

本硕贯通计算机网络知识图谱的构建

张冬梅, 张海旻, 康学净, 程 莉

(北京邮电大学 计算机学院(国家示范性软件学院), 北京 100876)

摘要: 为解决新工科人才培养中本硕贯通的课程知识图谱的构建问题。在分析计算机网络类课程知识图谱的设计目标后, 提出知识图谱设计遵循的基本原则。首先, 设计“三层次+两平面”的本硕贯通计算机网络类课程体系; 其次, 描述知识矩阵的设计和知识图谱的构建过程; 最后, 介绍知识图谱与自适应学习结合形成的个性化知识掌握图谱, 实现了学习效果的可视化评价。调查问卷显示, 引入知识图谱有助于学生掌握整体知识。

关键词: 计算机网络; 本硕贯通; 知识矩阵; 知识图谱; 课程体系

DOI: 10.11907/rjdk.251520

扫描二维码阅读全文:



中图分类号: G434

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(XXXX)0XX-0001-06

Construction of Knowledge Graph of Computer Network for the Integrated Undergraduate-postgraduate Education

ZHANG Dongmei, ZHANG Haiyang, KANG Xuejing, CHENG Li

(School of Computer Science (National Pilot Software Engineering School), Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: To solve the problem of constructing a knowledge graph for the integration of undergraduate and graduate courses in the cultivation of new engineering talents. After analyzing the design objectives of knowledge graphs for computer network courses, the basic principles to be followed in knowledge graph design are proposed. Firstly, design a "three-level+two-level" undergraduate and graduate computer network course system that integrates computer networks; Secondly, describe the design of the knowledge matrix and the construction process of the knowledge graph; Finally, the personalized knowledge mastery graph formed by the combination of knowledge graph and adaptive learning is introduced, which realizes the visual evaluation of learning effectiveness. The survey questionnaire shows that introducing knowledge graphs helps students master overall knowledge.

Key Words: computer network; integrated undergraduate-graduate; knowledge matrix; knowledge graph; course system

0 引言

随着新一轮科技革命和产业变革的加速融合, 我国迫切需要具有创新思维和实践能力的新一代拔尖人才, 以满足技术创新与产业发展的需求^[1]。2022年, 教育部工作要点中指出积极探索拔尖创新人才, 发现和选拔培养机制, 加大强基计划实施力度, 支持实施本硕博一体化人才培养改革^[2]。本硕贯通式人才培养模式旨在整合本科与硕士阶段的教育资源, 制定前后衔接的培养计划, 突破不同阶段的学习壁垒, 优化人才培养路径, 实现学生从基础知识

学习到专业研究能力的全面提升^[3]。

当前, 高等教育进入数字化的智能时代, 知识和技术迭代更新飞速, 传统高等教育教学模式与方法已不适合我国新质生产力发展和跨学科交叉拔尖创新人才培养的需要。知识图谱作为一种整合数据的智能技术, 被应用在教学领域, 教育知识图谱利用知识图谱描述教育领域知识及其关联关系, 帮助师生梳理和掌握课程基本知识体系, 促进教学新模式生成^[4]。

计算机网络类课程是高校计算机专业的重点课程, 涵盖从本科到硕士的本硕贯通衔接的课程体系, 涉及课程种类多、知识体系覆盖全。综上, 建设本研贯通的课程知识

收稿日期: 2025-08-01

基金项目: 北京邮电大学2024年教育教学改革项目(2024YB16)

作者简介: 张冬梅(1972-), 女, 博士, 北京邮电大学计算机学院(国家示范性软件学院)副教授、硕士生导师, 研究方向为计算机网络与互联网技术。

图谱,有助于梳理计算机网络核心课程知识体系,促进计算机网络课程数智化教学,为培养新一代互联网工程领域的拔尖创新人才提供支撑。

1 相关工作

本硕贯通的高等教育研究与建设工作主要可以划分为两类:一类是通用的本研贯通培养模式研究,从本研贯通培养目标、管理机制、培养模式、学生教育等角度全过程、全机制描述本硕贯通的新型培养模式^[5,6];另一类是结合具体专业特色,专注本专业的本硕贯通培养方案设计、课程体系建设^[7,8]。这两类研究均以专业建设为核心,聚焦本硕贯通的顶层设计和管理,未考虑某类课程的具体知识设计细节。

近年来,教育知识图谱是我国教育教学研究的一个热点领域,这方面的研究工作和成果丰富,有些研究侧重课程知识图谱的自动化构建方法,在构建过程中融入课程思政或认知伦理等,可提升知识图谱的数据表达能力^[9-12]。同时,部分工作专注研究知识图谱在教学中的应用,基于知识图谱建设课程体系、课程教学资源、课程评价体系或推荐学习资源等,以提升教学的信息化和智能化^[13-16]。

国外高等教育知识图谱的研究主要分为3类:辅助教师进行教学指导、辅助学生进行自主学习和教学效果评估^[17]。文献[18]设计了基于知识图谱的个性化学习推荐框架。文献[19]设计了基于知识图谱的课程答疑系统。文献[20]对大学课程进行建模,将课程主题与相应的领域模型相关联,将不同学院和机构的学习模块整合到学生的学习路径中。文献[21]提出基于学习风格的知识图谱的概念,学习者根据自身的学习风格构建学习风格知识图谱,将具有相似学习风格的知识图谱的学习者形成学习者群,一个学习者群可彼此共享学习心得,进而提升学习效率。

上述国内外关于教育知识图谱的研究工作针对单门课程展开,主要关注某门课程知识图谱的构造和应用,但利用知识图谱将本硕贯通教育中多门课程知识相互融合的工作较少。为此,本文面向本硕贯通的课程知识图谱建设进行研究,构建了计算机网络类课程的知识矩阵和知识图谱,以满足高校新工科本硕贯通拔尖人才培养目标的需求。

2 设计目标与构建原则

2.1 知识图谱设计目标

计算机网络课程知识图谱的用户主要是学生和教师,学生使用知识图谱进行知识体系的构建和个性化自主学习的指导,教师利用知识图谱对学生知识和能力进行智能评价,根据学生的状态自动调整教学内容和方法。因此,

计算机网络类课程知识图谱应该满足以下4个基本目标:

①可视化关联本硕贯通的网络知识;②支持学生个性化自适应学习;③支持教师科学化教学方案设计;④支持针对教师教学能力和学生学习效果的精准化评价。

2.2 知识图谱构建原则

本文基于计算机网络课程知识图谱的设计目标,结合北京邮电大学计算机学院计算机网络类课程的教学要求,得到本硕贯通计算机网络课程知识图谱构建应遵循以下3个基本原则:

(1)人工搭建与智能分析结合。考虑到计算机网络类课程属于本科阶段的核心专业课程,课程知识体系清晰明确,授课教师教学经验丰富并了解学生各阶段的基本状态。然而,目前基于知识图谱的智能分析尚处于起步阶段,相关平台还在建设优化过程中,因此本硕贯通的知识图谱采用以授课教师人工搭建为主,结合智能系统不断调优。

(2)基础知识与高阶能力衔接。本硕贯通的计算机网络知识图谱设计需考虑本科阶段的基础知识与研究生阶段的创新网络能力的关联问题。本文将本硕贯通的计算机网络知识划分为3个阶段:基础计算机网络、新一代互联网络(以IPv6技术为核心)、未来互联网络(以IPv6+技术和网络智能化为核心)。其中,本科低年级的计算机网络课程的知识图谱关注基础网络理论和基本网络技术,强调知识的宽而广;本科高年级的IPv6技术与协议课程的知识图谱关注以IPv6为核心的新一代互联网的技术与协议,强调IPv6的方法与优势,突出专而精;研究生阶段的新一代互联网技术与实践课程的知识图谱关注以IPv6+为核心的未来网络,强调IPv6+的创新与趋势,关注网络智能化技术,突出高而新。

(3)理论教学与工程实践融合。学习是一个理论与实践相结合的过程,理论指导实践,实践不仅能帮助学生加深对理论的理解,还能培养学生分析问题、解决问题的能力,以满足计算机专业解决计算机网络领域复杂工程问题的培养目标。因此,在设计本硕贯通的知识图谱时,要考虑课程的授课年级和学生知识与能力水平,关注不同阶段理论课程与实践课程的协调和融合。其中,本科的实践实验设计以验证和理解理论知识为目标,实践课程的知识包含在理论课程的整个知识范围之内;研究生阶段的实践实验以设计与创新为目标,实践课程的知识需要超越理论课程的知识范围,可与学生的科研方向相结合,存在一定的灵活性。

3 本硕贯通计算机网络课程知识图谱构建方案

3.1 本硕贯通计算机网络类课程体系

计算机网络类课程设计涵盖了6门课程,包括理论类课程和实践类课程各3门,覆盖了本科阶段至研究生阶段

的计算机网络课程教学。具体课程授课阶段如下:

(1)理论类课程。计算机网络在本科二年级下学期设置,IPv6技术与协议在本科三年级下学期设置,新一代互联网技术与实践在研究生一年级下学期设置。

(2)实践类课程。计算机网络课程设计在本科二年级下学期设置,计算机网络技术实践在本科三年级下学期设

置,计算机网络实验在研究生一年级下学期设置。

基于本硕贯通的计算机网络知识图谱的构建原则,设计了“三层次+两平面”的本硕贯通计算机网络类课程体系,如图1所示。由此可见,三个层次分别对应本科低年级、本科高年级和研究生3个阶段;两个平面为理论教学平面和实验实践平面。

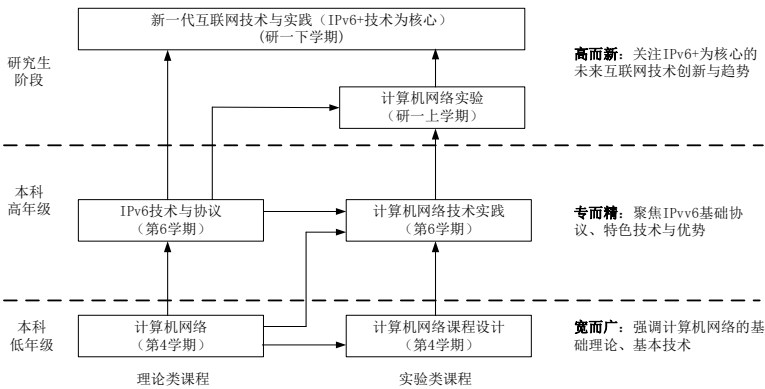


Fig. 1 Integrating the curriculum system of computer networks for undergraduate and graduate studies
图1 本硕贯通计算机网络类课程体系

本文将课程思政融入上述课程体系各门网络课程的教学过程中,结合课程知识的特点和学生的认知程度,以3门理论课程为例说明本硕贯通的计算机网络类课程的思政设计:①计算机网络课程的思政内容聚焦在“职业素养、团队精神、严谨思维”方面,思政元素主要包括典型科学家和事迹;②IPv6技术与协议课程的思政内容关注“爱国情怀与民族自豪感”方面,思政元素重点介绍我国互联网发展的历程和贡献;③新一代互联网技术与实践课程的思政内容强调“开拓思维和创新精神、合作共赢与开放共享”方面,课程内容为介绍华为公司的先进技术及创新性成果,

以培养学生的创新意识,建立人类命运共同体的世界观。

3.2 本硕贯通计算机网络类课程知识图谱

3.2.1 知识矩阵

表1为基于计算机网络类课程体系,本硕贯通的计算机网络课程知识矩阵结构设计。由此可知,知识矩阵包括知识类型和课程两个维度。具体地,知识类型可按照计算机网络类课程的专业特点,由基础到应用划分为:理论、技术、协议、应用与发展等5种类型。其中,理论包含基本概念、模型和原理等内容;技术包括算法、技术方案、设备与系统。

Table 1 Knowledge matrix structure
表1 知识矩阵结构

知识类型		本科低年级(本科1~2年级)	本科高年级(本科3~4年级)	研究生阶段
技术	理论	概念、基础理论	高阶概念	新概念、新思想
	原理	工作原理与定量计算	性能分析与评价	新技术
	设备/系统	设备功能与应用	典型组网场景与系统	设备白皮书、应用案例
协议	基础协议	功能、协议格式	过程、实验验证	分析面临的问题
	新协议	-	概述	创新优势、实验分析 (论文和国际标准)
应用	应用	典型应用领域	应用案例(含参数设置)	创新应用(论文)
	发展	国内外发展历史	面临问题与发展趋势	新趋势(论文)

本科计算机网络强调核心概念、原理、算法、经典技术、常用设备、基础协议与发展演进历史,侧重于理解与掌握现有技术和协议;研究生课程关注创新思路、新技术与新协议等,侧重于培养学生的前沿学术论文研究与实验分析能力。

3.2.2 知识图谱

计算机网络课程知识按照模块方式进行本硕贯通知识图谱构建。本文以路由技术模块为例,说明知识矩阵的设计(见表2)及知识图谱的生成效果(见图2)。路由技术

模块本硕贯通的知识矩阵设计逻辑为:

(1)本科二年级。掌握网络路由算法的理论基础,了解IPv4时代的经典协议,建立网络层功能的整体认知。

(2)本科三年级。聚焦IPv6协议栈,深入理解和掌握IPv6相关路由协议的设计细节,了解组播路由技术基础、典型组播协议工作过程和面临的挑战。

(3)研究生一年级。分析IPv6扩展头对路由的影响,探索IPv6+技术体系,理解新型组播路由的设计原理和优势,研究人工智能在路由算法中的应用。

Table 2 Routing technology knowledge matrix

表2 路由技术知识矩阵

知识类型	计算机网络	IPv6 技术与协议	新一代互联网技术与实践
路由相关概念与理论	概念:(1)路由、路由表; (2)路由算法、路由协议; (3)路由算法分类 理论:最优化原则、汇聚树	(1)直连路由、静态路由、动态路由; (2)组播模型、源树与共享树	源路由、分段路由 SR、软件定义网络、网络可编程
技术	原理 泛洪路由、距离矢量路由、链路状态路由、层次路由、 组播路由 设备/系统 路由器基本功能	逆向路径转发、泛洪与剪枝、显示加入 IPv6 组网场景,组播路由器	分段路由、新型组播 组网案例
协议	基础协议 (1)内部路由协议 RIP 和 OSPF (2)外部路由协议 BGP 新协议 -	(1)IPv6 网络路由协议 RIPng、OSPFv3 和 BGP4+ (2)组成员管理协议 MLD (3)组播路由协议 PIM	总结并分析基础路由协议面临的问题 (1)IPv6 网络段路由协议 SRv6 (2)IPv6 网络新型组播协议 BIERv6
应用	概述	我国 IPv6 部署现状	业界应用案例(企业提供)
发展	路由器发展过程	人工智能与第五代移动通信带来的机遇与挑战	新趋势(论文)

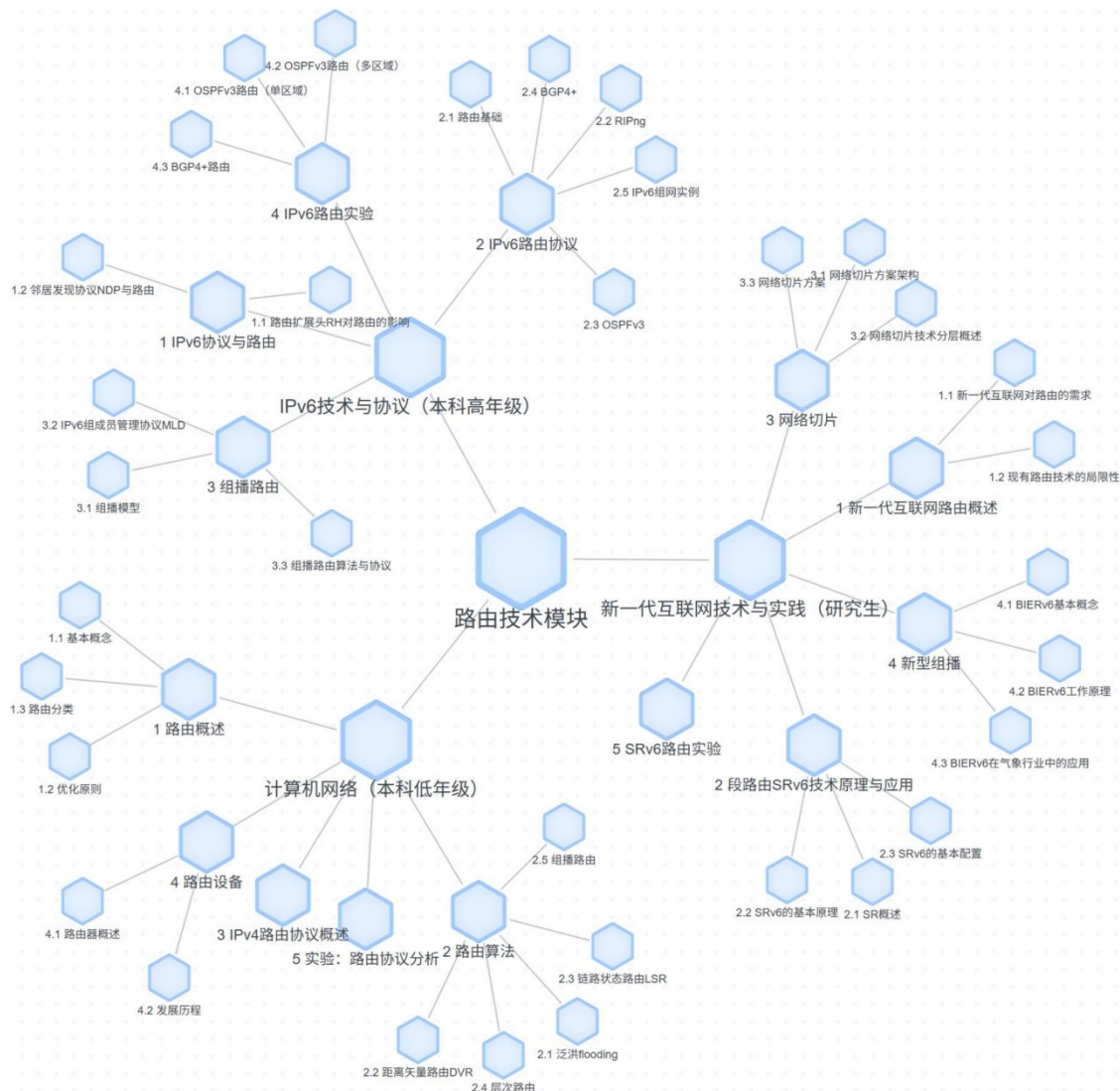


Fig. 2 Routing technology knowledge graph

图2 路由技术知识图谱

图2为根据计算机网络路由技术知识矩阵生成的知识图谱。该知识图谱利用北京邮电大学的智慧教学平台“邮谱”生成,系统根据知识矩阵实现知识点间的融合、关联与衔接,进而构建本硕贯通的计算机网络知识图谱^[22]。“邮谱”是北京邮电大学的智慧教学系统之一,系统支持自动抽取课程知识点或手动导入Excel模板文件生成知识图谱,计算机网络知识图谱构建步骤如下:①利用“邮谱”自动抽取各门课程教学资料(电子教材、课件或讲义)的知识,输出课程的知识图谱文件(Excel文件);②课程组教师团队基于“三层次+两平面”的课程体系与不同阶段课程的特点,讨论并调整计算机网络各知识模块在不同课程中的内容,形成包含多门课程内容的知识图谱(Excel文件);③利用“邮谱”平台导入Excel文件生成可视化知识图谱。

基于分层递进的知识图谱设计,学生可从基础理论逐步过渡到技术前沿,既夯实了专业基础,又培养了创新思维,符合不同学习阶段的认知规律与产业需求。

4 本硕贯通知识图谱应用

本硕贯通的知识图谱解决了计算机网络类课程之间存在的知识重叠或知识间隙问题,不仅能可视化关联计算

机网络多门课程的相关知识点,帮助教师团队合理规划和设计不同计算机网络课程的前后衔接、教学内容侧重点,还可支持学生进行自适应学习,优化学习路径,使学生掌握整个本科、硕士教育阶段的计算机网络类课程的知识全貌、演进脉络与发展方向,指导学生基于发展规划和研究方向更高效地进行学习。

4.1 学生反馈与评价

2025年春季学期,教师在计算机网络、IPv6技术与协议和新一代互联网技术与实践等3门理论课程的教学过程中,将本硕贯通计算机网络的知识图谱开放给学生使用,并在学期末通过调查问卷采集学生对知识图谱的反馈。

学生评学中包括客观评价和主观评价,表3为学生客观评价数据。由此可知,研究生的反馈效果最好,本科低年级略差,原因为调查数据为全体学生,低年级学生的知识储备少且计算机网络课程内容多,学生学习压力大,精力主要在掌握课程本身,对图谱中包含的扩展内容兴趣不高。本硕贯通教育重点是学习能力较强的未来保研学生,如果调查对象发生改变,效果将会更好。此外,随着与自适应平台的深入融合、个性化学习的持续推进,知识图谱的作用将得到更好发挥。

Table 3 Objective evaluation data of students

表3 学生客观评价数据

课程	年级/专业/人	调查问题	调查结果/%
计算机网络	本科二年级/计算机科学与技术/93	你是否使用了知识图谱	使用了96.8
		图谱中非本课程的内容对你的学习是否有帮助	有帮助61.3
IPv6技术与协议	本科三年级/计算机科学与技术/134	你是否使用了知识图谱	使用了89.6
		知识图谱对你理解本课程知识是否有帮助	有帮助78.4
新一代互联网技术与实践	研究生一年级/电子工程/85	你是否使用了知识图谱	使用了98.8
		知识图谱对你理解本课程知识是否有帮助	有帮助94.1

由表3可知,不同年级3门课程调查的主观问题为知识图谱对你的主要帮助是什么。其中,本科二年级学生认为开拓了视野、整体了解了计算机网络知识等;本科三年级和研究生认为计算机网络知识之间的关联更清晰,方便自学和复习。学生的主观评价结果显示,本硕贯通的知识图谱能帮助不同年级的学生,基本实现了知识可视化关联(基本目标1)和自适应学习(基本目标2)。

4.2 知识图谱在学习效果评价中的应用

本硕贯通的知识图谱可与自适应学习平台关联,将学生的答题表现与知识点相结合,生成个性化的知识掌握图谱,实现学生学习效果的可视化评价。

在学生视角,基于本硕贯通的计算机网络知识图谱能智能评价自身学习效果,根据相关题目的作答记录,计算各知识点的得分,生成学生专属的知识掌握图谱,以直观体现课程学习效果,判断某门课程知识点的掌握情况,明确对后续课程的影响,帮助学生查漏补缺,实现学习效果

的精准化评价(基本目标4)。

在教师视角,根据课程知识掌握图谱可了解授课班级学生对不同知识点的掌握情况,形成详细的学情数据统计。教师团队在新学期课程开始前,可依据先修课程的知识掌握图谱适度调整后续课程教学计划,持续改进教学方法、完善教学手段,达到科学化教学方案设计(基本目标3),实现学习效果的最优化。

在教学管理者视角,学院或教研组可根据教师所教授课程的班级知识掌握图谱,了解教师授课效果,对教师教学能力进行评估,实现教师教学能力的精准化评价。

5 结语

“三层次+两平面”的计算机网络类课程体系的设计为高校本硕贯通的专业课程体系建设提供了思路,不仅有助于对教师教学能力和学生学习效果进行精准化评价,支持

学生的个性化学习和教师的科学化教学方案设计,还增强了不同阶段计算机网络相关课程间的知识衔接程度。

调查问卷显示,引入知识图谱有助于学生掌握整体知识。然而,对知识图谱的应用和评价是一个长期、持续性的过程,未来考虑与学校的自适应学习平台、AI助教和邮谱等智慧平台深度融合,实现学生学习和教师授课效果的智能评价,并借助大模型评价和多模态教学数据分析等技术,构建本硕博贯通拔尖人才培养的智慧模式。

参考文献:

- [1] LI Z, MA H W, DAI Q Y, et al. How can new engineering disciplines empower the construction of a modern industrial system[J]. Higher Education Exploration, 2025(2): 5-16.
李正,马宏伟,戴青云,等.新工科如何赋能现代化产业体系建设[J].高教探索,2025(2): 5-16.
- [2] Ministry of Education. Explore the early discovery, selection and training mechanism for top-notch innovative talents[EB/OL]. https://news.eol.cn/yaowen/202202/t20220209_2207361.shtml.
教育部.探索拔尖创新人才早期发现和选拔培养机制[EB/OL].https://news.eol.cn/yaowen/202202/t20220209_2207361.shtml.
- [3] WU Y Y, JIA S H. Research on the integrated undergraduate-postgraduate talent cultivation model in colleges and universities[J]. Journal of Mudanjiang College of Education, 2024(4): 19-21.
吴英艳,贾绍华.高校本硕博贯通式人才培养模式研究[J].牡丹江教育学院学报,2024(4): 19-21.
- [4] LI Z, ZHOU D D, WANG Y. Research of educational knowledge graph from the perspective of "artificial intelligence+": connotation, technical framework and application[J]. Journal of Distance Education, 2019(4): 42-53.
李振,周东岱,王勇."人工智能+"视域下的教育知识图谱:内涵、技术框架与应用研究[J].远程教育杂志,2019(4): 42-53.
- [5] JIN M, WANG X D, XU G M, et al. Research on the integrated undergraduate-postgraduate talent cultivation mechanism and model[J]. Journal of Higher Education, 2024(35): 63-66.
金明,王晓东,许高明,等.本硕博贯通拔尖人才培养机制与模式探索[J].高教学刊,2024(35): 63-66.
- [6] SHI Y, YU Y P, LIU H, et al. Research on the integrated undergraduate-postgraduate talent cultivation model for ability enhancement under the background of new engineering[J]. Journal of Higher Education, 2023(11): 148-152.
施煜,于亚萍,刘华,等.新工科背景下以能力提升为导向的本硕博贯通式人才培养模式研究[J].高教学刊,2023(11): 148-152.
- [7] GU J, TENG F, LI T R. Research on the cultivation model for top-notch innovative talents in artificial intelligence based on the integrated undergraduate-postgraduate studies[J]. Computer Education, 2024(3): 69-79.
顾瑾,滕飞,李天瑞.基于本硕博贯通的人工智能拔尖创新人才培养模式探索[J].计算机教育,2024(3): 69-79.
- [8] ZHU L M, YU W S, HUANG D, et al. Design and practice of the integrated undergraduate-postgraduate training system for aerospace engineering from the perspective of new engineering[J]. University, 2023(22): 109-114.
朱丽明,余文胜,黄丹,等.新工科视域下航空航天工程本硕博贯通培养体系设计与实践[J].大学,2023(22): 109-114.
- [9] WANG F. Construction of C++ programming knowledge system based on knowledge graph[J]. Computer Technology, 2024(12): 194-199.
王芳.基于知识图谱的C++程序设计知识体系构建[J].计算机教育,2024(12): 194-199.
- [10] SUN L J, MENG F J, XU X J. Survey of research on course knowledge graph construction techniques[J]. Computer Engineering, 2024, 51(11): 1-21.
孙丽郡,孟繁军,徐行健.课程知识图谱构建技术研究综述[J].计算机工程,2024, 51(11): 1-21.
- [11] CHEN D T, YU Y, CHEN Z, et al. Design and research of knowledge graph for program design course integrating ideological and political education[J]. Computers and Telecommunications, 2024(1): 62-68.
陈德涛,于延,陈镇,等.融合思政的程序设计类课程知识图谱设计与研究[J].电脑与电信,2024(1): 62-68.
- [12] WANG W H, LIU J R, SHANG L L. A knowledge graph model of subject specialty curriculum based on cognitive theory[J]. Computer Simulation, 2024, 41(8): 242-247.
王卫红,刘佳瑞,尚兰兰.融合认知理论的学科专业课程知识图谱模型[J].计算机仿真,2024, 41(8): 242-247.
- [13] DING G F, WANG S Y, MA S W, et al. Exploration of construction model for industry-education integration curriculum system based on knowledge graph[J]. Research on Higher Engineering Education, 2024(2): 79-90.
丁国富,王淑营,马术文,等.基于知识图谱的产教融合课程体系建设模式探索[J].高等工程教育研究,2024(2): 79-90.
- [14] LIU P P, YANG Z P, HE C. Research on the construction of teaching resources for the "comprehensive practice of Internet of Things innovation" course based on knowledge graph[J]. Internet of Things Technologies, 2024(12): 160-162.
刘萍萍,杨泽鹏,贺超.基于知识图谱的“物联网创新综合实践”课程教学资源构建研究[J].物联网技术,2024(12): 160-162.
- [15] ZHAN W, HU Z, JIANG Y, et al. Construction of a formative course evaluation system based on knowledge graphs[J]. Education Observation, 2024(31): 6-10.
詹文,胡哲,姜园,等.基于知识图谱的形成性课程评价体系构建[J].教育观察,2024(31): 6-10.
- [16] PENG F F, DAI X D, LUO L X. Recommendation algorithm for digital learning resources of computer courses based on knowledge graph[J]. Office Automation, 2024(29): 28-30.
彭芳芳,戴晓东,罗莉霞.基于知识图谱的计算机类课程数字化学习资源推荐算法[J].办公自动化,2024(29): 28-30.
- [17] FETTACH Y, GHOGHO M, BENATALLAH B. Knowledge graphs in education and employability: a survey on applications and techniques[J]. IEEE Access, 2022(10): 80174-80183.
- [18] NGUYEN T H H, NGUYEN H N. A knowledge graph-based framework for personalized course recommendations in higher education[C]// Chengdu: International Conference on Artificial Intelligence and Big Data, 2025.
- [19] NAIR L S, SHIVANI M K. Knowledge graph based question answering system for remote school education[C]// Trivandrum: International Conference on Connected Systems & Intelligence, 2022.
- [20] RASHEED H A, JUMBO C, AL AMIN R, et al. LLM-assisted knowledge graph completion for curriculum and domain modelling in personalized higher education recommendations[C]// London: IEEE Global Engineering Education Conference, 2025.
- [21] YOUSUF M, JAMI S I, WASI S, et al. Knowledge graph representation of felder-silverman learning style model for computing education[J]. IEEE Access, 2025(13): 134721-134734.
- [22] LI Z J, CHENG L Y, ZHANG C H, et al. Multi-source education knowledge graph construction and fusion for college curricula[C]// Orem: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2023.

(责任编辑:刘嘉文)