

教育数字化背景下《制药分离工程》课程知识图谱的构建

贾朝, 梁旭华, 李筱玲, 潘婷婷, 李世玺, 程敏*

商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛

收稿日期: 2024年12月5日; 录用日期: 2025年1月6日; 发布日期: 2025年1月13日

摘要

在教育数字化的浪潮下, 知识图谱在教育教学领域的应用日益广泛。本文采用Protégé本体编辑器和Neo4j图数据库技术, 成功构建了《制药分离工程》课程的知识图谱。该图谱清晰地展现了课程的知识体系, 对于提高学生的学习效率和教学效果具有显著作用。本研究不仅为高等教育的数字化转型提供了实践参考, 也为其他课程的智慧化改造提供了宝贵经验, 有力地推动了智慧教育的创新与发展。

关键词

教育数字化, 知识图谱, 制药分离工程, 智慧教育

The Construction of Knowledge Graph for “Pharmaceutical Separation Engineering” Course under the Background of Digital Education

Zhao Jia, Xuhua Liang, Xiaoling Li, Tingting Pan, Shixi Li, Min Cheng*

School of Biomedical and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

Received: Dec. 5th, 2024; accepted: Jan. 6th, 2025; published: Jan. 13th, 2025

Abstract

The use of knowledge graphs in the teaching and learning process is growing in popularity as a result of the educational digitalization trend. This article used the Protégé ontology editor and Neo4j

*通讯作者。

graph database technology to successfully create a knowledge graph for the “Pharmaceutical Separation Engineering” course. This diagram effectively illustrates the course’s knowledge system and significantly enhances both the effectiveness of instruction and student learning. This study effectively promotes the innovation and growth of smart education by offering useful experience for the intelligent transformation of other courses in addition to practical references for the digital transformation of higher education.

Keywords

Education Digitalization, Knowledge Graph, Pharmaceutical Separation Engineering, Smart Education

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现今，新一轮的产业升级和科技革命正在加速推进。在技术进步和创新发展的推动下，数字技术正在以前所未有的强度改变着劳动力市场、社会结构和未来的工作模式。在这种情况下，教育的价值变得更加重要。同时，由于各种 APP 和数字设备的广泛使用，以及互联网和物联网的互通互联，社会对数字化的需求呈现持续增长趋势，这些必然迫使教育向数字化转型。与此同时，新冠疫情全球大流行使得大规模线上教学达到了前所未有的高度，进一步加速了教育的数字化转型[1]。2022 年 9 月召开的联合国教育变革峰会将高质量数字学习列为五大行动领域之一。中国与许多与会国已将数字学习作为一项重要内容写入了国家承诺声明[2]。党的二十大报告提出：“推进教育数字化，建设全民终身学习的学习型社会、学习型大国”。总书记在中央政治局第五次集体学习时强调，“教育数字化是我国开辟教育发展新赛道和塑造教育发展新优势的重要突破口”。可见发展数字教育、推进教育数字化是推进教育现代化的大势所趋、发展所需，也是改革所向[3]。

2012 年 5 月 17 日，谷歌正式发布了知识图谱(Knowledge Graph)这一概念，其核心目的在于提升搜索引擎的输出结果，进而增强用户的搜索体验与质量[4]。当前，在智能信息服务不断迭代发展的背景下，知识图谱的应用范围已拓展至智能搜索、自动问答及个性化推荐等多个领域，显著提升了这些应用的信息处理能力与智能化水平[5]。知识图谱作为结构化的知识表示方法，能有效整合和组织海量教育信息资源，不仅能帮助学生构建知识体系，促进深层次理解。同时还可以帮助教师实现模块化课程设计，智能推荐个性化学习路径，满足不同学生的学习需求，提高教学效率[6]。其次，知识图谱可作为教学评估工具，准确把握学生学习状态[7]。跨越学科界限，促进教学资源整合与共享，打破学科壁垒[8]。总之，知识图谱在教育领域的应用，不仅提升了教学质量和效率，更为教育数字化转型提供了强大助力，是教育数字化转型的重要工具[9]。

在制药工程专业学生的工程能力教育中，《制药分离工程》是一门至关重要的核心课程，它不仅应用性强，而且内容广泛、复杂多变，包含大量知识点。然而，由于该课程目前尚未形成系统的知识图谱，知识点显得零散，这无疑增加了学生的学习难度，也难以保证教学效果。为此，本文以《制药分离工程》课程为例，详细阐述了知识图谱的构建及其应用方法，希望通过图谱化的知识组织方式，帮助学生快速理解知识点，解决当前缺乏图谱带来的问题，并为该课程填补知识图谱空白，从而提升课程的教学水平和学生的学习成效。

2. 知识图谱的构建方法

2.1. 方法概述

知识图谱构建一般有自顶向下和自底向上两种途径,本研究根据《制药分离工程》课程整体性和逻辑性较强的特点采用自顶向下的方法构建知识图谱。首先,采用 Protégé 工具从核心概念入手,构建顶层课程本体,并逐步进行细化,从而形成一个组织严密的分类层级结构。最后,采用 Neo4j 图数据库技术将其进行存储并予以可视化显示[10]。《制药分离工程》课程知识图谱的构建流程见图 1。

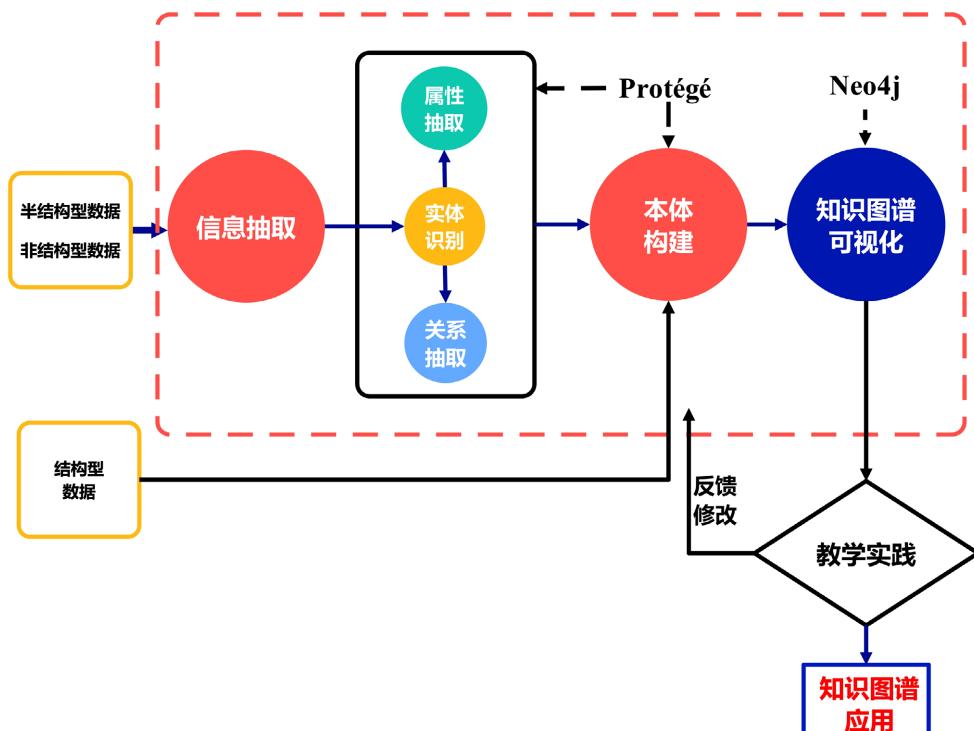


Figure 1. Construction process of knowledge graph for Pharmaceutical Separation Engineering course
图 1. 《制药分离工程》课程知识图谱的构建流程

2.2. 知识图谱的构建

构建《制药分离工程》课程知识图谱利用 Protégé 开发工具,分为七个步骤,包括知识体系分析,定义基本概念和类,属性定义,确定类之间的关系,实例化,知识融合和验证与评估后可视化展示[11]。

2.2.1. 知识体系分析

《制药分离工程》课程知识图谱的构建基于两大信息源泉。其中,最为核心的源泉来自于课程自身的专业领域,保证了知识的精确无误与权威性,覆盖了从培养方案到教学大纲、教材、教案、PPT 课件、习题集、实验指导手册、课程思政案例库等一系列关键要素。另一信息源泉则源自开放领域,借助 Python 网络爬虫技术,从学习通、智慧树、MOOC 等在线学习平台以及高校公开课,还有百度百科等网站广泛搜集课程相关资料。为知识图谱的实时更新注入活力。通过不断吸收最新的教学素材与科研成果,知识图谱得以持续优化并日益完善[12]。

由教师团队对《制药分离工程》课程的所有相关数据进行梳理,结合人才培养目标对知识点整理细化,辨识并提取出与课程紧密相关的、富有意义的知识点。将课程所有知识点的层次分为四类(见图 2)组

成一个完整的知识体系，具体结构阐述如下：

- (1) 最高层级类别。这包括课程目标、毕业要求以及课程内容，它们共同构成了我们分类体系的第一级别。
- (2) 中间两个层级类别。一般而言，典型课程的知识结构会按照章节进行划分。因此，在本研究中，我们将章作为第二级别的类，节可分为分离原理、分离工艺、分离设备和案例则作为第三级别的类。
- (3) 最底层级类别。这一级别涉及每个章节中的具体知识点。

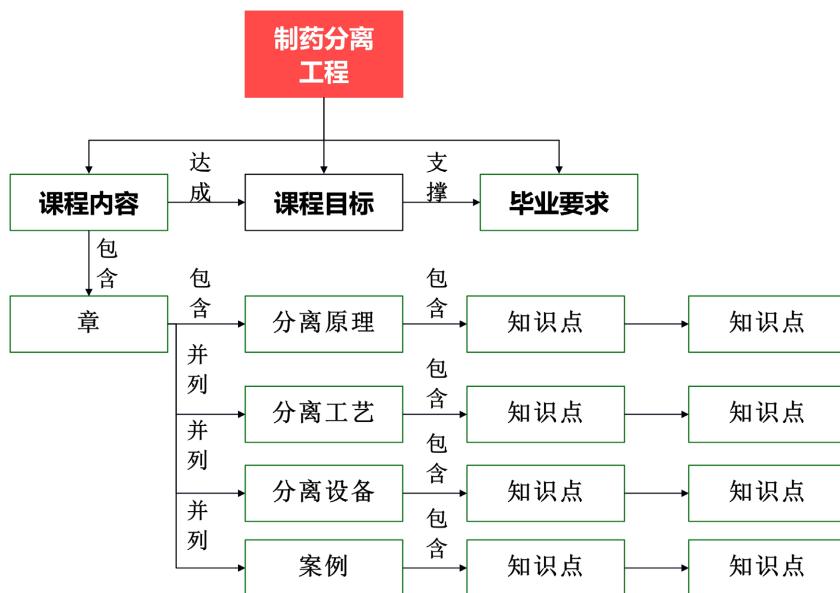


Figure 2. Hierarchical relationship of knowledge graph in the course of Pharmaceutical Separation Engineering
图 2. 《制药分离工程》课程知识图谱的层次关系

2.2.2. 定义基本概念和类

由软件工程师采用 Bi-LSTM + CRF 的模型与人工相结合的方式对上述知识点进一步抽取确认。根据课程特点确定“基本概念、分离原理、分离工艺、分离设备、案例、课程思政”等六个实体类型。教师团队运用标准化评估手段，对知识点进行人工审核并填补不足，最终确定了 750 个具体的知识点。

2.2.3. 属性确定

本研究中将实体的数据属性分为五类：知识名称、知识内容、学习目标、学习难度、掌握程度和相关资源。知识名称对应章节目录，知识内容以教材(宋航主编制药分离工程案例版)为核心，根据课程教材中的常见结构和格式，对应所用知识点。学习目标对应课程大纲和人才培养计划。学习难度对应容易、中等、较难、困难和高难五个级别。掌握程度根据布鲁姆认知领域目标的六个层次，对应记忆、领会、应用、分析、综合、评价。相关资料对应网络平台资源、参考文献、参考书、课程思政案例库等，用 Python 实现数据的抽取，对应各知识点的支撑和知识拓展材料。

2.2.4. 类之间关系的确定

在成功识别出各个实体之后，下一步便是要清晰地界定这些实体之间的相互关系。基于课程内容的深入剖析，我们将实体间的关系细化为十大类别，并详细描述了每种关系的特点及实例(见表 1)。为了高效准确地执行这一任务，本研究融合了关系图卷积网络(R-GCN)技术自动抽取与教师手动抽取的相结合的方法，共同提取出 2031 个三元组。

Table 1. Types of relationships between entities**表 1. 实体间的关系类型**

关系名称	英文	关系说明	三元组举例
包含	Contain	知识点是另一个知识点组成部分。	<传质分离原理, 包含, 平衡分离原理>
前导	Precedence	在学习某个知识点之前必须掌握的基础知识或技能。	<超临界 CO ₂ 萃取, 前导, 超临界流体>
顺序	FollowUp	在掌握某个知识点之后, 可以进一步学习的相关知识或技能。	<分离原理, 后续, 分离工艺>
同义	Synonymy	不同的术语或概念在某些上下文中表示相同的意义。	<沉淀分离, 同义, 沉析分离>
参考	Reference	知识点引用或依赖于另一个知识点作为背景或支持。	<标准, 参考, GMP>
平行	Parallel	知识点间无主次顺序关系。	<离心, 平行, 沉降>
方式方法	Method	特定任务或功能的实现方法。	<固液提取, 方法, 回流>
影响因素	Factor	知识点的影响因素。	<盐析, 影响因素, pH>
功能特点	Function	知识点的基本功能和特点。	<超临界 CO ₂ 萃取, 功能特点, 环保节能>
性能指标	Index	知识点的性能参数。	<膜, 性能指标, 膜通量>

2.2.5. 知识融合和可视化展示

在知识融合的过程中, 我们致力于将不同来源的知识进行对齐和整合。《制药分离工程》这门课程与其他学科存在大量的知识交叉, 其核心内容主要围绕“原理、工艺、设备和案例”四大方面展开。为了提升课程设计的合理性、标准化程度和体系性, 我们组建了一个教师团队, 通过人工方式对该课程原有的知识体系进行深入解析和重构。在此过程中, 我们特别关注那些具有交叉性的知识点, 并对它们进行明确标识和关联[13]。

为了更直观地展示和检索这些知识, 我们将使用 Protégé 构建的本体导入到 Neo4j 图数据库中。在 Neo4j 中, 实体和它们之间的关系被清晰地展示出来, 形成了一个完整的知识图谱。通过 Cypher 查询语言, 我们可以轻松地检索到相关的实体、它们之间的关联关系以及各自的属性。如图 3 所示, 这个知识

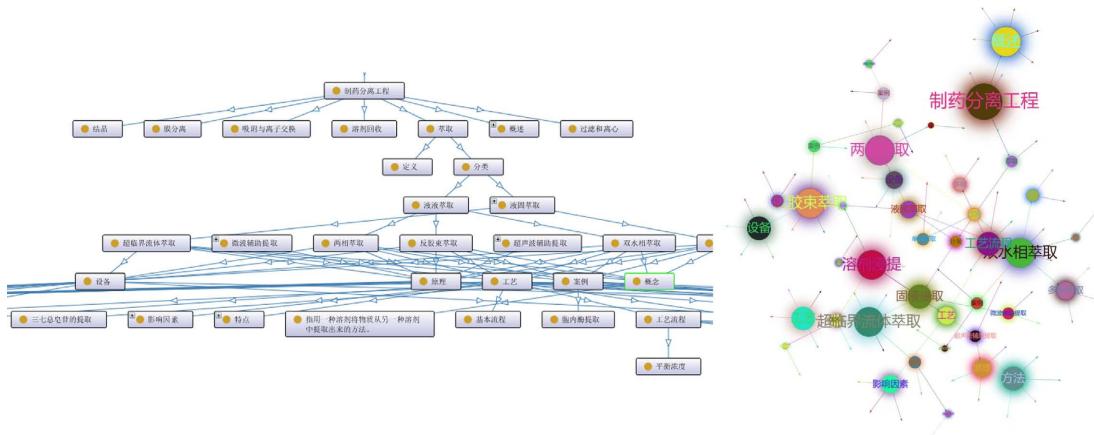


Figure 3. Partial knowledge graph of Pharmaceutical Separation Engineering course, left image shows ontograf visualization in Protégé tool, right image shows Neo4j visualization

图 3. 《制药分离工程》课程知识图谱局部, 左图为 Protégé 工具中 ontograf 可视化, 右图为 Neo4j 可视化

图谱以网状结构的形式呈现，涵盖了课程中的所有实体以及它们之间的复杂关系[14]。

3. 课程知识图谱的应用

3.1. 人机协同教学模型

基于人机协同的教学理念，我们以课程知识图谱为核心工具构成智能化的教学资源，与学习通教学平台媒体、教师、学生共同组成人机协同教学主体的四个元素，分别为教师、学生、资源、媒体。智能化后的资源与教学平台媒体可以拓展人的智能化，而师生通过使用智能化的资源和媒体可以为其提供数据支持。在人机协同的教学中，教师、资源、媒体与学生之间进行直接或间接联通，同时可以根据实际的教学需求，多路径动态调整，最终形成学生能力培养网络，激发学生的学习主动性，引领学生自主构建个性化学习路径。具体的教学过程中通过课前精准识别学生需求、课堂高效掌握关键知识点、课后有效提升学习成果这三个阶段，实施人机协同的教学，达成精细化教学目标(如图 4 所示)。此举旨在打造一个高效的智慧课堂[15]。

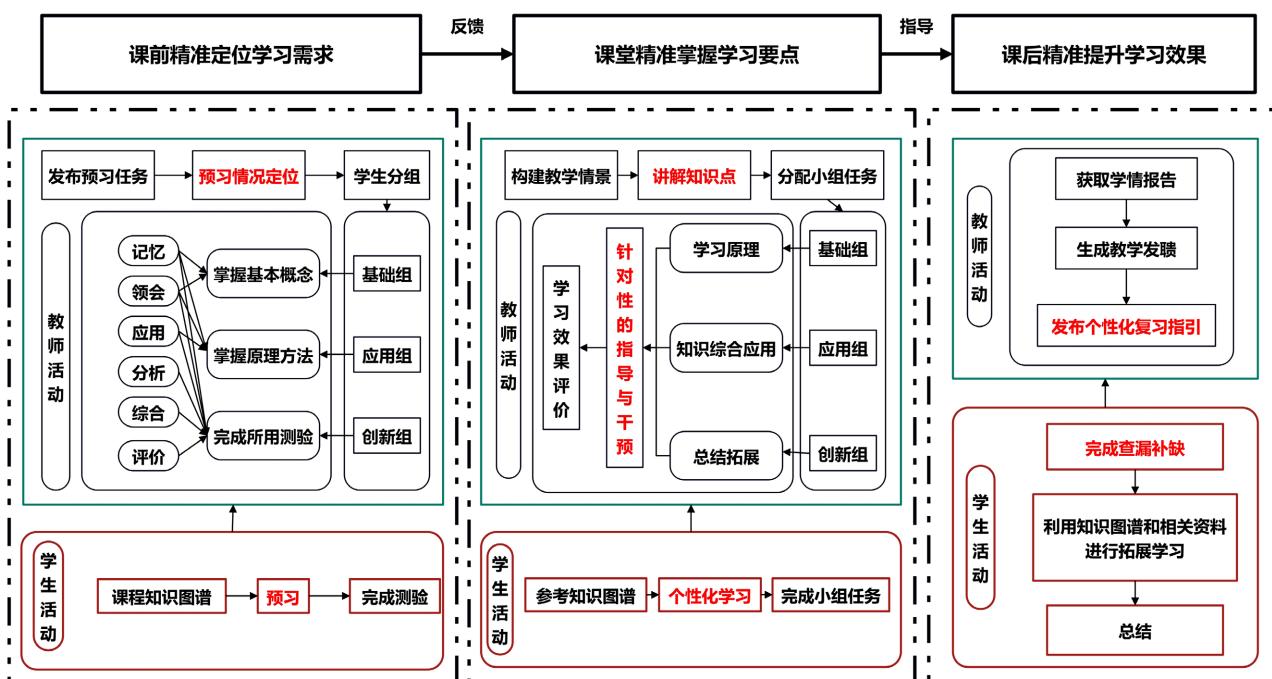


Figure 4. Application model of course knowledge graph

图 4. 课程知识图谱的应用模型

(1) 课前——问题生成

在课前，教师会布置预习任务，要求学生构建个人的知识框架图。学生们则利用教材、课程知识图谱和学习通平台上与知识点紧密相连的丰富资源，进行预习，并将所学知识点填充进个人的知识框架图中，同时对不会的知识点进行归类，生成问题。教师则依据布鲁姆认知领域的六个层级，对学生的预习效果进行精细化的评估，并根据评估结果将学生划分为基础组、应用组和创新组。基于分组，教师能够更有针对性地制定课堂教学策略，确保教学活动更加高效、精准。

(2) 课中——解决问题

教师巧妙地设计教学情境，借助案例深入剖析关键知识点，并为每个小组分配小组任务。学生们在

小组内部展开紧密协作，带着预习产生的问题依据课程知识图谱提供的清晰学习路径和丰富多样的学习资源进行深入学习，以确保问题的解决。在此过程中，教师会给予及时、有针对性的指导和帮助，以解决各小组普遍遇到的问题。最终，教师将从学生的课堂参与度、小组任务完成质量以及课程知识图谱的使用情况这三个方面，进行细致而全面的评估。

(3) 课后——总结与知识拓展

课后，学生可以回顾课堂的知识，利用知识图谱深入理解知识间的关联。通过拓展学习资源，学生可以进一步提升对知识的理解和运用。完成课后测验后，学生可以利用知识图谱中的“知识点掌握度”功能，找出自己的知识薄弱点，并进行针对性的学习。同时，教师可以通过平台的数据中心获取学生的学习报告，并根据学情分析发布个性化的复习指导，帮助学生巩固知识。

3.2. 优势与挑战

课程知识图谱的应用能够充分利用教师深厚的专业知识和机器高效的数据处理能力，优化课堂教学的各个环节。通过课程知识图谱的辅助，教师可以更快速地准备教学材料，更准确地评估学生的学习进度，从而显著提升教学效率。能够智能根据学生的学习数据和行为模式，为学生提供个性化的学习资源和指导。这种定制化的教学方式能够更好地满足学生的不同需求，促进学生的学习效果和兴趣。同时课程知识图谱的应用为教育教学带来了创新变革。通过引入智能化，教师可以尝试更多元化的教学方法和工具，为课堂教学注入新的活力。这种创新的教学方式有助于激发学生的学习兴趣和创造力。

虽然课程知识图谱在教育教学中发挥了重要作用，但过度依赖可能导致教师的判断能力和教学技能退化。因此，教师需要在利用课程知识图谱的同时，保持自身的专业素养和教学能力。首先利用课程知识图谱教学涉及大量数据的处理和分析，这可能引发隐私和伦理问题。例如，学生的个人信息和学习数据可能被滥用或泄露。因此，在实施教学时，需要严格遵守相关法律法规，保护学生的隐私和权益。其次教师应具备一定的数字素养，以便有效利用智能技术进行教学。然而，当前部分教师可能缺乏必要的数字技能和知识，这会影响他们在教学中的表现。因此，需要加强对教师的数字素养培训，提高他们的信息技术应用能力。还有在教学过程中，需要合理分工和协作，确保教师和知识图谱各自发挥优势，避免冲突。这要求教师能够充分了解知识图谱的特性和局限，以便在教学过程中做出合理的决策和安排。总之，课程知识图谱在教育领域具有显著的优势和潜力，但同时也面临着一些挑战和问题。为了充分发挥其优势并应对挑战，需要不断加强技术研发、教师培训、法律法规建设等方面的工作。

4. 结语

《制药分离工程》课程的知识图谱的构建，既是对传统教育方式的一次重大变革，也是面向数字时代教育创新的前沿尝试。本文详细讲解了构建课程知识图谱的具体步骤，并介绍了其应用模式。通过应用知识图谱，学生可以获得更加精准的个性化学习指导，而教师则能更有效地组织课程内容，实时跟踪学生的学习进展，并据此作出教学上的适当调整。这充分证明了知识图谱在教育数字化进程中扮演的重要角色和拥有的巨大潜能，为智慧教育、智能适应学习以及课程机器问答的进一步发展提供了有力支撑。

基金项目

商洛学院校级教育教学改革研究项目(24jyjx140)，第二批陕西省课程思政示范课程和教学团队(陕教函[2023] 264 号)，第三批陕西省一流本科课程(陕教函[2024] 243 号)；陕西省“十四五”教育科学规划2024 年度课题(SGH24Y2279)。

参考文献

- [1] 杨宗凯. 高等教育数字化发展: 新特征, 新范式与新路径[J]. 中国高等教育, 2024(3): 24-28.
- [2] 刘宝存, 顾高燕. 推开公共数字学习之门: 联合国教育变革峰会的主张, 隐忧及超越[J]. 中国电化教育, 2023(1): 16-24.
- [3] 遵民, 熊振, 杨瑜, 等. 教育强国的必由之路: 数字教育促进学习型大国建设的路径与机制研究[J]. 远程教育杂志, 2024, 42(1): 15-23.
- [4] 陈建辉, 栗觅. 《高级语言程序设计》课程知识图谱构建及其在教学实践中的应用[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7(12): 205-208.
- [5] 盛颖, 韩廷祥. 《通风工程》课程知识图谱教学平台的构建与应用[J]. 智能计算机与应用, 2023, 13(8): 135-139.
- [6] 刘歆宁, 路凯, 刘健男, 等. 工程认证视域下基于知识图谱的软件工程专业教学质量保障体系[J]. 计算机教育, 2023(12): 371-375.
- [7] 白伟, 于丽梅, 宋汪泽, 等. 基于虚拟教研室平台的有机化学课程知识图谱建设探索[J]. 大学化学, 2023, 38(10): 56-59.
- [8] 闫景瑞, 邓为民, 张士杰, 等. 基础医学教育阶段核心课程知识图谱的构建与应用[J]. 中华医学教育杂志, 2024, 44(3): 176-179.
- [9] 钱小龙, 朱家莹, 黄蓓蓓. 基于 PMC 指数模型的“十四五”基础教育数字化转型政策评价——以江浙沪地区为例[J]. 远程教育杂志, 2024, 42(1): 50-60.
- [10] 高鑫, 薛林福, 冉祥金, 等. 基于 Protégé 的矿床成因类型本体推理判别方法——以中低温岩浆热液型金矿床为例[J]. 黄金, 2023, 44(10): 79-83.
- [11] 刘桂锋, 杨倩, 刘琼. 农业科学数据集的本体构建与可视化研究——以“棉花病害防治”领域为例[J]. 情报杂志, 2022, 41(9): 143-149.
- [12] 张慧楠. 面向智慧教育的课程知识图谱构建与应用——以《计算机组成原理》课程为例[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2023.
- [13] 方培钢, 李梦, 朱才丰, 等. 基于 Neo4j 图数据库技术总结刘德春名老中医针灸治疗腰痛选穴规律[J]. 中医临床研究, 2023, 15(7): 83-88.
- [14] 甘军涛, 任龙潇, 高翔. 基于 Neo4j 的壮药单子叶植物知识图谱的构建与研究[J]. 电脑知识与技术, 2023, 19(29): 119-122.
- [15] 刘晓玲, 王炜. 基于知识图谱的课程教学改革[J]. 中国冶金教育, 2024(1): 7-11.