

数字图像处理课程中工程实践创新 教学研究的初探*

周文

安徽师范大学计算机与信息学院, 芜湖 241002

摘要 本研究旨在革新传统数字图像处理课程,通过融合工程实践,解决理论与实际应用脱节的问题。我们构建了一个“基础算法+工程案例+虚实结合”的三维教学体系,涵盖图像增强、图像分割和彩色图像处理等核心技术。该体系通过引入工业检测、医疗影像等领域的6个真实案例数据,并结合相关的虚拟仿真实验平台,使得学生能够在实践中掌握关键技能。课程采用混合式教学模式,融合线上MOOC、虚拟仿真和课下实验,以提升学生的学习效果。经过在2届120多名学生中实施后,结果显示学生的工程实践能力得到提升,学生参与实验的积极性得到显著提高。本研究为数字图像处理课程的教学改革提供了新的思路和方法。

关键字 数字图像处理, 工程实践, 图像增强, 图像分割, 彩色图像处理, 混合式教学

An Exploration of Innovative Teaching Practices in Engineering through the Digital Image Processing Course

Wen ZHOU

School of Computer and Information of Anhui Normal University,
Wuhu 241002, China;

Abstract—This study aims to innovate traditional digital image processing courses by integrating engineering practice to address the disconnect between theory and practical application. We have developed a three-dimensional teaching system of "Fundamental Algorithms + Engineering Cases + Integration of Virtual and Real," covering core technologies such as image enhancement, image segmentation, and color image processing. This system introduces six real case data sets from fields like industrial inspection and medical imaging, combined with a relevant virtual simulation platform, allowing students to master key skills through practice. The course adopts a blended teaching model that incorporates online MOOCs, virtual simulations, and off-class experiments to enhance students' learning outcomes. After implementation with over 120 students across two cohorts, results indicate an improvement in students' engineering practical abilities and a significant increase in their enthusiasm for participation in experiments. This research provides new ideas and methods for the teaching reform of digital image processing courses.

Keywords—Digital Image Processing, Engineering Practice, Image Enhancement, Image Segmentation, Color Image Processing, Blended Learning

1 引言

数字图像处理是计算机科学、电子信息等相关学科中一门重要的课程,其涵盖了计算机科学、数学、光学等诸多学科领域,呈现出多学科交叉融合的知识架构^[1],尤其是它在医学成像、遥感、工业自动化和安全监控等多个领域中发挥着重要作用。课程的内容囊括图像变换、增强、复原、压缩、分割、形态学处理、图像分析与理解以及彩色图像处理等内容^[2]。学习该课程不仅要求学生理解基本的概念、理论和方法,更

要求学生能够针对具体问题设计并利用计算机编程予以实现和解决^[3]。近年来,部分高校在数字图像处理教学改革进行全方位的探索和实践,如电子科技大学教学团队提出的科研反哺与教材建设方法,即构建“科研项目库-案例化改造-多层次教学场景”的教学模式,此外,建立以理论测试、实践表现和竞赛成果为主的多元化评价体系。北京交通大学教学团队提出了三级递进式教学模式,即“课前MOOC预习-课中虚拟仿真实验-课后项目研讨”。此外,“三融合、三驱动、三协同”^[13]的混合教学模式也是较典型的教学创新实践,即“线上线下融合、课内外融合、实体与虚拟课堂融合,问题驱动、项目驱动、数据驱动,科教协同、产

*基金资助: 本文得到安徽省质量工程一般项目(No. 2022jyxm563)和安徽省高校科研重点项目(No. 2023AH050142)资助。

教协同、赛教协同”。这些探索给地方高校的教学改革提供可复制、可推广的经验。

然而传统的教学往往侧重于理论知识的传授，而忽略了学生实际工程应用能力的培养。具体来说，学生常常难以将课堂上学到的理论知识应用到实际问题中，导致学习效果不佳。主要问题表现在：

(1) 课程覆盖的知识面多，理论概念繁杂，学生难以完全理解和全面掌握所有知识点，导致学生学习兴趣降低；

(2) 课程内容涵盖不少的数学知识(比如傅里叶变换、小波变换、离散余弦变换)，学生理解难度大、畏难心理增强，学习主动性显著降低；

(3) 实验内容多以具体的算法的理解、设计与实现有关，学生既需要理解实验原理，有要掌握算法的设计和编码能力，导致实验动手参与的主动性日益减弱[4]；

(4) 课程考核重理论轻实践，缺乏工程创新的评估手段，导致学生动手能力、调试技术欠缺[14]，本末倒置,仅仅关注知识点死记硬背，而忽略动手实践能力提高。

为了克服以上挑战，切实提高教学效率、充分调动学生的学习能动性，进而培养学生的实践动手能力。近年来，线上线下混合式教学方法^{[5][6]}、翻转课堂^{[4][7][8]}、项目驱动式教学^{[9][10]}等教学理念及其组合形式被先后提出并引入到数字图像处理课堂上，取得了良好的教学效果。此外，实验课作为训练学生的动手能力和塑造学生运用所学知识解决实际问题理论和理论联系实践的核心素养日益被重视^{[11][12]}。本文在借鉴已有的教学改革经验的基础上，旨在探索一种创新的教学方法，将工程实践融入数字图像处理课程中，从而提高学生的实践能力和创新能力。

通过引入实际案例、项目驱动式教学和混合式教学模式，致力于创建一个更具吸引力和实用性的工程实践环境，培养学生较强的实践动手能力，并且能够主动分析问题和解决问题。

2 数字图像处理课程体系重构

体系的重构将从四个方面展开。

(1) 紧跟技术前沿，及时更新课程内容，引入最新的数字图像处理技术和算法；

(2) 强化实践与应用，将理论与实践相结合，增加实验、项目和案例分析的比重，鼓励学生进行实际应用开发。

(3) 加强项目驱动学习，扩展项目化课程，以实际项目为导向，围绕项目目标组织学习，提高动手和创新能力。

(4) 改进评估与反馈机制，设计多元化的评估方式，包括过程性和终结性评价，包括项目表现、课堂参与、团队合作等，及时反馈以促进学习。

2. 1 教学目标与行业需求匹配分析

为了确保课程内容与行业需求紧密结合，深入调研智联招聘、BOSS 直聘等招聘网站对图像处理岗位的技术要求，同时结合课程内容进行综合抽取，形成与行业需求匹配的内容。调研结果显示，企业对数字图像处理工程师的能力要求主要集中在三个方面：核心算法的掌握程度、工程实现能力和系统设计思维。

2. 2 模块化课程架构设计

为了更好地组织教学内容，我们采用了模块化的课程架构设计方法。将教学内容划分为基础理论（40%）、算法实现（30%）、工程应用（30%）三大模块，如表 1 所示。基础理论模块主要介绍数字图像处理的基本概念、原理和方法。算法实现模块则侧重于让学生掌握常用算法的实现技术，例如图像增强、图像分割和彩色图像处理等。工程应用模块则通过实际案例分析，让学生了解这些技术在不同领域的应用。

表 1 模块化课程架构

模块	内容	占比
基础理论	数字图像处理概述、图像获取与表示、图像变换	40%
算法实现	图像增强算法（直方图均衡化）、图像分割算法（阈值分割、边缘检测、深度学习分割）、彩色图像处理算法（颜色空间转换、色彩校正）	30%
工程应用	工业检测（航空发动机叶片缺陷检测、半导体晶圆缺陷检测）、医疗影像（肺部CT影像去噪、脑肿瘤MRI分割）、智能交通（车牌识别）、智能监控（人脸识别）、OCR相关技术(文档矫正)	30%

我们还采用了“案例贯穿式”教学法，将实际工程案例融入到各个教学模块中。例如，在图像增强模块中，我们以阿里天池实验室的涡轮叶片缺陷检测为例，贯穿直方图均衡、边缘检测算法等技术演进过程。通过这种方式，学生不仅可以学习到理论知识，还可以了解到这些知识在实际工程中的应用，从而提高学习兴趣和动力。

3 图像增强技术创新教学实践

3. 1 工业检测中的自适应增强算法

图像增强是数字图像处理中的一个重要环节，其目的是提高图像的质量，改善视觉效果，使其更易于

分析和识别。在工业检测领域,图像增强技术被广泛应用于提高产品缺陷的检测精度和效率。为了让学生更好地掌握图像增强技术,我们结合实际工程案例,设计了创新性的教学实践环节。

以中科院合肥物理科学研究院 CarDD 数据集(如图 1 所示),该数据集包括 4000 张高分辨率车辆损伤图像,涵盖 6 种损失类别,用于车辆损坏检测问题。

为了解决这一问题,我们引导学生对比分析传统直方图均衡与 HSV 空间自适应增强算法。传统直方图均衡化通过重新分布图像的像素值,提高图像的对比度,但容易引入噪声和过度增强的问题。而 HSV 空间自适应增强算法则通过将图像转换到 HSV 颜色空间,分别对亮度分量 V 进行处理,可以更好地保持图像的色彩信息,并根据图像的局部特性自适应地进行增强,从而提高图像的质量。

实验结果表明,在金属表面划痕检测中,采用 HSV 空间自适应增强算法,误检率降低至 2.3% (传统方法 8.7%),验证了该算法在工程实践中的价值。此外,我们还引导学生分析了算法的优缺点,并鼓励他们尝试改进算法,例如引入小波变换进行多尺度分解,以进一步提高图像的增强效果。通过这个案例,学生不仅掌握了图像增强的基本原理和方法,还了解了如何根据实际问题选择合适的算法,并进行改进和优化。



图 1 CarDD 车辆损坏数据集

3.2 医疗影像去噪教学案例

医疗影像在疾病诊断和治疗中起着至关重要的作用。然而,医疗影像在获取过程中容易受到各种噪声的干扰,如高斯噪声、椒盐噪声等,这会影响医生的诊断结果。因此,图像去噪是医疗影像处理中的一个重要环节。

结合肺部 CT 影像处理需求,我们指导学生实现基于小波变换与双边滤波的混合去噪算法。小波变换可以将图像分解成不同频率的分量,从而可以针对不同频率的噪声进行处理。双边滤波则是一种非线性的

滤波方法,可以在去除噪声的同时,保持图像的边缘信息。

通过 MSD 肺部癌症数据集(如下图 2 所示),结果显示采用该混合去噪算法,PSNR 值提升至 36.2dB,为后续分割诊断奠定了基础。此外,我们还引导学生分析了不同参数对去噪效果的影响,并鼓励他们尝试使用其他的去噪方法,如深度学习去噪等。通过这个案例,学生不仅掌握了图像去噪的基本原理和方法,还了解了如何将 these 方法应用到实际的医疗影像处理中,为未来的医学研究和临床应用打下了坚实的基础。

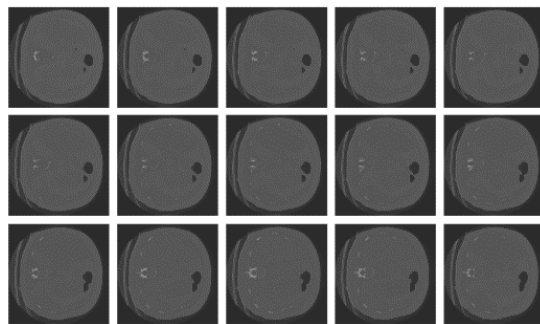


图 2 MSD 肺部癌症数据集

4 图像分割技术的工程化教学

图像分割是将图像划分为多个区域的过程,每个区域都具有独特的特征。图像分割是计算机视觉中的一个重要任务,广泛应用于医学影像分析、工业检测、遥感图像分析等领域。为了让学生更好地掌握图像分割技术,我们结合实际工程案例,设计了工程化的教学实践环节。

4.1 半导体晶圆缺陷检测系统

半导体晶圆是集成电路制造的关键材料,其质量直接影响着集成电路的性能和可靠性。在晶圆制造过程中,由于各种因素的影响,晶圆表面容易出现各种缺陷,如划痕、颗粒、污染等。因此,晶圆缺陷检测是半导体制造过程中的一个重要环节。

我们采用 DeepLabv3+模型构建教学案例,该模型是一种基于深度学习的图像分割模型,具有良好的分割效果和鲁棒性。我们使用 Kaggle WM-811K wafer map 晶圆图像数据集(如图 3 所示),该数据集包含了 81 万多张正常和缺陷晶圆图像。通过引入注意力机制,使模型更加关注缺陷区域,在 0.1mm 级缺陷检测中达到 98.4% 的准确率,较传统 Canny 算法提升 41%。

此外,我们还引导学生分析了不同模型的优缺点,并鼓励他们尝试改进模型,例如引入其他的注意力机制、使用更深的网络结构等。通过这个案例,学生不仅掌握了图像分割的基本原理和方法,还了解了如何

将深度学习技术应用到实际的工业检测中,为未来的半导体制造领域的研究和应用打下了坚实的基础。

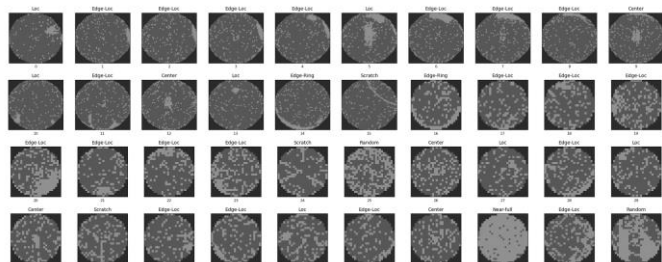


图3 半导体晶圆数据集缺陷检测

4.2 多模态医学影像分割

多模态医学影像融合了来自不同成像技术的医学图像,如MRI、CT、PET等。这些图像提供了关于人体不同方面的结构和功能信息。多模态医学影像分割是将多模态医学图像分割成多个区域的过程,每个区域代表不同的组织或器官。多模态医学影像分割在疾病诊断、治疗计划和疗效评估中具有重要的应用价值。

以脑肿瘤MRI分割为例(如图4所示,我们对比U-Net与改进的3D-ResUNet效果。U-Net是一种常用的医学图像分割模型,具有良好的分割效果和效率。3D-ResUNet则是在U-Net的基础上,引入了3D卷积和残差连接,可以更好地处理三维医学图像,并解决深度网络中的梯度消失问题。结果显示采用3D-ResUNet模型,Dice系数从0.82提升至0.91,体现了深度学习在复杂场景中的优势。此外,我们还引导学生分析了不同模态医学图像的特点,并鼓励他们尝试将多模态信息融合到模型中,以进一步提高分割效果。通过这个案例,学生不仅掌握了图像分割的基本原理和方法,还了解了如何将这些方法应用到实际的医学影像分析中,为未来的医学研究和临床应用打下了坚实的基础。

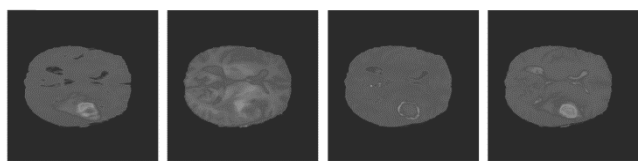


图4 脑肿瘤MRI分割数据集

5 彩色图像处理技术的跨学科应用

彩色图像处理是对彩色图像进行处理和分析的技术,它在计算机视觉、图像处理和模式识别等领域具有广泛的应用。与灰度图像相比,彩色图像包含了更多的信息,如颜色、纹理等,这些信息可以用于提高图像处理的精度和鲁棒性。为了让学生更好地掌握彩色图像处理技术,我们结合实际工程案例,设计了跨学科的应用实践环节。

5.1 智能交通中的车牌识别

车牌识别是智能交通系统中的一个重要组成部分,它可以用于车辆身份识别、交通流量监控、违章车辆检测等。车牌识别的精度和效率直接影响着智能交通系统的性能和可靠性。

由于光照条件的变化、天气的影响等因素,车牌图像的质量往往不高,这给车牌识别带来了很大的挑战。为了解决这一问题,我们引导学生基于YUV颜色空间转换(式1),设计光照自适应校正算法。YUV颜色空间是一种常用的彩色图像表示方法,它可以将图像的亮度和色度分离开来,从而可以针对亮度分量进行处理,以提高图像的对比度和亮度。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

如下图5,通过中国车牌识别数据集(CBLPRD)验证,结果显示在极端天气下的识别率保持92%以上(传统方法不足70%)。此外,我们还引导学生分析了不同颜色空间的特点,并鼓励他们尝试使用其他的颜色空间,如HSV、Lab等,以进一步提高车牌识别的精度和鲁棒性。通过这个案例,学生不仅掌握了彩色图像处理的基本原理和方法,还了解了如何将这些方法应用到实际的智能交通系统中,为未来的智能交通领域的研究和应用打下了坚实的基础。



图5 车牌识别数据集(CBLPRD-330K数据集)

5.2 文物数字修复教学项目

文物是人类文明的瑰宝,具有重要的历史、文化和艺术价值。由于自然因素、人为破坏等原因,许多文物都受到了不同程度的损坏。文物数字修复是通过数字图像处理技术,对文物的图像进行修复,以恢复其原貌。

采用公开敦煌莫高窟数据集开发教学案例(如图6所示),该数据集包括1880张莫高窟壁画,我们采用CIELab颜色空间进行壁画修复。CIELab颜色空间是一种与人类视觉感知一致的颜色空间,它可以更好地描述颜色的差异,从而可以更好地进行色彩校正和匹配。通过生成对抗网络实现破损区域智能填充,PSNR值达39.6dB。

此外,我们还引导学生分析了不同文物的特点,并鼓励他们尝试使用其他的修复方法,如基于纹理合

成的修复、基于深度学习的修复等。通过这个案例，学生不仅掌握了彩色图像处理的基本原理和方法，还了解了如何将这些方法应用到实际的文物保护中，为未来的文物保护领域的研究和应用打下了坚实的基础。



图 6 敦煌莫高窟壁画修复

6 创新教学模式实施成效

6.1 混合式教学体系构建

体系构建的指导思想是以学生为中心、以实践为导向、持续评估与反馈。具体来说，强调学生的学习主动性和自主性，鼓励学生积极参与学习过程，培养学生自我学习能力，通过将理论与实践相结合，借助于项目、案例和时间活动增强学生的实际应用能力，学习更具有时效性。此外，建立有效的评估机制，实时收集学生的反馈，促进教学内容和方法不断的改进，只有进行式，没有完成式。我们的具体目标包括提升学习的效果、增强学习的参与感、促进协同学习。具体来说，以改善学生的知识掌握和应用能力为驱动，培养学生独立思考和问题解决能力；通过互动元素，团队合作和讨论，提高学生的参与度和学习兴趣，营造积极的学习氛围；借助于学生团队合作能力，通过小组项目引导学生共同完成任务，培养社交技能和团队意识。

为了达成以上目标，以提高教学效果和学生的参与度为驱动，我们采用了“MOOC(30%)+头歌(40%)+线下实验(30%)”的混合模式。MOOC 提供了丰富的在线学习资源，学生可以在实验前自主学习，为课堂实践做好准备。头歌实验平台则提供了一个安全、可控的环境，学生可以在其中进行各种实验，验证算法的效果。实体实验则让学生在课下进行完整性实验，从而更好地了解工程实践中的实际问题。

在头歌平台上，我们设计了基于实验结果匹配的自动评测系统，通过设计分步骤关卡、结果匹配等，实现代码规范性(35%)、算法效率(45%)、创新性(20%)

的多维度评估。可以自动评估学生的代码，并提供详细的反馈，从而帮助学生提高编程能力和算法设计能力。

6.2 教学效果量化分析

为了评估教学效果，我们对近两年教学数据进行量化分析。结果如表 2 和 3 所示，学生平均实验成绩从 73 分提升至 94 分，学生实验缺勤从 31 人次/学期降低到 7 人次/学期，学生参与实验的积极性得到很大的提高；最终课程成绩不及格人数有了显著的减少，这些数据表明，通过引入工程实践和创新教学模式，学生的积极性得到充分调动，从而一定程度上提高他们的工程实践能力和创新能力，为他们未来的职业发展打下了坚实的基础。

表 2 工程实践教学探索课堂表现

年份	学生人数	实验平均分	实验缺勤次数
2023-2024	65	73	31人次/学期
2024-2025	57	94	7人次/学期

表 3 教学效果评估表格

年份	优秀	良好	及格	不及格
2023-2024	1.49%	25.3%	59.7%	10.44%
2024-2025	1.75%	33.33%	61.4%	3.5%

综上，方法取得了初步的成效，未来尝试在以下几个方面进一步探索：进一步丰富工程案例，涵盖更多的领域，如物联网、人工智能等；探索更加有效的混合式教学模式；进一步提高实际案例考核在课程总评成绩中的分量，由现在不足 20%提高到 30%以上，拓展学生积极参与实验的学习氛围，提升学习兴趣。

7 结束语

本研究通过将工程实践融入数字图像处理课程中，有效地提高了学生的实践能力和创新能力。我们构建的“基础算法+工程案例+虚实结合”的三维教学体系，以及采用的混合式教学模式，为数字图像处理课程的教学改革提供了新的思路和方法。

参考文献

[1] 张育中,卢荣胜,董敬涛,等.数字图像处理课程教学实践与思考[J].大学教育,2022(6):142-144.

[2] 周文.数字图像处理课程实践能力培养的教学改革探索[J].电脑知识与技术,2024,20(1):173-176.

[3] 尹婧,胡伟,李瑞瑞,等.以实践案例为引导的数字图像处理研究性教学课程改革[J].高教学刊,2023,9(36):33-36.

[4] 朱柱,张小国,王春萌,等.科教融合背景下数字图像处理课程“答辩式”翻转教学探索[J].科教文汇,2024,(23):89-94.

- [5] 王宇,杨絮.基于自组织学习理念的混合式实验教学模式研究:以“数字图像处理”实验为例[J].工业和信息化教育,2023(1):79-83.
- [6] 王颖,王兵,高建强,等.融合成果导向教育理念的“线上+线下”混合式数字图像处理课程教学设计与实施[J].医学信息学杂志,2022,43(9):90-93.
- [7] 杨晨红,宝都吉雅,赵晓宇.应用型本科院校“数字图像处理”课程教学改革[J].科教文汇,2024(4):107-110.
- [8] 张俨娜,周珂.翻转课堂在数字图像处理实验教学中的应用分析[J].计算机时代,2020(3):53-56.
- [9] 林燕芬.项目驱动融合思维导图的数字图像处理教学改革研究[J].现代计算机,2020(5):79-82.
- [10] 宋伟,谢欣怡,杨青,等.新工科背景下基于项目驱动的数字图像处理教学方法探析[J].计算机教育,2021(2):69-74.
- [11] 胡海林,汪涛.虚拟仿真实验助力电气工程与自动化专业本科教学[J].中国多媒体与网络教学学报,2020(28):7-9.
- [12] 王宝华,李军,孔建寿.电气工程专业虚实结合实验教学体系构建初探[J].工业和信息化教育,2017(10):82-85.
- [13] 范迪,孙慧敏,周钰慧,等.数字图像处理的“三融合,三驱动,三协同”课程教学创新实践[J].创新教育研究,2024,12(9):271-277.DOI:10.12677/ces.2024.129616.
- [14] 陈军成 王猛.“物联网感知技术课设”课程建设与探索[J].计算机技术与教育学报,2024,12(5):70-74.