

基于改进 YOLOv8 和因子分析的实验教学评价模型设计

陈林，沈微微，吕坤

宿迁学院，江苏 宿迁 223800

DOI: 10.61369/VDE.2025220021

摘要：针对传统实验教学评价的局限性，本文以某学院实验教学数据为基础，构建融合改进 YOLOv8 与因子分析的评价模型。改进 YOLOv8 通过加入 CBAM 注意力机制和 SPD-Conv 模块，提升异常行为检测性能（准确率 92.5%、召回率 90.2%、F1 分数 91.3%）；因子分析提取 4 个关键公因子（累积方差解释率 65.112%），明确核心影响因素，计算综合得分确定最优教学案例。模型实现实验教学智能化、多维度评价，为质量提升提供依据。

关键词：实验教学评价；YOLOv8；CBAM 注意力机制；SPD-Conv 模块；因子分析；学生参与度

Design of Experimental Teaching Evaluation Model Based on Improved YOLOv8 and Factor Analysis

Chen Lin, Shen Weiwei, Lv Kun

Suqian University, Suqian, Jiangsu 223800

Abstract : Aiming at the limitations of traditional experimental teaching evaluation, this paper constructs an evaluation model integrating improved YOLOv8 and factor analysis based on the experimental teaching data of a college. The improved YOLOv8 enhances the abnormal behavior detection performance (accuracy rate of 92.5%, recall rate of 90.2%, F1 score of 91.3%) by adding the CBAM attention mechanism and the SPD-Conv module. Factor analysis extracts 4 key common factors (cumulative variance explanation rate of 65.112%), identifies the core influencing factors, and calculates the comprehensive score to determine the optimal teaching case. The model realizes intelligent and multi-dimensional evaluation of experimental teaching and provides a basis for improving teaching quality.

Keywords : experimental teaching evaluation; YOLOv8; CBAM attention mechanism; SPD-Conv module; factor analysis; student engagement

在当今数字化时代，教育数字化已成为全球教育发展的重要趋势。实验教学作为教育教学的重要组成部分，对于培养学生的实践能力、创新思维和科学精神具有不可替代的作用。传统实验教学评价以实验报告和实验考试成绩为主，通过引入 AI 技术和因子分析方法，实验过程视频数据智能分析以及评价要素的降维处理，全面客观评价实验教学组织实施效果^[1]。

一、数据准备

以某学院 2024–2025–2 学期 3 位老师承担 6 个班级数据库系统原理、计算机网络课程的 47 个实验项目教学为基础数据，通过调查问卷、实验成绩、学生实验参与度 AI 分析扩展实验教学数据；其中调查问卷选项包括实验教学资源、教师指导情况、仪器设备完好情况、仪器设备性能、实验环境等 5 个方面的评价数据采集，共收集问卷调查 2160 份；学生实验参与度 AI 分析数据来源于教室监控视频，选取不同教室、不同时间段、不同学生群体的多样性视频图像数据 4466 张，并采用剪切、加噪、拼接等技术对

原始图像进行处理，扩充图像数据至 23626 张，提高 AI 模型鲁棒性和泛化能力。

二、学生实验异常行为分析

学生专注于实验操作，面部表情专注，身体前倾靠近实验设备时，可以判断学生实验兴趣浓厚、学生实验参与度高；而学生实验过程中的异常行为，如玩手机、讲话、睡觉、四处张望和离开座位等，则反映学生实验参与度低，不仅影响自身的学习效果，还会干扰正常的实验教学秩序，降低实验教学效果。^[2–4]

项目来源：宿迁学院实验教学和教学实验室建设研究项目（2024SYJJ07），“宿迁英才”雄英计划家禽智慧养殖创新创业团队。

玩手机在实验过程中最典型的异常行为，表现形式为学生低着头，且手机处于亮屏状态，手在手机附近移动；学生在实验课上低头玩手机，注意力分散，忽视实验任务，如图1所示。在实验过程中，学生之间适当的交流有助于合作学习，但过度交流讲话，会影响同学之间实验进度；讲话通常表现为两个及以上学生身体倾斜，且面向对方，如图2所示。



图1 玩手机



图2 讲话

课堂上睡觉的表现是学生趴在座位上或者用手撑着头；四处张望行为的特征是学生视线不是面朝讲台或仪器设备，而是左顾右盼；离开座位行为表现为学生呈现站立的姿态，可能会干扰其他同学，影响课堂秩序。

三、YOLOv8 模型改进

(一) 加入 CBAM 注意力机制

为了增强模型在复杂环境和遮挡情况下的目标检测能力，在 YOLOv8 主干网络的 C2f 模块后加入了 CBAM（卷积块注意力模块）注意力机制。CBAM 通过在通道和空间维度上应用注意力，帮助模型聚焦于重要特征，从而在拥挤或部分遮挡的课堂场景中提升检测性能，提高检测的准确性和鲁棒性^[5]；如在检测学生玩手机行为时，CBAM 能够增强与手机颜色、形状等特征相关的通道权重，使模型更准确地识别手机目标；在检测多个学生同时出现异常行为时，空间注意力机制可以帮助模型准确地定位每个学生的位置，避免因遮挡或重叠而出现漏检或误检。

(二) 引入 SPD-Conv 模块

考虑到实验室监控中经常遇到低分辨率图像和小目标问题的挑战，引入了一种新型 CNN 模块 SPD-Conv；SPD-Conv 采用 Space-to-depth 操作，将空间数据重新排列为深度信息，而非步幅卷积，保持空间分辨率，通过两者协同工作，有效改善低质量图像的细节数据呈现，从而提高小目标的检测精度^[6]。在实验教学异常行为检测中，对于一些较小的目标，如学生手中的手机，或者在低分辨率图像中难以清晰识别的行为，SPD-Conv 模块能够有效地提高检测精度。通过保持空间分辨率和改善细节数据呈现，模型能够更准确地定位和识别这些小目标和低分辨率图像中的异常行为，提升了整个检测系统的性能。

四、基于 AI 的学生参与度评价

利用 AI 技术进行学生实验过程参与度评价，首先通过实验室监控数据获取到所需的学生实验过程视频图像数据。采集到的数据需要进行预处理，包括图片切割、标注等操作。图片切割是将连续的视频流分割成单帧图片，以便后续处理；标注则是对图

片中的关键信息进行标记，如学生玩手机图片，标注出学生的位置、手机的状态以及手部动作等信息。

使用改进后的 YOLOv8 模型对实验过程异常行为进行检测分析，并与原始 YOLOv8 模型进行对比分析。实验结果表明，改进后的模型在实验教学异常行为检测中具有更高的准确性、召回率和 F1 分数。

在准确率方面，改进后的模型达到了 92.5%，而原始模型为 85.3%。这表明改进后的模型能够更准确地识别各种异常行为，减少误检和漏检的情况。如在检测学生玩手机行为时，改进后的模型能够更准确地判断手机是否处于亮屏状态以及学生的手部动作是否与玩手机相符，避免将正常使用手机查阅资料的行为误判为玩手机异常行为。

在召回率方面，改进后的模型为 90.2%，原始模型为 82.1%。召回率的提高意味着改进后的模型能够检测出更多实际存在的异常行为，不会轻易遗漏异常情况。在检测学生睡觉行为时，改进后的模型能够更敏锐地捕捉到学生趴在座位上或用手撑着头的细微动作，即使在部分遮挡或光线较暗的情况下，也能准确检测出睡觉行为。

从 F1 分数来看，改进后的模型 F1 分数为 91.3%，明显高于原始模型的 83.6%。F1 分数综合考虑了准确率和召回率，其提升进一步证明了改进后的模型在检测性能上的全面提升。

五、基于因子分析的实验教学评价设计

(一) 实验教学评价指标因素

实验教学资源指标是实验教学评价的重要指标之一，丰富性的实验教学资源涵盖多种实验类型、学科领域和难度层次，以满足不同学生的学习需求；资源的准确性和动态更新也至关重要。

实验教学过程指标关注实验教学方法和教师指导互动情况，在实验教学中，教师可以先讲授法讲解实验原理和操作步骤，然后利用演示法进行实际操作演示，最后组织学生实操；良好的教师指导及师生互动能够促进学生的学习，提升实验教学效果。

实验成绩是实验教学效果的直观指标，能够在一定程度上体现学生实验操作正确程度、实验报告质量、解决实际问题能力。

学生实验参与度反映学生参与实验的积极性、专注度情况，无法人为定量评价，需要结合 AI 技术对实验过程视频图像进行检测分析。

实验条件是实验教学的基本保障，实验室环境、仪器设备完好率以及仪器设备性能等都会影响实验教学的组织实施和实验教学效果。

(二) 评价指标因子分析过程

1. 算法配置

在 SPSSPRO 统计分析建模平台上，上传实验基础数据、实验成绩以及经过预处理的调查问卷、学生参与度 AI 分析数据作为因子分析来源数据；并作如下设置：

算法：因子分析

变量：{实验指导老师，上课班级，学生人数，实验教学资

源评价，教师指导评价，仪器设备完好率评价，仪器设备性能评价，学生参与度 AI 评价，实验环境评价，实验成绩}；

索引项：{课程名称}

因子旋转方式：{最大方差法}

主成分个数：{4}

2. 分析步骤

首先进行 KMO 和 Bartlett 的检验，结果如表1所示。其中 KMO 值为 0.551，Bartlett 检验 P 值为 0.000***，表明适合进行因子分析。

表1 KMO 和 Bartlett 的检验结果

KMO 检验和 Bartlett 的检验		
KMO 值	0.551	
Bartlett 球形度检验	近似卡方	151.104
	df	45
	P	0.000***

注：***、**、* 分别代表 1%、5%、10% 的显著性水平

主成分因子个数为 4 时，旋转后累积方差解释率为 65.112%；碎石图如图3所示，因子个数 4 或 5 时，特征根下降坡度趋于平缓，结合方差解释率分析得到因子个数 4 是可行的。

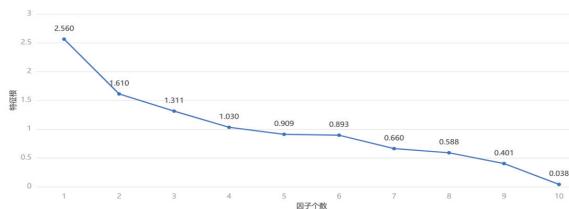


图3 碎石图

通过成份矩阵表，得到各个成分的所包含的这成分载荷因子得分系数，从而计算出成分得分，如表2所示。主成分权重由方差解释率 / 旋转后累积方差解释率得到，如表3所示，结果显示指标权重最大值为因子 1 (37.094%)、最小值为因子 4 (18.819%)，实验教师、上课班级、实验成绩和学生参与度 AI 评价在实验教学评价中权重较大，是影响实验教学效果的主要因素。

表2 成分矩阵表

名称	成分			
	成分 1	成分 2	成分 3	成分 4
实验指导老师	0.407	-0.04	-0.102	0.03
上课班级	0.405	-0.051	-0.111	-0.029
学生人数	0.082	-0.066	0.029	0.525
实验教学资源评价	0.07	0.026	-0.665	0.135
教师指导评价	-0.029	0.433	-0.041	0.106
仪器设备完好率评价	-0.012	-0.21	0.158	-0.69
仪器设备性能评价	0.075	0.23	0.318	0.092
学生参与度 AI 评价	-0.098	-0.334	0.409	0.21
实验环境评价	0.281	0.05	0.121	0.119
实验成绩	-0.028	0.512	0.112	-0.01

表3 因子权重分析

名称	旋转后方差解释率 (%)	旋转后累积方差解释率 (%)	权重 (%)
因子 1	0.242	24.153	37.094
因子 2	0.154	39.53	23.616
因子 3	0.133	52.858	20.47
因子 4	0.123	65.112	18.819

根据 F 值计算得到综合得分并降序排序，得到样本的综合得分与排名情况，结果显示实验教学综合评价靠前的全部为计算机网络课程实验，其中 3 号教师出现 7 次，6 号班级出现 5 次，说明在样本数据中，3 号教师承担 6 号班级计算机网络课程实验教学效果最好。

六、结论

在实验教学评价模型中引入改进 YOLOv8 模型和因子分析方法，在不同环境、多主体的实验教学评价中呈现出明显优势；实验验证了该模型的有效性，能够全面、客观地反映实验教学的质量和效果，有助于教学管理人员和教师发现实验教学中存在的问题，及时调整策略提高实验教学质量。

参考文献

- [1] 吕伏, 傅宇恒, 贺丽娜, 等. 三维多层次特征协同的无人机遥感目标检测算法 [J]. 计算机科学与探索, 2024, 18 (5): 1302–1314.
- [2] 网络信息与数据服务中心(东北电力大学信息化办公室). 干货分享 | 35 个 AI 赋能教育的应用场景 [EB/OL]. 2025-04-29.
- [3] 李明华, 王丽娟. 高中生物实验操作教学增值性评价与人工智能技术的融合创新教学研究 [R]. 北京: 原创力文档, 2025.
- [4] 陈晓峰, 赵文静. 基于融合注意力机制和改进 YOLOv8 算法的学生课堂行为识别应用研究 [J]. 计算机工程与应用, 2025, 61 (17): 234–241.
- [5] 刘思远, 陈梦琪. 绩效考核新视角: 基于因子分析的高校公共基础课教师评价体系探索 [R]. 上海: 教育科学出版社, 2025.
- [6] 张宇, 陈志刚. 助力打造智慧数字课堂: 基于 YOLOv8 全系列模型的教学场景行为检测系统 [J]. 信息技术与教育应用, 2024, 8 (2): 45–53.