

项目式学习在工科研究生优化理论与方法课程中的应用研究

邝伟潮

东莞理工学院电信工程与智能化学院, 广东 东莞

收稿日期: 2026年9月10日; 录用日期: 2026年10月12日; 发布日期: 2026年10月19日

摘 要

优化理论与方法是工科研究生重要的数学基础课程, 在信号处理、人工智能、工业生产等领域具有广泛应用。针对传统优化理论与方法教学中存在的理论抽象、应用薄弱、教学方法单一、考核方式固化等问题, 本文将项目式学习(Project-Based Learning, PBL)引入优化理论与方法的课程教学, 构建了“问题驱动-理论支撑-项目实践-成果评价”的教学框架。结合课程核心知识点, 设计了基于经验模态分解与稀疏表示的信号降噪、基于主成分分析的图像降维以及基于支持向量机的手写字体识别三个教学项目, 详细阐述了项目的知识点映射、任务设计与实施过程。教学实践表明, 项目式学习有效提升了学生的学习主动性、理论应用能力和项目总结能力, 为研究生数学基础课程的教学改革提供了可参考的实践路径。

关键词

优化理论与方法, 项目式学习(PBL), 教学改革, 研究生教育

Research on the Application of Project-Based Learning in the Course of Optimization Theory and Methods for Engineering Graduate Students

Weichao Kuang

School of Electrical Engineering and Intellectualization, Dongguan University of Technology, Dongguan Guangdong

Received: September 10, 2026; accepted: October 12, 2026; published: October 19, 2026

文章引用: 邝伟潮. 项目式学习在工科研究生优化理论与方法课程中的应用研究[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 1055-1063. DOI: 10.12677/ae.2026.16102204

Abstract

Optimization Theory and Methods is an important basic mathematics course for engineering graduate students, and it has wide applications in fields such as signal processing, artificial intelligence and industrial production. To address the problems existing in the traditional teaching of Optimization Theory and Methods, including abstract theories, insufficient practical application training, monotonous teaching methods and rigid assessment modes, this paper introduces Project-Based Learning (PBL) into the teaching of this course, and constructs a teaching framework of “problem driving - theoretical support - project practice - achievement evaluation”. Combined with the core knowledge points of the course, three teaching projects are designed: signal denoising based on empirical mode decomposition and sparse representation, image dimensionality reduction based on principal component analysis, and handwritten character recognition based on support vector machines. The knowledge mapping, task design and implementation process of these projects are elaborated in detail. Teaching practice shows that Project-Based Learning can effectively improve students’ learning initiative, theoretical application ability and project summarization capability. It provides a referable practical path for the teaching reform of basic mathematics courses for graduate students.

Keywords

Optimization Theory and Methods, Project-Based Learning (PBL), Teaching Reform, Postgraduate Education

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

随着机器学习, 人工智能与大数据技术的快速发展, 优化理论与方法作为数据运算的重要工具, 其重要性日益凸显, 对工科研究生优化理论与方法课程的教学质量也提出了更高要求。然而, 当前该课程的教学实践中仍存在诸多亟待解决的问题[1]-[3]。一方面, 课程内容具有高度的抽象性和严谨的逻辑性, 传统教学以教师课堂讲授为主, 侧重于理论推导与证明, 学生往往处于被动接受的状态, 从而导致实践环节薄弱, 课程内容与工程场景脱节, 难以支撑工程应用与实践能力的培养。另一方面, 传统的考试为主的考核方式难以全面评价学生的综合能力, 评价方式单一, 不利于创新型人才的培养。

项目式学习(Project-Based Learning, PBL)以“做中学”作为教育理念。Blumenfeld 等人提出了 PBL 的经典框架, 指出真实驱动性问题、学生主动探索、成果产出、教师引导四大核心要素[4]。Thomas 总结 PBL 区别普通案例教学的关键特征: 以实践问题为起点、学生主导探索过程、产出作品, 强调知识主动建构而非单纯技能训练[5]。在国际高等工程教育领域, PBL 被广泛应用于机械、自动化、信息等专业课程, 大量实证研究表明 PBL 能够提升学生理论结合工程实践能力、团队协作能力, 主动学习能力等, 同时也指出其现实痛点: 项目用时成本高、评价复杂, 若采用不当容易出现“重实践操作, 轻理论内核”的风险。

梳理现有国内外研究可以发现, PBL 实践多数集中在工科专业课, 面向研究生阶段数学基础课的完整可落地 PBL 实践相对偏少。近年来, 项目式学习在高等工程教育中得到了广泛应用, 能够有效提升学生的实践能力、创新思维和团队协作意识。本文将项目式学习引入优化理论与方法研究生课程, 有助于

打破理论与实践之间的壁垒，使学生在解决实际工程问题的过程中深化对优化相关知识的理解，提高知识应用能力[6]-[8]。

本文基于 PBL 的理念，系统探讨其在优化理论与方法课程中的应用。首先分析当前教学中存在的主要问题，然后构建项目式学习的教学设计框架，接着结合课程核心知识点给出三个具体的教学项目案例。在此基础上，设计多维度学习评价机制，从过程性评价、项目实践表现及创新成果等多个层面，对学生学习成效进行综合评估。

2. 优化理论与方法课程教学现状与问题分析

2.1. 课程内容特点

优化理论与方法课程具有以下显著特点：第一，理论逻辑性强，数学抽象程度高。课程涉及凸优化、最优性条件、各类迭代算法、收敛性分析等内容，大量依托高等数学、矩阵理论等；定理，推导以及证明较多，概念抽象。第二，理论与工程实践紧密耦合，不局限于纯数学范畴，是连接基础数学与工程应用的重要桥梁课程。优化既是数学基础理论，又是解决实际问题的工具，广泛服务于人工智能、信号处理、工业优化调度、图像处理等工科领域。第三，优化方法种类繁多，适用场景差异化明显。优化方法包含梯度类算法、牛顿类算法、约束优化算法等，不同算法的收敛特性、计算代价、适用条件各不相同。第四，兼具建模能力与算法实现双重要求。学习不仅要理解理论推导，还需要掌握从实际工程问题抽象出优化模型，并且能够借助编程工具完成算法仿真与验证，要求学生同时具备理论推演和程序实现能力。

2.2. 传统教学存在的主要问题

当前《优化理论与方法》课程往往将大量课时用于定理证明和公式推导，思政教学融入不足，对理论在工程中的实际应用涉及较少，学生虽然能够掌握理论推导，但面对实际问题时不知道如何运用课程知识进行建模和编程求解，出现“学了不会用”的现象[9] [10]。此外，课堂教学以教师讲授为主，师生互动不足，学生缺乏主动探究和合作学习的机会，这种教学模式难以激发学生的学习兴趣 and 主动性，不利于创新思维的培养。最后，课程考核多以期末考试为主，侧重对记忆性知识和计算技巧的考查，难以全面评价学生的问题建模能力、编程实现能力和团队协作能力。这种评价方式在一定程度上导致学生“重考试、轻能力”的学习倾向。

2.3. 引入 PBL 的必要性

针对上述问题，引入 PBL 具有重要的现实意义。首先，PBL 以经典工程问题为载体，能够将抽象的优化知识与具体应用场景相结合，帮助学生建立理论与实践之间的联系。其次，PBL 强调学生的主动探究和团队协作，有助于激发学习动力、培养综合能力。再次，项目式学习的成果呈现形式多样(报告、代码、汇报等)，为实施多元化评价提供了基础。因此，将项目式学习引入优化理论与方法课程能为提升教学质量、培养高素质创新型人才提供参考和借鉴[6]。

3. PBL 在课程中的教学设计框架与实施流程

3.1. PBL 设计原则

在优化理论与方法课程中设计项目式学习，应遵循项目任务应来源于真实的工程应用场景，具有明确的问题导向，紧密围绕课程核心知识点，使学生在解决问题的过程中自然地运用课程理论知识，此外，项目内部可设置基础任务、提高任务和拓展任务，满足不同层次学生的学习需求，同时，项目应包含必要的数值计算和编程实现环节，培养学生的实践能力。

3.2. PBL 教学框架

项目式学习的教学实施分为四个阶段，如表 1 所示。

Table 1. Implementation process of project-based learning teaching

表 1. 项目式学习教学实施流程

阶段	主要环节	教师活动	学生活动
项目准备	选题与分组	设计项目任务书，划分小组	明确任务要求，组建团队
项目启动	理论讲授与任务发布	讲授相关理论，发布项目任务	理解项目背景，制定工作计划
项目实施	课下探究与教师指导	提供技术指导，组织中期检查	开展研究，编程实现，撰写报告
成果评价	汇报展示与综合评价	组织汇报答辩，给出评价反馈	展示成果，参与互评，总结反思

在项目准备阶段，教师根据教学目标和知识点分布设计项目任务书，明确项目背景、任务要求、评价标准和时间安排。学生根据兴趣和专业背景自由组队，每组 3~4 人。在项目启动阶段，教师先集中讲授项目涉及的核心理论知识，然后发布项目任务，引导学生理解问题、制定计划。在项目实施阶段，学生利用课余时间开展文献调研、理论分析、编程实现和结果讨论，教师通过线上线下相结合的方式提供指导，并组织中期检查及时发现和解决问题。在成果评价阶段，各小组进行课堂汇报和答辩，教师和其他小组进行提问和评价，最终结合项目报告、代码实现、汇报表现和过程参与度给出综合成绩。

3.3. 项目与核心知识点映射

为确保项目式学习有效覆盖课程核心内容，本文设计了三个教学项目，分别对应课程的不同知识模块，如表 2 所示。

Table 2. Mapping table between projects and core knowledge points

表 2. 项目与核心知识点映射表

项目名称	对应知识点	应用领域
基于经验模态分解与稀疏表示的信号降噪	稀疏优化，线性规划，单纯形法	信号处理
基于主成分分析的图像降维	约束优化，KKT 条件，奇异值分解	图像处理、数据压缩
基于支持向量机的手写字体识别	二次规划，对偶问题，有效集法	模式识别

4. PBL 培养模式的实施路径——以“基于支持向量机的手写字体识别”项目为例

针对优化理论与方法这门课程理论性强、算法多、应用导向的特点，设计如下以“基于支持向量机的手写字体识别”项目为例的“项目背景与知识点”-“项目实施”-“成果展示与交流”-“评价与反馈”的 PBL 实施路径。本项目将抽象的支持向量机理论转化为可视化的手写字体识别实验，使学生在“做中学”的过程中理解凸二次规划及其对偶问题的相关知识。项目同时培养了学生的编程实现能力和数据分析能力，是连接优化理论与工程应用的案例。

4.1. 项目背景与知识点

手写字体识别是计算机视觉与模式识别领域的经典研究方向，其核心目标是让计算机自动、准确地

理解并分类人类手写的文字内容。随着数字化转型的深入推进，大量纸质文档、表单、票据等需要被高效地转化为可编辑、可检索的电子数据，手写识别技术因此成为连接“纸质世界”与“数字世界”的关键桥梁。本项目涉及的核心知识点包括：二次规划，KKT 条件，对偶问题，有效集法等。

4.2. 项目实施

通过摄像头或扫描设备采集手写样本，按 7:3 或 8:2 的比例随机划分训练集与测试集。对样本进行二值化，降噪，标准化等预处理并对原始特征进行主成分分析降维。采用支持向量机进行分类的核心实施过程包括：

4.2.1. 问题分析与数学建模

分析支持向量机的决策变量、目标函数、约束条件，将实际问题转化为标准数学优化模型，判断问题类型(LP/QP/QCQP/IP 等)。

4.2.2. 算法选择与理论推导

查阅文献，选择适用的优化算法，推导算法的收敛性、复杂度等理论性质，小组讨论：不同算法的优劣对比。

4.2.3. 编程实现与数值实验

使用 MATLAB/Python 等工具编程实现算法，运行数值实验，验证算法有效性，调参优化，对比不同初始值/参数的影响。

4.2.4. 结果分析与方案优化

分析优化结果的实际意义与可行性，分析识别准确率，探讨参数变化对最优解的影响，迭代改进方案，形成最终优化策略。

4.3. 成果展示与交流

PPT 总结支持向量机的建模过程，对偶问题，求解算法迭代过程，收敛曲线，手写字体识别准确率等结果并进行结果可视化，组别之间提出疑问，讨论方法的可行性和创新性。在项目讨论环节，教师应引导学生思考问题，如支持向量机模型中二次型矩阵的正定性以及优化问题分类，为什么仅有少数拉格朗日乘子大于零，线性支持向量机如何扩展成非线性支持向量机等。最后教师进行理论深度点评，对建模规范性以及项目扩展性等提出意见和建议。

4.4. 评价与反馈

将项目的完成度纳入考核结果，通过“过程评价 + 结果评价”的形式，对学生的学习成果进行综合评价。具体而言，通过项目完整性，技术正确性，创新性，展示表达，参与度等多维指标，对学生学习成果进行综合评价，提升课程完成度与人才培养质量。另外，为了了解学生对将 PBL 引入优化理论与方法课程这种教学模式的接受度和满意度，发现项目实施过程中的痛点和障碍，评估学生在知识、技能、态度方面的成长感知以及为下一轮课程改进提供数据支撑，对学生反馈进行收集。具体而言，采用定量问卷 + 定性访谈相结合的方式，收集对重点问题的反馈，如项目的驱动问题是否具有吸引力，项目难度是否适中，教师的理论讲解是否对项目实施实质帮助，同伴之间的互助协作是否对学习有明显促进，对“用数学方法解决实际问题”的信心是否增强等。

4.5. 项目深度解剖

本项目以手写数字识别为项目载体，核心目标不是调取工具包实现分类，而是理解二次规划、对偶

问题、KKT 条件这些优化核心理论，避免学生只做机器学习调参，忽略优化理论内核。

4.5.1. 项目教学材料节选(项目任务书片段)

基础任务：① 完成样本预处理、数据集划分；② 建立线性 SVM 原始问题：明确目标函数、不等式约束，识别属于凸二次规划(QP)；③ 写出原始问题的拉格朗日函数，推导对偶问题，说明 KKT 条件各条件的物理含义；④ 调用二次规划求解器求解对偶变量，完成样本分类；输出分类准确率。

提高任务：分析支持向量，观察只有部分拉格朗日乘子非零；对比不同惩罚系数 C 对分类边界、支持向量数量的影响。

拓展任务：理解核变换，实现非线性 SVM，对比多项式核，高斯核等核函数的识别性能差异。

项目产出：项目报告、可复现代码、PPT 汇报等。

4.5.2. 学生模型构建片段

对学生强调直接调用现有工具包就可以完成手写数字分类，为什么还要推导原始问题、对偶问题和 KKT 条件？调包和优化建模之间是什么关系？引导学生理解支持向量机的构建原理为对样本之间的最小距离最大化。经过讲解让学生明白线性支持向量机的原始问题为

$$\begin{aligned} \min \quad & \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|_2^2 + C \sum_{i=1}^N \xi_i \\ \text{s.t.} \quad & y_i (\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b) \geq 1 - \xi_i \quad i = 1, 2, \dots, N \\ & \xi_i \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

引导学生判断该模型目标函数为二次型，约束为线性不等式，属于凸二次规划。引入拉格朗日乘子 α_i ， μ_i ，构造拉格朗日函数，通过对偶变换得到对偶问题。根据 KKT 互补松弛条件：

$$\alpha_i (y_i (\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b) - 1 + \xi_i) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

学生通过思考总结，当 $\alpha_i > 0$ 时，对应样本就是支持向量； $\alpha_i = 0$ 的样本不参与决策边界构建，这就是 SVM 稀疏性的优化理论来源，而不是机器学习的经验结论。该片段体现教学目标，引导学生跳出“调包实现识别”，回归优化理论视角解释模型行为。

4.5.3. 核心代码示例(Matlab)

```
G=[];
for i=1:N
    for j=1:N
        G(i,j)=z(i)*z(j)*x(i,:)*transpose(x(j,:));%构建二次型矩阵 G
    end
end
c=-ones(40,1);Aeq=z;beq=0;LB=zeros(40,1);UB=ones(40,1);
af=quadprog(G,c,[],[],Aeq,beq,LB,UB); %二次规划 quadprog 求 alpha
w=[0 0];
for i=1:N
    w=w+z(i)*af(i)*x(i,:);%求解权重向量 w
end
ind=find(af==max(af));%找出某个支持向量，af>0 的样本
w0=z(ind)-w*transpose(x(ind,:));%求解偏置 w0
```

4.5.4. 项目实施师生互动情景

情景一：
学生疑问：数学上推完对偶问题，但不知道 KKT 条件到底用来干什么，只是一堆公式。教师不直接给出结论，采用引导式提问：看 KKT 互补松弛条件， $\alpha_i > 0$ 意味着什么？如果 $\alpha_i = 0$ ，对应的样本还会影响分类超平面吗？指导学生标注出哪些样本是支持向量，对比这些样本的位置，思考为什么只有这些样本决定决策边界。学生通过代码输出支持向量样本，结合互补松弛条件，自主理解：KKT 条件就是用来识别支持向量的理论判据，SVM 稀疏性来源于凸优化的 KKT 条件，而不是算法的经验特性。

情景二：
学生疑问：调大参数 C 之后，支持向量变少了，但是有些样本错分更多，不知道优化层面怎么解释。教师引导，回看原始目标函数，C 是什么项的权重？C 值大代表对错误分类的惩罚变强，模型更严格，倾向于减少错误，间隔可能变窄，容易过拟合，反之，C 值小则表示对误分类容忍度高，间隔更宽，模型更简单，但训练误差可能变大，容易欠拟合。引导学生结合凸优化目标函数物理含义，权衡 C 对最优解的影响，推动学生把调参现象回归优化模型目标与约束。

4.5.5. 项目专项评价量规 Rubric

为统一评价尺度、减少主观评分偏差，使学生明晰评判依据，并保障多人协同评阅的一致性，本文制定了详细的项目专项评价量规，如表 3 所示。

Table 3. Project-specific scoring rubric
表 3. 项目专项评价量规

评价维度	权重	优秀(9~10 分)	良好(7~8 分)	合格(5~6 分)	待改进(≤4 分)
优化模型的建立与推导	35%	完整写出支持向量机原始问题，正确完成对偶问题推导；准确理解 KKT 条件与支持向量之间关系；能分析惩罚参数 C 在优化目标中的物理意义	能写出原始与对偶模型；KKT 条件理解基本正确，但部分物理意义阐述不够严谨	能写出支持向量机模型，但对偶推导存在错误；不能把 KKT 条件和实验现象建立联系	无法正确写出支持向量机模型，混淆原始问题和对偶问题
实验设计与结果分析	25%	设置多组惩罚系数 C 对比实验；分析支持向量稀疏性；输出准确率，讨论参数对解的影响	完成基础实验，得到识别指标；缺少多组参数对比分析；	完成基础识别任务；缺少定量分析	不能进行识别任务，没有结果分析讨论
代码质量	20%	代码结构清晰、注释完整，可完整复现；数据预处理流程完整	代码可运行，完成全部基础任务，缺少部分实验对比	代码需调整复现；预处理环节有缺失	代码无法运行，核心逻辑缺失
报告与思考	20%	报告逻辑严谨；能讨论线性 SVM 局限；可完成拓展核函数任务；能够联系课程优化理论总结实验结论	报告完整；拓展任务未完成，但基础分析充分	仅描述实验现象，理论联系薄弱；报告分析环节不足	几乎没有分析讨论环节，报告内容简略

5. PBL 实践挑战与实施对策

将 PBL 引入优化理论与方法研究生课程教学，在提升学生应用能力的同时，也面临小组协作管理、差异化教学、项目工作量管控等现实难题。本章基于一学期课程实践，梳理了遇到的现实挑战和实施对

策，为国内同类研究生数学基础课程开展 PBL 教学提供参考。

5.1. 小组动态管理与“搭便车”现象

项目以 3~4 人小组课余完成，研究生的项目任务以课后协商为主，教师难以观察小组内部真实分工。部分小组出现任务分配不平衡：少数学生全部承担了建模推导、代码编写、报告撰写等核心工作，部分成员只参与整理工作，出现“搭便车”；部分小组习惯截止日前集中赶工，前期进度滞后，项目质量下降。为了缓解该问题，项目发布一周内，小组提交书面分工文档，明确每位成员负责模块：优化建模推导、文献调研、代码实现、实验分析、报告撰写、汇报 PPT；中期进度检查不允许组长一人汇报，强制每位成员分别介绍自己负责模块进展、遇到的理论或编程障碍，教师据此掌握每位学生真实参与情况；项目报告附录增加个人贡献声明，每位学生都写明自己在本项目中完成的具体内容。

5.2. 数学基础薄弱学生的差异化支持策略

研究生数学基础差异大。优化课程项目存在双重门槛：一方面凸优化、KKT 条件、对偶问题理论抽象；另一方面要求 Python/MATLAB 编程仿真。部分学生矩阵、凸分析基础薄弱，同时编程经验不足，项目开展受阻。为了缓解该问题，完成基础任务即可拿到合格分数；完成提高任务则可争取良好等级；拓展任务作为加分项，不强制基础薄弱学生完成，降低最低准入门槛；每个项目中期开设一次集中答疑，解决共同的、概念性的难点，如二次规划判断、对偶变换、KKT 条件理解；对严重滞后小组进行主动谈话，了解是理论理解障碍，还是编程实现障碍导致项目停滞。

5.3. 项目工作量与研究生多任务冲突管控

研究生同时承担课程学习、科研实验任务，课程项目如果时间节点安排不当，会和其他课程时间挤兑，导致学生仓促赶工，出现复制代码、报告敷衍等现象，PBL 流于形式。为了缓解这个问题，课程开课之初统筹学生课表，重点避开期中、课程大作业高峰期后，发布课程项目的时间轴，学生自主挑选感兴趣项目。此外，项目分多次提交：分工计划提交、中期进度汇报、最终成果提交，避免期末集中突击。最后，允许学生提交申请适度延期，减少学生为赶截止日期抄袭、敷衍。

综上，研究生数学基础课程的 PBL 实施，不仅需要设计贴合知识点的工程项目，更要解决小组管理、个体评价、工作量管控等工程层面现实问题。不存在完美评价方案，需要多种策略交叉组合，后续教学将持续迭代优化。

6. 教学效果

经过一个学期的教学实践，PBL 在优化理论与方法课程中取得了良好的教学效果，学生学习主动性得到了提升，PBL 以真实问题为驱动，激发了学生的探究兴趣和内在学习动力，促使学生主动查阅文献、探索项目中的拓展问题。其次，通过完成项目，学生学会了如何将优化知识应用于实际问题的建模和求解，建立了理论与实践之间的联系。在后续的专业课程学习和科研工作中，学生能够更加熟练地运用优化方法解决问题。项目实施过程中，学生的编程能力、数据分析能力、文献检索能力、团队协作能力和学术表达能力都得到了锻炼和提升，更好地培养了解决复杂问题的综合能力。经过课程结束后的问卷调查显示，大部分学生(87%)对项目式学习模式表示满意，认为项目实践有助于加深对课程的理解，提升了学习兴趣和实践能力。

7. 结论与展望

本文针对研究生优化理论与方法课程教学中存在的理论抽象、应用薄弱、方法单一等问题，将项目

式学习引入课程教学，构建了“问题驱动－理论支撑－项目实践－成果评价”的教学框架。结合课程核心知识点，设计了三个具体的教学项目案例，每个项目都明确了知识点映射、项目背景、实施过程、成果展示、教学反馈等，具有较强的可操作性和可推广性。教学实践表明，项目式学习能够有效地激发学生的学习主动性，加深对优化方面知识的理解，提升理论应用能力和综合素养，为研究生数学基础课程教学改革提供参考途径。未来的研究工作将进一步丰富项目案例库，开发覆盖更多应用场景的教学项目，同时探索 AI 与项目式学习的深度融合，利用 AI 工具为学生提供个性化的学习辅导和智能评价，另外，将项目式学习与课程思政有机结合，在传授知识的同时实现价值塑造。

基金项目

东莞理工学院博士启动基金项目(211135035)。

参考文献

- [1] 朱梓源. 基于 OBE 理念的最优化理论与方法课程实践教学模式研究[J]. 现代商贸工业, 2025(18): 256-258.
- [2] 梁礼明, 吴健, 王建宏, 杨国亮. 最优化理论与方法课程教学改革举措[J]. 西部素质教育, 2023, 9(1): 163-166.
- [3] 王文静, 王福胜. 高师院校《最优化理论与方法》课程教学改革——以太原师范学院为例[J]. 教育理论与实践, 2013, 33(15): 54-56.
- [4] Blumenfeld, P.C., Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M. and Palincsar, A. (1991) Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, **26**, 369-398.
<https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- [5] Thomas, J.W. (2000) A Review of Research on Project-Based Learning. Autodesk Foundation.
- [6] 王建江, 曾平, 祝江汉. 启发式教学与案例教学在研究生最优化理论与方法课程中的应用[J]. 高教学刊, 2025, 11(21): 128-131.
- [7] 何美霖, 王海泉, 沈雷, 等. 新工科背景下优化理论与方法课程教学改革[J]. 计算机教育, 2024(6): 183-188.
- [8] 于艳辉, 李志华, 王晓敏. 研究生课程“最优化方法与理论”课程思政案例探讨[J]. 科教文汇, 2023(8): 127-130.
- [9] 舒万能, 蹇文成, 聂绍良, 葛欣. 最优化理论与方法课程教学创新性体系研究[J]. 大学教育, 2023(17): 33-35.
- [10] 何亚银, 耶晓东, 王军利, 何雅娟. 工科类研究生专业课程的课程思政教学探索与实践——以“最优化理论与方法”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2024(26): 65-68.