

AI图像识别和北斗定位技术在铁路施工安全防护中的应用探索

马 俊

国家能源投资集团有限责任公司 北京 100009

摘 要：本文深入探讨了AI图像识别与北斗定位技术在铁路施工安全防护领域的应用。通过分析铁路施工安全防护的现状与挑战，阐述了AI图像识别技术在施工隐患识别、人员行为监测等方面的作用，以及北斗定位技术在施工设备定位、人员实时追踪等方面的优势。AI图像识别与北斗定位技术的综合应用能够显著提升铁路施工安全防护水平，降低安全事故发生率，为铁路施工安全管理提供有力支持。

关键词：AI图像识别；北斗定位技术；铁路施工；安全防护；融合应用

1 引言

铁路是国家重要基础设施，在经济社会中作用重大。随着铁路建设规模扩大，施工安全问题凸显。其施工环境复杂，工序交叉，疏忽易引发严重事故，影响建设进度与质量，加强安全防护、提升管理水平迫在眉睫。近年来，人工智能和卫星导航技术发展迅速，AI图像识别可高效准确分析图像视频、识别目标，北斗定位能提供高精度位置信息、实现实时追踪。将二者应用于铁路施工安全防护，有望及时发现隐患、精准管理人员、有效监控设备，提升智能化水平。

2 铁路施工安全防护现状与挑战

当前，铁路施工安全防护主要依赖传统方式，如设置警示标志、安排专人防护、开展现场巡查等，虽有一定预防效果，但存在局限性，如警示标志易被忽视、设置专人防护和人工巡查人力成本高、防护用对讲机通信以及传统的信号系统受限制等。同时，铁路施工安全面临诸多挑战：施工环境复杂，野外作业地形多变，还受恶劣天气影响，增加安全风险；施工设备众多，大型机械设备操作复杂，协同作业需高度协调，操作不当或故障易引发事故；人员流动性大，施工人员技能水平和安全意识参差不齐，作业现场人员流动增加管理难度；安全管理难度高，施工涉及多专业和工序，需协调各部门关系，但实际工作中存在沟通不畅、信息不共享等问题，影响安全管理效率，难以及时发现和解决安全隐患。

3 AI 图像识别技术在铁路施工安全防护中的应用

3.1 AI图像识别技术原理

AI图像识别技术基于人工智能和计算机视觉，通过学习大量图像数据，让计算机自动识别图像中的目

标、行为和特征。核心步骤包括图像预处理、特征提取、模型训练和目标识别。图像预处理：对图像去噪、增强、归一化，提升质量和清晰度。如用中值滤波去椒盐噪声，通过排序邻域像素取中间值；用直方图均衡化增强对比度，凸显细节。特征提取：从预处理后的图像中提取代表性特征，如颜色、纹理、形状。常用方法有SIFT、SURF、HOG等。SIFT检测关键点并计算方向和特征描述符，具尺度、旋转不变性；HOG通过计算局部区域梯度方向直方图表征物体形状和纹理，在行人检测中表现出色。模型训练：用提取的特征训练机器学习模型，使其学习不同目标特征模式^[1]。常见模型有SVM、神经网络等。深度学习中的CNN通过卷积层、池化层和全连接层组合，自动学习层次化特征，提高识别准确率，如AlexNet、VGGNet、ResNet等在ImageNet竞赛中表现优异。目标识别：将训练好的模型应用于新图像，自动识别和分类目标物体。通过计算输入图像与模型中特征模板的相似度，判断目标是否存在并确定其类别和位置。

3.2 AI图像识别技术在铁路施工隐患识别中的应用

3.2.1 结构缺陷识别

在铁路桥梁、隧道等结构施工中，结构的完整性直接关系到铁路的安全运行。AI图像识别技术可以通过对施工过程中的图像进行分析，自动识别出结构表面的裂缝、变形、腐蚀等缺陷。例如，利用深度学习算法训练的图像识别模型，能够对桥梁梁体的裂缝进行准确检测。该模型首先通过卷积层提取图像中的裂缝特征，然后利用全连接层对裂缝进行分类和定位。不仅可以检测出裂缝的位置和长度，还能评估裂缝的宽度和严重程度，为施工人员进行及时修复提供依据。在实际应用中，可以采用无人机搭载高清摄像头对桥梁进行定期巡

检,将采集到的图像传输到后台服务器进行处理,实现对桥梁结构缺陷的实时监测。

3.2.2 轨道铺设质量检测

轨道铺设是铁路施工的关键环节,轨道的平顺性和几何尺寸的准确性对列车运行的安全性和舒适性有着重要影响。AI图像识别技术可以实时监测轨道铺设过程中的质量情况,通过分析轨道图像,检测轨道的轨距、水平、高低等几何参数是否符合设计要求。例如,利用计算机视觉技术对轨道图像进行边缘检测,提取轨道的边缘信息,然后根据边缘信息计算轨道的几何参数。同时,还能识别出轨枕的缺失、歪斜等问题,及时发现并纠正轨道铺设中的质量隐患。可以采用安装在轨道检测车上的摄像头采集轨道图像,实现轨道的动态检测。

3.2.3 施工材料质量检测

铁路施工需要使用大量的建筑材料,如钢材、水泥、砂石等。材料的质量直接影响到工程的质量和安。AI图像识别技术可以对施工材料的外观进行检测,判断材料的规格、型号是否符合要求,是否存在破损、变形等质量问题。例如,通过对钢筋的图像进行分析,利用图像处理算法提取钢筋的直径、间距等特征参数,与标准参数进行比对,检测钢筋的直径、锈蚀情况等,确保使用的钢筋符合设计标准。可以采用工业相机对施工材料进行拍照,实现材料的快速检测。

3.3 AI图像识别技术在铁路施工人员行为监测中的应用

3.3.1 安全防护用品佩戴监测

在铁路施工现场,施工人员必须正确佩戴安全防护用品,如安全帽、安全带、防护手套等,以保护自身安全。AI图像识别技术可以通过安装在施工现场的摄像头,实时监测施工人员的安全防护用品佩戴情况。例如,利用目标检测算法识别施工人员的头部、身体等部位,然后判断是否佩戴了安全帽、安全带等防护用品。当检测到施工人员未佩戴或未正确佩戴安全防护用品时,系统能够及时发出警报,提醒施工人员纠正违规行为^[2]。可以采用YOLO(You Only Look Once)系列目标检测算法,该算法具有实时性高、准确率高的特点,能够满足施工现场实时监测的需求。

3.3.2 违规操作行为识别

铁路施工过程中存在一些违规操作行为,如违规跨越轨道、在危险区域停留、操作设备时不遵守操作规程等,这些行为极易引发安全事故。AI图像识别技术可以对施工人员的操作行为进行实时监测和分析,通过与预设的违规行为模型进行比对,识别出违规操作行为,并

及时通知安全管理人员进行处理。例如,利用行为识别算法对施工人员的动作序列进行分析,判断是否存在违规跨越轨道的行为。当检测到违规操作行为时,系统能够立即发出警报,并记录违规行为的时间、地点和人员信息,以便后续进行教育和处罚。可以采用基于深度学习的行为识别方法,如使用LSTM(长短期记忆网络)或3D-CNN(三维卷积神经网络)对视频序列进行处理,提取施工人员的动作特征,实现违规行为的准确识别。

3.3.3 人员疲劳状态监测

长时间的作业容易导致施工人员疲劳,疲劳状态下施工人员的反应能力和注意力会下降,增加了发生安全事故的风险。在特定条件下,AI图像识别技术可以通过分析施工人员的面部表情、眼神状态等特征,判断施工人员是否处于疲劳状态。例如,利用面部表情识别算法检测施工人员的眼睛闭合频率、嘴巴张开程度等特征,当眼睛闭合频率过高或嘴巴频繁打哈欠时,判断施工人员处于疲劳状态。当检测到施工人员疲劳时,系统能够及时提醒施工人员休息,避免因疲劳导致安全事故的发生。可以采用基于卷积神经网络的面部表情识别模型,通过对大量疲劳和非疲劳状态下的面部图像进行训练,提高模型的识别准确率。

4 北斗定位技术在铁路施工安全防护中的应用

4.1 北斗定位技术原理

北斗定位技术是我国自主研发的全球卫星导航系统,靠地球上部署的卫星向用户发送精确的时间和位置信息。用户终端接收信号后,经计算信号传播时间与卫星位置,确定自身三维坐标及速度、时间等参数。该系统采用三频信号体制,定位精度和抗干扰能力更高。定位原理主要有伪距定位和载波相位定位两种,前者通过测传播时间算距离,再用三角测量法定位;后者利用载波相位信息定位,精度更高但数据处理复杂。此外,北斗系统还采用差分定位技术,通过基准站和用户终端同时接收信号并计算差值,消除误差,进一步提高用户终端定位精度。

4.2 北斗定位技术在铁路施工设备定位与监控中的应用

4.2.1 设备实时定位

在铁路施工中,大型施工设备的移动范围较大,为了确保设备的安全运行和合理调度,需要对设备进行实时定位。北斗定位技术可以为施工设备安装定位终端,实时获取设备的位置信息,并将信息传输到监控中心。监控人员可以通过监控平台直观地了解设备的分布情况和运行轨迹,及时发现设备的异常移动情况,如设备偏

离施工区域、进入危险区域等,并采取相应的措施进行处理^[3]。例如,在挖掘机上安装北斗定位终端,通过无线网络将设备的位置信息实时传输到监控中心,当挖掘机进入铁路线路保护区等危险区域时,系统能够及时发出警报。

4.2.2 设备运行状态监测

除了定位功能外,北斗定位技术还可以与设备的传感器相结合,实时监测设备的运行状态,如发动机转速、油温、油压等参数。通过对这些数据的分析和处理,可以及时发现设备的故障隐患,提前进行维护和保养,避免设备在施工过程中出现故障,影响施工进度和安全。例如,在起重机上安装北斗定位终端和各种传感器,将设备的位置信息和运行状态数据一起传输到监控中心,当起重机的起升高度超过安全限制或发动机温度过高时,系统能够及时发出警报,提醒操作人员停止设备运行,进行检查和维修。

4.2.3 设备防碰撞预警

在铁路施工现场,多台施工设备同时作业的情况较为常见,设备之间的碰撞事故时有发生。北斗定位技术可以实时获取设备的位置信息,并通过计算设备之间的距离和相对速度,预测设备之间是否会发生碰撞。当设备之间的距离小于安全距离时,系统能够及时发出警报,提醒操作人员采取避让措施,避免碰撞事故的发生。例如,在两台相邻的施工设备上安装北斗定位终端,通过无线网络实时交换位置信息,当两台设备之间的距离小于设定的安全距离时,系统会同时向两台设备的操作人员发出警报,确保设备安全运行。

4.3 北斗定位技术在铁路施工人员实时追踪与管理中的应用

4.3.1 人员实时定位

为施工人员配备北斗定位终端,可以实时获取施工人员的位置信息,实现对施工人员的精准定位。在施工现场,管理人员可以通过监控平台查看施工人员的分布情况,了解每个施工人员的工作位置和作业范围,合理安排工作任务,提高施工效率。同时,在发生安全事故时,能够快速定位被困人员的位置,为救援工作提供有力支持^[4]。例如,在隧道施工中,为施工人员配备防爆型北斗定位终端,通过隧道内的无线网络将人员的位置信息传输到监控中心,当发生塌方等事故时,能够迅速确定被困人员的位置,提高救援效率。

4.3.2 人员考勤管理

传统的施工人员考勤管理主要依靠人工签到的方式,存在代签、漏签等问题,考勤数据的准确性和可靠性难以保证。利用北斗定位技术可以实现施工人员的自动考勤管理,当施工人员进入施工现场指定的考勤区域时,定位终端会自动记录人员的考勤信息,并将信息上传到监控中心。管理人员可以通过监控平台实时查看施工人员的考勤情况,提高考勤管理的效率和准确性。例如,在施工现场的入口处设置考勤区域,施工人员携带北斗定位终端进入该区域时,系统自动记录人员的考勤时间,实现考勤的自动化管理。

4.3.3 人员安全预警

在铁路施工中,部分区域存在较高的安全风险,如深基坑、高边坡、电气化作业区等。通过在监控平台中设置电子围栏,当施工人员进入危险区域时,北斗定位终端会立即发出警报,提醒施工人员注意安全,同时将预警信息发送给管理人员,以便及时采取措施保障施工人员的安全。例如,在电气化作业区周围设置电子围栏,当施工人员进入该区域时,定位终端会发出声光警报,提醒施工人员远离高压电线,避免触电事故的发生。

结语

AI图像识别与北斗定位技术在铁路施工安全防护中前景广阔、潜力巨大。前者可准确识别隐患、实时监测人员行为,后者能精准定位设备与人员、实时追踪。二者融合应用,借助高精度定位系统、AI图像识别技术,可以识别出施工区域与机车的相对位置,通过动态监测施工区域精准识别潜在的风险,及时发出预警,这一举措有利于增强施工区域的安全性,降低事故发生概率,进一步优化了铁路运输的整体效能,提高其可靠性。但广泛应用需克服技术和非技术挑战,铁路运输企业和科研机构之间还应持续加强合作交流,为技术推广应用提供有力保障。

参考文献

- [1]陈洪海,赵彦龙.基于深度图像识别的智能监管在铁路施工中的应用[J].工程与建设,2025,39(02):480-482.
- [2]章亚彬.基于图像识别的铁路信息化建设探讨[J].通讯世界,2024,31(05):142-144.
- [3]侯艳,王安明,李晴.基于北斗定位的铁路现场安全防护系统定位技术研究[J].微型电脑应用,2024,40(02):50-55.
- [4]王绍新,翁艳彬.基于北斗高精度定位的铁路巡检技术应用[J].全球定位系统,2024,49(01):60-67.