

基于教学行为分析模型的5G+智慧教室建设探索

刘卫江

浙江警官职业学院信息技术与管理系, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年2月11日; 录用日期: 2026年3月9日; 发布日期: 2026年3月18日

摘要

随着5G通信技术的快速发展与教育信息化进程的不断深入, 智慧教室作为智慧教育的关键载体, 正经历从传统多媒体环境向数据驱动、智能化教学空间的深刻转型。本文聚焦于教学行为分析模型, 系统探讨5G技术在智慧教室建设中的整合路径与架构方案。首先, 分析智慧教室的演进阶段及当前面临的主要挑战; 其次, 构建一个基于多模态数据融合的教学行为分析理论模型; 进而, 设计一套以5G网络为支撑的智慧教室分层系统架构, 并阐述其关键技术与核心组件; 最后, 对方案的应用前景与潜在价值进行展望。本研究旨在为5G与教育教学的深度融合提供一种系统的建设思路与理论框架, 推动教学环境向智能化、精准化方向发展。

关键词

5G, 智慧教室, 教学行为分析, 多模态数据, 教育信息化

Exploration of 5G+ Smart Classroom Construction Based on Teaching Behavior Analysis Model

Weijiang Liu

Department of Information Technology and Management, Zhejiang Police Vocational Academy, Hangzhou Zhejiang

Received: February 11, 2026; accepted: March 9, 2026; published: March 18, 2026

Abstract

With the rapid development of 5G communication technology and the continuous deepening of

educational informatization, smart classrooms, as the key carrier of smart education, are undergoing a profound transformation from traditional multimedia environments to data-driven, intelligent teaching spaces. This paper focuses on teaching behavior analysis models and systematically explores the integration path and architecture scheme of 5G technology in the construction of smart classrooms. Firstly, it analyzes the evolutionary stages of smart classrooms and the main challenges they currently face. Secondly, it constructs a theoretical model of teaching behavior analysis based on multimodal data fusion. Furthermore, it designs a hierarchical system architecture for smart classrooms supported by 5G networks, and elaborates on its key technologies and core components. Finally, it looks forward to the application prospects and potential value of the scheme. This study aims to provide a systematic construction approach and theoretical framework for the deep integration of 5G with education and teaching, promoting the development of teaching environments towards intelligence and precision.

Keywords

5G, Smart Classroom, Teaching Behavior Analysis, Multimodal Data, Educational Informatization

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

智慧教室是教育信息化纵深推进的核心领域，其本质在于借助现代信息技术实现教学环境的智能感知、教学流程的数字化重塑与教学决策的科学支持。近年来，随着 5G 通信技术逐步成熟与规模化部署，其高带宽、低时延、广连接的特点为智慧教室的升级与重构提供了关键性技术支撑。深度融合 5G 技术的智慧教室建设，对推动教育智能化变革与创新融合具有重要意义[1]。与此同时，教学行为分析作为教育数据挖掘的关键方向，通过采集与解析教学过程中师生行为数据，能够揭示教学机制，优化教学策略。

然而，当前智慧教室建设普遍存在“重硬件投入、轻软件赋能”、“重展示功能、轻分析应用”等现象，教学行为数据的采集与分析尚未形成系统化、模型化的实施路径。因此，本文提出融合教学行为分析模型的 5G+智慧教室建设框架，以实现教学过程的智能感知、动态分析与精准干预，助力教育数字化转型升级。

2. 智慧教室发展现状与问题分析

2.1. 智慧教室的发展历程

智慧教室的演进可划分为三个阶段：多媒体阶段：以投影、音响、电子白板等设备为主，实现教学内容的可视化和初步互动[2]；网络化阶段：依托互联网与云平台，实现教学资源的共享与跨时空教学；智能化阶段：融合人工智能、大数据、5G 等新一代信息技术，实现对教学行为的全面感知、智能分析与实时反馈。5G、AI、大数据等技术的融合，实现了个性化教学、互动教学、教学评估和智慧管理等场景应用，为智慧教室的建设提供更多可能[3]。

2.2. 存在的主要问题

尽管智慧教室建设已取得一定成效，但仍面临以下挑战：数据采集维度单一，多数系统仅覆盖学生考勤、答题等浅层数据，缺乏对教学行为的深层次解析；缺乏科学统一的教学行为分析模型，难以有效

支撑精准教学与决策；5G 技术应用仍处表层，多用于提升网络传输速率，尚未深度融入教学行为的实时感知与反馈环节；教师数据素养不足，对数据驱动教学的认识与实践能力有限，制约了智慧教室效能的最大化。

3. 教学行为分析模型的构建

3.1. 教学行为的界定与分类

教学行为泛指在教学过程中师生表现出来的可观测、可记录并可分析的行为活动。按行为主体与性质，可将其划分为如下类别：教师行为：涵盖讲授、提问、板书、巡视与反馈等，此类行为直接影响知识传递的效率与学生接收效果；学生行为：包括听讲、举手、讨论、实操及注意力涣散等，反映学生的参与程度、兴趣状态与认知负荷；交互行为：涉及师生互动、生生协作及人机交互等，体现教学过程中的社会性与协作性维度，是构建高效学习环境的重要基础。

此外，教学行为还可按时序特征划分为持续性行为(如讲授、听讲)与瞬时性行为(如提问、举手)；按空间分布划分为集中式行为(如板书)与分散式行为(如小组讨论)。多维度分类体系为后续数据采集与深度分析奠定了理论框架。

3.2. 多模态数据采集

在 5G+智慧教室环境中，教学行为的全面感知依赖于多模态数据的协同采集。5G 网络的高带宽与低时延特性为海量数据的实时传输提供了可能，进而支持更精细、更全面的教学行为捕获。具体采集方式详见表 1：

Table 1. Description of multimodal data acquisition

表 1. 多模态数据采集说明

数据类型	采集方式	说明
视频数据	高清摄像头、AI 识别	捕捉教师与学生的行为动作、表情、姿态，支持实时行为识别与轨迹跟踪
语音数据	麦克风阵列、语音识别	分析教师语调、语速、情感色彩，识别学生发言频次、内容及参与讨论的积极性
文本数据	电子白板、学习平台	记录板书内容、课堂笔记、答题文本、在线互动信息，用于内容分析与知识跟踪
生理数据	可穿戴设备	采集心率、眼动、皮肤电反应等信号，辅助评估学生的注意力与情绪状态
网络行为数据	教学平台日志	记录学生登录次数、资源下载、作业提交、在线测试等行为，反映学习投入度

多模态学习分析通过整合视频、音频、文本、生理信号等多源异构数据，全面刻画教学状态[4]。该类数据不仅覆盖行为的外显特征，还可通过生理与网络行为间接反映学生的内在认知与情绪状态，从而构建更为立体的教学行为画像。5G 网络支持这些异构数据在毫秒级延迟下同步传输至边缘节点或云端，为实时分析提供可能。其核心机制是将计算、存储与数据转发功能迁移至靠近数据源或用户一侧，缓解中心云压力，缩短传输链路，同时增强敏感数据的安全性[5]。

3.3. 教学行为分析模型设计

本研究构建的教学行为分析模型为三层闭环系统，包括行为识别层、行为分析层和教学反馈层。该

模型以多模态数据为输入，经融合处理与智能分析，输出具有教学指导意义的反馈结果。

行为识别层：依托计算机视觉、语音识别和自然语言处理等技术，对原始视频、音频和文本数据进行预处理与特征提取。主要包括：基于改进的YOLOv7算法(引入注意力机制以增强对部分遮挡目标的识别能力，并采用自适应光照补偿模块应对教室光照变化)或优化的OpenPose网络(增加多尺度特征融合模块以提升对远距离、小尺度姿态的估计精度)实现人体姿态估计与动作识别；利用自动语音识别(ASR)系统转写课堂语音；通过文本挖掘提取关键词与语义片段。该层输出结构化行为序列，如“教师提问-学生举手-教师点名”等事件链。

行为分析层：基于已识别行为序列，采用时空建模方法(如LSTM、Transformer或图神经网络)进行深度解析[6]。重点挖掘行为间关联及其教学意义，如计算行为频次与密度(如单位时间内提问次数)、分析行为节奏与模式(如教师巡视间隔与路径)、评估互动质量(如师生对话轮次与深度)、识别异常行为(如学生低头或离座持续时间)。该层还可结合学生成绩与课堂测验等产出数据，建立行为-成效关联模型，为教学优化提供依据。在多模态数据融合机制上，本模型采用特征级融合策略。具体而言，将视频提取的时空动作特征、语音识别的语义与情感特征、文本分析的关键词向量以及生理信号的时序特征，映射到同一高维语义空间。通过注意力机制动态计算各模态特征的权重，权重分配逻辑主要依据特征对当前分析目标(如“学生参与度评估”)的贡献度及特征自身的信噪比进行自适应调整。例如，在评估课堂互动质量时，语音与文本模态的权重相对较高；而在分析学生注意力状态时，视频姿态特征与生理信号的权重则更为关键。

教学反馈层：将分析结果转化为可视化教学建议，支持教师进行反思与决策。反馈形式包括：课堂行为热力图，展示注意力分布与互动热点；教学节奏评估报告，指出各环节时间分配的合理性；学生参与度分析，识别积极参与者与潜在学困生；个性化改进建议，如调整提问策略、增加互动、关注特定学生等。该层还可对接教师专业发展平台，为教研活动提供数据支持。

整个模型以5G网络为数据传输枢纽，以边缘计算与云计算为算力基础，实现从数据采集到智能反馈的闭环运行。

4. 5G+智慧教室系统架构设计

4.1. 总体架构

5G+智慧教室系统采用分层架构设计，包括感知层、网络层、安全与隐私层、平台层和应用层，如图1所示。各层通过标准接口耦合，支持模块化扩展与跨平台集成。核心需求涵盖了基础设施建设、教学设施设备、软件系统部署、资源管理策略以及学习环境设计等多个维度[7]。



Figure 1. Overall architecture of the 5G-enhanced smart classroom system
图 1. 5G+智慧教室系统总体架构

感知层：作为系统数据来源，部署包括 8K 超高清摄像头、360°全景摄像机、定向麦克风阵列、物联网传感器(如光照、温湿度)及可穿戴设备等采集设备，实现全方位、多角度、高精度教学行为捕捉。所有设备通过 5G 终端接入网络层，完成数据实时上传。

网络层：目前，校园 5G 网络平均下载速率达到 500 Mbps 以上(比 4G 网络提升了 10 倍)，峰值传输速率可达到 10 Gbps (是 4G 的 100 倍)，同时延迟可以控制在 25 毫秒以内(不到 4G 平均时延的 40%)。同时，相较于 4G，5G 有 10~100 倍的用户体验率，20 倍的峰值数据传输速度[8]。以 5G 网络为核心，构建室内外一体化覆盖的通信基础设施。5G 增强移动宽带(eMBB)支持高清视频流无缝传输，超可靠低延迟通信(uRLLC)保障实时交互与边缘协同，大规模机器类通信(mMTC)支持海量传感器并发接入。此外，网络层引入多接入边缘计算(MEC)节点，部署于教室或校园内，实现本地数据初步处理与实时响应，减轻云端负载与传输延迟。

安全与隐私层：为确保系统符合伦理规范并保护师生隐私，本架构专门设计此层。其主要措施包括：1) 数据脱敏与最小化采集：在边缘计算节点(MEC)部署轻量级人脸检测与特征提取模型，提取关键特征向量后立即销毁原始视频帧，仅上传脱敏后的特征数据。音频数据在边缘端进行声纹分离与匿名化处理，去除可辨识个人身份的语音特征。2) 权限控制与加密传输：所有数据传输采用端到端加密，并实施基于角色的访问控制(RBAC)，严格限制不同用户对原始数据和敏感分析结果的访问权限。3) 学生数据权利保障机制：系统提供明确的数据使用告知与授权界面，确保学生及其监护人对数据采集目的、范围和使用方式享有知情权与同意权。同时，系统支持“数据遗忘权”功能，允许学生在课程结束后或特定条件下申请删除其个人相关数据。4) 审计与日志记录：对所有数据的访问、处理和分析操作进行完整审计日志记录，确保数据处理过程可追溯、可审计。

平台层：作为系统智能中枢，集成数据存储、计算引擎、分析模型与可视化工具。主要包括：数据管理模块，负责多模态数据清洗、标注、融合与存储，构建教学行为数据库；算法引擎模块，集成深度学习、时序分析、聚类分类等算法，支持行为识别与建模；模型服务模块，提供教学行为分析 API，支持实时查询与批量分析；可视化界面，生成动态仪表盘、行为报告与模拟回放，为不同用户提供差异化视图。平台层可部署于私有云或混合云环境，通过容器化技术实现弹性扩缩容与高可用性。

应用层：直接面向终端用户提供功能服务，包括教师端(课堂实时监测、学情分析、教学反思辅助、个性化教案生成)、学生端(学习行为反馈、个性化学习路径推荐、参与度自评)及管理端(教学质量评估、班级对比分析、资源调度与决策支持)。应用层以 Web、移动 APP 等多种形式交付，支持多终端访问与交互。

4.2. 基础设施

根据智慧教室建设标准和高校基本建设目标，本文列举了智慧教室基本硬软件设备配置清单，详见表 2。

5. 应用前景与潜在价值展望

基于上述模型与架构的 5G+智慧教室，其应用前景主要体现在以下几个方面：为教师提供基于数据的课堂实时洞察与课后复盘工具，助力其专业发展与精准教学；为学生提供个性化的学习行为反馈与资源推荐，促进其自我调节与深度学习；为教学管理者提供宏观的教学质量评估与资源配置决策支持，提升教育治理水平。此外，通过内置的安全与隐私保护机制，该方案有助于在推进教育技术应用的同时，树立负责任的数据使用典范，增强师生信任。该建设方案的核心价值在于推动课堂教学从依赖经验向依托数据证据转变，为构建智能化、个性化、高效能的新型教学环境提供了一条可行的技术实现路径。

Table 2. Hardware and software configuration list
表 2. 硬软件设备配置清单

分类	设备类别	设备/系统名称	主要参数/功能描述	数量	备注
硬件设备	感知采集设备	8K 超高清摄像头	支持人脸识别、行为跟踪、姿态估计, 分辨率 7680×4320 , 帧率 30 fps 以上	4 台	教室前后各 2 台, 覆盖全局
		360°全景摄像机	支持全景录制与拼接, 用于捕捉教室全局互动情况	1 台	教室中央顶部安装
		定向麦克风阵列	6~8 麦克风通道, 支持声源定位与语音增强, 拾音半径 ≥ 8 米	1 套	讲台区域安装
		可穿戴智能设备 (手环)	采集心率、皮肤电反应等生理数据, 支持蓝牙 5.0 与 5G 连接	50 个	按标准班级人数配置
		智能电子白板	支持触控书写、内容实时存储与同步, 兼容多终端投屏	1 台	讲台主教学区
	网络设备	物联网环境传感器	监测温湿度、光照强度、CO ₂ 浓度等环境参数	3 个	教室前、中、后部分布安装
		5G 室内小型基站	支持 eMBB/uRLLC/mMTC, 覆盖范围 ≥ 200 m ² , 下行速率 ≥ 1 Gbps	1 套	教室内部覆盖
		MEC 边缘计算节点	搭载 GPU/NPU 加速卡, 支持本地实时数据处理与行为识别	1 台	教室内部或同层楼道弱电间安装
		5G CPE/终端模组	用于摄像头、传感器等设备接入 5G 网络	10 个	根据感知设备数量配置
		计算与存储设备	边缘服务器	用于本地数据预处理与模型推理, 配置至少双路 CPU + 双 GPU	1 台
云平台服务器	用于数据中心存储与大数据分析, 支持分布式存储与计算		1 套	校园或区域级集中部署	
软件系统	平台软件	多模态数据管理平台	支持视频、音频、文本、生理数据等的清洗、融合与存储	1 套	校级或区域级 license
		教学行为分析引擎	集成行为识别、时序分析、关联挖掘等算法, 支持实时与离线分析	1 套	校级或区域级 license
		可视化仪表盘系统	提供课堂行为热力图、教学报告、学情分析图表等可视化输出	1 套	校级或区域级 license
	应用软件	教师端 APP	支持课堂实时监测、教学反馈接收、教案生成等功能	1 套	按教师人数授权
		学生端 APP	提供学习行为反馈、个性化学习建议、自评工具等	50 套	按学生人数授权
辅助设备	管理端 Web 系统	支持教学质量评估、班级对比、资源调度与决策分析	10 套	按管理员人数授权	
	智能中控系统	统一控制灯光、窗帘、空调、投影等环境设备	1 套	每教室控制主机 + 触控屏	
	高可靠性 UPS 电源	保障关键设备(服务器、网络、中控)在断电情况下持续运行至少 30 分钟	1 套	根据设备总功率配置	

6. 结论与展望

本文系统性地探索了基于教学行为分析模型的 5G+智慧教室建设方案，从理论模型构建到系统架构设计进行了阐述。研究表明，将 5G 的技术优势与教学行为分析的学术洞察相结合，是破解当前智慧教室建设瓶颈、释放数据潜能的关键。本研究在模型构建中细化了针对课堂复杂场景的算法优化策略，明确了特征级融合的多模态数据处理机制，并在系统架构中创新性地集成了“安全与隐私层”，系统化地回应了技术应用中的伦理关切。未来研究与实践应进一步聚焦于：提升行为分析模型的教育学解释力与跨情境适应性；探索更优化、可持续的建设与运维模式；并持续关注技术应用中的伦理隐私问题，确保技术真正服务于育人本质，赋能高质量教育体系的构建。

基金项目

浙江省教育科学规划课题(“AIED 背景下课堂教学行为的分析模型构建与实证研究”, 2025SCG304)。

高校毕业生就业协会高等学校教育数字化转型研究专项课题(“5G 赋能的智慧教室建设及实践研究”, GJX25Z2108)。

参考文献

- [1] 张叶姣, 李道. 基于多模态学习分析的课堂教学行为识别与评价模型研究[J]. 信息与电脑, 2025, 37(1): 233-235.
- [2] 陈君涛, 马艳花, 展金梅, 等. 智慧教室建设: 理念、策略与瓶颈分析[J]. 信息系统工程, 2023(2): 174-176.
- [3] 高建江, 周宏成, 孙佳奇. 基于 5G + AI 智慧校园解决方案[J]. 中国建设信息化, 2025(16): 66-69.
- [4] 陶亚平. 基于时空特征的课堂学习行为识别[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2022.
- [5] 施雯斐. 5G 赋能下的智慧教室建设及多场景应用研究[J]. 数字通信世界, 2021(11): 101-103.
- [6] 韩松岳, 黄伟, 李立甫. 5G 边缘计算技术的智慧校园应用问题探究[J]. 现代信息科技, 2020, 4(21): 39-44.
- [7] 沈萍, 孙浩. 5G 远程互动智慧教室应用场景探究——以淮阴师范学院为例[J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(23): 149-151.
- [8] 沈丽燕, 张紫徽, 王勇超, 等. 基于 5G 技术的新一代智慧校园探索——以浙江大学的 5G 新一代智慧校园建设与应用为例[J]. 现代教育技术, 2024, 34(3): 116-126.