 DOI: https://doi.org/10.12345/jxffcxysj.v8i10.27191

Construction of Blended Teaching Mode Based on the Cultivation of Engineering Innovation Ability

Yongguang Zhai

Institute of Information Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot, Inner Mongolia, 010050, China

Abstract

The cultivation needs of postgraduate students majoring in information and communication engineering and new-generation electronic information technology are the focus of this paper, which proposes a three-dimensional linkage of "theory-practice-innovation" for the postgraduate core course of "Digital Image Processing and Application". The reconstruction of the curriculum system into a three-part structure, encompassing "basic module - cutting-edge topics - engineering cases", the design of an experimental platform that integrates reality and virtuality, and the establishment of a three-phase innovation ability cultivation path, comprising "project-type - competition-type - scientific research-type", has been demonstrated to enhance the ability of graduate students to solve complex engineering problems. Empirical evidence from teaching practice has demonstrated that the reform has led to substantial improvements in the achievement of course objectives and the scientific research output of students.

Keywords

Digital Image Processing; Graduate Program Reform; Engineering Innovation Competencies; Blended Learning

基于工程创新能力培养的混合式教学模式构建

翟涌光

内蒙古工业大学信息工程学院，中国·内蒙古 呼和浩特 010050

摘　要

针对信息与通信工程、新一代电子信息技术专业研究生培养需求，本文针对《数字图像处理及应用》研究生核心课程，提出"理论-实践-创新"三维联动的课程改革方案。通过重构"基础模块-前沿专题-工程案例"课程体系，设计"虚实结合"实验平台，建立"项目式-竞赛式-科研式"三阶创新能力培养路径，有效提升研究生解决复杂工程问题的能力。教学实践表明，改革后课程目标达成度与学生科研产出均有明显提升。

关键词

数字图像处理；研究生课程改革；工程创新能力；混合式教学

1 引言

数字图像处理技术作为现代信息科学的核心支柱，在 5G/6G 通信、智能医疗、自动驾驶等关键领域发挥着不可替代的作用 [1]。据统计，全球图像处理市场规模预计在 2025 年达到 586 亿美元，年复合增长率达 13.2%，这一趋势对信息与通信工程、新一代电子信息技术领域的高层次人才培养提出了全新要求 [2]。然而，当前研究生课程建设与行业发展需求之间仍存在显著鸿沟。教育部 2022 年发布的《工程教育质量报告》指出，34.7% 的工科研究生认为课程内容滞后于技术发展，尤其在嵌入式图像处理系统、硬件加速算法等实践性较强的领域，传统的 MATLAB 仿真实验难以满足 FPGA/DSP 等硬件开发需求。这种矛盾的本质源于三重错位：其一，基础理论教学与前沿技术演进脱节，多数教材仍以傅里叶变换、形态学处理等传统内容为主体，对压缩感知、深度学习等新理论覆盖不足；其二，实验环节与产业需求错配，现有实验多局限于图像滤波、边缘检测等验证性实验，缺乏面向工业质检、医学影像诊断的真实系统开发训练；其三，能力培养与创新规律背离，传统"教师讲授 - 学生复现"的线性模式，难以激发研究生在跨学科场景中的批判性思维。

基于上述背景，本研究以工程创新能力培养为核心目标，重构《数字图像处理及应用》课程的教学体系。通过整合"基础理论迭代更新、虚实实验平台协同、科研反哺教学创新"三位一体的改革路径，着力破解知识传授与能力培养的"两张皮"难题。本文将从课程体系重构、教学方法创新、评价机制转型三个维度展开论述，并基于教学实践数据验证

【基金项目】内蒙古工业大学研究生核心课程建设项目（项目编号：YHX2024008）；教育部产学合作协同育人项目（项目编号：220802313174920）。

【作者简介】翟涌光（1986–），男，中国内蒙古呼和浩特人，博士，副教授，从事遥感大数据处理研究。

改革成效，以期为新工科背景下的研究生课程改革提供可复制的经验范式。

2 课程改革总体框架

数字图像处理技术的快速迭代与产业需求的动态变化，对研究生课程体系提出了多维度的改革要求。本课程构建了“目标导向、层级递进、虚实共生”的课程改革框架。改革方案以工程创新能力培养为核心，通过教育理念创新、知识体系重构、教学模式变革三位一体的协同机制，实现从知识传授向能力生成的范式转型。

2.1 理论基础与设计逻辑

课程改革理论植根于成果导向教育（OBE）与 CDIO 工程教育模式，同时融合研究生创新能力培养的“三螺旋”模型。OBE 理念强调以学生能力达成为目标反向设计课程体系。CDIO 模式（Conceive-Design-Implement-Operate）则通过“构思 - 设计 - 实现 - 运作”的全周期训练，强化工程实践能力的系统性培养。在实施路径上，采用“基础夯实→技术进阶→创新突破”的三阶段培养逻辑，形成理论认知与实践能力螺旋上升的成长路径。

2.2 课程体系架构

重构后的课程体系由三大模块构成（见图 1），形成覆盖基础理论、前沿技术、工程实践的多维知识网络：（1）基础理论模块聚焦图像数字化、空域 / 频域处理、形态学运算等核心理论，特别强化压缩感知、非局部均值去噪等新兴数学工具的讲授；（2）前沿技术模块引入深度学习图像处理（如 GAN、Transformer）、三维重建、嵌入式视觉系统等交叉领域内容，每学期动态更新 20% 以上的专题内容以保持技术先进性；（3）工程实践模块对接医疗影像诊断、自动驾驶视觉、工业质检等真实场景，与海康威视、联影医疗等企业共建 12 个案例库，其中 80% 的案例源自近三年的实际工程项目。三大模块通过“理论验证实验→技术开发实训→系统集成创新”的链路实现有机衔接，确保知识体系的完整性与应用性。

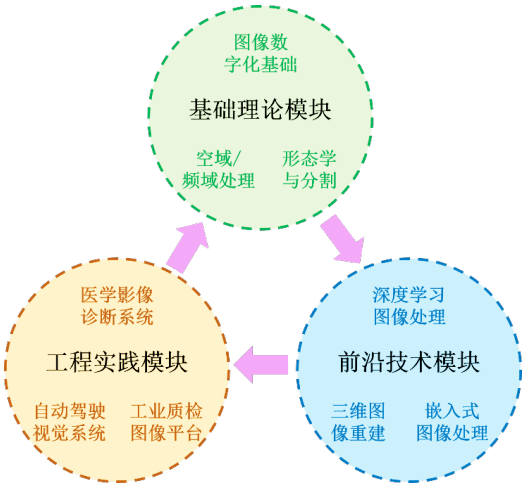

图 1 重构后的三大模块课程体系

2.3 教学目标的重构维度

基于新一代电子信息技术的行业能力标准，将教学目标细化为三个层次：（1）知识维度，要求掌握图像处理算法的数学推导与优化方法，如能独立完成卷积神经网络反向传播的矩阵运算推导；（2）能力维度，重点培养复杂图像系统的设计能力，包括 FPGA/DSP 硬件加速实现、多模态数据融合处理等工程化技能；（3）素质维度，通过项目式学习（PBL）[10] 强化工程伦理意识与跨学科协作能力，如在医学影像处理案例中植入患者隐私保护、数据安全合规等思政元素。目标体系与《研究生核心课程指南》要求深度契合，实践学分占比提升至总学分的 40%，突出“做中学”的培养特色。

2.4 混合式教学模式创新

采用“线上 - 线下 - 虚实”三元融合的教学模式：（1）线上平台提供 MOOC 资源与虚拟仿真实验，完成基础理论的学习与验证；（2）线下课堂采用翻转课堂形式，开展案例研讨与项目路演；（3）虚实结合实验体系整合 PyTorch 仿真平台等，支持从算法仿真到硬件部署的全流程训练。这种教学模式突破传统课堂的时空限制，使理论教学与工程实践达成深度协同。

3 教学改革实施路径

数字图像处理技术的工程实践性与学科交叉性特征，决定了课程改革必须打破传统“课堂讲授 + 验证实验”的单一模式。本课程通过教学内容重构、教学方法创新、评价体系变革的三维联动，构建了“学研用创”一体化的培养路径。

3.1 教学内容的重构逻辑

课程内容建设遵循“基础夯实 - 前沿追踪 - 工程转化”的递进原则，形成动态更新的知识生态系统。在基础理论层，突破传统教材的线性知识结构，采用“数学原理 - 算法实现 - 性能评价”三位一体的讲授模式。例如在图像压缩章节，除讲解 JPEG 标准中的离散余弦变换（DCT）外，新增压缩感知理论及其在遥感图像传输中的应用，要求学生推导测量矩阵的约束等距性（RIP）条件，并通过 Python 实现基于正交匹配追踪（OMP）的重建算法。在前沿技术层，设置 6 个动态更新的专题模块，每个专题配备 3-5 篇顶会论文作为研讨素材。以 2023 年更新的“Transformer 在图像去噪中的应用”专题为例，学生需复现 SwinIR 模型并在 BSD68 数据集上测试 PSNR 指标，同时对比传统 BM3D 算法的计算效率差异。工程实践层则依托校企共建的“智能视觉工程案例库”，选取具有明确产业价值的真实项目，要求学生完成从需求分析、算法选型、FPGA 加速到临床验证的全流程设计。

3.2 教学方法的创新实践

为解决传统实验教学中“软硬分离”“虚实脱节”的问题，本课程构建了如图 3 所示的虚实融合实验体系。虚拟实验平

台基于 PyTorch 框架开发，集成 GAN 图像增强、超分辨率重建等 12 个仿真模块，支持 GPU 加速运算与可视化调试。例如在图像去噪实验中，学生可自主设置高斯噪声方差、脉冲噪声密度等参数，对比 NL-Means、BM3D、DnCNN 三种算法的峰值信噪比（PSNR）与结构相似性（SSIM）指标。实体实验平台则采用 Xilinx Zynq-7000 SoC 开发套件，设计“图像采集 - 算法处理 - 结果显示”的硬件闭环，重点训练 Vivado HLS 高层次综合工具的使用能力。

3.3 评价体系的转型路径

课程评价摒弃“期末笔试定成败”的传统模式，构建了过程性与结果性评价相结合的四维考核体系：

·理论考核（30%）采用开放性问题设计，如“论述小波变换与傅里叶变换在图像压缩中的优劣，并结合 6G 通信需求提出改进方案”；

·实验报告（20%）侧重工程文档规范性，要求提供算法流程图、硬件资源占用率、测试数据对比表等专业内容；

·项目答辩（30%）引入企业专家参与评分，重点评估技术方案的创新性与工程可行性；

·创新竞赛（20%）将中国研究生人工智能创新大赛等赛事成绩纳入课程评价，形成“以赛促学”的激励机制。

为保障教学质量持续改进，课程组建立了基于 OBE 理念的达成度分析模型。以“复杂工程问题解决能力”指标为例，通过收集实验报告中的问题分析章节、项目答辩中的方案论证记录等过程性数据，采用模糊综合评价法计算能力达成度。2023-2024 学年数据显示，该指标达成度相比改革前有明显提高，验证了评价体系改革的有效性。

4 实施效果分析

自 2024 年《数字图像处理及应用》课程改革方案实施以来，已累计覆盖信息与通信工程、新一代电子信息技术等专业的 100 余名研究生。通过教学数据跟踪、第三方机构评估及校企联合调研发现，改革在知识内化、能力提升、创新产出三个维度取得显著成效。

4.1 教学目标的达成度跃升

基于 OBE 理念的量化评估模型显示，课程目标整体达成度明显提升。其中 " 复杂工程问题解决能力 " 指标提升最为显著，具体体现在以下方面：

·算法移植能力：93% 的学生能够独立完成 OpenCV 算法向 FPGA 的移植优化，硬件资源利用率平均提升 40%；

·跨学科协作：在 " 工业视觉质检系统开发 " 项目中，82% 的团队成功整合机械臂控制与图像处理算法，实现检测效率提升 3 倍；

·技术迭代适应：针对 2023 年 Transformer 模型在图像处理领域的爆发式应用，76% 的学生在 2 周内完成 ViT 模型在 Zynq 平台的部署验证。

4.2 创新成果的规模化产出

课程改革构建的 " 课堂 - 实验室 - 产业 " 三级创新生态成效显著。近两年学生依托课程项目产出 SCI/EI 论文 10 余篇。更值得关注的是，32% 的毕业设计课题直接源自校企合作案例库，部分成果已进入产品化阶段。

4.3 持续改进机制的效能验证

依托 ABET 认证标准构建的 "PDCA- 五维监控体系 "（Plan-Do-Check-Act）展现出强大生命力。通过采集课堂录像、实验报告及企业访谈数据，课程组发现并改进三类问题：

·内容更新滞后：建立每学期 20% 内容动态更新机制，2023 年新增 " 视觉大模型轻量化部署 " 等前沿专题；

·硬件资源瓶颈：引入 NVIDIA Jetson 边缘计算套件，支持多模态图像处理实验；

·评价主观偏差：开发 AI 辅助评分系统，实现项目答辩的算法特征提取与量化评估。

5 结论

本研究以新一代信息技术产业需求为导向，构建了“三维联动、虚实共生”的《数字图像处理及应用》课程改革体系。通过两届研究生的教学实践验证，改革方案有效解决了传统教学模式中“理论与实践脱节”“创新能力培养缺位”等痛点问题，使学生在复杂工程问题解决能力、跨学科系统设计能力、技术迭代适应能力等维度实现显著提升。课程建设的核心价值体现在三个层面：其一，通过“基础 - 前沿 - 工程”模块化知识体系重构，打通了数学原理推导到硬件工程落地的完整链路；其二，依托校企共建的虚实融合实验平台，构建了“仿真验证→原型开发→系统集成”的能力进阶路径；其三，创新性地将科研课题与竞赛项目纳入课程评价体系，形成“教学 - 科研 - 产业”协同驱动的创新生态。这些探索为电子信息类研究生课程改革提供了可复制的实践范式。

参考文献

[1] 蔡跃洲,陈楠. 新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J]. 数量经济技术经济研究,2019,36(5):3-22.

[2] 温鹏伟,杨蕾,李碧草,等.面向信息与通信工程学科的研究生《现代信号处理》课程教改探索[J].中国储运,2023,(05):192-193.