

基于课程知识图谱的个性化教学设计及实践

张昭玉, 胡伏原, 唐佳佳, 周蓓蓓

(苏州科技大学 电子与信息工程学院, 江苏 苏州 215011)

摘要: 传统教学环境中教师难以利用大量教学数据为每位学生提供个性化学习材料和活动, 进而无法满足不同学生的学习风格和需求。因此提出一种课程知识图谱的表现形式及构建过程, 具体包括数据采集、本体构建、关系定义和资源链接等环节, 并最终形成可视化的课程知识图谱。探讨一种基于课程知识图谱的个性化教学方法, 并在此基础上建立课程知识图谱的个性化教学层次模型。以程序设计语言 Python 为例, 详细展示了教学设计及实现过程, 为知识图谱运用于课程建设的实践提供了理论建议和实践参考。

关键词: 课程知识图谱; 个性化教学; 知识可视化

DOI: 10.11907/rjdk.241698

中图分类号: G434

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2025)011-0147-06

扫描二维码阅读全文:



Personalized Teaching Design and Practice Based on Curriculum Knowledge Graph

ZHANG Zhaoyu, HU Fuyuan, TANG Jiajia, ZHOU Beibei

(School of Electronic & Information Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, China)

Abstract: This paper addresses the challenge faced by teachers in traditional teaching environments where they struggle to utilize large amounts of teaching data to provide personalized learning materials and activities for each student. This limitation makes it difficult to meet the diverse learning styles and needs of individual students. To address this issue, the paper proposes a curriculum knowledge graph representation and its construction process. This process includes data collection, ontology construction, relationship definition, and resource linking, ultimately resulting in a visualized curriculum knowledge graph. Furthermore, the paper explores personalized teaching methodologies based on the curriculum knowledge graph and establishes a hierarchical model for personalized instruction using this graph. Taking "Programming Language Python" as a case study, the paper provides a detailed demonstration of the teaching design and implementation process. This offers theoretical insights and practical guidance for applying knowledge graphs in curriculum development.

Key Words: curriculum knowledge graph; personalized teaching; knowledge visualization

0 引言

随着互联网和在线教育的兴起, 教学方式也在发生翻天覆地的变化, 慕课、微课、新媒体等各种教学手段被广泛应用到教学实践中, 随之而产生的是海量的教学数据。这些教学数据不仅包含课程自身的语义知识点, 还包含各类相关的信息化教学资源^[1], 诸如网络课程、虚拟仿真、微

课、短视频, 以及教学过程学习、测验、互动数据等^[1]。在传统教学环境中, 教师需要面对大量学生, 难以充分利用这些教学数据为每位学生提供个性化的学习材料和活动, 进而无法满足不同学生的学习风格和需求。因此, 如何充分利用教学大数据帮助学生明确学习需求, 在众多的知识点中规划合理的学习路径, 提升教学资源利用效率, 进而解决信息化教学资源的自适应问题并实现个性化学习支持, 具有重要的研究价值。

收稿日期: 2024-08-13

基金项目: 江苏本科高校“理工类公共基础课程教学改革研究”专项课题(2024LGJK017); 苏州科技大学校级教研项目(PX-0231307)

作者简介: 张昭玉(1975-), 女, 硕士, 苏州科技大学电子与信息工程学院副教授, 研究方向为软件工程; 胡伏原(1978-), 男, 博士, 苏州科技大学电子与信息工程学院教授、博士生导师, 研究方向为图像处理; 唐佳佳(1979-), 女, 硕士, 苏州科技大学电子与信息工程学院讲师, 研究方向为网络安全; 周蓓蓓(1974-), 女, 硕士, 苏州科技大学电子与信息工程学院讲师, 研究方向为嵌入式计算。本文通讯作者: 胡伏原。

在众多的教育技术中,知识图谱凭借其独特优势发挥着重要作用。知识图谱被称为“人工智能的基石”,它能够实现对各领域数据中知识语义的解释和表达,最初主要用于改善搜索引擎的能力,提高搜索质量^[2]。近年来,以知识图谱为核心的课程建设越来越受到重视。基于知识图谱的课程建设,通过拆解课程教学内容进行知识点的系统梳理,构建知识点间的相互关系,将知识图谱与教学实践深度结合,优化知识脉络结构,让知识和教学过程“看得见”“看得清”,形成了教育领域特有的“课程知识图谱”^[3]。其不仅通过语义网络的形式表达和沉淀了传统教育教学过程中所涉及的课程知识、教学知识、学科知识、百科知识、语言知识等,而且实现了教学资源、学习过程、评估评测等类型多样的碎片化数据的关联^[4]。在教学活动中充分应用课程知识图谱,既有助于教师科学制定教学策略,精准掌握学生学习画像,也有助于学生智能规划学习路径,开展个性化自主学习^[5]。

本文从课程知识图谱的表现形式及构建、基于课程知识图谱的个性化教学方法、课程知识图谱支持的个性化教学设计以及面临的挑战与展望等方面进行探索,通过深入探讨课程知识图谱在程序设计中的应用,为教育工作者提供理论建议和实践参考,推动个性化教学的发展。

1 课程知识图谱的表现形式及其构建

课程知识图谱是知识图谱在课程教学中的应用,其表现为一种结构化、可视化的课程知识网络,描述了课程知识点、教学资源、教学活动、评价方式之间的关联^[6]。基于课程的知识图谱是教学领域的一种全映射,能够表达课程知识及教学活动各实体之间的关系,并提供相应的查询和推理能力^[7]。

本文以程序设计语言 Python 为例,使用超星泛雅平台支撑的知识图谱 AI 工具,尝试构建该课程的知识图谱,构建的过程模型如图 1 所示。

该模型主要包括以下几个主要层次:

1.1 数据采集层

数据采集要确保数据来源的可靠性,并且采用多种数据源进行验证,不能依赖于单一来源的信息。本课程采集的数据源主要包括大纲、培养方案、教材、实验指导书、教案、讲义、案例库、代码库、习题库等,以及各个在线教学平台的半结构化数据,如超星学习通和中国大学慕课。

1.2 课程知识图谱构建层

第一步是对数据进行清洗降噪,满足知识图谱的抽取要求。采取的主要方法有:①去除文本中的停用词;②去除文本中的特殊符号和标点符号,以保留实际有意义的文本内容,统一不同的实体表示形式;③去除不相关或错误的数据,确保数据清洗的效果和准确性^[8]。在此步骤中,主要使用了 Chat-gpt 大模型识别并保留上下文相关的重

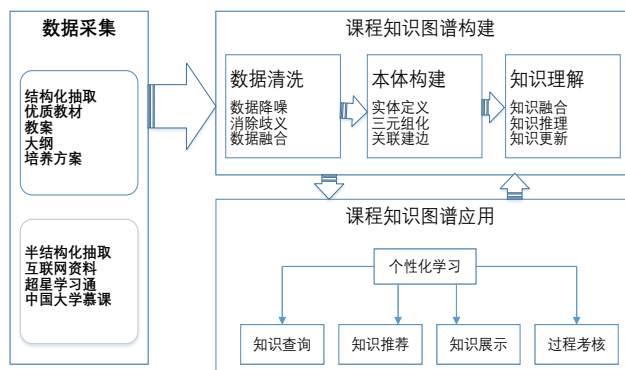


Fig. 1 Curriculum knowledge graph construction model

图 1 课程知识图谱构建模型

要信息,提高文本清洗的智能性和准确性。同时,编写代码将识别输出的文本集成到自动化清洗流程中,减少人工干预和错误,提高效率与准确性。

第二步是构建知识本体。课程知识体系中的本体是知识点及其关系,用于表示和组织课程领域知识的一种结构化模型^[9]。具体步骤如下:首先,从课程内容中找到与知识点相关的关键词语及关系。程序设计语言 Python 共分解为 8 个一级知识点,包括 Python 基础语法,程序流程控制,列表和元组,字典和集合,函数和代码复用,文件操作,计算生态及模块应用,数据科学。其次,对每个一级知识点进行分解,并将各个知识点以节点的形式组织到知识图谱中。使用自然语言处理技术对文本数据进行处理,包括分词、词性标注、命名实体识别等,以提取出关键词和概念。通过实体识别技术找到文本中的实体,如数值类型、字符串类型、顺序结构等,并导入知识图谱数据库。然后,在知识节点之间建立各种语义关系,定义节点关系,如“子集”“前置”“后置”“关联”等。其中,“子集”表示包含关系,主要用于一级知识点和子集之间;“前置”“后置”两种关系主要用于知识章节之间,表示学习知识时的先后顺序;“关联”则表示知识点之间的联系,支持相互跳转。最后,补充学习资源,将与各知识节点相关的学习资源,如课件、视频、单元测试等线上资源链接到知识图谱中。

第三步是知识理解。本阶段将融合学习数据,发布知识图谱。通过收集学生的学习数据(如测试成绩、学习时长等)整合到知识图谱中,基于知识图谱分析学生在各知识点上的掌握情况,改进资源发布动态和频率。最终根据学生的学习反馈和教学实践,持续调整知识图谱的结构和内容,使其更加贴合实际需求。

经过构建后的程序设计语言 Python 的课程知识图谱如图 2 所示,由于篇幅所限,图中仅展示一级、二级知识点标题。

1.3 课程知识图谱应用层

通过知识查询、推荐、展示和过程考核等方面支持个性化学习,帮助学习者根据自身需求和特点,有针对性地选择学习资源、建立知识连接、评估学习成果,从而实现更

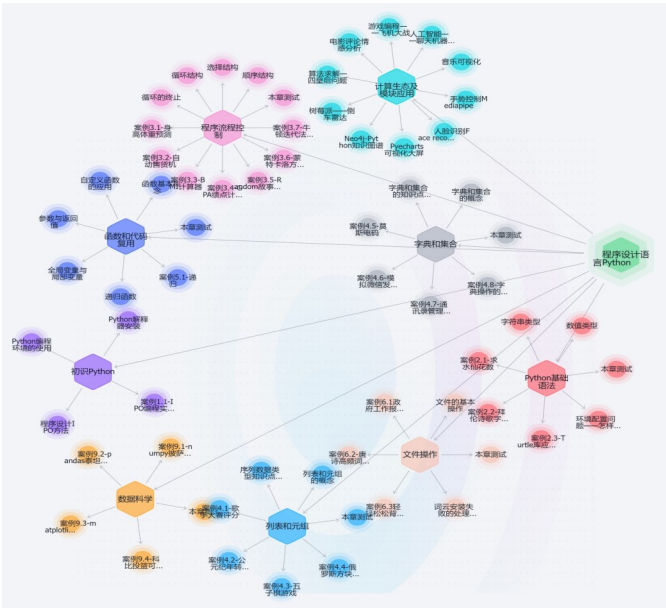


Fig. 2 Curriculum knowledge graph of "programming language Python"

图2 《程序设计语言 Python》的课程知识图谱

有效的学习过程并提升学习成果^[10]。知识查询支持学习者通过图谱的知识表示和关联信息,根据自己的学习需求和兴趣,查询到相关的知识点及课程内容,从而快速获取所需的学习资源。基于学习者的学习历史、兴趣爱好和学习行为,知识图谱可以推荐个性化的学习资源和课程内容,帮助他们选择适合的学习路径^[11]。知识展示可以将知识以图谱的形式展示出来,学习者可以更直观地了解知识体系,有助于他们建立知识之间的联系,促进深层次的学习。过程考核可以根据学习者在知识图谱中的学习轨迹和表现,系统地评估学习者的学习进度和掌握程度,提供个性化的反馈,帮助学习者更好地调整学习策略并提升学习效果^[12]。

2 基于课程知识图谱的个性化教学设计实施路线

基于课程知识图谱进行学情分析,可以发现学生的学习特点和需求,从而根据学生情况生成个性化的教学方案和学习路径^[13]。教师通过AI助手动态监测学生在知识图谱上的学习轨迹,为其实时调整学习资源,以促进学生更有效地掌握知识。图3展示了以《程序设计语言 Python》为例的个性化教学设计实施路线。

首先,收集和整理学习所需的知识数据,构建课程知识图谱,这一步在模型的构建层完成。其次,通过收集学习者的学习历史、兴趣爱好和学习目标等信息,分析学习者的学习需求,对学习者的个人画像,可以利用平台AI辅助完成^[14]。再次,根据学习者的学习需求和知识图谱,通过知识图谱的查询和推荐功能,为每个学习者定制适合其需求的学习路径,包括课程规划、知识点的学习顺序、学

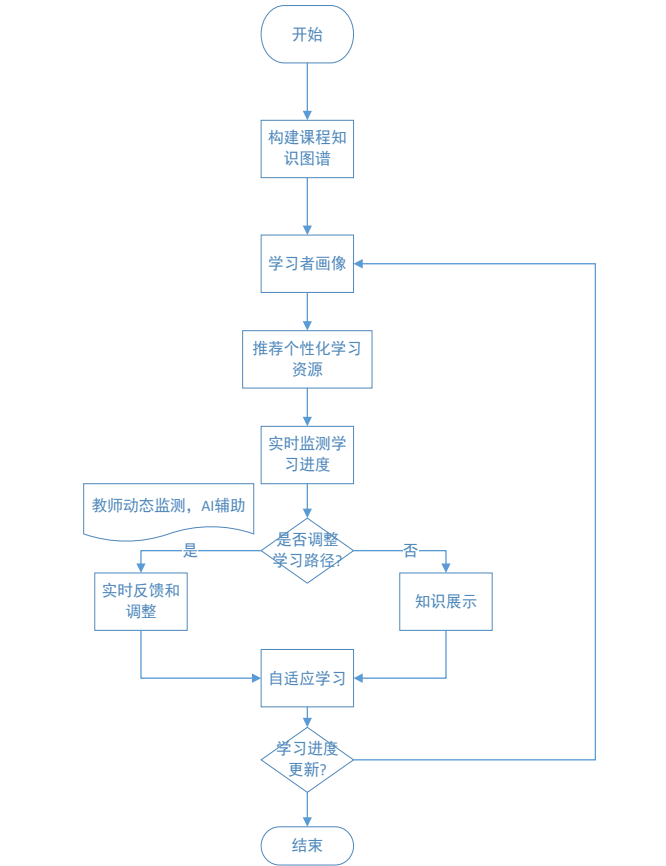


Fig. 3 Personalized teaching design for "programming language Python"

图3 《程序设计语言 Python》的个性化教学设计

习资源的推荐^[15]等。在此基础上,教师可借助AI工具动态监测学习者的学习状态与进度,并根据实际情况及时调整学习路径,提供个性化支持,例如针对性讲解、分组学习、同步训练、错题订正及小测巩固等。若无需调整,则通过知识图谱技术将学习者的学习路径、进度等信息以可视化形式呈现。若学习进度或状态发生更新,则再次重复学习者画像、资源推荐等系列活动。

结合以上功能,本文构建了一个基于课程知识图谱的自适应学习路线图,教师根据学习者的个性化需求和表现,自动调整学习资源和活动,提供个性化的学习支持,帮助学习者更高效地实现学习目标。

与传统个性化学习方法不同,基于课程知识图谱的个性化教学设计实施路线利用学生的学习数据(如测试成绩、学习行为、学习时间等)进行实时分析,直接推送知识点链接,并依托知识图谱动态调整教学内容和策略。例如灵活采用视频学习、知识点查询、案例实操、在线测试、发帖讨论等多种教学活动,有效提升教学效果。这种教学模式有机融合了在线学习与传统课堂优势,构建出创新的混合式学习体系。一方面充分利用丰富的在线资源,另一方面借助生成式人工智能(如AI助教)平台进行自适应学习辅导和问题解答,提供实时帮助和支持,确保每位学习者都能按照个性化的进度和节奏开展学习。

3 基于课程知识图谱支持的个性化教学实践案例及实施效果

以程序设计语言 Python 的“中文文本分析”为例,基于该课程的知识图谱进行个性化教学设计。该课程隶属于第7章“文件及操作”,课程知识点图谱已创建完成。通过超星平台的“知识图谱统计分析”功能,可以清晰查看该章节的资源分布情况,如图4所示。



Fig. 4 Resource distribution of the "files and operations" chapter
图4 “文件及操作”章节资源分布

基于“知识点学习情况分析”功能生成学习者画像(如图5所示):该班级学生整体学习主动性不足,知识掌握情况欠佳。数据显示,学生平均任务完成率为33%,知识点掌握率仅为30%,班级平均掌握率未达60%基准线。这些数据表明教师应进行学习干预,因此本研究按照课前一课堂一课后的三步走流程,结合学习通工具,设计了基于知识图谱的个性化学习路线。



Fig. 5 Learner portrait
图5 学习者画像

(1)课前阶段。通过学习通APP向学生无差别推送知识图谱课前任务单,包含慕课视频观看、课程知识点预习和思考题作答等基础内容。然而,知识图谱统计数据显示,学生在课前的学习参与度较低。因此,教师需适当降低对课前自主学习能力的预期,同时在后续环节加强对课前学习的督促。

(2)课堂阶段。按照激活旧知、展示新知、应用新知、融会贯通4个环节展开教学。①在激活旧知阶段,通过课程知识图谱的关联,针对性地回顾与本次课程相关的基础

知识点。“中文文本分析”的前置知识点包括文件操作(如文件的读取、写入等)、字符串处理以及字典结构等。通过知识图谱的节点关系,能够清晰地转向相关的文本和视频,学生通过节点之间的关系可以及时跳转访问,有效激活前置知识^[16]。②在展示新知阶段,通过推送本课程知识图谱的结构,引导学生清晰地了解各个知识点之间的逻辑关系和依赖关系,从而更好地理解课程内容的整体架构^[17]。知识点结构展示了本次课程的学习内容,包括文本信息节点(如中文分词库jieba、自然语言处理工具包nltk、词云生成工具wordcloud的教案、案例代码、小测等内容)以及媒体节点(即知识点微课)。在此基础上,学生可以根据图谱中的节点和边的关系,按照个人掌握程度及兴趣,调整学习节奏,选择想要跳转的知识点,满足其个性化的学习需求。在学习过程中,教师提供指导和反馈,帮助学生解决学习中遇到的问题,确保他们能够顺利地掌握相关知识和技能。③在应用新知阶段,教师可以选择不同难度和深度的项目案例,通过情境设计和提出问题,帮助学生应用新知识^[18]。本文设计了一个渐进式的项目“红楼梦文本分析”,项目分为3层:第一层实现文件的读入、分词、数据清洗及输出结果,该阶段应用文本分析的基础知识点,起评分60分;第二层对第一层次的数据进行可视化展示,起评分70分;第三层输出人物关系图,并进行可视化展示,起评分80分。学生可以独立完成,也可以结对完成。在此阶段,教师参与面授指导,并通过平台推送参考代码和相关案例节点。对于已经掌握基础知识的学生,可以选择二、三层的拓展内容;对于学习较慢或者有困难的学生,可以选择层次一,并向其提供更多的辅导和支持。④在知识的融会贯通阶段,推送资源以案例为主,如三国演义文本分析、唐诗文本分析、政府工作报告文本分析以及电影评论情感分析等相关案例,学生可以按照自己的兴趣进行选择,以激发学生的学习兴趣 and 主动性。在此基础上,将学生分成协作小组,由组长牵头负责组内成员合作完成一个完整的项目。在分组过程中,需充分考虑学生的能力和兴趣,将不同水平的学生分配到不同的小组,让他们在小组内相互学习和帮助,实现相互促进和共同进步^[19]。

(3)课后阶段。开展知识的复习和巩固,主要推送案例和视频资源,同时辅以小测和课外实验任务。若处于章节结束阶段,则需推送章节测验和实训项目。根据平台统计数据显示,学生在此阶段的参与度呈现明显分化:约1/3的学生学习积极性较高,能够主动提交案例、观看视频、参与讨论并发帖;而其他学生则以完成基本评测为主,参与度相对较低。因此,如何提高学生课后的参与度,是一个值得深入探讨的问题。

本次教学设计运用课程知识图谱贯穿教学全过程:在课前阶段,通过个性化的课前任务单推送,激发学生对基础知识的学习兴趣,同时根据统计数据调整课前学习能力的预期,有效提升学生的参与度;在课堂阶段,通过知识图

谱的关联特性回顾基础知识点,传授新知识的逻辑结构;在课后阶段,则重点进行知识的复习和巩固,通过案例、视频及实践项目等资源推送,鼓励学生参与讨论和提交成果,以强化学生对所学知识的掌握和应用能力。本次教学设计完成了一次基于课程知识图谱的教学闭环。

经过半年基于知识图谱的个性化教学实践后,团队收集了大量的学生学习数据。通过对比同一学期、相似专业,得出在教学计划和学时数完全一致的情况下,期末考试学生成绩结果分布如图6所示。分析结果显示,实验班的学生处于优秀和良好的比例明显高于普通班,低分学生占比明显低于普通班。结果表明,该方法的实施显著提升了高分学生的比例,改善了整体教学效果,降低了不及格率,并且增强了学生的学习积极性、参与度和知识运用能力。

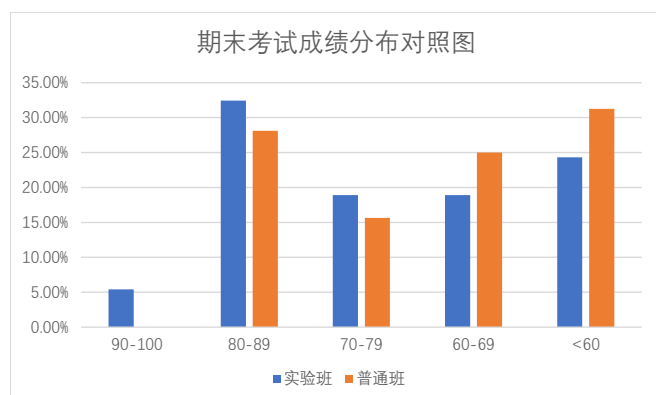


Fig. 6 Comparison chart of final exam score distribution

图6 期末考试成绩分布对照图

4 结语

课程知识图谱作为教学领域一种强大的知识表示和组织方式,在个性化教学中具有广阔的应用前景^[20]。本文讨论了课程知识图谱的概念,通过整合课程知识,构建出一个系统化的知识网络。其清晰地揭示了知识点间的逻辑关联与依赖关系,有助于直观把握知识体系脉络。对学生而言,课程知识图谱能够构建扎实的知识基础,促进其对内容的深度理解,并能基于图谱规划个性化学习路径、利用文本、视频、代码等多样的关联资源进行主动探索,从而提升学习效率^[8]。对教师而言,课程知识图谱支持智能化的资源推荐;教师可借助平台数据持续追踪学情,为数据驱动的教学决策与策略调整提供依据,最终优化教学效果。课程知识图谱面临的主要挑战包括数据质量和完整性、知识的动态更新和维护、复杂的技术实现以及个性化推荐的精确度和隐私保护,随着大数据和人工智能技术的不断发展,课程知识图谱有望变得更加智能和精准,进一步提升教育质量和学习效果。而在教学实施过程中仍存在一些挑战。例如,实际教学案例的数据显示,部分学生在课前和课后的参与度较低,缺乏主动性,需要引起关注

和展开进一步的研究。

参考文献:

- [1] FENG Y, LIU X Y, LI K X, et al. A review of automatic course knowledge graph construction[J/OL]. Computer Technology and Development, 2024-07-24. <https://doi.org/10.20165/j.cnki.ISSN1673-629X>. 2024. 0267.
冯筠,刘星雨,栗凯旋,等. 课程知识图谱自动构建综述[J/OL]. 计算机技术与发展, 2024-07-24. <https://doi.org/10.20165/j.cnki.ISSN1673-629X>. 2024. 0267.
- [2] SUN L J, MENG F J, XU X J. A review of course knowledge graph construction technologies [J/OL]. Computer Engineering, 2024-07-24. <https://doi.org/10.19678/j.issn.1000-3428.0069543>.
孙丽郡,孟繁军,徐行健. 课程知识图谱构建技术研究综述[J/OL]. 计算机工程, 2024-07-24. <https://doi.org/10.19678/j.issn.1000-3428.0069543>.
- [3] MU S, TAN Z Q, LUO J X, et al. Research on the construction method of stereoscopic knowledge graph for precision teaching and research [J]. e-Education Research, 2023, 44 (5): 74-81.
穆肃,谭梓淇,骆珏秀,等. 面向精准教研的立体知识图谱构建方法研究[J]. 电化教育研究, 2023, 44 (5): 74-81.
- [4] ZHOU D D, DONG X X, GU H N. New trends in knowledge graph research in education: discipline teaching graphs [J]. e-Education Research, 2024, 45(2): 91-97, 120.
周东岱,董晓晓,顾恒年. 教育领域知识图谱研究新趋向:学科教学图谱[J]. 电化教育研究, 2024, 45(2): 91-97, 120.
- [5] XUE Y Q, SONG Y. Exploration of knowledge graph construction and personalized recommendation in artificial intelligence courses [J]. Computer Education, 2024(6): 151-155.
薛雅倩,松云. 人工智能课程知识图谱构建及个性化推荐探索[J]. 计算机教育, 2024(6): 151-155.
- [6] QIAO F, LIANG X. The concept of knowledge graph enabling online course construction in Chinese and foreign design art history [J]. New Realm of Art, 2023(10): 107-109.
乔芳,梁雪. 知识图谱赋能中外设计艺术史线上课程建设构想[J]. 新美域, 2023(10): 107-109.
- [7] DENG S, YAN Y. Knowledge graphs as catalysts for teaching innovation in the era of digital intelligence [J]. Journal of Hebei Normal University (Educational Science Edition), 2024, 26(5): 100-102.
邓硕,闫蕊. 知识图谱在数智化时代中的教学创新及作用[J]. 河北师范大学学报(教育科学版), 2024, 26(5): 100-102.
- [8] YANG W X, WANG W H, HE L, et al. Research and practice of knowledge graph enabling intelligent education: taking the "linear algebra" course at Wuhan University of Technology as an example [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2023(6): 111-117.
杨文霞,王卫华,何朗,等. 知识图谱赋能智慧教育的研究与实践——以武汉理工大学“线性代数”课程为例[J]. 高等工程教育研究, 2023 (6): 111-117.
- [9] LI X, ZHAN D C, NIE L S, et al. Course design and construction based on KT-SQEP: the case of the "101 plan" introduction to computer science course [J]. Computer Education, 2024(5): 1-8.
李雪,战德臣,聂兰顺,等. 基于KT-SQEP的课程设计与课程建设——以“101计划”计算概论(计算机科学导论)课程为例[J]. 计算机教育, 2024(5): 1-8.

- [10] WU Y W, SUN C H, LI B. Knowledge graph to aid subject teaching——a case study of basic analog electronics class in university [J]. Software Guide, 2020, 19(12): 195–198.
吴彦文, 孙晨辉, 李斌. 知识图谱助力学科教学——以大学模拟电子技术基础课程为例[J]. 软件导刊, 2020, 19(12): 195–198.
- [11] CAO X L. Research on personalized course recommendation method for mooc based on knowledge graph [D]. Hefei: Anhui Jianzhu University, 2024.
曹小兰. 基于知识图谱的 MOOC 个性化课程推荐方法研究[D]. 合肥: 安徽建筑大学, 2024.
- [12] ZHANG Z Y, REN J P, FU B C, et al. Research on learning effect evaluation model based on MOOC+SPOC mode [J]. Computer Education, 2018(7): 87–91.
张昭玉, 任建平, 付保川, 等. 基于 MOOC+SPOC 模式的学习效果评价模型研究[J]. 计算机教育, 2018(7): 87–91.
- [13] WANG J R, ZHU J, WANG J, et al. The role of data-driven knowledge graphs in undergraduate teaching information reform [J]. Research in Higher Engineering Education, 2024(3): 121–128.
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.
- [14] LU Y L, WANG H Q, GAO F, et al. Exploration and practice of high-quality course construction for materials science based on "curriculum ideology and politics + knowledge graph" [J]. Journal of Higher Education, 2024, 10(20): 38–41.
卢艳丽, 王洪强, 高峰, 等. 基于“课程思政+知识图谱”的材料专业高质量课程建设探索与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(20): 38–41.
- [15] SHEN H Y, XIAO W, JI Y M, et al. Types, applications and challenges of educational knowledge graph [J]. Software Guide, 2023, 22(10): 237–243.
沈红叶, 肖婉, 季一木, 等. 教育知识图谱的类型、应用及挑战[J]. 软件导刊, 2023, 22(10): 237–243.
- [16] GUO W B. Knowledge graph: a new technology for content visualization in educational literature research [J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences Edition), 2016, 34(1): 45–50, 114.
郭文斌. 知识图谱: 教育文献内容可视化研究新技术[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2016, 34(1): 45–50, 114.
- [17] LIU F J, ZHAO W, JIANG Q, et al. Research on personalized learning models and support mechanisms based on knowledge graphs [J]. China Educational Technology, 2022(5): 75–81, 90.
刘凤娟, 赵蔚, 姜强, 等. 基于知识图谱的个性化学习模型与支持机制研究[J]. 中国电化教育, 2022(5): 75–81, 90.
- [18] ZHANG Z Y, TANG J J, ZHOU B B, et al. Practical teaching design based on progressive achievement incentives [J]. Computer Education, 2024(5): 93–96.
张昭玉, 唐佳佳, 周蓓蓓, 等. 基于渐进式成果激励的实践教学设计[J]. 计算机教育, 2024(5): 93–96.
- [19] ZHANG Z Y, TANG J J, WU Y, et al. Exploration of a programming experiment teaching model based on reverse iterative teaching design and personalized learning [J]. Computer Education, 2024(7): 119–123.
张昭玉, 唐佳佳, 吴勇, 等. 基于反向迭代教学设计与个性化学习相结合的程序设计实验教学模式探索[J]. 计算机教育, 2024(7): 119–123.
- [20] MA F L, ZHANG Z L, YAN Y. Subject knowledge graph: connotation, technique architecture, application and development trend [J]. Software Guide, 2024, 23(3): 212–220.
马富龙, 张泽琳, 闫燕. 学科知识图谱: 内涵、技术架构、应用与发展趋势[J]. 软件导刊, 2024, 23(3): 212–220.

(责任编辑: 陈维捷)