

# 智能技术支持的协同知识建构研究

王 洋<sup>1</sup>, 皮天珍<sup>2</sup>, 谢 斌<sup>2</sup>

1. 南京师范大学 青少年教育与智能支持实验室, 江苏 南京 210097;

2. 南京师范大学 教育科学学院, 江苏 南京 210097

收稿日期: 2025-06-20

基金项目: 国家自然科学基金(62107023); 教育部人文社会科学研究一般项目(25YJA880071); 江苏省社会科学基金(25JYC004).

第一作者: 王 洋, 女, 副教授, 博士, 现从事智能技术支持的协作学习方面的研究。E-mail: wangyang@nnu.edu.cn

**摘 要:** 智能技术可加速协同知识建构, 却尚未厘清在哪个环节起作用、以何种自动化水平适配何种教育场景。本研究遵循“系统评价与元分析优先报告条目(PRISMA)”对 2014—2024 年的 29 篇文献进行系统综述, 发现 2014—2020 年为探索起步期, 2021—2024 年进入爆发期, 与全球教育数字化战略推进及生成式人工智能等技术突破高度契合。具体研究发现: 1) 当前研究主体多元、方法融合、情境分化, 以学生为主体, 集中于高等教育与线上教学, 混合方法为主要研究方法; 2) 智能技术主要通过多元技术协同、自动化支持与多模态数据融合赋能协同知识建构, 以机器学习与深度学习、自然语言处理为核心技术且以高自动化学生中心模式为主; 3) 智能技术对协同知识建构的影响集中于知识整合与分享等核心环节, 方式以自动化分析为主, 结果侧重技能提升, 协同视角以跨视角为主, 仍存在重认知轻情感、同伴互动支持不足等不均衡现象。未来研究需优化不同教育阶段智能技术的自动化适配性, 深化技术在各建构环节的作用机制, 同时向跨学科与混合学习情境扩展, 推动智能技术从工具性支持向生态化融合转变。

**关 键 词:** 智能技术; 协同知识建构; 文献综述

中图分类号: G434

文献标志码: A

文章编号: 1671-8836(2026)04-0613-14

## A Review of Collaborative Knowledge Construction Supported by Intelligent Technologies

WANG Yang<sup>1</sup>, PI Tianzhen<sup>2</sup>, XIE Bin<sup>2</sup>

1. Laboratory of Adolescence Education and Intelligent Support, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, Jiangsu, China;

2. School of Education Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, Jiangsu, China

**Abstract:** Intelligent technologies can accelerate collaborative knowledge construction, yet it remains unclear which specific links they act on and what level of automation is suitable for which educational scenarios. Following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), this study conducts a systematic review of 29 relevant literatures from 2014 to 2024. It is found that the period from 2014 to 2020 was the initial exploratory stage, followed by a period of rapid growth from 2021 to 2024, which is highly consistent with the advancement of global education digitalization strategies and technological breakthroughs such as generative artificial intelligence. Specific research findings are as follows: 1) Current research is characterized by diverse participants, integrated methods, and differentiated contexts, dominated by China and the US, centered on students, mainly focused on higher education and online learning, with mixed methods as the main research method; 2) Intelligent technology empowers collaborative knowledge construction mainly through diverse technological collaboration, automated support, and multimodal data fusion, with machine learning, deep learning, and natural language processing as core technologies, and highly automated student-centered models as the dominant approach; 3) The impact of intelligent technology on collaborative knowledge construction concentrates on core processes such as knowledge integration and sharing, relying primarily on automated analysis, with outcomes focusing on skill improvement. Research

引用格式: 王洋, 皮天珍, 谢斌. 智能技术支持的协同知识建构研究[J]. 武汉大学学报(理学版), 2026, 72(4): 613-626. DOI: 10.14188/j.1671-8836.2025.0155.

WANG Yang, PI Tianzhen, XIE Bin. A Review of Collaborative Knowledge Construction Supported by Intelligent Technologies [J]. *J. Wuhan Univ. (Nat. Sci. Ed.)*, 2026, 72(4): 613-626. DOI: 10.14188/j.1671-8836.2025.0155(Ch).

adopts a cross-perspective dominant view, yet imbalances remain, including an overemphasis on cognition over affect and insufficient support for peer interaction. Future research should enhance the automated adaptability of intelligent technologies across educational stages, clarify their functional mechanisms in knowledge construction, and extend applications to interdisciplinary and blended learning contexts, thereby advancing intelligent technologies from instrumental support toward ecological integration.

**Key words:** intelligent technologies; collaborative knowledge construction; literature review

## 0 引言

协同知识建构是指学习者通过协作互动,共同生成、整合和分享知识资源,推动知识的持续演化和集体智慧的涌现<sup>[1]</sup>。在协同知识建构的过程中,学习者通过分享、提问、协商,实现隐性知识与显性知识的动态转换,既推动集体知识的共同建构,也促进个体认知的发展<sup>[2-3]</sup>。因此,协同知识建构过程本质上是一种认知发展过程,其水平被视为衡量教学质量的重要测量指标之一<sup>[4]</sup>。现有关于协同知识建构的研究主要集中于影响因素、方法策略和实际应用成效。在影响因素方面,研究者们关注任务凝聚力、集体认知责任等关键变量对协同知识建构的促进作用。例如任务凝聚力是推动协同知识建构,促进成效产出的关键因素<sup>[5]</sup>;集体认知责任是影响协同知识建构的因素之一<sup>[6]</sup>。在方法策略方面,研究者们通过多种方式优化协同知识建构<sup>[7]</sup>。例如,利用知识图谱驱动智能学习,学生与智能辅导系统通过互动生成新的学习路径和知识框架<sup>[8]</sup>;运用自然语言处理技术构建会话内容智能挖掘框架与方法,通过对真实课堂中的协作会话分析,促进知识共享与建构进程<sup>[9]</sup>。在实际应用成效方面,研究者通过教学实践验证并优化教学策略。例如,“四段式”协作知识建构学习活动可以提升学生的知识建构水平和学习参与度<sup>[10]</sup>;通过增强现实技术构建的协作探究教学环境,支持个体和小组的观念呈现,能有效促进学习者的自主探究、组内协作和组间交流,深化协同知识建构<sup>[11]</sup>。

智能技术为协同知识建构教学的大规模个性化支持难题提供解决路径,既能够通过自动分析、智能评估、个性化推荐与智能辅导等方式,辅助学习者完成协作中的观点生成表达、知识整合分享及冲突调节共识构建全流程<sup>[12-13]</sup>,也能从行为支持<sup>[14]</sup>、记忆增强<sup>[15]</sup>、理解促进<sup>[16]</sup>、分享优化<sup>[17]</sup>等维度赋能浅层协同知识建构,优化基础学习协作环节,还可围绕应用支持<sup>[18]</sup>、评价优化<sup>[19]</sup>、创造激发<sup>[20]</sup>、批判性思维培养<sup>[21]</sup>发力驱动深层协同知识建构,助力学习者高阶思维能力发展<sup>[22]</sup>,由此从浅层次学习行为到深层次创新思维培养,为协同知识建构提供全维度、

全方位的技术支撑。

现有综述主要围绕智能技术在协同知识建构中的应用展开。Tan等<sup>[23]</sup>使用桑基图展示了9种智能技术与5个协同知识建构应用子类别(集体表现、学习内容、情感与情绪、话语模式和谈话技巧、学习者特征与行为)之间的关系。Mena-Guacas等<sup>[24]</sup>分析发现智能技术、协同知识建构和能力发展相辅相成,层层递进。这些研究解析了智能技术对知识建构结果的作用,未剖析其具体作用环节。Ouyang等<sup>[25]</sup>探究智能技术对学生认知参与度的作用,利用交流话语、行为和评估数据来呈现作用结果。AlBadarin等<sup>[26]</sup>揭示了生成式人工智能作为虚拟智能助手、写作与语言能力辅助工具以及个性化学习资源,在支持学生自主学习和促进教师教学效率方面的多元化应用模式,并指出其在协同知识建构中可能带来的创新能力和协作技能下降等挑战;Rosé团队<sup>[27]</sup>基于机器学习工具的多模态综述指出,动态脚本与情境感知机器人可有效提升协同知识建构水平。

上述研究共同构建了智能技术在协同知识建构领域的基础框架,涵盖了从技术功能到教育实践的多个层面。然而,关于智能技术对知识建构的作用机制有待探究。因此,本研究基于“系统评价与元分析优先报告条目(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA)”<sup>[28]</sup>,对2014—2024年间的相关文献进行系统综述,旨在回答以下问题:1)智能技术支持的协同知识建构研究具有哪些特征?2)智能技术如何作用于协同知识建构?3)智能技术对协同知识建构的影响主要体现在哪些方面?

## 1 研究方法

### 1.1 数据源和检索策略

研究选取Web of Science、Google Scholar和Scopus作为文献来源。Web of Science、Google Scholar和Scopus涵盖大量高质量英文文献,能满足核心文献梳理与分析需求。检索时,同一分类下的关键词采用“或(OR)”关系进行组配,不同分类之

间的关键词组采用“且(AND)”关系进行组合,以精确定位人工智能、协同知识建构与教育交叉领域的相关文献。研究具体使用的关键词如表1所示。

表1 本研究使用的搜索关键字

Table 1 Search keywords used in this study

| 分类     | 搜索关键字                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 人工智能   | Artificial Intelligence, AI, Decision Tree, Machine Learning, Neural Network, Deep Learning, K-means, Random Forest, Support Vector Machine, Logistic Regression, Fuzzy-Logic, Bayesian Network, Latent Dirichlet Allocation, Natural Language Processing, Genetic Algorithm, Genetic Programming, Data Mining, Text Mining, Automatic, Chatgpt, Generative Artificial Intelligence, Large Language Model |
| 协同知识建构 | Knowledge Building, Knowledge Construction, Argument, Group, Peer, Collaborative, Collaboration, Cooperative                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 教育     | Education, Student, Learn, School                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

注:教育类关键词采用“或(OR)”逻辑。为避免检索范围被局限于高等教育场景,未选用University、College等词汇,而选用School作为教育场景关键词,以更均衡地覆盖各级各类教育情境。

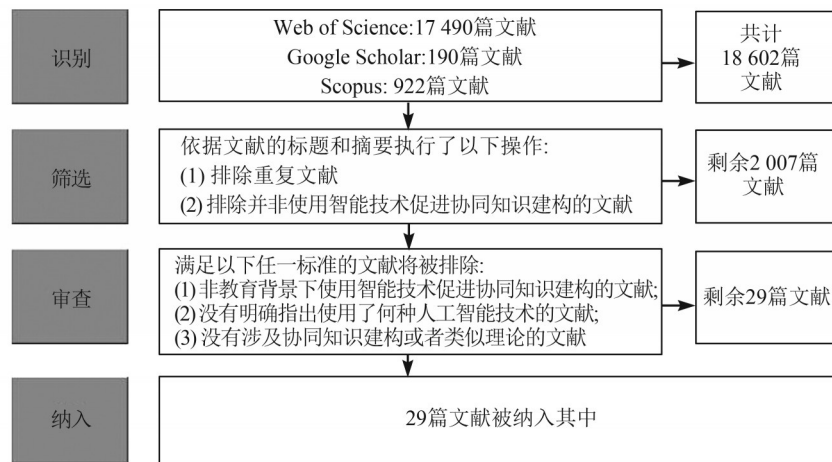


图1 文献筛选流程图

Fig. 1 Flowchart for literature screening

### 1.3 编码框架构建

文献编码框架见表2。其中,智能技术融合类型在概念上较为复杂,分析应用于教学实践的技术特性有重要指导意义。我们将其划分为4种编码。低自动化指系统需较多人工干预,例如教师依据机器学习结果人为分析小组表现;高自动化则指系统能自动完成数据收集、分析和反馈等关键环节,如深度神经网络自动分类在线讨论记录并实时反馈。学生中心聚焦于满足学生个性化学习需求,例如智能辅导系统根据学生学习情况自动推送学习材料;教师中心则侧重于辅助教师进行教学管理和决策,如学习分析工具为教师提供班级学习情况报告以助其调整教学策略。编码判断时,主要依据技术在教学中的功能、作用对象及用户参与程度。若技术侧重辅助学生自主与协作学习且需较少人工干预,则归为高自动化学生中心;若技术侧重辅助教师且需较多教师主动参与,则归为低自动化教师中心,

### 1.2 文献选择与筛选标准

根据PRISMA<sup>[28]</sup>将文献筛选流程分为识别、筛选、审查和纳入4个阶段,如图1所示。

其他类型依此类推确定所属类别。

### 1.4 文献编码

完成文献检索与筛选后,有29篇文献<sup>[41-69]</sup>符合要求。两名经验丰富的研究人员首先共同制定编码手册,然后由两名编码人员分别对文献进行编码,并采用Cohen's Kappa检验一致性。结果显示Kappa=0.87,达到可信水平<sup>[70]</sup>。整个编码过程参考了多项研究理论与模型,确保分类的科学性与全面性。

## 2 研究现状分析

### 2.1 智能技术支持的协同知识建构研究特征

从研究时序分布来看,2014—2024年有关智能技术支持协同知识建构的29篇文献可划分为两个阶段。2014—2020年为探索起步期,共12篇,研究侧重文本挖掘、基础机器学习等技术在协作分组、讨论分析中的应用,与教育智能技术萌芽及相关政

表 2 文献编码框架  
Table 2 Literature coding framework

| 编码维度   | 子维度      | 描述                           | 编码                                                 | 编码依据                                                                        |
|--------|----------|------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 研究特征   | 使用者      | 直接操作智能技术、参与协同知识建构的角色         | 教师、学生、师生                                           | 参考 Moore <sup>[29]</sup> 的互动类型理论                                            |
|        | 研究方法     | 研究方法                         | 定量、定性、混合                                           | 参考 Yu 等 <sup>[30]</sup> 的研究                                                 |
|        | 教育水平     | 应用智能技术的教育水平                  | 初等教育、中等教育、高等教育以及未明确提及                              | 参考郑银莲等 <sup>[31]</sup> 的研究                                                  |
|        | 学习情境     | 应用智能技术的学习环境                  | 线上、线下、线上线下融合以及未明确指出                                | 参考 Singh 等 <sup>[32]</sup> 的研究                                              |
|        | 学科       | 应用智能技术的学科                    | 文科、理工科以及未明确提及                                      | 参考周云倩等 <sup>[33]</sup> 的研究                                                  |
| 智能技术   | 智能技术类别   | 分析技术的属性与种类,明确技术“是什么”         | 生成式人工智能、自然语言处理、机器学习与深度学习、学习分析、计算机视觉、智能对话系统、数字可视化技术 | 参考 Garzón 等 <sup>[34]</sup> 的研究、结合《人工智能教育蓝皮书(2022 年)》 <sup>[35]</sup> 的技术框架 |
|        | 技术特性     | 分析技术的具体功能和支持方式,明确“技术能做什么”    | 自适应性、交互性、预测性、可视化、自动化                               | 参考 El-Sabagh <sup>[36]</sup> 的研究                                            |
|        | 数据处理     | 按技术处理的数据类型和时间属性划分,体现技术如何利用数据 | 单模态实时、多模态实时、单模态非实时、多模态非实时                          | 参考 Ruffaldi 等 <sup>[37]</sup> 的研究并结合研究特性分类                                  |
|        | 智能技术融合类型 | 融合教学的方式                      | 低自动化学生中心、高自动化学生中心、低自动化教师中心和高自动化教师中心                | 结合教育场景中“教师中心-学生中心”维度构建                                                      |
| 协同知识建构 | 协同知识建构环节 | 技术支持“知识建构在哪个环节”发挥作用          | 观点生成与表达、知识整合与分享、冲突调节与共识构建                          | 参考 Gunawardena <sup>[38]</sup> 社会知识建构交互分析模型                                 |
|        | 应用方式     | 智能技术如何应用于知识建构                | 自动分析、测量和评估、个性化推荐、智能辅导                              | 参考 Lachheb 等 <sup>[39]</sup> 的研究                                            |
|        | 学习结果     | 智能技术在知识建构中促进了学习结果            | 知识获取、技能提升、态度与动机的形成、综合能力                            | 依据教育评价领域通行的三维结果框架 <sup>[40]</sup>                                           |
|        | 协同视角     | 知识建构视角                       | 个体、同伴、群体、跨视角                                       | 参考蒋纪平等 <sup>[16]</sup> 的研究                                                  |

策初步布局的阶段特征相符<sup>[71]</sup>。2021—2024 年为发表集中期,共 17 篇,研究快速增长与全球教育数字化推进、生成式 AI 技术突破密切相关。国内方面,2022 年启动教育数字化战略<sup>[72]</sup>,2024 年持续深化部署<sup>[73]</sup>;国际层面各国加强教育智能应用规范,叠加大型语言模型<sup>[74]</sup>、多模态学习分析<sup>[75]</sup>等技术日趋成熟,共同推动该领域研究迅速发展。

研究通过系统编码对研究特征进行梳理分析,全面呈现该领域研究的整体样貌,具体编码结果如表 3 所示。

使用者分析显示,以学生为核心主体,师生协同视角的研究明显多于仅聚焦教师的研究,反映协同知识建构中师生互动的动态性。在研究方法的选择上,混合方法研究占主导。混合方法的广泛应用表明研究者们意识到结合定量和定性方法的综合优势,但在复杂的知识建构环境中,这些传统方法可能难以追踪学习者的知识建构状态。如通过

隐马尔可夫模型结合滞后序列分析可以揭示协同知识建构在个体、同伴和群体三个层级之间的动态转换模式,这种分析是传统方法难以实现的<sup>[58]</sup>。由此可见,智能技术的引入为知识建构研究提供了新的可能性。智能技术(如情感识别、自动追踪)逐步替代传统量表与访谈,提升知识建构分析的实时性与精准度<sup>[55]</sup>。如基于生成式人工智能的智能辅导系统通过与学生进行论证性对话,帮助他们生成支持观点并预测反对观点,提高了学生的论证技能和任务动机,同时增强了学习的参与度和挑战性<sup>[76]</sup>。

高等教育阶段的研究占比领先,远超初等教育、中等教育和未明确指出教育阶段的研究。高等教育阶段依托成熟的技术生态,形成了多维度支持体系。如配合双模态社交网络和即时语义反馈系统<sup>[77]</sup>,有效提升群体认知协同效率。中等教育阶段,文本挖掘技术帮助学生在讨论中生成更多概念<sup>[47]</sup>,对话系统能够提升初高中和高等教育阶段学生的

表3 智能技术支持的协同知识建构研究特征编码结果

| Table 3 Coding results of collaborative knowledge construction supported by intelligent technology |        |    |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-------|
| 子维度                                                                                                | 编码     | 数量 | 占比/%  |
| 使用者                                                                                                | 教师     | 5  | 17.24 |
|                                                                                                    | 学生     | 15 | 51.73 |
|                                                                                                    | 师生     | 9  | 31.03 |
| 研究方法                                                                                               | 定量     | 6  | 20.69 |
|                                                                                                    | 定性     | 8  | 27.59 |
|                                                                                                    | 混合     | 15 | 51.72 |
| 教育水平                                                                                               | 初等教育   | 1  | 3.45  |
|                                                                                                    | 中等教育   | 7  | 24.14 |
|                                                                                                    | 高等教育   | 18 | 62.07 |
|                                                                                                    | 未明确提及  | 3  | 10.34 |
| 学习情境                                                                                               | 线上     | 14 | 48.28 |
|                                                                                                    | 线下     | 12 | 41.38 |
|                                                                                                    | 线上线下融合 | 2  | 6.90  |
|                                                                                                    | 未明确指出  | 1  | 3.44  |
| 学科                                                                                                 | 文科     | 14 | 48.28 |
|                                                                                                    | 理工科    | 11 | 37.93 |
|                                                                                                    | 未明确提及  | 4  | 13.79 |

互动质量和知识建构深度<sup>[41]</sup>。初等教育阶段典型案例显示,自然语言处理技术支持的科学解释反馈机制,提升了学生论证结构完整性,构建了师生双向动态监测模型<sup>[48]</sup>。

学习情境以线上、线下为主,线上线下融合研究较少。当前研究多聚焦智能技术在于单一学习情境的技术应用或效果评估,对线上线下两种情境之间的衔接、协同与整合机制探讨不足。学科分布显示文科略高于理工科,整体呈现以人文社科为主、理工学科为辅的格局。

综上,当前智能技术支持的协同知识建构研究呈现区域集中、主体多元、方法融合、情境分化四大核心特征。研究主体以学生为主;方法以混合研究方法为主流;研究多集中于高等教育,线上、线下情境相对独立,线上线下融合研究薄弱。未来需向基础教育、融合场景与跨学科方向深化。

## 2.2 智能技术应用于协同知识建构的技术特征

对29篇教育领域智能技术应用文献梳理的结果如表4所示。

智能技术各类别分布差异显著且价值多元,其中机器学习与深度学习凭借强大的数据处理能力占据主导,自然语言处理、数字可视化技术、计算机视觉分别在语言交互、信息呈现、视觉处理场景发挥核心或不可替代作用,而智能对话系统、生成式人工智能与学习分析虽占比较低,却在互动答疑、

表4 智能技术应用于协同知识建构的技术特征编码结果

| Table 4 Coding results of technical characteristics in the application of intelligent technology to collaborative knowledge construction |           |    |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|-------|
| 子维度                                                                                                                                      | 编码        | 数量 | 占比/%  |
| 智能技术类别                                                                                                                                   | 生成式人工智能   | 2  | 6.90  |
|                                                                                                                                          | 自然语言处理    | 8  | 27.58 |
|                                                                                                                                          | 机器学习与深度学习 | 11 | 37.93 |
|                                                                                                                                          | 学习分析      | 2  | 6.90  |
|                                                                                                                                          | 计算机视觉     | 1  | 3.45  |
|                                                                                                                                          | 智能对话系统    | 2  | 6.90  |
| 技术特性                                                                                                                                     | 数字可视化技术   | 3  | 10.34 |
|                                                                                                                                          | 自适应性      | 5  | 17.25 |
|                                                                                                                                          | 交互性       | 6  | 20.69 |
|                                                                                                                                          | 预测性       | 4  | 13.79 |
|                                                                                                                                          | 可视化       | 4  | 13.79 |
|                                                                                                                                          | 自动化       | 10 | 34.48 |
| 数据处理                                                                                                                                     | 单模态实时     | 3  | 10.34 |
|                                                                                                                                          | 多模态实时     | 10 | 34.49 |
|                                                                                                                                          | 单模态非实时    | 6  | 20.69 |
|                                                                                                                                          | 多模态非实时    | 10 | 34.48 |
| 智能技术融合类型                                                                                                                                 | 低自动化学生中心  | 6  | 20.69 |
|                                                                                                                                          | 高自动化学生中心  | 18 | 62.07 |
|                                                                                                                                          | 低自动化教师中心  | 2  | 6.90  |
|                                                                                                                                          | 高自动化教师中心  | 3  | 10.34 |

内容创新和个性化学习领域展现出突出突破潜力。

在技术特性方面,本研究通过对智能技术的功能和支持方式的分析,明确了其在教育实践中的应用潜力与作用边界。自动化特性占比最高,是当前研究关注的核心;其次为交互性,在相关研究中占据重要地位;自适应性同样受到较多关注;可视化与预测性占比相对接近,整体分布较为均衡。这一特征凸显了智能技术在流程优化、人机协作及个性化学习支持等方面的显著优势,也反映出现有研究更侧重技术的高效赋能与智能适配。

在数据处理方面,多模态数据占据主导地位。多模态学习分析方法更适合智慧课堂中学生学习行为的研究,能够从多维度和时序角度深入分析学生的学习行为<sup>[78]</sup>。在时间属性维度,数据处理呈现实时处理与非实时处理并重的态势,两种处理方式各有侧重、相互补充,共同服务于智慧课堂的学习分析与教学优化。单模态研究以文本数据为主:如文本数据(讨论日志)结合机器学习方法量化揭示情感参与和认知参与的交互效应,能为教师干预提供依据<sup>[55]</sup>。多模态研究则突破单一维度限制,如利用视频数据捕捉学生面部表情,基于音频和讨论文

本分析学生知识建构<sup>[62]</sup>。通过多模态数据(视频数据和音频数据)结合深度学习模型可用于分析学生在协作学习中的行为和角色,为个性化教学实践提供参考。

在智能技术融合类型中,高自动化学生中心指那些能够自动收集、分析和反馈学习数据,以支持学生个性化需求的研究。这些研究通常利用先进技术,如机器学习、自然语言处理和数据挖掘等提供个性化学习服务。如通过深度神经网络模型自动分类在线讨论记录为学生提供实时反馈,提升协同知识建构水平和学习者情绪状态<sup>[67]</sup>。低自动化学生中心则指更多依赖于学习者的主动参与和教师引导的研究。这些研究通常提供一些基本的自动化工具,但需要学生主动使用这些工具完成学习任务。如通过 ChatGPT 辅助学生外语写作,学生在写作的各个方面(包括组织、连贯性、语法和词汇)都表现出更高的熟练度<sup>[79]</sup>。低自动化学生中心虽然自动化程度较低,但通过引导学生主动参与任务,仍然能提升学习效果。高自动化教师中心能够自动收集、分析和反馈学习数据,以支持教师教学决策和干预。如隐马尔可夫模型结合滞后序列分析可以揭示协同知识建构在个体、同伴和群体三个层级之间的动态转换模式,为教师提供实时干预的依据<sup>[58]</sup>。而低自动化教师中心系统则更多依赖于教师的主动参与和解释,如通过机器学习技术预测小组协作学习的表现,为教师提供了数据支持的决策依据<sup>[42]</sup>。然而,这种预测结果需要教师人为解释并采取相应的干预措施。尽管其自动化程度不高,但仍为教师教学决策提供了重要参考。由表 4 可知,高自动化学生中心占比最大,低自动化学生中心次之,高自动化教师中心和低自动化教师中心占比较小。这一分布表明,高自动化学生中心能够更好地满足个性化学习需求,提升学习效率。

综上,智能技术从技术、特性、应用模式三维度赋能协同知识建构。技术上以机器学习与深度学习、自然语言处理为核心;特性上以自动化与交互性为主,支撑流程优化与人机协作;应用上以多模态数据为主流,高自动化学生中心的应用模式占主导。其作用呈现以学生为中心、以数据为驱动、以个性化为目标的核心特征。

### 2.3 智能技术对协同知识建构的影响

通过对智能技术在协同知识建构各环节中的影响进行编码分析(编码结果如表 5 所示),发现知识整合与分享环节的占比位居首位,凸显了智能技术在促进知识流通、推动知识融合过程中的核心价

值。如利用文本挖掘技术分析学生讨论内容,通过识别关键概念有效促进知识整合,促进了知识的整合与分享<sup>[47]</sup>。观点生成与表达环节的占比体现了技术在激发个体思维与表达能力中的重要作用。如利用对话系统支持协作学习,通过自然语言处理技术提供即时反馈,有效提升了学生的互动质量与知识建构深度<sup>[52]</sup>。冲突调解与共识构建环节占比反映了智能技术在协调多元观点、推动共识达成中的辅助效能。如通过自然语言处理技术分析小学生讨论文本,识别观点冲突并提供即时反馈,有效促进科学解释能力的提升<sup>[48]</sup>。

**表 5 智能技术对协同知识建构的影响编码结果**

**Table 5 Coding results of the influence of intelligent technology on collaborative knowledge construction**

| 子维度      | 编码        | 数量 | 占比/%  |
|----------|-----------|----|-------|
| 协同知识建构环节 | 观点生成与表达   | 6  | 20.69 |
|          | 知识整合与分享   | 20 | 68.97 |
|          | 冲突调节与共识构建 | 3  | 10.34 |
| 应用方式     | 自动化分析     | 16 | 55.17 |
|          | 测量和评估     | 6  | 20.69 |
|          | 个性化推荐     | 2  | 6.90  |
|          | 智能辅导      | 5  | 17.24 |
| 学习结果     | 知识获取      | 7  | 24.14 |
|          | 技能提升      | 14 | 48.27 |
|          | 态度与动机的形成  | 1  | 3.45  |
|          | 综合能力      | 7  | 24.14 |
| 协同视角     | 个体        | 9  | 31.03 |
|          | 同伴        | 1  | 3.45  |
|          | 群体        | 5  | 17.24 |
|          | 跨视角       | 14 | 48.28 |

在智能技术的应用方式上,自动化分析是当前最主流的应用形式,在相关研究中占据主导地位,体现出智能技术在高效处理学习相关数据、简化分析流程方面的核心价值。测量和评估是智能技术的重要应用方向之一,应用频次相对较高,主要用于对学生学习过程、学习效果进行科学监测与客观评价,为教学优化提供数据支撑。智能辅导的应用同样较为普遍,聚焦于借助智能技术为学生提供针对性的学习指导,辅助解决学习过程中遇到的问题,助力学习效率提升。个性化推荐的应用相对较少,反映出当前智能技术在精准匹配学生个性化学习需求、推送适配性学习资源方面的探索仍有提升空间,尚未成为主流应用方向。

学习结果分析显示,当前相关研究主要聚焦于技能提升,是学习结果研究的核心重点,相关探索

较为充分。相比之下,对学生态度与动机的形成研究关注极少,存在明显的研究短板。

在协同视角方面,本研究发现,跨视角研究是当前的主流研究方式,在各类视角研究中占据主导地位,反映出研究更注重多视角融合,以全面探究相关问题。个体视角研究同样受到较多关注,聚焦于个体层面的相关分析;群体视角研究的关注程度相对较低,而同伴视角的研究则极为匮乏,成为协同视角研究中最薄弱的环节,相关探索亟待加强。

综上,智能技术对协同知识建构的影响呈现环节聚焦化、方式自动化、结果技能化、视角整合化四大特征。作用环节集中于知识整合与分享,兼顾观点生成与表达、冲突调解与共识构建;应用方式以自动化分析为主;学习结果对态度与动机的形成关注不足;协同视角以跨视角为主,同伴互动研究相对薄弱。

### 3 讨论与启示

与现有综述相比,本文从样本区间拓展、编码维度丰富、核心结论深化三个维度实现研究突破,具体对比如下。Tan 等<sup>[23]</sup>的综述聚焦 2000—2020 年的 48 项人工智能支持的协作学习研究,侧重学习成效量化,本研究将样本拓展至 2014—2024 年,既覆盖深度学习浪潮以来的主流文献,又纳入 2023—2024 年生成式 AI 研究,提升了样本的前沿性。在编码维度创新上,本文新增“智能技术融合类型”编码维度,通过“高/低自动化×学生/教师中心”四象限分类,揭示高自动化学生中心系统在教育阶段的结构性失衡,深化分析深度。Mena-Guacas 等<sup>[24]</sup>的综述样本截至 2022 年(32 项实证研究),重点聚焦高等教育理工科场景。与之相比,本研究进一步延伸样本至 2024 年,突破单一场景局限,实现基础教育与跨学科场景的全面覆盖。在核心结论深化上,前人研究多关注对学习成绩的提升效应,本研究则量化智能技术在“知识整合与分享”(68.97%)与“冲突调解与共识构建”(10.34%)环节的干预差距,填补了智能技术对协同知识建构过程作用机制分析的空白。

基于编码结果与深度分析,当前智能技术支持的协同知识建构研究呈现出研究特征分化、技术作用聚焦、影响维度失衡的整体态势:高等教育与线上教学为主要场景,混合方法成为主导研究范式,基础教育与跨学科研究覆盖不足;技术层面以机器学习与深度学习、自然语言处理为核心,依托多模

态数据分析,高自动化学生中心模式应用成为技术融合的主流形式;影响层面则集中于知识整合与分享环节,以自动化分析为主要应用方式,侧重实现技能提升,但在冲突调解与共识构建、态度与动机的形成等方面存在明显短板。基于此,研究提出以下 3 点建议。

#### 3.1 深化作用机制:聚焦环节差异,挖掘技术协同潜力

智能技术在知识整合与分享环节的应用占比高达 68.97%,凸显了其在知识流通与融合中的优势。智能技术凭借出色的人机协作能力,提升了群体协同知识建构效能,推动了知识的顺畅流通与深度融合<sup>[80]</sup>。尽管如此,冲突调解与共识构建作为深度协同知识建构的核心环节,在实际应用中的占比仅约为 10.34%,处于较低水平,这表明智能技术在深度协同知识建构的应用场景中,覆盖范围存在局限性。核心原因在于深度协同知识建构各环节对多模态数据分析、情感与认知状态识别的要求较高,而当前技术在该领域的分析精准度与场景适配性不足,难以支撑复杂的协作互动需求。

针对这一问题,未来研究应结合教育心理学与认知科学理论,按协同知识建构不同环节的特征,针对性解析技术作用机制,并挖掘生成式 AI 与动态追踪技术的协同应用潜力。具体而言,在知识整合与分享环节,依托社会建构主义理论,利用多模态数据分析与机器学习技术动态捕捉学习者行为模式与认知轨迹,通过情感识别、自动追踪技术<sup>[55]</sup>替代传统量表,提升知识建构分析的实时性与精准度,优化群体协作效率;在冲突调解与共识构建环节,基于认知冲突理论,运用自然语言处理技术分析协作讨论中的观点冲突,开发能实时识别学习者认知与情感状态的智能系统,自动生成调解建议,引导学习者达成共识,深化协同知识建构的深度;在观点生成与表达环节,发挥生成式人工智能的人机协作优势,针对文科等重点应用领域,为学习者提供即时的观点扩展、词汇选择与语句表达优化建议,提升协作讨论的质量与深度<sup>[81]</sup>。同时,应将技术对知识建构全过程的动态影响作为研究重点,通过长期多轮实验研究,分析智能技术在知识建构不同阶段的作用规律与干预效果,完善技术作用机制的理论体系<sup>[82]</sup>。

#### 3.2 优化自动化适配:分层设计系统,提升教育实践效能

智能技术自动化适配性存在较大的教育阶段差异,高等教育凭借充足的资源配置、完善的基础设施与高自主性的学习者群体,成为高自动化学生

中心系统的主要应用场景,而基础教育领域的高自动化技术应用明显滞后,中等教育与初等教育的技术适配性不足,制约了智能技术在基础教育协同知识建构中的应用与推广。

优化智能技术在不同教育阶段的自动化适配性,核心是立足各学段资源条件、学习者特征与教学需求,实施分层设计与精准赋能,重点补齐基础教育的技术应用短板。一是强化基础教育资源保障,降低技术应用门槛。构建多元经费筹措机制,推动专为基础教育打造的轻量化、场景化智能教学系统开发,聚焦“小而美”智能体的研发与应用,打造支持多用户实时协作的智能白板、协作平台等工具,同时构建标准化数据接口,降低中小学技术应用难度;加快校园高速网络全覆盖,配备适配的教学设备,为基础教育技术应用提供硬件支撑,推动高校、企业与中小学合作,实现智能教育资源共建共享,为基础教育技术应用提供硬件与资源支撑。二是提升教师技术应用能力,强化人机协同素养。将智能技术培训纳入教师继续教育体系,围绕核心技术操作与协同知识建构教学设计,开发针对性微认证课程,重点覆盖机器学习与深度学习、自然语言处理、数字可视化技术及智能对话系统。通过专题培训、实践演练等形式,引导教师运用智能对话系统开展协作讨论、借助可视化技术展示协作成果;建立教师技术应用能力评估机制,激励教师主动提升应用水平。三是实施分层自动化系统设计,适配各学段需求。高等教育阶段,依托学习者自主性,优化智能翻译、个性化推荐等工具,提升知识整合效率;初高中阶段,采用低自动化学生中心系统,结合教师实时反馈与自然语言处理写作助手等工具,平衡学生自主探索与教师引导;小学阶段,优先采用低自动化教师中心系统,借助数字可视化技术简化交互,凸显教师引导作用。同时,开发适配低年级学生的智能工具,如利用自然语言处理技术的智能对话系统辅助语言学习与思维训练,依托计算机视觉技术的虚拟实验室支持科学探究与数学建模。四是强化自适应技术应用,实现动态人机协同。基于自适应性特性,结合实时数据与非实时数据,构建系统动态调整机制:通过滞后序列分析识别学习瓶颈,针对低年级学生认知障碍自动切换至教师主导模式,助力冲突调解与共识构建;利用多模态数据预测学习者需求,动态调整自动化水平(如高年级自主学习场景)。例如,在线学习平台可依据学生学习数据,自动调整内容难度、推送辅导资源,并联动教师开展针对性辅导,优化协同知识建构效率。

### 3.3 拓展应用场景:突破场景局限,提供全维度支持

当前智能技术支持协同知识建构的应用场景分布失衡,存在重单一场景轻融合场景、重单学科研究轻跨学科整合、重认知培养轻情感塑造的问题:学习场景以线上(48.28%)、线下(41.38%)独立开展为主,线上线下融合学习场景研究仅占6.90%;学科领域以文科(48.28%)研究为主;学习结果聚焦认知层面的技能提升,对态度与动机的形成关注不足(3.45%),场景局限与维度失衡限制了智能技术的应用广度与赋能深度。

这种分布不均的原因主要与技术发展和应用的便利性及成熟度有关。线上学习环境借助互联网的普及和在线教育平台的广泛应用,能够便捷地实现资源共享、信息交互以及个性化学习等功能。线下环境则凭借传统教育的优势,如面对面的互动交流、教师对学生的直接指导与监督等,受到较多关注。相比之下,混合学习环境需要整合线上线下的优势,其技术实现和教学设计的复杂度较高,相关的技术整合与教学模式创新尚未成熟。在学科领域方面,文科和理科均具有较为明确的知识体系和教学模式,智能技术在其中的应用路径相对清晰,例如文科中的语言学习、文本分析,理科中的数学建模、物理模拟等。而跨学科领域涉及多学科知识的融合与交叉,需要打破学科壁垒,建立新的知识关联和教学体系,研究难度较大。

拓展智能技术应用场景,核心是打破场景与学科壁垒、补齐情感支持短板,构建全场景、跨学科、多维度的技术支持体系,具体可从三方面推进:一是聚焦混合学习场景与技术融合短板,以教育心理学、认知科学理论为支撑,明确智能技术应用边界、完善落地路径。运用多模态数据处理、实时分析技术,采集学习者行为、表情、语音等数据,构建动态可调的智能教学系统,实现线上个性化推荐与线下实时反馈深度融合。具体而言,同时深化自然语言处理技术、文本数据分析应用,挖掘学习者思维过程,为低自动化系统技术整合提供理论支撑,助力教师精准把握协同知识建构中的学生需求。二是推动跨学科智能技术应用,打破学科壁垒,依托跨学科教育理念培育学生综合素养。重点挖掘生成式人工智能、机器学习与深度学习等技术的跨学科价值:理科领域搭建人工智能驱动的物理建模工具,通过机器学习与数字可视化实现实验数据实时分析;数学领域设计跨学科问题生成系统,结合自然语言处理技术解析解题思路、提供优化建议。同时,借助数字可视化技术直观呈现复杂跨学科概

念,依托智能对话系统提供个性化支持,通过多模态与实时数据处理技术,为教师提供全面的跨学科学习行为分析,强化协同知识建构的技术支撑。三是补齐情感塑造短板,强化情感与动机层面的技术介入,破解态度与动机形成研究占比低的困境。基于教育心理学动机激发理论,构建情感识别、动机引导与反馈优化一体化技术体系:其一,依托多模态数据处理技术,扩展情感数据采集维度,结合情感计算算法,精准识别学习者隐性情感状态;其二,基于识别结果设计个性化情感反馈机制,激发学习内在动机;其三,建立情感与动机评价指标体系,制定可量化标准,结合自然语言处理技术挖掘影响学习者态度形成的关键因素;其四,推动情感技术与混合学习、跨学科场景深度融合,实现认知培养与情感塑造协同推进,完善智能技术支持协同知识建构的体系。

## 4 结 语

本研究通过系统性文献综述,以2014—2024年的29篇文献为样本,揭示了智能技术在协同知识建构中的关键作用及其应用规律。研究发现,智能技术通过多模态数据分析、实时反馈和自动化支持,提升了知识整合与分享的效率,尤其在高等教育和线上环境中展现出较明显的优势。然而,其作用机制在不同教育阶段和学科领域存在明显差异,基础教育中的技术适配性不足,跨学科和混合学习场景的应用仍有待拓展。与已有研究相比,本文不仅验证了智能技术在协同知识建构中的核心价值,还进一步明确了技术自动化程度与教育需求之间的适配关系,为精准化技术干预提供了理论依据,为智能教育实践提供了分层优化路径,并为后续研究指明了方向,以期在更广泛的教育场景中实现协同知识建构的提质增效。未来研究须优化不同教育阶段智能技术的自动化适配性,深化技术在各建构环节的作用机制,同时向跨学科与混合学习情境扩展,推动智能技术从工具性支持向生态化融合转变。此外,需正视本研究的局限:学段、学科与地区样本分布不均衡,易高估智能技术效益并掩盖学段-文化差异,限制结论向低龄和欠发达情境的推广,未来应通过多学段、跨学科、多地区的系统分析,扩大样本量,以提升结论的可推广性。

## 参考文献:

- [1] 熊剑. 在线学习环境下的协同知识建构: 师生关系解构及教师角色研究[J]. 中国教育信息化, 2019, 25(8): 13-23. DOI:10.3969/j.issn.1673-8454.2019.08.004.
- XIONG J. Collaborative knowledge construction in online learning environment: Deconstruction of teacher-student relationship and research on teacher's role[J]. *The Chinese Journal of Ict in Education*, 2019, 25(8): 13-23. DOI:10.3969/j.issn.1673-8454.2019.08.004(Ch).
- [2] 陈琦, 刘儒德. 当代教育心理学[M]. 第3版. 北京: 北京师范大学出版社, 2019: 10.3969/j.issn.1009-8097.2008.09.004.
- CHEN Q, LIU R D. Contemporary Psychology of Education [M]. 3rd ed. Beijing: Beijing Normal University Press, 2019: 10.3969/j.issn.1009-8097.2008.09.004(Ch).
- [3] 庄慧娟, 柳娟娟. 基于解释的协作知识建构过程模型[J]. 现代教育技术, 2008, 18(9): 19-22. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2008.09.004.
- ZHUANG H J, LIU C J. Collaborative knowledge-building process model based on explanation[J]. *Modern Educational Technology*, 2008, 18(9): 19-22. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2008.09.004(Ch).
- [4] 刘清堂, 杨诗涵, 郑欣欣, 等. 认知群体感知工具对在线协作学习知识建构水平的影响研究[J]. 电化教育研究, 2024, 45(10): 49-57. DOI:10.13811/j.cnki.eer.2024.10.007.
- LIU Q T, YANG S H, ZHENG X X, et al. Research on the influence of cognitive group awareness tools on the level of knowledge construction in online collaborative learning[J]. *e-Education Research*, 2024, 45(10): 49-57. DOI:10.13811/j.cnki.eer.2024.10.007(Ch).
- [5] 闫小平, 高国元. CSCL中协作知识建构学习活动的设计策略[J]. 教育进展, 2023(11): 9401-9407.
- YAN X P, GAO G Y. Design strategies for collaborative knowledge construction learning activities in CSCL[J]. *Advances in Education*, 2023(11): 9401-9407(Ch).
- [6] 高丹丹, 鲁梁秀, 陈向东, 等. 在线协作环境中集体认知责任的干预框架: 设计与实践[J]. 远程教育杂志, 2022, 40(1): 91-102. DOI:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2022.01.008.
- GAO D D, LU L X, CHEN X D, et al. Intervention framework for collective cognitive responsibility in CSCL: Design and practice[J]. *Journal of Distance Education*, 2022, 40(1): 91-102. DOI:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2022.01.008(Ch).
- [7] CAO S S. Collaborative knowledge construction process model based on Internet+[C]//2021 Workshop on Algorithm and Big Data. New York: ACM. 2021: 50-54. DOI:10.1145/3456389.3456391.
- [8] 黄勃, 吴申奥, 王文广, 等. 图模互补: 知识图谱与大模

- 型融合综述[J]. 武汉大学学报(理学版), 2024, **70**(4): 397-412. DOI:10.14188/j.1671-8836.2024.0040.
- HUANG B, WU S A, WANG W G, *et al.* KG-LLM-MCom: A survey on integration of knowledge graph and large language model[J]. *Journal of Wuhan University (Natural Science Edition)*, 2024, **70**(4): 397-412. DOI: 10.14188/j.1671-8836.2024.0040(Ch).
- [9] 马志强, 郭文欣, 王萌. 面向协作知识建构会话内容的智能挖掘分析[J]. 现代远程教育, 2022(1): 3-13. DOI:10.13927/j.cnki.yuan.20211228.003.
- MA Z Q, GUO W X, WANG M. Intelligent mining analysis of the discourse in collaborative knowledge construction[J]. *Modern Distance Education*, 2022(1): 3-13. DOI:10.13927/j.cnki.yuan.20211228.003(Ch).
- [10] 黄雪娇, 周东岱, 董晓晓. 协作知识建构学习活动对学生创造性思维的影响[J]. 现代教育技术, 2022, **32**(3): 71-80. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.03.008.
- HUANG X J, ZHOU D D, DONG X X. The impact of collaborative knowledge construction learning activities on students' creative thinking[J]. *Modern Educational Technology*, 2022, **32**(3): 71-80. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.03.008(Ch).
- [11] 王洋, 沈书生. 面向协同知识建构的AR协作探究式教学模式设计与应用[J]. 现代教育技术, 2023, **33**(2): 110-118.
- WANG Y, SHEN S S. The design and application of AR collaborative inquiry teaching model oriented to collaborative knowledge construction[J]. *Modern Educational Technology*, 2023, **33**(2): 110-118(Ch).
- [12] CRESS U, KIMMERLE J. Co-constructing knowledge with generative AI tools: Reflections from a CSDL perspective[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2023, **18**(4): 607-614. DOI:10.1007/s11412-023-09409-w.
- [13] 马志强, 王文秋. 面向协作知识建构会话的智能观点分类研究——基于深度神经网络与会话分析的融合方法[J]. 现代教育技术, 2022, **32**(6): 5-14. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.06.001.
- MA Z Q, WANG W Q. Research on intelligent viewpoint classification for collaborative knowledge construction discourse—Based on the fusion method of deep neural network and discourse analysis[J]. *Modern Educational Technology*, 2022, **32**(6): 5-14. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.06.001(Ch).
- [14] 范福兰, 黄艳琳, 熊曳, 等. 小学生人工智能学习行为意愿的影响机制研究[J]. 教育测量与评价, 2022(6): 13-24. DOI:10.16518/j.cnki.emae.2022.06.002.
- FAN F L, HUANG Y L, XIONG Y, *et al.* Study on the influence mechanism of primary students' behavioral intention to artificial intelligence[J]. *Educational Measurement and Evaluation*, 2022(6): 13-24. DOI:10.16518/j.cnki.emae.2022.06.002(Ch).
- [15] 董晓辉, 杨晓宏, 张学军. 自适应学习技术研究现状与展望[J]. 电化教育研究, 2017, **38**(2): 91-97. DOI:10.13811/j.cnki.eer.2017.02.012.
- DONG X H, YANG X H, ZHANG X J. Research on the status and prospect of adaptive learning technology[J]. *e-Education Research*, 2017, **38**(2): 91-97. DOI:10.13811/j.cnki.eer.2017.02.012(Ch).
- [16] 蒋纪平, 满其峰, 胡金艳, 等. 在线协作知识建构的知识进化: 内涵、本质与模型[J]. 开放教育研究, 2022, **28**(6): 52-59. DOI:10.13966/j.cnki.kfjy.2022.06.006.
- JIANG J P, MAN Q F, HU J Y, *et al.* Knowledge evolution in online collaborative knowledge building: Connotation, essence and model[J]. *Open Education Research*, 2022, **28**(6): 52-59. DOI:10.13966/j.cnki.kfjy.2022.06.006(Ch).
- [17] 孟青泉, 贾积有, 张志永, 等. 智能教学系统测评模型的构建与实证研究[J]. 现代教育技术, 2022, **32**(5): 68-74. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.05.008.
- MENG Q Q, JIA J Y, ZHANG Z Y, *et al.* The construction and empirical research of the evaluation model of intelligent tutoring system[J]. *Modern Educational Technology*, 2022, **32**(5): 68-74. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.05.008(Ch).
- [18] 牛鑫, 吕现伟, 余辰. 边缘智能: 现状与挑战[J]. 武汉大学学报(理学版), 2023, **69**(2): 270-282. DOI:10.14188/j.1671-8836.2023.0026.
- NIU X, LÜ X W, YU C. Edge intelligence: State-of-the-art and challenges[J]. *Journal of Wuhan University (Natural Science Edition)*, 2023, **69**(2): 270-282. DOI: 10.14188/j.1671-8836.2023.0026(Ch).
- [19] 刘邦奇, 尹欢欢. 人工智能赋能教师数字素养提升: 策略、场景与评价反馈机制[J]. 现代教育技术, 2024, **34**(7): 23-31. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2024.07.003.
- LIU B Q, YIN H H. Improvement of teachers' digital literacy empowered by artificial intelligence: Strategies, scenarios and evaluation feedback mechanism[J]. *Modern Educational Technology*, 2024, **34**(7): 23-31. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2024.07.003(Ch).
- [20] 董艳, 陈辉, 于浩. 数智赋能跨学科主题学习的设计、实施与评价[J]. 电化教育研究, 2025, **46**(5): 78-85. DOI:10.13811/j.cnki.eer.2025.05.011.
- DONG Y, CHEN H, YU H. Design, implementation and evaluation of digital intelligence empowering interdisciplinary thematic learning[J]. *e-Education research*, 2025, **46**(5): 78-85. DOI:10.13811/j.cnki.eer.2025.05.011(Ch).
- [21] 张涛, 张烁, 张思, 等. 在线同伴互评中群体认知的特征、网络与发展轨迹分析[J]. 现代教育技术, 2022, **32**

- (9): 82-90. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.09.009.
- ZHANG T, ZHANG S, ZHANG S, *et al.* Characteristics, networks and developmental trajectories analysis of collective cognition in online peer assessment[J]. *Modern Educational Technology*, 2022, **32**(9): 82-90. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2022.09.009(Ch).
- [22] 赵丽红, 左敏, 黄先开. 人工智能时代高等教育教学的变革指向: 培养高阶思维[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2023(4): 40-48. DOI:10.3969/j.issn.1002-0209.2023.04.005.
- ZHAO L H, ZUO M, HUANG X K. The direction of higher education teaching reform in the era of artificial intelligence: Cultivating higher-order thinking[J]. *Journal of Beijing Normal University (Social Science)*, 2023(4): 40-48. DOI:10.3969/j.issn.1002-0209.2023.04.005(Ch).
- [23] TAN S C, LEE A V Y, LEE M. A systematic review of artificial intelligence techniques for collaborative learning over the past two decades[J]. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2022, **3**: 100097. DOI:10.1016/j.caeai.2022.100097.
- [24] MENA-GUACAS A F, URUEÑA RODRÍGUEZ J A, SANTANA TRUJILLO D M, *et al.* Collaborative learning and skill development for educational growth of artificial intelligence: A systematic review[J]. *Contemporary Educational Technology*, 2023, **15**(3): ep428. DOI:10.30935/cedtech/13123.
- [25] OUYANG F, ZHANG L Y. AI-driven learning analytics applications and tools in computer-supported collaborative learning: A systematic review[J]. *Educational Research Review*, 2024, **44**: 100616. DOI:10.1016/j.edurev.2024.100616.
- [26] ALBADARIN Y, SAQR M, POPE N, *et al.* A systematic literature review of empirical research on ChatGPT in education[J]. *Discover Education*, 2024, **3**(1): 60. DOI:10.1007/s44217-024-00138-2.
- [27] ROSÉ C, WANG Y C, CUI Y, *et al.* Analyzing collaborative learning processes automatically: Exploiting the advances of computational linguistics in computer-supported collaborative learning[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2008, **3**(3): 237-271. DOI:10.1007/s11412-007-9034-0.
- [28] PAGE M J, MCKENZIE J E, BOSSUYT P M, *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews[J]. *PLoS Medicine*, 2021, **18**(3): e1003583. DOI:10.1371/journal.pmed.1003583.
- [29] MOORE M G. Editorial: Three types of interaction[J]. *American Journal of Distance Education*, 1989, **3**(2): 1-7. DOI:10.1080/08923648909526659.
- [30] YU R, YANG L X. ESL/EFL learners' responses to teacher written feedback: Reviewing a recent decade of empirical studies[J]. *Frontiers in Psychology*, 2021, **12**: 735101. DOI:10.3389/fpsyg.2021.735101.
- [31] 郑银莲, 李荣杰. 基于使用 UTAUT 模型的移动学习研究分析——以 2017 至 2021 年国际期刊为例[J]. 教育进展, 2021, **11**(4): 1136-1145.
- ZHENG Y L, LI R J. The analysis of the UTAUT-based mobile learning studies—Taking international journals from 2017 to 2021 as examples[J]. *Advances in Education*, 2021, **11**(4): 1136-1145.
- [32] SINGH H, REED C, SOFTWARE C. A white paper: Achieving success with blended learning [EB/OL]. [2025-03-25]. <https://facilitateadultlearning.pbworks.com/f/blendedlearning.pdf>.
- [33] 周云倩, 张新彤, 夏婧. 学术生产者 ChatGPT 学术使用的影响因素及群体差异——基于 SEM 和 fsQCA 的实证分析[J]. 现代教育技术, 2025, **35**(2): 117-127.
- ZHOU Y Q, ZHANG X T, XIA J. Influencing factors of academic producers to use ChatGPT and group differences—Empirical analysis based on SEM and fsQCA[J]. *Modern Educational Technology*, 2025, **35**(2): 117-127(Ch).
- [34] GARZÓN J, PATIÑO E, MARULANDA C. Systematic review of artificial intelligence in education: Trends, benefits, and challenges[J]. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2025, **9**(8): 84. DOI:10.3390/mti9080084.
- [35] 顾小清, 张博, 姜冰倩, 等. 2022 年人工智能教育蓝皮书 [EB/OL]. [2022-05-06]. <https://max.book118.com/html/2022/0505/7006155015004120.shtm>.
- GU X Q, ZHANG B, JIANG B Q, *et al.* 2022 blue book of artificial intelligence education [EB/OL]. [2022-05-06]. <https://max.book118.com/html/2022/0505/7006155015004120.shtm>(Ch).
- [36] EL-SABAGH H A. Adaptive e-learning environment based on learning styles and its impact on development students' engagement [J]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2021, **18**(1): 53. DOI:10.1186/s41239-021-00289-4.
- [37] RUFFALDI E, DABISIAS G, LANDOLFI L, *et al.* Data collection and processing for a multimodal learning analytic system [C]//2016 SAI Computing Conference (SAI). New York: IEEE Press, 2016: 858-863. DOI:10.1109/SAI.2016.7556079.
- [38] GUNAWARDENA C N, LOWE C A, ANDERSON T. Analysis of a global online debate and the development of an interaction analysis model for examining social construction of knowledge in computer conferencing [J]. *Journal of Educational Computing Research*, 1997, **17**(4): 397-431. DOI:10.2190/7mqv-x9uj-c7q3-nrag.
- [39] LACHHEB A, LEUNG J, ABRAMENKA-LACHHEB

- V, *et al.* AI in higher education: A bibliometric analysis, synthesis, and a critique of research[J]. *The Internet and Higher Education*, 2025, **67**: 101021. DOI: 10.1016/j.iheduc.2025.101021.
- [40] BLOOM B, ENGELHART M D, FURST E J, *et al.* Taxonomy of Educational Objectives Handbook I : The Cognitive Domain[M]. New York: David McKay Co., Inc., 1956:207-210.
- [41] ADAMSON D, DYKE G, JANG H, *et al.* Towards an agile approach to adapting dynamic collaboration support to student needs[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2014, **24**(1): 92-124. DOI:10.1007/s40593-013-0012-6.
- [42] CEN L, RUTA D, POWELL L, *et al.* Quantitative approach to collaborative learning: Performance prediction, individual assessment, and group composition[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2016, **11**(2): 187-225. DOI:10.1007/s11412-016-9234-6.
- [43] CHEN C M, TSAO H W. An instant perspective comparison system to facilitate learners' discussion effectiveness in an online discussion process[J]. *Computers & Education*, 2021, **164**: 104037. DOI:10.1016/j.compedu.2020.104037.
- [44] CHEN C M, LI M C, CHANG W C, *et al.* Developing a topic analysis instant feedback system to facilitate asynchronous online discussion effectiveness[J]. *Computers & Education*, 2021, **163**: 104095. DOI:10.1016/j.compedu.2020.104095.
- [45] CHEN C M, LI M C, HUANG Y L. Developing an instant semantic analysis and feedback system to facilitate learning performance of online discussion[J]. *Interactive Learning Environments*, 2023, **31**(3): 1402-1420. DOI: 10.1080/10494820.2020.1839505.
- [46] CHEN B D, ZHU X R, DÍAZ DEL CASTILLO H F. Integrating generative AI in knowledge building[J]. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2023, **5**: 100184. DOI:10.1016/j.caeai.2023.100184.
- [47] ERKENS M, BODEMER D, HOPPE H U. Improving collaborative learning in the classroom: Text mining based grouping and representing [J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2016, **11**(4): 387-415. DOI:10.1007/s11412-016-9243-5.
- [48] GERARD L, KIDRON A, LINN M C. Guiding collaborative revision of science explanations[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2019, **14**(3): 291-324. DOI: 10.1007/s11412-019-09298-y.
- [49] GUO K, ZHONG Y C, LI D L, *et al.* Effects of chatbot-assisted in-class debates on students' argumentation skills and task motivation[J]. *Computers & Education*, 2023, **203**: 104862. DOI:10.1016/j.compedu.2023.104862.
- [50] WILEY J, HASTINGS P, BLAUM D, *et al.* Different approaches to assessing the quality of explanations following a multiple-document inquiry activity in science [J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2017, **27**(4): 758-790. DOI: 10.1007/s40593-017-0138-z.
- [51] LEE A V Y. Determining quality and distribution of ideas in online classroom talk using learning analytics and machine learning[J]. *Educational Technology & Society*, 2021, **24**(1): 236-249.
- [52] LEE A V Y, TAN S C. Promising ideas for collective advancement of communal knowledge using temporal analytics and cluster analysis[J]. *Journal of Learning Analytics*, 2017, **4**(3): 76 - 101. DOI:10.18608/jla.2017.43.5
- [53] LEE H Y, CHEN P H, WANG W S, *et al.* Empowering ChatGPT with guidance mechanism in blended learning: Effect of self-regulated learning, higher-order thinking skills, and knowledge construction [J]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2024, **21**(1): 16. DOI:10.1186/s41239-024-00447-4.
- [54] LI Y Y, LI X R, ZHANG Y, *et al.* The effects of a group awareness tool on knowledge construction in computer-supported collaborative learning [J]. *British Journal of Educational Technology*, 2021, **52**(3): 1178-1196. DOI: 10.1111/bjet.13066.
- [55] LIU S N Y, LIU S Q, LIU Z, *et al.* Automated detection of emotional and cognitive engagement in MOOC discussions to predict learning achievement[J]. *Computers & Education*, 2022, **181**: 104461. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104461.
- [56] NISTOR N, TRĂUȘAN-MATU Ș, DASCĂLU M, *et al.* Finding student-centered open learning environments on the Internet: Automated dialogue assessment in academic virtual communities of practice [J]. *Computers in Human Behavior*, 2015, **47**: 119-127. DOI: 10.1016/j.chb.2014.07.029.
- [57] OUYANG F, WU M, ZHENG L Y, *et al.* Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online engineering course[J]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2023, **20**(1): 4. DOI: 10.1186/s41239-022-00372-4.
- [58] OUYANG F, WU M, ZHANG L Y, *et al.* Making strides towards AI-supported regulation of learning in collaborative knowledge construction [J]. *Computers in Human Behavior*, 2023, **142**: 107650. DOI: 10.1016/j.chb.2023.107650.

- [59] RAMACHANDRAN L, GEHRINGER E F, YADAV R K. Automated assessment of the quality of peer reviews using natural language processing techniques[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2017, **27** (3): 534-581. DOI: 10.1007/s40593-016-0132-x.
- [60] RAPANTA C, WALTON D. The use of argument maps as an assessment tool in higher education[J]. *International Journal of Educational Research*, 2016, **79**: 211-221. DOI:10.1016/j.ijer.2016.03.002.
- [61] SOM A, KIM S, LOPEZ-PRADO B, *et al.* Automated student group collaboration assessment and recommendation system using individual role and behavioral cues[J]. *Frontiers in Computer Science*, 2021, **3**: 728801. DOI: 10.3389/fcomp.2021.728801.
- [62] SPIKOL D, RUFFALDI E, DABISIAS G, *et al.* Supervised machine learning in multimodal learning analytics for estimating success in project-based learning[J]. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2018, **34** (4): 366-377. DOI:10.1111/jcal.12263.
- [63] SULLIVAN F R, KEITH P K. Exploring the potential of natural language processing to support microgenetic analysis of collaborative learning discussions[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2019, **50**(6): 3047-3063. DOI:10.1111/bjet.12875.
- [64] THOMPSON K, KENNEDY-CLARK S, WHEELER P, *et al.* Discovering indicators of successful collaboration using tense: Automated extraction of patterns in discourse[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2014, **45** (3): 461-470. DOI:10.1111/bjet.12151.
- [65] TROUSSAS C, GIANNAKAS F, SGOUROPOULOU C, *et al.* Collaborative activities recommendation based on students' collaborative learning styles using ANN and WSM[J]. *Interactive Learning Environments*, 2023, **31**(1): 54-67. DOI:10.1080/10494820.2020.1761835.
- [66] YANG B, LI B P. Identifying and comparing elementary students' problem-solving behavior patterns using lag sequential analysis[J]. *International Conference on Computers in Education*, 2019: 330-339. DOI:10.58459/icce.2019.330.
- [67] ZHENG L Q, ZHONG L, NIU J Y, *et al.* Effects of personalized intervention on collaborative knowledge building, group performance, socially shared metacognitive regulation, and cognitive load in computer-supported collaborative learning[J]. *Educational Technology & Society*, 2021, **24** (3): 174-193.
- [68] ZHENG L Q, NIU J Y, LONG M L, *et al.* An automatic knowledge graph construction approach to promoting collaborative knowledge building, group performance, social interaction and socially shared regulation in CSCL[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2023, **54**(3): 686-711. DOI:10.1111/bjet.13283.
- [69] ZHENG L Q, FAN Y C, GAO L, *et al.* Using AI-empowered assessments and personalized recommendations to promote online collaborative learning performance[J]. *Journal of Research on Technology in Education*, 2025, **57** (4): 727-753. DOI: 10.1080/15391523.2024.2304066.
- [70] FLEISS J L, COHEN J. The equivalence of weighted kappa and the intraclass correlation coefficient as measures of reliability[J]. *Educational and Psychological Measurement*, 1973, **33** (3): 613-619. DOI: 10.1177/001316447303300309.
- [71] 闫志明, 唐夏夏, 秦旋, 等. 教育人工智能(EAI)的内涵、关键技术与应用趋势——美国《为人工智能的未来做好准备》和《国家人工智能研发战略规划》报告解析[J]. 远程教育杂志, 2017, **35**(1): 26-35. DOI:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2017.01.003.
- YAN Z M, TANG X X, QIN X, *et al.* The connotations, key technologies and application trends of educational artificial intelligence (EAI): Interpretation and analysis of the two reports entitled "preparing for the future of artificial intelligence" and "the national artificial intelligence[J]. *Journal of Distance Education*, 2017, **35** (1): 26-35. DOI:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2017.01.003(Ch).
- [72] 罗生全, 张雪. 教育数字化战略的中国方案: 定位、理念及行动[J]. 中国电化教育, 2023(1): 46-51.
- LUO S Q, ZHANG X. China's scheme to the digitalization strategy of education: Orientation, concepts and action[J]. *China Educational Technology*, 2023(1): 46-51(Ch).
- [73] 郑旭东, 李王伟, 李新, 等. 2022—2024年中国教育数字化热点议题与研究前沿报告[J]. 中国教育信息化, 2025, **31**(8): 3-28.
- ZHENG X D, LI W W, LI X, *et al.* Report on hot issues and research frontiers in China's education digitalization from 2022 to 2024[J]. *Chinese Journal of ICT in Education*, 2025, **31**(8): 3-28(Ch).
- [74] 曹培杰, 谢阳斌, 武卉紫, 等. 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, 2024, **34**(2): 5-12.
- CAO P J, XIE Y B, WU H Z, *et al.* The development status, innovation architecture and application prospects of educational big models[J]. *Modern Educational Technology*, 2024, **34**(2): 5-12(Ch).
- [75] 卢宇, 余京蕾, 陈鹏鹤, 等. 多模态大模型的教育应用研究与展望[J]. 电化教育研究, 2023, **44**(6): 38-44. DOI: 10.13811/j.cnki.eer.2023.06.005.
- LU Y, YU J L, CHEN P H, *et al.* Study and prospect of

- the applications of large multimodal models in education [J]. *e-Education Research*, 2023, **44**(6): 38-44. DOI: 10.13811/j.cnki.eer.2023.06.005(Ch).
- [76] 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. DOI: 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2024.02.002.
- XU S, TONG J R, HU X E. Next-Generation Personalized Learning: Enhancing Intelligent Tutoring Systems with Generative Artificial Intelligence [J]. *Open Education Research*, 2024, **30**(2): 13-22. DOI: 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2024.02.002(Ch).
- [77] CHEN D L. Challenges in cross-disciplinary interactions for sustainable development goals [J]. *Nexus*, 2025, **2**(1): 100046. DOI: 10.1016/j.nynexs.2024.100046.
- [78] 王一岩, 王杨春晓, 郑永和. 多模态学习分析: “多模态”驱动的智能教育研究新趋向[J]. 中国电化教育, 2021(3): 88-96.
- WANG Y Y, WANG Y C X, ZHENG Y H. Multimodal learning analytics: A new research trend in intelligence education driven by multimodality [J]. *China Educational Technology*, 2021(3): 88-96(Ch).
- [79] SONG C P, SONG Y P. Enhancing academic writing skills and motivation: Assessing the efficacy of ChatGPT in AI-assisted language learning for EFL students [J]. *Frontiers in Psychology*, 2023, **14**: 1260843. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1260843.
- [80] 张钺, 李正风, 潜伟. 从 ChatGPT 到人机协作的知识共建[J]. 科学学研究, 2023, **41**(12): 2131-2137. DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.20230817.002.
- ZHANG Y, LI Z F, QIAN W. From ChatGPT to the human-machine collective knowledge construction [J]. *Studies in Science of Science*, 2023, **41**(12): 2131-2137. DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.20230817.002(Ch).
- [81] 黄勃, 李文超, 刘进, 等. 探索 ChatGPT 模型能力: 工业应用的前景和挑战[J]. 武汉大学学报(理学版), 2024, **70**(3): 267-280. DOI: 10.14188/j.1671-8836.2023.0122.
- HUANG B, LI W C, LIU J, *et al.* Exploring the capabilities of the ChatGPT model: Prospects and challenges in industrial applications [J]. *Journal of Wuhan University (Natural Science Edition)*, 2024, **70**(3): 267-280. DOI: 10.14188/j.1671-8836.2023.0122(Ch).
- [82] 何皓怡, 刘清堂, 张思, 等. 在线协同研讨知识建构行为的自动分析研究[J]. 现代教育技术, 2022, **32**(5): 93-101. DOI: 10.3969/j.issn.1009-8097.2022.05.011.
- HE H Y, LIU Q T, ZHANG S, *et al.* Research on automatic analysis of knowledge construction behaviors in online collaborative discussion [J]. *Modern Educational Technology*, 2022, **32**(5): 93-101. DOI: 10.3969/j.issn.1009-8097.2022.05.011(Ch).

□