

建筑工程视频监控中人脸识别技术的准确性和效率提升方法

魏 缤

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]建筑工程现场环境复杂,传统安全监管方式难以满足高效管理需求。人脸识别技术依托视频监控系统,在人员身份验证、出入口控制、行为分析等方面展现出广泛应用前景。受光照、姿态、遮挡等因素影响,识别准确性面临挑战,通过优化深度学习模型、增强数据质量、改进部署架构等方式可有效提升性能。实际工程案例表明,技术改进显著提高了系统的稳定性和适用性。随着人工智能技术的进步,该领域将迎来更广阔的发展空间。

[关键词]人脸识别技术; 建筑工程; 视频监控; 准确性; 效率优化

DOI: 10.33142/ect.v3i6.16871

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

Methods for Improving the Accuracy and Efficiency of Facial Recognition Technology in Construction Video Surveillance

WEI Bin

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The construction site environment is complex, and traditional safety supervision methods are difficult to meet the needs of efficient management. Facial recognition technology, relying on video surveillance systems, has shown broad application prospects in personnel identity verification, access control, behavior analysis, and other areas. Due to factors such as lighting, posture, and occlusion, recognition accuracy faces challenges. Optimizing deep learning models, enhancing data quality, and improving deployment architecture can effectively improve performance. Actual engineering cases have shown that technological improvements have significantly improved the stability and applicability of the system. With the advancement of artificial intelligence technology, this field will usher in broader development space.

Keywords: facial recognition technology; architectural engineering; video surveillance; accuracy; efficiency optimization

引言

随着城市建设规模不断扩大,建筑工程施工环境日益复杂,安全管理难度持续上升。传统的人员管理和视频监控手段受限于人工干预和响应延迟,已难以满足现代工地对高效、精准监管的需求。在此背景下,人脸识别技术作为智能安防的重要组成部分,逐渐被引入建筑工程视频监控体系中,成为提升安全管理水平的关键技术路径。如何在复杂环境下提升识别准确率与运行效率,成为当前研究与实践的重点方向。

1 建筑工程视频监控中人脸识别技术的应用现状

当前,在建筑工程视频监控系统中,人脸识别技术主要应用于出入口控制、人员考勤、身份验证以及异常行为监测等多个方面。通过将前端摄像头采集到的人脸图像与后台数据库进行实时比对,可以快速完成身份识别,提高管理效率并降低人为疏漏带来的安全隐患。从技术实现来看,多数建筑工程视频监控系统采用的是基于2D图像的人脸识别算法,其核心依赖于人脸检测、特征提取和匹配识别三个关键步骤。目前主流方案多集成深度学习模型,如卷积神经网络(CNN),用于提升识别精度。部分高端项目开始引入红外成像、热成像等辅助手段,以增强在低

光照、夜间或恶劣天气条件下的识别能力。

边缘计算设备的普及也为施工现场部署轻量级人脸识别模块提供了技术支持,使得数据处理更加高效、响应更加快速。在硬件层面,高清摄像设备、智能终端与云端平台的协同构成了现代建筑工程视频监控的基础架构。通过构建分布式视频采集网络,实现对重点区域的全天候覆盖,并结合人脸识别算法对进出人员进行动态追踪与记录。这一模式不仅提高了人员通行效率,也增强了现场安全管理的智能化水平。与此部分企业尝试将人脸识别与其他生物识别技术融合使用,例如指纹识别、虹膜识别等,形成多模态识别机制,以应对单一识别方式可能存在的误差问题。

尽管人脸识别技术在建筑工程视频监控中的应用逐步深入,但在实际运行过程中仍面临诸多限制因素。例如,施工现场环境复杂多变,存在大量遮挡、姿态变化、光线干扰等问题,影响识别效果;人员流动性大、戴安全帽或口罩等防护装备的情况普遍存在,也增加了识别难度。系统部署成本、数据存储压力及隐私保护问题也成为制约该技术大规模推广的重要原因。如何在现有基础上进一步优化识别性能、提升适应能力,并兼顾安全性与实用性,成为当前建筑工程领域亟需解决的技术难题之一。

2 影响人脸识别准确性的因素分析

在建筑工程视频监控环境中,人脸识别技术的准确性受到多种内外部因素的共同作用。这些因素既包括图像采集过程中所面临的环境干扰,也涵盖算法处理阶段的技术局限性,同时还涉及数据管理与系统部署层面的实际问题。深入分析这些影响因素,对于提升识别系统的稳定性和适应能力具有重要意义。光照条件是影响人脸识别准确性的关键外部因素之一。施工现场通常存在强光直射、阴影遮挡、反光干扰等复杂光照情况,导致人脸图像出现过曝或欠曝现象,进而影响人脸特征的清晰度和完整性。昼夜交替带来的光线变化也会对摄像头成像质量产生显著影响,尤其是在夜间或低照度环境下,普通摄像设备难以获取足够清晰的人脸信息,从而降低识别成功率。

姿态变化同样是造成识别误差的重要原因。建筑工地中,人员通行速度较快,动作频繁,面部角度往往不固定,可能导致人脸图像出现较大的偏转角度或部分遮挡。当前多数识别系统仍以正面人脸为主要训练样本,对于侧脸、低头或仰头等非标准姿态的识别能力有限,容易引发误识或漏识现象。施工人员佩戴安全帽、口罩、护目镜等防护装备的情况较为普遍,进一步加剧了人脸区域的遮挡问题,使得关键面部特征无法完整提取,直接影响识别精度。图像分辨率和成像质量也是决定识别效果的核心要素之一。受限于成本控制与部署条件,部分施工现场使用的摄像设备像素较低,帧率不足,导致人脸图像模糊、细节缺失,难以满足高精度识别的需求。视频传输过程中可能存在的压缩失真、延迟抖动等问题,也会对图像质量造成影响,进一步削弱识别系统的稳定性。

从算法层面来看,现有识别模型在应对复杂场景时仍存在一定局限。尽管深度学习技术已在人脸识别领域取得突破性进展,但在面对极端光照、姿态变化、表情差异等因素时,模型泛化能力仍有待提升。部分算法在训练过程中依赖高质量、标准化的数据集,而施工现场采集到的人脸图像往往存在噪声大、背景杂乱、尺度不一等问题,导致模型匹配能力下降,识别结果不稳定。数据库的质量与维护水平也在一定程度上影响识别准确性。施工现场人员流动性大,数据库更新频率较高,若缺乏有效的信息同步机制,可能导致识别系统使用的是过期或错误的身份信息,从而引发识别失败或误判。

3 基于深度学习的人脸识别优化策略

在建筑工程视频监控场景中,人脸识别技术的性能提升高度依赖于算法模型的优化,尤其是深度学习方法的应用为解决复杂环境下的识别难题提供了新的路径。当前,针对施工现场光照不均、姿态多变、遮挡频繁等问题,研究者和工程技术人员主要从模型结构改进、数据增强策略、多模态融合机制以及轻量化部署等方面入手,探索更加鲁棒和高效的人脸识别解决方案。神经网络结构的优化

是提升识别准确率的核心手段之一。近年来,卷积神经网络(CNN)作为主流架构,在特征提取方面展现出强大能力。

为进一步增强其对姿态变化和局部遮挡的适应性,研究中引入了注意力机制(Attention Mechanism),通过自动聚焦于人脸关键区域,提高特征表达的有效性。残差连接(Residual Connection)与密集连接(Dense Connection)等设计也被广泛采用,以缓解深层网络中的梯度消失问题,从而提升模型训练效率和泛化能力。部分先进模型还结合了图卷积网络(GCN)或Transformer结构,用于建模面部关键点之间的空间关系,增强对非正脸图像的识别能力。在数据层面,构建高质量、多样化的训练集对于提升模型鲁棒性至关重要。由于施工现场获取的数据往往存在样本不平衡、噪声干扰等问题,因此普遍采用数据增强技术来扩充训练样本库。具体包括对原始图像进行旋转、翻转、裁剪、加噪、光照模拟等操作,使其覆盖更多真实应用场景。

为提升人脸识别系统在建筑工程施工现场的适应性与稳定性,多种优化策略被逐步引入。半监督学习与自监督学习方法通过利用大量未标注数据辅助模型训练,在降低人工标注成本的同时增强了模型对复杂环境的适应能力。针对施工现场常见的遮挡、姿态变化等问题,多模态信息融合技术成为有效补充,将人脸识别与红外成像、热成像、3D人脸建模等技术结合,构建多层次身份验证体系,通过跨模态特征对齐与联合优化,提高系统的容错能力和适用范围。

4 建筑工程场景下的技术改进案例

在实际建筑工程管理实践中,人脸识别技术的应用正逐步从理论探索走向系统化落地。针对施工现场复杂多变的环境特点,多个项目通过引入定制化技术方案,对现有视频监控系统进行深度优化,在提升识别准确率与响应效率方面取得了明显成效。为应对施工现场光照不均、夜间识别困难等问题,部分工程项目采用了融合可见光与红外成像的双模摄像头系统。该系统能够在不同光照条件下自动切换成像模式,确保人脸图像采集的完整性与清晰度。结合基于深度学习的低照度增强算法,对采集到的图像进行实时去噪与对比度调整,有效改善了传统摄像设备在暗光环境下成像质量差的问题,从而提高了识别系统的适应能力。

在姿态变化与遮挡问题处理方面,一些大型建筑项目部署了多角度摄像网络,并配合3D人脸建模技术,实现对非标准姿态的有效识别。通过构建三维面部结构特征,系统能够在侧脸、低头或佩戴防护装备的情况下,依然提取出可用于匹配的关键信息。部分系统集成头部姿态估计模块,能够动态判断人脸朝向,并根据姿态角度调整特征提取策略,进一步提升了识别鲁棒性。考虑到施工现场

人员流动性大、通行频繁的特点，部分项目引入了边缘计算架构，将人脸识别模型部署在本地智能终端上。这种架构减少了数据上传至云端的依赖，缩短了识别响应时间，提高了系统运行效率。结合模型轻量化技术，如网络剪枝与参数量化，使原本复杂的深度学习模型能够在低功耗设备上高效运行，既满足了识别精度要求，又降低了整体部署成本。

在数据管理层面，一些项目建立了动态更新的身份数据库机制，支持施工人员信息的快速录入、变更和注销。通过与工地管理系统对接，实现人员身份信息的自动同步与更新，避免因数据库滞后导致的识别错误。采用分布式存储架构提升数据访问效率，并引入加密传输协议保障数据安全，防止敏感信息泄露。为进一步提升识别系统的稳定性与容错能力，部分项目将人脸识别与其他生物识别方式集成应用，例如指纹识别、虹膜识别以及语音识别等。这种多模态融合的方式不仅增强了身份验证的可靠性，也在单一模态失效时提供了备用识别路径，从而提高整体系统的可用性。部分智慧工地试点项目还结合人工智能驱动的行为分析功能，将人脸识别结果与行为轨迹追踪相结合，实现对异常行为的自动预警。

5 技术进步对未来安全管理的影响

随着人工智能与计算机视觉技术的持续发展，建筑工程领域的安全管理正逐步迈入智能化、精细化的新阶段。人脸识别作为智能视频监控系统的核心支撑技术之一，其性能提升不仅优化了人员身份识别的效率和准确率，更在深层次上推动了施工现场安全管理体系的重构与升级。技术进步带来的最直接影响体现在对人员行为管理能力的增强。传统安全管理依赖人工监督和事后回溯，存在响应滞后、覆盖不全等问题，而基于深度学习的人脸识别系统能够实现施工人员的实时追踪与动态识别，结合行为分析算法，可自动识别异常出入、非法闯入、冒名顶替等潜在风险行为。这种主动预警机制有效提升了现场安全监管的前瞻性与精准性，有助于将安全隐患控制在萌芽状态。

在出入口管控方面，人脸识别技术的进步使身份验证过程更加高效、严密。相比传统的门禁卡或指纹识别方式，非接触式的人脸识别具有更高的通行效率，并能有效避免因卡片遗失、代刷等问题引发的安全漏洞。系统可与工地用工管理系统对接，实现考勤记录与安全准入的同步管理，为施工企业的合规运营提供数据支撑。随着边缘计算和5G 通信技术的发展，施工现场的视频监控系统正朝着分

布式、低延迟、高并发的方向演进。这使得人脸识别不再局限于固定点位的静态识别，而是可以支持移动设备、无人机、穿戴式终端等多种采集手段，实现对复杂场景下人员活动的全方位感知。这种多维度的信息整合能力，为构建统一的智慧工地安全平台奠定了基础。

技术的持续迭代还推动了安全管理模式由被动应对向主动防控转变。通过建立基于人脸识别的身份信息数据库，并结合施工进度、岗位职责、培训记录等多维数据，系统可以对不同区域设置差异化的访问权限，从而实现分级分类管理。此外，借助大数据分析技术，系统还能对历史通行数据进行挖掘，识别出高频次异常行为模式，辅助管理者制定更具针对性的安全策略。从长远来看，人脸识别技术与其他智能安防技术的融合将进一步拓展其在建筑安全管理中的应用边界。例如，该技术可与环境监测、火灾预警、危险源识别等功能联动，形成一体化的智能安全响应体系。在突发事件中，系统可根据人脸识别结果快速锁定相关人员位置，提升应急指挥与救援的效率。

6 结语

人脸识别技术在建筑工程视频监控中的应用正逐步深化，其准确性和效率的提升为施工现场的安全管理带来了新的变革动力。随着深度学习算法、多模态融合、边缘计算等技术的发展，系统在复杂环境下的适应能力不断增强。未来，随着人工智能与建筑管理的进一步融合，智能识别技术将在人员管控、行为分析、风险预警等方面发挥更大作用，推动安全管理向智能化、精细化方向持续演进。

[参考文献]

- [1]杨志刚.基于深度学习的人脸识别技术研究[J].计算机科学,2023,47(8):15-20.
- [2]刘晓燕.视频监控系统中人脸识别技术的应用探讨[J].安防科技,2024,29(3):45-48.
- [3]陈建国.复杂环境下人脸识别系统的性能优化[J].信息技术与网络安全,2024,38(6):112-115.
- [4]孙丽华.建筑工程安全管理新技术的应用与发展[J].建筑安全,2025,30(2):34-37.
- [5]高明.智能视频监控系统的设计与实现[J].电子技术应用,2023,46(10):89-92.

作者简介：魏宾（1997.2—），男，汉族，毕业学校：河北工业职业技术学院，现工作单位：九易庄宸科技(集团)股份有限公司。