

智能型数字教材系统的核心理念和技术实现

张 治¹ 刘德建² 徐冰冰¹

(1. 上海市电化教育馆, 上海 200086; 2. 北京师范大学智慧教育研究院, 北京 100003)

[摘要] 教材是实现教育目标的重要工具和核心资源。它的载体经历了从纸媒到电子介质,再到基于电子介质的教学资源集成的过程,并逐渐走向富媒体化和平台化,下一代数字教材将朝开放、个性化、社群化和智能化方向演进,智能型数字教材系统应运而生。本文通过文献研究法、实证研究法、软件工程法,厘清了智能型数字教材系统的概念、特征及其现实意义,并从知识图谱化、资源组织系统化、学习数据可视化、学习管理智能化四个维度提出了智能型数字教材系统的核心理念,提出了融入学习模型、教学策略模型、学习者画像和知识图谱四个核心组件的智能型数字教材系统的技术实现路径及其推进机制,以支撑不同学科教师 and 不同学习者的自适应学习服务需求,将教材的解读弱中介化,促进教育公平和学生学习效能的提升,以期引发教育教学模式和教育供给方式的大变革。

[关键词] 数字教材; 智能型数字教材系统; 学习者画像; 教学策略模型; 知识图谱

[中图分类号] G42

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2021)01-0044-11

近年来,随着大数据、云计算、5G、人工智能等新兴技术的快速发展和普及,人类正加速迈入以多维感知、泛在互联、智能融合为特征的智能时代,正掀起一轮“智能+”创新与发展的大潮。在这场大潮中,知识的生产、存储、加工与传播方式同样发生了变化,从原来纸质形式发展到数字形式,可存储于虚拟网络空间,可无限复制、随时随地获取。纸质书籍已不再是人类获取知识、传承文明的唯一载体。然而,作为教育最核心的媒介,教材至今仍主要以纸质形式存在,其内容是静态的,呈现方式单一,知识容量、传播速度与传播范围也极为有限。这让教与学的成效极大地依赖教师对教材的解读和再加工,

由此带来教育的不公平。因此,探索、设计、开发与智能时代相适应的新形态教材,是技术深度融入教育的重要着力点,也是教育现代化的关键。

基于此,本研究结合智能时代背景,将智能要素与教材深度融合,尝试提出智能型数字教材系统的核心理念和技术实现路径,为其设计与实践提供借鉴和参考。

一、智能型数字教材系统

(一) 教材及其演进

一般而言,教材是教师和学生开展教学活动的材料,是教学的主要载体(顾明远,1998),也是实现

[收稿日期] 2020-12-06

[修回日期] 2021-01-06

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2021.01.005

[基金项目] 全国教育科学“十三五”规划2019年度国家一般课题“基于学习者画像的综合素质评价行动研究”(BCA190084)。

[作者简介] 张治(通讯作者),博士,上海市电化教育馆,上海市教委第四期双名工程高峰计划培养对象,研究方向:人工智能教育、教育大数据、知识图谱、智慧教育、未来学校(87476088@qq.com);刘德建,教授级高级工程师,北京师范大学智慧学习研究院联席院长,哈佛大学教育学院特邀教授,研究方向:智慧教育、人工智能教育、数字化学习;徐冰冰,硕士研究生,上海市电化教育馆,研究方向:教育大数据、人工智能教育、教育智能治理。

[引用信息] 张治,刘德建,徐冰冰(2021). 智能型数字教材系统的核心理念和技术实现[J]. 开放教育研究, 27(1): 44-54.

教育目的与教学目标的重要工具和核心资源,在教育教学中发挥着重要作用(靳玉乐等,2012)。

教材的发展史是一部人类媒介技术发展史。伴随着媒介技术的发展,其形态经历了从口头教材、手抄教材、纸质教材、视听教材,再到数字教材的演进过程。从口语传播、文字传播到印刷术的推广(郭文革,2018),信息传播的主渠道从口口相传、文字传播,再到利用纸张大批量、高效率地传播信息,信息可以异时、异域广泛地传播,教材形态也注入了媒介技术发展带来的新活力,从无形到有形。

在口口相传的时代,教材还没有以显性形态呈现出来,“教学内容”大部分保存在人的大脑中,这一时期的教材称为口头教材。在手工抄写时代,人们将文字刻在龟壳、竹简、木牍等载体上,产生了手抄教材,人类的知识因此得以长久保存。到了印刷时代,基于印刷装帧技术和艺术,纸质教材批量印制,标准的教科书正式出现,所承载的信息量迅速增加,使得规模化教学成为可能。随着视听技术的发展,电子传播时代的来临,形象、生动的影音视听教材、电子书开始出现,知识的储存方式再次发生巨大变化。

20世纪90年代以来,计算机技术、网络技术的发展给教材带来了革命性变化,数字教材应运而生。它集合了文本、图形、图像、动画、音频、视频等多种形态,嵌入多媒体学习资源及工具,整合了产品、平台、服务等技术支撑与服务体系。有学者称,数字教材是综合了旨在实现教育目标而数字化的学习素材与管理学习过程的信息系统(山内祐平,2010)。数字教材在教育领域,特别是在基础教育主课堂中的普及与常态应用,成为推进教育信息化改革的关键环节与核心要素之一(胡畔等,2014)。

但是,数字教材的发展时间较短,还存在一些问题,如设计与用户体验感有待提高(王晓晨等,2014)、教材内容不能满足学习者的个性化需求(Davy,2007)、内容呈现与交互方式单一、数字教材相关标准不完善(龚朝花等,2012)、开发机制不够完善(李芳媛等,2011)、缺乏“复合型”专家建设团队等,这些制约了数字教材的实践应用。

当下,在大数据、人工智能、区块链等新兴技术的推动下,数字传播技术有了新的、划时代的发展,学习资源的个性化、智能化、丰富性、交互性、动态性不断增强,数字教材随之悄然发生着变化。技术赋

能给教材增添新的教学场景想象力,固化的教材体系开始向人机交互和智能协同的方向发展,凝固的教材逐渐具备了感知、分析甚至“思考”的智能,促进了数字教材新一轮的升级。数字教材渐从“沉默的教师”升级为懂学习者、能互动的“认知导师”,呈现出智能化转向。媒介技术引起教材变革可分为两个阶段:第一个阶段是“新瓶装老酒”,即用纸记录语言、用印刷机复制书稿、用数字媒介收录纸质课本,新媒介“装”旧内容;第二个阶段是“新瓶装新酒”。得益于新媒介不断提升知识传播的速度和效率,文化垄断逐渐消融,数字教材逐渐平台化、富媒体化、智能化。同时,架构在平台上的智能型数字教材系统,能拓展认知场景和交互模式,重构学习生态和教学流程,促进教育服务供给的智能化和个性化。现在,数字教材已基本走完第一个阶段历程,努力实现第二个阶段的突破。因此,下一代数字教材的研究尤为紧迫。融入更多智能元素的智能型数字教材系统必将成为数字教材的未来发展趋势。

(二) 智能型数字教材系统及其特征

智能型数字教材系统是数字教材发展到智能时代的新产物。孙众等(2013)指出,智能型数字教材以传统教材的内容体系作为学习的主要脉络,以图书编排为基本页面主要布局形式,集数字化资源、学习工具,以及学习社群为一体,是学习者实现群智学习和个性学习的数字学习空间入口,它能够实现集体学习情境下的内容共享与学习过程共享,还能满足个性化学习需要。本研究认为,智能型数字教材系统是以数字教材和智能学习平台为支撑,以提升教学效率和个性化为目的,具有知识结构图谱化、资源组织系统化、学习数据可视化、学习管理智能化的形态特征,集成智能终端、数字化资源、教与学工具、学习社群、学习路径规划、教学策略实现等的组合系统,其本质是基于数字教材的自适应学习系统。

智能型数字教材系统继承了传统教材的教学性、科学性、思想性、工具性等特征和属性,教学性仍然是其核心特征与本质属性。技术性是智能型数字教材系统区别于传统教材、数字教材的关键属性之一,具体体现在以下几方面:

1. 形态丰富

智能型数字教材系统能提供更丰富的内容资源。从形态看,智能型数字教材系统融合图形、图

像、音频、视频、3D、VR、AR 等资源形态; 从内容看, 它将名师资源捆绑教材, 使得偏远地区的学习者也可以享受名师资源, 普通“教书匠”也能当“教育专家”。传统的教学依赖于教师对教材的解读, 而优质教师的稀缺, 导致教育的不公平和失衡。顶级名师资源进驻智能教材系统, 有助于解决这一难题。

2. 智能交互

传统教材的交互方式单一, 而个性化、智能化的交互方式是智能型数字教材系统的显著特征之一。智能交互技术的多通道用户界面, 越来越贴近人类的自然交互习惯, 学习者可以采用触摸、语音、手势、眼动等交互通道和交互技术, 如屏幕触控技术、传感感应技术、语音交互技术等, 以自然、并行、协作的方式进行人机交互(吴军其等, 2015)。

3. 个性化推送

传统教材一般由专家预先编制, 内容质量虽然高, 却不能满足教师的教学需求和学习者的学习需求。智能型数字教材系统可以基于学习者特征与学习数据建立起学习者档案与认知模型, 通过知识图谱技术对教材内容进行聚类和学习对象抽取, 对教材内容进行语义增强, 以支持教材内容的深度检索和学习者学习路径的自动生成。智能型数字教材系统能感知学习者个性化需求, 为学习者推送动态的教材内容和个性化的学习资源, 自动生成学习路径, 从而更好地支持学习者的个性化学习。

4. 精准的学习支持服务

智能型数字教材系统可以预测学习行为并为学习者规划学习路径, 为学习者建构知识提供可持续、灵活和动态的工具支持, 还可以根据学习者学习行为和结果的记录, 进行智能诊断与评价, 为学习者提供更精准的学习支持服务, 如记录学习者在线参与互动问答情况、作业完成情况、最终学习效果、错题点等。如 A 同学花了 20 分钟做对了所有题目, B 同学用一个小时也做对了所有题目, 二者耗时不一样, 智能型教材可以捕捉到这种差异。基于大量过程性数据的教学评价更加精准, 对学习者的服务、学习管理、学习目标设定就有了更科学的依据。

(三) 建设智能型数字教材系统的价值与意义

智能型数字教材系统的核心价值如下:

1. 教材解读去中介化, 促进教育公平

教材的解读受制于教师水平, 不同地区、学校甚至不同班级的教师水平都存在差异, 即使同一个教师, 班级授课制下的“以学定教”, 通常以中等学习者水平为常模, 存在学困生“跟不上”, 学优生“吃不饱”的困境。同时, 教材解读高度依赖教师, 而教师资源不均衡, 是影响教育公平的主要矛盾。智能型教材不仅能融入最优质的、数字化的教师智慧, 让教材的解读不受制于师资水平差异, 还能嵌入学习者模型, 让学习走向个性化, 可以成为促进教育公平的有力抓手。

表一 智能型数字教材系统各维度比较

	口头教材	手抄教材	纸质教材	电子教材	数字教材	智能型数字教材系统
媒介技术	口口相传 (4 万到 9 万年前)	手写文字 (公元前 3000 年左右)	印刷术 (始于 11 世纪)	电子传播 (始于 19 世纪 50 年代)	数字传播 (始于 20 世纪 90 年代)	大数据、人工智能、5G 等新技术增强的数字传播
资源形式	保存在人脑中	内容、开本、页码不一致	以标准的教科书为主	电子书、视频教学材料	多媒体教学资源整合进 APP、平台或各类系统	富媒体、沉浸式、虚拟仿真、智能语音、知识图谱、大数据学情分析、自适应推送
个性化学习支持程度	无	无	无, 按照教材统一学习步调	部分, 如果电子书配有扩展资源, 学生可以自主选择, 可以利用工具进行笔记、批注、测试	可以, 配置较为丰富的学习资源、工具, 基本支持个性化学习	较好, 智能感知学生个性化需求, 机器学习实现人机交互
技术增进学习效果	无	无	有, 实现规模化教学	有, 可根据用户偏好调节文字大小、颜色, 配有查找、超链接功能, 可使用外置的语音软件朗读。基于云端的电子书, 无需下载, 可实现随时随地阅读	较好, 技术支持多感官刺激, 听觉型、视觉型等不同学习风格的学生, 能有更适合自己的学习资源和工具, 是网络世界的个人数字化学习空间	好, 技术对个性化学习有促进作用, 人机耦合有望实现
技术架构	无	无	印刷装帧技术和艺术	纸质教材电子化及其电子终端载体	教材的数字化呈现、多媒体资源的悬挂和系统集成	融合资源、媒介和智能教学服务的综合信息系统, 包括学习者模型、教学策略模型、学习者画像和知识图谱的融合体

2. 提升教学效率, 重塑教育流程

传统教学中, 教师需大量时间维持课堂纪律, 吸引学生注意力。智能型数字教材系统自带学习管理系统, 配有趣味互动和任务驱动等功能, 激发学生内在学习兴趣, 因人而异地管理学生学习过程, 帮助教师减负增效, 促进教学流程再造。

3. 丰富知识呈现形式, 满足多元需求

知识以精讲视频、虚拟现实、互动游戏、动画、3D 图片等多种形式形象生动地呈现, 可以增加学习趣味性, 激发学生内在学习动机, 满足不同学习风格的学习需求。

4. 实现泛在学习和大规模因材施教

智能型数字教材系统可以打破时空壁垒, 实现人人、时时、处处可学, 实现泛在学习。同时, 智能型数字教材系统基于学习者模型设计学习路径, 更有大数据和知识图谱作支撑, 可以为不同的学习者定制适合的学习服务, 学习者能自主选择或智能推送学习内容, 有助于实现大规模因材施教。

二、设计框架

智能型数字教材系统不是单纯的教材数字化, 而是需要基于系统的技术服务体系才能充分实现其价值。其价值主要在于拓展教与学场景的想象力, 促进人类在更高的维度重构教育范式和服务模式, 在人类已有的教育智慧基础上, 促进教学智能体的持续进化。智能型数字教材系统依据其核心理念构建的设计框架见图 1。

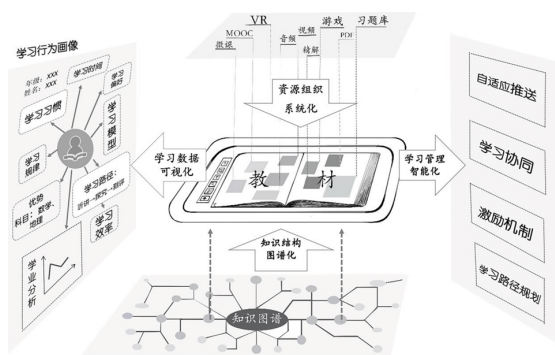


图1 智能型数字教材系统的设计框架

(一) 知识结构图谱化

传统教材的内容相对固化与封闭, 且知识点更新慢, 教材的生产周期也长。纸质教材一经印刷, 内容

基本不会变动。视听教材以音、视频为主, 一旦拍摄或录制, 改动起来较为困难。数字教材虽然以图形、图像、音频、视频等形式呈现, 仍很难改变知识内容。

在智能型数字教材系统中, 知识结构的图谱化是对传统教材内容固化的重大革新。知识图谱技术是海量教育资源组织、表征与管理, 实现教育资源融合的关键技术之一, 是资源聚合研究的前沿领域。知识图谱, 也称为知识域可视化、知识领域映射地图, 是利用具有结构化语义知识的概念网络, 用以描述实体及其间关联的知识表示(Dong 2018)。知识图谱可以作为诊断学习者学科知识点掌握的底层依托, 用于支持学科知识的智能问答与检索等交互(卢宇 2020)。利用知识图谱技术, 可以将学科知识体系中分割的、松散的知识点进行提炼、抽取、组合, 结构化表示知识点及知识点之间存在的前后承继关系。

(二) 资源组织系统化

传统教材是相对封闭的体系, 高度依赖于教师的解读。优质教师资源的稀缺, 会带来教育的不公平。传统教材资源形式相对单一, 不利于学与教活动的开展, 也无法满足复杂多样的学与教场景的需求。如纸质教材的资源形态单一, 以静态的文本、图形、图像为主; 视听教材的资源形态以音频、视频为主, 虽然内容从静态转向了动态, 但固化的内容结构不能满足教师教学和学生学习的需要。与纸质教材、视听教材相比, 数字教材常被认为是“一组专门用于教学的逐步结构化的数字资源集”(朱雁, 2020), 资源形态较为丰富, 但受制于技术, 很难实现个性化的学习资源推荐。

从静态书本, 到动态数字教材, 再到智能型数字教材系统, 智能技术的赋能使得教材在内容形式与组织方面得到极大的跃升。在智能型数字教材系统中, 从资源内容看, 名师资源与教材捆绑, 使得偏远地区的学习者也可享受优质的名师资源, 一定程度上缓解了教育不公平问题。资源形态的丰富性为学习者的个性化资源推荐奠定了基础。MOOC、SPOC、VR 教学资源、教师教案、微课、题库、教育游戏、音视频资料等系统化地组织在一起, 呈现出非结构化、精准化、个性化、动态化的特征, 为学生个性化学习与教师教学提供了重要支撑。

(三) 学习数据可视化

在传统教材中, 学习者的学习数据很难完整地

记录与保存,更不用说可视化了。对于纸质教材而言,课内、课外等多种复杂的使用情境,使得获取学习者使用过程的相关数据难度非常大(曾家延等, 2019),而且过程性数据多是静态的,更加大了获取的难度。而视听教材在较长一段时间内作为辅助教学和课内外学习的材料,多样的使用情境和技术的限制,很难将学习数据有效地保存。教师与学习者使用数字教材时,可以存留过程性数据,但不能可视化处理与分析。

而在智能型数字教材系统中,学习数据从“不可见”跃升到“可视化”。首先,系统会描绘学习者画像。学习者画像是用户画像的教育应用(肖君等 2019)。借助图像识别、语音识别、手势识别、人脸识别、情感识别等技术,收集大数据环境下的学习者特征,可以精准地描绘学习者画像,勾勒出学习者的学习地图、能力模型和能力图谱,准确识别和判断学习者状态。其次,系统可对学生学习过程全程跟踪并进行可视化呈现(Van et al., 1998)。全程记录学习者学习教材的开始时间、离开时间、学习内容、测评结果等关键指标,深度挖掘学生学习过程轨迹,利用可视化分析技术,实现过程数据的可视化,以利于对学习者的学习路径进行分析。再者,系统可以建立学习风险预测模型,并进行个性化学习补救内容推送,结合知识图谱和智能算法,精准匹配,把合适的学习资源推送给合适的学习者,同时可建立个性化学习预警机制,确立干预等级,制定干预措施。

(四) 学习管理智能化

纸质教材、视听教材的使用场景一般是课内与课外,学习管理主要依赖于教师、家长和学习者个体,大多呈现出非显性的特征。到了数字教材阶段,除教材呈现数字化特征外,伴随着学习管理系统如 WebCT、Blackboard、Moodle、Sakai、iLearning(黎加厚等 2008; 蔡新 2010) 等的涌现,学习管理也呈现出数字化、便捷、高效的特征。学习管理系统融合数字化教学资源和各种交互工具,集教学信息发布与管理、信息交流、课堂教学管理、作业管理、考试管理等多种功能为一体,学习者的过程性数据得以留存。这使学习管理的便捷性有了提升,但受制于技术和功能,离智能化还有很长的距离。在大数据、人工智能等新技术蓬勃发展的今天,学习管理的流程与模式正在发生变革,智能化是重要趋势之一。这种趋

势在智能型数字教材系统中也较为突出。人工智能技术整合了教育大数据、机器学习、学习分析、自适应、情感计算、虚拟现实等先进技术,不仅重新定义教育的手段、方法和途径,更通过对教学流程与管理流程的再造,支持学习向学习者为中心、适应性和个性化转向,改变管理的服务方式和组织方式。智能教育助理、学习管理与分析系统、教育机器人等智能工具的研发会赋能甚至取代部分教师职能,比如模仿学习者的认知和情感状态(Grawemeyer et al., 2015)、通过提问回答和讨论等对话策略让学生参与苏格拉底式的学习体验中、采用元认知框架提高学生的动机和参与度(Boulay et al., 2007)、根据学习表现推送学习任务或资源等。学习与教学过程数据的无感采集能够支撑学习者学习结果与学习内容、学习资源和教学行为等变量的相关关系分析。这种基于大数据的智能化学习管理,一方面能够帮助教师全过程、全方位跟踪,掌握每一位学习者的发展动态,量身定制更合理的个性化学习管理策略;另一方面,可以帮助教师根据每个个体的学习进程和效果反馈,提供更精细、有效、智能的个性化学习管理服务。

三、技术实现

智能型数字教材系统需要融入智能教学的四个核心组件是:学习模型、教学策略模型、学习者数字画像和知识图谱。本研究团队在设计与开发方面作了探索,并在上海市部分学校开展了应用研究。下面本研究将技术实现与应用场景相结合,展示智能型数字教材系统的应用给师生带来的改变。

(一) 学习模型

学习模型是实现教育个性化服务的关键。传统学习以“预习-听讲-练习-纠正-回顾(复习)”为主要学习路径。由于性格与行为习惯不同,每位学习者都存在学习差异和偏好差异,个体学习表现出来的行为方式与特征也必然存在个体差异。因此,长期以来单一的学习路径已不适合学习者,不同的学习者个体适合的学习模式不一样,因此,设计多种学习模型满足不同学习者就显得尤为必要。

1. 模式一: 基于听讲的消化吸收式学习模型

基于听讲的消化吸收式学习模型最为常用,它

通过新知授予、练习强化、复习巩固等以教师讲授为主导, 比较适用于学习主动性和学习兴趣不强的学习者。这种学习模型虽遭受批评, 但仍是我国中小学生主要学习模式。

基于此, 智能教材系统把这种模型抽象化, 形成一种学习模型, 适应这类学习者风格。如 A 学习者喜欢先听教师讲授新知, 通过全方面学习知识点之后, 再结合练习巩固知识点。根据 A 学习者的学习习惯, 系统推荐其进入基于听讲的消化吸收式学习模型, 学习者先学习名师讲授视频, 再理解和消化, 用习题巩固, 反馈知识点掌握程度。以下是本研究团队基于听讲的学习模型应用场景(见图 2)。

小张同学登陆智能教材, 先进行学习风格测试, 系统根据他的学习风格, 推荐了基于听讲的学习模型。之后小张同学开始课程学习。

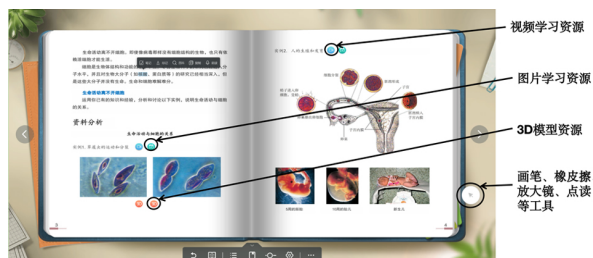


图2 基于听讲的学习模型内容界面

2. 模式二: 基于探究-发现的学习模型

基于探究-发现的学习模型是给学习者发布一项挑战性任务或一个探究场景, 通过任务激发学习者自主学习。学习者通过查阅资料、阅读书籍或者探究实验等完成任务, 最终达到对知识点的深度理解。这种任务驱动学习模型是基于自主探究的学习方式。

基于此, 智能教材系统把这种学习模型抽象化, 形成基于探究-发现的学习模型。这种模型适合学习主动性较强和对学习内容感兴趣的学习者。它通过激发学习者的内在学习动力, 达到理解建构知识点的学习效果, 同时锻炼学习者自主思考的习惯以及发现问题、解决问题的能力。如 B 学习者对按部就班地听老师讲解不感兴趣, 喜欢自主探究, 他就可以选择这种学习模式, 通过自主探究, 在解决问题的过程中掌握知识与技能。以下是本研究团队开发的基于探究-发现的学习模型应用场景(见图 3、4)。

小张同学登陆智能教材系统, 先进行学习风格测试, 系统根据他的学习风格, 推荐探索-发现式学

习模式。之后小张同学开始预习新课程, 通过视频了解知识点背景, 在 AI 老师的引导下, 理解各个知识点的概念。跟着智能教材的节奏, 按教材的引导与提示, 一步步完成教材所呈现的学习任务, 小张不知不觉完成了预习, 轻松又有效果。在智能教材系统的帮助下, 小张同学不但学习成绩提升了, 也能感受到学习的乐趣。



图3 学习者风格测评与学习模型界面

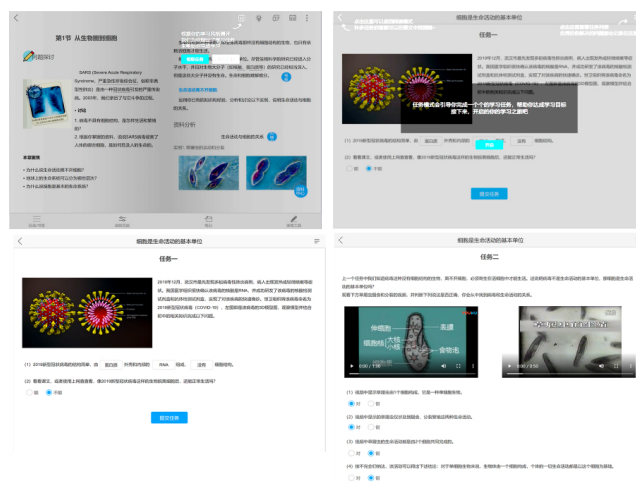


图4 基于探究-发现学习模型学习任务界面

3. 模式三: 基于测评的补偿型学习模型

基于测评的补偿型学习模型是在了解学习者知识掌握程度的基础上,明确学习的起点和障碍点,开展补偿学习,适用于复习或应试学习场景。学习者进入这种学习模式,先完成相关知识测评,系统根据测评情况有针对性地讲解知识盲点、薄弱点,提供学习资源推送、定制测试题等补偿型学习服务。

基于此,智能型数字教材系统将其抽象为一种基于测评的补偿型学习模型,以评价为导向,根据试题结果有针对性地开展学习。这种模式对短时间、高效率的知识掌握有显著效果,如C学习者喜欢先做题再学习,他可以选择这种学习模式,先做测试题,根据试题测试结果。系统了解了C学习者的薄弱点,有针对性地为其规划学习路径和学习内容。以下是本研究团队开发的智能型数字教材系统中,基于测评的补偿型学习模型的应用场景(见图5、6)。

应用场景:学习者小张同学回到家里,打开智能化教材复习当天的课程。系统根据他的学习风格,推荐使用“测评模式”进行复习。系统快速组织了适合的题目进行摸底,评估小张的知识掌握情况,然后针对其薄弱点,推荐相应的知识讲解视频。高效的测评模型,让小张轻松地掌握章节的知识点。

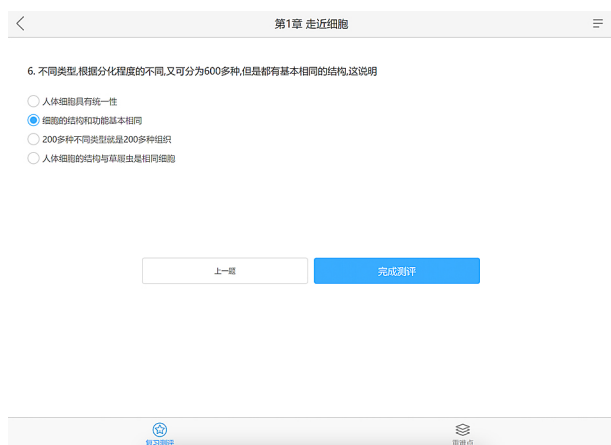


图5 测评界面

以上三种模型可覆盖中国学习者学习常模的80%~90%。尽管我们仅设计了三种学习模式,但经过学习者的自由组合,可以演变出更多学习路径(见图7、8)。学习者登录后先需接受学习风格测试,系统根据测试结果推荐学习模式。但是,通常情况下,学习者不会沿着某一种学习路径学到底,而是多种

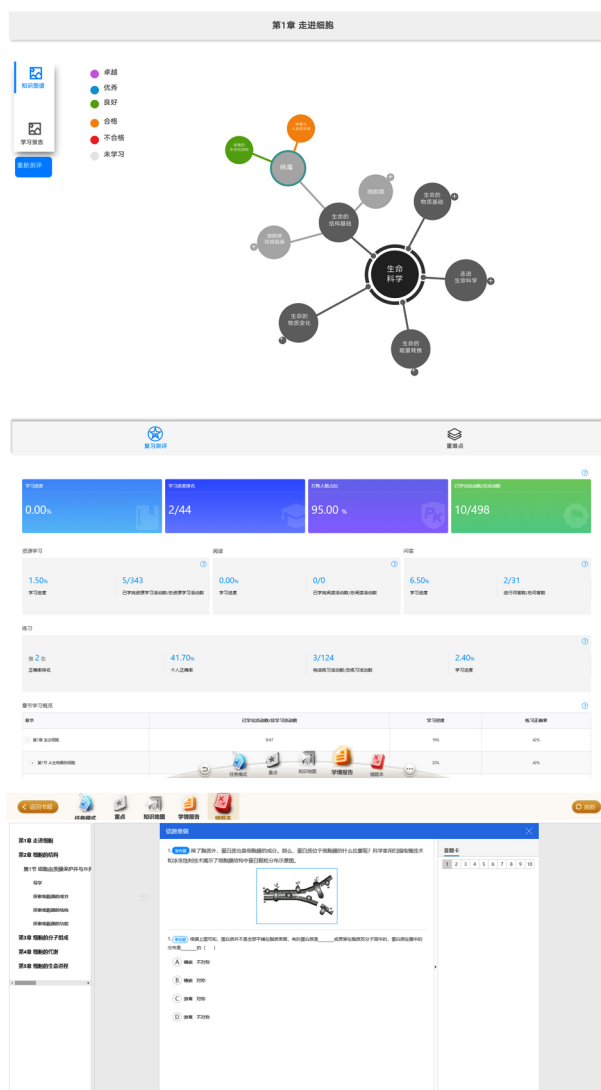


图6 测评结果呈现

模式切换,形成三种学习模式兼具的复合型学习模式。因此,这种设计可以实现学生学习路径从单一化走向多元化。

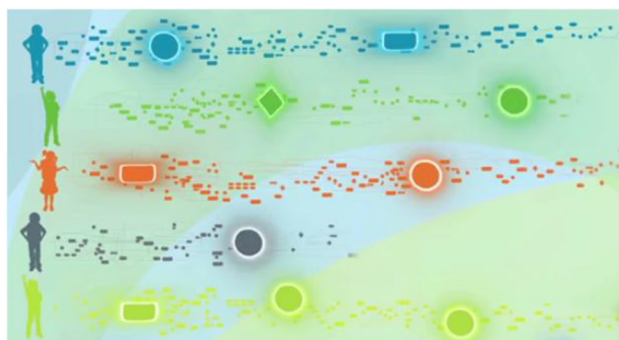


图7 学习者学习路径和所需支持的差异性示意图

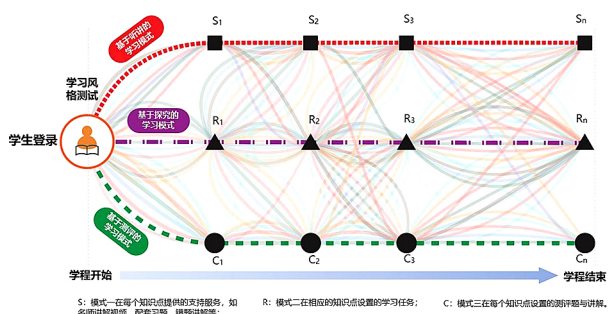


图8 学习路径示意图

(二) 教学策略模型

教学策略模型是规范,也是引导。教师上岗前,大都学习了大量的理论知识,如多元智能理论、认知心理学……但是,这些理论很少在教师教学生涯中践行。我们花了大量的时间、精力把世界上最先进的教育理论传授给教师,遗憾的是,教师还是用传统的方式教学,教育理念和实践的差距非常大。很多教师对发现学习、探究式教学没有真正理解,即使有理解,受制于班级环境等因素,最终也很难实施。教师一般会选最简洁、容易驾驭的方式讲授。因此,智能型数字教材系统可融入先进的教学策略模型,能将其在课堂上“用”起来。教学策略模型不是唯一的,模型之间可自由切换。主流教学策略模型有三种:讲解辅助的建构、任务驱动的探究、评价驱动的补救。三种模型彼此交叉,生成N种路径,加上学习空间的支持,智能型数字教材系统打开的过程将是一场多源、异步的对话。本研究的教学策略模型符合前面提到的三种学习模型和相关的教学策略。

1. 策略一: 微课 + 评价 + 资源推送

对于偏好听讲的学习者,其学习始于教师讲解,这可以通过智能型数字教材系统里微课视频的学习,并匹配以知识点相关的测试题,根据测试结果得出其知识点学习的反馈结果与评价。此类教学策略需包含视频资源、配套试题及与测试结果匹配的评价。学习的过程就是“学习内化—学习评价—评价反馈”无限循环的螺旋上升。

2. 策略二: 设计问题链

第二种学习模式对应的教学策略需要设计问题链。第一个问题很重要,决定学习者的学习动机。其知识点应尽可能地引发学习者的好奇心和探究欲,逐渐加入启发性议题、引导性议题和探究性议

题,设计出具有沉浸感的学习模式,用问题链驱动学习者不断深入地开展探究与学习。这需要教师结合知识点,研究怎样的问题能引发学习者深入思考和探究,激发其深度学习;还需要教师精心设计问题,设计出连贯的、层层推进的问题链和问题矩阵,并通过相关的评价体系反馈学习效果。

3. 策略三: 测试评价 + 资源推送

第三种教学策略主要提供习题测试,然后给出评价,再开展有针对性的学习。通过做题,系统反馈给教师和学习者知识点的掌握程度,据此开展验证性评价,然后根据评价结果决定推送给学习者的视频、动画等学习资源,并给予有针对性的辅导,以学定教。

(三) 学习者画像

学习者学习会留下许多数据,这些数据经过分析形成学习者画像,可以帮助教师了解学习者特征(张治, 2019)。学习者画像可以描绘学习者第1次学习产生的数据与第2次、第3次的区别及变化,包括学习行为路径、测试的正确率、学习时长,甚至包括学习者哪类题目一做就对,哪类题目耗时很久还是做错等。这些行为数据全面呈现学习者的学习情况,可以帮助学习者建立错题数据库,类似于电子错题本,学习者可通过账号登录数字教材系统查阅自己的错题本(见图9)。

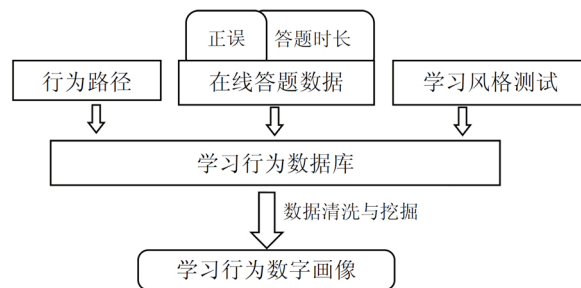


图9 学习者行为画像

学习者画像有助于教师了解每位学习者,起点在哪里、怎么给他帮助。A学习者一登录智能型数字教材系统,系统就会自动识别,并显示A学习者某个知识点始终没有掌握。

学习者画像是一份详尽的学情报告,学生群体学习情况也可以通过群体画像展现。教师可以清晰地了解学生哪些知识点出现了共性的错误,据此调整授课计划,例如下节课该讲什么内容,哪些方面

需要增加训练量,哪些方面必须增加讲解的精细度等,帮助教师改进教学。

(四) 知识图谱

随着教育现代化进程的加速,未来的学校形态更趋向于教育智能体。学习者、学习资源、学习环境、学习方式都具有自我改进的能力。学习资源的改进离不开知识图谱。知识图谱旨在描述真实世界存在的各种实体或概念以及它们之间的关联关系,常用于大规模知识库构建。Google、百度和搜狗等公司均构建了自己的知识图谱,将其应用于搜索引擎,改进搜索质量,甚至可以直接回答问题。

如果知识是人类进步的阶梯,知识图谱就是人工智能进步的阶梯。教育中知识图谱的构建则是把人工智能的基因注入教育,智能型数字教材系统是其最佳载体。借助这个载体,学习者在学习过程中与学习资源互动,促成学习资源的动态改变,使学习者的知识结构达到最优。学习者在互动中改变知识结构,教育资源也在互动中改进。而传统教材很难根据学习对象的个性作出调整。

知识图谱可以让教育资源自我进化,同时实现教与学的人机对话。作业和试题批改原本是教师必须承担的重要工作。随着信息技术的进步,自动批改软件开始出现,但它只能判断正误,无法给学习者提供指导性建议,无法判读学习者哪些地方不懂,哪些知识点没掌握。知识图谱能够建立知识与知识之间的联系,让机器像人脑一样去思考,让机器学会对试题进行判读,给出指导性建议,甚至与学习者进行人机对话。结合知识图谱和学习过程数据,系统能判断学习者哪里不懂,甚至能推断这道错题的前置性题目,或者知识盲点是什么。这相当于给教师配备了人工智能助手,提高学生个性化指导的同时也能减轻教师负担。但是,教学不能完全依靠机器,教师的任务是根据系统诊断书对学习者提供处理方式的指导和规划。因此,实际教学需要教师的智慧与机器的智慧相结合(张治, 2018)。

从上述分析不难看出,具备前瞻性和时代性的智能型数字教材系统,实现了传统纸质教材无法承载的信息与能力。同时,系统基于大数据描绘的用户画像,结合知识图谱为用户构建系列化、策略化、科学化的学习体系,将课堂内外多渠道、全方位打通,使泛在化学习和自适应学习成为可能,实现线上

线下教学无缝链接,这在培养新一代具有综合素养的学习者过程中不可或缺。

四、推进机制

智能型数字教材系统的推进涉及设计、开发、采用和推广等,不仅是教师、学校或者教材开发者的职责,更是需要多方利益相关者参与的系统工程。

(一) 多方协同联动机制

智能型数字教材系统的推进是项全民族教育智能化改造的基础工程。它的实现,需要利益相关者秉承互赢理念,积极参与,联手合作。知名教育专家和名校教师扮演资源贡献者、智囊团的角色,将名师资源与教材捆绑,使得偏远地区的学习者也可以享受到名师资源。企业扮演教材开发者、技术服务提供者,遵循学习者为主体的原则,对智能型数字教材系统进行科学化、专业化、精准化的技术开发与实现。教育信息化专家、学科教学专家、名师等扮演研究指导者,为智能型数字教材系统的设计贡献智慧。

(二) 企业效益驱动机制

企业参与教材设计与开发的内在动力在于经济效益的回报、共享教材资源的价值实现等(钱冬明等, 2013);外在动力有政策驱动、教材需求方的积极评价等。为了让企业积极地投入技术开发、应用推广和学习者服务,要找到一种相对合理的方式,使其在推进智能型数字教材系统的过程中发挥自身优势。企业效益驱动的方式包括有偿和无偿两种(祝智庭等, 2013)。有偿的方式可以通过学习者、学校等购买服务来补偿,但是,企业也应具有社会责任感,不能仅仅追求经济效益最大化。

(三) 服务成本补偿机制

学习者、学校等是智能型数字教材系统的需求方和使用者,可以通过有偿方式对技术服务提供者和资源贡献者支付部分成本,使资源贡献者和技术开发者获得必要的收益,这就是服务成本补偿机制。这种机制不仅可以提高企业参与的积极性,使企业提供适合学习者学习需求的服务,也能让学习者真正受益。

(四) 持续迭代进化机制

智能型数字教材系统是人工制品,其设计与开发不是一蹴而就的,需要多轮的“设计-实施-改进”循环迭代,逐步完善。迭代指采用逐步改进的

设计方法,把最初的设计原型付诸实施(张文兰等, 2007)。将设计好的智能型数字教材系统应用于自然情境的教学实践,检测其应用效果,并根据实践反馈,改进人工制品的设计,直至排除所有缺陷,形成可靠而有效的设计,促进教材得到逐步改进与完善。

总之,伴随着教育信息化 2.0 改革走向深入,教材的进化吸引着更多的人不断探寻与思索。我们应该在理念层面,秉承以学习者为中心的教材观;在实践层面,呼吁学校、政府、企业等多方利益相关者形成合力,为学习者设计、开发适宜的、个性化的教材;在研究层面,亟待开展智能型数字教材系统的理论与实践研究,关注教材进化对社会环境、学校生态等带来的变革,以更好地为学习者服务。智能型数字教材系统虽能为促进教育公平、开展大规模因材施教提供重要支撑,但其价值实现仍离不开教师的设计、组织与引导。其广泛应用将带来的潜在问题也不容轻视:一方面,智能型数字教材系统附着大量学生数据,其衍生出的数据安全、隐私保护、数据伦理和智能算法的公平性问题必须有应对之策;另一方面,智能型数字教材系统有随时随地可取的学习资源、智能化的学习管理,但教育要不忘“以人为本”的初心,在知识建构的同时,还要融入价值观的塑造和情感的交流,师生之间的交互不能被技术取代,要警惕新的技术绑架。智能型数字教材系统登上历史舞台,并不意味着传统教材的离场或消亡(钟启泉, 2019),短期内,纸质教材由于其固有优势,仍然是学生学习最普及、无疑也是最有效的学习工具(热拉尔等, 2009)。虽然,国际上很多先发国家已经开始探索、尝试数字化教科书,但我国的智能型数字教材系统的设计与开发必须因地制宜,需要经历系统的研究、试点,才能推广、普及。

[参考文献]

- [1] Du Boulay, B., Rebollo-Mendez, G. R., Luckin, R., & Martinez-Miron, E. (2007). Motivationally intelligent systems: Diagnosis and feedback [C]. In R. Luckin, K. R. Koedinger & J. Greer (Eds.), Artificial intelligence in education: Building technology rich learning contexts that work (Vol. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 158, Amsterdam: IOS Press: 563-565.
- [2] 蔡新(2010). 混合教学管理系统的研究与设计[J]. 现代教育技术, 20(7): 40-43.
- [3] Davy T. (2007). E-textbooks: Opportunities, innovations, distractions and dilemmas[J]. Serials The Journal for the Serials Community, 20(2): 98-102.
- [4] Dong, X. L. (2018). Challenges and innovations in building a product knowledge graph[C]. In Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, ACM, New York, USA: 2869-2869.
- [5] 龚朝花, 陈桃(1998). 电子教材: 产生、发展及其研究的关键问题[J]. 中国电化教育, (9): 89-94.
- [6] 顾明远(1998). 教育大辞典[Z]上海: 上海教育出版社: 695.
- [7] Grawemeyer, B., Mavrikis, M., Holmes, W., & Gutierrez-Santos, S. (2015). Adapting Feedback Types According to Students' Affective States[C]. In Proceedings of the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED 2015, Springer, New York, USA: 586-590.
- [8] 郭文革(2018). 教育变革的动因: 媒介技术影响[J]. 教育研究, 39(4): 32-39.
- [9] 胡畔, 王冬青, 许骏, 韩后(2014). 数字教材的形态特征与功能模型[J]. 现代远程教育研究, (2): 93-98, 106.
- [10] 靳玉乐, 王洪席(2012). 十年教材建设: 成就、问题及建议[J]. 课程·教材·教法, (1): 12-16.
- [11] 李芳媛, 李法敏(2011). 论平板电脑时代的电子教材[J]. 现代教育技术, 2011, 21(12): 124-126.
- [12] 黎加厚, 赵怡(2008). 课程管理系统(CMS)及其选择[J]. 现代教育技术, (9): 65-71.
- [13] 卢宇, 薛天琪, 陈鹏鹤, 余胜泉(2020). 智能教育机器人系统构建及关键技术——以“智慧学伴”机器人为例[J]. 开放教育研究, 26(2): 83-91.
- [14] 钱冬明, 管珏琪, 祝智庭(2013). 数字教育资源共建共享的系统分析框架研究[J]. 电化教育研究, 34(7): 53-58, 70.
- [15] 热拉尔, 弗朗索瓦, 玛丽(2010). 为了学习的教科书: 编写、评估、使用[M]. 上海: 华东师范大学出版社: 14.
- [16] [日]山内祐平(2010). 数字教材教育学[M]. 东京: 东京大学出版社: 1.
- [17] 孙众, 骆力明(2013). 数字教材关键要素的定位与实现[J]. 开放教育研究, 19(4): 60-67.
- [18] S. Van Mulken, E. André, & J. Müller (1998). The persona effect: How substantial is it? [M]. People and Computers XIII: Proceedings of HCI'98, London: Springer: 53-66.
- [19] 王晓晨, 郭鸿, 杨孝堂, 张晓英, 黄荣怀, 陈桃(2014). 面向数字一代的电子教材用户体验设计研究——以《Photoshop 图像处理》电子教材的用户体验设计为例[J]. 电化教育研究, 35(4): 7-82.
- [20] 吴军其, 李智(2015). 移动微学习的理论与实践[M]. 北京: 北京大学出版社: 77-78.
- [21] 肖君, 乔惠, 李雪娇(2019). 大数据环境下在线学习者画像的构建[J]. 开放教育研究, 25(4): 111-120.
- [22] 祝智庭, 许哲, 刘名卓(2012). 数字化教育资源建设新动向与动力机制分析[J]. 中国电化教育, (2): 1-5.

[23] 张文兰, 刘俊生(2007). 基于设计的研究——教育技术学研究的一种新范式[J]. 电化教育研究, (10): 13-17.

[24] 钟启泉(2019). 从“纸质教材”到“数字教材”——网络时代教材研究的课题与展望[J]. 教育发展研究, 39(6): 1-7.

[25] 曾家延, 崔允漷(2019). 学生使用教科书研究: 教材研究的新取向[J]. 课程·教材·教法, 39(11): 67-74.

[26] 张治(2018). 教育信息化: 走进自适应学习时代[M]. 上海: 上海教育出版社: 170-172.

[27] 张治. 学生数字画像及其教学应用的实践与思考[J]. 教育传播与技术, 2019(1): 3-6.

[28] 朱雁, 倪明, 孔令志, 范良火(2020). 数字时代中的数学教材研究与开发及使用——第三届国际数学教材研究和发展会议综述[J]. 数学教育学报, 29(2): 94-99.

(编辑: 赵晓丽)

Core Ideas and Technical Realization of Intelligent Digital Textbook System

ZHANG Zhi¹, LIU Dejian² & XU Bingbing¹

(1. Shanghai Educational Technology Center, Shanghai 200086, China

2. Beijing Normal University, Beijing 100003, China)

Abstract: Textbooks are essential tools and resources to realize teaching objectives. Textbook formats have changed from paper media to electronic media, and then to teaching resources integration based on electronic media, and gradually toward the rich media and platform. The next generation of digital textbook will be open, personalized, social, and intelligent. The new format is emerging at this moment. This article analyzed the concept, characteristics, and practical significance of intelligent digital textbook system by adopting the literature research method, empirical research method, and software engineering method. We propose an intelligent digital textbook system's core concepts from four aspects: knowledge structure mapping, resource organization systematization, learning data visualization, and learning management intelligence. We then suggest a realization method of the intelligent digital textbook system incorporating four core components: learning models, teaching strategy models, learner profiles, and knowledge graphs. It also comes up with the promotion mechanism of the intelligent digital textbook system. Intelligent digital textbooks can meet different teachers' needs as well as learners' needs for adaptive learning, weaken the interpretation of textbooks, and promote education fairness and improve students' learning effectiveness. Intelligent digital textbooks are expected to bring about significant changes in teaching mode and educational supply.

Key words: digital textbook; intelligent digital textbook system; learners' profile; teaching strategy model; knowledge graph