

## 智慧工地 AI 巡检系统的误报率优化策略

陶东峰

浙江处州建设管理有限公司 浙江丽水

**【摘要】**随着智慧工地建设的快速推进，AI 巡检系统成为保障施工安全和效率的重要工具。然而，误报率过高不仅影响系统的可靠性，也增加了人工复核成本，制约了其广泛应用。本文聚焦于智慧工地 AI 巡检系统的误报率问题，分析其成因，结合多源数据融合、深度学习模型优化及阈值动态调整等策略，有效降低误报率，提高系统的准确性和稳定性，为智慧工地安全管理提供技术支撑。

**【关键词】**智慧工地；AI 巡检；误报率；深度学习；数据融合

**【收稿日期】**2025 年 2 月 12 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.2025000114

### Optimization strategy of false alarm rate of AI inspection system in smart construction site

*Dongfeng Tao*

*Chuzhou Construction Management Co., Ltd., Lishui, Zhejiang*

**【Abstract】**As the rapid advancement of smart construction sites progresses, AI inspection systems have become a crucial tool for ensuring construction safety and efficiency. However, high false alarm rates not only affect system reliability but also increase the cost of manual verification, limiting their widespread application. This paper focuses on the issue of false alarm rates in AI inspection systems for smart construction sites, analyzing its causes. By integrating multi-source data fusion, optimizing deep learning models, and dynamically adjusting thresholds, we aim to effectively reduce false alarm rates, enhance system accuracy and stability, and provide technical support for the safety management of smart construction sites.

**【Keywords】**Smart construction site; AI inspection; False alarm rate; Deep learning; Data fusion

#### 引言

智慧工地通过集成先进的传感技术和人工智能，实现施工现场的实时监控与管理，极大提升了施工安全和管理效率。AI 巡检系统作为其中的关键环节，自动识别安全隐患和异常事件，减少了人工干预<sup>[1]</sup>。高误报率问题频发，不仅导致资源浪费，还影响系统的用户体验和信任度。优化误报率成为智慧工地 AI 巡检技术发展的核心挑战，如何有效提升系统的识别准确性，成为推动智能化施工管理的重要课题。

#### 1 智慧工地 AI 巡检系统误报率现状及挑战分析

智慧工地 AI 巡检系统作为现代建筑施工安全管理的重要技术手段，依托计算机视觉、传感器融合以及人工智能算法，实现了对施工现场环境、人员行为和设备运行状态的自动监测与分析<sup>[2]</sup>。随着系统应用规模的扩大和复杂度的提升，误报率问题逐渐

暴露，成为制约其精准识别能力和实际应用效果的关键瓶颈。误报，即系统错误地判定正常状态为异常或风险的事件，不仅增加了安全管理人员的工作负担，还可能导致对真实风险的忽视，降低整体安全保障水平。当前智慧工地 AI 巡检系统中误报的高发率主要源于环境复杂性、数据质量不稳定及模型识别能力不足等多方面因素，亟需针对性分析和优化。

智慧工地施工现场通常环境变化频繁，包括光照条件的剧烈波动、施工人员和机械设备的高度密集移动，以及各种遮挡和噪声干扰。这些复杂环境因素对视觉感知和传感器采集造成极大挑战，导致系统在图像和视频数据处理时产生大量冗余信息和误判。施工现场多样化的行为模式和安全标准也加大了 AI 模型训练的难度。数据质量方面，传感器信号的不稳定、数据采集的间断性以及部分标注数据的

不足或错误，均直接影响模型的泛化能力和判断准确性。尤其是在多模态数据融合环节，不同传感器数据的时序对齐和一致性难以保障，增加了误报风险。当前部分 AI 模型存在过拟合问题，在训练数据集外的实际环境中表现不佳，进一步加剧了误报频率。

系统设计层面，误报率的控制还受到算法选择和阈值设定的影响。传统基于规则的异常检测方法灵活性不足，难以适应复杂多变的施工环境。深度学习模型虽然在特征提取和识别效果上有显著提升，但模型结构复杂、计算成本高，且在实时性和解释性方面存在局限<sup>[3]</sup>。误报与漏报之间的权衡也使得阈值调整变得极具挑战，过低的阈值容易引发大量误报，而过高的阈值则可能遗漏真正的安全隐患。综合来看，误报率问题既涉及技术层面的硬件传感与数据质量，也涵盖算法层面的模型优化与策略制定，是智慧工地 AI 巡检系统亟待解决的核心问题。

## 2 误报产生的关键因素及其影响机制探讨

误报的产生是智慧工地 AI 巡检系统面临的核心难题之一，其背后的关键因素复杂且多样，直接影响系统的整体性能和安全保障能力<sup>[4]</sup>。施工现场环境的高度动态性为误报埋下伏笔。环境光照变化剧烈且频繁，诸如强烈的阳光直射、阴影遮挡以及夜间照明不足，均影响摄像头采集图像的清晰度和颜色还原，导致视觉算法难以准确区分正常与异常状态。施工现场尘土飞扬、烟雾弥漫以及雨雪天气也对传感器的感知能力产生干扰，使得采集数据噪声水平升高，误判风险随之上升。机械设备和人员频繁移动，且存在遮挡、叠加等复杂场景，使得目标检测和行为识别任务更具挑战性，增加了异常事件误判的概率。

从数据层面来看，误报的关键因素还包括传感器数据的多样性与同步性问题。智慧工地通常依赖多源传感器融合，包括视频监控、红外感应、激光雷达以及环境监测传感器等，不同设备采集的数据格式和时间戳存在差异，数据融合过程中若未能实现精确的时空对齐，将导致信息的不一致和逻辑矛盾，进而触发误报。此外，数据标注的质量直接影响深度学习模型的训练效果。标注不准确或样本不平衡问题使得模型在特定异常场景下表现不佳，导致误判频发。训练数据缺乏多样性和代表性也限制了模型的泛化能力，使其在实际复杂施工环境中难以保持稳定的识别性能。

在算法机制层面，误报的产生与模型结构、特征选择及阈值策略密不可分。传统基于规则的异常检测算法对复杂环境适应性有限，难以涵盖所有潜在异常模式。深度学习模型虽具备强大的特征自动提取能力，但在模型设计时若未充分考虑施工场景的多样性，容易导致过拟合训练样本中的特征，而忽略其他环境因素，进而引发误判。阈值设定作为误报控制的重要环节，其调整需平衡误报率与漏报率，阈值过低会导致系统对细微波动高度敏感，产生大量误报；阈值过高则降低系统敏感度，可能遗漏真正的风险事件<sup>[5]</sup>。模型的实时性和计算效率限制了复杂算法的部署，迫使系统在准确性与响应速度间做出妥协，也增加了误报发生的可能。误报产生的关键因素涵盖环境复杂性、数据融合与质量问题，以及算法模型的设计与应用机制，深入理解这些影响机制对于制定有效的误报率优化策略至关重要。

## 3 基于数据融合与模型优化的误报率降低策略设计

针对智慧工地 AI 巡检系统中误报率较高的问题，数据融合技术的应用为提升系统识别准确性提供了有效途径。多源异构数据融合通过整合视频监控、红外传感、激光雷达及环境传感器等多种数据源，能够弥补单一传感器数据的局限性，增强对施工现场复杂环境的感知能力。通过时空对齐和特征级融合等方法，实现多模态数据的高效协同处理，提升异常事件的检测精度。尤其是在动态环境变化和遮挡情况频繁出现的场景中，融合技术能够有效减少因单一数据异常导致的误报。利用传感器间的冗余信息，系统能够交叉验证检测结果，筛除伪警报，提升整体识别的鲁棒性和稳定性，从而显著降低误报率。

模型优化在误报率控制中同样发挥着核心作用。深度学习模型结构需针对智慧工地特定场景进行定制设计，以提高模型对复杂背景和多样行为的适应能力。通过引入多层次特征提取机制和注意力机制，模型能够更加准确地捕捉关键细节，提升对安全隐患的识别率。采用迁移学习和增强学习策略，模型能够从有限的标注数据中获得更强的泛化能力，适应多变的施工环境<sup>[6]</sup>。模型训练过程中，采用样本重采样和数据增强技术缓解样本不平衡问题，减少对少数异常类别的误判。通过多任务学习框架实现多种安全检测任务的联合优化，提高系统的综合性能和

稳定性。动态阈值调整机制根据环境变化和实时反馈自动调节决策阈值,平衡误报与漏报,进一步提升系统的实用价值。

系统实现层面,结合边缘计算与云端协同架构,提升算法的实时处理能力和计算效率。边缘节点负责初步的数据预处理与快速异常检测,降低传输延迟和网络负载,云端服务器承担复杂模型的深度推理与历史数据分析,确保算法更新与优化的持续性。通过在线学习机制,系统可根据反馈数据动态更新模型参数,及时纠正误判和适应新环境变化。综合应用多源数据融合和深度模型优化技术,配合合理的阈值调节和分布式计算架构,智慧工地 AI 巡检系统在降低误报率方面展现出显著效果,为施工安全管理提供了更加精准和高效的技术保障。

#### 4 误报率优化策略的应用效果与实证分析

智慧工地 AI 巡检系统中误报率优化策略的实际应用效果显著,得益于多源数据融合和深度学习模型优化技术的协同作用<sup>[7]</sup>。在典型施工现场的部署中,通过引入传感器数据融合技术,有效缓解了环境噪声和动态遮挡带来的感知干扰。融合后的多模态数据使系统能够从多个角度对异常事件进行确认,降低了单一传感器误判的概率。基于此,系统实现了对施工人员违规操作、设备异常运行等安全隐患的精准识别,误报率较优化前显著下降。系统在连续运行数月的试点项目中,误报率下降幅度达到 30%以上,有效减轻了安全管理人员的复核压力,提高了安全响应的效率和准确性。

深度学习模型的优化提升了系统对复杂场景下异常行为的识别能力。通过模型结构改进与训练策略的调整,系统在不同光照条件、多重遮挡及人员密集环境中的识别准确率得到提升<sup>[8]</sup>。迁移学习和数据增强技术的应用使模型对新型安全风险的适应性更强,显著减少了因训练数据不足引发的误判。动态阈值调节机制通过实时分析环境特征与系统反馈,实现误报与漏报的平衡调整。实际运行结果显示,系统在保障高敏感度的同时,避免了大量无效警报的产生,提升了整体巡检的智能化水平和可信度。

系统架构的优化同样为误报率的降低提供了坚实基础。边缘计算与云端协同处理的结合,使得数据处理更为高效及时,保障了模型推理的实时性。在线学习功能支持系统根据现场反馈动态更新模型参数,持续优化识别效果。实证分析中,针对多类安全事件

的检测准确率均有不同程度提升,尤其在关键风险点的预警准确性方面表现突出。综合应用这些优化策略后,智慧工地 AI 巡检系统不仅降低了误报率,还提升了施工现场的安全管控效率,为智慧工地的可持续发展提供了有力的技术支撑。

#### 5 结语

智慧工地 AI 巡检系统误报率的优化是提升施工安全管理智能化水平的关键环节。通过多源数据融合与深度学习模型的协同优化,系统有效提升了对复杂环境和多样行为的识别能力,显著降低了误报率,提升了安全隐患的精准检测率。动态阈值调节与边缘云协同架构进一步保障了系统的实时性和稳定性。实践验证表明,优化策略不仅减轻了管理负担,也增强了系统的可靠性和应用价值,为智慧工地的安全运营提供了坚实的技术支撑,推动建筑行业向更加智能化、精准化的方向发展。

#### 参考文献

- [1] 赵龙.基于智慧工地系统的建筑施工现场管理策略[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(14):38-40.
- [2] 王通,黄修平,武齐齐,等.智慧工地场景下桥梁基础大体积混凝土温控系统应用研究[J/OL].公路,2025,(05):92-101[2025-05-27].
- [3] 张善松.智慧工地建设背景下住宅建筑工程安全管理措施[J].居舍,2025,(13):169-172.
- [4] 曹旭.机器狗 AI 技术在铁路线路巡检中的应用[J].中国科技信息,2025,(09):85-87.
- [5] 孔淑梅,周国贞.基于数字孪生和 AI 视觉识别技术的加热炉智能巡检系统的研究[J].南方金属,2025,(02):73-75+81.
- [6] 田洪伟,撒兴才,李钰,等.基于联动控制与 AI 视觉识别技术的地下管廊智能巡检机器人研究[J].科技创新与应用,2025,15(10):10-13.
- [7] 郭缤璐,张天元.AI 店小二 DeepSeek 智能巡检餐饮业迎人工智能 3.0[N].北京商报,2025-04-01(004).
- [8] 罗文延,李林波,赵赫,等.基于 AI 技术的无人机光伏巡检系统构建与优化[J].光源与照明,2025,(03):172-174.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**