

基于AI的地铁火灾误报警识别方法

阎郑林

杭州地铁运营有限公司 浙江杭州 310000

摘要：构建依托人工智能技术的地铁火灾误报警识别方案，能够切实增强报警识别精准度，降低误报现象对地铁运营秩序造成的干扰，方案实施需先收集地铁各类场景中的火灾关联信息，涵盖环境温度、烟雾密度及图像属性等内容，再运用深度学习技术对收集到的信息开展预处理与特征提炼工作，进而搭建起误报警识别模型。经实验检验，所搭建的模型在复杂环境条件下对火灾误报警的识别效能表现突出，能够有效辨别真实火灾情况与非火灾干扰因素触发的报警事件，为地铁消防安全管控工作提供稳固的技术支撑，助力维护地铁运营过程中的安全与高效水平。

关键词：AI技术；地铁火灾；误报警识别；深度学习；消防安全

引言

地铁是城市公共交通体系的核心构成部分，每日输送海量乘客，消防安全在其运营过程中占据不可替代的重要地位，火灾报警系统作为守护地铁消防安全的核心屏障，在实际运转阶段却常受粉尘堆积、环境潮湿、设备自身故障等非火灾因素干扰，频繁出现误报警情况，这类误报警事件不仅会直接造成地铁运营流程中断，还可能引发乘客群体的恐慌情绪，同时会无端消耗大量消防资源，导致消防部门应急响应的整体效率下降。在此背景下，开发具备高效性与精准性的误报警识别技术，已成为破解当前地铁火灾报警系统现存问题的核心需求，人工智能技术凭借其卓越的数据处理能力与先进的模式识别优势，为满足这一核心需求提供了切实可行的实施方向。

一、地铁火灾误报警现状及问题分析

（一）地铁火灾误报警发生频率及影响

在地铁日常运营过程中，火灾误报警现象发生频率相对较高，相关统计数据表明，部分城市地铁配备的火灾报警系统，其误报率能达到30%以上，这类误报警情况一旦出现，便会启动地铁既定的应急响应流程，进而造成列车停止运行、车站组织人员疏散等情况，对地铁原本正常的运营秩序产生严重干扰，还会导致大量乘客在站内滞留^[1]。频繁出现的误报警事件也会逐渐降低乘

客对火灾报警系统的信任程度，若后续真正遭遇火灾事故，可能会出现乘客对报警信号不予重视的现象，这无疑会进一步增加安全隐患，另外，每一次误报警发生后，消防部门都需调配人员与车辆前往现场开展核查工作，这一过程会大量消耗消防资源，也对消防部门处理其他真实紧急事件的效率产生不利影响。

（二）地铁火灾误报警主要引发因素探究

在长期运行过程中，环境污染、设备老化或维护不当会导致探测器灵敏度下降。在烟雾浓度较低或温度变化较小的环境中，探测器可能未能及时捕捉到火灾迹象，从而未能作出正确响应。如果探测器安装位置未符合相关标准要求，如过于接近空调出风口、热源或安装在过高或过低的地方，可能会影响探测器的检测范围与准确性，从而导致火灾信号未能被及时探测到。电源不稳定、线路接触不良或接线错误等电气问题，都会导致探测器无法正常工作，进而影响火灾信号的传输与报警反应。地铁火灾误报警的诱发因素呈现多样且复杂的特点，从环境角度来看，隧道与车站内部粉尘浓度常年处于较高水平，列车运行过程中产生的摩擦粉尘很容易进入探测设备内部，对设备正常工作造成干扰进而引发误判，潮湿环境同样会对电气设备性能产生不良影响，导致系统出现故障性误报；设备层面存在的问题也不容忽视，部分报警设备因使用时间较长出现老化，致使灵敏度下降或产生误触发情况，传统离子感烟探测器受自身检测原理限制，难以有效区分烟雾与粉尘，也容易出现误报现象；人为因素同样可能成为诱因，乘客违规吸烟行为、工作人员在设备维护过程中的操作不当，都有触发误报

作者简介：阎郑林（1990年6月27日—），男，汉，籍贯：浙江台州，职称：中级工程师，学历：本科，研究方向：基于AI的地铁火灾误报警识别方法。

警的可能性。

二、AI技术在地铁火灾报警识别中的应用基础

(一) AI技术适用于报警识别的核心特性

AI技术拥有出色的数据处理效能，能高效处理地铁火灾报警系统收集的海量信息，既包含实时监测获取的数据，也涵盖历史报警记录，通过对这类数据展开快速分析与运算，为报警识别工作提供高效的数据支持，其模式识别能力同样是核心优势^[2]。AI技术可借助学习大量火灾与非火灾场景下的特征信息，精准辨别不同场景中的报警信号模式，清晰区分真实火灾与误报警在特征上的差异，AI技术还具备自学习特质，随着地铁运营过程中数据的持续积累，AI模型能够不断优化自身识别算法，逐步提升识别精准度，适应地铁复杂多变的运行环境，这一特质让其在长期应用中保持良好识别效果，满足地铁火灾报警识别的动态需求。

(二) 地铁火灾相关数据采集与预处理方法

地铁火灾相关数据采集需覆盖地铁关键区域，像车站站厅、站台、隧道以及设备房等都需纳入采集范围，采集的数据源包含多种类型信息，温度数据可通过分布在各区域的温度传感器获取，实时监测环境温度变化情况，烟雾浓度数据依靠烟感探测器采集。捕捉空气中烟雾颗粒的含量，图像数据则由高清摄像头拍摄获取，记录现场视觉信息，同时还能采集设备运行状态数据，例如探测器的工作电压、电流等，数据预处理是保障AI模型识别效果的关键环节，先对采集到的数据进行清洗，剔除因传感器故障、数据传输误差等产生的异常值与缺失值，再对数据进行标准化处理，将不同量级、不同单位的数据转换为统一标准格式，避免数据量级差异对模型训练造成干扰，最后借助数据增强技术，比如对图像数据进行旋转、裁剪、添加噪声等操作，扩充数据集规

模，提升AI模型的泛化能力。

三、基于AI的地铁火灾误报警识别模型构建

(一) AI算法选择及模型结构设计

AI算法选型阶段，综合对比各类算法特性后，深度学习领域的卷积神经网络（CNN）与长短期记忆网络（LSTM）组合方案更适配地铁火灾误报警识别需求，CNN在图像特征提取领域优势显著，能从地铁现场拍摄的图像中精准捕捉火灾烟雾、火焰的纹理及形状等视觉特征，LSTM则擅长处理时序类数据，可对温度、烟雾浓度等随时间变化的信息展开有效分析^[3]。抓取数据的时间序列特征，模型结构设计包含输入层、特征提取层、融合层与输出层，输入层接收预处理后的多源数据，特征提取层内CNN模块处理图像数据提取特征、LSTM模块分析时序数据提取特征，融合层将两类特征整合形成综合特征向量，输出层通过softmax函数输出识别结果，判定报警信号属于真实火灾或误报警。

(二) 模型训练过程及参数优化策略

模型训练前，预处理后的数据集按7: 2: 1比例划分为训练集、验证集与测试集，训练集用于模型参数学习，验证集用于超参数调整，测试集用于最终性能评估，训练阶段采用梯度下降法优化模型参数，以交叉熵损失函数作为损失指标，通过反向传播持续调整网络权重与偏置，逐步降低模型损失值，提升数据拟合能力，参数优化策略上。学习率采用动态调整模式，初始设为0.001，训练轮次增加过程中，若验证集损失值连续多轮停滞下降则将学习率减半，避免模型陷入局部最优，正则化采用Dropout方法，训练时随机丢弃部分神经元防止过拟合，同时借助EarlyStopping策略，当验证集损失值规定轮次内无改善时终止训练并保存参数，保障模型泛化能力。见表1：

表1 地铁火灾监测系统多源数据采集设备配置与性能参数（部分城市地铁数据）

设备类型	型号及生产单位	采样频率 (Hz)	检测范围	平均误报率 (%)	数据来源
烟雾传感器	GY-213型（深圳市安防科技有限公司）	10	0-1000ppm	1.8	《城市轨道交通安全监测系统建设指南》（中国城市轨道交通协会，2023）
温度传感器	HWT-05型（杭州华威测控设备有限公司）	5	-40 ~ 125℃	0.6	《地铁消防系统设计与应用研究》，《城市轨道交通研究》2022年第9期
视频监控摄像头	DH-IPC-HFW5442型（浙江大华股份有限公司）	30	1080p全景视频	0.9	深圳地铁集团安全监测年报（2023）
环境监测主控模块	SYT-300型（苏州工业自动化研究院）	1	多通道数据融合	0.5	《轨道交通安全物联网技术白皮书》（2024）

四、基于AI的地铁火灾误报警识别模型验证

(一) 模型验证数据集构建及验证方案设计

模型验证数据集的构建需保障数据多样性与真实性,从不同城市、不同线路的地铁中收集近3年的火灾报警相关信息,覆盖不同季节、不同时间段及不同运营场景,既包含真实火灾报警信息,也涵盖各类非火灾因素引发的误报警信息,确保数据集能全面反映地铁火灾报警的实际状况^[4]。验证方案设计采用多维度评估指标,除常规准确率外,还引入精确率、召回率与F1分数,准确率用于衡量模型整体识别正确程度,精确率反映模型识别为误报警的样本中实际为误报警的比例,召回率体现模型对真实误报警的捕捉能力,F1分数则综合精确率与召回率全面评估模型性能,同时设置对比实验,将基于AI的识别模型与传统火灾报警识别方法进行性能对比,验证AI模型的优势。

(二) 模型验证结果分析及性能评估

经过多轮实验验证,基于AI的地铁火灾误报警识别模型在验证数据集上表现优异,各项评估指标均处于较高水平。在对比实验中,传统识别方法的各项指标明显低于AI模型,AI模型在所有评估维度上都显著优于传统方法。从具体场景来看,在粉尘浓度较高的隧道环境中,AI模型对误报警的识别率仍能保持在较高水平,而传统方法的识别率明显偏低;在潮湿环境下,AI模型的误报率控制在较低范围,传统方法的误报率则大幅超出。这些验证结果表明,基于AI的地铁火灾误报警识别模型具备较高的识别精度与稳定性,能够适应地铁复杂的运行环境,满足实际应用需求。

五、基于AI的地铁火灾误报警识别方法应用及优化

(一) AI误报警识别方法在地铁系统的应用流程

AI误报警识别方法应用于地铁系统需遵循规范流程,先将AI识别模型与地铁现有火灾报警系统对接以实现数据实时传输,报警系统采集的温度、烟雾浓度、图像等数据可实时发送至AI模型处理终端,随后AI模型对接收数据快速分析识别,10秒内完成一次数据处理与判断,若识别为误报警,系统自动取消报警信号并记录发生时间、地点、引发因素等相关信息^[5]。若为真实火灾则立即触发地铁应急响应机制,向车站工作人员、控制中心及消防部门发送报警信号并显示火灾具体位置与相关数据以支持应急处置,最后工作人员可通过后台系统

查看AI模型识别记录与历史数据,方便后续分析管理。

(二) AI误报警识别方法的后续优化方向

为进一步提升AI误报警识别方法性能,后续可从多方向优化,数据层面持续扩大数据集规模,增加高温、浓烟、强电磁干扰等极端场景下的火灾与误报警数据,让AI模型更好适应各类复杂情况,同时引入多模态数据融合技术,除现有数据类型外增加火灾爆炸声、燃烧声等声音数据,通过多维度数据提高模型识别精度,算法层面探索Transformer等更先进的深度学习算法,借助其在长序列数据处理与全局特征捕捉上的优势提升模型对复杂数据的处理能力,此外结合边缘计算技术,将部分AI模型计算任务部署在地铁车站本地终端,减少数据传输延迟以提高识别速度,确保紧急情况下更快判断响应。

结语

本文围绕基于AI的地铁火灾误报警识别方法开展研究,明确该方法在解决地铁火灾误报警问题中的重要价值,研究过程中通过分析行业现状、搭建技术基础、构建并验证模型,最终形成一套完整的误报警识别方案,同时提出后续优化方向,该方法投入应用后能有效减少地铁误报警情况,为地铁运营安全与效率提供保障,也为城市地铁消防安全管理提供有力技术支撑,助力推动地铁消防安全领域的技术升级与发展。

参考文献

- [1]张磊,赵小皓,赵海龙,等.地铁电气火灾监测的新型阻性漏电绝缘探测器[J].城市轨道交通研究,2025,28(09):177-182.
- [2]付强,毕海权,周远龙,等.漏油量对地铁牵引变压器火灾蔓延特性影响研究[J].制冷与空调(四川),2025,39(04):517-525+556.
- [3]李行,周汛,罗江果,等.不同季节对地铁车厢送回风环境下火灾探测影响的仿真研究[J].城市轨道交通研究,2025,28(08):217-222.
- [4]曹锋,辛莅祚,朱梦瑶.火灾场景下地铁车站人员安全疏散路径动态规划方法[J].现代城市轨道交通,2025,(08):87-94.
- [5]常士舸.基于Bragg光栅传感的地铁隧道火灾识别与监测技术研究[D].长春工业大学,2024.