统线性流程图,真实教学情境往往复杂多变,教师会根据课堂反馈和教学进度实时调整。教学思维链通过分支节点展现教师不同情境的决策选择。例如,教师讲解某个概念后,根据学生理解程度选择不同策略,如举例、重新表述或跳过。教学思维链记录这些决策路径,并保留未选中的分支,

为教学提供灵活调整空间,更好地适应课堂情境。

4. 学科知识与教学法知识的“双核”驱动保障教学决策的专业性

教学思维链同时关联学科知识和教学法知识。每个节点既反映教师如何组织与呈现学科内容,也展现教师根据学生认知特征调整教学策略的过程。二者深度交织形成教学决策的骨骼和血肉。当路径分岔时,学科知识确保知识逻辑自洽,教学法知识评估不同路径的教学适切性。

综上,教学思维链的核心内涵体现为“三个统一”:一是经验与经验表达的统一,即将内隐教学智慧转化为可计算的结构化模型;二是确定性与生成性的统一,即通过预设逻辑框架容纳动态路径择优;三是内容与方法的统一,即在学科知识与教学法知识协同中实现“教对内容”与“教好内容”的辩证融合。这标志着教学认知研究从经验描述向模型驱动的范式转型,为构建教育大模型提供了兼具教学合理性与技术可行性的理念框架。

(三)主要特征

教学思维链通过将复杂知识化繁为简、复杂教学过程化整为零,序列化表征教学行为逻辑,将优秀教师的教学设计逻辑与隐性教学经验结构化显现,支撑专用模型训练及应用从“黑箱”到“灰白箱”的探索。

1. 理念特征:教学复杂性的结构化降维

教学思维链的核心理念在于化繁为简与化整为零的协同。化繁为简指通过将教学任务拆解为子任务,将复杂认知简化为逻辑关联的已知和共识,以降低实施难度并保持逻辑严谨性。化整为零强调将复杂的教学过程分解为微观决策节点网络,支持实时反馈下的动态调整。教师针对单一节点灵活调整策略,响应学生反馈,赋予教学高度适应性,推动教学从线性流程向动态网络发展。二者协同实现教学复杂性的系统降维,提升教学择优选择的空间与可解释性。

2. 行为特征:技术落地的工程范式

教学思维链通过可表征、可训练、可调优、可普及四重技术属性,推进工程化落地。可表征性是核心,指将教师隐性决策转为符号化链式结构,为人工智能解析教学思维提供接口。可训练性指模型通过知识蒸馏技术学习专家决策序列,如利用课

堂实录数据微调模型的推理路径生成能力。可调优性指基于反馈的持续优化,通过比较多条思维链的结论一致性调整模型参数,提升决策可靠性。可普及性指该范式具有跨学科、跨任务的通用性,可广泛应用于各类大模型。四者形成闭环,将教学智慧转化为可部署的智能架构,为教育大模型提供可复用的推理引擎。

3. 集成特征: 多源协同的决策引擎

教学思维链通过深度融合动态知识图谱、教与学行为图谱、学生能力图谱和多模态资源,构建多源信息驱动的智能决策体系,确保推理“脑中有知识”“眼里有学生”“手边有资源”。动态知识图谱可用于验证教学陈述与权威知识的一致性,确保思维链节点内容的科学性,从源头降低知识性错误。教学行为图谱通过优化教学环节的逻辑序列,支撑嵌入提问、探究、反馈等最佳实践模式,避免关键步骤缺失或顺序错位。学生能力图谱驱动个性化路径调优,动态匹配不同认知水平。多模态资源库通过调用适配的图文声像资源,突破纯文本局限,增强抽象概念的情境化表达。“知识锚定—行为优化—能力适配—资源支撑”四者融合,推动教育从经验驱动到数智驱动的范式跃迁。

4. 方法特征: 隐性决策的表征挑战

教学思维链的构建面临隐性特质、非线性结构和异质涌现性三重挑战: 首先,教师决策具有隐性特质。教学行为融合知识理解、策略选择与情境感知的直觉经验,难以外显为标准化逻辑序列。其次,思维链并非线性推演,而是在多路径择优和实时反馈基础上动态生成,形成递进、分叉与循环的复杂网络形态。单次教学可能衍生数十条分岔路径,超出传统流程图的表征范畴。最后,个体差异带来异质性与涌现性。不同教师对同一教学任务可能生成差异化路径,同一教师在不同情境的决策也可能变化显著。这些都是教学思维链表征的瓶颈。即便借助人工智能技术,隐性逻辑捕捉与动态建模仍是亟待突破的难题。

5. 价值特征: 双向赋能的共生生态

对于人工智能系统,链式思考能显著提升大模型推理能力,强制分步推导替代直接作答,可减少知识幻觉现象,提高答案可信度与准确性,使教育大模型在复杂推理等任务中展现类人思维特性(Liu et al.,

2024; Wang et al., 2025; Li et al., 2025)。对于师生来说,显性化思维链能成为师生能力跃迁的媒介——学生通过解析优秀教师的问题解决路径,发展元认知与自主思维能力;教师通过反观自身或专家的决策逻辑,优化教学设计,促进专业成长;个体教师的隐性经验被转为显性知识链,能促进教师群体智慧共享;新手教师可系统学习专家决策模式,研究者能提炼教学共性规律。教育大模型则获得权威知识源,推动教学智慧从个人独享转向集体共创。

6. 自进化特征: 动态适应与自我优化协同机制

教学思维链通过动态适应与自我优化实现持续完善。动态适应表现为情境适配、因果推理与情感支持三个关键环节。情境适配指针对不同学习风格与认知水平定制教学路径,因果推理指维持教学目标与学生需求的有机联系,情感支持指通过感知认知压力与情感困扰提供个性化支持。他们共同增强思维链的灵活性与响应能力,如根据学生反馈动态调整任务难度或教学策略。自我优化依托强化学习与专家反馈机制。强化学习指根据学生反馈持续优化推理路径,专家反馈则提供专业指导,确保决策的准确性与教育价值。二者协同推动教学思维链实际应用的不完善,实现教学质量的提升。

三、教学思维链构建方法

教学思维链作为研发的底层逻辑架构,历经提取生成、训练学习、迭代优化三个阶段,贯穿教育大模型从认知表征到决策优化的全生命周期: 在提取生成阶段,从海量数据中提取体现教学思维逻辑的教与学行为语义,形成富含优秀教学经验、用于专用大模型训练的教学思维链;在训练学习阶段,基于“专家反馈—自评判学习”强化学习协同训练算法,构建教学思维链,使模型输出既符合学科逻辑又具备教学价值;在迭代优化阶段,通过驱动教学思维链增强的教育大模型复杂推理,实现教学情境适配的多模态教学资源联动高效准确生成、教学内容自适应规划和可溯因共情个性化反馈。最终,教育大模型通过模拟人类逻辑推理过程,将隐性教学经验显性化,将个体教学智慧普适化,推动机器智能与人类教育智慧的协同共生。

(一) 教学思维链的提取生成

教学思维链的提取生成作为构建教育大模型

的前提,旨在解决“构建什么”的语义结构化问题。之前,大语言模型处理教育数据存在结构化不足的问题,数据元素之间不关联,仅能实现简单的输入输出映射,无法展现符合教育规律的推理过程。通过引入教学思维链,教育大模型不仅能构建“输入—思维链—输出”推理机制,也在一定程度上实现了教学认知过程可视化。同时,教育大模型不仅需要具备高准确性,还要确保内容的安全性和适切性。这对教学思维链提出了更高要求,仅依靠相同逻辑格式的样本实例远远不够,需要通过识别优秀教师的教学思维轨迹和决策逻辑,将教学行为等数据转化为可计算的思考过程,建立教育专用推理链条。自演化多层次学科知识图谱和融合教学语义的多模态教学资源库在其中发挥了重要作用。

自演化多层次知识图谱通过“点—链—空间—时空变化”的架构设计,建立教学认知的有效映射。其中,“点”作为知识图谱的核心实体单元,涵盖课程标准与前沿知识等静态知识元素,以及教与学行为等动态教学元素。“链”层着重刻画教与学行为的时序逻辑,揭示教学的思维流转与行为模式,使教育大模型能理解并复现符合教学规律的认知发展路径。“空间”层面体现为三层架构:知识层包含跨学科知识和前沿科技领域知识等,通过相关、不相关等逻辑关系,构建学科知识点、前沿知识点、核心概念之间的三维关系,奠定图谱的知识基础;教与学行为层基于图谱展现教与学行为的逻辑关系,通过划分不同教学阶段及定义教学阶段间各环节的逻辑关系,强化教学实践的指导性;能力层以能力培养为目标导向,包含思维、实践能力、价值观等维度,不同层级的具体能力,在知识与教学行为之间有机连接。“时空变化”依赖于自演化机制,依托构建关联数据感知机制,动态扩充知识集,及时补充前沿热点,实现知识感知。动态知识图谱体系奠定教学思维链的逻辑基础,使教育大模型具备类似优秀教师的“分步思考、因材施教”能力。

融合教学语义的多模态资源库通过资源实体库、资源属性库、知识语义库和教学思维语义库的四级架构,实现教育资源从原始素材到教学智慧的升华。资源实体库存储教育资源,如课程视频、教学课件、习题库、实验报告等,可为教学思维链提取提供丰富的实践样本。资源属性库收录资源实

体的属性信息,包括来源、类型、难度、适用场景、关键词等,采用“教育专家+AI”的双重标注,使资源筛选符合教学规律和认知规律。知识语义库存储教学资源背后的知识体系,通过建立跨学科的知识网络,如将物理“能量守恒”与生物“物质循环”建立关联,支持跨学科思维培养。教学思维语义库通过解构名师的教学设计核心逻辑,形成可迁移复用的教学思维模型。“资源实体—资源属性—知识语义—教学思维语义”奠定了教学思维链的数据基础,为教学思维链的训练学习提供丰富素材。

(二)教学思维链的训练学习

教学思维链的训练学习作为构建教育大模型的核心,旨在解决“如何构建”的可训练问题。教学思维链提取生成后,依托强化学习框架的准确性奖励机制,对多模态信息进行深度分析与逻辑推理,使教育大模型形成包含显性推理路径的多条教学思维链,并依据预设规则动态评判对其所生成内容的准确性、逻辑性和教育价值。具体而言,利用强化学习的策略梯度方法,将教学思维链视为策略网络的输出,教学场景的适切性、逻辑性与价值导向作为奖励函数的核心维度。例如,当模型生成的教学思维链符合“知识难度匹配学生认知水平”原则时,它将获得正向奖励信号;反之,若出现逻辑矛盾或价值观偏差,则会触发修正机制。实现教学思维链的训练学习,需构建“专家反馈—自评判学习”协同训练范式,通过经验学习与自主优化的迭代循环,实现“教学适切—逻辑准确—价值对齐”一体的自强化学习,包括:

在“教学适切—逻辑准确”层面,利用专家反馈的强化学习算法,基于立体多层次知识图谱实现教学思维链的启发式挖掘,提取显性的教学行为和隐性的教学思维模式,将其转化为带权重的教学思维链样本,用于初始化策略网络;通过融合学科知识和教与学行为的训练方案,强化教育大模型教学语义驱动能力,协同增强教学适切性实现价值对齐。在“逻辑准确—价值对齐”层面,利用自评判的强化学习,基于蒙特卡洛树搜索(MCTS)、知识图谱引导的树搜索等生成步骤级多路径候选教学思维链,然后通过双通道评估判别模块(逻辑准确性验证与教学价值判别),对候选教学思维链进行反复的推翻和认可,协同增强教育大模型的教学适切性

和逻辑准确性。这些技术能提升教育大模型教学思维链的复杂推理能力,增强对教学场景和内容的深度理解、教学策略和行为的灵活运用,并与教育专家的认知对齐。

(三)教学思维链的迭代优化

教学思维链的迭代优化旨在解决“构建得好”的共情共育问题。教学思维链的训练学习,仅能建成基础的教育领域大模型。该模型存在一定局限,如难以像优秀教师那样敏锐把握课堂的复杂情境、缺乏真实教学互动的情感共鸣能力、个性化指导“千人一面”。因此,教学思维链需迭代优化,突破与教学情境适配的教学资源可解释性生成、个性化有情感的类人辅导等技术,提升教育大模型智能辅教、个性化导学的能力。

生成符合真实教学情境的高质量资源是迭代优化的首要任务,其本质是实现“教学内容—学生认知—教学场景”的三维匹配。达成这一目标,需“异构知识检索增强”(Lewis et al., 2020)技术引导教学思维链,生成更加准确的教学内容;以“多源知识注入”技术约束教学思维链,生成符合教学情境的个性化教学资源。具体来说,优秀教师备课会综合参考教材、教参、学情等信息,教育大模型也需通过“异构知识检索增强”整合不同形式的知识源,如知识图谱的多模态知识资源,然后深化模型对查询意图的理解(刘明等, 2024),精确定位所需的教学资源,实现多模态资源联动的查询增强和基于语义分析的异构知识联动检索。“多源知识注入”体现了差异化教学思想,即将教学情境信息与检索到的教学知识等嵌入教学思维链,强化教学思维链的情境感知能力,生成教育场景所需的准确且可解释的教学内容。

同时,认知溯因与路径规划需依托教学语义自动对齐的提示词工程,识别教学核心知识点,将知识点次序关系添加入跨学科知识层次图谱,再根据学习者的认知状态和特殊设计的路径约束机制、奖励函数,形成最适配的教学思维链,提升教学思维链的准确性和可解释性。个性化学习推荐要根据学习者认知进程和情感反馈,表征其学习认知路径和思维进展,形成精准契合的个性化需求和情感需求的思维链。多轮共情与交互强化需通过增强多轮共情回复能力,打造“感情—知情—融情”

的共情交互模式和“情感—认知—资源”联动机制,提升教学思维链共情回复的合理性和多样性。这种“情知双维”的互动模式,使教育大模型不再是冷冰冰的机器,而成为充满温度的学习陪伴。

总之,本研究提出教学思维链这一创新理念与方法,为教育大模型研发提供了可行的技术路线。目前,研究团队正以科学教育为切入点,沿着“理论引领—技术突破—工程应用”有机结合的思路,推动科学教育大模型从“黑箱”向“灰白箱”演进。但实践探索仍存在挑战:一是在数据标准层面,多模态教学资源标准建设尚不完善,数据的实际采集与预设目标之间存在偏差,优秀教师教学智慧与教学思维链的融合机制仍未建立;二是在模型技术层面,如何实现通用大模型向教育专用领域的优化提升仍面临挑战,如立体知识图谱中,知识层、能力层、行为层的深度关联及其动态演化路径不清晰;三是在教育应用层面,人机共教理念尚未完全树立,人机协同教学新模式仍有待探索。未来,研究团队将完善多模态资源采集标准,利用海量数据开展隐性知识的结构性建模,解构优秀教师教学智慧,增强大模型对教育场景的深度理解,打造教育大模型研发应用的示范样板。

[参考文献]

- [1] AI Index(2024). The AI index report 2024. Stanford institute for human-centered artificial intelligence. <https://aiindex.stanford.edu-report/>.
- [2] 曹培杰,谢阳斌,武卉紫等(2024). 教育大模型的发展现状、创新架构及应用展望[J]. 现代教育技术, 34(2): 5-12.
- [3] Collins, A., Brown, J. S., & Holum A. (1991). Cognitive apprenticeship: Making thinking visible[J]. American Educator, 15(3): 6-11.
- [4] Du, C., Fu, K., Wen, B., et al. (2025). Human-like object concept representations emerge naturally in multimodal large language models[J]. Nature Machine Intelligence: 1-16.
- [5] Farrell, H., Gopnik, A., Shalizi C., et al. (2025). Large AI models are cultural and social technologies[J]. Science, 387(6739): 1153-1156.
- [6] 籍欣萌, 咎红英, 崔婷婷等(2025). 大模型在垂直领域应用的现状与挑战[J]. 计算机工程与应用, 61(12): 1-11.
- [7] Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education[J]. Learning and Individual Differences, 103: 102274.
- [8] Lewis, P., Perez E., Piktus, A., et al. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks[J]. DOI: 10.48550/arXiv.2005.11401.

- [9] Li, J., Li, G., Li, Y., & Jin, Z.(2025). Structured chain-of-thought prompting for code generation[J]. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 34(2): 1-23.
- [10] 李艳燕, 郑娅峰(2023). 生成式人工智能的教育应用[J]. 人民论坛, 32(23): 69-72.
- [11] 李永智, 孙蕾蕾(2025). 人工智能与幼儿大脑教育开发[J]. 教育研究, 46(4): 4-18.
- [12] 李志厚(2016). 论教学思维的属性、特征与修炼[J]. 课程. 教材. 教法, 36(10): 32-38.
- [13] 刘邦奇, 喻彦琨, 王涛等(2024). 人工智能教育大模型: 体系架构与关键技术策略[J]. 开放教育研究, 30(5): 76-86.
- [14] 刘明, 吴忠明, 杨箫等(2024). 教育大语言模型的内涵、构建和挑战[J]. 现代远程教育研究, 36(5): 50-60.
- [15] Liu, R., Geng, J., Wu A. J., et al. (2024) Mind your step (by step): Chain-of-thought can reduce performance on tasks where thinking makes humans worse[J]. arXiv preprint arXiv: 2410.21333.
- [16] Wang, G. Y., Bao, H., Liu, Q., et al. (2024). Brain-inspired artificial intelligence research: A review[J]. Science China Technological Sciences, 67(8): 2282-2296.
- [17] Wang, X., & Zhou, D.(2025). Chain-of-thought reasoning without prompting[J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 37: 66383-66409.
- [18] Wei, J., Wang, X., Schuurmans D., et al.(2022). Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models[J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 35: 24824-24837.
- [19] 张文婷, 于海波(2021). 教学思维: 属性特征、结构关系与运行机制[J]. 湖南社会科学, (2): 158-165.
- [20] 郑志辉(2025). 教师学科教学思维: 内涵、要素与运行逻辑[J]. 课程. 教材. 教法, 45(2): 153-159.
- [21] 朱德全(2008). 论教学设计的逻辑生长点[J]. 教育研究, (8): 72-76.
- [22] 朱立明, 冯用军, 马云鹏(2019). 论深度学习的教学逻辑[J]. 教育科学, 35(3): 14-20.

(编辑: 赵晓丽)

Research on Explicit Reasoning in Educational Large Language Models Based on Teaching Thinking Chain

LI Yongzhi, CAO Peijie, WU Huizi, BAO Haogang, CHENG Bei & DENG Youchao

(China National Academy of Educational Sciences, Beijing 100088, China)

Abstract: Large language models have problems such as process black-box, generation illusion, knowledge fragmentation, emotional hollowing out, value alienation, and single application when applied in education. This paper references the technical ideas of large language models such as OpenAI O1 and DeepSeek, and proposes the innovative theory and method of teaching thinking chain, which is defined as a teaching process representation containing teaching logic, related to content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). The teaching thinking chain demonstrates six distinctive characteristics which are conceptual (structured dimensionality reduction of teaching complexity), behavioral (engineering paradigm for technology implementation), integrative (multi-source collaborative decision-making engine), methodological (representational challenges of implicit decision-making), value-based (symbiotic ecosystem of mutual empowerment), and self-evolutionary (collaborative mechanism of adaptation and evolution). The paper also illustrates how teaching thinking chain goes through three construction stages: extraction and generation, training and learning, and iterative optimization. It runs through the entire life cycle of large models from cognitive representation to decision-making optimization, promoting the transformation of general large models into specialized large models for education, and providing new support to achieve high-level self-reliance and self-strengthening in science and technology for education.

Key words: artificial intelligence; educational large language model; teaching thinking chain; teaching wisdom