“做中悟”计算机视觉实践教学模式的构建

董梦瑶[1]，韩鹏飞[1]，赵斌[1,*]
1. 西北工业大学，光电与智能研究院，陕西 西安，710000

摘要：针对计算机视觉实践教学中知识点衔接不足、实验重实现轻分析、团队成果难以体现个体学习等问题，以“计算机视觉综合设计”课程为例，探索“做中悟”实践教学模式的设计与实施。围绕课程培养目标，将编程基础、特征工程、深度学习与高阶应用内容组织为基础验证、模块设计、系统综合和开放创新四级任务，使“知识—实践—反思—迁移”贯穿教学过程。结合传统特征描述子、深度学习模型和典型计算机视觉任务，阐述实验组织、项目实施及教师指导的具体安排；在既有考核结构内细化实验记录、项目报告与个人讲解要求，兼顾团队成果和个体学习表现。学生评教记录反映出对课程整体教学的较高认可。该模式通过递进任务、实践反思与教学指导的结合，为计算机视觉实践课程的教学组织与评价提供参考。

关键词：计算机视觉；实践教学；做中悟；实验分析；教学评价

Development of a “Learning by Doing and Reflecting” Model for Practical Instruction in Computer Vision

Mengyao Dong[1], Pengfei Han[1], Bin Zhao[1,*]
1. School of Artificial Intelligence, Optics and Electronics(iOPEN), Northwestern PolytechnicalUniversity, Xi’an 710000, China

Abstract: To address insufficient connections between topics, an emphasis on implementation over analysis in laboratory tasks, and difficulties in identifying individual learning from team outcomes, this study explores the design and implementation of a “learning by doing and reflecting” model in the Computer Vision Integrated Design course. Guided by the course objectives, programming fundamentals, feature engineering, deep learning, and advanced applications are organized into four progressively demanding task levels: basic verification, module design, system integration, and open-ended innovation. A cycle of knowledge acquisition, practice, reflection, and transfer runs throughout the teaching process. Traditional feature descriptor, deep neural networks, and typical computer vision projects illustrate the arrangements for laboratory activities, project implementation, and instructor guidance. Within the existing assessment framework, requirements for experimental records, project reports, and individual explanations are refined to account for both team outcomes and individual learning. Student course evaluation records indicate favorable perceptions of the overall course instruction. By combining progressively demanding tasks, reflection on practice, and instructional guidance, the model provides an approach that can inform the organization and assessment of practical instruction in computer vision.

Keywords: Computer vision; Practical instruction; Learning by doing and reflecting; Experimental analysis; Teaching evaluation

计算机视觉涉及图像处理、特征提取、视觉识别和几何分析等内容，其方法学习需要与数据、

算法和应用场景相结合[1]。在实践教学中，学生不仅要完成程序编写和模型训练，还应能够解释图像条件、参数设置与评价指标如何影响结果。检测程序能够运行，只能说明流程得到实现；能否分析目标漏检的原因、判断测试结果的适用范围，才进一步体现学生对方法的理解[2]。如何将技术任务的完成转化为有依据的原理认识，是计算机视觉实践课程需要解决的问题。

已有研究从项目组织与课程改革等方面提供了有益探索。刘改霞等[3]将机器视觉项目分解为关联模块，以典型实验案例衔接知识学习与综合应用；张晓强[4]从教学内容、实验、方法和考核等方面推进图像处理课程改革，将学术研究融入课程教学。斯坦福大学 CS231n 课程通过选题方案、阶段检查、最终报告和展示等环节，要求学生说明数据准备、模型比较与测试结果[5]。项目式学习研究也强调真实问题、合作探究、反思活动以及教师指导和评价设计的作用[6]。这些探索为综合实践课程提供了组织依据，同时也提出了更具体的设计要求：任务之间如何衔接，实验结果如何转化为理解，团队成果如何反映个人学习。

本文以“计算机视觉综合设计”课程为对象，将“做中悟”落实为递进任务中的解释、验证与迁移活动，围绕知识组织、实践过程和学习评价构建教学模式。通过典型实验和综合项目说明教师指导、学生操作与学习材料之间的关系，并结合学生评教记录分析课程反馈，为计算机视觉实践教学提供参考。

1 计算机视觉实践教学的主要问题

“计算机视觉综合设计”面向人工智能、计算机科学与技术等专业本科生，教学内容包括绪论与 Python 编程基础、特征工程与应用、神经网络与深度学习、计算机视觉高阶应用。课程目标涵盖基本理论理解、编程与模型实现、工程实践和团队协作，并通过文献阅读与英文报告写作训练科研表达。上述目标要求实践教学既关注系统产出，也关注学生形成判断和解决问题的过程。

1.1 知识学习分散与综合任务要求之间的衔接不足

课程虽不设先修要求，综合任务却需要学生同时运用编程、特征提取和深度学习知识。如果各章节仅安排相互独立的验证实验，学生容易掌握单个函数或模型的调用，却难以说明图像预处理、特征表达、模型训练与结果评价之间的联系。进入综合项目后，这种衔接不足会表现为能够完成局部操作，却难以依据任务需求选择并组合方法。因此，实践任务需要在共同的编程基础上逐步增加知识关联与综合应用要求。

1.2 程序实现与结果解释之间的学习环节不完整

视觉算法的结果受到图像质量、参数设置和数据分布等因素影响。仅凭代码和运行截图判断实验完成情况，容易使学习停留在复现操作层面，难以检验学生是否理解结果产生的条件。尤其在模型训练任务中，单次指标变化可能对应多种原因，缺少比较条件和错误样例时，学生的分析往往难以得到验证。因而，教学需要把实验条件记录、有效对照、错误诊断和再次验证纳入任务要求，使原理解释建立在可检查的实验材料之上。

1.3 团队成果与个体学习之间的评价联系不清晰

高阶应用项目通过小组协作完成，最终系统展示能够反映团队的整体产出，但难以充分呈现每名成员对关键方法的掌握程度。课程大纲已要求报告写明分工，成员分别描述实践体会，仍需进一步将分工说明与实际学习材料联系起来。个人承担的代码、遇到的问题、解决依据以及对整体流程的解释，应进入阶段交流和答辩，使团队协作的成果与个人学习的表现均有评价依据。

2 做中悟实践教学模式的内涵与设计逻辑

2.1 以解释和再验证促进实践经验转化

体验式学习强调经验、反思、概念形成与再次实验之间的联系[7]。“做中悟”据此将动手实践与原理认识组织为相互推动的学习过程。其中，“做”是学生带着问题开展操作、设计和实验；“悟”是学生运用所学原理解释结果，分析方法的约束，并据此修正方案。“悟”的程度需要通过解释、验证和迁移表现加以判断，个人感想可以作为反思材料，但不能独立替代对知识理解的考查。

该过程以“知识—实践—反思—迁移”为基本循环。知识学习为方法选择和结果预测提供依据，实践产生可供分析的现象与记录，反思将实验现象与概念原理联系起来，迁移则通过任务情境的变化检验知识的适用范围。教学过程可以从必要的概念讲解开始，也可以由失败案例引出。关键在于让分析结果影响后续实验：学生先提出有依据的判断，再通过调整方案和复测检验判断，逐步形成对方法及其边界的认识。

2.2 以目标任务和评价材料保持教学一致性

依据建构性对齐思想[8]，课程将理论理解、技术实践与高阶应用目标分别落实到学习任务和提交材料中。理论理解通过方法解释与结果分析体现，技术实践通过代码实现、实验配置与测试记录体现，高阶应用通过项目方案、文献运用和迁移分析体现。创新精神、追求卓越与全球视野等培养要求，也需要结合问题改进、规范实验和科技文献阅读加以落实。表 1 列示课程内容、学时与实践活动之间的关系。

课程内容的组织同时明确各类方法的文献依据。特征工程部分结合局部二值模式（LBP）[9]、Haar-like 特征[10]、尺度不变特征变换（SIFT）[11]、可变形部件模型（DPM）[12]和聚合通道特征（ACF）[13]，讨论人工设计特征的表达与应用；深度学习部分以 AlexNet[14]说明图像分类模型，以 Faster R-CNN[15]和 YOLO[16]说明目标检测方法，以全卷积网络（FCN）[17]说明语义分割方法，使模型实现与原始文献阅读相互衔接。

表 1 课程内容学时与实践活动的对应关系

Table 1 Correspondence between Course Content Hours and Practical Activities

课程模块	学时	主要实践活动	学习材料与成果
绪论与 Python 编程基础	4＋8	概念认识；NumPy、SciPy、PIL 与 OpenCV 练习；框架入门	编程作业；图像处理结果与解释
特征工程与应用	12	LBP、Haar-like、SIFT、DPM 与 ACF；识别、配准与检测	特征可视化；匹配或检测结果分析
神经网络与深度学习	24	CNN、RNN；AlexNet、Faster R-CNN 与 FCN 等模型实现和训练	模型代码；训练与测试记录；比较分析
计算机视觉高阶应用	32	内容生成、自动驾驶、遥感、安防或视频理解小组项目	系统成果；英文报告；分工与个人体会

2.3 以递进任务和适时指导衔接学习过程

针对知识衔接不足，课程按基础验证、模块设计、系统综合和开放创新组织四级任务。基础验证要求学生理解方法的操作过程和适用条件，模块设计要求在固定条件下比较方案并诊断问题，系统综合要求围绕应用需求组织数据、模型与评价，开放创新要求通过文献阅读和实验改进处理尚未解决的问题。经典特征方法、深度学习模型与前沿应用由此形成连续的任务关系，避免把内容更新处理为知识的简单增加。

借鉴支架式教学思想[18]，教师指导随学生的实际表现逐步调整。基础阶段提供标准环境、参考示例和分析提示；模块阶段保留接口与测试条件，引导学生自主选择和比较方法；综合阶段通过选

题检查、阶段反馈和问题追问支持方案完善；开放阶段侧重问题论证与专题交流。指导强度的调整以学生能否独立解释、设计比较并验证判断为依据。图 1 概括了任务递进、学习循环、教师支持与评价反馈之间的关系。

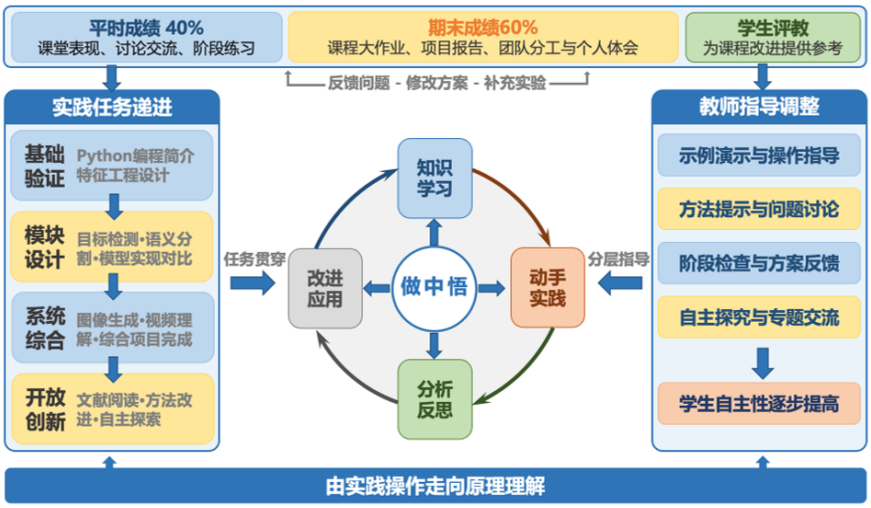


图 1 “做中悟”计算机视觉实践教学模式

Fig. 1 “Learning by Doing and Reflecting” Model for Practical Instruction in Computer Vision

3 递进任务与教学实施

3.1 基础验证中的方法理解

基础训练先完成数组操作、图像读写与 OpenCV 调用，再进入特征工程中的方法验证。以图像配准中的 SIFT 特征匹配环节[11]为例，教师演示关键点检测、描述子提取和特征匹配，学生对两幅具有重叠区域的图像进行处理，展示匹配连线并记录参数。随后调整匹配筛选阈值，比较保留匹配的数量与明显错误的匹配，结合相似纹理、尺度变化等图像条件分析结果。报告需说明操作步骤、参数、错误样例以及调整后的变化。教师依据学生能否解释匹配依据和筛选作用给予反馈，使函数调用与特征方法的理解相联系。

3.2 模块设计中的实验比较与问题诊断

模块设计依托神经网络与深度学习实践展开。学生搭建卷积神经网络完成字符识别，在此基础上比较网络结构、学习率或训练轮数对结果的影响；在 Faster R-CNN[15]与 YOLO[16]目标检测、FCN[17]场景分割等任务中，进一步完成模型复现、训练与评价。每次比较固定数据划分和测试条件，只改变一个主要因素，保留实验配置、结果指标和典型错误，避免把多项同时变化后的结果直接归因于某一设置。教师结合目标检测中的精确率、召回率和分割中的交并比，引导学生判断指标所反映的问题，并将总体指标与具体错误样例相互核对。学生在报告中说明比较目的、条件控制、结果差异及原因判断，再通过补充实验验证解释。这样，模型训练成为提出问题、形成判断和修正判断的过程，实验分析也从一般性描述推进到有依据的问题诊断。

3.3 综合项目中的知识整合与迁移应用

系统综合以高阶应用实践为主，学生从内容生成、自动驾驶、遥感对地观测、智能安防或视频理解等方向选择项目，以小组形式完成需求分析、数据处理、模型设计与训练、实验验证和成果展示。教师围绕选题方案、初步结果和最终汇报设置检查节点，重点追问任务需求与方法选择之间的关系。项目报告记录实践背景、过程、问题及解决方法，注明团队分工和个人体会，并按课程要求以英文撰写，训练科技文献运用和学术表达。

开放创新在综合项目内部展开。学生完成基本功能后，围绕一个边界清晰的问题进一步改进，例如遥感图像中的小目标漏检、安防图像中遮挡行人的识别错误，或视频理解中的时序信息利用。学生通过文献查阅选择改进思路，将调整方案与原方案进行比较，解释改进依据、结果及适用条件。教师通过专题讨论提供支持，并要求保留改进无效或效果受限的分析，使创新训练落实到问题提出与证据检验之中。

3.4 实践任务的具体组织

计算机视觉实践任务结合具体行业需求进行制定，包含内容生成、自动驾驶、遥感对地观测、智能安防和视频理解。为进一步说明实践任务的具体实施过程，以下以遥感对地观测这一典型应用场景为例，介绍其任务组织方式。

遥感目标检测可集中体现从方法实现到分析迁移的教学安排。该任务将特征表达、深度学习检测模型与场景相衔接，要求学生完成数据整理、标注检查、模型训练和结果评价，分析目标尺度、方向与密集分布对检测结果的影响。任务开始时，教师说明检测对象、图像来源、标注形式和评价要求，学生根据前序学习的 Faster R-CNN[15]或 YOLO[16]建立初始方案，并通过论文阅读解释模型结构与项目需求的联系。涉及旋转目标时，进一步讨论水平框和旋转框的表达差异及适用情况。

实验阶段在固定测试集上记录精确率、召回率和典型检测结果，并整理小目标漏检、密集目标混淆、背景误检与定位不准确等样例。针对小目标漏检，可比较输入分辨率或图像切分方式；针对背景误检，可检查训练样本和类别定义。每轮实验保留原始配置与结果，只改变一个主要因素。教师根据错误样例追问原因判断和实验设计，使学生将图像特点、模型设置与结果变化联系起来。

迁移阶段选取拍摄区域、背景或目标尺度不同的图像进行测试，分析原方案能否适用，并依据结果调整数据处理或训练设置。提交材料包括代码、实验比较、错误样例和英文项目报告，成员分别说明本人承担的工作、遇到的问题与解决依据。答辩结合具体材料考查方法选择、结果解释和适用条件，使项目最终成果与学习过程相互印证。

4 学习评价与教学反馈

4.1 在既有考核结构内细化学习表现评价

依据课程大纲，课程成绩由平时成绩 40%和期末成绩 60%组成。平时成绩关注出勤、课堂态度、回答问题、讨论与合作交流，并结合编程练习和阶段汇报考察知识运用；期末评价以团队课程大作业及成果报告为主，考察文献查阅、自主学习、团队协作以及论述逻辑与语言规范。“做中悟”在这一结构内细化原理解释、实验验证、问题诊断和迁移应用四个维度，形成表 2 所示的学习表现评价方法。各等级描述用于明确判断依据，不另设脱离课程大纲的成绩权重。

表 2 “做中悟”学习表现评价方法

Table 2 "Learning by Doing and Reflecting" Learning Performance Evaluation Method

评价维度	待改进	达标	进阶
原理解释	复述步骤，未说明原理	说明方法作用与模块联系	解释约束及跨模块影响
实验验证	只有截图或单次结果	记录条件并完成有效对照	讨论重复性及其他影响因素
问题诊断	凭经验归因，缺少证据	用实验支持原因判断	比较多种解释并说明局限
迁移应用	条件变化后仅反复调参	根据原理调整并复测	归纳适用范围与失效条件

上述评价方法贯穿阶段检查与项目答辩。教师将代码、配置记录、实验比较和错误样例与个人解释相互核对，判断学生是否理解方法作用、是否能够设计有效比较，以及原因判断是否得到支持。

团队报告按实践描述、实践内容、总结组织，并写明分工；个人讲解则围绕其承担的工作与整体流程展开，识别团队成果中的个体学习。反馈围绕学习目标、当前表现和下一步行动提出具体要求，例如补充对照条件、解释指标含义或验证一种可能原因，让评价结果直接用于作业修订和后续实验。

4.2 学生评教记录

为了解课程教学的学生反馈，选取学生评教系统中 2024—2025 学年春季学期的课程统计结果，将本课程与同期“计算机视觉技术及应用”和“计算机视觉：基础与前沿”两门相关课程作描述性比较，结果见表 3。

表 3 2024—2025 学年春季学期相关课程学生评教结果

Table 3 Student Course Evaluation Results for the Spring Semester of the 2024-2025 Academic Year

课程名称	评教得分
计算机视觉综合设计（本课程）	97.67
计算机视觉技术及应用	93.24
计算机视觉：基础与前沿	86.39

注：得分单位为分。数据来源为学校学生评教系统课程统计结果。

“计算机视觉综合设计”课程评教得分为 97.67 分，分别高于上述两门课程 4.43 分和 11.28 分，位列开课院系第 1 名。这些记录反映出学生对本课程“做中悟”实践教学模式的较高认可，为继续完善实践教学安排提供了反馈。

4.3 实施条件与持续改进方向

“做中悟”实践教学模式将分析反思与再验证融入任务实施，对教学时间安排、教学支持和评价反馈提出了相应要求。结合课程组织特点与现有教学反馈，后续建设将进一步完善实施条件，并积累能够反映学生学习变化的过程材料，具体将从以下三个方面展开：

首先，应为反思与再验证保留必要时间。综合项目范围过大时，环境配置和系统集成容易挤占分析环节。课程宜优先保证核心任务能够完整经历方法学习、实验比较、原因解释和再次测试，再依据学习情况拓展专题。资源建设重点放在统一数据目录、软件环境说明、参考程序及可复用的训练测试脚本上，使学生能够在可比较的条件下开展实验。

其次，教学支持应回应学习差异，同时保持共同的核心要求。基础薄弱学生可获得配置指南、接口示例和概念补充，基础较强学生可增加诊断或迁移任务；拓展深度可以不同，必要的原理解释和实验验证要求应保持一致。新方法进入课程时，也应说明其能够帮助学生理解什么原理、比较什么条件，避免前沿内容挤压基础训练和结果分析的时间。

最后，应将评价发现的问题落实到下一轮任务调整。学生混淆精确率与召回率时，可安排手工统计检测结果的练习；报告仅展示成功图像时，应补充错误样例与原因分析；成员只熟悉本人代码时，可在阶段汇报中轮换讲解数据处理、模型和评价环节。后续可持续整理实验记录、作业修订和个人迁移任务，结合相对一致的测评条件分析学习变化，为评价教学效果提供比课程汇总分更直接的依据。

5 结论

围绕计算机视觉实践教学中知识衔接、结果解释与个体学习评价三个问题，本文构建了“做中悟”实践教学模式。该模式以基础验证、模块设计、系统综合和开放创新组织递进任务，将“知识—实践—反思—迁移”循环落实到方法解释、对照实验、错误诊断与条件变化测试中，并通过适时调整的教师指导支持学生逐步独立解决问题。相应评价方法将抽象的原理理解转化为可观察的学习表现，使

任务实施与学习评价形成对应关系。课程学生评教记录显示，2024—2025 学年春季学期“计算机视觉综合设计”获得 97.67 分，显著高于其他同类课程，体现出学生对课程整体教学的较高认可。后续将结合阶段实验、作业修订与个人迁移测评，持续检验和调整任务难度、指导方式与评价要求，完善计算机视觉实践教学。

参考文献

[1] 郭腾文, 陈刘奎, 祝华正等. “高级计算机视觉”案例教学融入课程思政的策略和实现[J]. 创新教育研究, 2024, 12(9), 580-585.

[2] 乔宇龙, 徐琴, 王希铭等. 人工智能背景下高职 Python 课程教学改革的探索与实践[J]. 中国科学与技术学报, 2025, 1(1): 71-77.

[3] 刘改霞, 刘能锋, 陈如香等. 机器视觉创新实验课教学研究与实践[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(6): 136-140.

[4] 张晓强. 学术导向的图像处理课程教学改革[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(4): 76-81. .

[5] Stanford University. CS231n: Deep Learning for Computer Vision—Final Project[EB/OL]. (2025)[2026-10-28]. https://cs231n.stanford.edu/2025/project.html.

[6] 刘蕾, 李厚朴, 王腾, 李龙梅. 理实一体化教学在“机器视觉应用”课程中的探索[J]. 教育教学论坛. 2026 (28): 97-100. DOI: 10.20263/j.cnki.jyjxlt.2026.28.041

[7] 张翠凤. 基于体验式教学的大学生创业意识与创业能力协同培育研究[J]. 投资与创业. 2026 ,37 (12) : 16-18.

[8] 刘浩, 韩兵强, 尹玉成, 黄仲, 朱天彬. 建构性对齐视域下卓越工程师标准化教育培养路径研究[J]. 大学教育. 2026 (18): 123-128.

[9] 胡黄水, 戚星烁, 王出航, 王玲. 基于扩展局部二值模式的多尺度人脸表情识别方法[J]. 吉林大学学报(理学版). 2025, 63 (05): 1427-1436. DOI: 0.13413/j.cnki.jdxblxb.2024050

[10] 李琳, 靳志鑫, 俞晓磊, 王安红. Haar 小波下采样优化 YOLOv9 的道路车辆和行人检测[J]. 计算机工程与应用. 2024, 60 (20): 207-214.

[11] 刘琳, 周玉升. 融合 SIFT 特征转换与 SVM 智能模型的图像分类研究[J]. 电子设计工程. 2026, 34 (04): 98-102. DOI: 10.14022/j.issn1674-6236.2026.04.020

[12] 孙可, 张琦, 李航, 史庆武. 基于改进可变形部件模型的车辆检测[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版). 2020, 38 (06): 532-536.

[13] Dollár p, Appel R, Belongie S, et al. Fast feature pyramids for object detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2014, 36(8): 1532-1545.

[14] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks[C]//Advances in Neural Information Processing Systems 25. Curran Associates, Inc., 2012: 1097-1105.

[15] Ren S, HE K, Girshick R, et al. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks[C]//Advances in Neural Information Processing Systems 28. Curran Associates, Inc., 2015: 91-99.

[16] Redmon J, Divvala S, Girshick R, et al. You only look once: Unified, real-time object detection[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016: 779-788.

[17] Long J, Shelhamer E, Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015: 3431-3440.

[18] 徐家利. 基于支架式教学思想的计算机基础教学改革探索[J]. 当代教育实践与教学研究. 2017 (7): 67.

基金项目:具身智能驱动“总师”型人才系统化培养新路径探索（2026JGZ096）。

[1] 第 1 作者简介：董梦瑶（2005-），女，硕士研究生在读，研究方向：三维重建。E-mail: minadong0125@gmail.com。

[*]通讯作者简介：赵斌（1993-），男，博士研究生，副教授，研究方向：具身智能与高等教育教学。E-mail: bin@nwpu.edu.cn。