

农林问题导向的高等数学教学改革路径研究

——知识图谱与人工智能赋能的差异化教学支持模式构建

宣海玲

浙江农林大学数学与计算机科学学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年6月1日; 录用日期: 2026年7月7日; 发布日期: 2026年7月17日

摘 要

针对农林院校高等数学课程中专业关联度不足、学生基础差异较大、智能技术应用浅层化、评价方式偏结果化等问题, 本文以农林类专业人才培养需求为牵引, 提出“问题链-知识链-能力链”三链融合的教学改革框架。研究从作物生长、森林资源测算、病虫害传播、生态碳汇评估等农林典型问题出发, 梳理高等数学核心知识点与专业应用场景之间的内在关联, 构建“数学知识-专业情境-项目任务-能力目标”四层知识图谱; 在此基础上引入AI学情诊断、资源推荐、智能答疑、案例匹配与学习路径推送等功能, 形成课前预诊断、课中问题驱动、课后个性化巩固的差异化教学支持路径。本文进一步设计了涵盖知识达成、数学应用、学习投入、专业认同和课程满意度的多维评价体系, 为农林院校公共数学课程实现专业化、智能化和育人化转型提供可复制的实践方案。

关键词

高等数学, 教学改革, 农林院校, 人工智能, 知识图谱, 差异化教学支持

Research on the Teaching Reform Path of Advanced Mathematics Oriented to Agricultural and Forestry Problems

—Building a Personalized Learning Support Model Empowered by Knowledge Graphs and Artificial Intelligence

Hailing Xuan

College of Mathematics and Computer Science, Zhejiang A&F University, Hangzhou Zhejiang

Received: June 1, 2026; accepted: July 7, 2026; published: July 17, 2026

Abstract

To address the weak connection between advanced mathematics and agricultural and forestry disciplines, the diverse mathematical backgrounds of students, the limited integration of intelligent technologies, and the predominance of outcome-oriented assessment, this study proposes a teaching reform framework integrating problem chains, knowledge chains, and competency chains. Starting from typical agricultural and forestry problems such as crop growth analysis, forest resource estimation, pest diffusion prediction, and ecological carbon sequestration assessment, a four-layer knowledge graph linking mathematical knowledge, disciplinary contexts, project tasks, and competency objectives is constructed. On this basis, AI-supported functions including learning diagnosis, resource recommendation, intelligent tutoring, case matching, and personalized learning path guidance are introduced to support differentiated instruction before, during, and after class. Furthermore, a multidimensional evaluation system covering knowledge acquisition, mathematical application, learning engagement, disciplinary identity, and course satisfaction is developed. The proposed framework provides a practical pathway for promoting disciplinary relevance, intelligent instructional support, and personalized learning in public mathematics courses at agricultural and forestry universities.

Keywords

Advanced Mathematics, Teaching Reform, Agricultural and Forestry Universities, Artificial Intelligence, Knowledge Graph, Personalized Learning Support

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

高等数学是农林类专业学生理解后续专业课程、开展科学研究和解决复杂生产问题的重要基础。随着智慧农业、生态环境治理、绿色低碳发展以及林业碳汇监测等领域快速发展，农林产业对学生的数学建模能力、数据分析能力和数智素养提出了更高要求[1][2]。高等数学教学因而不应仅承担“基础知识传授”的功能，还应成为连接数学思维、专业实践与专业素养培养的重要课程载体[3]。

然而，在农林院校公共数学课程中，传统教学仍较多沿用“定义－定理－例题－练习”的线性知识推进方式，例题情境以纯数学或工程物理问题为主，学生难以感知数学知识与专业学习之间的联系。与此同时，学生数学基础差异较大，大班教学条件下教师很难持续跟踪每名学生的知识短板与学习需求。近年来，人工智能、学习分析和知识图谱等技术为课程改革提供了新的可能[4]-[7]，但若仅停留在题库推送、作业批改和线上资源堆叠层面，仍难以真正解决“学用脱节”和“差异化教学支持不足”的问题。

现有研究主要围绕大学数学课程改革、专业情境融入以及人工智能支持教学等方面展开，在课程结构优化、案例化教学设计和教学数字化转型等方面取得了一定进展[1]-[3][8][9]。同时，学习分析(Learning Analytics)和教育知识图谱等研究为学习过程分析、资源组织和教学决策优化提供了重要方法支撑[7][10]。然而，已有研究更多聚焦于专业案例嵌入、课程资源建设或智能教学工具的单点应用，对于“农林真实问题－数学知识节点－能力目标－评价证据”之间连续关联机制的构建关注相对不足，尚缺乏将知识图谱、学情分析与教学评价有机融合的系统化改革框架。基于此，本文面向农林类专业人才培养需求，在

新农科建设背景下，将知识图谱的结构化表征、AI 驱动的学情分析以及农林情境化项目任务纳入统一教学闭环，重点开展以下探索：一是构建“数学知识 - 专业情境 - 项目任务 - 能力目标”四层知识图谱结构，实现课程内容与专业需求的关联映射；二是设计 AI 支持下贯穿课前诊断、课中干预和课后反馈的教学决策流程，提升差异化教学支持能力；三是建立兼顾知识达成、能力发展、学习投入和课程体验的多维评价指标体系，形成“诊断 - 干预 - 反馈 - 改进”的持续优化机制，以期农林院校公共数学课程改革提供可复制、可推广的实践路径。

2. 农林院校高等数学教学的现实困境

2.1. 教学内容与农林专业需求衔接不足

现有高等数学教材和课堂例题通常以数学知识体系自身的逻辑展开，强调概念定义、公式推导和解题技巧训练。对于农学、林学、生态学、园艺、资源环境等专业学生而言，导数、积分、微分方程等知识常被理解为抽象符号运算，而不是分析作物生长、森林资源变化、病虫害扩散或生态碳汇评估的工具。教学内容的专业关联度不足，容易削弱学生学习动机，也限制了数学知识向专业能力的迁移。

2.2. 学生基础差异与规模化教学之间存在矛盾

农林类专业学生来源多样，入学数学基础、学习习惯和问题解决能力差异明显。传统课堂主要依靠统一进度、统一作业和统一测验推进教学，能够保证教学秩序，却难以精准识别学生在极限理解、导数应用、积分建模、微分方程求解等方面的差异化问题。基础薄弱学生可能因连续受挫产生数学焦虑，学有余力的学生则缺少更具挑战性的建模任务和拓展资源。

2.3. 智能技术应用仍偏浅层

许多课程已建设线上资源、题库平台和自动批改系统，但技术主要服务于“资源呈现”和“作业管理”，对学生学习行为、知识薄弱点、专业兴趣和能力发展轨迹的深度分析不足。知识图谱若仅停留在数学知识点之间的逻辑梳理，而未嵌入专业场景和问题链条，就难以发挥促进迁移学习的作用；AI 若仅用于批改题目，而不能关联学情诊断、资源推荐与课堂干预，也难以实现真正意义上的差异化教学支持。

2.4. 评价方式与能力培养目标不匹配

高等数学课程考核往往以期末闭卷考试和常规作业为主，重视运算正确率和知识再现程度，对学生运用数学解决农林问题的能力、跨学科表达能力、项目实践能力和专业认同感关注不足。评价方式偏结果化、单一化，难以对教学改革形成有效反馈，也不利于引导学生从“会做题”走向“会建模、会解释、会应用”。

3. 改革理念与总体框架

3.1. 改革理念：以农林问题牵引数学学习

本研究将“农林问题导向”作为课程改革的逻辑起点。所谓农林问题导向，并不是在传统知识讲授之后简单添加若干专业案例，而是以专业真实问题重组数学知识的呈现顺序和学习任务，使学生在理解问题背景、抽取数学关系、建立模型、解释结果的过程中学习高等数学。其核心思路是把课程从“学科逻辑主导”转向“问题逻辑与学科逻辑协同”，在保证高等数学知识体系完整性的同时，提高课程对农林专业人才培养的支撑度。

3.2. “问题链 - 知识链 - 能力链”三链融合

围绕课程目标，本研究构建“问题链 - 知识链 - 能力链”三链融合框架。问题链来自农林生产、科

研和专业课程中的典型情境，如作物生长速率分析、农田灌溉优化、森林蓄积量测算、病虫害扩散预测和生态碳汇评估等；知识链由函数、极限、导数、积分、级数、微分方程等高等数学核心内容构成；能力链则对应学生需要形成的函数建模、变化率分析、优化决策、定量估算、动态系统理解和数学表达能力。三条链条通过知识图谱实现显性连接，使学生能够沿着“真实问题－数学工具－解决路径－能力达成”的路径开展学习。

3.3. 总体框架：图谱组织、AI 赋能、评价闭环

改革总体框架包括四个层面：第一，开展农林专业数学需求调研，明确高等数学知识点与专业学习、科研训练和行业实践之间的对应关系；第二，构建融合农林场景的高等数学知识图谱，形成“数学知识－专业情境－项目任务－能力目标”的结构化资源体系；第三，开发 AI 辅助精准教学工具，实现学情诊断、资源推荐、案例匹配和智能答疑；第四，建立过程性与结果性结合的评价闭环，根据学习数据和师生反馈持续优化图谱内容、教学活动和评价指标。在技术实现上，知识图谱可采用“节点－关系－属性”的轻量化结构：节点包括数学知识点、前置知识、农林情境、项目任务、资源材料、评价指标六类；关系包括“前置于”“应用于”“支撑”“对应”“易错于”“推荐给”等类型；属性包括难度等级、适用专业、建议课时、数据来源和评价方式。AI 学情诊断模块可基于前测、课堂测验、作业正确率、资源访问和自评问卷形成学习画像，并采用知识追踪或规则模型估计学生对关键知识节点的掌握状态[11]，再由图谱关系推送补学资源、同构案例或挑战性任务。实施中需注意学生数据匿名化、模型解释性和教师最终审核机制，避免算法推荐替代教师专业判断。

4. 知识图谱驱动的教学内容重构

4.1. 高等数学知识点的结构化梳理

知识图谱建设首先需要对高等数学课程内容进行单元化和层级化处理。以知识点为基本节点，围绕概念、定理、公式、方法、典型题型和易错点建立关系。例如，“极限”与“连续”“导数定义”之间具有前置关系，“导数”与“单调性、极值、最优化”之间具有应用递进关系，见表 1。“定积分”与“面积、体积、累积量”之间具有情境映射关系。通过这种结构化梳理，可以帮助教师明确教学重点和难点，也帮助学生形成可视化的知识网络。教育知识图谱能够进一步支持知识点关系呈现、学习资源组织和学习路径推荐[12] [13]。

4.2. 农林场景与数学知识的双向映射

Table 1. Examples of mapping calculus topics to agricultural and forestry application scenarios

表 1. 高等数学知识点与农林应用场景的映射示例

数学知识点	农林应用场景	学习任务设计	能力目标
函数与极限	作物产量与施肥量关系、环境因子变化趋势	根据数据描绘函数关系，判断变化趋势与临界状态	函数建模意识、变量关系分析
导数与极值	作物生长速率、最优施肥量、农产品价格变化	建立目标函数，利用导数分析最优方案或变化率	优化思维、变化率分析能力
定积分	森林蓄积量估算、碳汇累积量测算、农田面积近似计算	将连续累积问题转化为积分模型并解释结果	定量估算、累积量建模能力
多元函数与偏导	多因素影响下的产量预测、生态指标敏感性分析	分析温度、降水、土壤等变量对目标量的影响	多因素建模、敏感性分析能力
微分方程	种群增长、病虫害扩散、森林资源动态变化	建立并求解简化动态模型，解释参数含义	动态系统理解、模型解释能力

在知识点结构化的基础上，课程进一步建立农林场景与数学知识的双向映射。一方面，从数学知识出发寻找专业应用情境，如将导数应用于作物生长速率、果实膨大速率和肥料投入边际效应分析；将定积分应用于森林蓄积量估算、碳汇累积量测算和农田面积近似计算；将微分方程应用于种群增长、病虫害扩散和药物动力学过程。另一方面，从专业问题出发反向提取所需数学工具，使学生理解不同数学知识在专业问题中的功能位置。

4.3. 从科研问题到学习项目的转化

农林科研问题通常具有真实背景、变量复杂和结果解释要求高等特点。将其直接引入课堂可能超出低年级学生认知负荷，因此需要通过知识图谱进行层级化拆解。以“预测森林碳汇变化”为例，可将宏观科研目标拆解为“确定影响因素”“建立碳汇变化函数或微分方程”“估计参数”“解释模型结果”等中观任务，再进一步映射到“函数拟合”“导数分析”“定积分”“一阶微分方程”等微观知识点。由此，教师可以把科研问题转化为学生能够完成的阶段性学习项目，既保持问题的真实感，又保证教学可操作性。

4.4. 课程思政元素的自然嵌入

农林问题导向的高等数学教学具有天然的课程思政切入点。课程思政建设强调将价值塑造、知识传授和能力培养融为一体。围绕粮食安全、生态文明、农村产业发展、绿色发展和森林碳汇等主题，教师可以在数学建模与结果解释过程中引导学生理解数学工具在回应区域农林产业发展需求中的意义。例如，在讲授定积分时引入碳汇累积量测算，在讲授最优化时引入节水灌溉和资源配置问题，在讲授微分方程时引入病虫害传播控制问题，使专业责任意识引导不再是外加式说教，而是嵌入问题解决过程的自然生成。

5. AI 赋能的精准教学路径

5.1. 课前：学情预诊断与个性化资源推送

课前阶段，AI 工具可依据学生前测结果、线上预习行为和历史作业数据生成学习画像，识别学生在概念理解、计算技能、应用迁移等方面的薄弱环节。系统进一步结合知识图谱中的前置知识关系，为不同学生推荐差异化资源[3]-[5]。基础薄弱学生可优先获得概念讲解视频、基础例题和错因解析；学有余力的学生则可获得农林案例拓展、建模阅读材料和开放性项目任务。课前预诊断使教师能够提前掌握班级整体难点，并据此调整课堂设计。

5.2. 课中：问题驱动与 BOPPS 环节融合

课中阶段可采用“引入 - 目标 - 参与式学习 - 后测 - 总结”的 BOPPS 教学结构，并将 AI 工具嵌入各环节。引入环节以农林真实问题激发学习动机，如“如何根据作物生长曲线判断最佳干预时机”；目标环节明确本节课需要掌握的数学概念和应用能力；参与式学习环节组织学生围绕案例进行变量提取、模型建立和结果解释；后测环节利用 AI 即时分析答题情况，反馈共性错误；总结环节由教师结合知识图谱梳理本节内容在整个课程中的位置。

5.3. 课后：智能巩固与持续反馈

课后阶段，AI 系统根据课堂后测、作业完成情况和学生自评结果自动推送个性化巩固任务。对于导数应用掌握不足的学生，系统可推送“作物生长速率分析”与“农产品价格变化”两个同构案例；对于积分建模能力较弱的学生，系统可推送“森林蓄积量估算”分步练习。教师则通过平台获得班级整体掌握率、知识点错误分布、学习投入度和个体预警信息，及时开展针对性辅导。

5.4. 教师角色转型与智能备课支持

在 AI 赋能环境下，教师不再只是知识传递者，而应成为问题设计者、学习组织者和深度辅导者。知识图谱为教师备课提供了知识关系、案例资源和能力目标之间的结构化支撑，AI 工具则帮助教师了解学生真实需求。教师可以基于系统反馈选择更适配的农林案例，调整课堂提问层次，设计分层任务，从而提高教学决策的精准性。

6. 教学实施方案与评价设计

6.1. 实施对象与基本流程

改革实践可选取农学、林学、园艺、生态学等专业的高等数学课程作为试点对象，设置实验班和对照班开展一学期教学比较。实验班采用“知识图谱 + AI 工具 + 农林问题链”的教学模式，对照班采用常规教学模式。实施流程包括需求调研、图谱构建、资源开发、平台试运行、课堂实践、数据采集、效果评价与迭代优化七个阶段。实验班和对照班在教材、学时、期末考试难度上保持一致，差异主要体现在农林问题链案例、AI 资源推荐和过程性评价方式。实施周期为一个学期，开课前完成数学基础前测和学习兴趣问卷，期中采集平台使用数据与学生访谈，期末开展后测、情境化作业评价和课程满意度调查。为提高结果可信度，可比较前后测增量、应用题得分、学习投入度和专业关联感变化，并结合焦点小组访谈解释量化结果。

在项目启动阶段，通过问卷、访谈、课程大纲分析和专业教师研讨收集农林类专业对数学知识的需求；在资源建设阶段，完成核心知识点、农林案例和项目任务的映射；在教学实践阶段，按照课前、课中、课后三阶段推进教学；在评价反馈阶段，依据多源数据对学习效果和教学模式进行修正。

6.2. 典型教学案例：导数应用与作物生长速率分析

以“导数的应用”为例，传统教学通常围绕函数单调性、极值判定和最值问题展开。改革后可将问题情境设置为“如何根据作物生长数据判断生长关键期和管理干预时机”。教师首先给出作物株高或生物量随时间变化的简化数据，引导学生将数据抽象为函数关系；随后通过平均变化率过渡到瞬时变化率，引出导数概念；再利用导数符号和极值点分析生长速度变化，讨论施肥、灌溉或病虫害防治的可能时机。该案例使导数不再只是符号运算对象，而成为理解生命过程变化规律的分析工具。为进一步展示案例化教学的组织实施过程，本文将“导数应用”案例的教学流程进行了结构化设计，具体见表 2。

Table 2. Example of a case-based teaching process for applications of derivatives

表 2. “导数应用”案例化教学流程示例

教学环节	教师活动	学生活动	AI 与图谱支持
问题引入	展示作物生长曲线， 提出最佳管理时机问题	识别变量和目标，讨论现实意义	推送相关农林案例节点
概念建构	由平均变化率过渡到导数概念	计算局部变化率， 理解瞬时变化含义	关联极限、 导数定义等前置知识
模型应用	引导学生判断单调区间和极值点	解释生长速度变化与管理决策关系	提供分层练习与即时反馈
拓展提升	讨论多因素影响下模型的局限性	提出改进变量或数据收集方案	推荐项目任务与拓展资源

6.3. 多维评价体系设计

为避免教学改革评价停留在单一考试成绩比较层面，本文构建“知识 - 能力 - 过程 - 情感”四维评

价体系。知识维度关注概念理解、公式应用和基本运算能力；能力维度关注建模、解释、迁移和项目实践表现；过程维度关注平台学习行为、课堂参与、作业完成质量和学习路径变化；情感维度关注学生数学学习兴趣、专业认同和课程满意度。

具体评价方法包括：第一，开展前测与后测比较，分析学生基础知识与应用题得分变化；第二，设计农林情境化作业和小项目，评价学生从真实问题中提取数学模型的能力；第三，利用 AI 平台记录学习时长、资源访问、错题分布和知识点掌握轨迹；第四，通过问卷和访谈收集学生对课程关联度、学习支持度和专业专业关联感的反馈。通过多源数据交叉验证，可以更全面地反映教学改革效果。为增强评价体系的可操作性，将核心指标进一步量化：知识达成维度设置概念题、计算题和基础应用题；应用能力维度采用情境化作业评分量表；学习过程维度由平台日志记录资源访问次数、补学完成率和错题订正率；情感态度维度采用 5 点量表问卷，关注学习兴趣、数学焦虑、专业关联感和课程支持感。评价结果用于“诊断 - 反馈 - 调整”的闭环：当某知识节点错误率连续偏高时，教师需回到图谱检查前置知识与案例难度，并在下一轮教学中调整讲解、练习或资源推送。为进一步明确不同评价对象的核心观察点、证据来源及评价结果的具体用途，本文构建了教学改革评价指标框架，具体见表 3。

Table 3. Evaluation framework for teaching reform
表 3. 教学改革评价指标框架

评价对象	核心观察点	示例证据	结果用途
情境化作业	变量提取、模型建立、结果解释、现实限制	作业报告、课堂展示、教师量规评分	判断应用迁移能力
平台学习行为	资源访问、补学完成、错题订正、互动次数	AI 平台日志、学习路径记录	发现差异化学习需求
问卷与访谈	兴趣、焦虑、专业关联感、课程支持感	期初期末问卷、焦点小组访谈	解释量化数据并改进教学
教师决策	案例难度、提问层次、资源匹配度	教案修订记录、教研会议纪要	形成持续改进证据链

7. 教学改革的特色与创新之处

7.1. 以问题逻辑重构高等数学教学内容

本研究的首要特色在于以农林问题重构高等数学教学逻辑。传统教学强调知识点的线性推进，改革后则以“提高小麦产量”“估算森林碳汇”“预测病虫害扩散”等问题为线索，将函数、导数、积分、微分方程等知识组织为解决问题的工具链。学生在问题解决过程中理解数学知识的来源、功能和边界，有助于提升学习动机和应用意识。

7.2. 知识图谱与 AI 形成协同育人机制

知识图谱提供结构化的知识组织方式，AI 提供动态化的学情分析和学习支持。二者结合后，教学资源不再是静态堆叠，而是能够根据学生学习轨迹持续调整的智能资源体系。AI 可以根据学生对图谱节点的访问、测试表现和错误分布推荐适配资源；知识图谱则为 AI 推荐提供可解释的路径依据，避免资源推送碎片化和随机化。

7.3. 推动科研问题向教学项目转化

农林院校教师拥有丰富的科研案例和行业问题资源，但这些资源往往难以直接进入低年级数学课堂。通过问题拆解和图谱映射，可以把科研目标转化为层级化学习任务，使学生在高等数学阶段初步接触专

业科研思维。这种转化机制有助于打通基础课程、专业课程和科研训练之间的联系，提升学生的创新意识和早期科研能力。

7.4. 兼顾知识学习、能力培养与专业责任意识培养

本改革不是单纯追求技术应用，而是把数学知识学习、专业能力培养和意义引领统一起来。农林场景为数学学习提供真实语境，AI 工具为差异化学习提供支持，课程思政元素则通过粮食安全、生态文明和绿色发展等问题自然融入。由此，高等数学课程能够从“基础课”进一步转变为支撑新农科人才培养的重要育人平台。

8. 推广路径与应用前景

本研究形成的改革模式具有较强的推广意义。首先，知识图谱的基本结构可以在不同专业之间迁移，不同学院可根据专业需求替换或扩展案例节点；其次，AI 工具的学情诊断和资源推荐功能具有平台化特征，可嵌入学校现有在线教学系统；再次，“问题链-知识链-能力链”的课程设计方法不仅适用于高等数学，也可推广至线性代数、概率论与数理统计、数学建模等公共数学课程。

在推广过程中，应注意三点：一是建立数学教师与专业教师的常态化协作机制，保证案例真实、难度适中、表达规范；二是持续积累教学数据，用实证证据检验改革效果，避免技术应用流于形式；三是根据不同专业和学生基础进行分层实施，逐步形成适合农林院校的公共数学课程资源库和教学共同体。

9. 结语

面向新农科建设和农林产业数智化转型，高等数学教学需要从单纯知识传授走向问题牵引、能力导向和差异化教学支持。本文提出的农林问题导向高等数学教学改革路径，以知识图谱构建数学知识与专业情境的结构化关联，以 AI 技术支持学情诊断和个性化学习，以多维评价体系促进教学持续改进。该模式有助于破解高等数学教学中“学用脱节”“差异化支持不足”和“评价单一”等问题，为农林院校公共数学课程改革提供了可操作的理论框架和实践方案。后续研究可在试点教学基础上进一步积累前后测数据、平台学习行为数据和项目成果数据，从而更加充分地验证改革效果并优化推广模式。

基金项目

浙江农林大学校级教学改革项目(JG2025035)。

参考文献

- [1] 宋赞, 陶桂洪, 王晗, 于海玲. 通专融合视域下农林高校数学课程结构优化路径研究[J]. 高等农业教育, 2023, 2(1): 68-75.
- [2] 马文雅, 吕海燕, 李子腾. 面向农科的高等数学教学改革模式探索[J]. 河南教育(高教), 2020(9): 48-50.
- [3] 黄云清. 基于新工科理念推进大学数学教学改革[J]. 中国大学教学, 2020(2): 28-31.
- [4] 李玲. 融合人工智能技术的高等数学课程混合式教学改革与实践[J]. 数字技术与应用, 2024, 42(1): 134-136.
- [5] 查明明, 刘志平. 人工智能的数学基础课程建设研究[J]. 教育现代化, 2020, 7(13): 77-78, 81.
- [6] Drori, I., Zhang, S., Shuttleworth, R., Tang, L., Lu, A., Ke, E., et al. (2022) A Neural Network Solves, Explains, and Generates University Math Problems by Program Synthesis and Few-Shot Learning at Human Level. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **119**, e2123433119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2123433119>
- [7] Chen, P., Lu, Y., Zheng, V.W., Chen, X. and Yang, B. (2018) Knowedu: A System to Construct Knowledge Graph for Education. *IEEE Access*, **6**, 31553-31563. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2839607>
- [8] 陈桂东, 寇冰煜, 张燕. 高等数学中案例教学功效的挖掘与思考——以一阶线性微分方程为例[J]. 高等数学研究, 2025, 28(3): 46-49.

-
- [9] 赵萍萍, 王丽霞, 刘贵贤. 一元函数未定式求极限的方法探讨[J]. 高等数学研究, 2025, 28(5): 16-18.
- [10] Siemens, G. (2013) Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist*, **57**, 1380-1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- [11] Corbett, A.T. and Anderson, J.R. (1995) Knowledge Tracing: Modeling the Acquisition of Procedural Knowledge. *User Modelling and User-Adapted Interaction*, **4**, 253-278. <https://doi.org/10.1007/bf01099821>
- [12] Abu-Salih, B. and Alotaibi, S. (2024) A Systematic Literature Review of Knowledge Graph Construction and Application in Education. *Heliyon*, **10**, e25383. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25383>
- [13] Li, H., Xing, W., Li, C., Zhu, W. and Woodhead, S. (2025) Integrating Option Tracing into Knowledge Tracing: Enhancing Learning Analytics for Mathematics Multiple-Choice Questions. *Journal of Learning Analytics*, **12**, 322-337. <https://doi.org/10.18608/jla.2025.8557>