

产教融合驱动下人工智能赋能机器视觉实验课程改革与实践

喻玲娟^{1*}, 黄威², 罗小燕²

¹江西理工大学信息工程学院, 江西 赣州

²江西理工大学机电工程学院, 江西 赣州

收稿日期: 2026年7月8日; 录用日期: 2026年8月13日; 发布日期: 2026年8月25日

摘要

针对传统《机器视觉》实验课程验证性内容偏多、工业情境融入不足及工程能力评价较为主观等问题, 以矿冶企业浮选泡沫智能感知任务为载体, 构建产教融合驱动的人工智能赋能实验教学模式。课程基于项目式学习、基于问题的学习与情境学习理念, 按照“工业问题导入-数据建构-模型实践-工程优化-评价反馈”组织图像采集、数据标注、实例分割、模型评价及分层拓展。研究采用能力评价量表对改革班和传统班的项目成果进行匿名双评, 并结合学生问卷和多主体反馈分析教学效果。结果表明, 改革班综合能力评价得分高于传统班, 优势主要体现在数据建构与质量控制、结果分析与指标解释以及工程适配与方案决策等方面。本研究为地方行业特色高校将真实企业任务转化为可实施、可评价的人工智能实验项目提供参考。

关键词

产教融合, 人工智能, 机器视觉, 项目式学习, 能力评价量表

Reform and Practice of an AI-Empowered Machine Vision Experimental Course Driven by Industry-Education Integration

Lingjuan Yu^{1*}, Wei Huang², Xiaoyan Luo²

¹Information Engineering College of Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi

²Mechanical and Electrical Engineering College of Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi

Received: July 8, 2026; accepted: August 13, 2026; published: August 25, 2026

*通讯作者。

文章引用: 喻玲娟, 黄威, 罗小燕. 产教融合驱动下人工智能赋能机器视觉实验课程改革与实践[J]. 创新教育研究, 2026, 14(8): 349-356. DOI: 10.12677/ces.2026.148612

Abstract

To address the excessive emphasis on verification-oriented activities, insufficient industrial context, and subjective assessment of engineering competence in traditional “Machine Vision” laboratory courses, this study develops an AI-empowered teaching model driven by industry-education integration, using intelligent perception of flotation froth as the project carrier. Drawing on project-based learning, problem-based learning, and situated learning, the course follows the chain of “industrial problem introduction-data construction-model practice-engineering optimization-evaluation and feedback” and integrates image acquisition, data annotation, instance segmentation, model evaluation, and tiered extension tasks. A competency-based rubric is used for anonymous dual-rater assessment of project artifacts from a reform class and a traditional class, supplemented by student questionnaires and multi-stakeholder feedback. The results showed that the reform class achieved a higher overall competency assessment score than the traditional class, with the main advantages observed in data construction and quality control, result analysis and metric interpretation, and engineering adaptation and decision-making. The study provides a replicable reference for industry-oriented universities to transform authentic enterprise tasks into assessable AI laboratory projects.

Keywords

Industry-Education Integration, Artificial Intelligence, Machine Vision, Project-Based Learning, Competency Rubric

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

人工智能与机器视觉技术正在加速进入矿业生产现场。浮选泡沫的尺寸、颜色、纹理和流动状态能够反映药剂制度、矿浆性质及分选效果，是判断浮选工况的重要视觉线索[1]。将浮选泡沫智能感知任务引入实验教学，可使学生在真实数据与现场约束中理解机器视觉技术的工程价值。传统《机器视觉》实验多以灰度变换、边缘检测和阈值分割等验证性内容为主，学生往往按照指导书完成算法调用，对图像来源、标注质量、模型误差及部署条件关注不足，难以形成从工业问题识别到工程方案决策的连续能力。

项目式学习(Project-based Learning, PjBL)强调围绕持续性真实项目开展探究并形成可评价成果[2]；基于问题的学习(Problem-based Learning, PBL)以开放问题驱动知识检索、协作分析和方案修正[3]；情境学习则强调知识在具体实践及社会互动中生成[4]。三者为本课程提供了互补依据：以浮选泡沫智能感知作为项目载体，将数据质量、泡沫黏连、模型误差和部署约束转化为探究问题，并通过校企双导师把工业情境和工程判断引入课堂。产教融合在此并非企业案例的简单植入，而是发挥真实任务供给、工艺知识解释和应用反馈作用[5]。

现有人工智能和机器视觉课程改革多关注模型更新、平台建设或校企合作，评价仍较多依赖问卷和课程总成绩。高等教育 PjBL 研究综述也指出，学生自我报告使用较多，而项目成果、学习过程及 Rubric 评价相对不足[6]。与此同时，《教师生成式人工智能应用指引(第一版)》强调将人工智能融入教育教学全过程，为人工智能技术与专业课程教学深度融合提供了指导[7]。基于此，本文构建“工业问题导入-数据建构-模型实践-工程优化-评价反馈”的教学链条，重点解决三个问题：真实企业任务如何转化为

12 学时可实施的实验项目，双导师如何参与工程认知与模型评价，以及如何利用过程成果和能力评价量表客观判断教学成效。

2. 人工智能赋能机器视觉实验教学设计

2.1. 教学目标与设计逻辑

课程以“理解原理、建构数据、实践模型、权衡方案、协作表达”为能力主线。学生需要理解浮选泡沫视觉特征及实例分割原理，完成图像采集、筛选、标注、数据划分和模型训练，能够结合精确率、召回率、mAP、参数量及推理耗时解释模型差异，并依据实时性、稳定性和硬件条件提出工程适配方案。教学过程以 PjBL 组织持续任务，以 PBL 嵌入图像质量、标注偏差和模型选型等问题，以真实数据、企业导师及部署约束形成情境支撑，使学习产出由算法运行截图扩展为数据集、训练日志、性能分析和工程报告。

2.2. 教学内容与分层任务

基础内容依次包括工况认知、图像采集与质量判断、实例轮廓标注、数据集划分、YOLO 系列实例分割训练、错误样本分析和模型优选。模型实践选取 YOLO11s-seg、YOLO11n-seg、YOLOv8s-seg 和 YOLOv8n-seg 进行对照，使学生在同一数据集下理解精度、模型规模和推理速度之间的关系。基础任务完成后设置三个层级：提高层采用 GhostConv 等结构开展轻量化改造；进阶层实施教师模型 - 学生模型知识蒸馏；创新层利用 Mobile-PSMNet 或 Depth Anything 探索泡沫三维形态。分层任务不计入两班共同能力比较，而用于观察改革班内部的个性化发展。

2.3. 教学资源与校企协同

课程依托矿冶企业浮选现场搭建图像采集平台，由工业球机、补光装置、固定支架和传输线缆组成，补光用于减弱环境光波动和反光干扰，如图 1 所示。该平台使学生直观理解采集角度、清晰度、遮挡和现场安全条件对数据质量的影响。



Figure 1. Field installation of the flotation froth image acquisition device
图 1. 浮选泡沫图像采集装置现场安装图

课程构建包含 1278 张有效现场图像的教学数据集，覆盖正常工况及药剂添加不合理等典型情形。学

生使用 LabelMe 对独立泡沫逐轮廓标注，类别统一为 foam，数据按 7:2:1 划分为训练集、验证集和测试集，并使用 OpenCV 与 Albumentations 开展去噪、对比度增强、随机翻转、缩放和亮度调整。高校教师负责视觉原理、模型训练、过程指导与评分，企业导师负责浮选工艺、工况差异和部署约束解释；学生以 2~3 人为一组完成任务。

3. 产教融合驱动下的实验教学实施

3.1. 教学流程与双导师互动

课程共 12 学时，采用“课前预习 - 课中实施 - 课后拓展”的方式。教学从企业问题进入课堂，经工况认知、数据建构、模型实践、评价优选和成果反馈形成闭环，如图 2 所示；各阶段任务、导师互动形式及成果要求见表 1。

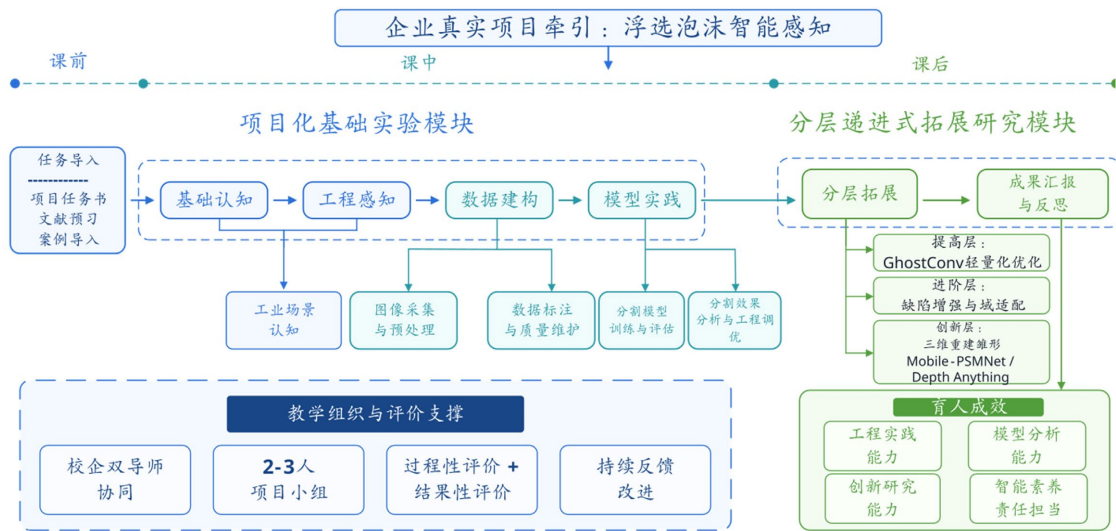


Figure 2. Framework for project-based AI-empowered machine-vision experimental teaching
图 2. 项目化人工智能赋能机器视觉实验教学框架

Table 1. Schedule, mentor interaction, and learning artifacts
表 1. 教学进程、导师互动与学习产出安排

阶段	学时/形式	导师任务	学生任务与产出
问题导入	课前 1 学时；企业案例线上讲解	高校教师发布任务书；企业导师说明浮选流程、感知需求与现场约束	查阅资料并形成问题清单、预习报告
场景认知与采集	2 学时；现场或视频观摩	讲解光照、反光、采集角度和工况差异	采集并筛选图像，提交工况记录与质量分析表
数据建构	2 学时；课堂实操	说明标注规范，组织交叉检查	完成 LabelMe 标注、预处理、数据划分和质量复核
模型实践	3 学时；机房训练	指导配置、训练日志和常见异常排查	训练模型，保存代码、参数、日志、权重及预测结果
评价与决策	2 学时；校企联合点评	高校教师指导指标分析；企业导师评价实时性、稳定性与算力要求	完成性能对比、错误样本分析和工程适配报告
拓展与反馈	课后 2 学时；分层任务与汇报	发布拓展要求，组织答辩和反馈	完成分层成果、汇报材料和个人反思记录

3.2. 项目化基础实验实施

基础模块强调“数据从何而来、模型为何有效、方案如何落地”。在现场认知阶段，企业导师结合药剂制度、矿浆状态和泡沫表面特征说明工况差异，高校教师引导学生记录采集时间、光照、遮挡、清晰度及泡沫状态。数据建构阶段重点处理边界漏标、重叠泡沫错标、轮廓不闭合和类别不统一等问题，小组通过交叉检查修正偏差，并保存标注文件、划分记录和增强样例，使过程可追溯。

模型训练不以“跑通代码”为终点。学生需结合配置文件、损失曲线、显存占用和预测结果解释路径错误、标签格式错误、收敛不稳定等现象。评价阶段则从“哪个模型精度最高”推进到“哪个模型更适合现场”，综合分析精度、速度、参数量、边界黏连和光照扰动，并由企业导师从设备算力、稳定性及部署成本补充判断。

3.3. 分层拓展任务与要求

分层任务在共同基础目标达成后开展，避免以统一难度要求所有学生。其任务、成果和评价重点见表 2。

Table 2. Requirements and assessment criteria for tiered extension tasks
表 2. 分层拓展任务要求及评价标准

层级	具体任务	最低成果要求	评价重点
提高层	采用 GhostConv 等结构进行轻量化改造	改进代码、模型权重、性能对比表	参数量、推理速度和精度变化及其解释
进阶层	开展教师模型 - 学生模型知识蒸馏	蒸馏方案、训练日志、对照结果	策略合理性、性能变化与分析深度
创新层	开展深度估计或泡沫三维形态重建	三维结果、方法说明、典型案例	结果有效性、创新性与研究规范

3.4. 能力导向的教学评价

评价采用过程性证据与结果性成果相结合的方式。过程证据包括预习报告、工况记录、标注检查表、训练日志和个人反思；结果成果包括数据集、代码、模型权重、性能对比、错误样本分析和工程适配报告。课程依据目标制定 100 分能力评价量表，各维度设置 4 级标准：4 级为证据完整且能形成有依据的工程判断，3 级为达到课程要求但分析不够深入，2 级为完成基础任务但记录或解释不足，1 级为成果存在明显缺失。具体见表 3。

Table 3. Competency evaluation scale for comprehensive machine-vision experimental projects
表 3. 机器视觉综合实验项目能力评价量表

评价维度(权重)	主要证据	4-1 级简要标准
工业问题认知与任务理解 (10%)	预习报告、问题分析、实验报告	4: 能联系工况、视觉特征和任务约束；3: 能说明背景与主要问题；2: 能复述任务；1: 理解不清
数据建构与质量控制(20%)	原始样本、标注文件、划分记录、检查表	4: 过程完整并能分析数据误差；3: 标注与划分规范；2: 完成基础处理但记录不足；1: 存在明显错误
模型实现与问题排查(20%)	代码、配置、日志、权重	4: 独立训练并依据证据排障；3: 能解决常见问题；2: 依赖模板完成；1: 模型未稳定运行

续表

结果分析与指标解释(20%)	性能表、曲线、预测图、 错误样本	4: 多指标与错误样本分析充分; 3: 能正确比较主要 指标; 2: 仅作数值高低比较; 1: 解释错误或缺失
工程适配与方案决策(20%)	模型优选说明、适配报 告、答辩记录	4: 综合精度、速度、算力和稳定性决策; 3: 考虑主 要约束; 2: 依赖单一指标; 1: 无有效决策
规范表达与团队协作(10%)	报告、汇报、分工与个人 记录	4: 材料可复现且分工清晰; 3: 成果较完整; 2: 记 录或表达不完整; 1: 难以复核

4. 教学效果评价与讨论

4.1. 研究对象与方法

研究采用非随机对照的准实验设计。改革班 46 人, 传统班 44 人, 均为同一专业、同一年级自然教学班, 由同一教学团队授课, 实验学时和基础软硬件条件一致。改革班采用本文教学模式, 传统班以算法讲解、指导书操作和结果验证为主。课程结束后, 两班完成统一的机器视觉综合任务, 提交需求分析、程序或运行记录、结果评价和方案说明。材料隐去姓名与班级后随机编码, 由两名教师依据表 3 独立评分; 正式评分前进行试评, 等级差异达到 2 级及以上时复核协商。评分者一致性采用组内相关系数检验。

统计分析计算各维度及综合得分的均值和标准差, 采用 Welch 独立样本 t 检验比较两班差异, 并报告 Cohen’s d 效应量; $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。学生问卷、课堂观察、企业导师和督导反馈作为辅助证据。

4.2. 基于 Rubric 的能力评价结果

Table 4. Comparison of competency scores between the reform and traditional classes
表 4. 改革班与传统班能力评价结果比较

评价维度	满分	改革班(n = 46)	传统班(n = 44)	P 值	Cohen’s d
工业问题认知与任务理解	10	8.03 ± 1.15	7.48 ± 1.37	0.041	0.44
数据建构与质量控制	20	15.99 ± 2.09	14.60 ± 2.67	0.008	0.58
模型实现与问题排查	20	15.36 ± 2.46	14.69 ± 2.60	0.216	0.26
结果分析与指标解释	20	15.68 ± 1.92	13.75 ± 2.43	<0.001	0.89
工程适配与方案决策	20	16.16 ± 1.96	14.17 ± 2.84	<0.001	0.82
规范表达与团队协作	10	7.96 ± 1.05	7.60 ± 1.10	0.123	0.33
综合得分	100	79.18 ± 6.55	72.30 ± 7.96	<0.001	0.95

如表 4 结果显示, 两名评分者的一致性较好($ICC = 0.91$)。改革班综合得分高于传统班, 差异主要集中在结果分析与指标解释、工程适配与方案决策以及数据建构与质量控制。改革班学生经历现场图像筛选、实例标注、交叉检查和数据划分, 能够将模型表现与数据质量联系起来; 在模型优选中, 还需综合精度、速度、参数量、设备算力和稳定性说明选择依据。

两班在模型实现与问题排查、规范表达与团队协作方面的差异未达到统计学意义。这表明传统验证性实验仍能训练基本算法操作和报告撰写, 本文改革的主要价值不是简单提高“跑通模型”的熟练度, 而是把操作进一步延伸为数据质量判断、多指标解释和现场适配决策。该差异结构也避免将所有能力变化笼统归因于项目化教学。

4.3. 问卷、多主体反馈及研究讨论

课程结束后,改革班和传统班分别获得 44 份、42 份有效问卷,采用 5 级 Likert 量表评价专业兴趣、工程创新思维、复杂问题解决信心、团队协作和科学严谨态度。问卷总体 Cronbach's α 为 0.89。改革班在专业兴趣、工程创新思维、问题解决信心和科学严谨态度方面得分较高,而团队协作差异不明显,与 Rubric 中“规范表达与团队协作”结果基本一致。问卷仅反映主观体验,因此不作为能力提升的唯一证据。

企业导师认为学生能够初步结合实时性、稳定性和算力讨论模型选择,但对浮选工艺和工况机理的理解仍需深化;授课教师和督导肯定真实项目形成了比传统运行截图更丰富的过程证据,同时指出 12 学时内完成标注、训练和评价节奏较紧,小组成员贡献也不易区分。课程据此增加课前标注训练、常见错误案例、个人过程记录和随机答辩。

上述结果与 PjBL 强调真实成果和持续探究的观点一致,但本研究并非仅将一个深度学习模型加入课程,而是利用产教融合把企业问题、现场数据和部署约束贯穿实验链条。现有研究主要从混合教学模式、课程内容重构、人工智能工具引入、校企协同和多元评价等方面推进机器视觉及相关课程改革[8]-[10]。在此基础上,本文进一步以数据集、代码、训练日志、错误样本分析和工程适配报告作为能力证据,并通过统一 Rubric、匿名双评和班级对照增强教学效果评价的客观性与可解释性。这也是本研究的主要学术与实践贡献。

4.4. 实施问题、研究局限与展望

课程实施仍面临设备、时间、协作和企业沟通等问题。企业现场受生产与安全安排限制,学生进入现场的机会不完全一致;标注和模型训练耗时较长,基础薄弱学生可能把精力集中于程序调试;小组中还可能出现分工固化和投入不均。企业导师参与受生产任务影响,部分工况解释和成果点评只能在线集中完成。后续将采用现场采集与典型视频相结合的方式,把基础操作前移至课前,并增加个人日志、组内互评和阶段答辩。

本研究对象来自同一高校的有限教学班,分班并非完全随机,结论的外部适用性仍需谨慎;评价虽引入 Rubric 和双人评分,但仍可能受教师判断影响;问卷为自我报告,尚未长期跟踪学生在毕业设计、竞赛或工程实践中的能力迁移。后续将扩大跨专业、跨学期样本,检验评分者一致性和量表效度,并将模式拓展至矿冶装备监测、目标检测、三维视觉和在线质量评价等场景。

5. 结语

本文以浮选泡沫智能感知为真实项目载体,将项目式学习、问题驱动探究、情境学习与校企协同融入机器视觉实验,形成“工业问题导入-数据建构-模型实践-工程优化-评价反馈”的教学链条。课程依托现场采集平台和真实数据,使学生经历从图像获取、标注和模型训练到错误分析与工程选型的完整过程,并通过分层任务支持差异化发展。

针对以往评价主观的问题,研究建立能力 Rubric,以过程材料和项目成果为证据,采用匿名双评、对照比较、问卷和多主体反馈构成评价闭环。教学效果评价表明,改革班的优势主要体现在数据建构与质量控制、结果分析与指标解释以及工程适配与方案决策等方面,而模型实现与问题排查、规范表达与团队协作仍需持续改进。研究也明确呈现了现场进入、课时压力、小组贡献和样本范围等限制,为后续扩大验证和优化课程提供依据。

基金项目

第二批教育部“人工智能+高等教育”应用场景典型案例(教高司函(2024)12号),江西理工大学

校级教改课题(XJG-2023-33), 江西理工大学校级 AI 示范课程建设项目(XZG-25-02-5)。

参考文献

- [1] 孙聪. 泡沫图像多特征融合的浮选过程药况识别研究[D]: [硕士学位论文]. 赣州: 江西理工大学, 2025.
- [2] 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>
- [3] Hmelo-Silver, C.E. (2004) Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, **16**, 235-266. <https://doi.org/10.1023/b:edpr.0000034022.16470.f3>
- [4] Lave, J. and Wenger, E. (1991) Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/cbo9780511815355>
- [5] 国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见[EB/OL]. 2017-12-19.
https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-12/19/content_5248564.htm, 2026-07-22.
- [6] Guo, P., Saab, N., Post, L.S. and Admiraal, W. (2020) A Review of Project-Based Learning in Higher Education: Student Outcomes and Measures. *International Journal of Educational Research*, **102**, Article 101586.
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
- [7] 教师生成式人工智能应用指引(第一版) [EB/OL]. 2025-11-28.
<https://www.cse.edu.cn/index/detail.html?category=148&id=4743>, 2026-04-14.
- [8] 白鸿一, 贾红剑. 基于“四合”模式的“机器视觉原理与应用”课程教学改革探索[J]. 职业技术, 2025, 24(1): 96-101.
- [9] 黄琳, 易金生. 基于人工智能和产教融合的“数字图像处理”课程改革新路径[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2026(1): 38-41.
- [10] 孙开伟, 邓欣, 胡波, 等. 构建产教融合协同育人共同体提升学生实践创新能力——以机器学习实践课程为例[J]. 创新教育研究, 2024, 12(7): 301-307.