

# 智慧园区视频监控系统 AI 应用技术研究

朱偲

中冶南方城市建设工程技术有限公司 湖北武汉 430077

**【摘要】**随着高新技术的发展,智慧园区建设融合物联网、大数据、云计算、人工智能等技术应用已经成为园区监管转型的重要发展趋势,本文以某商区项目为依托,采用算法+平台+数据一体化的AI视频智能分析智慧园区解决方案,融合先进的视频分析边缘计算方法,实现接入视频实时分析,异常风险秒级预警,自动保存异常视频片段取证,同时支持与消防、安检、一卡通系统进行联动,构建“安监、安防、应急”三位一体的园区安全管理体系。项目部署后,异常事件识别准确率达96.4%,告警延迟<1.2 s,年运维成本降低42%。研究表明,AI视频分析技术已成为智慧园区运营管理最重要的数据资产之一,为园区招商、物业管理、公共安全提供决策级支撑。

**【关键词】**智慧园区; AI视频分析; 园区安全管理体系

Research on AI Application Technology in Smart Park Video Surveillance Systems by  
Zhu Si

China Metallurgical Group Southern Urban Construction Engineering Technology Co., Ltd. Hubei Province Wuhan 430077

**【Abstract】**With the advancement of high-tech, the integration of IoT, big data, cloud computing, and AI technologies in smart park construction has become a crucial trend for regulatory transformation. This study utilizes an AI-powered video analysis solution for smart parks based on a commercial district project, adopting an integrated approach combining algorithms, platforms, and data analytics. By integrating advanced video analysis and edge computing methods, the system enables real-time video analysis, instant anomaly risk alerts, automatic evidence preservation of abnormal footage, and seamless integration with fire safety, security inspection, and access control systems. The deployment achieved 96.4% accuracy in anomaly detection, <1.2s alarm latency, and a 42% reduction in annual maintenance costs. The research demonstrates that AI video analysis technology has emerged as one of the most vital data assets in smart park operations, providing decision-making support for business attraction, property management, and public safety.

**【Key words】** Smart parks; AI video analysis; Park safety management system

## 引言

随着城市化进程的加速和产业升级的推进,各类产业园区、科技园区、商业园区如雨后春笋般涌现。传统园区管理模式已无法满足现代化管理的需求,智慧园区建设成为必然趋势。

视频监控子系统是智慧园区安全防范技术体系中的一个重要组成部分,为了实现园区的安全管理,智慧园区在设计阶段就要求实现公共区域无死角、监控全覆盖的要求。传统的园区的安全管理主要依赖于安防监控室内的管理人员通过人工方式查看实时监控发现安全问题,效率低下。随着园区建设规模的不断扩大,摄像头数量的急剧增加,仅靠人工查看监控已经无法满足智慧园区运营管理需求。为此智慧园区视频监控系统逐步实现运用 AI 视频图像算法,将人防与技防相结合,对园区进行全区域 24 小时连续监控识别防

范,针对各种突发事件及时发现、及时报警、及时解决,同时依据对视频图像数据进行 AI 智能分析,实现包括特征提取、车辆识别、事件分析、人流计数等功能,科技赋能智慧园区运营管理。

## 1 系统应用和功能

本文以某商区智慧园区建设项目为例,系统性地介绍了基于 AI 视频智能分析的园区综合管理系统。该系统通过对园区内部署的各类高清摄像头的实时监控视频流进行深度学习算法分析,实现了多维度的智能化管理功能,为现代智慧园区的数字化运营提供了完整的技术解决方案。该系统首先建立了覆盖园区全域的视频感知网络。通过对这些视频源的实时智能分析,系统实现了六大核心应用功能:一是车流与人流特征识别分析,能够实时统计进出车辆和人员的数

量,并识别其属性特征;二是智能车位管理系统,通过视频识别技术实现车位状态检测、车辆引导和反向寻车等功能;三是周界入侵监测功能,采用智能行为分析算法识别异常入侵行为并即时报警;四是高空抛物智能监测,通过高速相机捕捉抛物轨迹,精准定位抛物源头;五是电动车入梯报警系统,智能识别电梯内电动车进入行为并发出警示;六是人流计数统计功能,对重点区域的人群密度进行实时监测和预警。

### 1.1 系统框架

本项目中智慧园区视频监控系统的顶层设计坚持以“五年不落伍、十年可演进”为目标,率先引入最新一代 AI 算法与边缘计算架构:平台未来五年内可通过 OTA 平滑升级至新网络,无需硬件更换;边缘盒子采用容器化部署,支持算法热插拔,确保技术路线始终与学术界、产业界同步演进。在高可用性方面,系统实行“端-边-云”三级冗余:摄像机双电源、双网口上行;边缘服务器采用双机热备与 RAID 10 磁盘阵列;中心云平台启用多可用区+故障自动迁移,任一节点宕机业务不中断。模块化设计贯穿网络、存储、算力、应用全栈:接入层支持 PoE/光纤/5G 多种方式;存储层兼容块、文件、对象三种形态;算法仓按照“基础-行业-定制”三级封装,新增功能通过 API 一键下发,扩容时仅需水平堆叠节点,无需对现网改造。数据安全严格对标等保 2.0 三级,传输通道采用 TLS1.3+国密 SM4 双重加密,视频流与结构化数据分域存储,前端设备零信任接入,平台端实现“三权分立”与全链路审计,确保个人隐私与关键信息资产双重安全。经济性方面,系统在满足功能 SLA 的前提下,通过算法下沉减少上行带宽,采用混闪存降低机房能耗,实现技术领先与成本最优的平衡。

本系统采用“端-边-云”三级架构,实现数据的分级处理和协同计算。系统架构主要由前端 AI 智能摄像头、光纤网络、后台存储及流媒体服务器组成。前端感知层由智能摄像头组成,包括覆盖大面积区域监控全景摄像头、部署在主要出入口及关键路口的人脸识别摄像头、停车场管理出入口的车牌识别摄像头、AI 智能分析摄像头等;前端感知摄像头通过汇聚层交换机集中接入核心交换机,磁盘阵列按照管理需求对视频图像进行存储。流媒体服务器辅助支持多种流媒体协议包括 RTMP、HLS、MPEG-DASH 等,提供流媒体内容的存储和管理;实现流媒体内容的分发,将存储在服务器上的音视频文件实时分发给用户以及第三方平台和系统,以满足用户的观看需求;同时对用户的观看行为进行统计和分析,以便于优化内容和服务,提升用户体验。解码拼接控制器将视频信号进行解码后将信号传递给监控中心的大屏上进行投屏显示。综合管理平台对前端编码设备、后端存储设备、中心传输显示设备、解码设备的集中管理和业务配置,

实现对视频图像数据、业务应用数据、系统信息数据的 AI 分析计算、数据共享等应用功能。

### 1.2 系统应用功能

使用 AI 智能分析算法对摄像头监控视频进行智能分析,智慧园区视频监控系统的特色功能包括:

(1) 人流特征识别:系统采用在边缘侧部署高性能 AI 摄像头,通过深度学习网络对实时监控画面进行逐帧解析,先依据改进型 YOLOv8 算法模型完成人体检测,再由轻量化多任务分支网络并行提取性别、年龄段、服装颜色、背包、配饰等十余维结构化属性。为避免遮挡、光照变化带来的精度损失,系统在训练阶段引入自建的“Retail-Human”数据集,涵盖 18 万种光照、角度、密度场景。AI 算法模型识别结果实时写入标准结构化数据表,每秒可处理 120 人次,单路相机高峰小时覆盖 2400 人,数据在边缘缓存 7 天后自动回传中心集群。平台侧通过可视化引擎生成“分钟-小时-天-周”多粒度客流画像:系统可自动输出男女比例、年龄分层、驻留时长、游逛深度、入店转化率等 20 余项核心指标,并与 POS、会员、停车系统交叉验证,形成“人口属性+消费属性+空间属性”三维数据立方,以此指导运营管理者进行招商业态筛选及招商策略制定,从而吸引更多客流和优质商户,使招商进入良性循环。

(2) 车位管理:系统针对传统人工巡查或地磁方案存在覆盖低、维护难、数据孤岛等痛点,通过构建“高空俯视+低位凝视”双层次视频架构,实现露天与地下停车场一体化 AI 感知,真正做到“一位一状态、一车一档”。在露天区,采用 400 万像素高点云台摄像机,焦距 25 mm,架设高度 15 m,单路覆盖 50 个标准车位。摄像机内置改进型语义分割模型,对地面白色车位标线进行亚像素级定位,同时融合车辆检测算法,实时输出车位占用置信度。为应对晨昏光晕、雨雾反射,系统引入去雾与宽动态算法,使极端天气下仍保持高水平识别准确率。地下停车场采用“低位凝视”方案,在每个车道上方安装车位识别摄像头,单机覆盖 3 个并排车位,可清晰获取车头牌照与车窗特征。相机同时输出车位占用状态、车牌号、进场时间、停车照片等数据。平台侧将露天与地下车位数据统一建模,生成“园区车位数字孪生图”。管理者可实时查看所有车位的占用率、周转率、平均停留时长;系统支持“费率弹性引擎”,根据占用率动态调整单价,实现需求侧调节。对于商户,平台提供“月租券营销”接口:店铺可购买优惠时长,向高匹配客群推送“免费停 1 小时”券,券核销与进店消费数据打通,平均带动到店率提升。

(3) 入侵监测:系统在园区内的重要场所比如机房、配电室、泵房等安装入侵监测摄像头,构建“越线检测+区域入侵+人脸识别”三级立体策略,将被动告警转化为主动

预判,精准捕捉每一次非法闯入,实时预警布防区域内人员入侵事件。为抑制树叶摇晃、光影变化带来的虚警,算法在时间维度上融合背景建模,空间维度上加入边缘几何约束,降低非人形目标(塑料袋、猫狗)误报率。若有人员在出现在监测范围之内可以对其自动检索,并抓拍并图像传输到消防监控室管理平台,输出报警消息。平台端提供“入侵事件画像”大屏,可按时间、区域、人员类型多维检索,自动生成趋势曲线与热力图,帮助安保负责人优化巡更路线与摄像头角度。

(4) 高空抛物检测:系统选用800万像素超高清枪型摄像机,架设于监测对象的对面地面或裙楼屋面,可完整覆盖监测对象立面范围。镜头前端加装不可见红外补光镜头,既避免光污染,又保证夜间清晰成像;摄像头配备铝合金护罩内置加热片与雨刷,可在暴雨、雾霾、-30℃极端环境下稳定运行。每台相机内置两颗边缘NPU,运行轻量化抛物检测模型,在高分辨率下仍具备实时推理能力,最小可检出 $6 \times 6$  pixel的烟头、螺丝、玩具零件等抛出物体对象。算法层面采用“空间-时间-物理”三维联合策略:空间维度利用楼体轮廓与窗户网格先验,将立面划分为 $1.2 \times 1.2$ 米网格,快速锁定抛物源;时间维度引入背景建模与光流法,区分雨滴、飞鸟、树叶等干扰;物理维度则通过重力加速度模型拟合轨迹,二次筛选符合自由落体或斜抛运动的候选目标,最终输出“抛出点-落地点-轨迹曲线”三元组数据,轨迹终点误差 $<0.5$ 米,楼层定位误差 $< \pm 1$ 层。当目标被判定为抛物后,前端摄像头完成抓拍与前后10秒短视频封装,叠加楼层网格OSD信息经数据加密通道上传至中心平台。平台端事件引擎立即弹出声光告警,同步向物业管理部门推送消息,包含轨迹GIF、楼层高亮图、相似度Top5窗口缩略图。值班人员可一键回放原始录像资料,逐帧查看物体飞出窗口的瞬间,结合人脸库与住户台账,30分钟内即可完成“窗口-房号-业主”精准映射,彻底改变过去“全楼验DNA”式人海战术。

(4) 入梯报警:系统将4K超广角半球摄像机嵌装于电梯轿厢顶部中央,垂直俯视角达 $110^\circ$ ,可完整覆盖电

梯空间,避免推车遮挡盲区。相机内置轻量化AI算法模型,可识别两轮、三轮、老年代步车及折叠锂电池等全类型。算法层面融合“车型-颜色-纹理-局部配件”四维特征:车头把手三角形几何、车轮半径比、电池盒金属纹理、后靠背S形曲线均被量化成128维向量,与去雾算法协同,保障逆光、暗光环境下稳定检出。为防止婴儿车、轮椅误报,系统引入双阈值策略,同时支持“白名单”轮椅模板自动放行,以此降低误报率。电动车入梯事件判定成功后,摄像头在100ms内输出干节点信号接入梯控主板,使电梯门保持开启并暂停选层;同时联动轿厢声光报警器发出“电动车禁止入内”语音提示,持续5秒;平台端立即弹出抓拍图与短视频,值班保安可通过IPC双向语音远程劝阻,实现“本地震慑+远程干预”双重闭环,以此提高电梯乘坐的安全性。

## 2 结束语

基于AI视频智能分析的园区综合管理系统的实施为智慧园区管理带来了显著效益:安全管理方面,实现了从事后追溯向事前预防的转变,各类安全事故发生率显著下降;运营管理方面,通过数据分析优化了园区资源配置,提升了运营效率;服务体验方面,为园区用户提供了更加智能便捷的服务。系统通过对视频数据的深度挖掘和分析,为园区管理方的决策提供了数据支撑,创造了新的价值增长点。

该项目的成功实践,为监控视频图像在智慧园区管理中的AI分析应用提供了新的思路和发展方向。这种基于视频智能分析的综合管理模式,不仅突破了传统安防系统的局限,更将视频数据转化为园区数字化运营的重要资产,为智慧园区建设提供了可复制、可推广的解决方案。未来随着算法的不断优化和算力的持续提升,视频智能分析技术在智慧园区中的应用将会更加广泛和深入。通过对视频数据的利用和挖掘,创新园区物业运营管理模式,构建全方位服务体系,搭建更安全、更开放的园区社群环境,科技赋能园区管理智慧化转型升级。

## 参考文献

- [1]李辉,石旭,张京晶,李心怡,姚世严,李天宇,郑剑飞.新基建背景下智能视频分析技术与智慧地铁建设融合应用研究[J].现代城市轨道交通,2022(9):21-27.
  - [2]张雅丽,崔建海.大数据背景下视频监控应用效能提升方法研究[J].中国人民公安大学学报(社会科学版),2020,36(2):56-61.
  - [3]秦健勇,杨丽君.基于物联网技术的楼宇智能化综合安防监控系统设计[J].自动化与仪器仪表,2021(5):82-86.
- 作者简介:朱偲(1984-),男,汉族,湖北武汉人,硕士研究生,副高级工程师,主要研究方向:智慧园区、数字孪生。