

基于MMAction2模型的体育课堂教学行为评价系统设计与应用

刘超¹, 邵知宇², 董翠香³

(1.扬州大学 体育学院, 江苏 扬州 225127; 2.扬州大学 电气与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225127;
3.华东师范大学 体育与健康学院, 上海 200241)

摘要: 依托先进的 MMAction2 模型, 首次将其应用于体育课堂教学行为评价, 设计一套涵盖多元智能算法分析和可视化反馈功能的完整系统, 实现从数据采集到行为分析的自动化与智能化。研究表明, 该系统由 4 个核心模块组成: 感知层(负责数据采集与输入)、平台层(进行数据处理与存储)、模型层(完成行为识别与分析)以及应用层(提供数据可视化与结果反馈)。这些模块高效协同且构建了一个完整的教学行为评价体系。实际测试表明, 该系统在篮球课堂教学中达到 92% 的行为识别准确率, 分析结果与人工标注一致性高达 95%, 可显著提升教学评价的效率与准确性。

关键词: 体育课堂教学行为; 人工智能; 评价系统; 神经网络; MMAction2 模型

中图分类号: G807 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2025)05-0127-09

Design and application of evaluation system for teaching behavior in physical education classroom based on the MMAction2 model

LIU Chao¹, SHAO Zhiyu², DONG Cuixiang³

(1.School of Physical Education, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 2.School of Electrical, Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 3.School of Physical Education and Health, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: Leveraging the advanced MMAction2 model, the study applies it for the first time to the evaluation of teaching behavior in physical education classroom, and designs a complete system encompassing multi-intelligence algorithm analysis and visual feedback functions, so as to achieve automation and intelligence from data collection to behavior analysis. This research shows that this system consists of four core modules such as the perception layer (responsible for data collection and input), the platform layer (for data processing and storage), the model layer (for behavior recognition and analysis), and the application layer (providing data visualization and result feedback), and these modules efficiently collaborate to construct a comprehensive evaluation system for teaching behavior. And practical tests demonstrate that this system achieves a 92% accuracy rate in behavior recognition and a 95% consistency between analysis results and manual annotations in basketball classroom teaching, which significantly enhances the efficiency and accuracy of teaching and evaluation.

Keywords: teaching behavior in physical education classroom; artificial intelligence; evaluation system; neural network; MMAction2 model

2023年9月, 习近平总书记提出“新质生产力”发展理念, 倡导以前沿技术催生新产业、新模式、新

动能, 推动产业创新^[1]。在体育课堂教学研究领域, 新质生产力主要体现之一是人工智能技术在体育课堂教

收稿日期: 2025-02-17

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(23ATY006); 教育部人文社会科学研究青年项目(22YJC890013); 江苏省社会科学基金青年项目(22TYC003)。

作者简介: 刘超(1992-), 男, 讲师, 博士, 硕士生导师, 研究方向: 学校体育基本理论与实践。E-mail: cxd196411@163.com
通信作者: 董翠香

学评价中的深度应用^[2]。回溯至 2021 年, 教育部办公厅正式印发的《〈体育与健康〉教学改革指导纲要(试行)》, 已敏锐地将智能技术对传统课堂教学评价模式的重塑与变革, 列为重点关注的战略领域^[3]。这一前瞻性的布局为后续的实践探索奠定理论基础。随着《义务教育体育与健康课程标准(2022 版)》的发布, 运用现代信息技术手段实现课堂教学评价的实时性与精准性得到进一步强调, 人工智能技术在体育课堂教学评价中的应用因此获得更为明确的政策导向和实践空间^[4]。由此可见, 人工智能已然成为助推新时代体育课堂教学评价改革的“利器”。

尤为值得关注的是, 体育课堂教学行为评价作为课堂教学评价的重要组成部分, 其质量高低直接影响着课堂教学的成效与学生的学习体验^[5]。然而, 当前体育课堂教学行为评价仍处于传统发展阶段。一是, 评价者根据自身积累的教学经验和专业知识, 针对所观察的体育课堂情境设计合适的评价工具, 对课堂中的教学行为进行纯人工标注与分析。比如 20 世纪 70 年代, Cheffers 等设计 CAFIAS(cheffers' adaptation of flanders' interaction analysis system), 用于分析体育课堂上教师言语、学生言语和沉寂或混乱 3 类行为, 以反映课堂学习气氛、教学风格以及教学效能等^[6]。Stewart 等设计 ORRPETB(observation recording record of physical educator's teaching behavior), 用于分析教师课堂时间分配、师生互动、教师行为等 3 个方面^[7]。2018 年 Quested 等^[8]设计 NIBS(need-relevant instructor behaviors scale), 用于分析教师满足学生情感需求、胜任需求和自主需求行为的频率与强度。这些单纯依靠人工评价的方法存在依赖主观判断、分析样本量小、编码耗时费力等缺点^[9]。二是, 随着信息技术的飞速发展, 辅助体育课堂教学行为标注和分析的软件相继被开发, 运用于体育课堂教学行为评价。比如研究者借助 Nvivo 软件对中国健康体育课程模式下体育课堂教学行为进行标注与分析, 并总结体育课堂教学特征^[10]。然而, 这种半自动化的评价方式在实践中表现出显著的效率瓶颈。由于人工打点的滞后性, 实时分析和快速反馈几乎不可能实现, 这使得其在教学质量即时改

进中的作用受到限制^[11]。

近年来, 以神经网络为代表的机器学习技术飞速发展, 特别是 MMAAction2 模型的兴起, 为实现高效、精准的教学行为评价提供新的技术支持^[12], 可以有效解决上述传统发展阶段存在的局限性。MMAAction2 模型是一个视频理解开源工具包, 整合多种经典动作识别模型。其创新点包括: (1)双流神经网络, 结合慢速分支提取静态特征和快速分支捕捉动态变化, 精准分析体育课堂中学生动作; (2)时序特征建模, 采用时间偏移模块实现长短时信息融合, 支持捕捉短时互动行为; (3)多模态输入, 支持 RGB 帧与光流图联合输入, 同时提取视频时空特征, 显著提升复杂行为检测准确性。鉴于此, 本研究以前期传统评价系统为理论基础^[13], 依托先进的 MMAAction2 神经网络模型, 设计并实现一套智能化体育课堂教学行为评价系统。此系统的核心在于充分利用 MMAAction2 模型强大的深度时空特征提取与分析能力, 旨在实现对复杂课堂教学行为进行自动精准的标注与深入分析, 为构建一种更为个性化、多面向的教学反馈机制奠定坚实的技术基石。

1 基于 MMAAction2 模型的体育课堂教学行为评价系统设计

基于 MMAAction2 模型的体育课堂教学行为评价系统主要由感知层、平台层、模型层和应用层 4 个核心部分组成: 感知层主要对课堂中教师行为、学生行为以及互动行为数据进行采集。平台层预处理原始数据, 设计数据库存储用户信息及统计结果。模型层利用 MMAAction2 模型提取静态特征和分析动态光流特征高效识别所采集的视频数据中的复杂教学行为, 并将其转化为评价模型可处理的结构化数据。应用层面向用户对分析课堂教学行为的关键理论、教学行为分析过程、量化评价结果等进行可视化展示。

本系统通过实验验证设计的合理性。实验中, 针对篮球教学的课堂视频数据, 系统成功采集并预处理包含 50 个视频的教学行为数据, 模型层基于 MMAAction2 实现 90% 的行为识别准确率, 分析结果与人工标注的一致性达到 95%(见表 1)。

表 1 系统性能验证结果

实验指标	实验描述	结果数值	说明
视频数据量	采集并预处理的篮球课堂教学视频数量	50	通过感知层采集, 包含不同教学行为的视频
动作类别数	教学行为的动作分类类别	12	包括“教师示范”“学生练习”“互动问答”等
数据预处理耗时	单个视频数据的平均预处理时间	15 s	数据去噪、切分和标准化处理
动作识别准确率	基于 MMAAction2 模型的动作识别准确率	90%	模型对教学行为的分类准确率
标注一致性	模型结果与人工标注结果的一致性	95%	使用人工标注结果作为对照
数据传输延迟	数据从采集到展示的平均延迟	1.5 s	包括采集、预处理、分析和前端展示的全过程
系统整体评价	用户对系统的满意度评分(1~5 分)	4.8	基于 10 位参与教师的用户体验反馈

2 基于 MMAAction2 模型的体育课堂教学行为评价系统实现

2.1 实现原理

从开发架构视角而言, 本系统采用分离关注点的原理^[14], 从采集数据、展示数据(前端)、处理数据(后端)3个维度进行系统的开发(见图1)。数据采集模块的开发人员负责外部系统的接口管理, 前端开发人员负责用户体验的优化和界面设计, 后端开发人员负责复杂数据的处理、算法优化及数据的安全存储。此架构让团队成员各司其职、减少冲突、提升效率, 有效实现系统稳定性和可靠性。

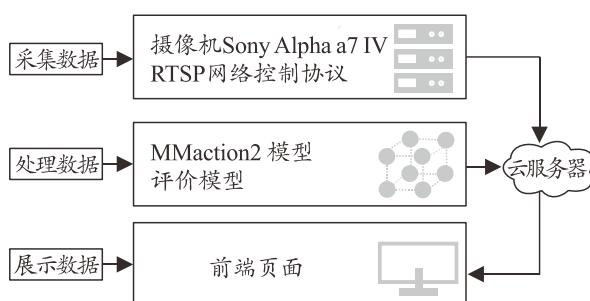


图1 体育课堂教学行为评价系统实现原理

从实现技术路径而言, 系统采用高分辨率摄像头录制课堂教学, 通过 RTSP 实现视频流稳定传输至云服务器处理模块。利用 MMAAction2 神经网络模型自动识别视频内容并进行动作分类, 经评价模型处理后反馈至前端页面。多摄像头被布置在课堂的关键位置, 以实现对教师行为、学生行为和互动行为的全覆盖。

2.2 实现过程

基于 MMAAction2 视频工具, 构建教学行为评价系统实现框架(见图2)。

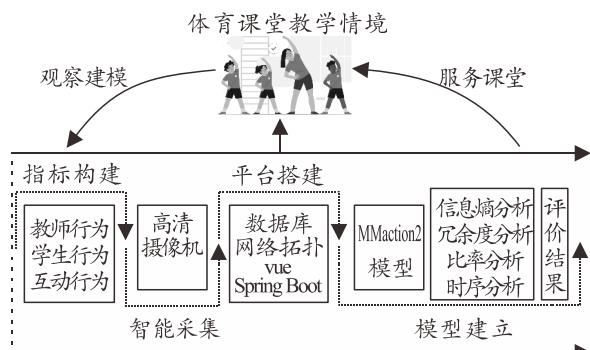


图2 体育课堂教学行为评价系统实现过程框架

涵盖评价指标构建、智能采集、模型建立和平台搭建4个环节。指标构建奠定评价基础, 明确衡量维度; 智能采集则高效精准地收集教学行为数据, 为系

统分析提供支撑。模型建立则实现教学行为的自动标注与精准分析, 助力教学改进。平台搭建则整合各环节, 提供稳定集成的工作环境, 确保评价系统顺畅运行。

1)指标构建: 多元化教学行为评价指标, 奠定 AI 深度融合与精准标注的基础。

多元化体育课堂教学行为评价指标体系的构建, 既是人工智能技术深度融入教学行为评价的基础, 也是机器精准标注的依据。可以将体育课堂教学中难以捉摸、难以量化的行为特征, 转化为一系列可操作、可测量的评价指标。基于前期研究基础, 构建包含体育教师行为、学生行为、互动行为3大核心维度, 以及讲解与示范、指导与评价、信息技术运用、过渡、准备活动练习、运动技能练习、体能练习、放松练习、提问与回应、学练配合、师生共赛以及互讨与互评等12个二级指标评价体系(见表2)^[15]。

2)智能采集: 高精度多摄像头, 完成课堂全方位非入侵式数据采集与预处理。

本模块采用 Sony Alpha A7 iv 高清摄像头, 具备 1 080 p 分辨率(1920×1080)和 30 fps 帧率, 集成五轴防抖技术, 专为体育课堂动态场景设计。其高分辨率能精准捕捉动作细节, 提升动作分类精度及视频流畅度, 同时增强光流数据准确性。内置五轴防抖确保手持或运动状态下稳定采集, 有效抵御环境干扰, 保障课堂交互信息的高质量获取与预处理。此外, 摄像头配备无线传输模块, 实现课堂信息即时上传至云服务器, 便于系统深入分析处理。

3)平台搭建: 前后端技术与 MySQL 数据库, 形成高效、兼容和稳定的系统运行环境。

平台搭建采用 Vue 框架实现前端组件化开发, 结合 HTML/CSS/JavaScript 构建响应式界面, 通过 Ajax 异步通信与后端 API 以 JSON 格式交互, 支持多端兼容及数据动态渲染。后端基于 SSM 框架(Spring 整合业务逻辑与依赖注入, SpringMVC 路由处理请求如视频上传及分析任务调度, MyBatis 灵活映射 MySQL 数据操作), 以模块化设计提升服务维护性。同时依托 MySQL 关系型数据库的事务机制、高并发控制及跨平台特性, 保障数据一致性、存储稳定性与系统扩展性, 最终构建前后端解耦、全链路高效协作且安全稳定的运行环境。

4)模型建立: 基于 MMAAction2 模型与多算法融合建模, 实现教学行为的自动标注与结果表征分析。

(1)MMAAction2 模型。MMAAction2 是一个基于 PyTorch 的开源视频理解工具箱, 支持多种视频理解任务, 系统借助于 MMAAction2 的行为识别、时空检测和时序检测等功能识别教师行为、学生行为以及互动行为的动作表现(三者之间的任务联系见图3)。

表2 体育课堂教学行为评价指标体系

一级指标	二级指标	编码	内涵
教师行为	讲解与示范	1	在教学过程中,教师通过语言描述和动作展示来帮助学生学习运动知识与技能、体能的行为表现
	指导与评价	2	在教学过程中,教师对学生练习动作进行引导、分析、纠错与反馈的行为表现
	信息技术运用	3	在教学过程中,教师将多媒体技术深度融合到课堂教学的行为表现
	过渡	4	在教学过程中,教师为了管理和组织课堂活动而进行的一系列行为表现
学生行为	准备活动练习	5	体育课基本部分开始前,学生为了缩短进入运动状态的时长、预防运动损伤而有目的地进行身体练习的行为表现
	运动技能练习	6	
	单个技术练习	6.1	在学习过程中,学生进行单一动作练习、组合动作练习、展示动作与比赛的行为表现
	组合技术练习	6.2	
	展示与比赛	6.3	
	体能练习	7	在学习过程中,学生练习速度、力量、耐力、柔韧性、灵敏性、协调性等身体素质的行为表现
	放松练习	8	在体育课结束部分,学生旨在使身体从紧张或运动状态逐渐过渡到松弛状态所做的一系列身体练习的行为表现
	提问与回应	9	
互动行为	封闭性提问→可预期 回应→一般性反馈	9.1	在教学过程中,教师提出封闭性问题,学生给出不需要思考的回应,教师给予一般性反馈的行为表现或教师提出开放性问题,学生给出深入思考和探索后的理解性回应,教师给予专业性反馈的行为表现
	开放性提问→理解性 回应→专业性反馈	9.2	
	学练配合	10	在教学过程中,教师与学生配合学习与练习,以更好促进学生学的行为表现
	师生共赛	11	在教学过程中,教师与学生一起参与游戏或组织比赛活动的行为表现
	互讨与互评	12	在学习过程中,学生之间针对某一问题、某一练习任务持有不同观点,进行讨论及作出回答的行为表现

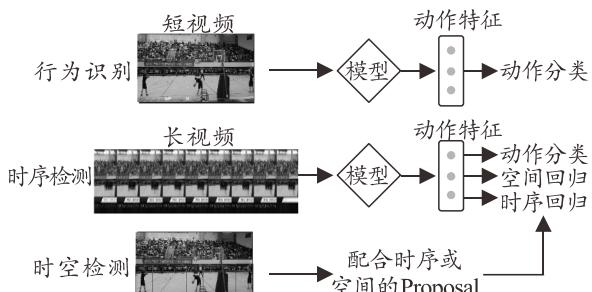


图3 MMAction2 任务联系图

(2)教学行为结果表征分析。信息熵分析可衡量体育课堂活跃度^[16]。信息熵值越大说明教学行为越多样化,反之则说明教学行为越单一。教师行为的各种变化能够体现出教师在控制课堂进度和引导学生等方面的教学能力,学生行为的各种变化则能够体现出学生课堂参与和自我建构的程度。教学行为信息熵计算公式如下:

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \quad (3.1)$$

式中 $i(i=1,2,3\dots n)$ 为体育课堂教学过程中的某一类教学行为, P_i 为 i 类教学行为发生的概率(m_i/M), M

为体育课堂教学行为的样本总数, m_i 为 i 类教学行为的总数,按照熵原理来分析,当各类教学行为出现的概率相等时式中信息熵值 H 将达到最大,即 H_{\max} 为教学行为最大信息熵时, $H_{\max} = -\log_2 P_i$ 。

冗余度分析是指各分项评价指标之间在计算内容上的重复程度^[17],反映教师对重难点的强化效果及学生理解过程中的反复表现。假设 H 为某一节体育课教学行为信息熵, H_{\max} 为该节课教学行为信息熵的最大值, h 为该节课教学行为相对信息熵,那么 $h = H/H_{\max}$ 。由此,该节体育课教学行为冗余度(r)则为:

$$r = 1 - \frac{H}{H_{\max}} \quad (3.2)$$

比率分析可以呈现教学行为的分布状况,通过分别计算教师行为、学生行为和互动行为在教学过程中所占的比例,可以反映课堂教学结构^[18]。具体计算公式见式(2)~式(4)。

$$J = J_b / S_z \times 100\% \quad (3.3)$$

式中 J 为一节体育课中体育教师教学行为占比, J_b 为一节体育课中体育教师教学行为数, S_z 为一节体育课中师生所有行为总数。

$$X = X_b / S_z \times 100\% \quad (3.4)$$

式中 X 为一节体育课中学生学习行为占比, X_b 为一节体育课中学生学习行为数, S_z 为一节体育课中师生所有行为总数。

$$D = D_b / S_z \times 100\% \quad (3.5)$$

式中 D 为一节体育课中教学互动行为的占比, D_b 为一节体育课中教学互动行为数, S_z 为一节体育课中师生所有行为总数。

时序分析是以运行时间为数据序列, 运用时间序列方法建模其趋势与周期性, 预测教学行为随时间的变化趋势^[19]。在体育课堂中, 以时间为横轴、行为为纵轴展示行为随时间变化, 分析序列间关系, 描述教学行为的变化趋势与分布特征。

(3)模型训练。

模型训练使用 Kinetics-400 公开数据集, 包含 400 类动作类别, 其中筛选出与课堂教学行为相关的 50 类动作。训练批量大小为 16, 初始学习率为 0.001, 优化器为 Adam, 训练轮数为 50 轮。通过特征融合技术(RGB 和光流特征的加权平均)提高分类准确率以及采用数据增强技术提升模型的泛化能力。模型在测试集上的准确率为 92%, 与人工标注的一致性为 95%(见表 3)。

表 3 模型性能评估结果

指标名称	描述	结果
测试集动作类别数量	测试集中包含的动作类别总数	50
测试视频数量	测试集中包含的视频数量	200
动作识别准确率	模型对动作类别分类的正确率	92%
人工标注一致性	模型分类结果与人工标注结果的一致性	95%
模型推理速度	每帧视频数据的处理时间	25 ms
召回率(Recall)	模型正识别出正样本的比例	90%
精确率(Precision)	模型预测为正样本的结果中真正正样本的比例	93%
F1 分数	精确率和召回率的调和平均数	91.50%

3 基于 MMAction2 模型的体育课堂教学行为评价系统应用与服务

3.1 应用: 精准解读, 赋予行为数据教育意义

选取水平五(高一年级)“篮球传切配合”教学视频作为课例, 进行数据应用剖析。该节课充分体现国家《体育与健康课程标准》的理念与要求, 并得到评课专家的高度认可, 对本研究分析教学行为非常具有代表性。

1)高信息熵低冗余, 激发课堂活力与建构性。经过智能算法精密计算, 本节课信息熵为 3.202 bit, 表明教学行为高度多样化, 教师采用丰富的教学策略, 避免课堂的单调性, 显著提升学生兴趣和自主性。冗余度为 0.180, 表明教学过程中的重复行为较少, 教师

能够高效管理课堂时间, 将更多精力集中于关键知识点的突破。

2)从整体到具体, 全面解构课堂结构。在课堂结构方面, 从课的整体布局观察, 学生行为占比为 61.18%, 表明课堂的主体是学生, 充分体现以“学生为中心”的教学理念; 教师行为占比为 17.72%, 凸显教师扮演组织者和引导者的角色, 而非传统的“知识灌输者”, 这一角色转变有效培养学生自主学习能力; 互动行为占比为 21.10%, 展示课堂上师生、生生之间的频繁交流, 构建动态且充满合作的学习环境。

从课的具体环节可以发现, 该节课具有如下特征:

(1)贯彻精讲多练的教学原则, 注重教学过程中的巡回指导与评价。在该节课中, 讲解与示范占比约为 5%, 时间约为 2 min; 指导与评价占比约为 5%, 时间约为 1.83 min; 过渡占比约为 8%, 时间约为 3.17 min。这表明在教学过程中, 教师集体停顿以进行讲解与示范的时间相当有限, 而更加侧重于学练环节对学生进行巡回指导, 旨在为学生提供更为丰富的学练时间, 确保他们能够充分实践并深化对运动技能的理解与掌握。

(2)学练结构化运动技能, 引导学生学以致用。在运动技能学练环节中, 组合技术练习占比约为 6%, 时间约为 2.5 min; 展示与比赛占比约为 22%, 时间约为 8.5 min。这表明在教学过程中, 教师善于引导学生学练结构化运动技能, 不仅注重进行组合动作的学练, 还注重在实战模拟与比赛中促进学生的技能应用, 真正实现从学习到运用的无缝对接, 让学生在实践中深化理解以达到学以致用的教学目的。

(3)师生和谐互动, 课堂氛围积极向上。在该节体育课中, 教学互动行为占比为 21%, 其中师生共赛占比最高(13%)。这表明教师采用高度参与性的教学方式, 极大地促进师生间的互动与合作。师生共赛不仅增强课堂的趣味性和学生的参与度, 还有助于教师在实战中直接观察并指导学生的技能运用, 实现教学相长。此外, 也反映教师对于构建平等、活跃课堂氛围的重视, 旨在通过亲身体验和团队合作加深学生对体育精神的理解, 培养其竞争与合作的能力, 从而真正实现体育教学的多维目标。

(4)运动密度高, 学生有效运动时间充分。该节体育课的运动密度为 $85\%[(\text{过渡时间} + \text{准备活动时间} + \text{运动技能练习时间} + \text{体能练习时间} + \text{放松练习时间} + \text{学练配合时间} + \text{师生共赛时间}) \div \text{课堂的总时间}] \times 100\%$, 即 $2020 \div 2370 \times 100\% = 85\%$, 大于《普通高中体育与健康课程标准(2017 年版 2020 年修订版)》要求的 75%^[20]。这表明在技战术学练过程中充分保证学生的有效运动时间, 课堂逻辑紧凑且高效, 能够让学生在有限的时

间内获得最大化的体能锻炼和技战术能力的提升。

(5)课堂提问水平低，未能有效促进学生深度学习。在该节体育课中，提问占比仅为3%，且这些提问多以封闭性提问、可预期应答以及一般性反馈为主。提问占比低的原因可能是：教师在课程设计时更加注重技能实践环节，忽视对学生深度思考能力的培养；教师对开放性提问的技巧和时间管理不足，导致课堂提问流于形式。因此，需要增加开放性问题的比例，通过设置“情境化问题”引导学生进行探索性思考。例如，在篮球教学中可以询问“如何在实际比赛中灵活应用传切配合战术”以激发学生的创造性思维。

(6)现代信息技术运用水平低，信息素养水平有待提高。这节体育课中，教师并未采用现代信息技术手段来辅助教学。这一现象反映当前教师信息素养的不足。为提升教师的信息技术运用水平，学校可定期组织信息技术与教学整合的专项培训，帮助教师掌握如智能穿戴设备、视频分析工具、在线反馈平台等技术手段，从而丰富教学手段、提高课堂趣味性和满足学生个性化学习需求。

3)以点带面，精准描绘教学进程脉络。在教学行为变化趋势上，本节课学生行为活动频繁且占据多个时间段，教师与互动行为则较为分散且频率较低，显示出教师主要作为引导者和辅助者，而学生主导课堂进程。按照课堂教学的进程，可以将该节课的教学行为变化趋势拆解为3个部分。

(1)准备部分(0~360 s)。可以将准备部分学练切分为2条行为链：1-5(9.1)、1-4-5(9.1)-2。这表明，在准备活动练习阶段，学生不仅全面参与常规性的热身运动，还深入进行针对性的专项准备活动，为后续的学练环节奠定坚实基础。同时，教师不仅详尽地进行讲解与示范，而且在学生执行专项准备活动时，进行巡回指导与评价并伴随封闭性提问，确保每个学生都能得到适时的帮助与指正。

(2)基本部分(361~2 260 s)。运动技能学练环节可以切分为4条行为链：1-10-4-6.2(9.1)、10)-2、1-4-6.3(9.1, 11)、1-4-6.3(9.1)-2、1-4-6.3(11)。这表明教师总共设计4个学练环节，在每个学练环节中，教师不仅进行详尽的讲解与示范、流畅的过渡以及针对性的指导与评价，还在学生组合技术练习或比赛实践中，穿插进行提问、配合学练以及师生共同参与比赛多元化的交互活动，极大地丰富课堂的互动性和学生的学习投入。体能练习部分可以切分为2条行为链：1-4-12-7、4-7(9.1)-4-7(9.1)-4-7(9.1)。这表明在体能练习环节，教师不仅为学生创造自主探究与合作的学习空间，还重视在分小组循环练习中的过渡调

节策略，确保练习流程的顺畅与高效。同时，教师还密切关注学生的练习动态，根据练习情况适时提出问题，以此激发学生的思考，促进体能的提升。

(3)结束部分(2 261~2 370 s)。结束部分学练的教学行为链为4-8-2。这表明教师在体能环节结束后，经过流畅过渡时间无缝衔接至放松活动环节，并在放松过程中进行简单总结与评价，对学生的学效果给予及时反馈，旨在巩固课堂所学、促进学生的持续进步与自我提升。

3.2 服务：搭建高效互动平台，共筑师生成长新生态

1)用户管理。系统提供全面的基础用户管理功能，包括注册与登录，确保用户安全并支持个性化服务，提升用户体验。用户可注册个人账户，安全访问平台，享受定制服务，同时系统允许修改个人信息和密码，保障账户安全。管理员可进入后台，通过模糊或全部查询管理用户，定期清理过期账户，优化系统流畅性和稳定性。此外，系统实施权限分级管理，不同用户拥有不同功能和数据访问权限，确保信息安全与合理使用。

2)可视化界面。可视化界面可以将复杂而繁琐的教学行为分析数据转化为直观易懂的立体图表。系统深度融合先进的D3.js数据可视化工具，不仅实现分析结果的多维度、动态化展示，还赋予用户高度的自定义能力。从直观对比到趋势追踪，旨在帮助体育教师快速捕捉课堂教学动态，深入洞察课堂教学行为的细微差别与教学效果的演变轨迹。

3)报表。合理地运用教学行为评价结果反馈，可引导学生优化学习策略、指导教师提升教学效果^[21]。因此，为了最大化地发挥评价结果的效用，该系统在结果反馈环节设计体育课堂教学评价意见反馈征集表，旨在构建一个闭环的评价与改进机制。完成评价后，这些详尽的反馈允许教育者直接下载评价表格以及打印输出，作为宝贵的参考资料用于后续教学实践中的自我审视与针对性改进，有效弥补课堂中的不足，推动教学质量与效率的持续提升。

4 讨论

4.1 智能技术赋能体育课堂教学行为评价系统，实现教学行为分析的自动化与精准化

本研究基于MMAAction2模型，创新性设计并实现一套智能化体育课堂教学行为评价系统。该系统能够自动采集、识别和分析体育课堂中的教师行为、学生行为以及互动行为，并生成详细教学数据报表，助力教师优化教学策略。该系统在技术、教学评价有效性和应用性方面均做出创新贡献。

(1)微服务架构与双层数据库结构，软件架构与数

据库架构相融合的新技术。本系统在技术架构设计上,深度融合现代分布式系统理念与高可用性保障机制,采用 Spring Cloud 微服务架构作为核心框架,通过服务解耦与模块化设计,将系统功能划分为多个独立且自治的服务单元,实现系统的灵活扩展与维护^[22]。在数据持久化层面,系统通过双层数据库结构及数据备份恢复机制,增强数据的安全性与可靠性,保障数据完整性。该架构设计在理论层面深度借鉴 Buedo 和 Miller 的分层架构思想,为系统的清晰性和稳定性提供理论支持^[23]。

(2)基于 MMAAction2 模型的行为标注技术,自动化捕捉与分类教学行为的新方法。随着传感器技术的飞速进步,智能可穿戴设备在体育课堂教学评价领域广泛应用。比如 Prieto 等^[24]利用头戴式便携式眼动仪自动捕捉教师的眼动轨迹、脑电活动数据,结合机器学习算法,实现了对教师教学活动的精准预测; Ma 等^[25]基于人脸识别技术评估学生的课堂专注度。当前这些研究主要依托智慧教室环境,因此在应用场景上展现出一定的局限性,同时研究焦点集中于教师和学生的认知行为监测上,对于体育课堂中独有的、动态的教学行为,却未能给予充分且有效的捕捉与分析,存在一定的研究缺失。而本系统引入的 MMAAction2 模型,突破传统传感器仅能采集认知数据的局限^[26],融合自动标注技术,使得系统能自动化捕捉与分类教学行为,不仅实现对教师行为和互动行为的识别,还特别关注学生学习中的认知与身体练习行为,为教学策略的优化提供丰富的数据支持。这不仅弥补现有研究的缺失,更满足体育课堂教学的特殊需求,展现在提升教学评价精准度与全面性方面的显著优势。

(3)多元算法融合智能分析模型,精准量化体育课堂教学行为的新范式。本系统依托高精度的 MMAAction2 模型以及深度学习技术,结合体育课堂教学的特点,设计信息熵分析、冗余度分析、比率分析和时序分析等多种算法,实现从不同视角深入挖掘教学行为规律,从而全面解构课堂。相较于传统现场观察与口头点评,信息熵分析提供精确量化手段,弥补定性分析在精度与深度上的不足,细致揭示教学过程的复杂性与多样性^[27]。冗余度分析评估教师重复讲解策略的有效性,助力教师精准把控教学适度性,防止过度讲解导致的注意力分散与动机减退,科学分配教学时间,增强课堂互动性与学习效率^[28]。比率分析量化评估教师、学生及互动行为比例,直观展现课堂结构模式,如讲授型、练习型、对话型等,辅助教师识别与区分不同课堂模式。时序分析突破静态局限,动态监控教学行为时间维度变化,揭示行为特征与分布,

提升体育课堂教学管理效率。本系统通过多维度算法分析,为体育课堂教学行为的精准评估与优化提供有力支持。

(4)全链条自动化采集分析报表服务平台,教学效果精准反馈的新模式。系统全面实现“智能采集—智能分析—智能报表”全自动化流程,极大降低人工干预需求。高速摄像头全程记录课堂,无需穿戴设备,优于依赖 IMU 传感器的系统,更适用于体育课堂大规模、群体性的特点^[29]。智能分析依托 MMAAction2 模型,相较于浅层模型能够精准捕捉复杂体育课堂教学行为,避免误分类和漏分类,确保精细化分析^[30]。智能报表功能通过可视化手段呈现分析结果,提升数据解读效率和精准性,为体育课堂教学效果反馈提供客观支持,进一步优化课堂评价的科学性。

4.2 坚守伦理规范与数据安全,提升体育教师数字素养

技术是把双刃剑。随着人工智能技术与体育课堂教学行为评价的不断融合深化,大量的教学行为数据被采集、挖掘、整合和共享,课堂教学场域被逐步量化,教师和学生因被数据化构建而变得更为“透明”。这一变化为教学行为评价研究和教学服务带来前所未有的便利,但同时也潜藏着信息泄露的风险和危害,对个人隐私和数据安全构成挑战^[31]。因此,在体育课堂教学行为数据的采集、分析和应用的过程中,必须高度重视信息安全和隐私保护,严格遵守相关的法律法规和伦理规范,确保数据处理活动的合法性与正当性^[32]。

在本研究中,高分辨率的视频记录被用于行为分析,涉及师生面部表情、肢体动作及互动细节,故需严格遵守数据保护法规^[33-34]。系统采用高标准加密技术,依托安全云存储,实施定期安全审计,确保数据安全,防止未经授权访问、泄露及网络攻击^[35]。鉴于 MMAAction2 模型依赖大量数据训练,数据无偏性至关重要,以避免系统偏见导致的歧视性结果。这不仅关乎公正,也涉及算法设计的公平性、问责机制及透明度原则,必须高度重视并妥善处理,确保算法应用的公正性、合理性与透明度。

提升体育教师数字素养是另一关键因素。IEEE 全球倡议强调,“每位技术人员需接受教育、专业培训并获得授权,确保在智能系统设计、开发及应用中优先考虑道德因素”^[36]。体育教师作为系统使用者,需熟练解读和应用 AI 模型数据,并具备深厚专业知识。因此,实施针对性培训计划至关重要,旨在让教师全面理解 AI 评价系统的优劣势、潜在局限及道德议题。这要求教师具备批判性思维,审慎评估 AI 洞见,确保教学决策合理有效,最大化服务学生福祉。通过培训教师应能深入理解 AI 技术的利弊,做出负责任的教学选

择，促进学生全面发展。

5 结语

本研究设计并实现一套基于 MMAction2 模型的智能化体育课堂教学行为评价系统，能够精准捕捉和分析教师、学生及互动行为，为课堂评价和教学策略优化提供全面、客观的数据支持。理论上，本研究创新性地将人工智能与行为量化分析相结合，提出一种适用于体育课堂的多元算法融合评价框架。实践上，系统在课堂教学场景应用中展现出良好的识别精度和实时性能，为教学质量监控和教师专业发展提供科学支持。然而，系统仍存在数据标注成本高、复杂场景识别难度大以及隐私保护等局限性。未来研究将通过优化算法结构，如引入轻量化深度学习模型(如 MobileNet)和迁移学习技术，降低标注成本，减少模型计算量。同时，结合多模态数据技术提升系统在复杂场景下的识别能力。总之，该系统通过数据驱动的方式为体育课堂教学质量提升提供创新手段，不仅优化教学评价的科学性和精准性，还为实现多维度课堂教学行为的动态分析和深度理解奠定坚实基础。

参考文献：

- [1] 黄群慧, 盛方富. 新质生产力系统: 要素特质、结构承载与功能取向[J]. 社会科学文摘, 2024(5): 88-90.
- [2] 陶玉流, 王越, 吴相雷. 体育新质生产力: 方向抉择、当代使命与未来前景[J]. 中国体育科技, 2024, 60(4): 64-71.
- [3] 教育部. 关于印发《〈体育与健康〉教学改革指导纲要(试行)》的通知[EB/OL]. (2021-06-30)[2025-01-26]. https://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe_938/s3273/202107/t20210721_545885.html
- [4] 中华人民共和国教育部. 义务教育体育与健康课程标准(2022 年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022: 107-110.
- [5] 刘超, 董翠香, 田来, 等. 基于中国健康体育课程模式的体育课堂教学行为评价指标体系构建[J]. 天津体育学院学报, 2021, 36(4): 427-434.
- [6] SILVERMAN S, BUSCHNER C. Validity of cheffers adaptation of flanders interaction analysis system[J]. The Journal of Classroom Interaction, 1990, 25(12) : 23-28.
- [7] PAUL W D, DOROTHY B Z, VICTOR H M. Analyzing physical education and sport instruction[M]. UK Office: Human Kinetics Publishers, 1989: 120-123.
- [8] QUESTED E, NTOUMANIS N, STENLING A, et al. The need-relevant instructor behaviors scale: Development and initial validation[J]. Journal of Sport and Exercise Psychology, 2018, 40(5): 259-268.
- [9] BATCHELDER A S. Process objectives, observed behaviors, and teaching patterns in elementary math, English and physical education classes[D]. Boston: Boston University School of Education, 1976.
- [10] 刘超, 董翠香, 季浏. 中国健康体育课程模式下体育课堂教学特征及影响因素分析[J]. 天津体育学院学报, 2023, 38(3): 289-295.
- [11] 吴砥, 郭庆, 吴龙凯, 等. 智能技术赋能教育评价改革[J]. 开放教育研究, 2023, 29(4): 4-10.
- [12] 宋宇, 许昌良, 朱佳, 等. 面向思维培养: 基于精准标注技术的智能化课堂教学分析及应用[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(8): 79-89.
- [13] 刘超. 中国健康体育课程模式下体育课堂教学行为分析系统开发与实证研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2021.
- [14] 瞿畅, 王君泽. ASP/ADO 技术在远程教学系统开发中的应用与研究[J]. 南通工学院学报(自然科学版), 2003, 2(4): 82-85.
- [15] LIU C, DONG C, LI X, et al. Analysis of physical education classroom teaching after implementation of the Chinese health physical education curriculum model: A video-based assessment[J]. Behavioral Sciences, 2023, 13(3): 251.
- [16] 吕冬晴, 谢娟, 成颖, 等. 我国人文社会学科间跨学科模式研究[J]. 图书情报知识, 2018(6) : 37-49+14.
- [17] MIAO K, LI J, HONG W, et al. A microservice-based big data analysis platform for online educational applications[J]. Scientific Programming, 2020: 6929750.
- [18] 刘超, 董翠香, 季浏. 中国健康体育课程模式下体育课堂教学行为分析系统的设计与应用研究[J]. 首都体育学院学报, 2022, 34(2): 188-197.
- [19] JIN G, HE L, TSAI S B. An empirical study on virtual English teaching system based on the microservice architecture with wireless internet sensor network[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2021 , 26(5) : 8494410.
- [20] 董翠香, 吕慧敏. 中国健康体育课程模式关键要点确立的理论基础和实践依据[J]. 体育科学, 2020, 40(6): 24-31.
- [21] 刘超, 董翠香. 基于学业质量的义务教育体育与健康课程学习评价的内涵解析、应然取向与实践框架[J]. 首都体育学院学报, 2024, 36(2): 180-189.

- [22] WANG Y, KADIYALA H, RUBIN J. Promises and challenges of microservices: An exploratory study[J]. *Empirical Software Engineering*, 2021, 26(4): 63.
- [23] BUEDE D M, MILLER W D. The engineering design of systems: Models and methods[M]. John Wiley & Sons, 2024: 220.
- [24] PRIETO L P, SHARMA K, DILLENBOURG P, et al. Teaching analytics: Towards automatic extraction of orchestration graphs using wearable sensors [C]// Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge, Edinburgh, United Kingdom. New York : Association for Computing Machinery, 2016: 148-157.
- [25] MA C, YANG P. Research on classroom teaching behavior analysis and evaluation system based on deep learning face recognition technology[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1992(3): 032040.
- [26] ALMUSAWI H A, DURUGBO C M, BUGAWA A M. Innovation in physical education: Teachers' perspectives on readiness for wearable technology integration[J]. *Computers & Education*, 2021, 167: 104185.
- [27] LU Y. Analysis of influencing factors on the quality of teaching reform of physical education courses in colleges and universities combined with entropy weighted TOPSIS modeling[J]. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2024, 9(1): 1-18.
- [28] RONE N, GUAO N A, JARIOL M, et al. Students' lack of interest, motivation in learning, and classroom participation: How to motivate them?[J]. *Psychology and Education: A Multidisciplinary Journal*, 2023, 7(8): 636-646.
- [29] LANDER N, NAHAVANDI D, TOOMEY N G, et al. Accuracy vs. practicality of inertial measurement unit sensors to evaluate motor competence in children[J]. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2022, 4: 917340.
- [30] ZHANG T, WU Y, LI X. Dilated multi-temporal modeling for action recognition[J]. *Applied Sciences*, 2023, 13(12): 6934.
- [31] LUPTON D, WILLIAMSON B. The datafied child: The dataveillance of children and implications for their rights[J]. *New Media & Society*, 2017, 19(5): 780-794.
- [32] FLORIDI L. Establishing the rules for building trustworthy AI[J]. *Nature Machine Intelligence*, 2019, 1(6): 261-262.
- [33] Official Journal of the European Union. European Union. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council[S/OL]. (2016-04-27) [2025-01-25]. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj/eng>
- [34] 中华人民共和国个人信息保护法[S]. 全国人民代表大会常务委员会, 2021.
- [35] WIEFLING S, TOLSDORF J, IACONO L L. Privacy considerations for risk-based authentication systems[C]//2021 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (EuroS&PW), Vienna, Austria. IEEE, 2021: 320-327.
- [36] SHAHRIARI K, SHAHRIARI M. IEEE standard review-Ethically aligned design: A vision for prioritizing human wellbeing with artificial intelligence and autonomous systems[C]//2017 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC), Toronto, ON, Canada. IEEE, 2017: 197-201.

