

知识图谱驱动的《计算机网络》课程教学改革研究

耿海军^{1*}, 郭之萱¹, 程晨², 曹学飞¹

¹山西大学自动化与软件学院, 山西 太原

²中共山西省纪委山西省监委晋源管理中心, 山西 太原

收稿日期: 2025年8月30日; 录用日期: 2025年10月7日; 发布日期: 2025年10月16日

摘要

针对“计算机网络”课程知识体系复杂, 知识点碎片化导致学生学习负荷加重的现状以及传统教学模式难以满足学生个性化学习需求的困境, 我们提出利用知识图谱技术, 梳理课程核心知识点和教学资源, 构建“计算机网络”课程知识图谱, 并进一步研究其在教学过程和教学评价中的应用。实践结果证明, 知识图谱在提升教学质量, 显著提高学生学习主动性等方面发挥了积极的作用, 同时不仅为“计算机网络”课程教学提供了全新的视角与方法, 也为知识图谱在高等教育领域的广泛应用提供了参考。

关键词

知识图谱, 计算机网络, 教学改革, 教学过程, 教学评价

Research on Teaching Reform of “Computer Networks” Course Driven by Knowledge Graph

Haijun Geng^{1*}, Zhixuan Guo¹, Chen Cheng², Xuefei Cao¹

¹School of Automation and Software, Shanxi University, Taiyuan Shanxi

²Jinyuan Management Center of the Disciplinary Inspection Commission of the Communist Party of China Shanxi Provincial Committee and the Supervisory Commission of Shanxi Province, Taiyuan Shanxi

Received: August 30, 2025; accepted: October 7, 2025; published: October 16, 2025

*通讯作者。

文章引用: 耿海军, 郭之萱, 程晨, 曹学飞. 知识图谱驱动的《计算机网络》课程教学改革研究[J]. 创新教育研究, 2025, 13(10): 311-320. DOI: 10.12677/ces.2025.1310794

Abstract

Given the current situation where the knowledge system of the “Computer Networks” course is complex and fragmented knowledge points increase students’ learning burden, as well as the dilemma that the traditional teaching mode is difficult to meet students’ personalized learning needs, knowledge graph technology is utilized. It combs the core knowledge points and teaching resources of the course, constructs the knowledge graph for the “Computer Networks” course, and further studies its application in the teaching process and teaching evaluation. The practical results prove that the knowledge graph plays a positive role in improving the teaching quality and helping students enhance their self-directed learning ability. Meanwhile, it not only provides a new perspective and method for the teaching of the “Computer Networks” course, but also offers a reference for the wide-ranging application of knowledge graphs in the field of higher education.

Keywords

Knowledge Graph, Computer Networks, Teaching Reform, Teaching Process, Teaching Evaluation

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

作为高等院校计算机专业的一门重要专业基础课，“计算机网络”课程的教学质量在直接影响计算机专业学生专业素养的同时，也会为学生之后专业课程的学习奠定基础。“计算机网络”课程和其他课程一样一直采用传统的纸质教材作为教与学的蓝本，随着课程内容的不断更新迭代，传统教学模式难以满足现代教育灵活性的要求，以及新时代网络技术人才的培养需求。

在计算机科学和信息科学飞速发展以及教学理念不断更新的时代背景下，知识图谱技术应运而生，它[1][2]是2012年谷歌为改进搜索引擎功能正式提出的，作为一种基于语义的新的知识表示和组织方式，它能够有效整合知识，清晰展现知识脉络，成为精准教学的工具，在近年来的数字化课程建设中被广泛应用[3]。

知识图谱技术在国外教育领域的应用研究开始较早，涉及多个领域，教师能够根据知识图谱为学生制定个性化学习服务；近年来，知识图谱成为国内的研究热点，文献[4]中阐述知识图谱如何为职业本科教育数字化转型提供有力支撑；文献[5]中针对“电能计量技术”课程教学中存在的知识点离散导致学生认知负荷加重的困境，借助知识图谱，梳理课程知识点和教学资源；文献[6]针对“程序设计基础课程”教材难以满足现代教育对灵活性和互动性要求的问题，提出一种基于知识图谱的数字教材构建方法，但采用“人工标注实体 + 手动梳理关系”的模式，没有结合自然语言处理(NLP)技术实现半自动构建；文献[7]面对“计算机网络程序设计”课程内容繁杂，细节多，传统的线下授课方式已经不利于学生个性化学习的问题，借助线上平台构建课程知识图谱，为数字化赋能高等教育开辟新路径，但仅聚焦课后复习环节，没有覆盖“课前预习 - 课中互动 - 课后评价”全教学流程。同时目前针对基于知识图谱的“计算机网络”课程研究较少，没有形成成熟、系统的教学改革方案。

本文基于知识图谱技术，对课程知识点以及教学资源进行整合梳理，深入讨论“计算机网络”课程

知识图谱的构建,旨在解决学生知识掌握呈现碎片化,体系构建困难,教师难以满足学生个性化学习需求等问题,进而提升课程教学质量。本文的贡献总结为以下三点。

1) 提出“半自动抽取 + 人工校验”的混合构建模式,并结合 BERT-BiLSTM-CRF 模型提升实体识别准确率,同时链接视频、实验指导书等多模态资源,解决传统人工构建效率低的问题,为知识点密集型课程的知识图谱构建提供可用方案。

2) 构建“知识图谱驱动的全流程教学框架”,将图谱融入课前预习、课中互动、课后评价,补充现有“教-学-评”一体化理论在课程中的实践空白。

3) 通过对照实验与统计学方法验证知识图谱的教学效果。

2. 课程教学难点分析

2.1. 课程特点

1) 知识涵盖领域庞大

“计算机网络”是网络信息技术与现代计算机技术相结合的产物,它的体系结构,协议设计以及运行模式等受到通信技术、计算机软硬件等多重因素影响,这使得其体系结构既庞大又复杂。同时“计算机网络”课程中的许多概念具有抽象性,刚入门槛的学生在理解时需要具备逻辑思维能力,这有一定的困难,比如网络层的子网划分以及传输层的滑动窗口和拥塞控制。

2) 理论与实践联系紧密

“计算机网络”课程不仅要求学生掌握扎实的理论基础知识,还要具备较强的实操能力,能够熟练写出 CISCO 路由器的基础配置命令,包括特权模式切换、全局配置、静态与动态地址配置。

3) 内容更新速度迅速

教材是教师授课的重要依据,也是学生汲取知识的主要来源,教材内容直接影响学习效果。传统的纸质教材知识点呈现静态模式,随着网络强国战略的深入实践,计算机网络领域的新兴技术不断涌现,课程内容更新迭代迅速。

2.2. 当前教学存在的问题

1) 在传统教学过程中,通常按照教材既定章节(OSI 七层模型或 TCP/IP 四层模型)进行逐层讲解,知识点呈现碎片化,导致学生机械记忆知识点,忽视了计算机网络是一个整体,各层之间存在紧密而复杂的联系,因而无法形成系统的知识结构。

2) “计算机网络”课程教学在传统模式下以教师为中心,教师以 PPT 为载体通过现场讲解的方式将计算机网络中涵盖的原理、协议机制、技术方法等知识传递给学生,学生被动地接受知识,课堂互动也仅限于简单的问答环节。这种教学模式会忽视学生的个体差异,弱化他们的自主学习能力,难以开展针对性的教学设计,难以培养学生学习的主动性。

3) 实践教学环节由教师在多媒体上进行演示,学生只是在台下机械性地模仿,没有设置学生上台操作环节,缺少动手实操环节,也无法更加深入理解背后的理论知识,学生实践能力难以得到有效锻炼。教师也无法及时发现学生在实操环节存在的问题,不能针对性地进行辅导,也不能及时根据学生的反馈调整教学的重难点。

4) 课程的教学评价方式单一,学生通过参加传统考试进行考核得到最后的课程成绩,忽视学习过程,无法全方位多角度评价学生的综合素质,最终会导致学生只重视考试成绩,轻视实际解决问题的能力。

3. 知识图谱概述

3.1. 知识图谱核心技术

知识图谱(Knowledge Graph)也称作科学知识图谱，是一种具有强大表达能力和灵活建模能力的语义网络。知识图谱的基本构成要素为“实体 - 关系 - 实体”的三元组，它以实体为节点，以关系为边，对现实世界中的实体、概念以及之间的关系进行建模。

3.2. 知识图谱技术的优势

- 1) 知识图谱用图形化的方式直观地展示知识之间复杂的关系，从人类的认知方式出发，用图来呈现比单纯的文字更加清晰且易于理解。
- 2) 对于新出现的知识点可以很方便地添加到现有的知识图谱中，这样的可扩展性使得知识图谱能够保持高度的完整性和时效性，这对于课程内容快速更新迭代的“计算机网络”来说适用性极强。
- 3) 知识图谱将课程零碎的知识点整合梳理成一张网，学生可以以此为依据进行高效的信息检索，这一特点可以解决“计算机网络”课程涵盖内容多的问题。
- 4) 知识图谱作为一种新的知识表示形式，可以在不同的学生之间进行共享，打破个人知识局限，进一步提高知识的利用率。

4. 课程知识图谱的构建过程

知识图谱在“计算机网络”课程教学中有着丰富的应用场景。对于教师而言，通过构建知识图谱可以帮助教师在课前对学生的情况进行精准分析，更好地把握教学的重难点，提高备课的质量和效率；同时可以推动智慧课堂的建设，实施精准教学。

4.1. 课程知识图谱构建方案

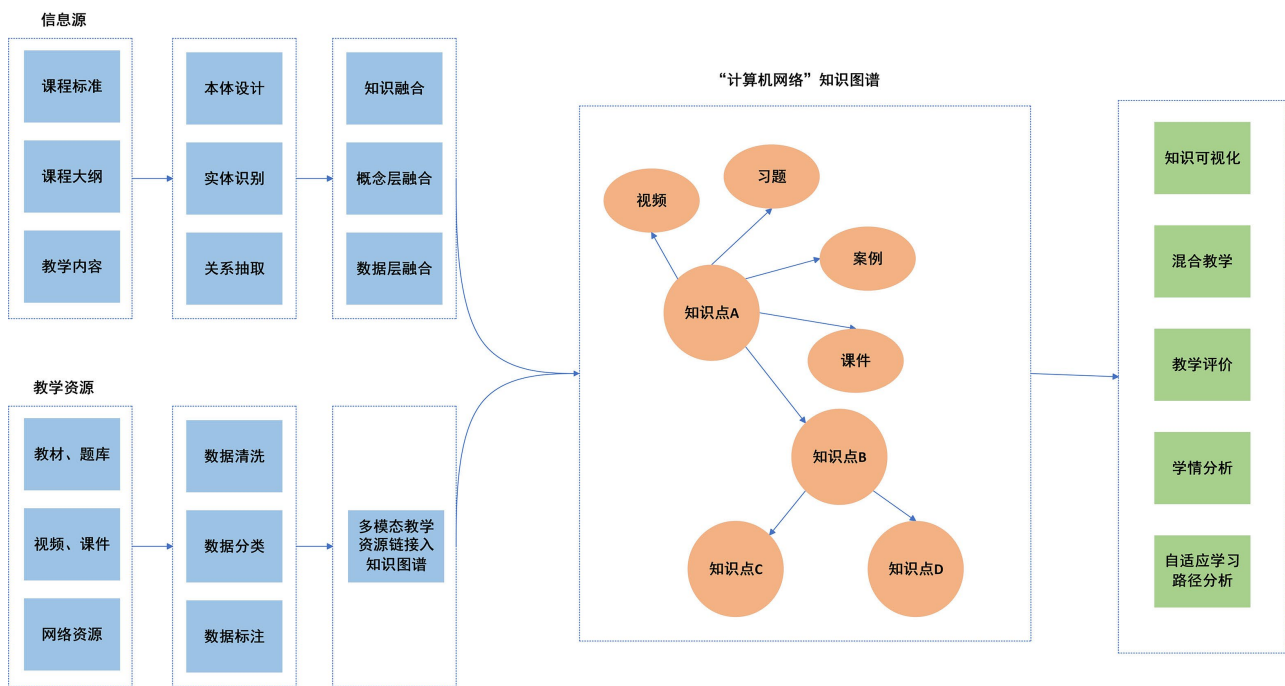


Figure 1. Overall idea of knowledge graph construction
图 1. 知识图谱构建整体思路

“计算机网络”课程知识图谱构建的整体思路见图 1。

4.2. 实体识别

实体是知识图谱中最基本的元素。构建知识图谱最基本的工作是依据“计算机网络”课程大纲中对理论知识的要求、课程标准、课程所涵盖的核心知识点以及上机实验的要求进行整合梳理。

就“计算机网络”课程而言，IP 协议、子网划分、TCP 协议(流量控制、拥塞控制)、UDP 协议、距离向量算法、RIP 协议与 OSPF 协议等核心知识点都可以作为实体。接着对核心知识点之间的内在联系进行分析，为“计算机网络”课程知识图谱的构建提供了清晰直观的知识框架。

4.3. 关系抽取

在确定实体的基础上，开始关系抽取工作，它可以清晰呈现各个实体之间的内在联系，通过梳理，“计算机网络”课程主要包括上下位、因果、关联、属性 4 种主要关系[6]，见表 1。

Table 1. Definition of relationships
表 1. 关系定义

关系类别	关系描述
上下位关系	知识点 A 包含知识点 B
因果关系	知识点 A 与知识点 B 之间互为因果
关联关系	知识点 A 与知识点 B 之间并列又相互依存
属性关系	知识点 A 的固有属性

4.4. 知识图谱构建

基于以上确定的实体以及实体之间的关系，利用 Gephi、Neo4j Bloom 等知识图谱绘制工具进行知识图谱的构建工作，按“计算机网络概述、物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层”六大主题，每个主题下包含多个子主题，根据它们之间的内在关系进行连接，逐步构建成一个网状的知识结构。

4.4.1. 构建方式

本研究采用“半自动抽取 + 人工校验”的混合构建模式，具体的技术细节见表 2。第一步，基于 Python + PyTorch 框架搭建 BERT-BiLSTM-CRF 命名实体识别模型，从《计算机网络》(谢希仁第 8 版)教材文本、近 5 年课程实验指导书及典型教学案例中，自动抽取核心实体(如 IP 协议、TCP 拥塞控制、子网划分、RIP 协议等)，同时利用基于注意力机制的关系分类模型，初步识别实体间的上下位、因果、关联、属性 4 类关系(见表 1)。第二步，由 3 名具有 5 年以上《计算机网络》授课经验的教师组成评审组，对自动抽取结果进行人工校验：针对实体边界模糊问题、关系误判问题进行修正。

4.4.2. 技术细节

Table 2. Description of construction tools and technical details
表 2. 构建工具及技术细节说明

技术环节	工具	功能说明
实体识别	BERT-BiLSTM-CRF 模型	从文本资源中自动提取课程核心实体，如协议名称、技术方法等。
关系抽取	基于注意力机制的关系分类模型	判断实体间关系类型(上下位、因果等)。
图谱构建	Neo4j Bloom	存储“实体 - 关系 - 实体”三元组，支持网状知识结构可视化。
图谱可视化	Gephi 0.9.7 版本	生成课程知识图谱可视化图表， 设置不同颜色区分主题模块(如物理层为蓝色、传输层为橙色)。

4.5. 多模态教学资源链接

整合丰富的教学资源,将多模态的教学资源与知识实体链接。多模态的教学资源有两大特征:一是教学资源种类多样,包含传统的纸质教材、线上教学视频、教学 PPT 等;二是教学资源来源宽泛,包括学校自用资源,教师根据教学实践整理的资源,网上资源等。

5. 知识图谱驱动的《计算机网络》课程教学应用研究

知识图谱工具分为教师端与学生端。在教师端,教师可对知识图谱进行实时更新修改,及时查看学生的学习进度。在学生端,学生可以根据知识图谱直观看到课程知识体系构成、各个知识点任务完成情况、知识点掌握程度以及班级内排名,教师可以根据学生的学习情况为学生规划学习路径,并推荐相应的学习资源,对学生知识建构有指引作用[7]。

5.1. 在教学过程中的应用研究

以“运输层 TCP 协议的拥塞控制”这节课为例,介绍知识图谱在教学过程中的具体应用。知识图谱以直观且可视化的形式将运输层 TCP 协议的拥塞控制课程中前后紧密关联的知识实体展现出来,从 TCP 拥塞控制涉及的概念(拥塞、吞吐量、负载、死锁)到 TCP 拥塞控制的四种拥塞算法,将所有知识节点都有序排列并相互连接。

在课前先修阶段,教师根据知识图谱为不同学习基础的学生推荐预习资料。预习任务通过线上学习平台如(雨课堂、学习通)发布,设置截止时间,学生及时查看并完成,同时可以在班级讨论区相互讨论。

在课堂教学阶段,教师可以将知识图谱作为辅助工具,向学生直观清晰展现知识点之间的逻辑关系,帮助学生梳理这门课的知识结构。同时在引导学生进行自主探究式的学习过程中,教师可以根据知识图谱设计小组讨论、自我展示等教学活动,激发学生的团队协作能力和创新思维。

在课后复习阶段,学生可以根据知识图谱显示的不同颜色的知识点板块:已学习、未学习、学习中,快速帮助自己查漏补缺。这样会提高学生自主学习的效率与质量,及时完善自己的知识体系结构。

5.2. 在教学评价中的应用研究

“计算机网络”课程的最终成绩包括课程参与度(即平时成绩)、上机实验成绩、期末考试三大部分组成,满分为 100 分,见图 2。

5.2.1. 构建评价指标

评价体系包括以下指标:查看知识点频率指标,统计学生访问课程中各个知识点的次数[8];学习时长指标,通过统计学生访问每个知识点的停留时间,确定他的学习专注程度;参与讨论情况指标,主要通过学生在课程讨论区讨论相关知识点的发言次数以及学生之间的互动情况来衡量;测评成绩指标,主要包括随堂测试、课后作业和期末考试的客观成绩。

为以上评价指标设置合理的权重,课程参与度占 20%,上机实验测评占 20%,期末考试成绩占 60%,根据学生每个部分的实际分数计算得出一个综合评分。其中,对于课程参与度,知识点查看频率指标占 30%,学习时长指标占 40%,参与讨论情况指标占 30%,最终加权计算给出一个具体的分数直接反映学生课程参与度,间接反映学生整体的学习情况,帮助教师快速定位学习情况较好和需要重点关注的学生群体[9]。

5.2.2. 评价过程

教师可以利用知识图谱[10]分析学生对各个章节知识点的掌握程度,同时根据反馈的数据调整教学

重难点和为学生规划个性化的学习路径也是教学评价的重要意义。课前阶段评价主要针对学生课前预习参与程度进行评价；课中阶段评价主要考察上机实操、随堂测试、小组讨论、问答等环节的完成情况；课后阶段评价主要是对学生课后作业、课程讨论区参与度的评估。

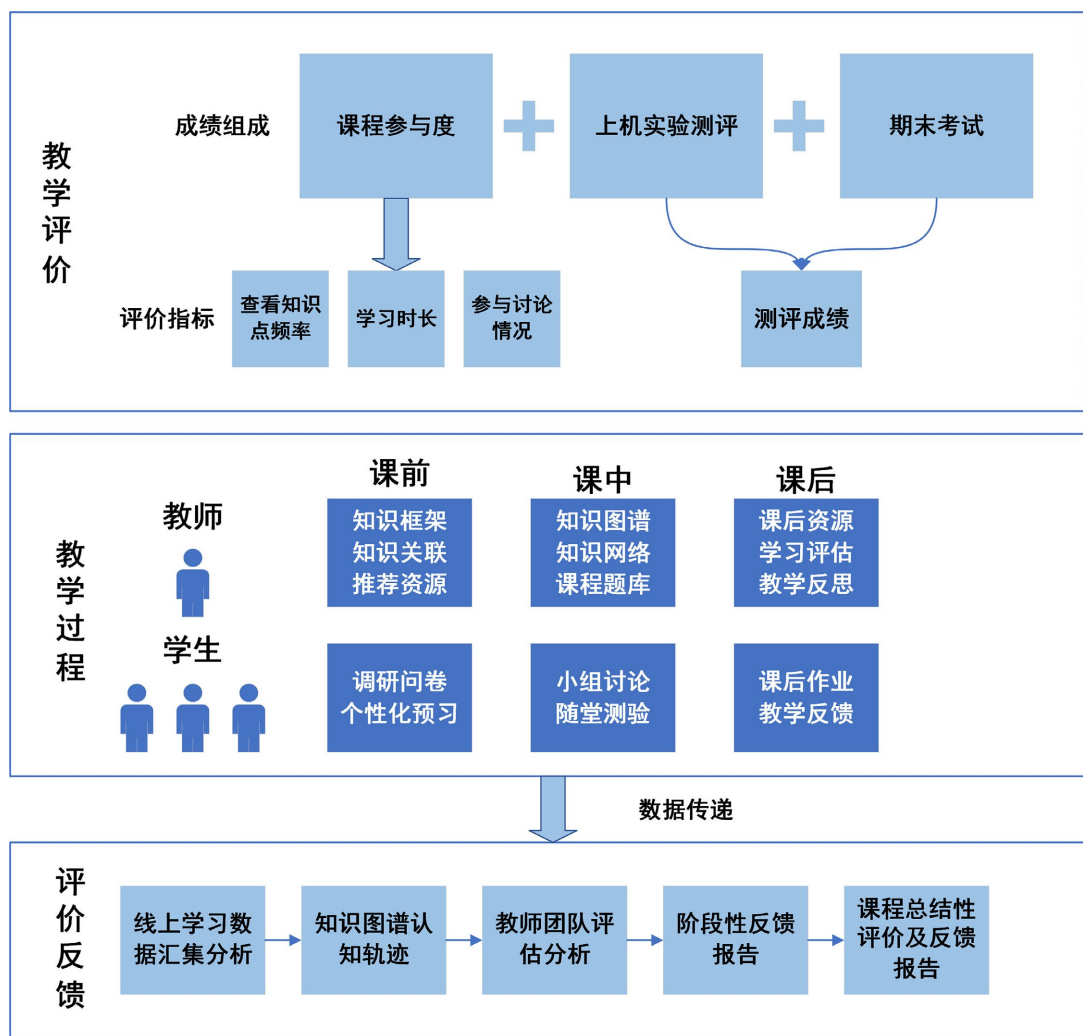


Figure 2. Teaching evaluation and evaluation feedback system

图 2. 教学评价及评价反馈体系

5.3. 自适应学习路径推荐

根据得到的学生在日常学习过程中所反馈的数据，个性化学习推荐系统凭借其智能算法，提取学生的个性特征，如(基本信息、认知水平、对知识点的掌握情况)，同时考虑学习资源特征，如(教学资源类型(视频或文档形式)、知识点难易程度、知识点的关联关系等)。接着我们基于学生、学习资源、课程知识三方特征开展约束计算，通过平衡学生需求、学习资源、知识图谱等筛选制定出最优的个性化学习路径，见图 3。

推荐算法：基于知识图谱[11]的学习历史数据(知识点查看频率、学习时长、测试正确率)，使用 K-means 聚类算法($K=3$)将学生划分为“基础薄弱型”“中等掌握型”“优秀进阶型”三类，聚类特征包括知识点掌握率(如“网络层”知识点测试正确率)、实操完成度(如路由器配置实验得分)、学习速率(如平均

每个知识点的学习时长)。

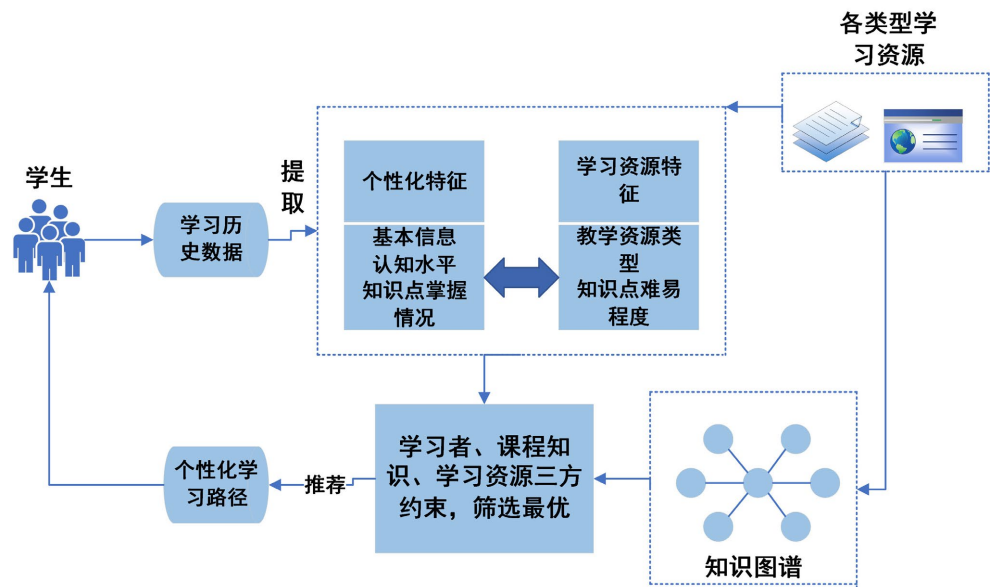


Figure 3. Knowledge Graph-Based adaptive learning path
图 3. 基于知识图谱的自适应学习路径

6. 应用效果分析

6.1. 实验设计

为验证知识图谱在教学模式中的有效性，本研究采用对照实验设计，确保结论的科学性与可信度。

1) 实验对象与分组

选择山西大学自动化与软件学院 2023 级软件工程专业 2 个平行班(各 50 人)作为研究对象，分组如下。

实验组(1 班)：采用知识图谱驱动的教学模式，全程使用构建的《计算机网络》课程知识图谱开展课前预习、课堂教学、课后复习。

对照组(2 班)：采用传统教学模式，按教材既定章节授课，使用常规 PPT 讲解，课后布置纸质作业，采用传统纸质试卷考核。

为确保分组合理性，以两组学生上学期课程“程序设计基础”的期末成绩为基准进行独立样本 t 检验，结果显示 $t = 0.87$ ($p > 0.05$)，表明两组学生基础水平无显著差异，实验起点一致。

2) 实验控制变量

由同一教师授课，每周均为 2 课时(理论 1 课时 + 实操 1 课时)，共 16 周 32 课时，授课内容、重难点分布完全一致。

两组使用相同的课后作业(共 8 次，涵盖各章节核心知识点)、随堂测试(共 4 次，分别对应物理层、网络层、传输层、应用层)及期末考试试卷(题型含选择 30%、简答 30%、实操 40%，满分 100 分)。

6.2. 数据分析

两组学生期末考试成绩及关键指标对比见表 3，实验组在平均分、优秀率、及格率上均显著优于对照组。

Table 3. Comparison of final exam score distribution between experimental group and control group
表 3. 实验组与对照组期末考试成绩分布对比

指标	实验组(1 班)	对照组(2 班)
期末考试平均分(满分 100)	78.6 ± 8.2	70.3 ± 9.5
优秀率(90 分及以上)	30% (15 人)	12% (6 人)
及格率(60 分及以上)	96% (48 人)	84% (42 人)

6.3. 问卷设计与统计

为补充验证学生学习兴趣与自主学习能力的变化，实验结束后对两组学生发放问卷，共回收有效问卷 98 份(实验组 49 份、对照组 49 份)。

6.3.1. 问卷设计

问卷采用 Likert 5 级量表(1 = 完全不同意，5 = 完全同意)，包含 3 个维度共 15 道题，核心题目如下：
知识图谱认知维度：“知识图谱帮助我理清各章节知识点的逻辑关系”(Q2)；
学习兴趣维度：“我愿意主动查阅课程相关的拓展资料(如 5G 协议、SDN 技术文章)”(Q9)；
自主学习能力维度：“我能根据自身情况调整学习计划(如优先攻克薄弱的‘子网划分’知识点)”(Q10)。

6.3.2. 问卷信效度检验

信度：通过 Cronbach’s α 系数检验，整体 $\alpha=0.89$ (各维度 α 均 >0.8)，表明问卷信度良好，结果可靠。
效度：通过 KMO 检验(KMO = 0.82)与 Bartlett 球形检验($p < 0.001$)，表明问卷数据适合进行因子分析，结构效度合格。

6.3.3. 统计结果

两组学生各维度平均分对比及显著性检验结果见表 4，实验组在学习兴趣、自主学习能力维度的得分均显著高于对照组。

Table 4. Comparison of average scores across dimensions between experimental group and control group
表 4. 实验组与对照组各维度平均分对比

维度	实验组平均分	对照组平均分	t 值	p 值	差异分析
知识图谱认知	4.2 ± 0.6	-	-	-	仅实验组填写，反映学生对知识图谱的认可程度。
学习兴趣	3.9 ± 0.7	3.2 ± 0.8	4.56	<0.01	实验组显著高于对照组，表明知识图谱提升学习主动性。
自主学习能力	4.0 ± 0.6	3.3 ± 0.7	4.12	<0.01	实验组显著高于对照组，表明知识图谱助力个性化学习规划。

综上，通过对照实验与问卷调查统计，可以看出在“计算机网络”课程教学全过程中应用知识图谱，学生的学习成绩、学习兴趣、自主学习能力等方面都取得了良好的效果。

7. 结语

知识图谱在计算机网络教学领域拥有广泛的应用前景和巨大潜力，为教学过程向数字化转型提供坚实基础。通过充分利用知识图谱核心技术及其优势，教师可以打破传统教学中所存在的缺陷，能够为学生提供更高效且个性化的学习路径。本研究基于知识图谱技术框架，整合梳理“计算机网络”课程的

核心知识点与教学资源,构建了可视化多模态课程知识图谱体系,对课程进行全方位教学改革。知识图谱可以有效解决课程知识体系复杂、知识点呈现碎片化等问题,将数字技术赋能到传统教学模式中,帮助学生构建完整的课程知识体系,规划清晰的学习路径,更加便捷地审视自己的学习进度、对知识的掌握情况,从而提高学习效果。本研究结论基于山西大学自动化与软件学院 2023 级软件工程专业班级的短期实践(1 个学期),其有效性在不同院校、不同基础的学生群体中的普适性仍需进一步验证。

7.1. 潜在负面影响

1) 知识图谱呈现的结构化知识可能限制学生的发散思维(如学生仅关注图谱中的学习路径,忽视知识点的跨领域关联),后续需在图谱中增设“拓展思考”模块,加入跨领域关联问题,引导学生自主探索学习。

2) 部分学生过度依赖知识图谱的路径推荐,缺乏自主规划学习的能力,需在教学中平衡“技术辅助”与“能力培养”,如每学期设置 2 次“自主设计学习路径”任务,要求学生基于知识图谱自主规划学习内容并完成汇报。

7.2. 未来研究方向

1) 结合网络技术前沿,研究知识图谱自动更新算法,解决当前手动更新耗时的问题。

2) 探索“计算机网络”与“操作系统”“计算机组成原理”等课程的知识图谱融合,构建计算机专业核心课程的知识网络,帮助学生形成跨课程的系统认知。

3) 基于知识图谱的学生学习数据,引入机器学习模型预测学生的知识薄弱点(如预测“子网划分”“拥塞控制算法”等知识点的掌握程度),实现“提前干预”的精准教学。

基金项目

山西省研究生教育创新计划支持(2025XX04),山西大学 2025 年度本科教学改革创新项目。

参考文献

- [1] 姚奕,陈朝阳,杜晓明,等.多模态知识图谱构建技术及其在军事领域的应用综述[J].计算机工程与应用,2024,60(22):18-37.
- [2] 李锋,盛洁,黄炜,等.教育数字化转型的突破点:智能教材的设计与实现[J].华东师范大学学报(教育科学版),2023,41(3):101-109.
- [3] 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.
- [4] 曹世超.知识图谱驱动的职业本科教育专业课程建设探究[J].河北科技工程职业技术大学学报,2025,42(3):19-22.
- [5] 宋娜,任玮,荣潇,等.“电能计量技术”课程知识图谱构建及教学应用探究[J].山东电力高等专科学校学报,2025,28(3):76-80.
- [6] 周世平,张小峰,杨昌玉,等.基于知识图谱的程序设计基础课程数字教材建设[J].计算机教育,2025(7):267-272.
- [7] 耿冰蕊.课程知识图谱的构建与教学应用初探——以“计算机网络程序设计”课程为例[C]//北京高校电子信息类专业群暨教育部电子信息类专业虚拟教研室全国院校教育教学研究成果论文集.北京,北京邮电大学出版社,2025:402-407.
- [8] 吴重光,纳永良.知识图谱建模与智能推理技术[M].北京:化学工业出版社,2021.
- [9] 马友忠.基于课程知识图谱的智慧教学应用研究[J].河南教育(高教),2024(2):84-86.
- [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——以信息论与编码课程为例[J].教育观察,2024,13(31):6-10.
- [11] 谢幼如,陆怡,彭志扬,等.知识图谱赋能高校课程“教-学-评”一体化的探究[J].中国电化教育,2024(12):1-7.