

AI 安防在物流园区中的创新应用

林志斌

(深圳市汇恒通科技有限公司)

【摘要】在物流行业蓬勃发展的背景下，物流园区传统安防模式存在运营成本高、管理效率低等问题，已难以满足短平快的运营管理需求。为此，亟需引入智慧手段，助力物流园降本增效。文章提出基于 AI 安防的智慧物流园区技术构架体系，通过运用前沿科技关键技术，深入剖析 AI 安防在物流园区的创新应用，具有重要的应用价值和实践意义。

【关键词】AI 安防；IoT 物联平台；数字孪生；智慧物流园区

中图分类号：TP18；X924.4

DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.084

Innovative Application of AI Security in Logistics Parks

LIN Zhi-bin

(Shenzhen Huihengtong Technology Co., Ltd.)

【Abstract】Against the backdrop of the vigorous development of the logistics industry, the traditional security model in logistics parks faces issues such as high operating costs and low management efficiency, making it difficult to meet the needs of short-term, frequent, and rapid operation and management. Therefore, there is an urgent need to introduce smart solutions to help logistics parks reduce costs and increase efficiency. This paper proposes a technical framework system for smart logistics parks based on AI security. By applying cutting-edge key technologies, it deeply analyzes the innovative application of AI security in logistics parks, which has important application value and practical significance.

【Keywords】AI security; IoT platform; digital twin; smart logistics park

1 物流园区安防升级需求迫切

国内物流园区人、车、货、设施等核心要素管理中,消除安全隐患是重中之重。数据显示,90%安全事故根源为人的不安全行为,人工成本高企、安保力量不足为直接诱因,进而导致安防监测滞后、消防应急处置被动迟缓等管理断层。同时,多数物流园安防平台与其他业务平台存在数据壁垒,且缺乏智能分析、实时感知及联动预警能力,仅靠传统视频监控,难精准识别高频进出人、车、货潜藏的安全与消防隐患,加剧了货物盗损、交通及消防事件等风险。

因此,人力配置不足与技术应用滞后的双重短板,不仅无法有效保障园区人身与财产安全,还严重制约安防监管水平提升与管理效率优化。

面对此现状,亟需依托 AI 安防技术实现系统性革新,多维度重构物流园区安全管理模式,其核心价值体现在:规模化节省人力成本,AI 安防平台可替代 60%~70% 基础巡检工作,引入 AI 视频分析后安防人员减少 40%,显著节约人力成本,视频巡检可节省大量时间,异常事件平均发现时间缩至 3min 内,应急响应效率提升数倍;跨越式提升安管精度,构建智慧物流园区“感知—分析—决策—执行”全链条安防

体系,深度融合计算机视觉、物联网、数字孪生、大数据等关键技术,实现从“事后追溯”到“事前预警”,适配物流园区人车货高频流动、仓储环境复杂等特性,推动安全管理从被动防控向主动预警转型。

2 智慧物流园区 AI 安防技术体系

2.1 技术体系构建

智慧物流园区的 AI 安防技术采用分层架构(见图 1)。

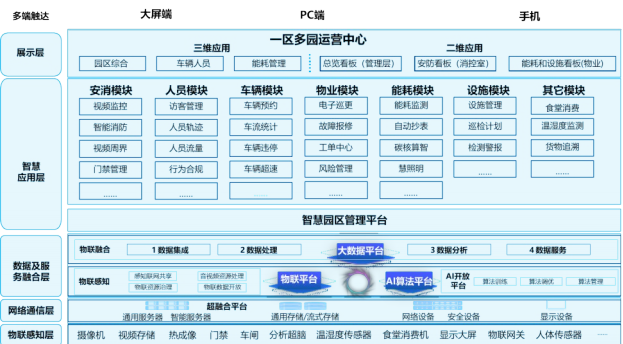


图1 整体架构图

物联感知层:相当于“园区神经末梢”,通过摄像头、传感器等实现“数字化采集”。

网络通信层:依托 5G 或全光网完成高速数据传输,同步建成网络安全等保 2.0 二级防护体系。

数据及服务融合层:融合物联网、AI 算法、大数据分析平台,构建统一数字底座,支撑未来 N 个应用扩展,适配业务持续拓展的需求。

智慧应用层:打造人、货、车、设备、设施、能源、空间等维度的垂直场景和数字化应用。

展示层:主打“多端触达体验”,实现一张图数字管理驾驶舱,以 PC 端、手机端,满足不同人群使用,实现千人千面的数字化服务。

2.2 关键技术

2.2.1 物联网 IoT 技术为 AI 安防提供数据采集能力

IoT 物联网平台在安防设施管理中承担着核心枢纽作用,借助多种技术手段实现对各类安防设施的整合。支持 Modbus、MQTT、CoAP、HTTP/HTTPS、Zigbee、LoRaWAN、NB-IoT、ONVIF 等协议,例如支持 Modbus 协议采集消防设备的压力、温度数据, MQTT 协议保障监控摄像头视频流稳定传输, GB/T28181 协议实现不同品牌监控设备统一接入。同时,拥有实时状态监测、智能预警、远程控制、联动响应、数据分析等五大核心功能,能采集设备状态、运行参数等数据。

2.2.2 边缘一体机为 AI 安防降低带宽消耗能力

边缘一体机承载边缘业务的应用和算法,具备边缘计算、数据存储、数据同步能力,可根据不同场合,搭载人员安全监测、环境与设备管理类算法,可通过软硬件接口将图片流、视频流实时上传至 IoT 物联网平台。

2.2.3 AI 视频分析技术为 AI 安防提供监测预警能力

传统视频监控需要依赖人工查看监控效率低,借助计算机机器视觉、深度学习和边缘计算,能自动识别、分析视频内容。计算机机器视觉具备人脸识别、身份核验、物体识别、行为分析、姿态检测、目标跟踪等功能;图像识别技术能辨认车牌、货物包装;视频分析可监测异常行为、统计人车流量;目标检测技术能用于发现禁区闯入、物品遗留;人脸识别技术能保障过滤无关人员确保员工/授权访客通行安全;姿态监测技术能规范作业姿势。依托 AI 视频分析的大数据基础,用于上层创新应用。

2.2.4 数字孪生技术为 AI 安防提供数据可视能力

数字孪生技术为 AI 安防提供的数据可视能力,依托三大核心功能实现深度赋能。①全域数据整合与映射,将多源数据标准化处理并精准映射到数字镜像,构建与实体实时同步的虚拟场景,实现 1:1 还原。②多维动态可视化呈现,支持以 3D 建模还原建筑结构、设备布局等空间信息,通过热力图、轨迹线、动态标注等形式,直观展示人员密度、目标移动路径、异常事件位置等关键信息,甚至可通过时间轴回溯历史数据,让静态数据转化为可追溯的动态过程。③智能交互与态势推演,通过前端摄像机、传感器、无人机、雷达等前端设备进采集数据,结合 VR 消防虚拟训练仿真,联动数字孪生,生成应急预案,通过可视化界面中模拟消防风险路径(如火灾蔓延、人群拥挤趋势),进行应急指挥调度,为预判潜在威胁提供直观依据。

3 AI 安防在物流园区的创新应用

3.1 交通安全监测

通过前端摄像机、雷达和传感器,采集园内基本交通数据外、驾驶员的危险行为(如超速、疲劳驾驶等)、道路设施情况(如护栏破损、路面坑洼)等数据,并通过 IoT 物联平台实时上传至结构化知识库。

AI 边缘一体机通过算法,在海量图片流与视频流中,精准识别车辆逆行、超速行驶等行为,以及行人横穿马路、在机动车道逗留等危险举动。数字孪生平台通过拉取 AI 边缘一体机识别之后的图片流或视频流,1:1 虚拟还原交通模型,通过大数据平台推送实现智能预警,通过仿真推演出交通拥堵风险,助力领导掌握安全状况、预判风险并提前制定策略。

当监测到交通安全风险时,依托应急指挥调度系统进行会商调度,联动现场工作人员,优先疏散交通,降低交通事故率,快速安全恢复秩序。

3.2 货物安全监测

摄像机聚焦货物关键信息,精准采集货物堆放情况、货车装载状态及充电桩温度等数据,为后续智能分析提供基础数据支撑。

多维度 AI 算法与数字孪生技术形成紧密联动机制:货物堆放时,若出现占道情况,数字孪生模型以高亮形式实时预警,提醒工作人员及时清理;货物搬运中,算法通过分析人员或机械操作行为,智能识

别暴力搬运动作并预警,减少货物损坏风险;货物装载时,AI图像识别技术扫描货车、集装箱等装载容器,自动计算货物体积与重量,与额定装载量比对后判断是否超载,超载则立即触发预警。同时,在火灾监测方面,数字孪生模型对易燃易爆品智能标识,明确警示“严禁靠近火源”;针对不明生物入侵威胁,AI视觉通过识别动物外形与活动特征,及时发现潜在风险生物并发出警报,提醒采取针对性下药等措施,防止货物被啃咬或污染。

3.3 人员安全管理

通过前端摄像机采集数据,结合数字孪生可视化数据,AI算法对采集信息展开深度分析。在作业区域,AI视觉算法分析画面,判断人员是否按规定佩戴防护装备;在地下室人车分流区域,智能监测人员闯入车道等异常行为;在指定区域判断实时人员是否超过聚集人数限制;在作业流水线传送带区域,对人员横穿现象智能预警,防止人身安全事故发生;智能计算人与叉车的实时距离,小于安全阈值时智能触发预警,同时叉车自动停止运行,直至隐患排除,由管理人员重新授予叉车运行权限;当冷库门关闭且内部有人时,数字孪生虚拟模型智能变红预警,系统自动解锁门禁并通知救援;热成像摄像头捕捉到充电桩或配电箱区域的高温、烟雾现象时,可视化界面智能预警,标记着火点并规划疏散路线,若发现人员摔倒,则用闪烁图标定位,自动联系附近安全员并推送坐标;在园区出入区域,通过黑名单识别,闸机智能拦截并通知安保,数字孪生平台同步弹出预警;月台作业时,货车倒车若后方有人,系统智能告警并联动声光报警,有效防范安全隐患,保障月台作业安全。

这套体系推动物流园人员安全管理从“被动应对”升级为“主动预防”,切实提升了物流园的人身安全保障系数。

3.4 消防安全监测

AI安防的创新应用构建起了一套全流程、智能化的火灾防控体系,实现了从源头预防到高效处置的闭环管理。

AI+消防打破了传统监测方式的局限,实现了更早、更精准的火情识别。在公共区域部署AI摄像机,针对消防通道违停占用智能预警(见图2);电动车进入电梯,进行声光报警(见图3);消控室睡岗/离

岗监测,确保火灾实时监测(见图4);易燃区域抽烟监测预警;在配电箱或充电桩高温识别预警监测,实现超前预警,防范未“燃”(见图2~图5)。



图2 AI消防预警



图3 电动入梯预警

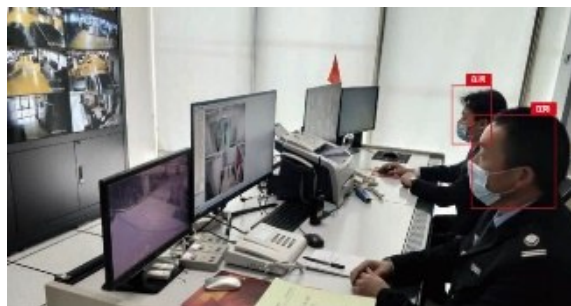


图4 睡岗/离岗预警

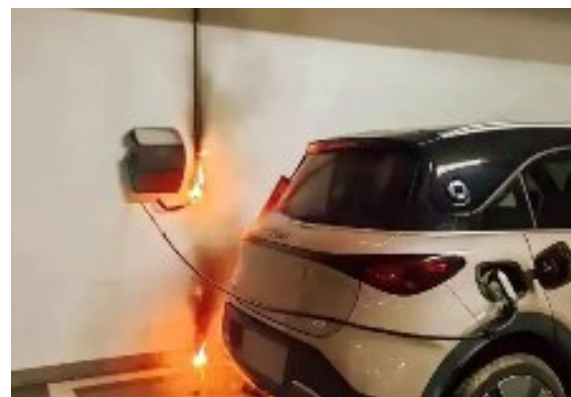


图5 火灾检测

进入火灾应急指挥阶段,AI将前期监测到的各

类信息整合分析,为指挥决策提供有力支持。当烟火识别预警触发后,通过数字孪生形成应急预案,会迅速调取周边监控,在数字孪生虚拟模型形成应急预案,结合消防通道占用识别的实时数据,对拥堵路段自动规避,形成消防车辆和救援人员的最优行进路线,并同步至消防指挥中心和现场指挥人员,确保救援力量能快速抵达火场,同时通过广播、电子屏等方式向被困人员推送清晰的疏散路线。此外,系统还能联动门禁系统,自动开启所有疏散通道的门,方便人员快速撤离,并且实时向指挥中心反馈各区域的疏散进度,让指挥人员能动态调整疏散策略,最大限度减少人员伤亡和财产损失。

4 AI安防面临的挑战及对策

4.1 AI安防面临的挑战

4.1.1 技术层面

算法鲁棒性不足:物流园复杂环境(光污染、货物遮挡等因素)导致AI识别准确率下降。

数据质量不佳:园区采集设备标准化不同,导致数据格式混乱、噪声大,影响模型训练效果。

算力成本压力:实时分析多路监控需大量高性能硬件支持,初始投入高,且算力需求随模型迭代持续增长,容易形成“算力黑洞”,中小企业难以承受。

4.1.2 合规层面

合规风险复杂:采集内容合法性存在争议,以及集团型企业跨地域需要考虑当地数据采集法规的差异性。

4.1.3 管理层面

利旧改造成本高:传统安防设备未预留接口,达不到改造门槛要求,全面更换成本高,技术价值难以释放。

集团化扩展受阻:前端硬件带算法的捆绑模式,无法满足集团化园区快速复制的需求,且算法无法共享,容易形成“数据孤岛”。

4.2 管理应对对策

4.2.1 技术优化

提升算法适应性:采用多算法融合(传统机器学习+深度学习),结合边缘计算预处理数据,针对极端天气、遮挡场景扩充训练集,提升AI识别准确率。

数据治理与隐私保护:建立统一业务数据中台,规范采集流程;用联邦学习、差分隐私技术实现跨园区数据协同训练,避免敏感信息泄露。

平衡算力与成本:通过部署边缘计算,减少云端算力依赖,有效降低算力成本。

4.2.2 合规适配

合规体系建设:集团通过制定AI安防白皮书,明确数据采集边界,禁用敏感区域监控,通过制定AI安防适用办法,适配不同地区法规。

4.2.3 管理优化

标准化体系建设:通过构建“云—边—端”标准化AI安防体系架构,实现新旧设备兼容,使得设备遵循统一接口,快速实现集团统一管控体系建设。

集团化降本体系:采用AI云平台,算法部署在云端,园区通过订阅获取能力,减少重复硬件投入;建立集团级算法市场,实现“一处开发、多处复用”,缩短迭代周期,形成规模效应。

5 结语与展望

总结而言,以AI安防为核心抓手,依托物联网IoT、AI视频分析、数字孪生等技术贯穿物流园区全链条,通过降本增效夯实基础,未来借助“云—边—端”架构实现集团快速复制,推动AI安防从安全保障基石,跃升为智慧园区转型的核心引擎之一,深度赋能物流全流程,助力物流园高速发展。