

基于学习进阶的小学数学单元作业智能体设计与实证研究

Design and Empirical Study of an Intelligent Agent for Elementary School Math Unit

Homework Based on Learning Progression

柯月*, 魏雪峰, 于怡, 王艺霖, 代倩

鲁东大学教育学院

*2994243936@qq.com

【摘要】 在数字化转型和“双减”政策的背景下, 作业作为教学的延伸, 作业设计直接影响学业质量。本文针对小学数学作业“一刀切”, “量多质低”的问题, 从学习进阶的视域下, 搭建了数学作业设计智能体。通过人机协同的方式生成数学前置性作业进行学情诊断, 依据 solo 层级确定学生单元起点, 根据起点生成个性化作业, 并采用苏格拉底式对话进行辅导, 智能体批改、记录学生错题, 并基于学情数据评估学生思维结构水平。实验初步表明, 该智能体能为学生提供个性化学习路径, 并辅助教师进行因材施教, 为人工智能赋能作业设计提供了理论和实践指引。

【关键词】 教育智能体; 小学数学; 学习进阶; 作业设计

Abstract: In the context of digital transformation and the "double reduction" policy, homework, as an extension of teaching, has a direct impact on academic quality. This paper addresses the issues of "one-size-fits-all" and "high quantity but low quality" in primary school mathematics homework. From the perspective of learning progression, it builds an intelligent agent for mathematics homework design. Through human-machine collaboration, it generates pre-learning homework to diagnose learning situations, determines students' unit starting points based on the solo hierarchy, generates personalized homework according to these starting points, and uses Socratic dialogue for tutoring. The intelligent agent corrects and records students' errors, and evaluates students' thinking structure level based on learning data. Preliminary experiments show that this intelligent agent can provide students with personalized learning paths and assist teachers in individualized teaching. It provides theoretical and practical guidance for AI-enabled homework design.

Keywords: Educational intelligent agent; primary school mathematics; learning progression; Homework Design

1. 前言

2025 年被业内称为“智能体元年”, 人工智能正从“感知”走向“认知”再到“行动”, “中国智能体领域, 展现出从底层算法到终端应用的全链条创新能力。”^[1] 2021 年, 中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见》, 明确要求减轻学生过重学业负担, 提升课堂学习质量。在此背景下, 作业作为教学评的重要一环, 直接影响着学业质量。然而, 传统的小学数学作业设计仍然存在一些固有问题, 作业内容过于碎片化, 缺乏系统发展学生作业负担过重。为此, 革新作业设计理念, 创新作业设计模式势在必行。

人工智能的迅速发展正在改变教育各个领域。教育智能体, 又称“教学代理”, 在大模型等技术驱动下呈现动态感知、自主决策和持续进化的特点, 具备赋能角色扮演、人机协作和智能共生的新潜力。^[2] 智能体可以实现作业的精准设计与评价。目前, 国内研究主要集中于智能体的发展历程、应用场景和效果等维度展开。从发展历程来看, 教育智能体可追溯于

20 世纪 70 年代的智能导师系统, 可以为学习者答疑解惑。随着信息技术工具的发展, 呈现为更多的虚拟角色; 从应用场景来看, 目前教育智能体在教育教学中可以担任智能导师、学习伙伴等多种角色; 从应用效果来看, 智能体凭借自然语言理解和生成能力, 能够开展开放性、情境性的教学。

学习进阶是刻画学生思维发展的模型, 为刻画学生在某一概念领域内的发展路径提供了框架。根据学习进阶指导作业设计可以发挥作业的育人价值。而现有的技术工具在作业设计方面, 主要集中于作业批改和题库推送, 缺乏对学生深层次思维结构的引导, 作业之间缺乏关联, 无法实现学生在单元知识体系中的进阶。因此, 本研究旨在构建一个能理解学生思维, 为学生提供针对性作业、个性化学习支持的智能体。

2. 文献综述与理论基础

2.1. 建构主义学习理论

建构主义学习理论来自于皮亚杰的认知发展理论, 学习是学习者基于每个人的个体经验主动建构的。从建构主义理论出发, 智能体被设计为辅助学习者进行知识探索和建构的数字化学习支架, 通过对话式问答、情境的模拟, 引导学习者逐步发现、解决、应用、反思学习问题。该理论为小学数学教育智能体的设计提供了依据, 凭借大模型强大的语义理解、自然语言生成和动态调整反馈能力, 精准判断掌握学生漏洞问题, 为学生提供个性化的学习支架, 同时通过多轮对话, 突破学生固有认知思维, 打破认知边界。

2.2. 分布式认知理论

Gavriel Salomon 认为, 分布式认知是一个包括所有参与认知的事物的新的分析单元, 认知分布于个体内、个体间、媒介、环境、文化、社会和时间等之中。^[3]分布式认知认为学习发生在学习环境、学习者使用的工具、学习者之间的交互, 以及所有学习者中。教育智能体重新分配认知资源, 打破传统的师生教学空间。同时, 智能体可以记录下学生的交互过程, 通过分析概括得出共性问题, 将反馈结果呈现给老师, 将个性化问题直接反馈给学生, 推送相关学习资源。教育智能体实现了认知资源的最优化分配。

2.3. 学习进阶

学习进阶是描述学生在一段时间内学习和探究某一主题时依次进阶、逐级深化的发展路径, 其以核心概念为主轴, 结合进阶起点、进阶终点、进阶变量、各水平的预期表现和特定的评价工具进行建构, 旨在刻画学生对核心概念由现象到本质、由低阶到高阶、由简单到复杂的理解和运用。^[4]学习进阶理论认为, 学生在学习某一特定主题或概念时, 思维发展会连贯递进。它将思维水平划分为前结构、单点结构、多点结构、关联结构和抽象拓展结构五个层次, 为评价学习质量提供了清晰、可观察的标尺。这指导智能体基于学生的“最近发展区”, 沿着教师提供的“台阶”逐级递升, 优化学生思维发展。

2.4. 智能体在教育中的应用演进

智能体经历了从智能辅导系统 (ITS) 到对话式智能体的发展历程。ITS 是利用计算机模仿教学专家的经验、方法来辅助教学工作的计算机系统。^[5]智能体在智能辅导系统中担任教师的角色, 追踪记录学生的学习行为, 在需要时提供辅助指导。库克(Kristijan Kuk)等开发了名为 MIMLE 的智能导师系统, 其核心功能主要由教育智能体实现。^[6]教育智能体能在交互过程中, 通过对学习者回答的分析判断, 来确定是否需要指导和帮助。随着人工智能技术的发展, deepseek, 豆包等工具, 降低了技术应用的门槛, 使教师能够将教学智慧转换为 AI 的行动逻辑。

3. 小学数学单元作业智能体的设计框架

为实现一个进阶式的个性化作业设计智能体，本研究提出了一个三层融合理论框架。见图 1，该框架由理论指引层、智能体实现层、学生发展目标层。其中理论指引层为智能体实现层提供认知地图、指引智能体进行教学决策。智能体实现层则将理论转化为实践，实现“诊断—生成—对话—评估”的功能。最后，所有理论与实践作用于学生发展目标层，实现学生思维结构个性化的进阶。

理论指引层，依据学习进阶理论，将单元作业目标分解为一系列循序递进的阶段性成就水平，为智能体的设计功能实现提供教学指导，为数学单元作业设计提供系统性和方向性。solo 分类理论以皮亚杰认知发展阶段论为基础，用于描述学生学习发展。^[7]它是智能体对学生思维诊断的主要工具，通过学生作业和互动数据，判断学生当前的 solo 层次，并依据目标层次生成递进式问题链。苏格拉底教学法强调以学生为主体，真正的知识来自于学生内部自我发现，而不是外部灌输，教师主要是帮他们激发出内部认知。这一过程犹如产婆为孕妇接生婴儿，教师就像是“助产士”，帮助学生“分娩”出他们自己的思想。^[8]它是智能体对话部分设计的指导原则，担任教师角色逐步指导学生得出答案。

智能体功能实现层，先通过教师依据进阶目标，设计前置性作业基础题库，诊断学生 solo 水平层级，定位学生起点水平。再依据学生的 solo 层次和进阶目标，智能体生成相应的递进式作业。在作业完成过程中，采用苏格拉底式教学法对学生进行对话引导。最后综合学生的作业、对话、错题数据进行分析，形成评价总结。

学生发展目标层，实现学生的个性化学习进阶，目标具象化。从知识掌握落实到进阶的思维结构，每个学生都有自己的进步路径。回归到以学生为发展中心，学生的进步不再由分数单一维度进行衡量，而是由思维结构的层级变化来刻画。同时能基于每个学生的起点、学情提供个性化的指导和资源，指向学生的共同发展。在人机协同的环境中，为每一位学生定制一份学习路线，每个学生都能得到及时的反馈和指导。

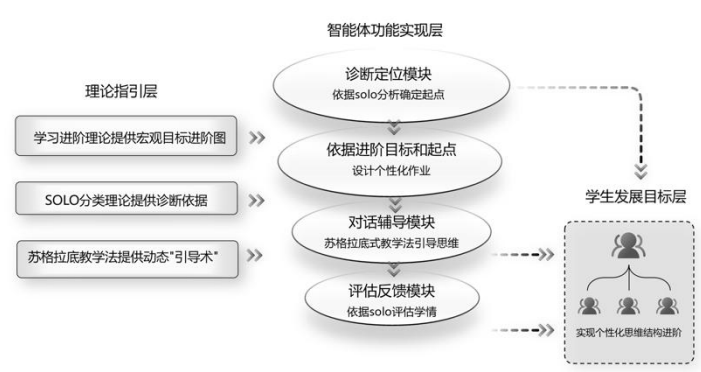


图 1 三层融合理论框架

4. 模型构建与设计实现

以学习进阶设计的进阶目标为基准，将 SOLO 分类作为分析推断的理论支撑，生成逐层递进的教学问题链，以苏格拉底对话为智能体的教学引导引擎，实现对学生思维结构的诊断和水平的提升。

4.1. 核心知识库构建

这是智能体的大脑，智能体依据知识库来武装自己，做出更合理严谨的判断。基于学习进阶的认知目标体系，标注了 solo 层级与认知目标的前置作业题目与主干题目，常见题目错

误分类归因，苏格拉底引导式教学提问的问题链模板。同时为了降低大模型在数学辅导过程中可能出现的“幻觉”，教师为智能体设定了严格的角色边界，在人设与回复逻辑提示词中规定，‘你是一名有着丰富教学经验的三年级数学教师，只能基于已有的知识库内容进行回答，不得编造数学概念或例题。’其次，所有生成式对话需要遵循提示词中‘苏格拉底式对话引导模板’进行，确保对话围绕课程标准中的核心知识点展开。

在作业批改与诊断环节，智能体会先提取识别学生回答中的关键词，再与预设的正确答案规则知识库进行比对，若智能体的输出与知识库冲突，则由教师进行矫正。此外，智能体生成的所有个性化作业都是在教师的审核指导后下发，形成‘人机协同’作业设计。

4.2. 学情与作业目标映射模块的设计

作业目标是作业设计的灵魂与方向，指向学科核心素养的发展。制订作业目标，对作业结构，作业内容的确定，作业评价的实施具有关键意义，作业目标是作业设计的出发点与落脚点。^[9]首先，教师依据学习进阶，融合 solo 分类理论，构建进阶认知层次目标。遵循“学习目标确定→进阶维度抽取→成就水平划分→学业期望表现→评估与策略支持”等流程，构建具有可操作性的进阶式认知发展体系。^[10]进阶目标，主要是依据课程标准来确定，是单元学习的核心素养终点，确定了学生最终应获得什么。

下面以《小数的认识》为例，见表 1，说明认知进阶目标设计过程。“小数的认识”旨在建立学生对小数与整数的联系。首先依据《义务教育数学课程标准（2022 年版）》，得出本单元是在学生学习整数、分数以后，对十进制计数法的一次拓展，是对小于“1”的连续量的精确描述。以 solo 分类理论为指导，从感知到迁移应用，将它分解为层层递进的子目标，每个目标有观察判断依据。

表 1 进阶学习目标

目标层级	学习目标描述	关键评估表现
L1: 初步认识	在具体生活实际情境中识别认识小数，并对其大小有初步了解。	能认识“3.5 元”中的小数，但无法比较 3.5 和 3.6 的大小。
L2: 概念理解	理解小数是对十进制的“细分”，能将小数与分数正确互化。	知道 0.4 是“4 个十分之一”，能在米尺上指出 0.4 米。
L3: 整体关联	理解小数的意义，建立小数、分数与整数间的初步联系，能比较小数大小。	能解释 0.25 是 25/100；能比较 0.8 和 0.79 的大小。
L4: 计算运用	掌握小数加减法计算方法，能解决两步以内的简单实际问题。	能计算 2.5+3.14，能解决“买笔 3.6 元，付 5 元，找回多少钱？”的实际问题
L5: 实际应用	能在复杂、开放实际情境中灵活应用小数，理解其作价值意义。	能回答“为什么成绩要计到小数点后两位？”；设计并计算一个购物预算方案。

通过前置性作业和学生历史作业数据判断学生所处的目标层级判断的学生的起始水平，将下一层级作为学生的当前学习目标。前置性作业，题目诊断进阶的目标层级，能展现学生的思考过程，判断学生存在的问题，最终确定学生的起点目标水平。每个层级设计 1-2 道能反映核心要求的题目。

在知识库中添加教师设计的进阶学习目标、标注 SOLO 层级的前置性作业诊断题库。智能体将前置性作业发送给学生，通过关键词提取和自然语言理解能力，先判断学生的起点水平，将学生的起点和进阶学习目标匹配。例如在回答解释“0.25 的意义”时，是否包含“平均

分”等关键词.如果回答“0.25 就是 25 个点”，说明思维结构处于单点结构，智能体判断其处于第一层级，推送相应的学习路径和资源，确定当前的下一步的学习目标。

4.3. 作业内容设计模块

依据学生的思维结构 solo 层级水平，错题学情分析，作业诊断结果，设计相应的题目。智能体查询知识库中对应层级知识点的主干题目，主干题目由教师精心设计的典型例题集合构成。每个单元大概包含 20-30 道母题，覆盖从 L1 到 L4 每个进阶层级的关键表现，每一道母题都锚定了一个清晰的学习目标，是智能体生成变式题目的模板。针对学生层级水平与错题学情分析，生成查询前置概念的题目。由知识库查询到的对应的主干题目，然后根据学生的错题历史，生成相对应的巩固提升迁移的“N”个子问题。

当学生作业完成过程中有问题时，可以向智能体求助。智能体会依据苏格拉底式教学法，对学生进行层层引导，如果学生某个概念有问题，智能体会生成一个更基础的问题来引导学生理解概念。同时智能体会将和学生的互动对话内容保存记录下来，发现学生存在的问题。错题记录。学生完成所有作业以后，智能体再评估学生的思维结构 solo 层级水平。

4.4. 作业诊断模块

将学生完成的作业图片交给智能体的工作流批改完成，针对学生层级水平与错题学情分析，以及学生与智能体的对话记录判断学生的思维结构。智能体凭借强大的自然语言处理能力，提取学生回答文本中的关键词，逻辑关系与概念之间的链接，判断学生的 solo 层级思维结构。

前结构(P)与单点结构(U)：回答错误或无关内容，比如比较小数的大小，只关注数字的位数(3.53 和 5.1)，智能体会自动识别。多点结构(M)：能发现题目中考查的多个知识点，但未建立知识点之间的联系，如能意识到 0.4 是 $\frac{4}{10}$ ，0.40 是 $\frac{40}{100}$ ，但认为两者不相等，智能体会识别到未建立分数和小数之间的等价关系。关联结构(R)：能联合多个知识点之间的联系，形成知识网络，但是在新的题目情景中不会灵活运用，如能解释 $0.4 < 0.6$ ，是因为 0.4 是 40 个 0.1，0.6 是 60 个 0.1，并能联系 $\frac{4}{10} < \frac{6}{10}$ 进行说明。抽象拓展结构(E)：能在新的题目情境中迁移应用自己已学的知识，如在超市购物情境中知道商品单价中小数的含义，并利用小数比较大小的方式来区分物体的价格，并说明两位小数的意义。

智能体依据学生的思维结构 solo 层级，归类学生的学习问题障碍。如小数加减法应用处于多点结构，对“满十进一在小数中的迁移应用有问题”。采用苏格拉底对话引导式教学，并将学生的学习目标调整至下一进阶式的学习目标。

5. 实验设计与实施

为验证数学作业设计智能体在促进学生思维结构水平方面进步的有效性，本实验采用准试验研究法并结合质性案例分析进行综合探究。

5.1. 实验对象与分组

本研究于 2025 年秋季学期，在山东省 L 市一所小学三年级进行。选取在师资力量、学生学习基础、数学学习成绩情况均无明显差异的两个班级作为研究对象。其中一个班级作为实验组，另外一个班级作为对照组。两个班级由同一位经验丰富的数学教师授课，使用相同的教材和教学进度，除“是否使用作业智能体”外，其他教学变量得到最大程度控制。

依据皮亚杰认知发展理论，三年级的学生约 8-9 岁，处于从“前运算阶段”向“具体运算阶段”发展的过渡期，思维具备一定的逻辑性和可逆性，但还是需要一定的具体事物支撑。^[11]这一认知特征使得智能体的苏格拉底式对话引导和 solo 分层具有可操作性，学生既能进行抽象思考，又能通过支架式的对话引导促进思维进阶，恰好验证智能体的教学支持效果；为了

保证实验结果的可靠性与准确性，本研究对实验班和对照班的作业总量也进行了一定的控制，两班学生总共题量保持一致，均为每课时 6-8 题。实验班采用智能体辅助设计的个性化作业，对照班则采用教师统一布置的纸质作业。

实验前对两班学生进行《小数的初步认识》基础知识教学讲授，初步了解认识小数的基本概念、意义，并进行前测，独立样本 t 检验显示两班学生在成绩上无显著差异，满足实验分组要求。实验组采用基于学习进阶的单元作业设计智能体，对照班则采用传统作业布置模式，以便对比分析不同作业设计对学生学习思维结构的影响，这说明智能体的交互设计已初步符合学生的认知语言特点。

5.2. 实验工具

基于 coze 平台设计的数学单元作业设计智能体，核心功能包含作业目标和前置作业设计，作业批改，作业内容设计，作业诊断，苏格拉底式对话引导教学。

前后测试卷为知识掌握单元测试卷，由教师提前依据课程标准设计，考查小数意义、读写、比较、加减计算等核心知识点。思维结构评估，基于学生和大模型的对话记录分析学生思维结构提升的有效性。

为了让实验测量工具符合小学三年级的认知发展水平，本研究在正式实验前进行了小规模预实验，前后测试卷由一线数学教师依据《义务教育数学课程标准》第二学段中的要求编制，确保题目符合学生的阅读和理解能力水平。同时，智能体的引导对话也是进行调试迭代优化的，由初始的开放性问题，逐步调整为更具支架性的问题，并加入反馈。预实验显示，优化智能体以后，学生能更清晰地表达自己的思考过程。

5.3. 实验过程

实验持续一个完整的《小数的认识》单元教学周期。

第一阶段，前置作业设计与作业目标锁定，实验班学生在智能体的支持下完成前置性作业，并据此为学生锁定基于学习进阶的起点目标。教师根据学生整体学习情况，调整学习重难点。对照班则由正常的课前预习开始，逐步在教师的引导下进行学习。

第二阶段，实验班完成课中课后协同个性化作业。课堂教学中，教师根据学生与智能体的对话记录分析，判断全班学生存在的共性问题，学生在学习过程中有问题，可以随时向智能体求助，智能体通过苏格拉底式对话引导学生解决问题。学生通过课前作业的批改结果和学情数据分析，接收智能体设计的分层个性化作业。对照班采用统一作业模式，课后练习和教师统一发放的试卷。学生在学习过程中如果遇到问题，可以向老师和同学请教，没有智能体支持。

第三阶段，后测与数据收集。两个班同时用单元测试卷进行知识后测与思维结构后测，并收集实验班的作业数据，对话记录，错题本。

5.4. 实验数据收集与分析

使用 SPSS 对数据进行统计分析。采用协方差分析，以前测成绩为协变量，检验两班后测成绩的差异；对两班学生 SOLO 层级前后变化进行分析判断。

为了检验实验班与对照班结果的评定一致性，本研究进行了信度检验。从实验班和对照班各随机抽取 20 份学生作业，由经过 SOLO 分类理论培训的专家（小学数学高级教师）进行评定，将同一份作业材料输入智能体进行判定。检测智能体、判定与人工判定的符合率。结果显示，在 40 份样本中，智能体判定与教师判定结果基本一致的为 30 份，符合率达 75%；在多点结构（M）和关联结构（R）的临界判定上存在少量分歧（10 份）。通过计算，智能体判定与人工判定之间的 Kappa 系数为 0.74 ($p < 0.001$)，表明具有高度一致性。对于存在分歧的样本，研究者进行了复盘，并将这些案例纳入知识库中。

6. 结果分析与讨论

6.1. 质性案例分析

为了理解学生思维结构的内在变化，本研究选取了实验班 3 名不同起点的学生，对其与智能体的完整对话记录等进行了质性分析。以起点为单点结构的学生为例，其在学习‘小数大小比较’这部分内容时，最初仅仅关注数字位数。智能体通过苏格拉底式对话逐步引导：‘你能在尺子上找到 0.5 米和 0.45 米的位置吗？’，‘0.5 米是几分之几米？’，学生在多轮对话中逐渐意识到可以将小数转换为相同单位的分数来进行比较。这一思维对话过程揭示了学生从‘单点关注’到‘多点关联’的认知转变。类似的对话记录表示，智能体的引导式提问起到了‘认知支架’的作用，帮助学生建构起概念间的联系，完成认知的转变。这些质性数据为量化结果提供了过程性解释，表明思维进是一个循序渐进的过程，是在具体的对话情境中发生的。

6.2. 量化结果分析

使用 SPSS 26.0 进行统计分析。见表 2，采用协方差分析，以前测成绩为协变量，检验两班后测成绩差异；以知识前测成绩为协变量进行 ANCOVA 分析，结果显示，实验班后测成绩（M=88.7，SD=9.2）显著高于对照班（M=82.1，SD=10.5）， $F(1, 85)=12.34$ ， $p<0.001$ ， $\eta^2=0.127$ ，表明智能体干预对提升学生单元知识掌握水平具有中等程度的积极效应。

表 2 实验班与对照班知识掌握前后测成绩分析表

组别	n	前测成绩 (M±SD)	后测成绩 (M±SD)	调整后后测均值 (M_{adj})	标准误差 (SE)
实验班	45	75.2±11.4	88.7±9.2	88.5	1.3
对照班	43	74.8±10.8	82.1±10.5	82.3	1.4
整体	88	75.0±11.1	85.5±10.2		

后测中，实验班学生 SOLO 层级分布在关联结构（R）和抽象拓展结构（E）的比例（合计 71.1%）显著高于对照班（41.9%）， $\chi^2(4)=15.87$ ， $p=0.003$ 。

表 3 实验班与对照班思维结构进阶分析表

SOLO 层级	实验班 (n=45)	对照班 (n=43)
前结构/单点结构 (P/U)	3 (6.7%)	10 (23.3%)
多点结构 (M)	10 (22.2%)	15 (34.9%)
关联结构 (R)	22 (48.9%)	12 (27.9%)
抽象拓展结构 (E)	10 (22.2%)	6 (14.0%)
高阶思维 (R+E)	32 (71.1%)	18 (41.9%)

见表 3，卡方检验结果表明，实验班学生达到高阶思维的比例显著高于对照班（ $\chi^2=15.87$ ， $p=.003$ ）。具体而言，实验班有 71.1% 的学生思维水平达到关联结构及以上，而对照班该比例仅为 41.9%。这清晰地证明，智能体干预显著助力了学生思维结构的进阶。对实验班学生分析低起点学生（前测为 U/M）主要向 M/R 层级迈进；而中高起点学生（前测为 R）向 E 层级迈进的比例显著高于对照班同水平学生。这表明智能体提供的“最近发展区”作业与引导，有效促进了不同水平学生的思维向更高阶发展。

6.3. 综合讨论

本研究结果证实,融合学习进阶、SOLO 分类与苏格拉底法的三层框架,能系统化地指导数学作业设计,减轻教师的重复性工作,实现“诊断-生成-对话-评估”闭环,有效支持思维进阶。其优势在于针对每个学生的个性化起点基础设计作业。局限性在于,当前智能体的识别判断与反馈能力有限,以及诊断的依据需要再严谨细分。作业设计智能体仍然需要教师设计的题目母版作为参考依据,并且设计的作业需要教师审核。在人机协同教学中,教师角色也在发生转变。实验表明,教师角色从“作业批改者”和“统一讲授者”转变为“学情分析师”、“作业辅助设计师”。教师利用智能体提供的精细化作业分析数据,在课堂上进行点评和小组分层任务设计,实现了“大规模个性化”与“课堂集体教学”的优势互补。

在理论上,本研究通过整合经典的教学理论,为教育智能体的设计提供了一个具有深厚教育学理支撑的通用框架。在实践上,它提供了一条低成本、可推广的个性化作业设计实践路径,通过将教师从重复性劳动中解放出来,使其能更专注于更具有创造性的工作,为“双减”政策下的作业质量提升提供了技术解决方案。

7. 实验结论与展望

本研究设计并初步验证了一个以学习进阶理论为指引的三层融合框架,并遵循框架设计小学数学单元作业智能体。该智能体以学习进阶设定系统性目标,以 SOLO 分类理论实现思维诊断,以苏格拉底式对话实现启发式引导,形成了完整的学习支持闭环。准实验研究表明,该智能体不仅能有效提升学生的数学知识掌握水平,更能显著促进其思维结构实现从低阶向高阶的个性化进阶,验证了理论框架在实践中的有效性。

样本仅来自山东省 L 市一所小学的两个班级,存在样本量较小的问题,限制影响了研究结论的普适性。未来研究需要关注智能体在不同地区的应用和效果差异。特别是城乡之间、不同家庭教育资源背景下的学生,其数字素养、以及对 AI 的使用熟悉能力可能存在不同,这些因素可能影响智能体的辅导和应用效果。因此,后续研究可以继续扩大样本范围,探索智能体在不同地区的应用策略。

未来展望,探索如何增强智能体的对话理解、思维诊断和创造性问题生成能力。未来需要关注探索如何识别采集学生的学习情绪。将框架迁移至更多基础学科(如科学、语文作文)和学段。深入研究智能体支持下的新型“师-机-生”三元关系,构建更完善的人机协同教学理论模型与实践。

参考文献

- [1]新华社. 智能体元年中国 AI 的进取之势[EB/OL]. <https://weibo.com/u/2810373291>.
- [2]卢国庆,徐秀莲,巴深,等. 协作学习中教育智能体的设计策略、角色功能与交互模式 [J/OL]. 电化教育研究, 2026, (01): 67-74+83[2026-01-02].
- [3] Cole .M., Engestrom, Y.. A Cultural-Historical Approach to Distributed Cognition. In : Salomon G. ed. Distributed Cognitions : Psychological and Educational Considerations[M].USA: Cambridge University Press .1993 .2~35.
- [4] 张颖之. 理科课程设计新理念:“学习进阶”的本质、要素与理论溯源 [J]. 课程.教材.教法, 2016, 36 (06): 115-120.
- [5] SLEEMAN D, BROWN J S. Intelligent tutoring systems[M]. London: Academic Press, 1982: 2-7.
- [6] KUK K, MILENTIJEVIC I, RANCIC D, et al. Pedagogical agent in multimedia interactive modules for learning-MIMLE [J]. Expert systems with applications, 2012, 39(9): 8051-8058.

- [7]李家清,梁秀华,朱丹. 核心素养背景下以 SOLO 分类为基础的学习质量评价——以地理综合思维的单元测试为例 [J]. 教育测量与评价, 2018, (08): 11-17.
- [8]Brickhouse T C, Smith N D. Socratic teaching and Socratic method[A].The Oxford Handbook of Philosophy of Education[C]. Oxford: Oxford University Press, 2002: 177-194
- [9] 范梦怡,刘鹗,苏永平. 素养立意的化学单元作业设计:内涵探析与实践进路 [J]. 课程.教材.教法, 2024, 44 (01): 135-142.
- [10] 李世瑾,周榕,顾小清. 基于学习进阶的 STEM 教育模式 [J]. 现代远程教育研究, 2022, 34 (02): 73-84.
- [11] 孙清祥. 论皮亚杰认知发展阶段理论及其对教育的启示分析 [J]. 南昌高专学报, 2012, 27 (01): 64-66.