

“数理 - 金融 - 数据”融合的大学数学虚拟实践平台构建与教学改革研究

张 杰

湖北汽车工业学院数字经济学院, 湖北 十堰

收稿日期: 2025年12月26日; 录用日期: 2026年1月23日; 发布日期: 2026年2月2日

摘 要

在数字化转型与智能技术深度融合教育领域的时代背景下, 大学数学教学仍面临内容抽象、实践薄弱、学科割裂等结构性困境。本文依托教育部产学研合作协同育人项目, 以“数理 - 金融 - 数据”三维融合为主线, 构建了以知识图谱为组织骨架、以虚拟仿真与数据化实践任务为载体的大学数学虚拟实践教学平台。平台通过“概念可视化 - 模型构建 - 算法实现 - 现实问题求解”的闭环设计, 贯通数学、金融与数据分析能力链条, 形成“理论 - 案例 - 工具 - 实践”四阶递进教学模式。研究采用准实验思路与证据链评价框架, 结合高等数学、金融数学、复变函数与积分变换等课程的试运行, 系统分析平台在提升学生结构理解、建模能力与学习投入方面的实施效能。平台试运行数据显示, 实验组在概念理解、项目可复现性等关键能力指标上显著优于对照组, 学习过程数据亦表明其学习路径更系统、实践投入更深入。最后, 本文总结平台建设中的关键难点与治理策略, 提出可复制的评价指标体系与未来研究方向, 以期高校数学教学改革提供系统性解决方案与实践参照。

关键词

数学虚拟实践平台, 知识图谱, 教学改革, 数据驱动评价

A Virtual Practice Platform for University Mathematics: Integrating Mathematical, Financial, and Data Elements

Jie Zhang

Department of Mathematics, Hubei University of Automotive Technology, Shiyan Hubei

Received: December 26, 2025; accepted: January 23, 2026; published: February 2, 2026

Abstract

In the era of digital transformation and the deep integration of intelligent technologies into education, university mathematics teaching still faces structural challenges such as abstract content, weak practical application, and disciplinary fragmentation. Supported by the Ministry of Education's Industry-University Cooperation Collaborative Education Project, this paper takes the tridimensional integration of "Mathematical-Financial-Data" as its core thread to construct a virtual practical teaching platform for university mathematics. The platform uses a knowledge graph as its organizational framework and incorporates virtual simulation and data-driven practical tasks. Featuring a closed-loop design of "Concept Visualization-Model Construction-Algorithm Implementation-Real-World Problem Solving", it bridges the competency chains of mathematics, finance, and data analysis, forming a four-stage progressive teaching model: "Theory-Case Study-Tools-Practice". Employing a quasi-experimental approach and an evidence-chain evaluation framework, combined with trial runs in courses like Advanced Mathematics, Financial Mathematics, Functions of Complex Variables and Integral Transforms, the study systematically analyzes the platform's effectiveness in enhancing students' structured understanding, modeling capabilities, and learning engagement. Trial data indicates that the experimental group significantly outperformed the control group on key competency indicators such as conceptual understanding and project reproducibility. Learning analytics also revealed more systematic learning paths and deeper practical engagement within the experimental group. Finally, the paper summarizes the key challenges and governance strategies encountered during platform development, proposes a replicable evaluation index system, and outlines future research directions, aiming to provide a systematic solution and practical reference for reforming mathematics teaching in higher education.

Keywords

Mathematics Virtual Practice, Knowledge Graph, Teaching Reform, Data-Driven Evaluation

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

《中国教育现代化 2035》与《关于加快推进教育信息化高质量发展的指导意见》等政策文件，明确强调推动信息技术与教育教学深度融合，构建智能化、个性化、泛在化的教育新生态[1][2]。数学作为自然科学、工程技术、经济金融等多学科的基础工具，其教学质量的提升直接关乎国家创新人才培养与科技自主创新能力。然而，当前大学数学教学长期存在“三脱节”问题：理论与应用脱节、数学与其他学科脱节、教学与学生发展需求脱节[3]。传统课堂以“教师讲授-学生练习-考试评价”为主要模式，难以适应数字化时代对数学应用能力、计算思维与创新素养的要求。尤其在新工科、新文科建设背景下，金融科技、大数据、人工智能等新兴领域对数学工具的依赖日益增强，而学生却普遍缺乏将数学知识转化为解决实际问题的能力[4]。因此，构建融合虚拟仿真、智能导学与跨学科案例的数学实践教学平台，不仅是技术发展的必然，更是教学改革的内在需求。

2. 大学数学教学的结构困境与深层原因分析

数学教学长期面临抽象内容与学生认知负荷之间的矛盾。传统教学依赖黑板推导与静态教材，缺乏

直观化、动态化的呈现手段，导致学生理解困难、记忆负担重[5]。实践环节的缺失进一步加剧了“只会算、不会用”的现象，多数课程缺乏建模、仿真与数据分析的真实训练，实验课时不足、设备资源有限，使得能力培养流于形式[6]。此外，学科壁垒显著，数学教学常由数学学院独立承担，与金融、计算机等应用学科之间缺乏课程协同与内容整合，教师跨学科知识储备不足，难以设计具有实际背景的综合性案例，使得数学沦为“孤岛知识”[7]。评价体系亦偏重计算熟练度与公式记忆，忽视对建模过程、算法实现与结果解释等综合能力的考核，过程性评价缺乏有效工具与数据支持，反馈滞后，难以促进学生学习改进[8]。

3. “数理 - 金融 - 数据” 三维融合平台的系统架构与教育机理

平台以“数学理论为基、金融问题为引、数据技术为用”为核心理念，构建三层融合体系：数理层聚焦微积分、线性代数、概率论等核心概念的结构化理解与可视化表征；金融层引入资产定价、风险管理、投资组合等真实案例，将数学工具嵌入金融决策全过程；数据层借助 Python、R、MATLAB 等工具，完成数据获取、清洗、建模与可视化全流程训练，强化计算实现能力[9]。该模式旨在培养学生“从问题到模型、从模型到算法、从算法到解决方案”的系统思维与实践能力。

平台以课程知识图谱作为组织骨架，显式标注概念之间的前置、衍生与跨课程应用关系，形成“基础 - 延伸 - 交叉 - 应用”四类关系网络，支持语义检索与个性化路径推荐[10]。图谱与学习数据、评价证据联动，为诊断性反馈与资源组织提供结构化支撑。智能导学系统基于学生学习行为数据(如答题记录、实验完成度、图谱停留节点)，实现薄弱知识点识别、强化练习推送与跨学科关联提示，形成“学习活动可设计 - 学习过程可记录 - 学习反馈可行动”的闭环[11]。

知识图谱的构建依托于学科本体建模与多源数据融合。首先，由数学、金融、数据科学三领域教师协同定义核心概念实体(如“偏导数”“Black-Scholes 模型”“随机森林”)及其属性与关系类型(如“前置知识”“应用于”“实现方式”)。随后，通过半自动化工具抽取教材、课件、学术论文中的结构化信息，并经由专家审核与迭代修正，形成具备一致性与可扩展性的领域图谱。图谱存储于 Neo4j 图数据库中，并通过 API 接口为推荐、检索与可视化模块提供支持。

“嵌入式编程环境”基于 Jupyter Notebook 技术栈构建，集成 Python、R、MATLAB 内核，并封装了 NumPy、Pandas、SciPy、QuantLib 等常用数理与金融计算库。该环境支持代码编辑、实时执行、图形输出与交互控件，并内置于虚拟实验模块中，使学生可在同一界面中完成从数学建模到代码实现的全过程。此外，环境提供代码模板、调试提示与容器化运行隔离，以降低学生入门门槛并保障系统稳定性。

平台的技术壁垒主要体现在跨学科知识的结构化建模、高并发仿真任务调度、以及学习行为的多模态融合分析等方面。实现路径上，采取“校企协同、分阶段迭代”策略：一期聚焦基础架构与核心图谱构建；二期开发虚拟实验与智能导学模块；三期整合评价系统并开展规模化应用。通过持续收集使用反馈与技术升级，逐步突破关键技术瓶颈，形成可维护、可扩展的教学支持平台。

平台功能模块设计贯彻“课程学习 - 实践操作 - 在线协作 - 学习评价”四维协同理念，其具体架构与教育价值如表 1。

Table 1. Architecture of the integrated mathematical-financial-data platform function modules
表 1. “数理 - 金融 - 数据” 融合平台功能模块架构

模块名称	核心功能	教育价值
课程学习模块	微视频、交互课件、动态图示、习题库、概念地图	支持自主学习，深化概念理解与记忆，提供分层学习内容

续表

虚拟实验模块	数学建模仿真、金融案例模拟、数据分析项目、嵌入式编程环境	提供沉浸式、低试错成本的实践体验，提升建模、计算与解决问题能力
协作研讨模块	小组项目空间、在线答疑、同行评审、案例讨论区	促进互动交流与思维碰撞，培养团队协作、沟通与批判性思维能力
智能评价模块	学习过程跟踪、能力画像生成、多维度评估报告、教师数据仪表盘	实现基于证据的过程性评价，支持精准教学干预与个性化学习指导

4. 以平台为依托的教学组织模式与课程重构

平台推动了教学流程从“教师中心”向“学生中心、问题中心”的根本性转变，形成“导学 - 实践 - 反思 - 评价”的闭环教学组织模式。课前，学生通过平台课程学习模块进行知识预习，系统通过诊断性测验自动识别其前置知识短板并推送针对性资源。课中，教学重心转向基于真实案例的探究与协作，教师借助虚拟实验模块，引导学生分组完成诸如期权定价模拟、信用风险模型构建、时间序列数据分析等任务，将抽象的数学理论与金融场景、数据操作紧密联结。课后，学生在协作研讨模块中延续项目讨论、进行算法调试与结果互评，智能导学系统则根据其课堂表现与任务完成质量，推送个性化的拓展阅读与挑战性练习。

为打破学科壁垒，平台以“项目链”形式重构跨课程内容。例如，围绕“金融风险管理”这一核心问题，串联《概率论》(分布拟合与风险度量基础)、《金融数学》(VaR 与 CVaR 模型)、《数据分析实践》(模型实现、回溯测试与可视化)等多门课程的知识与技能。平台提供统一的案例数据集与项目任务书，使学生在解决同一复杂问题的过程中，自然地完成数学工具、金融模型与数据技术之间的迁移与融合，从而贯通“数理 - 金融 - 数据”能力链条。

5. 实施效能：基于证据链的评价与实证分析

为科学评估平台成效，研究采用准实验设计思路，在高等数学、金融数学、复变函数与积分变换等课程中开展了教学试运行，各课程班级规模均超过 120 人。课程考核保持“期末 60% + 平时 40%”的结构，但平时成绩的构成(作业、课堂表现、测试)全面依托平台的过程性数据与可复现的项目产出来进行评价。

研究构建了涵盖“概念理解 - 建模能力 - 算法实现 - 现实解释”的能力链评价指标体系，并系统收集了两类证据：一是学习过程证据，包括平台任务完成率、知识图谱节点访问路径与回溯次数、实验迭代次数、讨论区参与深度等；二是学习产出证据，包括概念诊断题得分、项目作业在“假设合理性”、“模型参数化”、“算法可复现性”及“结果解释与敏感性分析”等维度的评分。

对试运行数据的分析表明，平台的应用对学生多项关键能力产生了积极影响。在概念理解层面，实验组学生在后续的诊断性测试中平均得分显著高于采用传统教学的对照组。例如，在金融数学课程中，实验组在涉及随机过程基础概念的理解题上平均得分为 77.9 ± 9.6 ，而对照组为 71.0 ± 10.2 ($t = 4.32, p < 0.001, d = 0.62$)。在建模与算法实践能力上，实验组提交的项目成果在“可复现性”与“敏感性分析”维度提升最为明显。学习过程数据亦显示，实验组学生更主动地利用知识图谱进行知识梳理，其图谱关键节点的平均回溯次数是对照组的 1.8 倍，并且在虚拟实验模块中表现出更高的任务完成率(实验组平均 89% vs 对照组 73%)和更多的尝试迭代。这些证据链共同表明，平台通过提供结构化的实践路径与即时反馈，有效促进了学生对数学知识的深层理解和迁移应用能力。

6. 讨论：挑战、治理策略与未来展望

平台建设 with 实施过程中面临若干核心挑战。首先，跨学科融合易流于“知识拼盘”，需依赖贯通型

的真实问题案例和基于知识图谱的固化连接来确保融合深度。其次,学生信息技术与编程基础差异巨大,要求平台设计必须内置分层脚手架、提供可修改的代码模板与详实的操作指引。再次,改革对教师提出了更高要求,亟需通过建立跨院系虚拟教研室、实施系统化的师资赋能计划(如跨学科案例开发工作坊、数据驱动教学法研修)来构建支撑共同体。最后,过程性评价的公平性与有效性面临挑战,需通过结合算法可复现性检查、随机口头答辩、同伴互评等多重机制,防范“刷时长”等行为,确保评价聚焦真实能力成长。

然而,平台在取得积极成效的同时,也暴露出若干值得深入反思的局限性。其一,学生对平台环境的依赖性可能潜在地削弱其独立解决问题的能力。平台提供了高度结构化的任务指引、预置代码模板和即时调试反馈,这虽然降低了学习门槛,但也可能导致学生在脱离平台后,面对空白编程环境时产生“工具失能”现象——即习惯于在脚手架内操作,却难以自主完成从问题分析到代码架构设计的全过程。为缓解这一问题,教学过程中应有意识地设计“去脚手架化”环节,例如在课程后期引入开放度更高的综合项目,要求学生在本机环境中完成从环境配置到算法实现的全部流程,并辅以相应的能力评估。

其二,高质量跨学科案例的开发成本高昂,构成平台可持续发展的现实瓶颈。一个融合数学、金融与数据的典型案例,不仅需要教师具备复合知识背景,还需投入大量时间进行问题设计、数据清洗、模型验证与教学化转译。这对本就承担繁重教学与科研任务的教师而言,构成了显著负担。解决这一矛盾,不能仅依赖教师个体热情,而需从机制层面推动跨院系、跨校际的案例协同开发与共享。可探索建立“案例众创”生态,通过标准化案例模板、提供数据与工具支持、设立专项激励基金、构建开源案例库等方式,降低单点开发成本,促进优质教学资源的累积与流转。

其三,在强调工具使用与问题解决的同时,如何平衡数学理论推导与计算实践之间的权重,成为教学设计中的关键张力。过度偏向工具操作,可能导致学生只知其然而不知其所以然,削弱数学思维的严谨性与深度;过度强调推导证明,又可能重回“抽象难用”的老路。理想的教学平衡应体现为“推导支撑应用,应用反哺理解”。例如,在讲解优化算法时,既可引导学生使用 SciPy 库快速求解,也需安排课时揭示其背后的梯度下降数学原理;在金融模型应用中,不仅让学生调用 QuantLib 进行定价,更应深入讨论模型假设的数学含义及其局限性。平台需在资源设计与任务链条中,有意识地嵌入“数学追问”环节,引导学生从工具使用向原理溯源回归。

展望未来,平台的发展与相关研究可在以下方向深化:一是学习机理的深度挖掘,基于平台积累的多模态学习数据,运用学习分析技术探究虚拟实践环境中学生复杂问题解决能力的形成机制;二是智能技术的融合创新,探索人工智能在自动生成个性化习题、提供自适应学习提示、进行自然语言答疑等方面的应用;三是共同体的扩展建设,研究如何依托平台构建跨校、跨区域的数学实践教学联盟,推动优质资源、优秀案例与教学智慧的广泛共享;四是长效影响的追踪评估,开展纵向研究,考察此类融合教学模式对学生长期学术发展、职业竞争力及创新思维品质的持续影响。

7. 结论

本文系统构建了以“数理-金融-数据”融合为核心理念的大学数学虚拟实践教学平台,提出了从能力链反推系统架构的设计路径,以及“线上-线下-虚拟”闭环混合的教学实施范式。平台以知识图谱整合跨学科内容,以虚拟仿真与数据任务驱动深度学习,以证据链评价支撑教学改进,旨在推动大学数学教学从知识灌输向能力生成的根本转型。实证证据表明,该平台在促进学生概念结构化理解、数学建模与算法实现能力方面具有显著效能。尽管在师资复合能力、评价体系改革深度及长期运维机制等方面仍面临挑战,但本研究为信息化时代大学数学教学改革提供了一个具有可操作性、可评价且具备推广潜力的系统性解决方案。未来的工作应聚焦于平台的持续迭代、跨校应用的生态构建以及教学效能的长

期追踪, 以进一步巩固和扩展数字化教学创新的成果。

基金项目

2025 年教育部产学研合作协同育人项目(2508230002)。

参考文献

- [1] 教育部. 教育部关于印发《教育信息化 2.0 行动计划》的通知[EB/OL].
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5443362.htm, 2018-04-25.
- [2] 中共中央国务院. 中国教育现代化 2035 [EB/OL].
https://www.xinhuanet.com/politics/2019-02/23/c_1124154392.htm, 2019-02-23.
- [3] 房玉志. 在大学数学教学中应用“专业引导, 知识融合, 注重应用”模式的研究与实践[J]. 教育教学论坛, 2020(13): 252-253.
- [4] 孙和军, 王海侠. 以学科交叉融合为导向的大学数学教学改革研究和实践[J]. 大学教育, 2016(12): 120-121.
- [5] 许春根, 孙和军, 王为群, 等. 在大学数学教学中应用“专业引导, 理工融合”模式的研究与实践[J]. 工业和信息化教育, 2017(10): 35-40.
- [6] 何文新. 高等数学课程教学改革的现实困境与路径探索[J]. 教育创新与实践, 2025, 1(6): 145-147.
- [7] 徐菁. 高等数学“研究性教学”的实施困境与对策[J]. 科技信息, 2014(14): 46.
- [8] 李军燕, 武瑞丽. 浅谈大学数学教学评价体系[J]. 好家长创新教育, 2018(27): 1.
- [9] 冯小洁. 基于大数据思维的大数据技术原理与应用教学改革[J]. 计算机教育, 2020(4): 133-137.
- [10] 刘则渊, 陈悦, 侯海燕. 科学知识图谱: 方法与应用[M]. 北京: 人民出版社, 2008.
- [11] 王丽英, 赵文飞, 孙慧静, 等. 基于知识图谱的高等数学课程思政教学改革与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(2): 141-145.