

## 人工智能驱动的噪声污染源识别与定位技术研究

阿布力克木·阿布力米提 王安银

伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站, 新疆 835000

**[摘要]**随着城市化进程的加快,噪声污染已成为影响居民生活质量和城市可持续发展的重要环境问题。传统的噪声监测和定位方法存在效率低、实时性差和成本高等问题,难以满足复杂城市环境中动态、多源噪声的监测需求。近年来,人工智能(AI)技术在模式识别、语音处理与图像分析等方面的迅速发展,为噪声污染源的识别与精确定位提供了新的解决思路。文中系统阐述了基于人工智能的噪声污染源识别与定位技术的研究现状,重点探讨其关键技术路径、系统构架和应用案例,分析当前存在的主要挑战并展望未来发展方向。

**[关键词]**人工智能; 噪声污染; 源识别; 源定位; 深度学习; 声学监测

DOI: 10.33142/sca.v8i6.16842

中图分类号: TP18

文献标识码: A

### Research on Identification and Localization Technology of Noise Pollution Sources Driven by Artificial Intelligence

ABULIKEMU Abulimiti, WANG Anyin

Yining City Environmental Monitoring Station, Yining Branch of Yili Prefecture Ecological Environment Bureau, Xinjiang, 835000, China

**Abstract:** With the acceleration of urbanization, noise pollution has become an important environmental issue affecting residents' quality of life and urban sustainable development. Traditional noise monitoring and localization methods suffer from low efficiency, poor real-time performance, and high costs, making it difficult to meet the monitoring needs of dynamic and multi-source noise in complex urban environments. In recent years, the rapid development of artificial intelligence (AI) technology in pattern recognition, speech processing, and image analysis has provided new solutions for identifying and accurately locating noise pollution sources. The article systematically elaborates on the current research status of noise pollution source identification and localization technology based on artificial intelligence, focusing on exploring its key technical paths, system architecture, and application cases, analyzing the main challenges currently existing, and looking forward to future development directions.

**Keywords:** artificial intelligence; noise pollution; source identification; source localization; deep learning; acoustic monitoring

### 引言

城市噪声污染当作一种“无显形的污染”,对其进行治理与监控挑战极大。噪声来源体现出多样化,传播路径繁复杂乱,传统方法凭借人工查探、固定传感器采样和简单统计建模方式,不易达成对噪声源的精准判别和实时跟踪。嵌入人工智能技术,尤其有深度学习、卷积神经网络(CNN)、迁移学习以及多传感器融合算法,为智能化噪声监控赋予了新的动能支撑。开展人工智能在噪声污染源识别定位应用的相关研究,可提升城市生态治理的整体水平,也在智慧城市建设方面意义重大。

#### 1 人工智能在噪声污染识别中的技术基础

##### 1.1 声学信号特征提取

在智能噪声识别系统这个范畴内, AI 对声音实施识别处理,首先要提取声学信号特征,此为整个识别流程中至关重要的基础阶段。由于原始声音信号一般都有大量冗余和无效信息,若直接进行模型训练,往往难以取得好的效果,从而要凭借信号处理技术把它变成更具代表性的特征模样。目前所常用的声学特征有梅尔频率倒谱系数

(MFCC)、谱质心、零交叉率、短时能量、频谱滚降率等, MFCC 作为十分常见的特征一项,可模仿人耳对声音频率的感知特性,抓取语音或环境音中的核心要点。谱质心用以表明频谱能量的集中程度,能协助区分不同频率特性的噪声类型;可依据零交叉率判断信号是有调声音还是噪声信号;短时能量反映出声音强度在时间维度上的变化规律。将这些特征组合,可构建声谱图或向量化特征矩阵,作为深度学习模型的输入样本,提高模型对声音时频结构的察觉能力<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 模式识别与分类模型

对声音信号特征提取操作完成后,智能噪声识别系统借助模式识别技术对不同类型噪声加以分类与判别。深度神经网络(DNN)在声源识别方面呈现出强大学习能力,尤其在复杂和混合的环境中,能大幅改善识别的准确水平。常见的模型结构有卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)以及长短时记忆网络(LSTM)等类型。CNN有自动从二维声谱图提取局部空间特征的专长,适合识别频率分布清晰、结构稳定的各类噪声,如交通的噪声、工

业设备运转的声音。RNN 和其衍生的 LSTM 适合处理带有时间依赖性的序列数据,可有效捕捉声音随时间递变的动态特质,增强模型对连续性噪声的辨别能力,如人声的对谈、持续性的机械嘈杂声等。借助有监督的方式对模型展开训练,让其领悟不同噪声特征间的映射规律,由此达成对交通、工业、建筑施工、人声等典型噪声的精确识别与分类。

## 2 人工智能驱动的噪声污染源定位技术

### 2.1 多传感器协同定位技术

声源定位技术借助布置多个声学传感器阵列,从各个点位采集声音资料,可精准达成对声源位置的推断。在一定的空间区域内会分布多个传感器,这些传感器会一同记录下从声源发出的声音信号,已知不同介质中声波的传播速度是既定的,借助测量声源至各传感器的传播时间差,便可依据测量差异推算出声源相对位置。该方法在二维与三维空间定位方面均呈现出较好的适用性,为增强定位的精准度,时常借助人工智能算法对定位过程进行优化。贝叶斯推断方法可凭借先验知识以及采集到的信号数据做概率推断,进而得出声源最具可能性的位置。粒子滤波算法借助对多个候选位置的迭代计算来运作,持续对预测结果做调整优化,可处理动态环境下的定位事宜。以深度学习技术为手段,神经网络融合模型可,对多种特征以及复杂的非线性关系开展建模,进一步提升声源定位的精准度与鲁棒性<sup>[2]</sup>。

声源定位可联合声波的强度衰减模型做辅助推断。在传播过程中,声波会随着距离的增长而慢慢衰减,该特性可为定位奉上额外的信息。当声波传播中强度跟距离呈现一定的衰减联系,对不同传感器接收到的声波强度数据加以分析,还能进一步推断出声源的位置。在复杂环境或遭遇噪声干扰过程中,该方法可增强定位的可靠性。依靠这种多重手段相融合的模式,各类应用场景下,声源定位系统可精准给出定位支持,大量应用在安全监控、智能音响、环境监测等领域。

### 2.2 图像与音频融合的定位方法

基于音频与视频协同分析构建的复合型定位技术,渐成噪声源定位领域的一个创新走向。此项技术借助融合音频信号与视频画面的长处,可切实增强噪声源定位的精确性与可阐释性。系统凭借 AI 技术对视频监控画面做实时的分析,自动辨识画面中的潜在声源体,如车辆、各类机械器具或其他发出噪音的东西。待识别出这些声源主体之后,会对视频数据和声音数据实施同步处理与匹配,进而保证定位结果的精准度更高。与传统单纯凭借声学传感器的定位方法不同,视频数据呈现出丰富的视觉信息。凭借视频画面,系统更准确地对声源的类型、位置以及运动轨迹作出判断,辨认出一辆正在行进的车辆或一台运转中的机械设备,可以明显减少错误判定,尤其是在环境状况复

杂、噪声源头多样的情境中,音频与视频相互协作,极大提升了定位的精准水平。

音频数据在空间与时间层面存在着差异性,尤其是处于大范围的环境中,地形、障碍物以及其他方面的因素影响声源传播。借由视频数据的辅助之力,系统不仅能精准判别声源的存在,还能明确其具体所在位置及活动状态。通过视频分析可定位到声源具体方位,以此进一步增强传统的声波传播时间差(TDOA)或强度衰减模型于复杂环境中的适用性。该技术体现出较高的可解释性,有别于传统方法仅依靠声学数据实施黑箱处理情形。凭借视频画面的配合,用户能直观地看到声源所属类型与活动,提升了系统对噪声源定位结果的认知与信赖。依靠音频与视频协同分析的定位技艺,正广泛地应用在城市噪声监测、公共安全、环境保护等多个方面,存在极大的成长发展潜力<sup>[3]</sup>。

### 2.3 基于无人机与 AI 的移动监测系统

将搭载麦克风阵列的无人机与边缘 AI 芯片相结合,能实现大范围区域内噪声的实时侦测与定位,尤其是处于开放区域之际,展现出明显的优越性。依靠在无人机上配备多个麦克风传感器阵列,在飞行进程中,系统可全面搜集空中不同位置的声波数据。这些传感器阵列能高效采集来自地面或空中的各类噪声信号,涵盖交通所产生的噪声、工业制造的噪声及自然环境声音。凭借无人机的灵活性,这种噪声侦测系统能迅速实现大面积区域覆盖,尤其是在常规地面传感器难以布置、无法到达之地,如偏远之地、城市高空中或复杂地形区域。

在无人机飞行期间,麦克风阵列采集到的声音数据被边缘 AI 芯片实时处理,解析噪声的变化轨迹。AI 模型可凭借声音强度、频率、时间序列等相关特征,即刻识别且锁定高强度的噪声源。这种依托实时分析的本领,促使系统在飞行路径上及时作出响应,且迅速对飞行轨迹作出调整,以实现更精准地捕捉目标噪声源位置。当无人机在飞行过程中经过一个噪声较大的片区时, AI 芯片可迅速捕捉到噪声的异常变化现象,进而标记出噪声的源头,甚至凭借声音的传播特点估算出噪声源的准确方位。该技术对大面积开放区域的噪声监测格外适用,如高速公路、机场周边地域、建筑工地等情形,传统地面监测办法往往在固定点位的布设上受限,采用无人机搭载麦克风阵列能实现灵活飞行,迅速完成对噪声的整体监测。此技术的应用可进一步提高噪声源溯源精度,还能助力相关部门及时采取有效办法,缓和噪声污染对环境和居民的影响程度<sup>[4]</sup>。

## 3 典型应用案例与技术成效分析

### 3.1 智慧城市中的噪声源分类系统

在城市化高速发展的进程中,噪声污染问题变得愈发棘手,尤其是交通、建筑施工以及夜间活动所形成的噪声,市民的日常活动被这些噪声干扰了正常节奏,还为环境和公共安全埋下了潜在隐患。为克服这一难题,搭建一套声

学监测网络,且与人工智能数据处理系统相融合,早已成为十分有效的处理策略。采用在关键区域安装多个高灵敏度的声学传感器,系统可实时采集噪声数据,会利用先进的AI算法对这些数据进行分析处理,以便迅速甄别出噪声的根源。对其做分类处理,系统不但能精准判定噪声的源头,还会采用声音传播模型以及实时位置资料,给予精准的噪声定位资讯,为环境执法部门呈上了有力的技术援助。

采用中国深圳市的某城区作为案例,此区域已成功把声学传感器网络部署好,用以监测交通、建筑施工及夜间活动所产生的噪声。凭借与AI系统实时数据分析相联合,此系统可自动判别噪声的类别,并向执法部门精准提供噪声的位置详情。若系统检测到噪声水平超出规定标准范围,它会马上鸣响警报,执法人员可迅速做出回应,马上采取对应办法,从而显著增进了噪声污染治理成效,而且极大缩短了处理噪声投诉花费的时间。这种技术的合理运用,极大提升了噪声源溯源与管理效能,为城市噪声污染的把控提供新解决途径<sup>[5]</sup>。

### 3.2 工业园区环境监测平台

伴随工业化进程的不断加快,工业园区当中噪声污染问题渐露端倪,尤其是在高噪声行业聚集的地带。为切实有效管控这些噪声污染,借助人工智能(AI)与物联网(IoT)技术进行结合,搭建全天候噪声监测系统不失为一个可行方法。该系统在园区内布置多个噪声传感器,将实时采集的噪声数据转送至物联网平台,采用AI算法开展数据的处理分析,实现噪声源的自动辨识与告警。系统还可对历史数据进行存储与分析,给予噪声污染溯源分析支持,为精准治理给出科学依据。

以一处高噪声行业聚集起来的工业园区为例,园区凭借物联网平台设立了多个噪声监测点,各工作区域噪声数据被这些传感器全天候搜集,实时中AI系统对数据做分析,同时凭借声音的强度、频率、持续时间等特征自动识别出噪声源头。若检测到超标噪声出现,系统自动实施报警操作,随后把详细的位置信息传达给管理人员。历史数据协助园区管理者搞清楚噪声污染的时间、频次及其来源,赋予精准的溯源功效,实现噪声源的及时处理与合理管控。此智能监控系统极大提高了园区噪声管理的成效,且实现了污染治理的精准化<sup>[6]</sup>。

### 3.3 校园与医疗区噪声敏感区域管理

在噪声污染管理相关事务中,采用低功耗麦克风传感器和人工智能(AI)算法相结合的方式,可达成对突发噪声事件的迅速反应。该系统采用布置在关键区域的传感器,立刻采集周边的噪声数据。运用AI算法分析这些采集的数据,厘定噪声的种类、强度及来龙去脉,AI系统可迅

速判断是否存在异常噪声事件,进而依照噪声的特征分类,借此实现精准的噪声治理与干预。

在某教学楼及医院所在区域周边的施工场地,采用安置低功耗麦克风传感器,系统能实时对周围噪声水平开展监控。若施工现场产生的噪声超过标准值,AI算法迅速识别后便发出警报提示,相关管理部门可迅速采取管控办法,如通知施工单位调整施工操作时间或采用降噪方案,交通噪声监测得以有效整合实施。AI系统有识别交通噪声并记录的能力,为长时间噪声治理给予数据层面的支撑。凭借这套智能化监控系统,切实保障了教学楼、医院等区域的宁静氛围,减少了噪声对市民和工作人员造成的干扰<sup>[7]</sup>。

## 4 结语

综上所述,人工智能技术为噪声污染源的精准识别与高效定位提供了前所未有的解决方案,成为智慧环保和智慧城市建设中的重要技术支撑。通过运用深度学习算法、传感器数据融合与智能决策机制,可以对城市噪声污染源进行实时监控与动态管理。尽管当前在数据质量、算法模型泛化能力以及系统集成等方面仍面临挑战,但随着AI技术的不断进步,特别是在传感器技术和数据处理能力上的提升,噪声污染的智能治理将逐步完善,并在未来为构建更绿色、更宜居、更智能的城市环境提供强有力的保障。

### [参考文献]

- [1]周慧晶,郭振江.城市环境噪声污染的危害及监测工作常用技术[J].中国轮胎资源综合利用,2025,8(2):162-164.
- [2]张洋.人工智能在环境监测中的应用策略探讨[J].中国轮胎资源综合利用,2024,10(11):75-77.
- [3]户文成,刘磊,康钟绪,等.城市轨道交通噪声污染防治进展[J].科技导报,2024,42(20):70-84.
- [4]刘磊,户文成,赵杉杉,等.噪声地图技术在噪声污染防治监管中的发展和应用[J].科技导报,2024,42(20):110-116.
- [5]曾佳,李清澄,杨焕焕.城市噪声污染及监测方法研究[J].黑龙江环境通报,2024,37(4):52-54.
- [6]李增强,和虎.油田勘探噪声污染源分析及监测治理方法研究[J].中国设备工程,2022,10(9):50-53.
- [7]胡云云.输变电噪声污染源分析与防治研究[J].环境与发展,2020,32(7):46-47.

作者简介:阿布力克木·阿布力米提(1973.12—),毕业院校:新疆大学,所学专业:环境化学,当前工作单位:伊犁州生态环境局伊宁市分局伊宁市环境监测站,职务:副站长,职称级别:副高六级;王安银(1986.8—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:生物化学与分子生物学,当前工作单位:伊宁市环境监测站,职务:监测站副站长,职称级别:副高级工程师。