

文章编号: 1671-251X(2023)S1-0026-04

AI 智能视频识别分析技术在智能化掘进的研究与应用

杨洋

(国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 金家渠煤矿, 宁夏 吴忠 751505)

摘要:在分析金家渠煤矿 AI 智能视频识别分析技术 5 层架构(感知层、硬件支撑与传输层、平台层、应用层及展示层)基础上,围绕煤矿掘进作业循环过程中截割、支护及其过程中的安全防护等环节,针对掘进过程中人员进入危险区域、掘进作业人员劳动防护用品穿戴、掘进作业临时支护前探梁识别等场景,探索引入 AI 智能视频识别分析技术,实现危险区域违规闯入识别、作业人员违规穿戴识别、临时支护前探梁识别,以提升智能化掘进过程中安全管理水平。

关键词:智能化掘进; AI 视频分析; 危险区域违规闯入识别; 作业人员违规穿戴识别; 临时支护前探梁识别

中图分类号: TD67

文献标志码: A

Research and application of AI intelligent video recognition analysis
technology in intelligent excavation

YANG Yang

(Jinjiayu Coal Mine, CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Wuzhong 751504, China)

0 引言

随着工业视频在煤矿安全生产管理中的应用,各煤矿企业均在重要岗位及安全生产重要管控点部署了视频监控摄像机进行监控,有效改善了煤矿安全生产管理水平^[1]。

为了解决人员、设备监管覆盖不全的问题,弥补现有工业视频监控存在的局限性,将发现不安全行为、设备隐患等危险因素和工业视频监控系统进行有机结合^[2],2022 年国家能源集团宁夏煤业有限责任公司金家渠煤矿采用 AI 智能视频识别分析技术,以煤矿井下或地面视频监控摄像机的实时视频图像数据为基础,以 AI 图像识别技术为核心,以机器深度学习模型和报警基础为支撑,以自动化模糊控制为手段,形成集视频前端图像采集、实时行为分析、分析结果报警等功能的综合性安全管理平台,开展煤矿 AI 智能视频识别分析系统的研究。该系统通过对摄像头采集到的视频信息进一步做分析处理,利用机器视觉对作业区域进行全时段监管,将

AI 智能视频识别分析技术与煤矿井下移动目标安全管理紧密结合,并与综采工作面“三机一架”智能监测、井下人体检测与跟踪、人的行为分析与识别、煤量识别等技术深度融合,实现煤矿动目标安全智能视频监控,提前做出预警和告警,有效防范事故发生,提升煤矿安全管理水平。

本文在 AI 智能视频识别分析技术研究基础上,结合智能化掘进工作面建设方向,探索 AI 智能视频识别分析技术在智能化掘进安全管理过程中的应用实践,以金家渠煤矿掘进工作面为例,阐述技术架构及其应用,探索一种新的智能化掘进安全管理模式。

1 煤矿 AI 智能视频识别分析技术架构

金家渠煤矿 AI 智能视频识别分析技术采用 5 层架构,自下而上依次为感知层、硬件支撑与传输层、平台层、应用层及展示层,如图 1 所示。

感知层:为信息采集终端,用于识别外界物体和采集信息,利用信息化手段实现人、机、料、法、环的

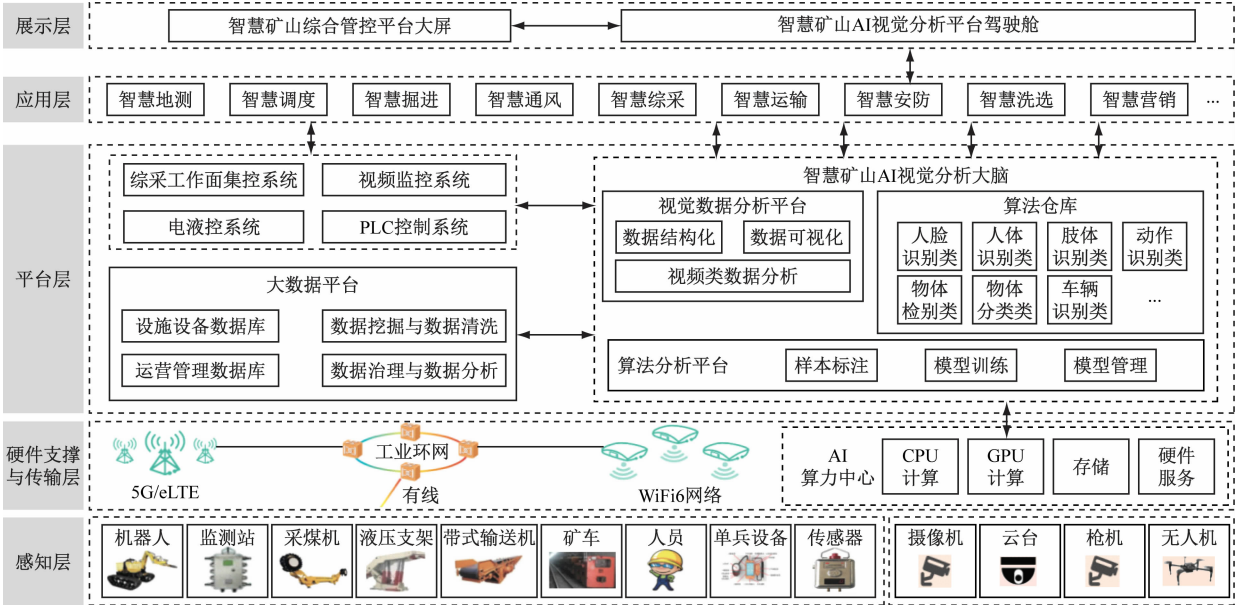


图 1 金家渠煤矿 AI 智能视频识别分析技术架构

数据采集与分析。针对不同应用场景采取不同的监控策略,接入矿用工业视频摄像机、综采工作面液压支架间云台摄像仪、高帧速摄像仪、红外热成像摄像仪等视频流,方便后续进行智能分析。同时,可对接各种传感器数据作为数据源,向硬件支撑与传输层提供感知服务。

硬件支撑与传输层:对接金家渠煤矿工业环网及 4G、WiFi 等无线传输网络,所采用的摄像仪、智能分析器采用 TCP/IP 连接,通过 ONVIF 等协议将视频信号传输到地面应用层及展示层。在正常运行下,该层中井上与井下部分可断开连接,不影响井下生产,但相互间将获得传输中断提示。待网络连接恢复后,井下数据将自动回传至井上应用,确保信息的连续性及完整性。同时提供计算所需算力,包括 GPU 计算、存储等。

平台层:主要为 AI 赋能平台,包括视觉数据分析平台及算法仓库。视觉数据分析平台通过接入摄像仪并分析视频流,提供各项智能分析功能,如人脸识别、人体作业行为识别、安全帽识别、设备状态识别、环境识别等。该平台加载现存所需算法,包括接入服务、视频解析、人脸检测、特征提取、人脸属性、人脸比对、人体检测、人体属性、图片质量检测、人像入库、设备管理、人像库管理、用户管理、角色管理、任务管理、日志管理等。算法仓库具有算法管理功能,可实现算法调度,同时保留算法加载功能,方便日后进行算法更新。

应用层:通过调用平台层提供的标准 API 接口,实现多样化的 AI 算法针对煤矿用户的应用,如智慧综采、智慧掘进、智慧运输、智慧安防、跨线检测、煤量统计等。同时可对接其他业务系统,如车辆

抓拍、超速报警、门禁系统管理、考勤管理等。

展示层:综合展示前端控制、设备总量、设备状态、今日抓拍量、事件告警信息、录像查看、存档管理等信息,同时也可作为数据输入,将数据统一汇总至煤矿监控大屏中进行展示。

2 掘进工作面安全管理存在的问题

掘进作为煤矿开采过程的重要环节,掘进效率及其安全管控水平决定了矿井整体效益^[3]。现阶段掘进过程中主要存在以下安全风险环节。

1) 掘进截割过程中人员进入危险区域。在掘进作业过程中,掘进机司机在掘进过程中为腾挪出合适的截割角度,会调整掘进机在巷道中的位置。若作业过程中其他人员误入,将极大可能面临受限空间挤压危险。为此,需考虑掘进工程中后方人员误入时声光报警及掘进机联动闭锁。

2) 掘进作业人员劳动防护用品穿戴。掘进循环作业中,各作业环节均面临一定风险。为避免相关风险导致人员受到伤害,金家渠煤矿为掘进作业员工配备防砸背心及保险绳,尽最大努力保障员工安全。因极个别员工未能认识到劳动防护用品的作用,强制要求所有掘进作业员工进行穿戴。

3) 掘进作业临时支护前探梁识别。掘进作业 1 个循环完成后,需使用掘进机前探梁进行临时支护,保障支护作业人员安全,避免片帮及顶板垮落对支护人员造成伤害。因极个别员工思想麻痹大意,出现空顶作业情况,需对掘进支护作业环节是否使用前探梁进行临时支护进行管理^[4]。

针对上述掘进作业过程中潜在的风险,金家渠

煤矿在传统工业视频基础上,探索 AI 智能视频识别分析技术予以解决。

3 AI 智能视频识别分析技术在掘进工作面的应用

3.1 危险区域违规闯入识别

使用综掘工作面 AI 软件定制化算法对掘进工作面视频监控指定区域进行全天 24 h 实时监控,同时设定作业时间段,在该时间段内若发现人员违规进入工作面危险区域,即向平台发出告警信息,并通过声光报警器对违规闯入人员进行驱离,通过关联控制系统发出停机指令,使掘进机立刻停机,避免因人员误入带来的安全问题。危险区域违规闯入识别效果如图 2 所示。



图 2 危险区域违规闯入识别效果

3.2 作业人员违规穿戴识别

使用针对煤矿掘进工作面场景定制的算法模型对掘进工作面视频监控指定区域进行全天 24 h 实时监测,识别作业人员穿戴安全帽、防砸背心及挂靠安全绳等情况,可同时记录多人情况。如发现有人员未按要求穿戴和挂靠,立即发出报警并进行违规事件记录。作业人员违规穿戴识别效果如图 3 所示。

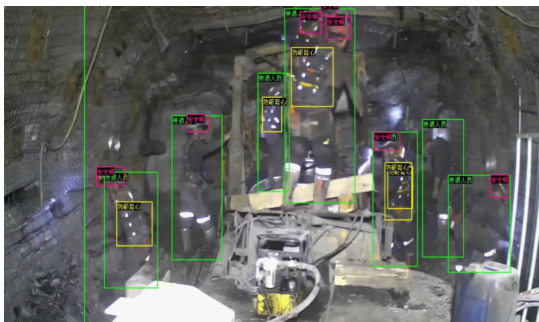


图 3 作业人员违规穿戴识别效果

3.3 临时支护前探梁识别

利用智能识别算法针对掘进机及掘锚一体机不同形状及结构的前探梁进行特征提取及分析,可实现综掘工作面临时支护前探梁的识别,同时用作综掘工作面支护人员是否违规作业的依据及判断基础。临时支护前探梁识别效果如图 4 所示。



图 4 临时支护前探梁识别效果

4 掘进作业循环算法

临时支护前探梁识别中,支护动作所在的时空是行为识别模型关注的重点信息,而视频图像中往往包含大量的背景信息,对行为识别任务产生一定的干扰。对此,采用目标检测算法对前探梁所在区域进行检测,从而将部分无关的背景滤除,可有效提升行为识别模型的准确率。综合考虑目标检测算法的精度和效率,选择适合边缘设备的轻量级目标检测算法 Yolo-FastestV2^[5] 实现设备区域目标检测。与其他 Yolo 系列算法^[6] 相比,Yolo-FastestV2 在保障检测精度的前提下,复杂度更低,检测速度更快。

对支护任务区域进行检测时,首先将输入 Yolo-FastestV2 的图像划分成 $S \times S$ 大小的网格。如果设备区域中心坐标位于某一网格,则由该网格实现对设备区域的检测。支护任务场景中心点所在的网格,即由当前格子所负责的 N 个先验框对物体进行检测,其中先验框中与目标的交并比区域^[7] 最大的框作为正样本,其他的框作为负样本。

前探梁识别模型数据集^[8] 训练步骤:① 构建 VOC 文件目录。② 由训练集与测试集 9 : 1 的比例,生成存放有标注信息的文本。③ 生成最终训练的文本。设置好训练参数后即可开始训练。

掘进工作面环境较复杂,作业人员较多,因此在识别模型中加入基于二维伽马函数的井下视频图像增强算法^[9]。针对矿井视频图像的特殊性,采用引导滤波提取光照分量,通过二维伽马函数调整光照值,减弱光照强度高的区域,增强光照强度弱的区域,采用 CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization,对比度受限的自适应直方图均衡化)方法调节图像对比度^[10]。该算法提高了图像整体质量,有效消除了光照不均匀和粉尘严重的现象。

训练后的识别模型能够识别支护网、煤壁及前探梁位置,如图 5 所示。其原理是运用拓扑空间关系理论,根据煤壁与前探梁支护区域的空间位置判

基站并发量有要求;红绿灯等交通管理设备采用现场控制时,井下工业环网基本能满足数据传输要求。

3.2.3 井下物流管理系统

井下物资需求量大,随着精细化管理的推进,井下物流、物料管理是挖掘管理效益的重要领域。井下物流管理系统的特点是动目标数量中等、静目标多、动静目标结合,除定位数据外还有业务数据,且业务数据持续不断,定位设备移动供电要求高,对定位系统的定位巡检周期、单区域并发量、系统可靠性有要求,井下工业环网基本能满足定位数据传输要求,但需要与 4G/5G、WiFi 等通信网络结合以获取业务数据上下行通道。

3.2.4 井下接近监测、远程/无人车辆驾驶/掘进/综采系统

前 3 个应用都是以监管为目标,对网络时延不敏感,对定位精度、巡检周期、可靠性要求不高,定位系统的技术性能低一些也能接受,即使是用 ZigBee 技术也不易发现。井下接近监测、远程/无人车辆驾驶/掘进/综采系统则以控制为目标,对网络传输时延、定位精度、巡检周期、可靠性都很敏感,井下工业环网已不能保证数据的可靠传输,重点设备的定位

精度要达到 10 cm 甚至更高,设备的定位巡检周期要求在 500 ms 甚至更短,还需满足单区域并发量的要求,对精确定位系统有了更高要求。

4 结语

煤矿精确定位技术可实时监测井下人员、车辆状况,掌握区域范围内,作业人员、车辆的运行轨迹,保障各工种作业人员、车辆安全有序完成生产任务,提高作业效率。如遇紧急救援事项,系统精准厘米级定位人员位置,确保第一时间保障人员安全;矿井精准定位和平台化、数字化、可视化、协同化、智能化综合调度管控,解决煤矿现有管理方式难以解决的问题,促进煤矿企业优化管理,实现高质量发展。

参考文献:

[1] 董健. 物联网与短距离无线通信技术[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2016.

[2] 郑相全. 无线自组网技术实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[3] 赵荣泳, 张浩, 林权威, 等. UWB 定位技术及智能制造应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2020.

(上接第 28 页)

断是否完全支护到位。当掘进机顶部与标线重合或相差 5 px(可根据实际情况调整)时,认为前探梁已支护到位。



图 5 支护网、煤壁及前探梁位置关系识别结果

5 结论

基于 AI 智能视频识别分析技术作为智能化掘进作业过程中安全管理辅助手段,可提升掘进作业安全管理水平。相较于单一对掘进作业环境危险区域闯入进行分析,通过对掘进作业循环全过程进行分析可全过程辅助监管,促进掘进作业智能化水平。通过 AI 智能视频识别分析技术的不断发展,未来可探索对掘进作业循环各流程作业效率进行分析识别,提出分析改进意见,促进掘进效率整体提升。

参考文献:

[1] 赵来锁. 数字工业视频监控系统在煤矿的应用与探讨[J]. 内蒙古煤炭经济, 2018(23): 98-99.

[2] 阮航. 工业视频智能分析技术在安全管控中的应用[J]. 信息与电脑(理论版), 2021, 33(5): 183-185.

[3] 钱敏, 何敏洁, 王尚武. 智能化煤矿掘进工作面不安全行为影响因素及防控措施[J]. 技术与创新管理, 2023, 44(1): 104-110.

[4] 文建东, 赵鹏, 李明. 煤矿掘进工作面临时支护形式优化探索[J]. 能源技术与管理, 2022, 47(4): 84-87.

[5] 张传深. 基于轻量型目标检测算法与学习人类控制器的目标跟随方法研究[D]. 聊城: 聊城大学, 2022.

[6] 江泽涛, 肖芸, 张少钦, 等. 基于 Dark-YOLO 的低照度目标检测方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2023, 35(3): 441-451.

[7] 张羽. 目标检测中的交并比损失函数研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2021.

[8] 耿创, 宋品德, 曹立佳. YOLO 算法在目标检测中的研究进展[J]. 兵器装备工程学报, 2022, 43(9): 162-173.

[9] 王诚聪, 刘亚静. 矿井复杂环境视频监控图像增强算法研究[J]. 煤炭工程, 2021, 53(4): 147-151.

[10] 范伟强, 李晓宇, 翁智, 等. 基于双域和 ILoG-CLAHE 的矿井红外图像增强算法[J]. 工矿自动化, 2023, 49(1): 99-108.