

人机智能协同的作业辅导:动因、框架及应用研究

夏雪莹, 李玉斌, 王旭光, 姚巧红

(辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081)

[摘要] 在“双减”政策背景下,研究如何开发摆脱答案供给式辅导模式,强化高阶思维发展、元认知调节与情感激励作用的新一代智能作业辅导系统框架成为当前智能学习系统需要突破的关键性技术之一。文章针对当前智能作业辅导系统关键环节存在的学习者多元隐性特征难以挖掘、高阶思维能力难以引导与培养、辅导策略属性缺乏精细设计以及辅导效果验证数据支撑不足等问题,采用人机智能协同的技术破解路线,构建了以学习者多元数据和作业题面信息智能采集为起点、专家经验与机器智能协同决策为基础、融入元认知调节策略,结合辅导策略知识图谱,以促进学习者高阶思维能力发展的新一代智能作业辅导系统框架,自动生成服务于不同学习者的以知识掌握与思维发展并重的目标的个性化辅导方案,并在原型设计基础上结合实例进行应用分析,以推动作业辅导精准化、智能化实现。

[关键词] 智能作业辅导; 人机智能协同; 学习分析; 框架构建

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介] 夏雪莹(1994—),女,安徽宿州人。博士研究生,主要从事人工智能教育应用研究。E-mail:1379505730@qq.com。姚巧红为通讯作者,E-mail:lnnuyao2023@126.com。

一、引言

2021年7月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《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》指出,“线上培训机构不得提供和传播拍照搜题等惰化学生思维能力、影响学生独立思考、违背教育教学规律的不良学习方法”^[1]。也就是说,作业辅导要把促进学习者内在知识建构、认知发展、元认知能力提升和高阶思维能力发展放在首位^[2],摆脱答案供给式的辅导模式。为此,构建新一代智能作业辅导模式受到广泛关注。那么,如何在以往学科教师作业辅导经验的基础上,充分发挥智能技术在作业辅导中的关键作用,以实现思维发展、元认知调节与情感激励的个性化作业辅导呢?显然,人机智能协同是可行且当下必然的实现路径^[3],即在机器学习算法支持下,通过收集学习者的历史学习记录与作业题面信息,以确定学习辅导目标。同时,结合专家经验进行辅导策略的协同标注、检验与修正等,最

终为学习者提供知识掌握与思维发展并重的个性化辅导方案。为了实现个性化作业辅导并克服已有辅导模式的缺陷,本研究深入分析当前智能作业辅导系统存在的不足,提出新一代人机智能协同的智能作业辅导系统框架,并在原型设计基础上结合实例进行应用分析,以推动人机智能协同的智能作业辅导研究取得进展。

二、当前智能作业辅导系统存在的不足

作业辅导作为智能辅导系统的核心功能之一,广泛存在于“AutoTutor”“EER-Tutor”“Betty’s Brain”“智慧学伴”“一起作业网”等典型的智能作业辅导系统中。然而,当下在线作业辅导系统在个性化和精准化方面还面临着不少挑战。本研究依据问题解决理论^[4-5]和波利亚的《怎样解题》^[6]等相关研究成果,将作业辅导的生命周期划分为辅导目标确定、辅导策略匹配、辅导策略实施和辅导效果验证等四个关键环节,并以此为基础来分析当前智能作业辅导系统存在的不足。

基金项目:2022年度教育部人文社会科学研究一般项目“在线学习者学习情绪状态实时智能测评研究”(项目编号:22YJA880076)

(一)辅导目标确定:缺乏对学习者的多元隐性特征的显性化挖掘与分析

在确定作业辅导目标时,往往将作业中已知量、未知量和已知条件等作为重要因素^[7],即以正确解答作业为辅导目标确定的依据。而学习者的多元隐性特征具有丰富的语义信息,对其充分挖掘与分析,可提高辅导目标确定的精准度。但已有的作业辅导系统对学习者的多元隐性特征(包括学习者的已有知识体系、学科能力、学习风格、作业情绪和易错点等信息)考虑不足。当前智能作业辅导系统的局限性体现在对学习者的认知能力以外的隐性能力支持不足^[8],进一步限制了作业辅导系统对学习者的隐性特征显性化的挖掘与分析。

(二)辅导策略匹配:难以引导与培养学习者的高阶思维能力

已有的辅导策略多以认知能力提升为指引。例如:通过辅导目标确定学习者某个知识点掌握欠佳,便采用推荐知识点对应的微课资源或者习题资源等利于知识点掌握的辅导策略^[7]。以上方式在一定程度上能够解决同类知识点或相似作业等问题,但忽视了对元认知能力^[9]、问题解决能力^[10]、人机协同学习能力^[11]等高阶思维能力的引导,难以从根源上解决学习者作业辅导问题。学习作为一个复杂行为过程,需要以高阶思维能力提升为培养目标,方可解决作业问题并达到“一通百通”。

(三)辅导策略实施:缺乏对辅导策略属性的精确定义

在已有的智能辅导系统中,辅导过程通常包括两层循环,其内循环用于实现疑难问题的分步提示、反馈与辅导;外循环用于实现学习任务或资源的推荐^[12]。但在实际应用中,辅导策略多被当作是单层面实施的过程,并未对辅导策略的具体属性(如辅导类型、辅导时机、辅导实施方式等)加以考虑。具体而言,辅导类型分为知识点辅导和题目辅导,其对应的辅导策略实施框架存在差异^[7]。对于辅导时机,由于众多研究者对辅导的时长没有给出统一说明,导致同样是即时辅导却对学习成效产生差异性影响^[13],但有效的辅导应具备及时性与持续性已被证实^[14]。对于辅导实施方式,可分为人工辅导、机器辅导和人机协同辅导三类。同时,随着传统教育不断向智慧教育范式^[15]转型与发展,智慧教育需要回应智能时代的挑战,更应关注核心素养,培养全面发展的人。也就是说,智能技术支持的作业辅导系统不仅提供以知识内容掌握为基本目标的学习支持,而且走向培养学习者在不同概念、不同观

点之间发现连接、识别范式和创新意义的能力^[16]。以上功能的实现离不开对辅导策略属性的精细设计。

(四)辅导效果验证:构建因果关系数据支撑不足

针对辅导系统是否有效,研究者做了大量的实证研究,但测评结果不够精细,很难从辅导系统的学习行为数据中找到验证辅导效果的支撑证据^[17]。在实证研究中,研究者可尝试采用基于因果关系的辅导效果验证方法^[18]。例如:为验证辅导系统中推荐辅导方案的有效性,学习者可自由选择是否遵从辅导方案,同时收集过程性辅导行为数据,最终得出是否采纳辅导方案与请求辅导次数、学习收益、作业量、作业尝试次数等要素间的因果结构关系,系统地验证辅导效果的有效性。

综上所述,当前智能作业辅导系统确实存在一些不足,计算机与人类专家相结合确实在作业辅导中能够起到解决一些辅导系统难题、提高作业辅导效率和质量的作用,因此,深入研究新一代人机智能协同的智能作业辅导系统框架具有重要的现实与教育意义。

三、基于人机智能协同的作业辅导框架

基于上述分析,要想实现智能化的作业辅导,单纯依据专家经验或者机器智能均难以达成。由此,将专家智慧与机器智能有机融合是实现智能作业辅导的可行之策。

(一)作业辅导的人机智能协同理念

随着人工智能技术的迅速发展,基于数据驱动的机器学习可以帮助人类更好地分析与解决问题^[19],提高了人类智慧决策的科学性。但考虑到人工智能仅在定义明确、拥有大数据的任务中具有良好的效果^[20],其在复杂问题推理、情感动机激发等方面逊于知识驱动的专家经验^[21]。因此,针对以学习者高阶思维能力培养、情感动机激励等为目标的教育领域,机器智能难以完全替代人类智慧;同样,人类智慧也难以达到机器智能的客观性与实时性。例如:在作业辅导中,机器收集学习者的历史答题记录,计算出学习者个性特征的各项指标,结合作业题目信息自动抽取出相关知识点与能力要求,判断出作业辅导目标,但机器无法识别与解决新的辅导目标,同时,机器也较难直接在学习者情感、态度、价值观层面实施深层辅导^[22]。显然,机器提供的辅导多为自动评估、智能推荐等功能^[23-24],人类专家可基于自身教学经验,在辅导目标属性的检验、辅导策略标注、辅导策略链的决策与修正,以及辅导策略组织框架的预设等方面发挥作用,但由于人类专家能力与精力有限,难以对大规模的学习者展开个性化作业辅导。因此,仅依赖专家或者机器均

难以实现兼顾个性化、规模化的作业辅导,需要通过人机交互达到专家智慧与机器智能的有机融合,最终形成人机智能协同新生态,构建有效的作业辅导人机协同机制^[19]。

参考以上人机智能协同理念,本研究在波利亚提出的“怎样解题四环节”基础上,充分考虑当前智能作业辅导存在的不足,以实现面向人机智能协同的智能作业辅导,如图1所示。以初中数学作业辅导为例,具体阐述面向人机智能协同的作业辅导理念,可概括为四步:第一步是理解数学作业试题,采用对试题的已知量、已知数据和未知量等主要部分进行提问的方式,将系统的题意理解与专家经验相结合,以确定辅导目标;第二步是为作业解答拟订方案,采用元认知提问的方式,引导学习者构建作业解答思路,并提示学习者建立已知数据与未知量之间的联系,同时关注专家教师对学习高阶思维能力的引导与培养,以匹配辅导策略;第三步是执行作业解答方案,采用元认知提问的方式,引导学习者检查每一个步骤,同时考虑辅导策略的类型、时机和方式等属性的精细设计,以实施辅导方案;第四步是回顾作业解答结果,即检查已经得到的解答,同时关注辅导行为数据间的因果结构关系,以验证辅导效果。

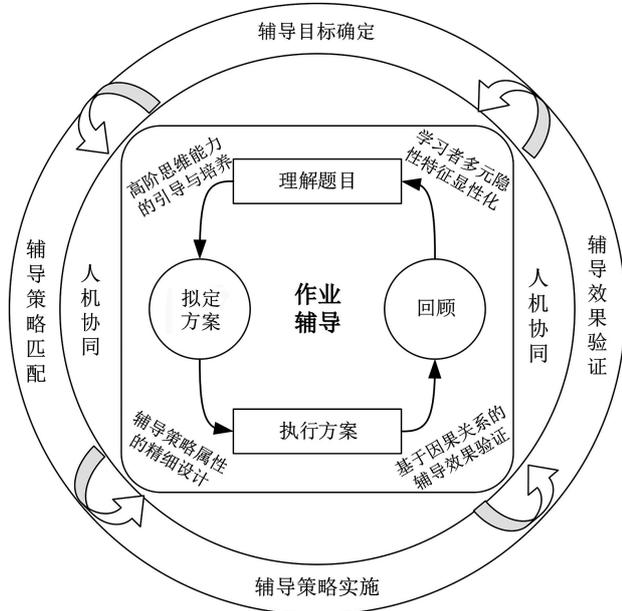


图1 面向作业辅导的人机智能协同理念

(二) 人机智能协同理念下的作业辅导框架

基于人机智能协同理念,结合波利亚“怎样解题四环节”的成果,本研究提出了人机智能协同的作业辅导框架(Human-Machine Intelligence Collaboration Framework for Homework Tutoring,简称HMIC-FHT),如图2所示。该框架以学习者个性特征信息和作业题

面信息等数据收集为入口,伴随式采集学习者的历史作答数据,基于人机协同诊断以确定辅导目标;依据辅导策略知识图谱匹配辅导策略;结合不同学科特点实施辅导策略方案并反馈辅导效果,修正人机协同的作业辅导方案,由此构建智能作业辅导的闭合回路。

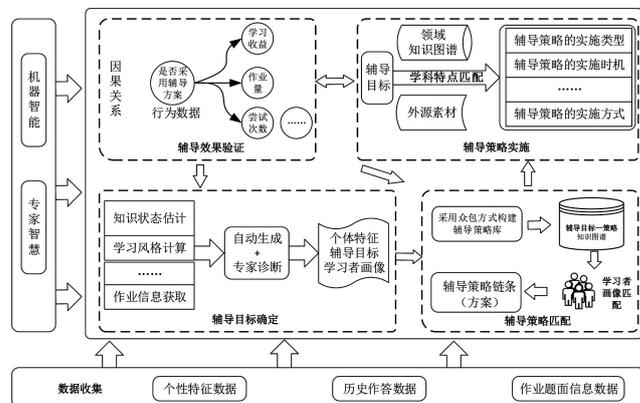


图2 人机智能协同的作业辅导框架(HMIC-FHT)

1. 学习者多元特征数据和作业题面信息的收集

学习者多元特征数据与作业题面信息的获取与分析是实施智能作业辅导的首要条件。近几年,研究者从不同的研究视角出发,刻画了多元化的学习者特征,集中体现在学习者的知识结构状态、学科能力水平、情感态度、学习风格、易错点等方面^[25-26]。本研究结合作业辅导中的学科作业特征,以及学习者个性特征的动态性,采用了专家智慧和机器智能协同的方式,获取学习者多元特征数据和作业题面信息。例如:采用问卷或量表的方式获取学习者的情感态度和学习风格特征;采用最新的知识追踪算法和分类算法,自动计算出学习者的学科知识状态、学科能力水平和常见易错点等信息。其中,学科知识状态描述了学习者在指定学科、年级、章节对应的知识点掌握状态;学科能力水平刻画了学习者开展学习或问题解决活动所需的学科能力层级,已有研究者将学科能力定义为若干维度,且不同的学科对应不同的维度层级^[27];常见易错点描述了作业试题对应的常见错误类型,且不同学科试题对应的常见易错点存在差异。

根据不同学科作业的特点,作业题面信息的获取与分析稍有差异。以数学学科为例,波利亚在《怎样解题》中强调理解题意的重要性,这就要求机器可以自动识别出题目关键信息以达到自动理解题意的目的。已有学者尝试采用句模与模糊匹配^[28]、事件抽取^[29]等方式对初中数学题目进行题意理解,取得了良好效果。

2. 融合学习者画像和作业题面信息的辅导目标确定

辅导目标确定的前提是对学习者画像和作业题

面信息进行全面、准确、动态的刻画,因此,构建题意理解和学习者画像模型是确定辅导目标的基础。本研究从特征层、表现层和发展层等三个层面入手^[30]。其中,特征层除了表征学习者的个性特征,如基本信息、学习风格、易错点等信息,还表征作业题面的特征信息,如作业类型、所属章节、考查知识点以及学科能力层级等信息。表现层刻画了学习者在作答作业过程中所呈现出的“最近发展区”,即正确作答作业所要求的知识、能力层级与学习者已有知识、能力层级之间的差距。此类数据属于复杂抽象信息且是动态变化的,主要基于已有的作答记录和学习者个性特征进行综合挖掘、刻画与分析得到。发展层反映了学习者的课程期望目标、个人发展目标等,此类数据可通过问卷获取。因此,基于特征层的学习者特征和作业题面信息,以发展层为目标,结合表现层所呈现的作业辅导“最近发展区”的实时数据,建立对应的作业辅导目标诊断模型,便可判断不同学习者的作业辅导目标。

不同的学习者特征和作业信息辅导目标差异较大,因此,辅导目标实体主要包括五个属性,可表示为 $A = \langle a_n, a_s, a_m, a_q, a_r \rangle$ 。其中, a_n 表示学习者当前的知识体系框架, a_s 表示学习者在当前作业中所反映的学科能力属性, a_m 表示学习者的易错点情况, a_q 表示作业信息中所考查的知识点属性, a_r 表示作业信息中所考查的学科能力属性。以上属性的确定,可在机器智能诊断的基础上引入专家经验协同决策。

3. 基于知识图谱的辅导策略匹配

实现智能作业辅导的前提是构建具有专业性、全面性的作业辅导策略库,本研究基于众包机制的辅导策略标注,结合作业辅导策略特性与辅导流程,对辅导策略试题进行标注,最终生成辅导策略库。辅导策略实体主要包括五个属性,可表示为 $M = \langle m_n, m_s, m_t, m_q, m_r \rangle$ 。其中, m_n 表示辅导策略的名称; m_s 表示辅导策略的扩展内容描述,其来源于外源数据库; m_t 表示辅导策略的类型,包括题意理解类、解题思路类、知识框架类、情感激励类、资源推荐类及综合评价类等六类; m_q 表示辅导策略的辅导时机; m_r 表示辅导策略的实施方式,包括专家辅导、机器辅导、人机协同辅导。随后,依据辅导目标与辅导策略的相互关联关系,以及辅导策略间的关联关系,最终形成“辅导目标—辅导策略”知识图谱。

基于构建完善的知识图谱,可依据辅导目标实体的属性与学习者的个性特征属性推理出相应辅导目标最适合学习者的辅导策略。具体而言,将辅导目标置于“辅导目标—辅导策略”知识图谱中展开关系推

理,得到与辅导目标相关联的辅导策略链状集合;结合学习者个性特征,匹配与学习者契合度较高的辅导策略链条。为保证辅导策略的质量,通过引入人工智能协同的决策方式,将置信度评价较低的辅导策略链条重新返回给专家教师进行协同决策与修正。

4. 基于学科特点匹配的辅导策略实施

依据不同学科的作业特点,辅导策略框架的自组织性对辅导方案的形成具有关键作用。换言之,基于优选的辅导策略链,辅导策略的实施应随着不同学科作业特点而动态调整,以生成个性化辅导方案。具体而言,首先要明确辅导策略的实施学科,依据作业辅导的学科特点选择预先设定的组织框架。例如:数学学科的作业辅导需采用“审题—解题—拓展学习”三大步骤。其中,审题环节为题意理解的过程;解题环节为传达解题思路及知识点的过程;拓展学习环节为推荐学习资源和综合评价过程。在以上环节,选择合适的辅导策略完成辅导。随后,依据当前学科匹配不同辅导策略的实施类型、实施时机以及实施方式等属性,最终形成个性化辅导方案。

5. 基于因果关系的作业辅导效果验证

建立辅导效果的验证和优化机制是实施智能作业辅导的保障。依据因果关系思路以及学习者的作业行为数据,可将辅导效果界定为学习收益、作业量、作业尝试次数等指标,同时根据不同的辅导效果明确下一步的优化方法。例如:若当前的辅导策略实施后明显提高了学习收益且减少作业量、作业尝试次数,那么跳出辅导方案,重新进入“辅导目标确定”环节继续为学习者服务;若辅导效果为提高了学习收益但增加了作业量、作业尝试次数,那么返回“辅导策略实施”环节,重新审视学科特点,确定辅导策略的组织框架以及辅导策略的实施时机、方式等因素,然后继续实施该辅导方案,直至辅导效果中的作业量和作业尝试次数降到最低为止;若辅导效果为学习收益不显著且作业量、作业尝试次数较多,则依据事先确定的辅导策略组织框架,依次实施辅导方案中的下一条策略,直至结束仍然辅导效果不明显,则断定该辅导方案失效。

对于失效的辅导方案,首先返回至“辅导策略匹配”环节,邀请学科专家介入修订当前的辅导方案,形成新的辅导方案并实施;若辅导效果为学习收益显著且减少作业量、作业尝试次数,则将修订后的辅导策略更新至“辅导目标—辅导策略”知识图谱中,并返回“辅导目标确定”环节继续为学习者服务;若修订后的辅导方案的辅导效果依然不明显,则返回至“辅导目标确定”环节,对学习者的画像和题意理解模型进行重

新修正,同时依据学习者访谈和学科专家的诊断修正辅导目标的知识点和能力层级,更新辅导目标的实体属性,而后更新辅导目标重新匹配辅导策略并再次实施,直至辅导效果为学习收益显著且减少作业量、作业尝试次数,则将修补后的辅导策略更新至“辅导目标—辅导策略”知识图谱中,并返回“辅导目标确定”环节继续为学习者服务。

(三) 人机智能协同的作业辅导框架特点

在已有的作业辅导研究中,“作业辅导”多以单一模块存在于学习者的课后服务中,并聚焦学习者疑难问题的解答。在这种场景下,作业辅导的形式、辅导效果的验证等过程皆难以引起研究者的关注,最终作业辅导的有效性无法保证。本研究中,人机智能协同的智能作业辅导框架将作业辅导看作一个完整的系统性工程,采用复杂系统科学的视角看待作业辅导,注重作业辅导的结构性、程序性与动态性。

1. 作业辅导框架的结构性

作业辅导框架的结构性是指作业辅导框架中的各个组成部分相互协同、相互制约。结构性主要体现在两个方面:一方面是作业辅导内容的结构性。在智能作业辅导框架中,各个环节内容协调配合,协同完成作业辅导。其中,学习者多元特征数据和作业题面信息的收集是辅导目标确定的前提,辅导策略匹配与实施是智能作业辅导的实施根本,辅导效果验证是智能作业辅导实施的保障。另一方面是作业辅导形式的结构性。在充分考虑学科特点的基础上,事先预设了作业辅导的组织框架,使得模型输出的作业辅导方案呈现出一定的结构性与规范性。

2. 作业辅导框架的程序性

作业辅导框架的程序性体现为作业辅导的操作步骤集解题程序、解题策略、学习者画像分析、系统验证等于一身,融教育理论与系统开发于一体,是关于“如何进行作业辅导”的程序化工程。理想情况下,程序性的智能作业辅导应从信息的获取与分析开始,准确识别辅导目标并展开作业辅导,然后进行辅导效果的验证与优化。事实上,人机智能协同的智能作业辅导同样是由数据收集、辅导目标确定、辅导策略匹配、辅导策略实施和辅导效果验证等一套流程构成的闭合操作系统。该闭合操作流程更具有程序性,且各环节以自动或者半自动化的方式共同作用以完成程序化的作业辅导。

3. 作业辅导框架的动态性

作业辅导框架的动态性是指依据系统、环境和要素三者间的相互关联与作用,以不断调节、反馈和更

新系统的过程。智能作业辅导框架的动态性主要体现在两个方面:其一,对学习者的多元特征的持续动态监测,基于监测结果实时调整辅导策略。其二,基于“辅导效果验证”环节的反馈优化机制。考虑到学习者画像的动态性,事先预设的辅导策略并非完全适用于当前学习者,因此,在实施辅导方案之后,应基于因果关系的辅导效果调节其他环节,判断是调整辅导策略的实施时机和方式等因素,还是更新辅导策略的内容,抑或是重新确定辅导目标。

四、人机智能协同的作业辅导框架在初中数学作业辅导中的应用

依托上述人机智能协同的作业辅导框架 HMIC-FHT, 研究团队充分考虑智能化作业辅导在学习者课后作业服务中的重要作用,展开了原型系统设计,并在此基础上结合作业辅导实例进行了应用分析。

(一) HMIC-FHT 原型系统

在作业辅导过程中, HMIC-FHT 系统根据学习者个性特征和作业题面信息确定辅导目标,在辅导策略匹配、辅导策略实施、辅导效果验证等环节中生成个性化辅导方案,如图 3 所示。整个过程可分为三大部分:首先是辅导目标识别;其次是辅导策略匹配与实施,包括融合知识图谱的辅导策略匹配和基于学科特点匹配的辅导策略实施两个阶段;最后是辅导效果验证,即考查各个要素间的因果结构关系,对个性化辅导方案进行反馈调节。

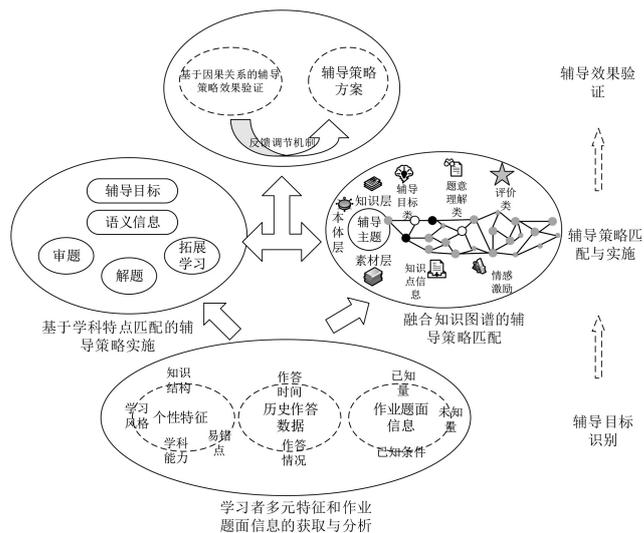


图3 HMIC-FHT 原型结构

(二) 应用实例

HMIC-FHT 系统主要包括辅导目标识别模块、辅导策略匹配模块、辅导策略实施模块和辅导效果验证模块,初步实现了人机智能协同下作业辅导的功能,

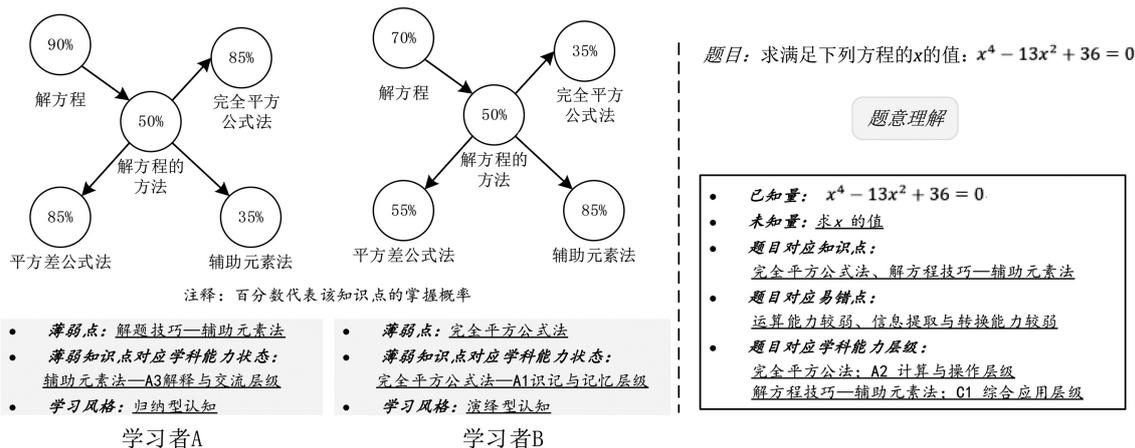


图4 不同学习者画像及题意理解结果

能够为学习者提供个性化作业辅导。以初中数学为例,从作业辅导系统中选取“求满足方程的值”内容专题,对系统的主要环节进行说明。

环节1:伴随式获取利益相关的数据信息,确定作业辅导目标,即通过收集学习者多元特征、历史作答数据和作业题面信息,构建学习者画像模型和题意理解模型,以确定作业辅导目标。其中,学习者画像模型利用历史作答数据,经过深度知识追踪(DKT)算法和双向长短时记忆(Bi-LSTM)分类算法,监测学习者的已有知识体系掌握状态、学科能力状态、薄弱点、学习风格指标。题意理解模型是采用深度学习算法,对作业题面信息进行实体抽取与事件抽取,以识别已知量、已知条件和未知量等信息,同时,使用分类算法,识别题目对应的知识点、易错点和学科能力层级信息。经模型得出,学习者A与学习者B的画像情况、题意理解结果,如图4所示。

环节2:借助辅导策略知识图谱,匹配不同辅导策略。即依据上述确定的辅导目标,结合“辅导目标—辅导策略”知识图谱,将辅导目标置于以上知识图谱中进行关系推理,结合辅导策略的属性特征得出与辅导目标相关联的辅导策略链。其中,辅导策略的匹配结果如下:(1)辅助元素法→反思性问题→在解决相似的问题,你总结了什么方法?(2)完全平方公式法→反思性问题→利用完全平方公式法时,需要注意什么?(3)题目A→同方法题目推荐→已知长方体由一顶点引出的三条棱长,求这个长方体的对角线长?(4)题目A→同知识点题目推荐→求满足方程的x的值: $x^4 - 8x^2 + 15 = 0$ 。(5)题目A→审题环节提问1→观察未知量,通过变化题目,你能想到辅助题目吗?(6)题目A→解题环节提问1→你能想到一道曾经做过的题目吗?

环节3:分析不同学科特点,生成个性化辅导方

案。这里,结合数学学科特点形成的辅导方案包括辅导诊断目标、审题、解题、拓展学习和语义信息等元素。针对相同的题目,不同的学习者具有不同的辅导方案。其中,辅导目标诊断的结果是在综合考查学习者的知识能力水平与作业要求的知识能力水平而计算得出;“审题—解题—拓展”是依据数学学科特点,结合学科知识图谱中的辅导目标与辅导策略的匹配信息而生成的结构化组织框架;语义信息用于保证辅导话语的语义逻辑性。

环节4:基于因果关系思路,验证系统应用效果。针对个性化辅导方案在作业辅导中的应用效果进行测验。一方面该系统,通过元认知提问或者自我提问的方式让学习者有更多反思和自我调节学习的机会;另一方面,通过对学习者多元特征的实时监测为学习者提供动态、精准的学习推荐资源。研究表明,作业辅导方案能够在不增加学习者作业量、作业尝试次数的前提下,保持学习者积极正向的作业辅导态度,增进学习者对智能学习平台的认可度,促进学习者与智能学习平台的深度交互,显著提高了学习者在线学习的学习收益。

五、结 语

智能辅导系统的典型功能是智能辅导与个性化学习,智能化作业辅导作为二者协同发展的增长点,是实现规模化个性化学习、优化教育公共服务和创新教育公平的关键路径。随着信息技术的快速发展,人工智能、大数据等技术支持使得作业辅导兼具有效性和全面性,但仍难以达到精准化的程度。机器智能与人类智慧均有其能力边界,将两者融合是实现精准化作业辅导的可行路径。尽管HMIC-FHT原型系统在初中数学作业辅导的初步应用已验证了系统的有效性与可用性,未来研究仍需要进一步提升作业辅导各

环节中算法模型的准确率与可解释性,并且将学习者的学习情绪因素纳入辅导目标的识别、采用智能化手段实现辅导策略属性的自动标注、采用众包机制实现专家对融合多场景的辅导策略组织框架的预设以及

融合知识驱动与数据驱动的方法进行辅导效果的验证与优化,以进一步优化人机智能协同的智能作业辅导系统框架,逐步走向智能作业辅导的规模化应用,助力作业辅导领域的精准化与智能化。

[参考文献]

- [1] 中共中央办公厅 国务院办公厅. 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 [EB/OL]. (2021-07-24) [2022-10-20].http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/202107/t20210724_546576.html.
- [2] 韩龙淑.专家型教师与熟手教师运用元认知提示语的数学课堂比较研究[J].数学教育学报,2016,25(4):59-62.
- [3] 新华社.习近平向国际人工智能与教育大会致贺信[EB/OL].(2019-05-16) [2022-10-20].http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-05/16/c_1124502111.htm.
- [4] 梁宁建.当代认知心理学[M].上海:上海教育出版社,2014:283.
- [5] 朱贵玺.数学解决问题过程中须培养的四种关键能力[J].教学与管理,2020(2):36-38.
- [6] 波利亚.怎样解题[M].涂涨,冯承天,译.上海:上海科技教育出版社,2007.
- [7] 陈鹏鹤,夏雪莹,卢宇.基于学习意图的智能辅导系统[J].人工智能,2022(2):48-56.
- [8] 屈静,刘凯,胡祥恩,杨钊,蒋卓轩.对话式智能导学系统研究现状及趋势[J].开放教育研究,2020,26(4):112-120.
- [9] 韩建华,姜强,赵蔚.基于元认知能力发展的智能导学系统研究[J].现代教育技术,2016,26(3):107-113.
- [10] 吴澜,余胜泉,骅扬,刘阳.面向学生过程表现的协作问题解决能力评估研究[J].中国电化教育,2022(7):87-96.
- [11] 李冀红,庄榕霞,年智英,刘德建,黄荣怀.面向人机协同的创新能力的培养——兼论面向智能时代的创造性人才诉求[J].中国电化教育,2021(7):36-42,61.
- [12] VANLEHN K. The behavior of tutoring systems[J]. International journal of artificial intelligence in education, 2006, 16(3):227-265.
- [13] 万楠,朱树青,贾世伟.反馈间隔影响反馈加工:整合行为和电生理研究的视角[J].心理科学进展,2020,28(2):230-239.
- [14] GRANT W. Seven keys to effective feedback[J].Educational leadership, 2012, 70(1):10-16.
- [15] 祝智庭,彭红超.技术赋能智慧教育之实践路径[J].中国教育学刊,2020(10):1-8.
- [16] 余胜泉,刘恩睿.智慧教育转型与变革[J].电化教育研究,2022,43(1):16-23,62.
- [17] 孟青泉,贾积有,张志永,颜泽忠.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.
- [18] JIANG B, ZHAO W, GU X, et al. Understanding the relationship between computational thinking and computational participation: a case study from scratch online community[J]. Educational technology research and development, 2021, 69:2399-2421.
- [19] 黄涛,龚眉洁,杨华利,王涵,张晨晨.人机协同支持的小学语文写作教学研究[J].电化教育研究,2020,41(2):108-114.
- [20] 郑勤华,熊潞颖,胡丹妮.任重道远:人工智能教育应用的困境与突破[J].开放教育研究,2019,25(4):10-17.
- [21] 朱永海,刘慧,李云文,王丽.智能教育时代下人机协同智能层级结构及教师职业形态新图景[J].电化教育研究,2019,40(1):104-112,120.
- [22] 赵勇.未来,我们如何做教师?[J].中国德育,2017(11):48-51.
- [23] 刘清堂,吴林静,刘嫚,范桂林,毛刚.智能导师系统研究现状与发展趋势[J].中国电化教育,2016,357(10):39-44.
- [24] 朱莎,余丽芹,石映辉.智能导学系统:应用现状与发展趋势——访美国智能导学专家罗纳德·科尔教授、亚瑟·格雷泽教授和胡祥恩教授[J].开放教育研究,2017,23(5):4-10.
- [25] 张涛,张思.教育大数据挖掘的学习者模型设计与计算研究[J].电化教育研究,2020,41(9):61-67.
- [26] 武法提,黄石华,殷宝媛.基于场景感知的学习者建模研究[J].电化教育研究,2019,40(3):68-74.
- [27] 王磊.学科能力构成及其表现研究——基于学习理解、应用实践与迁移创新导向的多维整合模型[J].教育研究,2016,37(9):83-92,125.
- [28] 彭明.基于句模与模糊匹配的初等数学题意理解研究及实现[D].成都:电子科技大学,2018.
- [29] 岑斐斐.基于深度学习的初中数学习题信息抽取方法研究[D].锦州:渤海大学,2021.
- [30] 彭红超,祝智庭.人机协同决策支持的个性化适性学习策略探析[J].电化教育研究,2019,40(2):12-20.

Human-Machine Intelligence Collaboration for Homework Tutoring: Motivation, Framework and Application

XIA Xueying, LI Yubin, WANG Xuguang, YAO Qiaohong

(School of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning 116081)

[Abstract] In the context of the "double reduction" policy, the research on how to develop a new generation of intelligent homework tutoring system framework that is free from the answer-supply tutoring mode and strengthens the role of higher-order thinking development, metacognitive regulation and emotional motivation becomes one of the key technologies that need to be broken through in the current intelligent learning system. This paper addresses the problems that exist in the key aspects of the current intelligent homework tutoring system, such as the difficulty in tapping learners' multiple implicit characteristics, the difficulty in guiding and cultivating higher-order thinking ability, the lack of fine-grained design of tutoring strategy attributes and insufficient data support for tutoring effect verification, adopts the technical breakthrough route of human-machine intelligence collaboration, and builds a new generation of intelligent homework tutoring system framework based on the intelligent collection of learners' multiple data and homework question information, the collaborative decision-making between expert experience and machine intelligence, the integration of metacognitive adjustment strategies, and the knowledge graph of tutoring strategies to promote the development of learners' higher-order thinking ability. The system automatically generates personalized tutoring solutions for different learners with the goal of both knowledge mastery and thinking development, and conducts application analysis based on the prototype design with examples to promote the accurate and intelligent implementation of homework tutoring.

[Keywords] Intelligent Homework Tutoring; Human-Machine Intelligence Collaboration; Learning Analytics; Framework Construction