

交通噪声预测模式验证研究

吴保庆¹ 吴修明² 周艳明³

1.2. 山东省环境保护科学研究设计院有限公司 山东 济南 250109

3. 山东格睿环保咨询有限公司 山东 济南 250014

摘要: 本研究旨在验证现有的交通噪声预测模式在实际应用中的准确性和可靠性。通过对不同类型道路、交通流量和车辆速度等因素的分析,对比预测模式的结果与实际监测数据,探讨预测模式的优势与不足,并提出改进和优化的建议,为交通噪声的有效预测和控制提供科学依据。

关键词: 交通噪声; 预测模式; 验证; 准确性

引言: 交通噪声作为城市化进程中日益突出的环境问题,不仅影响着人们的身心健康,还降低了居住和工作环境的舒适度,成为亟待解决的社会议题。为了有效管理和控制交通噪声,建立准确可靠的预测模式显得尤为重要。这些预测模式能够帮助规划者和决策者在项目设计阶段评估交通基础设施对周边环境的噪声影响,从而采取相应的降噪措施。然而,现有预测模式的适用性和精确性在不同环境条件下可能存在差异,这限制了其在实际应用中的效果。本研究致力于对现有交通噪声预测模式进行深入验证,通过对比预测结果与实测数据,评估预测模式的准确性和可靠性。将关注于我国推荐的预测模式以及国际上广泛应用的几种模式,如FHWA模式、RLS-90模式和Cadna/A模式等,分析它们在不同道路类型、交通流量和车辆速度条件下的表现,识别潜在的局限性,并提出针对性的改进建议。

1 交通噪声预测模式综述

1.1 常见的交通噪声预测模式

在交通噪声预测领域,各国发展了多种预测模式以适应不同的道路类型、交通状况和环境条件。例如,我国《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021)推荐了一套预测模式,该模式考虑了道路类型、交通流量、车辆速度和构成、道路表面性质以及地形特征等多方面因素,适用于评估新建或改建道路项目对周边环境的噪声影响。国际上,美国联邦公路管理局(FHWA)开发的预测模型,特别适用于高速公路和主要道路的噪声预测,它考虑了车辆速度、交通量和道路表面类型等参数,被广泛应用于美国及其他国家的道路建设项目中。德国的RLS-90预测模式则以其详尽的声源模型和声传播模型而著称,它将等效连续A声级作为评价指标,能细致地反映噪声的时空分布。此外,Cadna/A是一款功能强大的商业化噪声预测软件,它能模拟复杂环境下的噪声传

播,适用于多种噪声源,包括交通噪声,因其高度的灵活性和准确性,在全球范围内得到了广泛应用。

1.2 预测模式的理论基础

交通噪声预测模式的理论基础植根于声学原理和交通流理论,旨在准确模拟和预测交通活动产生的噪声及其在环境中的传播。声学原理涉及声波的产生、传播和接收机制,包括声源的声功率、声压级、声强级的计算,以及声波在空气中随距离增加而自然衰减的规律。同时考虑到地面反射、大气吸收、障碍物衍射和折射等现象对声波传播路径的影响,预测模式需精确模拟这些复杂过程。交通流理论则关注车辆运行状态,如速度分布、加速度、交通密度和车辆类型等,这些因素直接影响噪声源的强度和特性。预测模式通过建立数学关系,将交通参数转换为声学参数,再结合声传播模型,实现从交通活动到环境噪声水平的量化预测。此外,预测模式还考虑气象条件、地形地貌和建筑物布局等环境因素,以更全面地评估噪声影响范围和程度。这种跨学科的理论集成确保了交通噪声预测的科学性和实用性。

2 研究区域与监测方案

2.1 研究区域的选择

研究区域的选择是交通噪声预测模式验证研究的基础,必须精心策划以确保获得的数据具有代表性和可比性。研究区域应涵盖多样化的道路类型和交通状况,以便评估预测模式在不同条件下的适用性和准确性。首先,地理位置的选择应包括高速公路、城市主干道、次干道以及乡村道路,以覆盖从高速交通到低速交通的全谱。其次,应考虑道路周边的环境,包括居民区、学校、医院等敏感点的分布情况,这些区域通常对噪声水平有严格要求,因此是监测的重点。同时,研究区域内的交通流量和车辆速度分布也是关键考量因素,需要选择那些能够反映出日常交通高峰和平峰期特点的路段。

例如,选取位于城市中心的繁忙街道和连接郊区与市中心的快速通道,可以捕捉到典型的早晚高峰时段的交通噪声特征^[1]。

2.2 监测点的设置

监测点的合理设置对于获取准确的噪声数据至关重要。监测点的数量和位置应根据研究区域的具体条件和监测目标来确定,一般而言,监测点应分布在研究区域的关键位置,包括但不限于道路两侧、敏感点附近以及可能的噪声热点区域。监测点的间距应足够小,以捕捉到噪声水平的空间变化,但又不至于过于密集导致数据冗余。监测点的高度和方向也需考虑,以反映不同高度和方向的噪声传播特性。例如,监测点应设在与人耳大致齐平的高度,以获得与人体感知相一致的噪声水平。此外,考虑到不同距离处噪声衰减的不同,监测点应覆盖从道路边缘到一定距离外的范围,以便观察噪声随距离变化的趋势。监测点的设置还需考虑风向和地形的影响,确保监测数据能够真实反映噪声的传播情况。

2.3 监测时间和频率

监测时间和频率的规划是确保交通噪声数据全面性和可靠性的关键环节。为了捕捉到交通噪声的动态变化并反映不同时间段的特征,监测应覆盖一周内各个工作日和周末,包括日间和夜间,以体现早晚高峰和平峰时段的差异。监测频率需足够高,以捕捉短时噪声事件,如紧急车辆通过或突发的交通堵塞,但同时也需平衡数据量与分析能力,避免过度采样。理想的监测方案是在每个监测点进行连续24小时的记录,至少持续一周,这样可以收集到完整的昼夜周期数据。此外,季节性变化也可能影响噪声水平,因此长期监测计划应跨年度进行,以评估不同季节的噪声差异。监测时间的选择还应避开特殊事件,如节日、大型活动或施工,以减少非典型噪声源对数据的影响^[2]。

3 数据收集与处理

3.1 交通数据收集

交通数据收集是理解噪声源特性的基础,它提供了产生噪声的背景信息。这类数据通常包括车辆类型(如汽车、货车、摩托车)、流量(每小时、每天的车辆数)、速度以及交通组成(比如重型车辆的比例)。现代技术,如自动车辆分类器和计数器,可以实时监测这些参数。此外,红绿灯、交通信号和道路设计也会影响交通流动性和噪声分布,因此也是重要考量因素。收集的交通数据需要整理成时间序列,以便与噪声监测数据进行同步分析,识别出噪声峰值与特定交通事件之间的关联。

3.2 噪声监测数据

噪声监测涉及使用声级计在选定地点进行定期或连续测量。声级计应符合国际标准,能够测量A加权等效声级(LAeq),这是评估环境噪声最常用的标准。监测设备应当放置在能够代表居民区、商业区或敏感区域的位置,避免直接受到风或物理障碍物的影响。数据记录应包括瞬时噪声水平和累积噪声暴露,以便分析噪声事件的强度和持续时间。对于长期研究,可能还需要考虑使用噪声映射软件来预测和可视化噪声污染的程度。

3.3 气象数据收集

气象条件对噪声传播有显著影响,因此收集气象数据对于准确解释噪声监测结果至关重要。这包括风速和风向,因为它们可以改变声音的传播路径和接收位置的噪声水平;湿度和温度梯度,因为它们会影响声波的折射;以及降水,因为雨滴撞击地面和其他表面会产生额外的噪声。气象站可以提供这些数据,但如果监测点远离现有气象站,则可能需要在现场部署小型气象传感器。气象数据应与噪声监测数据同步记录,以评估天气条件如何影响噪声感知和测量结果^[3]。

4 预测模式的应用与结果对比

4.1 预测模式的参数设置

应用预测模型进行噪声预测时,参数设置是关键步骤之一。这涉及到确定模型的输入变量,包括但不限于交通流量、车速、车辆类型、道路几何特征、地形条件、建筑物布局、气象参数(如风速、风向、温度和湿度)以及声源特性。例如,在道路噪声预测中,HDM4(Highway Design and Management System 4)或CNOSSOS-EU模型常被使用。这些模型要求详细的交通和环境数据作为输入,以模拟噪声的产生和传播。参数设置需要基于现场收集的数据,并且应该校准模型以匹配已知的噪声监测结果,确保预测的准确性。

4.2 预测结果与监测数据的对比

为了验证预测模型的有效性,将模型输出的结果与实际监测数据进行对比是必要的。这通常涉及绘制模型预测的噪声水平与现场监测得到的噪声水平的散点图或相关系数计算,以评估两者的一致性。如果预测值与实际值之间存在系统性偏差,可能需要调整模型参数或考虑其他未包含的因素。对比分析还可能揭示模型在不同条件下(如早晚高峰时段、晴雨天、不同季节)的表现差异,这对于模型的进一步改进和优化至关重要。

4.3 误差来源分析

预测模型与实际监测数据之间的差异可能由多种原因造成。一是,模型本身可能存在局限性,如简化假

设、理论近似或未知的声学效应。二是，输入数据的质量和完整性可能影响预测精度，比如不准确的交通流量数据或未考虑到的临时噪声源。三是，现场条件的变化，如施工活动、植被生长或新的建筑物建设，也可能导致预测与实际情况不符。四是，监测数据的采集方法和仪器的精度也是误差来源之一。通过细致的误差分析，可以识别并减少不确定性和偏差，从而提高模型的可靠性和实用性。

5 预测模式的改进与优化

5.1 模型改进的方向和方法

模型改进的方向和方法涉及一系列综合策略，核心在于提升预测准确性与实用性。一方面，增强数据质量至关重要，这包括采用先进传感器技术获取更频繁、更精细的数据，并实施严格的数据清洗和预处理；运用机器学习与深度学习算法构建复杂模型结构，捕捉数据间非线性关系与高维交互，以提高预测精度。同时，融合多源信息如卫星遥感、气象数据和社会经济统计，丰富模型输入，增强其对复杂环境的适应性。另一方面，建立动态更新机制，定期根据最新监测数据校正模型参数，确保其时效性。量化不确定性，采用贝叶斯统计等方法评估预测风险，为决策提供依据。整合专家知识，通过专家系统补充模型在特定场景下的不足。构建用户反馈循环，收集实际应用中的意见，持续优化模型；鼓励跨学科合作，集合各领域专长，协同推进模型创新，确保其在复杂多变环境中保持高效与准确，为决策支持提供坚实基础。

5.2 输入参数的优化

输入参数的优化是提高模型性能的关键步骤，它涉及到特征选择、特征工程以及超参数调整。特征选择确保模型只包含最相关的变量，去除冗余和不相关的信息，这不仅能减少过拟合的风险，还能提高模型的解释性和计算效率。特征工程则通过对现有特征进行转换或创建新特征来增强模型的学习能力，例如，可以使用特征组合、特征分解或应用数学函数来揭示隐藏的模式。超参数调整则是寻找模型训练过程中的最佳设置，比如神经网络的学习率、正则化系数或树模型的深度，通常通过网络搜索、随机搜索或贝叶斯优化等技术实现。所有这些优化措施的共同目标是在保证模型泛化能力的同时，最

大化其在验证集上的表现，从而在面对未知数据时能够做出更准确的预测。通过迭代地评估和调整输入参数，可以逐步逼近最优解，使得模型更加健壮和有效^[4]。

5.3 考虑环境因素的修正

考虑环境因素的修正意味着在建立预测模型或决策系统时，我们需要整合外部条件对结果的影响。这在很多领域都是必要的，比如天气预报、农业、能源管理等，因为这些领域的结果很大程度上受天气、地理位置、季节变化等外部因素的影响。首先需要收集并分析这些外部变量的数据，将它们作为输入参数加入模型中。例如，在天气预报中，我们会使用温度、湿度、风速和气压等实时气象数据；而在农业产量预测中，则可能需要考虑土壤质量、灌溉条件和季节等因素。修正模型以反映环境因素，涉及到数据的收集和预处理、特征工程（即从原始数据中提取有用的特征）、模型训练与验证，以及模型部署后的动态调整与实时更新。在模型中考虑这些因素可以提高其在复杂环境下的准确性和可靠性，从而为决策提供更好的支持。最终目标是创建一个能够适应不断变化环境的模型，它不仅能够预测结果，还能量化预测的不确定性，使决策者能够更好地理解和应对各种可能的情况。

结语：在构建预测模型或决策支持系统时，充分考虑环境因素的修正至关重要。通过精细的数据收集、特征工程和模型训练，可以有效地将外部变量融入模型中，从而提高预测的准确性与可靠性。动态调整与实时更新机制确保了模型能够适应不断变化的环境条件，而不确定性量化的引入则增强了决策者的信心，帮助他们更好地理解预测结果的潜在波动。

参考文献

- [1]任芳贤.一种用于预测车辆交通噪声的情感人工神经网络[J].黑龙江科学,2024,15(08):58-61.
- [2]曾嘉钟,刘谔承,张音波,曾嘉强,林声宏.铁路交通噪声对鸟类生态环境的影响预测评价[J].环境监控与预警,2023,15(06):29-36.
- [3]程泗勇,孙振磊,钟敏.临临高速公路建设交通噪声预测及防治措施研究[J].交通节能与环保,2023,19(S1):26-29.
- [4]武艳燭,鲁荔.高速公路交通噪声预测模式的参数取值研究[J].黑龙江交通科技,2022,45(06):150-152.