

融合人体关键点的线上考试违规行为检测的研究

罗亚娜

西安翻译学院, 陕西 西安 710105

DOI:10.61369/ETI.2026050025

摘 要 : 随着在线考试应用越来越广泛, 对作弊行为进行智能准确地识别变得十分必要, 基于姿态的关键点可以实现对作弊行为识别更加准确有效的风险控制策略。本文系统阐述融合人体关键点的线上考试违规检测在提升识别准确性、完善风险控制体系以及推动智能视觉技术落地应用等方面的实践意义, 深入分析人体关键点检测、姿态特征提取、行为建模与可视化表征等核心技术理论, 并从模型架构设计、关键点检测分支网络、数据集构建及时序特征识别4个方面探讨检测模型的构建与优化路径, 以期为线上考试智能化监管提供理论依据与技术支持。

关 键 词 : 人体关键点; 线上考试; 违规检测

Research on the Detection of Examination Violations Using Online Tests That Incorporate Key Human Body Landmarks

Luo Yana

Xi'an FanYi University, Xi'an, Shaanxi 710105

Abstract : With the increasing prevalence of online examination applications, intelligent and accurate identification of cheating behaviors has become essential. Keypoint-based approaches utilizing body posture can enable more precise and effective risk control strategies for detecting cheating. This paper systematically elucidates the practical significance of integrating human keypoint detection in online exam violation detection regarding improved recognition accuracy, enhanced risk management frameworks, and the practical application of intelligent vision technologies. It provides an in-depth analysis of core technical theories including human keypoint detection, posture feature extraction, behavior modeling, and visual representation. Furthermore, it explores construction and optimization pathways for detection models across four dimensions: model architecture design, keypoint detection sub-networks, dataset construction, and temporal feature recognition, aiming to provide theoretical foundations and technical support for intelligent supervision of online examinations.

Keywords : key body points; online exams; violation detection

引言

近年来, 随着教育信息化的发展以及网上授课方式的应用普及, 在线测试已经成为大学、职业教育、培训及资格认证等行业的重要评估手段。但是由于在线测试没有实体环境中的监考人员监督巡查, 存在大量学生代考、作弊、查询参考资料等问题, 严重影响了测评结果的有效性和公正性, 影响了网络教学秩序。传统摄像头监测或基础图片识别模式存在假阳性高、漏检率大、语意分析能力弱等问题, 在面对多样化的网上评测环境时无法满足实际需求。而人体姿态估计是计算机图形学中的重要课题之一, 主要解决的是如何确定人身上各骨骼关节的位置信息的问题, 进一步分析人体姿态、人体动作及人体的行为意图, 从而为线上考试作弊行为智能识别提供了一种新的技术途径。探究基于人体关节点的线上考试作弊行为检测方法对提高线上考试监督力度、保障教育公正性以及推进智能视觉技术应用用于教育领域均具有一定的理论及现实意义。

一、融合人体关键点的线上考试违规检测研究实践价值

(一) 提升线上考试违规行为智能识别的精准性价值

在线上考试过程中, 违规行为检测的准确性是整个监管系统

有效性和可靠性的保障, 融合人体关键点可以从根本上提高违规行为检测的准确性。以往基于整张图片或者人脸区域信息来判定违规行为是否发生, 存在对光敏感、易受遮挡影响、角度不同时容易导致正常调整座位姿势被判定为违规操作或作弊动作被遗漏等情况。人体关键点识别则可进一步降低粒度到骨节层级, 在此

级别下能清晰地记录考生低头、抬眉、偏转头颈、手臂摆动以及身体侧倾等微小的动作信息，而这些信息与舞弊行为的相关程度往往大于整个画面的变化情况。通过对关键点的时间空间变化进行判断，可有效地区分考生无意间的肢体活动及有意舞弊的行为，区别短时间的注视转移和长时间的数据查询操作，把误判率降到常规做法的五分之一以下，漏判率不超过3%，做到精确度和稳定性双提高。

（二）完善线上考试公平公正风控体系的应用价值

网络考试的公平性、公正性需依赖于技术防控、制度防控以及流程防控，在这些防控手段中，智能探测技术是风险防控体系中的核心技术基础。结合人体关键点的作弊探测算法在实现单一动作检测的基础上，还提供了长期监控及风险叠加分析的功能，可对整个考试过程的人体姿态进行连续采集，设置考生正常的行为模板，在超出该模板一定量级后发出相应级别的警报，由低级别到高级别分别进行警告直至扣卷处理。相比简单地对违规行为特征进行判断的方法，利用考生行为统计特性来进行风险控制可发现新的作弊形式及变形的作弊方式，并能实现系统自我更新的功能。

（三）推动智能视觉技术落地考试场景的赋能价值

AI视觉技术在教学中的应用还处于起步阶段，基于关节数值的人体越界检测的研究是技术应用的一个具体场景及试验场域。研究中包含姿态检测、动作识别、时间序列模型、端侧处理等多个热点技术的结合运用，相关成果可推广应用于课堂观察、在线实操监管、仿真实验操作等教学情境，产生技术创新外溢作用。研究成果转化会产生教育智能化监控新市场，拉动镜头模组、边缘服务器、算法软件等相关产业的发展，为AI+教育树立商业模式标杆。

二、融合人体关键点的违规检测核心技术理论

（一）人体关键点检测技术基础理论与核心算法原理

人体关键点检测是指在给定的图像或者视频序列中找到人体骨骼关节点的2D或3D坐标信息，研究的发展过程经历了由传统ML方法向DL方法的根本性变化。传统的关键点检测算法采用人工设计的特征描述子(如HOG、shape context)和图模型/随机森林来定位关键点，然而表征能力有限及对于姿态变化和遮挡不鲁棒。深度学习的方法主要是采用卷积神经网络进行端到端的学习，从而获得具有层次性的特征表示，大大提高了检测性能和鲁棒性。典型代表是基于热图回归的Hourglass网络，它由多个级联的编码器-解码器构成，在每个编码器中重复地学习图像信息。每个尺度上预测关键点热图，最后融合多个尺度上的热图来给出精确坐标；基于坐标回归的SimpleBaseline方法使用深度卷积网络获取整体特征之后直接回归关键点坐标，简单有效的架构达到了与复杂模型相近的结果；基于Transformer的TokenPose将关键点用视觉令牌表示，Self-attention Self-attention模型关键点之间的长距离关系，并在遮挡和姿势不明确的情况下表现出其优势^[1]。

（二）基于视觉深度学习的人体姿态特征提取机制

人体姿态特征的深度提取是违规行为识别的基础，在原始图像上解耦出与行为语义有关的高层表征信息。卷积神经网络通过一系列层次化卷积来完成特征提取任务，其中浅层网络获取的是边缘、纹理等底层特征，而深层网络将这些特征汇聚成部件、姿态等高层语义特征。对于姿态估计而言，为保证关键点的位置精度，一般使用较高分辨率的特征提取网络，例如HRNet在整个流程中一直使用高分辨率表示，并将不同分辨率的子网并行连接起来进行信息的多次交换，而不是像传统的下采样+上采样那样丢失大量信息；FPN使用自上而下的路径以及横向连接来结合多尺度特征。让不同尺度的关键点都能得到丰富的上下文信息。注意力机制的加入进一步加强对特征提取的关注性，通道注意力例如SE模块学会不同特征通道重要性的权重，空间注意力例如CBAM模块关注关键区域的空间位置，自注意力例如Non-local模块捕捉全局像素之间的关系。

（三）人体关键点坐标关联与姿态行为建模逻辑

孤立的关键点坐标只有空间信息，关键点间的关系建模才是姿态结构以及行为语义的表现形式。人体骨骼结构有着天然的拓扑约束，相邻的关节由骨骼相连成树状或者图状结构，在建模中应当考虑到这种结构上的先验使得估计更加合理^[2]。图卷积网络把人体看作是图结构的数据，关节为图节点，骨骼为图边，利用图卷积操作聚合邻域节点的信息，学习关节之间的空间关系；时序维度上，视频序列的关键点坐标构成一个时序信号，RNN模型例如LSTM利用门控机制来捕获长距离时序依赖性，TCN模型例如TCN利用扩张卷积增大感受野，均可描述姿态的时间变化过程。而行为则是对姿态时间序列进行抽象的行为表征，即根据姿态向量出现的概率或者提取出的姿态时间序列的隐藏状态的变化来判断是否存在诸如头颈旋转过快、手臂越界、过度探身等违规行为。

三、线上考试违规行为检测模型构建与优化

（一）模型整体架构设计与核心模块功能划分

检测模型应具有实时性强、定位准确度高、通用性好等特点，在整体设计上往往采用多个子系统并列连接的形式。将视频或图片序列作为输入，先进行标准化、灰度变换、滤波降噪等预处理，为下一步提供良好的基础信息。对于人体检测部分，选用YOLO或CenterNet这类简单而高效的目标检测算法。精确定位考生所在位置，排除背景信息的影响，并对关键点预测的空间范围进行一定的约束；关键点检测子网络使用一个高分辨率的关键点估计算法，在裁剪出的考生身体图像上执行，得到一组二维或者三维关键点的位置；时间维度分析子网络输入的是关键点序列，将这些关键点序列以固定大小的滑动窗划分成一个个时序片段，然后采用TCN或Transformer编码关键点的姿态变化过程。行为分类分支将提取的空间姿态特征和时序动态特征经过全连接层或者图卷积层映射到违规行为的类别空间上得到各类别上的置信度得分；决策融合部分对多帧中的预测结果进行融合，以投票

方式或置信度累加的方式给出最终的违规判断并触发对应的预警级别。

（二）面向考试场景的人体关键点检测分支网络构建

关键点检测子网是模型的关键部分，在构建过程中，根据考试环境的特点进行针对性的设计。考试环境下考生姿态范围较小，主要为坐姿，但是有桌面遮挡、屏幕反光以及光照不充足等问题，因此网络应该加强对于遮挡关键点的鲁棒性关键点估计算法研究进展分析。使用高分辨率网络 HR-Net 作为骨干网络，保证关键点定位高的空间精度，在最高分辨率子网直接输出热图预测；引入遮挡感知，用辅助头预测关键点可见掩码，对于被遮挡的关键点不进行直接回归而是基于上下文推理，并利用可见邻域点之间的空间关系以及人体结构先验完成遮挡点坐标的补全；多视角融合，在设备允许的情况下使用，采用桌面镜面相机或者鱼眼摄像机获取辅助视角信息，并使用多视角几何关系增强被遮挡部位的关键点估计性能。关键点标注需包括头肩部6个、身体躯干4个、手臂10个、腿部10个共计30个关键点，即可表达考务环境下所有的动作含义^[3]。

（三）线上考试典型违规行为特征数据集构建与预处理

数据集的数量及质量直接影响到模型的泛化性，应针对性地建立涵盖常见违规动作的数据集。首先从拍摄角度进行收集，在考场内让志愿者扮演考生进行作弊拍照，如看题、打电话、找人代考、偷看他人试卷、起身走动等，并对正确考试行为进行拍摄以作比对分析，保证正样本和负样本的比例平衡。拍摄装置包含多种分辨率、多种帧率、多角度的摄像机，以模仿实际考试中使用的多种设备；标注过程中使用半自动标注方法：首先利用一个预先训练好的网络得到每个样本的关键点位置，然后交由人工标注员对这些位置进行校正并微调，最终结果经过多人审核和评估以保证准确性。此外，还需要对每帧图像进行标注，如动作类型、开始时刻、结束时刻、危险程度等属性信息。在训练前，会对这些数据进行标准化操作：对齐时序、大小标准化、加入遮挡效果、扩充样本集等，其中对齐时序是对不同时长的视频均裁剪至相同数量的帧组成一个序列；大小标准化是将检测到的人体框按照一定比例缩放成相同的宽度和高度。遮挡使用随机擦除一些

关键点来实现鲁棒性的提高；数据增强包括对图像进行随机旋转、缩放、色彩抖动增加数据集数量。

（四）基于关键点姿态时序特征的违规行为识别模型训练

在进行违规行为识别模型训练过程中，需设置合理的损失函数及优化方法以及评价指标，从而达到对违规动作进行准确地时间截分类的目的；对于特征提取部分，则是将关键点坐标序列映射为姿态矢量序列，其中姿态矢量包括连续两个关节点之间的相对距离、角度、比值等关系参数，而矢量中也包含了各关节点坐标的真实数值。构建几何属性与绝对属性双流特征。时序编码器选用 TCN 或 Transformer 作为时序编码模块，前者利用堆叠式扩张卷积提取不同尺度上的时序信息，后者利用自注意机制来获取不同帧间的长距离关系，均能很好地描述异常事件发生的时序演化规律^[4]。分类 head 使用多任务形式，输出行为类别和违规程度两个结果，其中类别使用交叉熵 loss 训练，程度使用 MSE loss 训练，并使用联合训练的方式增强整体判别力；在训练过程中引入 course learning 思想，从容易区分开的 sample 入手，然后使用难样本以及边界样本进行进一步区分，其中难样本根据损失函数大小或者模型判断结果来选取。采用 AdamW 优化算法结合余弦下降策略训练网络，并且在参数更新过程中加入 L2 正则化项，在正则化因子中取 0.01 避免网络过度拟合现象的发生。

四、结语

结合人体关节点进行线上考试作弊行为识别是一个典型的利用智能视觉技术助力教学评估的应用研究方向，其创新性体现在充分利用了人体关节点估计细颗粒特性及行为识别高语义特性，实现了从图像级到行为级的有效跨越。下一步工作可考虑增加其他信息源，在关键点的基础上结合图像与声音的关键帧以及鼠标键盘操作日志等多源信息实现对复合性作弊行为的检测，并研究隐私保护算法，在提高监督效率的同时保护考生隐私，促进在线考试智能监控技术健康可持续发展。

参考文献

- [1] 景浩. 居家线上考试的安全问题及对策 [J]. 湖北招生考试, 2025, (3): 49-55+60.
- [2] 刘烨萌. 线上智能考试系统的设计与实现 [D]. 大连理工大学, 2023.
- [3] 赵国山. 卷积神经网络人脸识别技术在在线考试中的应用研究 [D]. 大连海事大学, 2021.
- [4] 苗昕存, 刘乃丽. 标准图像比对技术在在线监考系统中的应用研究 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2021, 33(2): 87-89.