

基于边缘计算平台的 楼梯扶手检测系统在公共安全中的应用

戴闻杰 闻丽君 宋丽媛

宁波纬诚科技股份有限公司, 浙江 宁波 315000

摘要: 本文基于 YOLOv8-pose 算法与 Orin Nano 平台, 开发了一套楼梯扶手检测系统, 通过精确部署摄像头与规划检测区域, 实现了高效的人体关键点识别与扶手行为检测。模拟测试与实际运行验证表明, 该系统在多人场景下检测准确率高且稳定性良好, 为楼梯扶手监控提供了可靠的技术支持。

关键词: 深度学习; YOLOv8; 人体姿态识别; 楼梯扶手检测; 智能监控系统

Application of Stair Lifter Detection System Based on Edge Computing Platform in Public Safety

Dai,Wenjie Wen,Lijun Song,Liyuan

Ningbo Vichnet Technology Co.,Ltd., Ningbo, Zhejiang, 31500,China

Abstract: Based on YOLOv8-pose algorithm and Orin Nano platform, this paper developed a set of stair handrail detection system. By accurately deploying cameras and planning detection areas, it realized efficient human key point identification and handrail behavior detection. Simulation test and actual operation verification show that the system has high detection accuracy and good stability in multi-person scenarios, and provides reliable technical support for stair handrail monitoring.

Keywords: Deep learning; YOLOv8; Human posture recognition; Stair lifter detection; Intelligent monitoring system

DOI: 10.62639/sspis60.20240104

引言

楼梯扶手作为公共场所不可或缺的安全保障设施, 对于防范跌倒事故、确保行人安全扮演着至关重要的角色。近年来, 许多人在行走楼梯时专注于玩手机, 致使楼梯上跌倒的事故屡见不鲜。鉴于此, 研发一款具备智能识别功能的监控系统显得尤为重要, 该系统能够自动监测人员上下楼梯的行为, 并准确判断其是否紧握扶手, 对于提升楼梯使用的整体安全性、有效降低跌倒风险具有深远的意义。

一、研究现状

目标检测技术已成为智能监控领域不可或缺的核心技术, YOLO (You Only Look Once) 系列算法其高效且精准, 赢得了广泛的关注。沈恒^[1]提出了一种基于姿态估计的人体运动分析及边缘计算方案, 实现了高效且准确的识别; 方晓柯^[2]等人针对姿态检测模型在处理小目标识别困难及关节点遮挡等方面的问题, 研发了一种基于 YOLOv8-Pose 的人体姿态检测模型; 朱周华^[3]等人针对现有分心驾驶检测算法存在的检测率低、检测速率慢等问题, 提出了一种基于改进 Yolov8-pose 的分心驾驶检测与识别方法。现有的各类检测系统往往面临检测精度有限、实时响应滞后等挑战, 难以满足实际应用场景的高标准要求, 此外专注于楼梯扶手检

测系统的研究相对较少。针对当前存在的检测挑战, 本文提出了一种自主化楼梯扶手检测系统, 引入边缘实时深度模型 YOLOv8-pose, 能够精确锁定目标位置, 标注人体的 6 个关键骨骼点, 依托 Orin Nano 的强大硬件性能, 结合 TensorRT 优化框架与 Int8 量化技术, 实现了检测流程的高效精准。

二、YOLOv8-Pose 模型简介

YOLOv8 是 YOLO 系列的新算法, 其在目标检测、图像分类以及实例分割任务中的应用广泛。YOLOv8-pose 是基于 YOLOv8 架构的深度拓展, 专注于人体关键点检测领域。在 YOLOv8-pose 的算法体系中, 存在多个版本 YOLOv8n-pose、YOLOv8s-pose、YOLOv8m-pose、YOLOv8l-pose、YOLOv8x-pose、YOLOv8x-pose-p6, 鉴于研究目标与需求, 本文基于 YOLOv8n-pose 展开研究, 通过实验验证, 达成预期的效果。为了进一步提升检测精度, 本文最终采用在精度上表现优异且模型规模适中的 YOLOv8m-pose。此外为了进一步优化模型的推理速度, 引入了 TensorRT 的 INT8 量化技术。

三、工程化加速

TensorRT 是一个专为深度学习推理设计

(稿件编号: IS-24-4-53001)

的高性能优化框架，通过实施一系列优化策略，如层融合与精度校准等，削减了模型计算复杂度，提升了模型的推理速度。特别是在 Orin Nano 这样的高性能边缘计算设备上部署 TensorRT，能够充分利用其硬件加速能力，进一步加速深度学习模型的推理过程。INT8 量化是一种模型优化技术，通过降低模型参数的表示精度，即将模型中的浮点数 FP32 转换为低精度 INT8 数值，来实现模型的压缩与优化，同时加快模型的推理速度。

四、实验结果

(一) 硬件选型

本系统由以下关键硬件构成：①工控机；②便携显示屏；③RS485 继电器；④半球摄像头；⑤定制投影灯；⑥网线。便携式显示屏的电力供应源自工控机；半球摄像头则采用 PoE 技术，通过工控机进行供电与数据传输；RS485 型继电器通过工控机的 COM 端口实现连接；特制投影灯通过安全继电器进行连接。各组件间协同工作，共同支撑起系统的整体功能。

(二) 数据集

本文使用 COCO (Common Objects in Context) 数据集集中的 COCO Pose 数据集，是 COCO 数据集的一个关键组成部分。数据集包含超过 250,000 个人体实例的标注，涵盖了各种姿态和场景，标注人体关键部位的位置，诸如头部、肩部、肘关节以及膝关节等。经过反复的实验与摄像头角度的调整，最终确定将人体识别为 6 个关键点，分别为双肩、双肘以及双手腕。

(三) 评估指标

精度计算基于准确率 (Precision) 和召回率 (Recall)，计算公式如下：

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

TP 表示实际结果与检测结果都为正样本的个数，FP 表示实际结果和检测结果都为负样本的个数，TP 和 FP 表示预测正确，FN 表示实际结果为负样本但预测正确样本的个数^[5]。

(四) 实验说明

楼梯扶扶手检测系统 UI 界面设计直观易用，如图 6 所示，可实时查看楼梯扶手画面、查看未扶扶手事件详情、清空历史、绘制扶手检测区与人员检测区域、查看实时扶手率、查看过去 7 天平均扶手率、查看过去 30 天平均扶手率。若画面内无人，默认显示绿色，如图 6 所示。若画面内有人且扶扶手，显示绿色，且左上方显示“safe”，如图 7 所示。

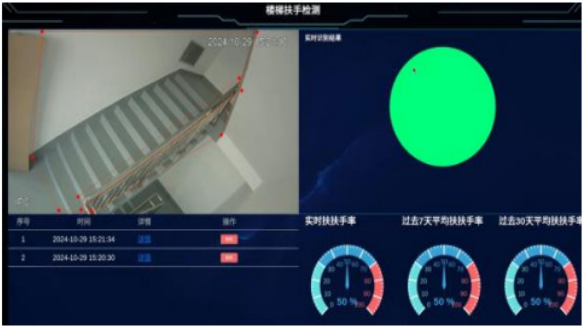


图 6 画面内无人 UI 界面

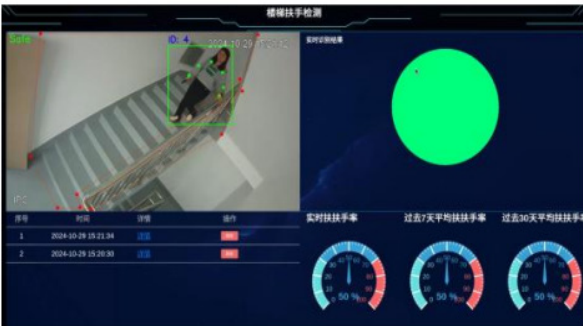


图 7 扶扶手 UI 界面

若有人但未扶扶手，显示红色来警告，且左上方显示“unsafe”，同时投影提示，如图 8 所示。

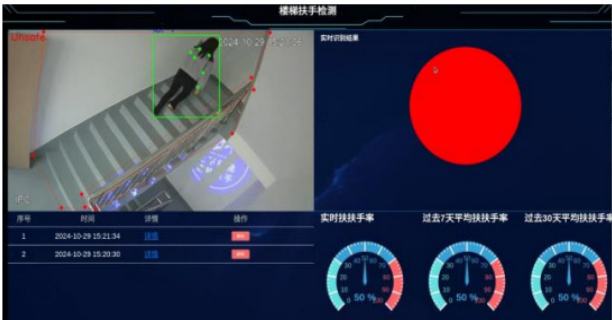


图 8 未扶扶手 UI 界面



图 9 违规抓拍

该系统可抓拍未扶扶手照片，当出现未扶扶手事件时，在左下方会新增一条记录，点击“详情”会弹出“get_danger_image”，可查看事件图片，如图 9 所示。

(五) 功能性实验结果

单侧楼梯单人扶扶手时, 显示“safe”, 无警报触发; 单人未扶扶手时, 显示“unsafe”并触发红色警报; 两人都未扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; 两人都扶, 显示“safe”, 无警报触发; 一人扶一人不扶时, 显示“unsafe”并触发红色警报; 三人都扶, 显示“safe”, 无警报触发; 三人都未扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; 一人扶两人不扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; 两人扶一人不扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; 四人都扶扶手, 显示“safe”, 无警报触发; 四人都未扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; 三人扶一人不扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; 一人扶三人不扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; 两人扶两人不扶, 显示“unsafe”并触发红色警报。

双侧楼梯(A侧与B侧), A侧人员扶扶手, 显示“safe”, 无警报触发; A侧人员未扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; B侧人员未扶, 显示“unsafe”并触发红色警报; B侧人员扶扶手, 显示“safe”, 无警报触发。

经过对上述各种场景的测试验证, 在确保扶手区域与检测区域被精确绘制的基础上, 系统展现出了卓越的测试效能, 能够即时辨识并响应扶手使用行为。一人的场景下检测率可达98.6%; 两人成行检测准确率可达96.4%, 三人成行检测准确率可达94.8%; 即便在四人同行的情境下, 保持适当间距, 系统的检测准确率同样能够维持在92.4%。

五、结论

本文依托YOLOv8-pose算法与Orin Nano平台, 设计并实现了一个楼梯扶手检测系统。该系统的识别精度高度依赖于摄像头的精准安装位置以及检测区域的规划, 在极端暴雨天的条件下仍然能达到高精度检测, 且经过长期的运行测试, 该系统展现出了极高的稳定性, 期间未出现任何错误提示或需要重启的情况。这表明, 该系统在精确度以及稳定性方面具有一定的保障, 能够在不同环境条件下持续稳定地运行。

参考文献:

- [1] 沈恒. 基于姿态估计的人体运动分析及边缘计算平台实现[D]. 南京邮电大学, 2023. DOI:10.27251/d.cnki.gnjdc.2023.001071.
- [2] 方晓柯, 黄俊. 基于yolov8-pose的人体姿态检测模型[J/OL]. 激光杂志, 1-9[2024-11-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1085.tn.20240902.1533.007.html>.
- [3] 朱周华, 侯智杰, 田成源, 等. 基于改进Yolov8-pose的分心驾驶检测与识别[J/OL]. 电子测量技术, 1-10[2024-11-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2175.TN.20240927.1525.198.html>.
- [4] 张欣毅, 张运楚, 王菲, 等. 改进YOLOpose的轻量化多人姿态检测模型[J/OL]. 小型微型计算机系统, 1-8[2024-11-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1106.TP.20230918.1654.015.html>.

- [5] 郑玉珩, 黄德启. 改进 MobileViT 与 YOLOv4 的轻量化车辆检测网络[J]. 电子测量技术, 2023, 46(02):175-183. DOI:10.19651/j.cnki.emt.2210441.