

A Review of Research Progress on Educational Knowledge Graph and Its Application in College Physics Discipline

Xiao Li Xu Liu Huaxi Fan Hao Han

Naval Naval College, Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract

With the rapid development of information technology, especially the continuous breakthroughs in big data and artificial intelligence, the Knowledge Graph (KG), as an efficient knowledge organization and representation tool, has demonstrated its enormous potential and application value in multiple fields. In the field of education, particularly in the teaching process of higher education, knowledge graphs are being gradually studied and practiced in depth. This paper introduces the main existing methods for constructing, storing, and retrieving knowledge graphs at home and abroad, lists the application status of knowledge graphs in the education field, including curriculum content organization, learning path planning, and personalized teaching, and discusses the current status of university physics curriculum construction based on knowledge graphs. Finally, the paper explores the challenges and future development trends faced by the application of knowledge graphs, providing new ideas for university teaching reform.

Keywords

Educational knowledge graph; Association rules; Learning path; Personalized learning

教育知识图谱的研究进展与大学物理学科应用综述

李晓 刘绪 范化喜 韩豪

海军潜艇学院, 中国·山东 青岛 266000

摘要

随着信息技术的飞速发展,尤其是大数据和人工智能的不断突破,知识图谱(Knowledge Graph, KG)作为一种高效的知识组织和表示工具,已经在多个领域展现出了其巨大的潜力和应用价值。在教育领域,尤其是在高等教育的教学过程中,知识图谱正逐步被深入研究与实践。本文介绍了国内外已有的主要知识图谱的构建、存储及检索方法,列举了知识图谱在教育领域的应用现状,包括课程内容组织、学习路径规划和个性化教学等方面,并探讨了基于知识图谱的大学物理课程建设现状。最后,文章探讨了知识图谱应用面临的挑战及未来发展趋势,为大学教学改革提供了新的思路。

关键词

教育知识图谱; 关联规则; 学习路径; 个性化学习

1 引言

知识图谱(knowledge graph)是以图的形式表现客观世界中的实体(概念、人、事物)及其之间关系的知识库^[1]。如图1所示,知识图谱并不是一个新的概念,其前身可追溯到上世纪六十年代的语义网络^[2]。语义网络结构相对简单,但其对多源数据融合比较困难,不能很好实现自主推理。之后资源描述框架(RDF)的提出解决了语义网络的部分缺点,但RDF只能对具体事物进行描述,缺乏抽象能力,无法对同一类别的事物进行定义和描述。这些发展都为之后知识图谱的提出奠定了基础。

2012年,谷歌提出了知识图谱的概念,旨在将实体、属性和关系等信息整合到一个大型图谱中,从而更好地理解

回答人们想要查询的问题。自此以后,知识图谱逐渐成为备受关注的研究对象,相关应用探索也日益深入。目前,它已发展成为语义搜索、智能问答、决策支持等智能服务的核心基础技术之一,被广泛应用于医疗保健^[3]、金融^[4]、交通^[5]、商业^[2]等领域。而在教育领域提到的知识图谱往往是指科学知识图谱,用来显示知识演化进程和知识结构的图形化与序列化的知识谱系^[2],可以通过图形化方式展现各领域的学科架构、各学科的研究范畴、学科之间的关联关系,还能对学科发展新动向进行辨识与剖析,并对研究前沿进行预判。

近年来,国内外在教育知识图谱方面开展大量研究,美国的Knewton公司借助知识图谱搭建起涵盖概念及其前置关联的跨学科知识体系^[6]; Wolfram Research公司通过融合Mathematica和各垂直网站的知识,构建了面向智能知识检索的知识库引擎Wolfram Alpha;在国内相关研究与实践中,微软研究院携手清华大学共同发布了“开放学术图谱”,

【作者简介】李晓(1997-),女,中国山东青岛人,硕士,助教,从事大学物理教育研究。

百度公司提出构建 K12 教育领域的知识图谱体系；北京师范大学余胜泉教授团队研发了依托育人知识图谱的“AI 好老师”智能助理系统^[7]，华中师范大学的研究团队则开展了基于潜在语义分析的学科知识图谱构建探索^[8]。数据驱动和知识图谱的应用正在逐渐成为教育教学改革的重要手段，可以帮助教育工作者更好地了解学生的学习状态和需求，提高教学质量和效果，推动教育教学的智能化和精细化发展。

2 知识图谱的构建

一般来说，知识图谱是一种用于组织和表示知识的结构化数据模型，通过将现实世界中的事物、概念及其之间的关系以图谱、图网络的形式展现，提供一个统一、标准的数据结构，以便人们更加方便地理解和使用这些知识。知识图谱的基本元素包括：实体、属性和关系^[9]：1) 实体：现实世界中的事物和概念，如人、物品、地点、事件等。每个实体或概念用一个全局唯一确定的 ID 标识符；2) 属性：描述实体的内在特性，如人的年龄、物品的品牌和相关参数、某地点的经纬度等。每个属性都对应有具体的值，如“姓名：张三”“年龄：13”“品牌：华为”等；(3) 关系：连接实体并刻画实体之间的联系，如人与物品之间的从属关系、人与人之间的社交关系等。

知识图谱的基本结构包括节点和边，其中节点代表实体，边代表实体之间的关系。实体可以是一个具体事物，也可以是一个抽象概念或属性。关系可以是实体之间的语义关系，也可以是实体和属性之间的关系。由若干节点组成的知识图谱就是一个庞大的知识库。

Huang 等^[10]总结的知识图谱的构建方法有三种：自底向上、自顶向下和二者混合的方法。其中比较适合构建科学知识图谱的方法为自底向上法，即从开放链接的数据源中提取实体、属性和关系，加入到知识图谱的数据层；然后将这些知识要素进行归纳组织，逐步往上抽象为概念，最后形成模式层。

Li 等^[11]进一步提出教育知识图谱概念模型 (EKGCM)，通过分层设计解决了通用知识图谱在教育领域应用中的知识粒度模糊与领域适应性不足问题。该模型包含知识图示和认知图式两个层次：前者以知识元为最小单元，通过节点与关联构建学科知识网络；后者基于学习者的认知状态动态映射个体知识掌握水平。模型核心要素涵盖知识节点（细粒度知识元）、知识关联（如父子关系、前驱后继关系）、认知状态（量化学习者知识掌握程度）及学习路径（个性化学习序列推荐）。

3 知识图谱在教育领域的应用现状

知识图谱在教育领域的应用具有广泛而深远的意义，其核心在于通过结构化和语义化的知识表示方法，将复杂的知识体系以图形化的方式呈现，从而提升教学效率、优化学

习体验并推动教育智能化发展。以下是知识图谱在教育领域的主要应用场景及其具体作用：

3.1 教学资源整合与管理

知识图谱能够将分散的教育资源进行整合，例如教材、试题、课件等，通过构建学科知识图谱，将知识点之间的层级关系和关联关系可视化，帮助教师更好地组织教学内容，提高备课效率。

就目前知识图谱在教育领域的应用来说，最多的应用场景就是以知识点为核心的学科/课程知识结构动态建模，以实现知识体系可视化、知识检索、资源检索和推送等基本功能。Liu 等^[12]基于超星泛雅平台的知识图谱技术，构建“普通化学”课程知识图谱体系，包括知识图谱、问题图谱和课程思政图谱。该团队将“普通化学”课程按照知识单元和不同层次切分，共建设 215 个课程知识点，并在知识点上关联基础类、研讨类、实践类和综合类等各类试题以及教学视频、教学课件、视野拓展、深度探究资料等学习资源，同时，依托超星泛雅平台强大的大数据智能推送技术动态关联海量扩展资源，如期刊、图书、视频、链接等，最终生成一个集知识结构和教学资源于一体的“普通化学”课程知识网络，实现了教学内容的可视化、教学资源的数智化转型。

3.2 个性化学习路径推荐

在上述知识图谱实现课程知识结构动态建模的基础上，将学生和知识之间建立关联，知识图谱还可以发挥更强大的作用——为学生进行个性化学习路径推荐：首先，它能够支持个性化学习路径的生成，根据学生的学习进度、兴趣偏好及能力水平，智能推荐最适合的学习资源，实现因材施教；其次，知识图谱促进了教学内容的智能化重组，通过分析知识点之间的关联性逻辑关系，构建出更加系统、连贯的知识体系，帮助学生形成完整的知识框架；再者，它还有助于实现教学效果的精准评估，通过追踪学生在知识图谱中的学习轨迹，及时发现学习盲点，为教师提供反馈，以便调整教学策略，优化教学设计。

Shi 等^[13]在对分课堂的基础上，依据知识图谱计算出思想政治课程自学策略，最大程度提高学生自学的学习效率：将知识图谱与教学资源（教材、测试题、讲义、教学视频、试卷等）相关联，通过学生信息和学习记录，建立知识点与学生之间的联系。之后采用遗传算法、蚁群算法、粒子群算法等几种智能优化算法，根据学习者的学习特征和学习目标提供一个合适的学习路径，向学生推荐更多有针对性的内容，包括知识点的前置概念，后续内容、推荐高质量的学习资源、错误问题的分析推理，让学生从题海战术中解脱，大大减少学生重复练习的时间和作业负担，提升学习效率。

3.3 智能辅导与评估

从学生的角度分析知识图谱学习数据可以实现个性化学习路径推荐，而从教师的角度分析知识图谱学习数据可以实现智能辅导与评估。知识图谱可以辅助教师对学生的学

情况进行实时跟踪和评估,通过分析学生的学习轨迹和成绩数据,帮助教师发现学习盲点,并提供针对性的教学建议。同时,知识图谱还能支持智能问答系统的开发,为学生提供即时的学习支持。

Qin 等^[14]采用 BIO 标记方法构建数据库主题数据集, BIO 是一种实体识别的标记方法, Qin 团队利用这种方法对所收集数据的“术语、人员、位置名称和组织名称”四种实体类型进行了标注,在此基础上删除冗余、不相关和错误的数据。同时,该团队建设的知识图谱提供了一个类似于搜索引擎的搜索界面,当教师或学生输入一个实体名称时,将链接到该实体的知识卡片。知识卡片将与数据库中实体相关的知识点系统梳理后反馈给教师和学生。与传统搜索引擎相比,基于知识图谱的搜索可以为使用者锁定更准确的数据,知识卡片将数据库切分为知识点,教师可以在备课过程中快速获取必要的备课材料,提高备课效率和质量,学生可以根据自身掌握情况对某些部分知识点反复学习,提高学习质量。

4 基于知识图谱的物理学课程建设现状

4.1 大学物理知识图谱的构建与应用

在大学物理课程知识图谱建设方面,多所高校已取得突破性进展:成都理工大学在已有 MOOC 资源基础上,构建大学物理科学知识图谱,完成大学物理知识图谱框架建设^[15]。上册关联知识点 512 个,下册关联知识点 526 个,微课视频 138 个,练习题若干。通过知识图谱的建设,帮助学生利用图谱结构梳理知识,明确知识点之间隐含的内在逻辑关联,打造立体知识框架;浙江大学力学专业已经完成了包括力学导论、理论力学、材料力学等在内的 12 门课程的知识图谱构建^[16],这些知识图谱不仅覆盖了课程的核心知识点,还关联了思政点和素质点,为课程思政提供了有力支持。

4.2 AI 赋能大学物理知识图谱研究现状

AI 技术的引入进一步推动了大学物理课程的智能化发展。例如南京邮电大学利用基于知识图谱的 AI 技术为教学过程的各个环节提供有力支撑^[17],以教学层的课前预习、课堂教学和课后复习为主线,构建技术层面的 AI 课程建设,基于基础大模型及自然语言处理技术等自上而下的知识图谱构建方法,构建能力图谱、知识图谱和问题图谱,形成基于知识图谱的学习者画像及自适应学习,为学生提供个性化的学习引导服务,也为课前预习提供资源供给、课堂教学作精准诊断和课后复习作平台支持。

5 结论

知识图谱作为一种新兴的技术手段,在教育领域的应

用前景广阔。它不仅能够提升教学质量、优化学习体验,还能推动教育信息化和智能化的发展。随着技术的不断进步和应用场景的拓展,知识图谱将在教育领域发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 王继茹,朱靖,王建,等.数据驱动的知识图谱在本科教学信息化改革中的作用[J].高等工程教育研究,2024(3):121-128.
- [2] 董晓晓,顾恒年,周东岱.知识图谱新近研究进展及其在教育领域的应用挑战[J].数字教育,2022(5):10-17.
- [3] 赵佳丽,罗生全,孙菊.教育大数据研究范式的内涵、特征及应用限度[J].现代远程教育研究,2020(4):57-64+85.
- [4] 张勇,杨进才.基于学科知识图谱的高校教学模式研究[J].计算机教育,2021(6):141-144.
- [5] 罗莎莎,靳玉乐.教师角色的历史演变及其启示[J].现代大学教育,2020(3):20-27.
- [6] Knewton. Knewton adaptive learning building the world's most powerful education recommendation engine [DB/OL]. (2013-10-04) [2019-02-25].
- [7] 余胜泉,彭燕,卢宇.基于人工智能的育人助理系统——“AI 好老师”的体系结构与功能[J].开放教育研究,2019,25(1):25-36.
- [8] 孙小欣.基于潜在语义分析的学科知识图谱构建[D].武汉:华中师范大学,2013.
- [9] 杨玉基,许斌,胡家威,等.一种准确而高效的领域知识图谱构建方法[J].软件学报,2018(10):2931-2947.
- [10] 黄恒琪,于娟,廖晓,等.知识图谱研究综述[J].计算机系统应用,2019,28(6):12.
- [11] 李振,周东岱.教育知识图谱的概念模型与构建方法研究[J].电化教育研究,2019,000(008):78-86,113.
- [12] 刘玲玲,王艳明.基于知识图谱的“普通化学”混合式教学改革——以安全工程专业为例[J/OL].黑龙江教育(理论与实践).
- [13] Shi P. Retracted: Research on the Strategy of Autonomous Learning under the Dual-Class Model of Ideological and Political Courses Based on the Knowledge Map Route[J].Wireless Communications & Mobile Computing, 2023.
- [14] Qin Y, Cao H, Xue L. Research and Application of Knowledge Graph in Teaching: Take the database course as an example[J]. Journal of Physics Conference Series, 2020, 1607:012127.
- [15] 雷丹,史顺平,赵晓凤,等.数字化教育背景下的大学物理混合式教学模式探索与实践[J].大学物理,2025,03-31
- [16] 赵沛,杨卫.AI时代的力学教学[J].力学与实践,2025,47(1):9-14.
- [17] 张红光,李永涛,杨志红,等.基于知识图谱的《大学物理》AI课程建设与实践[J/OL].大学物理,1-7[2025-03-31].