

# Research on the in-depth application of intelligent video surveillance in smart buildings

Si Chen

National Radio and Television Administration, Beijing, 100010, China

## Abstract

Modern building management faces multiple demands, including refined safety prevention and control, intelligent resource scheduling, and humanized service experience. Traditional video surveillance systems, due to their passive recording method and reliance on manual analysis, struggle to meet the needs of dynamic scenarios. Intelligent video surveillance technology, by integrating deep learning algorithms and multidimensional perception modules, has established a closed-loop system from data collection to behavior analysis, providing technical support for proactive management in smart buildings. In various fields such as real-time anomaly alerts, personnel trajectory tracking, and dynamic energy optimization, intelligent video surveillance technology is deeply applied, driving the transformation of architectural spaces from single-function carriers into intelligent ecosystems. It is precisely this dual drive of technological iteration and scenario demand that has made intelligent monitoring systems a core component in the process of building intelligence upgrades.

## Keywords

intelligent video surveillance; smart building; dynamic capture

## 智能视频监控在智慧楼宇中的深度应用研究

陈斯

国家广播电视总局, 中国 · 北京 100010

## 摘要

现代楼宇管理面临的是安全防控精细化、资源调度智能化、服务体验人性化等多方面的需求, 而传统视频监控系统因其记录方式为被动式且依赖人工分析, 难以对动态化场景需求予以满足。智能视频监控技术通过嵌入深度学习算法和多维感知模块, 构建了从数据采集到行为解析的闭环体系, 使其成为智慧楼宇达成主动式管理的技术支撑。在实时异常预警、人员轨迹追踪、能耗动态优化等诸多领域当中, 智能视频监控技术得以深度应用, 这一应用推动着建筑空间实现从单一功能载体朝着智慧生态体的转型。正是技术迭代以及场景需求两者的双向驱动, 促使智能监控系统渐渐变成了楼宇智能化升级进程里的核心设施。

## 关键词

智能视频监控; 智慧楼宇; 动态捕捉

## 1 引言

智慧楼宇的运营效率与服务能力直接关联建筑空间的可持续价值, 传统安防体系主要依赖人力巡查以及事后追溯, 存在诸如响应滞后、资源浪费等诸多瓶颈问题。不过, 智能视频监控技术迎来了突破性的发展, 它针对楼宇管理而提供的解决方案实现了实时感知与智能决策的融合。本文重聚焦视频分析算法和建筑管理场景之间的深度耦合机制, 探讨技术架构怎样去适应在复杂空间下对于行为识别的需求, 解析动态数据流在安全预警、能耗调控等维度的价值转化路径。文章目的在于构建技术应用和场景需求之间的映射模

型, 揭示智能监控系统在优化楼宇资源分配、重构人机协同模式中的潜在效能, 最终为智慧建筑生态的迭代升级给予理论支撑。

## 2 智能视频监控技术概述

### 2.1 智能视频监控的原理

智能视频监控是利用计算机视觉技术对视频信号进行处理、分析和理解, 在不需要人为干预的情况下, 通过对序列图像自动分析对监控场景中的变化进行定位、识别和跟踪, 并在此基础上分析和判断目标的行为, 能在异常情况发生时及时发出警报或提供有用信息, 有效地协助安全人员处理危机, 并最大限度地降低误报和漏报现象。智能视频监控系统的运行机制基于多层次信息处理框架, 前端设备持续捕获视频流并执行初步降噪与增强操作, 原始数据经过编解码

【作者简介】陈斯(1981-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事AI智能应用研究。

缩后传输至计算单元。核心算法层采用卷积神经网络提取目标物体的时空特征，结合循环神经网络对连续帧序列中的行为模式进行动态建模，通过多层感知机实现异常行为分类。目标检测模块运用改进的锚框机制精确定位监控画面中的运动实体，特征金字塔结构有效处理不同尺度的目标识别问题；数据融合阶段整合红外传感、深度信息等多模态输入，构建三维场景理解模型消除传统二维视觉的透视误差；系统在边缘计算节点部署轻量化推理引擎，利用知识蒸馏技术平衡检测精度与实时性需求，形成闭环反馈机制持续优化识别阈值<sup>[1]</sup>。

## 2.2 智能视频监控技术的发展现状

计算机视觉领域对三维空间建模的深入研究推动了多摄像头数据融合能力的提升，动态场景下遮挡目标的轨迹预测误差率显著降低，非结构化数据向结构化特征的转化效率直接影响行为分析系统的实用性。芯片厂商针对视频解析任务定制化开发的低功耗加速模块，为密集人流场景下的并行计算提供硬件支撑，异构计算架构的普及进一步平衡了能耗与响应速度之间的矛盾。行业标准体系在数据标注规范与算法评估指标层面形成初步共识，跨平台接口协议的兼容性优化降低了不同厂商设备间的协同成本，开源社区贡献的预训练模型库加速了中小规模应用场景的技术渗透。隐私计算技术的引入使得原始视频数据无需离开本地即可完成特征提取，部分区域开始在公共安全领域试点去中心化存储方案，技术演进方向逐渐向合规性与效能并重的双轨模式倾斜。

## 3 智能视频监控在智慧楼宇中的应用场景

### 3.1 安全防范与入侵检测

智能视频监控系统在楼宇周界部署多光谱传感设备，结合建筑结构特征动态调整监测盲区补位策略，将红外热成像与可见光视频流的时间戳对齐以消除环境干扰引发的误报。管理平台根据人员通行权限预设电子围栏触发阈值，当移动目标跨越预设边界时自动激活邻近摄像头协同追踪，同步向安保终端推送目标运动轨迹与面部特征增强图像。设备网络内置的天气适应算法能够区分雨雪天气的物理干扰与真实入侵行为，针对翻越、破坏、滞留等不同风险模式匹配差异化响应预案，夜间低照度环境下自动切换至灰度成像模式并提升移动侦测帧率。系统定期调用历史告警数据训练误判过滤模型，对高频误触发区域的地理围栏灵敏度进行自适应降噪调节，同时集成门禁控制器实现入侵报警与物理屏障联动的闭环处置<sup>[2]</sup>。

### 3.2 人员行为分析与异常预警

管理平台整合门禁刷卡记录与电梯使用数据，建立基于时间序列的个体行为基线模型，自动标注频繁偏离常规路径的可疑对象，其中的分析模块针对特定场景开发差异化预警规则，办公区域侧重识别长时间滞留或非工位徘徊行为，公共走廊则关注物品遗留与异常聚集现象。安防控制台接收

实时报警后触发多级响应机制，低风险事件推送至物业移动终端核查，高风险状况同步激活声光警示装置并锁定关联区域出入口。系统在访客管理场景中嵌入人脸比对功能，未登记人员进入受控区域时自动调取最近三十分钟轨迹视频供安保人员研判。设备间等重点部位启用闯入检测策略，非授权人员接近敏感设施即刻触发电子围栏报警，同步截取闯入者体貌特征存档。高空抛物监测单元结合抛物线轨迹反推与窗户开合状态检测，精确追溯抛物源头楼层并生成三维事件重构模型。

### 3.3 车辆管理与交通监控

智能视频监控系统依托车牌识别模块对进出车辆进行实时特征绑定，基于地磁感应装置捕获的车速与方向信息生成三维运动轨迹，当检测到逆向行驶或超速行为时自动联动道闸控制系统实施拦截。调度算法根据停车场各区域摄像头反馈的空位坐标动态更新电子导引屏的路径规划，通过分析车辆停留时长与高频往返规律优化车位周转策略，对长期占位车辆启动自动计费提醒机制。交通流量监控模块在早晚高峰时段调取历史通行数据预测拥堵节点，调整出入口摄像头的帧率配置以增强连续跟车场景下的车牌捕捉精度，同步协调电梯等候区与车库坡道的通行权限分配规则。系统定期对车辆外观数据库识别未授权改装或违规载货行为，对遮挡号牌等异常状况触发多角度视频取证流程，结合访客预约记录自动修正临时车辆的导航路线与停放区域，分流货运车辆至指定装卸区减少对人员动线的干扰。

### 3.4 环境监测与能源管理

能源管理平台依据办公区域实时人流量动态调整通风量，当会议室红外热成像显示人员聚集超容时自动增强新风循环速率，同步降低无人办公区的制冷功率输出。照明控制系统结合视频流分析识别自然光通量变化，配合窗帘电机组实现日光追踪式遮阳调节，在保障采光舒适度的同时减少人工照明能耗。电力监控单元关联视频画面中的设备运行状态，识别到下班后未关闭的电子屏幕或实验仪器时触发远程断电指令，异常耗电情况自动生成设备维护工单派发至后勤部门。地下车库安装CO浓度视觉化监测装置，当视频分析识别车辆怠速超时导致尾气积聚，立即联动排风机组启动增压模式并推送警示信息至车主手机。屋顶光伏板清洁预警模块定期扫描板面积尘分布，结合雨量预测数据智能规划清洗作业周期，避免灰尘遮挡影响发电效率<sup>[3]</sup>。

## 4 智能视频监控在智慧楼宇中的技术实现

### 4.1 视频采集与传输技术

视频采集模块通常部署多光谱感知摄像头与全景鱼眼设备，前者利用高分辨率图像传感器捕获可见光及近红外波段数据，后者通过球机联动算法消除传统枪机监控盲区，形成全天候无死角覆盖。网络传输层普遍采用基于ONVIF协议的设备互操作架构，支持RTSP实时流媒体传输与GB/T

28181 国际级联协议,配合 H.265 编码技术将原始视频流压缩至原有码率的 40% 以下,有效降低光纤专网或 5G 无线回传的带宽压力。数据存储环节采用分布式边缘计算节点与中心云平台协同架构,在楼宇弱电间部署具备 AI 预处理能力的 NVR 设备,对运动目标检测、人脸 ROI 区域等关键信息进行本地化缓存,同时将结构化元数据上传至云端进行长期归档,这种分层存储机制既满足实时调阅需求又避免海量视频数据对主干网络的冲击。部分新型系统开始尝试将采集端的光场相机与传输层的 TSN 时间敏感网络结合,通过微秒级时钟同步技术消除多摄像头拼接时的帧间抖动,但此类方案受限于硬件改造成本尚未大规模商用。

#### 4.2 视频分析与处理算法

视频分析引擎采用混合高斯模型构建动态背景模板,对监控画面中的前景目标实施像素级分离,有效消除光照突变或枝叶晃动引发的误检干扰。数据处理单元在目标跟踪阶段融合卡尔曼滤波与外观特征匹配算法,针对电梯间和走廊等狭窄空间设计轨迹预测补偿机制,解决人员密集场景下的目标丢失问题。特征提取模块基于改进的 OpenPose 框架解析人体骨骼关节点,结合步态周期分析建立个体运动特征库,为跨摄像头连续追踪提供时空关联依据。智能降噪算法根据不同时段的环境噪声频谱自适应调整滤波参数,夜间模式自动增强低照度视频的局部对比度而不产生光晕伪影。拥挤度监测子系统运用密度估计网络实时计算重点区域的人员分布热力图,当检测到逃生通道滞留人数超过安全阈值时触发分级报警策略。系统在数据融合层建立多摄像头协同工作机制,利用视域重叠区域的坐标映射关系消除盲区目标跳变,通过时空校准确保行为分析的连续性。

#### 4.3 动态捕捉技术

动态捕捉算法通常基于改进的 YOLOv5 架构,结合混合高斯背景建模与帧间差分法,对楼宇内的人员位移轨迹进行连续追踪,有效区分正常行走与异常奔跑等行为模式。多模态传感器阵列整合毫米波雷达点云数据与可见光视频流,利用卡尔曼滤波算法消除玻璃幕墙反光或阴影变化造成的虚警,提升复杂光照条件下运动目标的检测精度。边缘计算框架部署在楼宇各层的智能分析盒内,采用 TensorRT 加速引擎对动态特征向量进行实时提取,将人体骨架关节点坐标与运动速度参数传输至上层管理平台,供后续行为模式分析模块调用<sup>[4]</sup>。部分系统尝试引入轻量化的光流分析模型,在摄像头本地完成运动趋势预测,减少对中心服务器的计算资源依赖,但受限于嵌入式芯片的运算能力,目前主要应用于

走廊、电梯厅等关键区域。传感器融合机制在动态捕捉过程中持续优化多源数据的时间戳对齐精度,避免因传输延迟导致的目标轨迹断裂问题,确保跨摄像头接力追踪的连贯性。

#### 4.4 数据存储与管理技术

视频数据存储架构普遍采用分布式对象存储系统,借助 Ceph 或 HDFS 技术将视频流按时间切片存储至边缘节点与中心云端的混合存储池,支持按需调用三个月内的热数据与历史冷数据分层管理策略。数据管理系统内置智能元数据标签引擎,自动提取视频流中的人员服饰特征、移动方向及停留时长等信息,结合楼宇平面图的坐标映射关系生成时空索引,使安防人员能够以电梯间编号或会议室名称为检索条件快速定位目标片段。视频流在写入存储前经过自适应码率调整模块处理,根据预设的存储周期智能选择 H.265 或 M-JPEG 编码格式,同时对静止画面段启用背景帧丢弃算法,节省约三成存储空间消耗。数据生命周期管理模块依据《网络安全法》等法规设定自动归档规则,对超过法定保存期限的视频执行逻辑删除操作,并在物理擦除前进行三重哈希校验防止误删关键证据。部分高端项目引入区块链存证技术,将视频文件的特征值连同摄像头操作日志打包上链,利用非对称加密算法提升数据防篡改能力,但由于私有链部署成本较高,目前多应用于金融类楼宇的核心区域监管。

### 5 结语

楼宇管理跨越从机械化控制迈向认知决策阶段的进程,此进程以智能视频监控技术的场景化部署为标志,安防预警精准度直接受算法模型对空间行为模式解构能力的影响,而多源数据的融合分析为能耗优化提供了动态基准。行业在技术研发方面应强化隐私保护机制,构建数据脱敏与权限分级的伦理框架。跨领域知识图谱的引入将推动监控系统从事件响应向趋势预测进阶,最终形成具备自学习能力的楼宇智慧神经中枢,为建筑空间的可持续运营注入全新动能。

#### 参考文献

- [1] 向星成. 视频监控与图像分析大数据在公安实战中的智能分析与应用研究 [J]. 中国军转民, 2025, (07): 63-64.
- [2] 金焕章. 基于 ZigBee 技术的智能楼宇视频监控设备自动化控制系统 [J]. 电子设计工程, 2025, 33 (06): 192-196.
- [3] 杨佳,李畅,曾莉. 基于嵌入式技术的智能远程视频监控系统设计研究 [J]. 中国新技术新产品, 2025, (05): 7-10.
- [4] 王涵,费立蜀,陈维. 基于目标检测技术的智能视频分析方案研究 [J]. 中国口岸科学技术, 2025, 7 (02): 15-20.