

# 面向智慧教育的学科知识图谱构建与创新应用

李艳燕<sup>1</sup>, 张香玲<sup>2</sup>, 李 新<sup>3</sup>, 杜 静<sup>1</sup>

(1.北京师范大学 智慧学习研究院, 北京 100875;

2.北京师范大学 信息科学与技术学院, 北京 100875;

3.北京师范大学 互联网教育智能技术及应用国家工程实验室, 北京 100875)

**[摘 要]** 人工智能、大数据和物联网是发展智慧教育的基础,学科知识图谱作为一种语义网络,既能增强人工智能的可解释性,又能助力智慧教育体系框架的构建。文章在分析学科知识图谱的内涵、应用案例的基础上,从学科知识图谱助力智慧教育体系框架的构建以及智慧教育生态系统的重构两个方面探讨了学科知识图谱与智慧教育的适切性;从总体流程、学科知识自动获取以及学科知识融合三个方面讨论了学科知识图谱在智慧教育中的构建路径;最后,提出了学科知识图谱在智慧教育中的六大应用场景:学科知识点查询、知识关联查询、学科知识自动问答、学科知识资源推荐、个性化学习路径推荐和查询以及学习兴趣迁移,并分析了学科知识图谱在智慧教育应用中面临的三大挑战:学科知识验证挑战、学科知识融合挑战以及学科知识图谱的自适应可视化挑战,期望为学科知识图谱在智慧教育中的应用提供借鉴与启示。

**[关键词]** 智慧教育; 学科知识图谱; 人工智能; 构建应用

**[中图分类号]** G434

**[文献标志码]** A

**[作者简介]** 李艳燕(1975—),女,重庆人。教授,博士,主要从事计算机支持的协作学习、学习分析、STEM 教育研究。E-mail:liyy@bnu.edu.cn。张香玲为通讯作者,E-mail:zhangxiangling@bnu.edu.cn。

## 一、引 言

智慧教育受 IBM 公司倡导的“智慧地球”启发延伸而来,该公司率先将“智慧地球”的概念应用于教育领域,由此提出了“智慧教育”的概念<sup>[1]</sup>。随后,学者围绕智慧教育的内涵特征<sup>[2]</sup>、系统要素<sup>[3]</sup>、发展战略<sup>[4]</sup>等开展了大量的理论与实践探索,其中,黄荣怀教授认为,“智慧教育系统包括智慧学习环境、新型教学模式和现代教育制度三重境界,具有感知、适配、关爱、公平、和谐五大特征”<sup>[5]</sup>。祝智庭教授认为,“智慧教育是借助新一代信息技术的力量,来创建具有感知、推理、辅助决策等智慧特征的学习环境,从而促使学习者的智慧得到全面、协调和可持续的发展,为信息时代培养适应社会发展的创新型人才”<sup>[6]</sup>。杨现民教授认为,“智慧教育是信息时代我国教育发展的必然选择和重要趋

势,是破解教育发展难题的创新举措”<sup>[4]</sup>。经过学者的持续研究与探索,2018 年 4 月教育部发布的《教育信息化 2.0 行动计划》中首次提到:“以人工智能、大数据、物联网等新兴技术为基础,依托各类智能设备及网络,积极开展智慧教育创新研究和示范,推动新技术支持下教育的模式变革和生态重构。”<sup>[7]</sup>这不仅说明了智慧教育在我国已经逐渐得到政界、商界、学界的高度认可与关注,也进一步指明了智慧教育的发展之路,便是要充分发挥人工智能、大数据和物联网等新兴技术的作用与价值,为学生、教师、家长、社会公众等提供一系列差异化的支持和按需服务,能全面采集并利用参与者群体的状态数据和教育教学过程数据来促进公平、持续改进绩效并孕育教育的卓越<sup>[8]</sup>。

近年来,人工智能已经由计算智能阶段和以语音与图像识别为主要应用的感知智能阶段发展到以理

基金项目:国家自然科学基金“基于情景的学习者在线学习分析关键技术与评价模型研究”(项目编号:61877003)

解、解释、推理为核心使命的认知智能阶段,智慧教育则是以认知智能为基础,以教育内容为核心,围绕学生开展的一系列教育活动。智慧教育作为教育信息化的一种新境界,对我们来说既是一种机遇,但同时又面临一系列的挑战。而学科知识图谱作为一种体量巨大、在知识点与知识点以及知识点与教学资源之间建立连接的语义网络,能够在教育语义计算、学习资料的语义关联、学习者模型建立、网络教学平台开发、智能答疑系统开发、学习资源的个性化服务等方面发挥重要的基础性作用<sup>[9]</sup>,为认知智能阶段发展提供可能,推动智慧教育的创新发展。基于此,本研究在介绍学科知识图谱内涵及应用的基础上,从教育视角切入分析学科知识图谱与智慧教育的适切性,并讨论学科知识图谱在智慧教育中的构建流程与应用场景,最后,提出学科知识图谱在智慧教育应用中可能存在的挑战,期望借助学科知识图谱来推动智能化、个性化以及终身化的智慧教育服务体系的发展。

## 二、学科知识图谱的发展

随着互联网中语义网络<sup>[8]</sup>以及开放链接数据<sup>[9]</sup>等大量 RDF(Resource Description Framework)数据被发布,谷歌公司于 2012 年推出知识图谱技术,该技术遵循语义网的理念和原则<sup>[8]</sup>,是由实体或概念以及它们之间的关系组成的知识库,使用三元组<主语、谓语、宾语>的形式进行表示(如图 1 所示),其中三元组包括<诺贝尔,国籍,瑞典>、<诺贝尔,出生日期,“1833 年 10 月 21 日”>等。

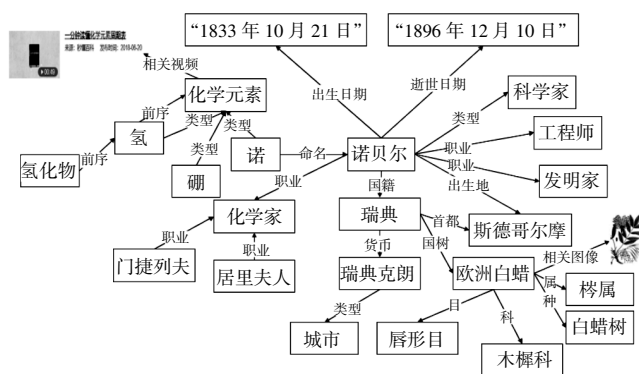


图 1 知识图谱示例

知识图谱主要服务于自然语言处理、推荐系统、自动问答等业务场景,具有代表性的大规模知识图谱包括 YAGO、DBpedia、Freebase、NELL、谷歌 Knowledge Graph 以及中文通用知识图谱 Zhishi.me、百度“知心”、搜狗“知立方”等。此外,知识图谱在中医药、海洋以及金融等垂直行业也有重要应用<sup>[10]</sup>,并提供数据集成、智能搜索以及可视化呈现等功能。在教育领域,知识图

谱也引起学术界和产业界的高度关注,其在教育领域中的应用也愈发广泛,并出现教育知识图谱以及学科知识图谱等概念与应用。

### (一)学科知识图谱的基本内涵

学科知识图谱是由结点以及结点之间的关系组成的知识库,其中结点由知识点或与知识点相关的教学资源所组成,每个结点都具有一个全局唯一的标识符,结点之间的关系表述的是知识点与知识点之间、知识点同教学资源之间以及教学资源之间的关系。学科知识图谱基于课程标准与学科教学规律进行构建,并充分考虑学习知识点的先后顺序、同一个知识点在不同学习阶段的不同要求等。比如:初中化学中知识点“元素周期表”的教学目标是“通过观察元素周期表的结构,能说出元素周期表提供的一些信息,如元素名称、元素符号、原子序数、相对原子质量”,而高中化学中知识点“元素周期表”的教学目标则是“了解元素周期表的结构以及周期、组等概念”,可见,同一个知识点,面对不同年龄段的学生其教学目标存在较大的差异,而这些差异在学科知识图谱的构建中都需要体现出来。具体而言,学科知识图谱主要包括如下特点:

#### 1. 学科知识图谱结点具有多样性

学科知识图谱中的结点由知识点以及与知识点相关的教学资源组成,知识点可以是实体、概念、公式或命题。其中,实体是指现实或虚拟世界中具有特定语义的对象,如图 1 中“居里夫人”“氢”等;概念则是指通过抽象化的方式从一群事物中提取出反映其共同特性的单位,如“化学元素”“科学家”等,一个概念可能包含多个实体;公式则可能是来自数学、物理、化学等学科的公式,比如匀速直线运动的速度公式为  $V=s/t$ ,公式中每个符号又分别对应着不同的知识点;命题包括定理、公理等,如牛顿第一运动定律,其内容是“任何物体都要保持匀速直线运动或静止状态,直到外力迫使它改变运动状态为止”,该定理有其对应的数学公式,同时,该定理中还包含着“匀速直线运动”等知识点。

#### 2. 学科知识图谱结点关系具有特殊性

学科知识图谱不仅仅是知识点或者教学资源的堆叠,而是包含知识点之间、知识点与教学资源以及教学资源之间的关系连接。学科知识图谱中结点间的关系主要有三个特征:首先是方向性,知识点之间的关系具有明确的方向指向,并不是杂乱无序的连接;其次是相互性,如“氢化物”的知识点中包含“氢”,则“氢”就被包含于“氢化物”这个知识点中;最后是传递性,如描述知识点之间前序关系,“氢化物”知识点的前序知识点是“氢”,而“氢”知识点的前序知识点包括

“化学元素”,那么“氢化物”知识点的前序知识点也包括“化学元素”。

### 3. 学科知识图谱是多模态的

考虑到每位学习者的认知差异以及学习风格差异等因素,为更好地为学习者提供学习服务,学科知识图谱中的资源具备多模态属性,不仅包含文本形式的学习资源,还包括视频、音频、图片等多种形式的学习资源,以满足不同学习者的不同学习需求,从而为其提供更具有针对性的学习资源。比如:有的学习者喜欢观看视频进行学习,则可以为其推荐更多的视频学习资源;而有的学习者更喜欢看图,则可以为其推荐更多的图像形式的学科知识资源。

### 4. 学科知识图谱的数据质量要求严格

学科知识图谱最终是面向学习者的一个知识库,与其他领域知识图谱不同,学科知识图谱的数据质量要求极高,其内容必须准确无误。学科知识图谱主要从两个方面来保证其数据的精准无误,一方面学科知识图谱构建所使用的数据源包括教学大纲、教材、教师指导用书等,从数据源保证内容的准确性;另一方面是算法层面,在图谱构建、知识融合、知识验证等环节通过算法来保证学科知识图谱数据的准确性。

## (二) 学科知识图谱的应用实例

学科知识图谱是基于知识之间的语义关系所形成的知识间逻辑关联网<sup>[7]</sup>,包含学科目标、内容、特征等信息,以可视化的形式来表征学科知识及其内在的逻辑关系。国内外研究者围绕学科知识图谱在教育领域中的应用也进行了大量的研究实践与探索,我们以国外的可汗学院、Knewton 平台以及国内的清华大学和北京师范大学所构建的学科知识图谱为例,介绍学科知识图谱在教育领域的应用情况。

### 1. 国际学科知识图谱应用实例分析

在线教育平台可汗学院构建数学学科的知识地图来表示知识点之间的先后依赖关系。比如,两位数加法比一位数加法难度略高,一位数加法是两位数加法的基础,所以在知识地图上两位数加法对应的知识点要比一位数加法靠下,并且通过一根线进行连接(如图2所示)。这种连接关系具有一定的传递性,也就是说,一位数加法是两位数加法的先修知识点,两位数加法是一位数乘法的先修知识点,则一位数加法也是一位数乘法的先修知识点。教师通过知识点之间的先后序关系以及学习材料的对应关系,可以获得学生的知识掌握情况,如果学生做错一道有关一位数乘法的试题,那么该学生可能是两位数加法没有完全掌握或者是一位数加法没有完全掌握,教师则可以为其

再提供比一位数乘法难度稍低的试题来定位学生没有完全掌握的知识点,进而准确获取学生的知识掌握情况,从而为学生推送个性化的学习资料并制定个性化的学习路径。

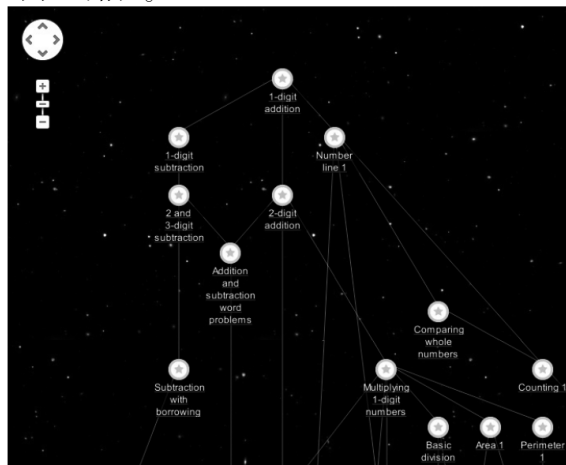


图2 可汗学院数学学科知识地图示例

美国知名在线教育平台 Knewton 基于学科知识图谱,在个性化学习应用中取得了较好的效果,美国亚利桑那州立大学使用该平台来提高学生的数学水平,为每位学生提供针对性的指导,该校 2000 名学生使用平台两学期之后,毕业率从 64%提升到 75%,数学成绩也大幅提高<sup>[11]</sup>。Knewton 平台通过学科知识图谱定位学生困难类型,主要考虑了四种逻辑关系,即包含、评测、指导、先序<sup>[12]</sup>。其中包含关系是指某个知识点包含另一个知识点,如知识点“氢化物”包含知识点“氢”;评测是指某个内容是对某个知识的评价方式;指导是指某个内容是对某个知识的具体讲解,通过该关系能够找到与该知识点相关的学习资源;必要条件代表了知识点之间的前驱后继关系,只有掌握前驱知识,才能开始后续知识点的学习。Knewton 平台利用这些关系,将不同学科、不同学段、不同知识点以及所有的学习资源链接在一起,形成了一个巨大的知识地图,该平台以这个知识图谱为基础,诊断学生的认知水平,推送个性化的学习资源以及推荐个性化的学习路径等。

### 2. 国内学科知识图谱应用实例分析

国内部分高校围绕学科知识图谱进行了一系列的理论研究与实践探索。如清华大学知识工程研究室构建了中国第一个基础教育的 RDF 知识图谱 eduKB。该知识图谱基于学科的知识概念体系,抽取当前基础教育九门课程(语文、数学、英语、物理、化学、生物、历史、地理、政治)教材中的知识,总共包含二千二百多万条三元组、一百六十二万多个实例、一千多个概念、四千多个属性。其中,学科知识图谱中的





“五类用户”包括教师、学生、家长、教育管理者以及社会公众;“六种业务”分别是智慧教学、智慧学习、智慧管理、智慧科研、智慧评价和智慧服务。学科知识图谱将所有学科的知识点以语义关联的方式进行链接,构建了一个巨大的知识体系,能够为教师、学生等在教学、学习、评价等方面提供支持,与智慧教育的架构体系存在一定的交叉(见表1),因此,本部分主要从智慧内容库、服务用户以及智慧业务三个视角探讨学科知识图谱与智慧教育的适切性。

表1 学科知识图谱与智慧教育适切性图示

智慧内容库	学习资源库	开放课程库	管理信息库			
	√	√				
服务用户	教师	学生	家长	教育管理者	社会公众	
	√	√	√	√	√	
智慧业务	智慧教学	智慧学习	智慧管理	智慧评价	智慧科研	智慧服务
	√	√		√		

1. 学科知识图谱为智慧内容库的建设提供支撑

智慧内容库是实现教育系统变革的基础,是教育智慧沉淀、分享的重要载体<sup>[3]</sup>,其中,学习资源库主要包括教学案例、多媒体课件、试题和试卷以及认知工具,是教师智慧教学和学习者智慧学习所需资源的基本来源。学科知识图谱作为多模态的知识库,结点是知识点以及与知识点相关的教学资源,包含文字、音频、视频等多模态资源,从而能够为学习者提供诸如教学案例、多媒体课件等学习资源,成为学习资源库中一种重要的知识元。此外,随着智慧教育理念深入人心,开放课程资源建设与共享已经成为教学资源发展的重要趋势,而学科知识图谱能够将所有知识点和教学资源通过结点以网状形式进行相互关联,在加强知识点关联性的同时,也能够促进知识点的传播与共享,推动开放课程资源在教师以及学生群体中的应用。

2. 学科知识图谱为多个用户提供服务

智慧教育旨在为教师、学生、家长、教育管理者和社会公众等用户提供多样的教育教学服务,其中,为教师提供智慧教学服务、为学生提供智慧学习服务、为家长提供智慧沟通服务、为教育管理者提供智慧管理服务、为社会公众提供智慧资源服务。随着泛化学习、终身学习的开展以及技术应用的便利性,知识的获取将更加便捷,学科知识图谱作为一种具有语义关联的知识逻辑网络,能够为教师、学生、家长、教育管理者以及社会公众提供不同的服务。其中,可以为教

师提供教学资源推荐,方便教师备课,支持课堂教学,提升教学效率;为学生提供个性化的学习资源与学习路径;为教育管理者提供群体学习数据可视化呈现,比如可以将某一个年级的知识点掌握情况进行可视化呈现,便于教育管理者进行决策,优化教学;为家长和社会公众提供跨学科的知识检索服务,助力每一个学习者的终身学习。

3. 学科知识图谱为多项智慧业务的开展提供支持

智慧教育最终将实现信息技术与教育教学的深度融合,在智慧教学、智慧学习、智慧管理、智慧评价、智慧科研以及智慧服务等方面提供多样化的服务。基于知识点以及知识点相关的教学资源所构建的学科知识图谱可以为开展智慧教学、智慧学习、智慧评价提供支撑。学科知识图谱能够在课前、课中、课后三个环节根据教师的不同需求为其提供教学资源,支持教师智慧教学的开展;同时,还将助力教师了解学生的整体学习情况,开展集体教学以及有针对性的个性化指导。其次,学科知识图谱能够根据学习者的知识掌握情况,通过知识点间的关联为其提供所需的学习资料,帮助学习者营造智能、高效、个性的学习环境,促进智慧学习的发生。最后,学科知识图谱能够对学习者的学习路径进行记录,获得学习者的学习过程数据,从而为面向过程的、动态的教育评价提供可能。

(二)学科知识图谱助力智慧教育生态系统的重构

1. 良好的智慧教育生态的形成,需要优先解决优质教学资源共享的问题

智慧教育遵循以学习者为中心的人本主义理念<sup>[4]</sup>,为学习者提供个性化的学习服务是智慧教育的出发点和最终归宿。从学习者的角度来看,需要准确、丰富的学习资源来促进自身的个性化成长,而学科知识图谱正是将权威、优质的教学资源以结构化的形式集成在一起,最终为学习者提供多元准确的学习资料。

学科知识图谱是多学科、多模态的知识图谱,强调学科间的相互联系。比如:语文学科中的《蜀相》,这首诗是杜甫游览武侯祠时所创作,武侯祠位于四川省成都市,这属于地理知识;《蜀相》的主旨是怀念诸葛亮,与诸葛亮相关的内容还包括历史学科的知识。因此,《蜀相》这首诗歌将语文、地理、历史等学科的知识关联起来,融合各学科的知识内容。教师在讲授《蜀相》时,可以借助历史、地理方面的知识帮助学习者更好地理解这首诗歌的内涵,同时,也能够加强学生在地理、历史等学科的知识储备。学科知识图谱中包含诗歌《蜀相》的文字,诗人杜甫、诸葛亮的图片以及与该诗歌有关历史人物的音视频学习资源,这些



资源不仅将成为教师备课的丰富教学资源,也将成为学习者学习该知识点的重要学习资源。学科知识图谱整合教学法、信息技术以及学科知识于一体,其共享的核心既包括单独的某个知识点或者知识点的组合,也包括融合了知识、教法以及信息技术于一体的学习单元,学科知识图谱的共享基于课程结构及元数据标准,以所提供的工具及服务为平台,更好地促进智慧教育生态的构建。

2. 良好的智慧教育生态的形成,需要解决个性化学习服务能力不足的问题

实现个性化教育是新时代对未来教育的美好理想和普遍追求,也是智慧教育所追求的教育目标。但受限于我国庞大的学生规模,以及技术在变革教育教学中的作用未能充分发挥,难以实现每位学生按照自己的喜好和需求开展学习,这也是目前困扰智慧教育发展的难题之一<sup>[15]</sup>。而在智慧教育服务体系构建中,学科知识图谱能够为学习者推送个性化的学习资源与学习路径来实现学习者的个性化成长与发展。具体而言,学科知识图谱基于对学生学习情况诊断分析的结果,利用图谱间建立的语义关系,连接到学习者需要“补弱”或“固强”的知识点,推送适合其认知水平的学习资源,也就是预测学习者接下来需要学习的知识内容,从而为其推荐个性化的学习路径,有效解决教育规模化与教育个性化矛盾的问题。

学科知识图谱将教学内容分拆成一个个相互关联的知识点,学习者根据自己的知识掌握程度决定学习进度,可以反复学习自己较为薄弱的知识点,教师也可以借助学习工具准确获取学习者个体和群体的学习难点,从而给予个性化的指导。这样保证学生在进入下一阶段的学习之前,能够掌握现阶段的学科知识,最终构建完整的个人知识体系。而这正是对掌握学习教学法的实践,有助于教师将集体教学和个别教学相结合,对学生学习后的成果进行及时有效的反馈和评价,进而对学生进行个别指导,确保每位学生能够较好地掌握所学知识与技能。

3. 良好的智慧教育生态的形成,需要解决与智慧教育环境深度融合的问题

智慧教育环境融合了云计算、物联网等现代化信息技术,将学校、家庭、社区、博物馆、图书馆、公园等各种场所连接起来的教育生态系统,无缝连接,具备智能化、泛在化与感知化等特征。

教育教学理论、方法也融入学科知识图谱中,教育教学理论、方法与学科知识图谱的深度融合,将增强智慧教育环境的智能化、泛在化以及感知化。如通

过对物联网数据的分析,我们可以获取当前用户所在的位置,进而给用户推荐与所处地点相关的知识点。比如:检测到学习者到了“武侯祠”,就可以为其推荐与武侯祠相关的历史知识与古诗词等内容,同时,再结合学习者的画像信息;学习者对建筑感兴趣,则可以为其进一步推送关于武侯祠建筑设计等方面的内容,从而实现教育的千人千面和泛在性。

## 四、面向智慧教育的学科知识图谱构建

### (一) 总体流程

学科知识图谱构建所利用的数据源主要包括两部分,一部分来源于教育领域,包括课标、教材、教案、试题集、考纲、开放课程库等,其中,开放课程库主要是由权威机构发布的课程,比如由中央电教馆发起的“一师一优课、一课一名师”、网易公开课以及知识服务商“得到”等,这部分数据质量较高,能够保证数据的权威性与准确性;另一方面来自开放领域,包括结构化数据、半结构化数据以及非结构化数据,其中,结构化数据包括开放的知识图谱,比如 DBPedia、CYC 等,半结构化数据包括网页上的表格等,非结构化数据包括网页数据等(如图9所示)。

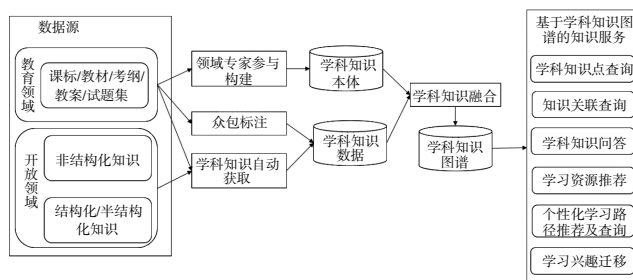


图9 学科知识图谱构建框架

为了保证学科知识图谱中的数据质量以及权威性,采用自顶向下的方式来构建。首先,基于教育领域的数据源,由来自各个不同学科的专家参与构建学科知识本体,构建跨学段、跨学科的学科知识图谱的体系结构。然后,利用面向教育领域数据源的众包标注以及学科知识自动获取等功能模块,将已经构建的学科知识体系划分为若干知识模块,再逐层向下将知识模块划分为若干知识点,其中,学科知识自动获取也在开放领域数据源中获取学科知识数据,学科知识自动获取模块需要进行知识点识别与抽取以及知识点之间关系抽取的工作。最后,来自不同数据源的学科知识利用学科知识融合功能模块实现融合,在学科知识融合功能模块中,需要对知识质量进行评价,只有数据质量满足一定要求的知识,才可以被收录到学科知识图谱中。在知识质量评价完成之后,还需要进行知

识点识别、关系识别,因为相同知识点的来源不同,其描述方式便不同,如“普朗克常数”和“普朗克常量”是两个相同的知识点,然而表达方式却不同。此外,相同的知识结点表达的内容也可能有所不同,如“普朗克常数”一方面和物理学有关系,另外又是一部电影的名字。

## (二)学科知识自动获取

知识获取是学科知识图谱构建中很重要的一步,其核心技术是知识点识别与获取、关系识别与获取以及“属性-值”的获取。

知识点识别时,如果用户没有知识库,则需要使用命名实体识别技术识别文本中的知识点;如果用户有知识库,则可以使用实体链接技术将文本中的候选知识点链接到知识库中。在此过程中,还会用到分词、词性标注以及深度学习模型中需要用到的分布式表达方法。关系识别问题在统计学中被转换为一个分类问题,通过分析关系上下文来确定知识点之间的关系,其中,有基于大量语料库的监督学习方法以及利用少量标注信息的半监督方法,尤其是基于 Bootstrap 的方法和无监督学习类方法。

此外,针对学科知识点分布不均衡,比如,文献中举例知识点“三角形”在初高中课本中出现 1779 次,而“切点圆”仅出现 3 次,这种长尾特性会导致通用性高的知识点因为逆文档频率(IDF)过高而被认为是无关知识点。另外,还存在长知识点抽取困难的问题,李思良等针对学科知识图谱构建的特殊性,提出了一种利用知识点定义以及知识点之间关系挖掘,综合了构词规则和边界检测的知识点抽取方法,实验表明,该知识点抽取方法的 F1 分数(根据准确率和召回率二者给出的一个综合评价指标)有明显提升<sup>[6]</sup>。

## (三)学科知识融合

知识融合技术是指将来自不同数据源构建的知识图谱融合为一个更大的知识库,包括学科知识体系的融合和知识点的融合。知识点融合主要是指发现具有不同标识但是却代表同一知识点的对象,合并为一个全局唯一的知识点并且添加到学科知识图谱中的过程。比如,“速度”既会出现在数学学科知识图谱中,也会出现在“物理”学科知识图谱中。目前,知识点融合通常采用的方法是聚类,其关键是定义相似性度量。相似性度量的定义可以包括字符相似,也就是两个知识点的描述信息是相似的;属性相似,具有相同“属性-值”关系的实体可能是相似的;结构相似,指具有相同的相邻知识点。不同学科知识体系也会存在某些属于描述同一类数据的情况,也需要将不同数据源的知识体系进行融合。在学科知识图谱中,学科知识本体模式匹配

主要是寻找不同的知识体系中的对应关系。

# 五、面向智慧教育的学科知识图谱 应用场景与挑战

国内外研究学者围绕学科知识图谱在教育领域中的应用已经进行了一系列的探索研究,并取得了一些研究成果。本研究在此基础上结合学科知识图谱在智慧教育中的适切性,进一步提炼了智慧教育中学科知识图谱的应用场景以及可能面临的挑战,从而为学科知识图谱在智慧教育中的创新应用提供新思路。

## (一)面向智慧教育的学科知识图谱应用场景

基于学科知识图谱的内涵、应用及其与智慧教育的适切性,本研究认为学科知识图谱在智慧教育中的应用场景主要包括六个方面:学科知识点查询、知识关联查询、学科知识自动问答、学科知识资源推荐、个性化学习路径推荐和查询以及学习兴趣迁移。

### 1. 学科知识点查询

基于学科知识图谱,学习者可以查询某个知识点及其相关的知识点,比如,学习者想了解“氢化物”有关的知识点,则在查询框里面输入知识点的名称,与该知识点有关系的知识点便呈现出来。

### 2. 知识关联查询

学习者可以输入两个知识点的名称来了解这两个知识点之间的关系,首先通过知识点识别技术对应到学科知识图谱中的两个结点,利用图算法在学科知识图谱上将两个结点之间的路径全部搜索出来,并且以可视化的方式呈现给学习者。比如,学习者想了解“一位数加法”与“借位减法”的关系,就可以通过学科知识图谱找出这两个知识点之间的所有路径,从而更好地理清知识点之间的关联关系。

### 3. 学科知识自动问答

基于学科知识图谱的问答系统会根据学习者的提问为其直接提供学习者想要的答案,提高学习者的学习效率。目前,在搜索引擎中输入与学科相关的知识,其中很多还不能直接给出答案。比如,在百度搜索引擎中输入“固体分为哪几种”,学习者在返回的结果界面中还需要进行二次检索才能找到“晶体和非晶体”这样的正确答案,无法直接获得想要的答案。智慧教育提倡为学习者创设更加便捷、高效的学习环境,并提供更加智能的学习工具,而基于学科知识图谱的问答系统可以利用知识点的关联关系,对学习者的问题利用自然语言理解技术,首先定位到知识点“固体”,然后将学科知识图谱中关系“包括”与问题中“分为哪几种”进行对应,进而找到知识图谱中“晶体”“非



晶体”直接呈现给学习者(如图10所示),不再需要学习者进行二次检索或筛选,减轻学习负担,提升学习体验。

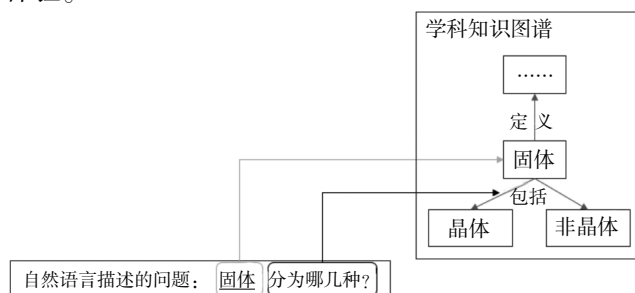


图10 自然语言问题到学科知识图谱中的  
知识点和关系的映射示例

#### 4. 学科知识资源推荐

智慧教育的技术特征之一是按需推送,能够为学习者按需推送学习资源、学习服务、学习工具、学习活动等<sup>[17]</sup>,满足学习者个性化成长与发展的需求。然而,现有互联网中的学习资源大多无序、混乱、质量参差不齐,无法为学习者提供优质、个性化的学习服务。而学科知识图谱以知识点为核心,汇聚多模态的学习资源,各资源间通过知识图谱建立联系,以网状结构的形式呈现学科知识,从而可以利用知识间的关联性为学习者提供更好的资源推送服务。比如:基于学科知识图谱的学习平台可以在诊断学习者问题的基础上,根据图谱间的语义关系为其推送需要强化的知识点,实现知识点的“补弱”;同时,也可以在发现其擅长知识点的基础上为其推送拓展延伸性的知识点,实现知识点的“固强”。因此,学科知识图谱可以根据学习者当前的学习内容、浏览的学习资源、学习停留时间以及学习者标签等信息为学习者推荐个性化的学习资源,满足其个性化学习的需求。

#### 5. 个性化学习路径推荐和查询

智慧学习的目标理念之一是为不同学习者提供不同的学习路径、设置不同的学习进度,以实现学习者的个性化成长与发展。很多研究者提出,通过大数据、人工智能等技术实现学习者的个性化学习,但到目前为止,似乎没有特别成功的个性化学习案例。而学科知识图谱在这方面有望为研究者提供一个新思路,学科知识图谱将相关的学习知识建立联系,能够通过学习者当前学习的知识内容连接到后续相关的学习内容,基于此,可以为学习者推荐一条适合其现有知识水平的个性化学习路径。学科知识图谱根据每位学习者的学习情况为其提供个性化的学习路径,实现学习者的个性化成长。

另外,学科知识图谱还支持学习者学习路径的

查询,如果某位学习者已经掌握了化学元素的概念,想要了解“氢化物的性质”,该学习者查询“化学元素的概念”到“氢化物的性质”这两个知识点之间连接关系即可获得最合适的学习路径。需要注意的是,由于学习者学习风格、认知风格以及知识掌握情况等因素的不同,即使是两个相同结点的学习路径也不尽相同。

#### 6. 学习兴趣迁移

学习兴趣迁移是设计一条由学习者兴趣点到学习目标之间的有效学习路径,创设“人人皆学、处处能学、时时可学”的学习型社会,实现智慧教育终身学习的目标。而学科知识图谱则能够根据学习者的知识特点、学习兴趣,构建学习兴趣迁移路径,将某类学科的学习兴趣迁移到另一类学科,以提高学习者的学习兴趣,实现学习者学习的常态化与动态化,从而树立终身教育的理念与体系。比如:在化学教学中,如果学生对生物学中的植物有较浓厚的兴趣,教师在引入新的化学知识的同时,便可以利用学科知识图谱构建学科知识内容间的关系,从植物引到化学知识;“欧洲白蜡”作为瑞典的国树引出“瑞典”,再由“瑞典”与“诺贝尔”的关系引出“诺贝尔”,之后则可以根据由“诺贝尔”命名的化学元素引出化学元素“诺”(如图1所示),从而将学习者对植物的兴趣迁移到化学知识的学习中,实现学习者学习兴趣的迁移,提高学习者的学习兴趣与学习效果。

#### (二)面向智慧教育的学科知识图谱应用挑战

学科知识图谱在智慧教育中能够发挥重要的价值,助力智慧教育服务体系走向智能化、个性化以及终身化,但其在智慧教育中的应用仍面临以下挑战:

##### 1. 学科知识验证挑战大

垂直领域的知识图谱构建强调知识的深度和精确度,尤其是面向教育领域的学科知识图谱,所以其数据来源必须权威准确,得到教育领域专家和教师的认可。然而,目前还缺少针对学科知识图谱的知识验证模型和算法,知识验证需要确保知识之间的一致性与准确性。所谓一致性就是指正确的知识应该与其他知识是相容的而不是矛盾的,准确性主要是指没有拼写错误、不存在重复数据等。

##### 2. 学科知识融合挑战大

学习资源是知识的载体,是教学和学习活动的基础与参照。未来学习资源的发展将走向生成性、情境性、分布式、社会性以及开放性等。不同机构将构建针对不同学科、不同学段的学科知识图谱,但是如何将来自多源的知识图谱进行融合,从而使得学科知识图谱能够在教育中发挥更大作用,将会是学科知识图谱



面临的一大挑战。这主要包括学科知识图谱本体的融合以及学科知识图谱知识点层面的融合,如不同教材同一知识点的名称可能有所不同,这就需要对两种不同描述的知识点进行标准化处理。此外,不同教材学科内容不同,甚至知识点之间的关系也会有所不同,这都增大了学科知识融合的难度。另外,智慧教育的发展需要全球教学资源无缝整合共享,这是突破教学资源地域限制的有效途径,同时,也借此缩小世界教育鸿沟,提升欠发达国家和地区的教育质量。然而教学资源全球整合共享是基于跨语言学科知识图谱构建基础上的,跨语言知识点对齐、跨语言学科知识本体对齐等都还存在非常大的挑战。

### 3. 学科知识图谱的自适应可视化挑战大

相同的知识点针对不同学段的学习者,其教学目标、教学内容以及教学资源等都是不同的,如何针对学习者画像提供自适应的学科知识图谱可视化服务,与学习者已有的知识体系建立关联,同时,支持学习者自身知识体系的动态演进,具有一定的挑战性。首先,学科知识图谱可视化内容的确定具有一定的难度,需要根据学习者的知识体系、画像特征等确定;其次,学科知识图谱的可视化设计也具有一定的难度,即便相同的学科知识图谱由于学习者的认知方法和学习方法等方面的差异,导致学科知识图谱可视化的设计更加复杂多样。

### [参考文献]

- [1] 何克抗.大数据面面观[J].电化教育研究,2014(10):8-16.
- [2] 祝智庭,贺斌.智慧教育:教育信息化的新境界[J].电化教育研究,2012,33(12):5-13.
- [3] 黄荣怀.智慧教育的三重境界:从环境、模式到体制[J].现代远程教育研究,2014(6):3-11.
- [4] 杨现民,刘雍潜,钟晓流,宋述强.我国智慧教育发展战略与路径选择[J].现代教育技术,2014,24(1):12-19.
- [5] 祝智庭,沈德梅.基于大数据的教育技术研究新范式[J].电化教育研究,2013(10):5-13.
- [6] 中华人民共和国教育部.教育部关于印发《教育信息化 2.0 行动计划》的通知[EB/OL].[2019-04-28]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425\\_334188.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html).
- [7] 余胜泉,李晓庆.区域性教育大数据总体架构与应用模型[J].中国电化教育,2019(1):18-27.
- [8] BERNERSLEE T, HENDLER J, LASSIALA O. The semantic web[J]. Scientific american, 2003, 284(5):34-43.
- [9] LEO Y, UREN V, MOTTA E. SemSearch: a search engine for the semantic web[J]. Lecture notes in computer science, 2006, (10):238-245.
- [10] 阮彤,王梦婕,王昊奋,等.垂直知识图谱的构建与应用研究[J].知识管理论坛,2016(3):226-234.
- [11] 杨宗凯.大数据驱动教育变革与创新[J].大数据时代,2017(5):6-9.
- [12] 万海鹏,汪丹.基于大数据的牛顿平台自适应学习机制分析——“教育大数据研究与实践专栏”之关键技术篇[J].现代教育技术,2016,26(5):5-11.
- [13] 杨现民,余胜泉.智慧教育体系架构与关键支撑技术[J].中国电化教育,2015(1):77-84,130.
- [14] 祝智庭.智慧教育新发展:从翻转课堂到智慧课堂及智慧学习空间[J].开放教育研究,2016,22(1):18-26,49.
- [15] 胡钦太,刘丽清,郑凯.工业革命 4.0 背景下的智慧教育新格局[J].中国电化教育,2019(3):1-8.
- [16] 李思良,许斌,杨玉基.DRTE:面向基础教育的术语抽取方法[J].中文信息学报,2018,32(3):101-109.
- [17] 杨现民.信息时代智慧教育的内涵与特征[J].中国电化教育,2014(1):29-34.

## Construction and Innovative Application of Discipline Knowledge Graph Oriented to Smart Education

LI Yanyan<sup>1</sup>, ZHANG Xiangling<sup>2</sup>, LI Xin<sup>3</sup>, DU Jing<sup>1</sup>

(1.Smart Learning Institute, Beijing Normal University, Beijing 100875;2.School of Information Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875;3.National Engineering Laboratory for Cyberlearning and Intelligent Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

[Abstract] Artificial intelligence, big data and the Internet of things are the basis for the development

of smart education. As a semantic network, discipline knowledge graphs can not only enhance the interpretability of artificial intelligence, but also facilitate the construction of the architecture of smart education system. Based on the analysis of the connotation and application cases of discipline knowledge graphs, this paper discusses the propriety of discipline knowledge graphs and smart education from the aspects: the construction of smart education system architecture and the reconstruction of smart education ecosystem. Then from three aspects of the overall process, automatic acquisition of discipline knowledge and fusion of discipline knowledge, this paper discusses the construction of discipline knowledge graphs in smart education. Finally this paper puts forward six applications of discipline knowledge graphs in smart education: discipline knowledge query, knowledge associated query, discipline knowledge automatic question-answering, resource recommendation, personalized learning path recommendation and query, and learning interest transfer. It also analyzes three major challenges in the applications of discipline knowledge graphs in smart education, including discipline knowledge verification, discipline knowledge fusion and the adaptive visualization of discipline knowledge graphs. It is expected to provide reference and inspiration for the applications of discipline knowledge graphs in smart education.

[Keywords] Smart Education; Discipline Knowledge Graph; Artificial Intelligence; Construction and Innovative Application

---

(上接第 59 页)

## Research on Mechanism of Public Service Supply of Digital Educational Resources: Based on Studies on Policy Changes of ICT in Education from 1996 to 2018

GAO Tiegang<sup>1</sup>, ZHANG Dongrui<sup>2</sup>, GENG Kefei<sup>2</sup>

(1.Network and Information Center, Shenyang Normal University, Shenyang Liaoning 110034;2.School of Journalism and Communication, Shenyang Normal University, Shenyang Liaoning 110034)

[Abstract] The public service supply of digital educational resources is the foundation of the balanced allocation of digital educational resources and an important content of the construction of ICT in education. In order to solve the problems existing in the public service supply of digital educational resources, this paper, based on the analysis of policy texts, proposes the evolution process of the public service of digital educational resources, including the embryonic stage, the initial stage, the adjustment stage and the development stage. Then, this paper reveals the changes of public service attribute, subject development and related mechanism in the evolution. Combined with the development trend of ICT in education and educational system, this paper analyzes the problems and challenges brought by the concept of educational resources, the construction mechanism of resource supply carrier, and the quality of resource supply service to the construction of public service supply mechanism of digital educational resources. Finally, this paper puts forward some suggestions for further improving the position of public service supply of digital educational resources in the service of education resources, optimizing the public service system and the quality of digital educational resources, etc., which is of great value to the construction of public service supply system of digital educational resources.

[Keywords] ICT in Education; Digital Educational Resources; Public Service Supply; Policy Changes