

# 基于知识图谱的数学分析课程教学与实践

黄子真<sup>1</sup>, 唐耀宗<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>喀什大学数学与统计学院, 新疆 喀什

<sup>2</sup>喀什大学现代数学及其应用研究中心, 新疆 喀什

收稿日期: 2025年4月14日; 录用日期: 2025年6月2日; 发布日期: 2025年6月10日

## 摘要

随着智能时代来临, 高等教育数字化面临新契机与挑战。本文聚焦数学分析课程, 构建课程知识图谱体系, 涵盖知识点关联构建、可视化呈现等多方面实践, 通过其应用于教学各环节, 助力精准教学、个性化学习与智能评估, 为数学分析课程高水平建设提供创新思路与有效范例, 推动教育教学模式在智能时代的革新与进步。

## 关键词

知识图谱, 数学分析, 课程教学, 教育教学融合

# Teaching and Practice of Mathematical Analysis Course Based on Knowledge Graph

Zizhen Huang<sup>1</sup>, Yaozong Tang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Mathematics and Statistics, Kashi University, Kashi Xinjiang

<sup>2</sup>Center for Modern Mathematics and Its Applied Research, Kashi University, Kashi Xinjiang

Received: Apr. 14<sup>th</sup>, 2025; accepted: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2025; published: Jun. 10<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

With the advent of the intelligent era, the digitalization of higher education is facing new opportunities and challenges. This paper focuses on the “Mathematical Analysis” course and constructs a curriculum knowledge graph system, covering multiple aspects of practice such as the construction of knowledge point associations and visual presentation. Through its application in various teaching links, it helps with precise teaching, personalized learning and intelligent assessment, providing

\*通讯作者。

**innovative ideas and effective examples for the high-level construction of the “Mathematical Analysis” course and promoting the innovation and progress of educational teaching models in the intelligent era.**

## Keywords

**Knowledge Graph, Mathematical Analysis, Course Teaching, Integration of Education and Teaching**

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

在人工智能开启的数字时代浪潮下, 学生的学习途径、教师的授课形式以及大学的管理体系都遭遇了诸多前所未有的挑战。近年来, 教育部接连颁布多项通知, 着重构建教育大数据分析模型, 以实现教育决策的科学化、管理的精细化与服务的个性化[1]。

数学分析是数学中的一个基础分支, 它主要研究函数、极限、微分、积分以及无穷级数等概念。数学分析为许多其他数学分支提供了坚实的理论基础。例如, 在微分方程、复变函数、泛函分析等领域中, 数学分析的概念和方法都是不可或缺的。数学分析在物理学、工程学等多个领域都有广泛的应用, 它是理解和解决实际问题的重要工具。学习数学分析能够锻炼人的逻辑思维能力、抽象思维能力和解决问题的能力。它要求学生能够理解复杂的概念, 并将这些概念应用于解决具体问题。

目前大多数院校“数学分析”的教学仍过于依赖“PPT + 板书”的传统方式, 没有充分利用现代信息技术, 教学模式未能适应数字化要求, 传统教学没有与数字化教学结合发展。课堂教学大多仍采用“满堂灌”, 在课堂上教师单向灌输, 这种填鸭式教学方式未能充分调动学生的主观能动性。不提倡学生无方向性地自主思维, 不鼓励学生有其他不遵循教学目标的行为和思想, 学生只能被动跟随, 无法主动参与知识构建、尝试问题解决, 造成学生缺乏问题意识, 思维能力和探索精神的培养也都无从谈起[2]。

在教学过程中, 较难摆脱一种模块化的教学方式, 即某一部分理论的中后期是相对独立的。这种模块化的教学方式不仅体现在理论教学过程中, 实际应用的理论也出现涉及知识点单一的局面。该方式可以很细致地讲授每一部分理论, 但极其容易出现学生对知识点的割裂, 做不到对整个体系的通览, 不利于高效地激发学生的学习热情[3]。

当前数学分析数字化教学资源内容主要包括课程视频、课件、教案、教学计划等教学文件, 各个内容之间呈碎片化状态, 利用率不足, 与教学活动黏合度不高。大多数教师只是简单地将传统教学的内容复制到数字化平台上, 没有与之贴切的教学活动、教学设计等, 导致数字化教学与实际教学脱离, 学生未能真正参与到数字化教学中[4]。智能时代, 以大数据、人工智能等为显著标志, 高等教育数字化发展面临着全新的机遇与挑战。人工智能(AI)作为新质生产力的典型代表, 已然成为驱动教育高质量发展的核心动力。那么, 怎样达成AI技术与教育教学的深度交融, 进而推动数学分析课程迈向高水平建设呢? 知识图谱为此指明了一条行之有效的策略与途径。

## 2. 知识图谱在教育领域的应用潜力

知识图谱(Knowledge Graph)是一种结构化的语义知识库, 是人工智能的重要分支技术, 用于以符号形式描述物理世界中的概念及其相互关系, 其基本组成单位是“实体 - 关系 - 实体”三元组[5], 实体间

通过关系相互联结, 构成由节点(Point)和边(Edge)组成的数据结构图, 点代表了现实世界中存在的实体, 而边是实体之间的相互关系。采取将知识用图谱形式予以表示和组织的方式, 在完成实体、关系和属性构建的基础上, 知识结构及其内在联系便能够被清晰、直观地展示出来。不仅促进了知识的有效组织与呈现, 还为人们理解知识发展脉络、把握学科前沿动态提供了强有力的支持[6]。

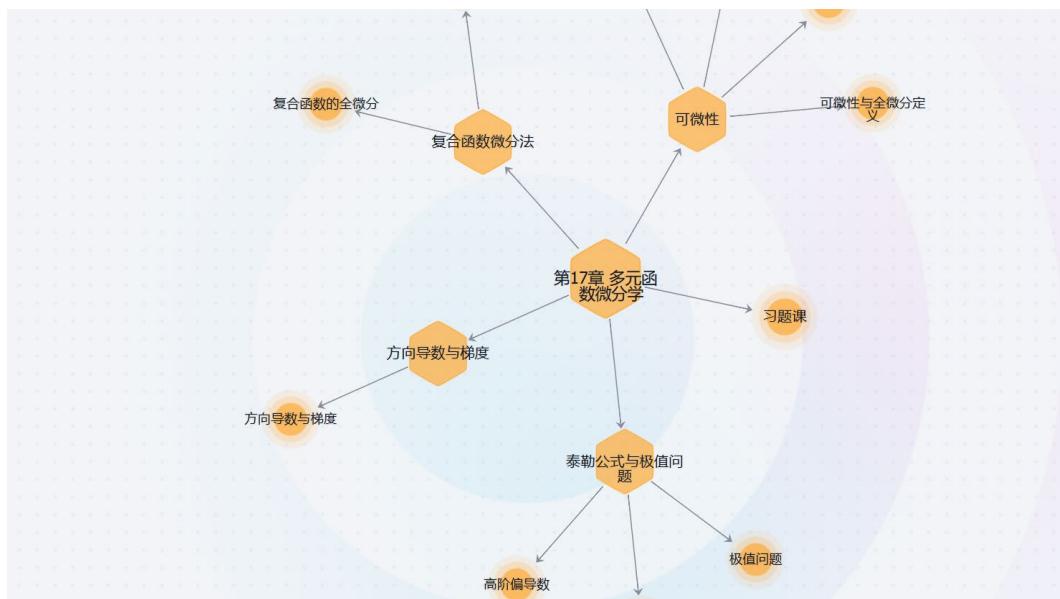
当下的教育行业置身信息洪流之中, 教师教学工作困难重重, 知识图谱却在其间崭露头角。它有着巨大的应用潜能, 极有可能重塑教学模式, 打破传统的“一刀切”教学弊端, 凭借精准定位、个性施教的本事, 成为教学创新路上不可或缺的重要推手。国外早期对知识图谱在教育领域的研究聚焦理论与模型构建, 如用于智能辅导系统辅助学习。随着技术进步, 转向与在线教育平台结合以实现个性化推荐, 其研究侧重与智能教育技术深度融合, 运用先进算法达成个性化学习与智能辅导。而国内研究则更关注知识图谱在具体学科教学中的应用模式探索, 重视教学实践与经验总结。例如: 2021年, 吴争等以线性代数课程为例, 运用科学知识图谱法对线性代数教学领域进行了可视化分析。构建线性代数教学领域的关键词共现图谱, 分析了线性代数教学领域的研究方向, 绘制了关键词聚类图谱, 归纳出我国线性代数教学领域的六大研究热点[7]; 2024年, 王法强等以高等数学课程为例, 提出了一种利用知识图谱实施精准和个性化教学的方法, 该方法主要包括探索多源融合与知识延伸的教学方法、创新线上与线下相结合的教学模式、改进数字化的评价体系, 以此来实现学生的多元化和个性化培养。该研究结果可以为大学数学类课程以及其他专业课程的教学提供良好参考[8]。

在高等教育迈向高质量发展的当下, 个性化人才培养成为高校教学改革的关键发力点。本文聚焦数学分析这一基础学科, 分析在教育数字化转型大趋势下, 数学分析教学衍生出的全新模式与特点。积极探寻借助知识图谱技术, 打破传统教学“一刀切”困局的路径, 摸索如何精准锚定不同学生的学习需求, 借此全方位赋能高校个性化人才培育工作。对数学分析课程内容展开系统整合与梳理, 精心构建起以“节点 - 关系 - 节点”为架构、层级相互嵌套的知识网络体系。借此模式, 将原本抽象、零散的课程知识体系, 以及教学内容, 以直观、立体的形式呈现出来, 实现全方位可视化。为数学分析课程知识图谱的搭建夯实基础、给出关键参照, 全力助推高等教育数字化转型进程, 为教学革新注入强劲动力[9]。

### 3. 数学分析课程知识图谱构建思路

知识图谱基于语义网络与本体论理论, 采用三元组(实体, 关系, 实体)形式构建结构化知识网络。在数学分析领域, 将极限、导数、积分等核心概念抽象为节点实体, 通过推导关系、等价关系、应用关系等边属性建立知识关联。基于本体模型对数学知识进行标准化分类与属性定义, 实现知识的语义化存储与高效检索, 为教学内容的结构化呈现提供基础。

教师以教学目标为导向, 界定数学分析的知识领域, 包括微积分、实变函数、复变函数、泛函分析等子领域, 并确定每个子领域的核心概念和定理。构建以数学分析权威教材(如《数学分析教程》)、学术文献、教学大纲及MOOC资源为核心的的数据源, 覆盖基础概念、定理证明、典型例题等教学要素进行多源数据采集, 确保数据的可靠性、相关性、完整性和更新频率。梳理教学内容, 总结知识点, 依据布鲁姆教育目标分类理论, 将数学分析核心知识单元进行层级拆解, 构建“概念 - 定理 - 方法 - 应用”四级知识图谱体系, 提升知识理解深度, 知识粒度精细化。从数据源中提取实体(如函数、定理、概念)和属性(如定义、性质、应用), 并识别实体之间的逻辑关系和推导关系, 包括课程内知识点、跨课程知识点、拓展知识点等。构建数学分析的本体, 定义概念、属性和关系, 形成知识图谱的模式层。本体构建是知识图谱的核心, 它决定了知识图谱的结构和语义。着重分析知识点之间的关联, 实现知识点及知识点关联的模型化, 从而形成知识图谱“骨架”, 使知识体系成为一个“看得见”“看得清”的立体表达(见图1)。在知识节点中集成动态函数图像、三维几何模型等可视化资源, 结合WebGL技术实现交互式展示, 突破数学概念的抽象性壁垒。



**Figure 1.** The basic structure of a knowledge graph  
**图 1.** 知识图谱的基本结构

在提取知识点和关联知识点时, 需注意以下几个问题:

第一, 知识的抽取、融合、存储、推理对构建知识图谱尤为重要。运用自然语言处理(NLP)技术, 通过数学领域专用命名实体识别(NER)算法与关系抽取模型, 解析非结构化文本中的数学概念、公式及逻辑关系。采用基于本体映射的知识融合策略, 整合不同数据源的知识表述, 消除概念冲突与冗余信息, 保障知识的一致性与完整性。结合规则引擎与深度学习算法, 基于已有知识网络进行逻辑推演, 挖掘数学概念间隐性关系, 如通过函数连续性推导可导性条件。

第二, 对知识点进行分类, 使课程标准要求清晰明了, 学生做到心中有数。将知识点按照重点、难点、考点、思政点、拓展点等进行标注, 让学生清楚哪些知识点应该牢记、理解, 哪些知识点要掌握具体应用, 哪些知识点是作为补充拓展知识, 明确对知识点的掌握程度(了解、理解、应用、分析、综合、评价、创新等)。

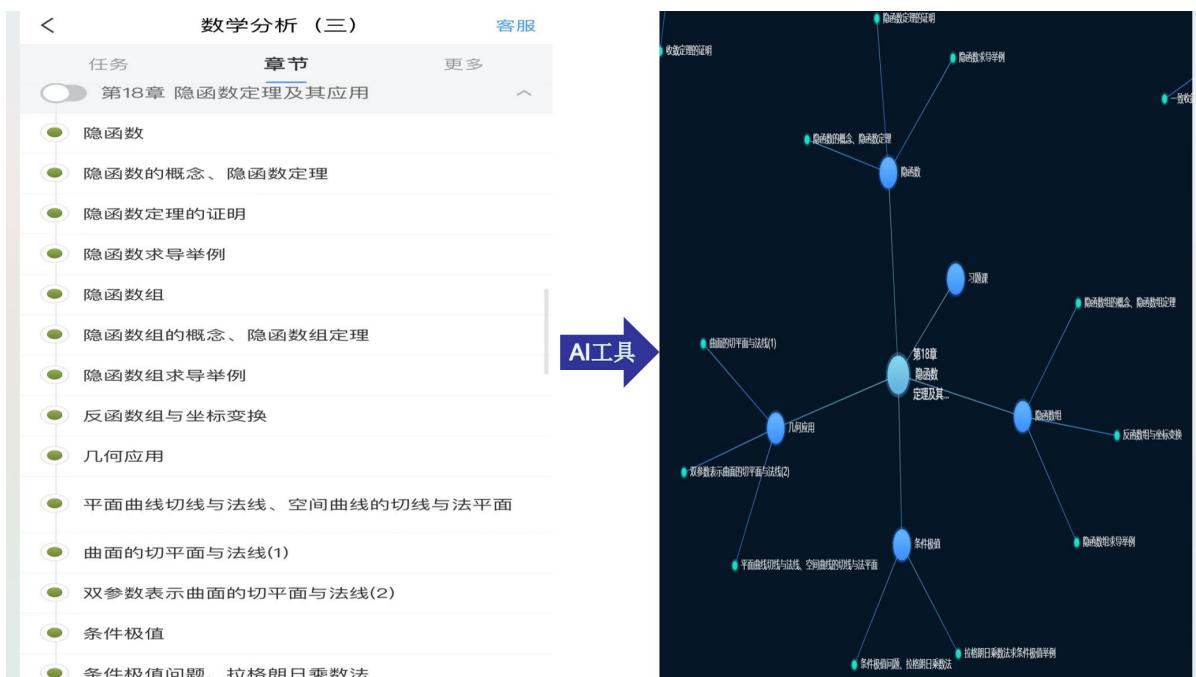
第三, 构建完整丰富的知识体系, 注意跨课程知识点的关联。跨课程知识点的关联是指将不同学科或课程中的知识点相互联系起来, 以促进更深层次的理解和应用。这种关联有助于学生建立一个综合的知识体系, 提高问题解决能力, 并能够从不同角度审视问题。例如, 数学分析中的微积分和方程是物理学中描述物体运动和物理现象的基本工具。牛顿的运动定律、电磁学中的麦克斯韦方程组等都大量使用数学分析的概念和方法。

第四, 创新教学模式, 因“材”施教。在面对不同专业的学生进行数学分析教学时, 充分利用知识图谱分析不同专业关联数学分析课程知识点, 通过显性化数学分析知识在某一专业领域的基础作用及其应用, 实现数学分析课程教学和专业课程教学的有效衔接。

## 4. 数学分析课程知识图谱建设示例

### 4.1. 初步建立数学分析课程知识图谱

当前, 许多教育平台都具备构建知识图谱的能力, 并且能够把已有的线上课程升级为知识图谱课程。以超星 AI 工具箱的“知识图谱”功能为例, 我们可以直接把已建设好的线上课程转变为知识图谱(见图 2), 由系统自动识别并生成图谱。



**Figure 2.** Transforming online courses into knowledge graphs  
**图 2.** 线上课程转化为知识图谱

知识图谱的表现形式有“大纲模式”“思维导图模式”“图谱模式”等,如图3所示。

学生可以根据学习阶段的需要选择不同的模式进行学习。大纲模式适合学习的初始阶段,学生可以快速了解课程的框架和主要内容,构建整体认知。思维导图模式适合学习过程中的知识梳理与总结阶段,有助于学生将所学知识建立关联,加深理解与记忆。图谱模式适合在学习的深入探究阶段使用,有助于学生深度理解知识点之间的复杂关系,构建完整的知识网络体系。

对于教师而言,大纲模式在备课规划课程体系、编写教材内容时比较适用,能够清晰梳理知识脉络,确保教学内容的系统性和完整性。教师在讲解具有逻辑关系的复杂知识点、引导学生进行头脑风暴或复习课程时使用思维导图模式,能够激发学生思维,使知识更易吸收。而在教授系统性强、知识点关联紧密的课程内容、开展跨学科教学或进行学术研究时使用图谱模式,有助于整合知识资源。

知识点名称	完成情况	完成率	掌握率	课程资料数	课程资料阅读数	操作
▶ 第15章 傅里叶级数	0/0	100%	0%	0	-	查看
▶ 第16章 多元函数的极限与连续	0/0	100%	100%	0	-	查看
▶ 第17章 多元函数微分学	0/0	100%	100%	0	-	查看
▶ 第18章 隐函数定理及其应用	0/0	100%	100%	0	-	查看
▶ 第19章 含参量积分	0/0	100%	100%	0	-	查看
▶ 第20章 曲线积分	0/0	100%	100%	0	-	查看
▶ 第21章 重积分	0/0	100%	100%	0	-	查看
▶ 第22章 曲面积分	0/0	100%	100%	0	-	查看

(a)

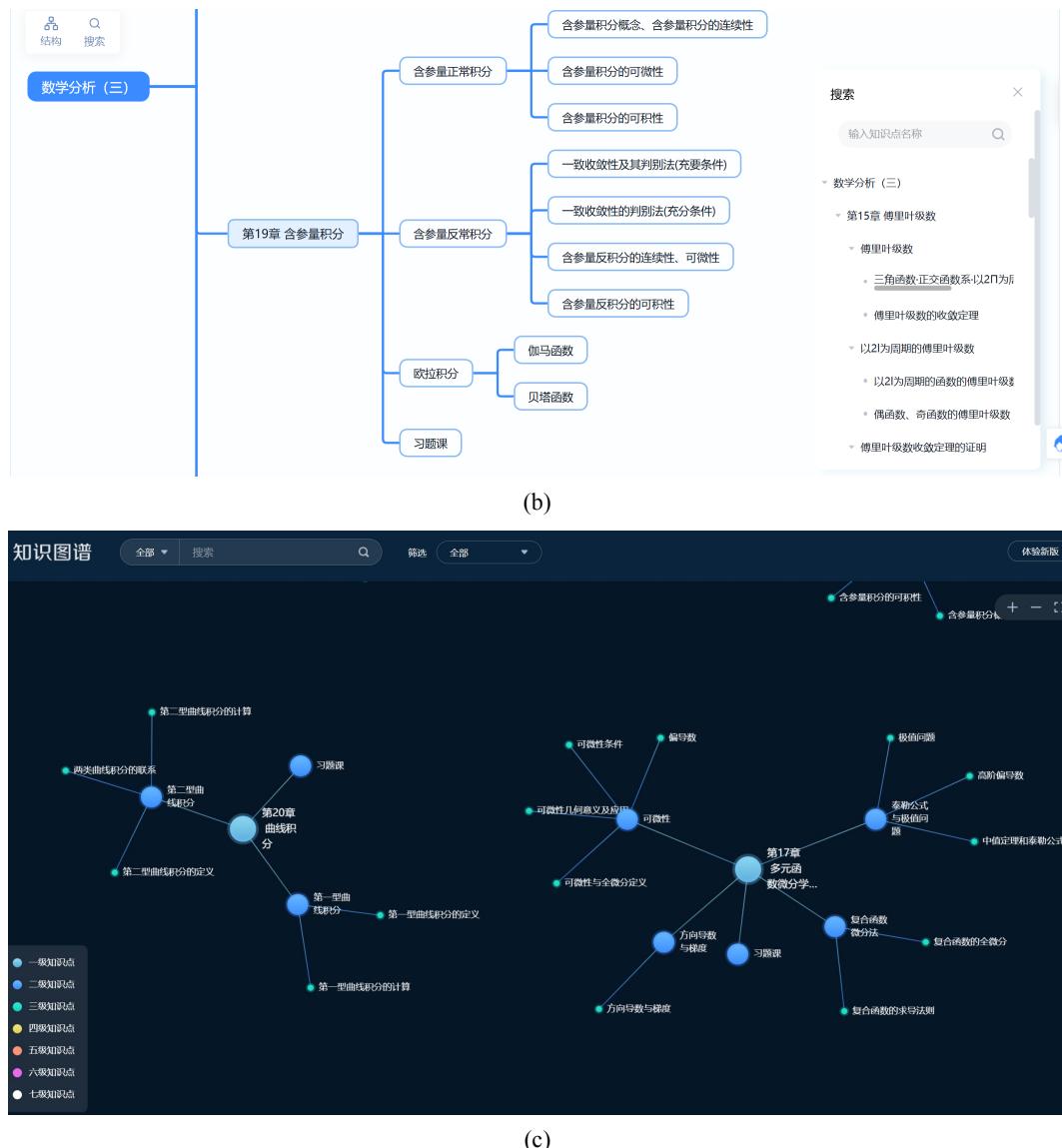


Figure 3. The representation forms of knowledge graphs

图3. 知识图谱的表现形式

此外利用知识图谱可有效地实现数学分析课程知识与课程内知识、跨课程知识以及应用领域相关知识的衔接。例如, 学生学习“欧拉积分”时, 通过知识图谱, 精准定位数学分析相关知识点, 可以使用课程内资源或扩展资源(开放课、图书、期刊等)进行学习。

## 4.2. 教学效果评估方案设计

第一, 构建评估指标体系。在知识掌握方面, 通过定期的章节测试、期末考试成绩, 评估学生对数学分析知识的掌握程度。测试题目涵盖基础知识、综合应用和拓展创新等不同难度层次; 在能力提升维度方面, 考察学生的逻辑推理能力、问题解决能力和自主学习能力。例如, 设置开放性问题, 要求学生运用所学知识进行分析和解答; 通过观察学生在自主学习过程中的表现, 评估其自主学习能力。在学习态度与兴趣方面, 通过问卷调查和课堂表现观察, 了解学生对数学分析课程的学习兴趣、学习积极性以及学习态度的变化。

第二, 选择合适的评估方法。采用标准化测试、成绩统计分析等方法, 对学生的学习成绩和能力指标进行量化评估。通过课堂观察、学生作业分析、师生访谈等方式, 深入了解学生的学习过程和学习效果, 收集定性数据。

第三, 安排评估周期。在课程教学过程中, 进行阶段性评估(每章节结束后)和期末综合评估。同时, 在课程结束后的一个学期和一年, 分别进行回访评估, 了解知识的长期保持和应用情况。

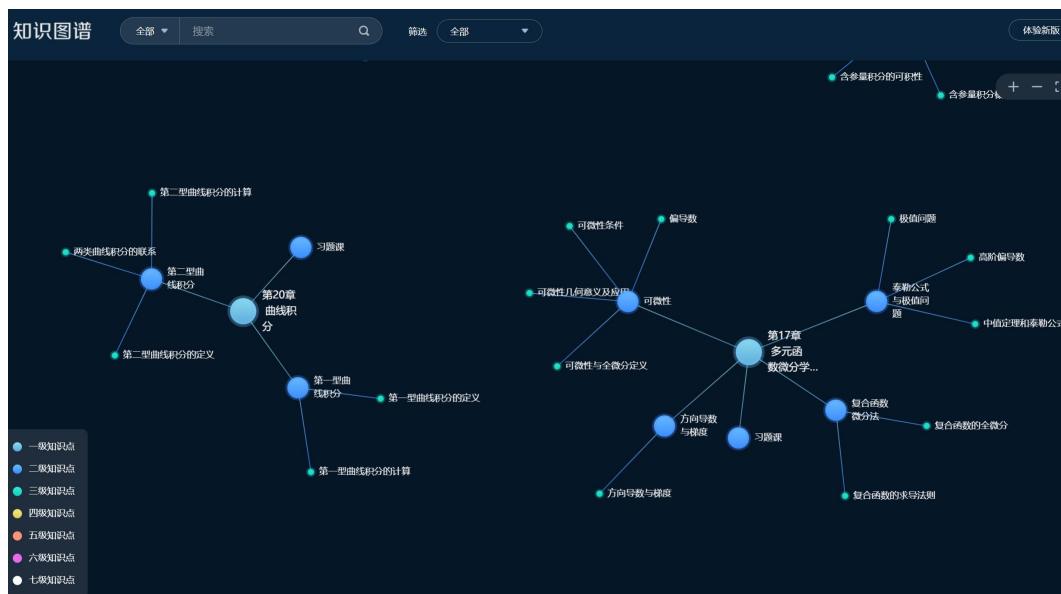
选取参与知识图谱教学实验的班级学生作为跟踪对象进行长期跟踪研究, 关注学生在后续数学专业课程(如复变函数、实变函数等)学习中, 知识图谱对其学习的迁移和影响。观察学生在大学期间的自主学习能力、研究能力等方面的发展变化。在学生毕业后, 通过问卷调查和访谈, 了解数学分析知识及知识图谱学习方法对其职业发展的影响。定期收集学生的学习成绩、科研成果、职业发展等相关数据, 并运用统计学方法和质性研究方法进行分析, 总结知识图谱教学对学生长期发展的影响。

## 5. 基于知识图谱的数学分析课程教学实践

### 5.1. 个性化学习

知识图谱可通过节点大小、连线粗细等展示知识点的重要程度与关联强度, 见图 4(a)。重要知识点的节点往往较大, 与众多知识点有强关联的通常是重点。同时, 学生难以理解、连接较少或孤立的知识点可能是难点, 这样学生就能直观地分辨出重难点。学生也可以根据学习需要自主筛选重难点进行展示, 如图 4(b)所示。例如学生可通过“标签”“认知维度”等来明确课程的核心内容(重点)、拓展内容, 也可明确对于某个知识点的具体要求, 甚至可明确某类考试的考点。

知识图谱提供个性化学习路径规划。知识图谱能够根据学生的学情状况和学习能力, 个性化地推荐练习题和错题巩固, 从而提升学生的学习效果。学生可以按照系统推荐的学习路径进行学习, 也可以结合自身需要和学习进度自定义学习路径, 利用知识图谱精准定位、可视化数据, 学生在学习过程中更好地了解整个知识体系。例如学生在学习二元函数的连续性时, 已完成该章节的线上学习课程。系统根据该学生作业、练习的完成情况, 分析学生对知识点的掌握程度, 重新规划了学习路径, 掌握率高于 90% 的知识点不再计入学习路径。新的学习路径表明学生对“二元复合函数的连续性”“有界闭域上连续函



(a)



**Figure 4.** Presentation of the knowledge graph

**图 4. 知识图谱的展示**

数的性质”掌握不够。这时学生可按照新的学习路径, 加强巩固学习, 并通过对某个知识点进行“自测”来检验学习情况。系统重新记录学生的学习情况, 实时给出评价结果, 并再次规划学习路径[10]。知识图谱各教学资源系统全面, 各知识点间总能找到关联性, 因此, 学生能够根据自身实际情况进行学习路径定义, 以便更好展开个性化学习。

## 5.2. 精准化教学

以“多元函数的极限和连续”这一主题为背景进行说明。

知识图谱有利于教师获得精准学情分析并进行精准化教学。多元函数的极限和连续约含有 108 个知识点, 凭借知识图谱, 知识点不再孤立, 与教材、讲义深度绑定, 跟习题资源也建立起稳固链接。依据教师当下教学进度、所选用的教材版本, 图谱会灵活调整, 精准匹配教学所需, 持续推送多元函数的极限和连续的教学资源。在日常教学过程中, 教师可以从多个维度对学生的学习过程进行挖掘, 包括学生的测试成绩、错题本、学习记录等情况, 学习记录可以反映学生的完成度, 测试成绩和作业完成的正确率反映学生对知识点的掌握程度。通过完成度和掌握度情况实施精准教学, 以便实施精准教学。例如, 平台显示“二元函数的极限”这个知识点学习完成度为 100%, 但班级平均掌握率为 32%, 这说明这部分内容需要重点讲解。此时, 运用知识图谱点击知识点按钮, 则可以呈现“二元函数的极限”相关教学资源, 教师借助这些教学资源实施教学, 同时, 在教学中, 如果发现关联本节内容的某个知识点学生还尚未掌握, 则可以利用知识图谱直接点击相关知识点按钮及时学习, 方便教师精准教学。知识图谱通过大数据分析等方法, 更精准地刻画学生的知识掌握情况, 这有助于教师了解学生的薄弱点和学习偏好, 实现精准化教学。

知识图谱是传统化教学和智慧课堂的进一步结合。通过知识图谱, 教师可以在课前、课中、课后综合运用数据挖掘和智能化能力, 制定教学策略, 进行针对性教学, 提升教学的质量和针对性。在课堂教学的关键环节, 知识图谱化身得力助手, 将抽象晦涩、潜藏于知识内部的关联, 直观、可视化地展现出来, 助力学生深挖知识内核, 搭建起稳固且深入的知识体系。另外, 知识图谱还可以辅助教师进行教学

答疑。以知识图谱问答为核心的辅助教学答疑系统可以减轻教师的负担, 同时满足学生的答疑需求。知识图谱也可以实现精准教学与评价。借助于教育大数据的采集技术, 智能学习系统能够记录学生在各个环节的学习轨迹, 加强对学生过程性与增值性的评价, 帮助教师实施精准评价与精准教学。

### 5.3. 创新线上与线下相结合的混合式教学模式

知识图谱凭借强大的数据整合与分析能力, 精准梳理课程知识脉络, 构建起系统全面的知识架构。线上, 它为学生提供丰富的数字化学习资源, 如智能学习课件、互动式知识讲解视频等, 学生可依据自身学习进度与需求灵活选择学习内容, 进行个性化学习探索; 线下, 教师依据知识图谱所呈现的重难点分布, 有针对性地组织课堂教学活动, 开展深度讨论、实践操作与案例分析等, 加强学生对知识的理解与应用能力。线上与线下教学环节通过知识图谱紧密衔接、相互补充, 有效提升教学效果, 促进学生知识体系的构建与综合素养的培养, 为现代教育教学开辟了新路径。

课前, 教师利用课程图谱挖掘与新知识点紧密相连的旧知识, 据此布置预习作业, 精准摸底学生基础。依据预习反馈灵活调整教学内容, 确保课堂有的放矢。课堂上, 遵循知识图谱的脉络, 从旧知自然过渡到新知, 详细阐释新知识点定义后, 沿着图谱中的知识关联拓展延伸, 助力学生构建完整知识体系, 提升课堂学习效果。课后, 借助个性化教学平台, 依据学生课堂知识掌握程度量身定制作业, 教师也能据此对学生开展针对性辅导, 达成因材施教。作业与知识点相互映射, 以课程知识图谱为蓝本, 各个作业精准对应一个或多个知识点, 形成完整的教学闭环, 全面提升教学质量。

以“第一型曲线积分”这一主题为背景进行说明。授课前, 教师借助线上平台发布预习作业, 细致研读本节教材内容; 观看配套教学视频, 提前熟悉课程要点。回答第一型曲线积分的定义和性质; 计算第一型曲线积分的方法有哪些? 教学进行时, 推行线上与线下联动的混合教学模式, 有机整合线上资源、线下实操, 让课堂更高效。线上, 教师通过知识图谱展示本节内容的知识结构等模块, 同时发布关于第一型曲线积分的习题演练。线下, 教师通过引入物体质量的计算, 引导学生通过第一型曲线积分的物理背景来理解定义, 加强对曲线积分的现实意义的认识。课后发布线上课后作业、测验, 借助知识图谱, 精准调取个人的数字画像信息, 迅速锁定知识盲点与薄弱环节, 针对性地查缺补漏、强化巩固。

### 5.4. 知识图谱教学案例

以北京航空航天大学《工科数学分析》AI 课程为例, 这门课程入选了国家级线下一流课程, 在国内有较大影响力。该课程共 12 学分、192 学时, 是北航学分和课时最多的课程之一, 对培养工科学生基本数学素养作用重大。2022 年, 课程团队联合智慧树网构建知识图谱, 形成混合式创新教学模式并上线应用。

通过知识图谱, 学生能更直观地看到数学知识体系, 理解和记忆数学概念及其相互关系。同时, 系统会根据知识点颗粒度匹配数字化教学资源, 如慕课、实录视频、教学 ppt、教材及测试题库等, 学生可按需选择, 完成学习后还能通过测试题目即时反馈自测, 明确自身学习水平和掌握程度。教师则可以根据构建的知识体系, 以知识点颗粒度去选择性形成阶段测试、章节测试等, 定向考核学生对某些重点、难点知识内容的掌握程度, 并且根据测试题库可选择设置测试的难易程度, 帮助学生进阶式学习和考核设置, 提升教学质量。

在 2023 年秋季学期, 有 2874 名学生选修该课程, 其中 1509 名学生在基于知识图谱的课程平台中学习。采用相同标准的期中、期末考试后, 对比发现, 基于知识图谱的数智化课程在学习质量方面有显著提升, 及格率提高了近 8 个百分点, 充分证明知识图谱在数学分析课程教学中能有效提升教学效果。

## 6. 总结与展望

数学分析课程知识图谱建设具有深刻的意义, 不仅可以促进学生个性化学习和教师精准教学, 还能

够将课程资源进行有效关联。教师要能够理解知识图谱的建设内涵, 着力锤炼自身数字素养, 全方位优化知识图谱、精细打磨问题图谱, 借图谱搭建这一关键契机, 撬动教学领域深层次改革, 全方位升级教学品质, 将数字化教学的利好实实在在地传递到学生手中。

## 基金项目

新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目(2022D01A235)。

## 参考文献

- [1] 王莉, 奚丽君. 知识图谱赋能教学的逻辑框架及其在医学教育中的实践探索[J]. 医学信息学杂志, 2024, 45(9): 96-101.
- [2] 马冠忠. 师范院校《数学分析》课程教学存在的问题与对策[J]. 教育理论与实践, 2022, 42(24): 58-61.
- [3] 于冉, 高旭彬. 基于主动型教学模式的数学分析教学改革方案[J]. 科技风, 2024(26): 97-99.
- [4] 吴砥, 冯倩怡, 郭庆. 教育强国背景下数字教育的内涵、特点、难点与进路[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2024, 45(4): 80-89.
- [5] 王敏. 基于知识图谱的问题导向式教学模式设计与应用研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2021.
- [6] 马腾, 倪睿康, 李艳茹, 等. 知识图谱在个性化教学中的应用研究[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2021(2): 177-180.
- [7] 吴争, 段华斌. 我国线性代数教学研究热点分析——基于科学知识图谱的可视化分析[J]. 湖南科技学院学报, 2021, 42(5): 55-58.
- [8] 王法强, 杨晓枫, 曹斌照. 利用知识图谱实施精准和个性化教学——以高等数学为例[J]. 延边大学学报(自然科学版), 2024, 50(2): 133-138.
- [9] 潘迪, 沈祥春, 陈妍. 药理学课程知识图谱设计与建设初探[J]. 卫生职业教育, 2024, 42(18): 41-44.
- [10] 何钰, 孙燕云, 谢东, 等. 基于知识图谱的大学物理课程建设与实践[J]. 物理与工程, 2024, 34(6): 149-157.