

# 基于知识图谱的《线性代数》课程建设研究

辛凤梅, 张艳妮

辽宁工业大学理学院, 辽宁 锦州

收稿日期: 2025年11月10日; 录用日期: 2026年6月1日; 发布日期: 2026年6月9日

## 摘要

随着高等工程教育对知识体系化与智能化教学的需求日益增强, 传统《线性代数》课程在知识组织和教学实践中存在知识碎片化、概念关联弱化及学习路径单一等问题。本文提出基于知识图谱的课程建设方法, 构建了覆盖数据采集、知识建模、语义关联与智能应用的系统框架, 并设计了知识点层、概念层、应用层与能力层的四层课程知识图谱模型, 实现课程知识、理论概念、工程应用及学生能力的多维映射与动态关联。同时, 开展教学资源重组与智能学习设计, 支持个性化学习路径推荐、知识掌握度诊断及智能教学干预。研究表明, 知识图谱驱动的课程建设可提升课程体系结构化水平。

## 关键词

线性代数, 知识图谱, 课程建设, 智能教学, 个性化学习

# Research on the Construction of Linear Algebra Course Based on Knowledge Graph

Fengmei Xin, Yanni Zhang

College of Science, Liaoning University of Technology, Jinzhou Liaoning

Received: November 10, 2025; accepted: June 1, 2026; published: June 9, 2026

## Abstract

As higher engineering education increasingly demands systematic knowledge organization and intelligent teaching approaches, traditional Linear Algebra courses face challenges such as fragmented knowledge, weakened conceptual connections, and limited learning pathways in both knowledge organization and teaching practices. This paper proposes a knowledge graph-based course development methodology, establishing a systematic framework encompassing data collection, knowledge modeling, semantic association, and intelligent applications. A four-layer course knowledge graph model—comprising knowledge points, concepts, applications, and competencies—is designed to

achieve multidimensional mapping and dynamic linkage among course knowledge, theoretical concepts, engineering applications, and student competencies. Building upon this foundation, teaching resources are reorganized and intelligent learning designs are implemented to support personalized learning path recommendations, knowledge mastery diagnostics, and intelligent teaching interventions. Research indicates that knowledge graph-driven curriculum development enhances the structural integrity of course systems.

## Keywords

Linear Algebra, Knowledge Graph, Curriculum Development, Intelligent Teaching, Personalized Learning

Copyright © 2026 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

在高校数学基础课程中,以《线性代数》这门课程作为理工类、信息类、经管类专业学生的核心课程[1],为学生后续概率统计、数值计算、人工智能算法等专业课程奠定基础,是学生逻辑思维、抽象建模和数学应用能力训练的有效平台[2]。受限于教学体制和教材编写的组织结构,《线性代数》课程内容按照章的逻辑顺序安排,知识之间缺乏内在逻辑关联,导致学生难以构建知识网络结构[3],“线性呈现、割裂认知”的教学方法不能适应现代数字化背景下高级复合型人才的培养需求。

近年来随着教育信息化、智能化的发展,以语义、图结构对知识进行表示的知识组织结构-知识图谱已成为智能教育的核心技术[4]。知识图谱以实体、属性、关系为基础元素,通过各知识单元的隶属逻辑与语义关系来挖掘知识关联的内在逻辑,具有可视化、可计算、可推理的优势[5]。其在智能推荐、语义检索、认知诊断等领域的应用表明,基于知识图谱的教学资源组织与学习路径呈现具有智能化、个性化的特征[6]。但当前高校知识图谱的教学应用仍以计算机、医学等学科为主,对于抽象性高、概念性强、逻辑性强的《线性代数》课程暂无知识图谱建设模式与知识图谱教学设计[7]。

随着教育大数据战略行动的实施和“智育”的建设发展,基于图谱知识的《线性代数》课程建设研究不仅能够实现课程知识体系语义结构和知识关系网络的建设和使用,还能够为学生进行认知动机引导的学习策略,促进学习者由“识记”学习走向“理解”学习甚至“迁移”学习。因此,本文通过对《线性代数》课程作为切入点,对课程体系知识语义模型建构、知识关系网络构建与课程使用进行研究分析,探究基于知识图谱的课程建设路径,为实现课程内容、课程资源和学习活动的有机融合提供智能化教学依据。

## 2. 课程建设现状与知识图谱建设现状

目前《线性代数》课程是高校数学基础课程群的核心课程,是锻炼学生逻辑思维能力、空间想象与建构能力的核心课程。但是,在教学实践中,一直以来习惯的课程建设思路仍然是以课本的章节为单元,教学的顺序呈线性展开,知识点之间没有内在联系,学生学了很多、算了很多部分内容和公式,但不懂得如何将知识之间、节点之间进行联系和拓展,形成整体知识结构,教学内容和认知规律之间的脱节是目前课程建设很难逾越的鸿沟。

与此同时, 教学资源开发、教学资源运用也缺乏结构, 特别是近年来, 慕课(MOOC)、微课、虚拟仿真教学等教学信息化引入《线性代数》教学中, 虽然信息量引入大, 而教学资源多呈碎片状, 缺乏一定的语义组织和知识关系体现, 资源彼此间缺乏关联, 教师无法依据知识逻辑组织知识, 学生无法依据知识结构按照自身认知结构选择相应学习内容。而教学评价机制也多是终结性评价为主(重计算结果、识记结果), 对于过程、知识结构掌握情况掌握不明确, 反映不出学生的学习理解程度、迁移能力, 如图 1 所示。

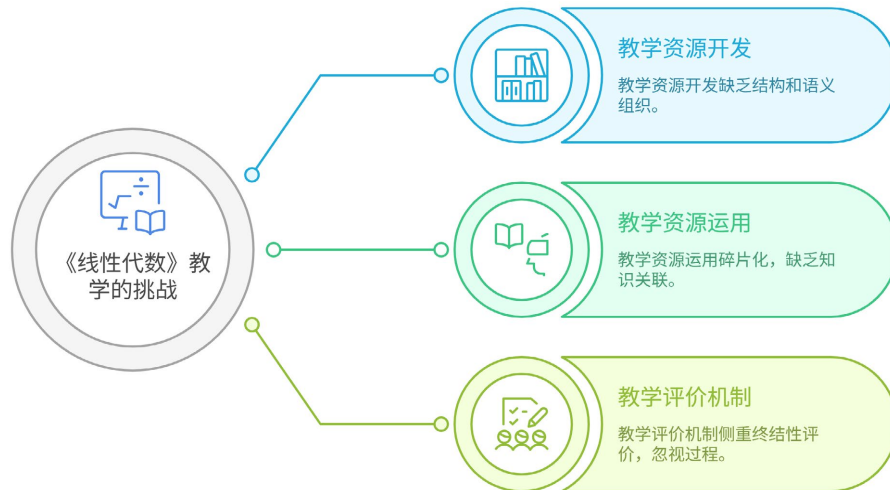


Figure 1. Teaching challenges  
图 1. 教学挑战

从课程平台建设来看, 虽然多数高校已建立网络教学与课程管理系统, 但其功能仍停留在资源共享与作业管理层面, 缺乏基于知识结构的學習分析与智能推送功能。教师无法及时了解学生在学习过程中的薄弱节点, 学习数据未能转化为教学决策依据, 教学支持的精准性和个性化水平明显不足。这种以内容呈现为主、缺乏知识逻辑支撑的课程体系, 已难以适应新一轮教育数字化转型对课程智能化建设的要求。

在教育数字化与人工智能技术深度融合的背景下, 《线性代数》课程的建设与改革亟需从“知识数字化”向“知识智能化”转变。知识图谱作为一种能够揭示知识间语义关系与逻辑依赖的结构化表示方法, 为课程内容的语义重组与智能教学提供了新的技术支撑。通过构建课程知识图谱, 可以将“向量空间”“矩阵运算”“线性变换”“特征分解”等核心知识单元进行抽取与语义建模, 形成多层次、可推理的知识网络, 实现从知识点到能力层的层级映射, 从而为课程体系重构提供结构基础。

引入知识图谱开展课程建设, 不仅有助于教师实现教学内容的结构化管理与资源重组, 还能基于知识节点的依赖关系构建个性化学习路径, 实现“以学为中心”的精准教学。同时, 知识图谱为学习诊断与过程性评价提供了可视化的数据支撑, 可通过对学生知识掌握状态的动态监测, 开展针对性辅导与学习策略优化, 促进教学反馈的智能化与持续改进。总体来看, 构建基于知识图谱的《线性代数》课程体系, 是推动课程知识体系科学化、教学过程智能化和学习评价数据化的必然选择, 也是高校数学课程改革实现高质量发展的重要路径。

### 3. 基于知识图谱的《线性代数》课程建设

#### (一) 课程知识图谱构建框架

基于知识图谱的课程建设, 是实现教育内容结构化、教学路径智能化与学习过程可视化的关键环节。

在《线性代数》课程体系中, 知识点之间逻辑严密、层次清晰, 极适合通过知识图谱技术实现知识关联的网络化表达与智能管理。课程知识图谱的构建框架总体上包括知识采集、知识建模、语义关联与智能应用四个阶段, 形成一个从原始知识到教学智能服务的系统闭环, 如图2所示。

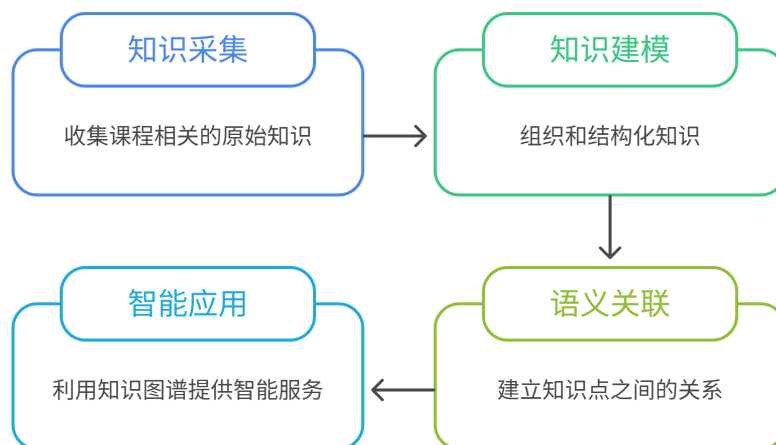


Figure 2. Course knowledge graph architecture  
图2. 课程知识图谱架构

在知识采集阶段, 通过文本挖掘与语义识别技术, 从教材、教学大纲、MOOC 课程资源、科研文献以及工程应用案例中提取核心概念、定理、算法与应用情境。结合命名实体识别(NER)与关系抽取(RE)算法, 将“概念、属性、关系”信息以结构化数据形式存储, 为后续建模提供语义素材。在知识建模阶段, 引入本体论(Ontology)方法, 定义课程知识的层级结构与语义边界。通过构建“概念节点、语义关系、应用实例”的三维知识单元, 实现从静态知识描述到动态语义网络的转化, 使知识点间的逻辑关系可视、可计算、可推理。

在语义关联阶段, 将图数据库(GraphDatabase, 如 Neo4j)与图嵌入算法(Graph Embedding)融合, 形成知识间的高维向量语义相似关系矩阵, 生成动态知识网络。系统将知识间隐含的关系链通过语义推理算法(如“向量空间→线段变换→特征值分解→奇异值分解”知识链)推算出来, 挖掘知识内在联系和应用场景。智能应用阶段, 通过知识图谱实现推荐学习路径、知识遗漏诊断、课程资源推荐、课程资源与个性化学习情况反馈的多维智能教与学服务。将学与知识图谱关联, 形成知识掌握的动态诊断与自适应学习形成的“知识-数据-智能优化”的多维教与学过程, 将《线性代数》教学从“经验驱动”转变为“数据与知识融合驱动”, 为工科教育智慧化提供底层支撑。

## (二) 四层课程知识图谱模型

为将《线性代数》课程的理论深度与教学目标在知识图谱中完整表达, 本研究提出四层语义模型: 知识点层、概念层、应用层与能力层。该分层既反映数学学科的本体结构, 也兼顾教学实施与学习评价的需要, 能够支持从教学资源的标注到学生能力画像的闭环分析。

知识点层是图谱的基础层, 包含最小的教学信息单元——定义、公式、证明步骤、求解技巧与典型题型的原子表示。设计原则是“粒度适中且具有可解释性”, 既避免过细导致图谱膨胀, 也避免过粗丧失教学指导价值。每一知识点节点应携带元数据: 来源(教材章节/讲义/习题)、难度级别、常见错误模式、对应的练习题集合及先修要求。这样的结构有利于在诊断学生错误时快速定位原因并追溯知识路径。

概念层在语义上高于知识点层, 承担连接若干知识点并抽象出更高层次数学结构(如“线性无关性”“向量空间结构”“线性变换的几何意义”)。概念层通过标注“依赖关系”、“推导关系”、“等

价/同构关系”等语义边, 构造数学理论的推理链。该层的分析对教学设计尤为重要: 通过对概念层中心性与介数指标的分析, 教师可以识别课程中的关键概念, 并据此调整教学重心与习题设计, 以保证学习路径的认知连贯性。

应用层实现理论到实践的映射, 包含算法实现、数值计算方法与跨学科应用实例(如 PCA、最小二乘法、奇异值分解在图像处理与数据降维中的应用)。在图谱中, 应用层节点与概念层节点之间通过“应用于”、“依赖于”等关系相连, 形成“理论、方法、工程场景”的多步映射路径。这一层级的显性化使得课程不再孤立于纯数学训练, 而成为工程问题求解的知识资源库, 有助于培养学生的知识迁移能力与工程应用意识。

能力层用于建模学习目标与学生能力结构, 它把知识掌握转化为可量化的能力指标: 抽象建构能力、问题建模能力、数值计算能力与算法实现能力等。能力层节点与概念/应用层节点建立映射关系(例如“能解决线性方程组数值稳定性问题”映射至“矩阵条件数”“LU 分解”等概念节点), 并通过数据驱动的方法估算学生在每项能力上的掌握概率。基于该层, 系统可生成学生能力画像、设计分层教学策略并评估教学干预效果。总体而言, 四层模型通过横纵向的语义联接, 既确保数学理论的严密表达, 又嵌入教学实施与学习评估的操作路径, 为课程设计、教学执行与效果评估提供了完整的知识-认知-能力链路。

### (三) 教学资源重组与智能学习设计

在知识图谱建成后, 课程教学资源的组织方式与教学设计理念均需进行系统革新。传统《线性代数》课程资源呈现以章节为单位、内容固定、缺乏逻辑反馈, 而基于知识图谱的教学资源重组则实现了资源的语义聚合化、学习路径的个性化与教学评价的智能化。

在教学资源重组方面, 知识图谱为教学素材的动态聚合提供了语义基础。课程中的视频讲解、例题解析、拓展案例与实验任务均可与知识节点建立语义关联, 实现跨媒体、跨模块的资源融合。例如, 围绕“特征值与特征向量”节点, 系统可自动聚合相关教材章节、在线题库、仿真演示与 Python 数值计算脚本, 构建一体化的学习资源集群。在智能学习设计方面, 知识图谱的推理机制可用于学习路径生成与任务难度动态调控。根据学习者的知识掌握度分布, 系统通过最短路径算法自动生成个性化学习序列, 避免重复学习与认知超负荷。结合强化学习算法, 可实现对学习节奏与任务反馈的自适应优化, 促进学习效率最大化。

在教学反馈与评价机制上, 知识图谱为形成性与诊断性评价提供了量化依据。系统可通过对知识节点掌握概率的动态更新, 生成可视化知识掌握曲线, 并自动识别学生在知识结构中的薄弱环节, 为教师提供精准的教学干预建议。同时, 教师可依据知识网络的中心性分析识别课程中关键知识节点, 优化教学重心与课程评价指标, 实现“知识中心化教学决策”。通过教学资源重组与智能学习设计的深度融合, 《线性代数》课程能够实现由“内容传授型”向“认知驱动型”的根本转变, 充分发挥人工智能与知识工程在高等教育中的赋能作用, 为实现课程体系的智能化、精准化与持续优化奠定技术与理论基础。

## 4. 结论

本文基于知识图谱技术对《线性代数》课程进行了系统建设研究, 提出了从多源异构资源采集、知识本体建模、语义关联构建到智能教学应用的完整框架, 并建立了知识点层、概念层、应用层与能力层的四层课程知识图谱模型, 实现课程知识、理论概念、工程应用与学生能力的多维映射与动态关联。该模型不仅重构了课程知识体系、优化了学习路径设计, 还支持知识掌握度诊断、个性化学习推荐和智能教学干预, 形成“知识驱动、数据反馈、智能优化”的闭环教学体系。研究成果实现了理论与实践的深度融合, 为课程内容结构化、教学资源智能化和学习效果可视化提供了技术支撑, 丰富了高等教育课程建设的方法论, 也为知识图谱驱动的课程智能化改革提供了可推广的实践范式。

## 参考文献

- [1] 王晋茹. 产教融合与数智赋能背景下线性代数课程改革路径研究[J]. 大学教育, 2025(18): 10-16.
- [2] 姚婷. 基于以学生为中心的“线性代数”课堂教学改革策略研究[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2025(9): 64-66.
- [3] 王言杰. 从教育数学理论出发探讨“线性代数”课程的教学设计[J]. 理科爱好者, 2024(5): 1-3.
- [4] 谢红, 闫兰兰, 王楠. 基于知识图谱的课程重构模式与教学设计方法[J]. 时尚设计与工程, 2025(5): 62-64.
- [5] 田兴华. 知识图谱赋能医用物理学教学: 从理论到实践的探索[J]. 广西物理, 2025, 46(3): 51-53.
- [6] 齐智勇, 龚士林, 毛延翩, 等. 基于知识图谱和孪生BERT网络的大坝安全辅助决策技术研究[J]. 水电能源科学, 2025, 43(11): 158-161+119.
- [7] 许涛, 张薇. 基于 Neo4j 知识图谱探讨“对药”理论下中医治疗溃疡性结肠炎临床用药规律[J]. 中华养生保健, 2025, 43(9): 1-6+10.