 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i9.11788

A Surrogate Model for Noise Index Prediction in Areas Around Airports

Yingjia Wang[1] Chunhua Kang[1] Xiaoxiang Li[1] Shiman Sun[2] Tong Yu[2]

1. Beijing Daxing International Airport, Capital Airport Holding Co., Ltd., Beijing, 102604, China
2. Civil Aviation Research Base (Beijing) Co., Ltd., Beijing, 101300, China

Abstract

Aircraft noise has become a critical environmental issue restricting the sustainable development of civil aviation and threatening the physical and mental health of nearby residents. Traditional noise prediction models suffer from high computational costs and poor adaptability to real-world scenarios. This study develops a surrogate noise prediction model based on the BP neural network, using the B738 aircraft as the research subject. The model takes flight altitude, speed, flight path angle, and horizontal distance from the measurement point as inputs, and outputs instantaneous A-weighted sound levels. Sample preprocessing is conducted using flight track and noise monitoring data collected during early morning hours at the airport. A hidden layer structure of 3×2×1 is adopted, and the optimal model is selected through 40 rounds of iterative training. Results show that the mean squared error of the optimal model on the validation set is 7.91, with 95.43% of predictions deviating by less than 10%, and predicted noise distributions closely match measured curves. Based on the instantaneous A-weighted sound levels, weighted equivalent continuous perceived noise level L_{WECPN} and annual average day-night equivalent sound level YL_{DN} are calculated and visualized. This model significantly reduces computational cost and enables rapid simulation of noise impacts under various scenarios such as flight path adjustments and changes in traffic volume, providing quantitative technical support for airport planning, noise control, and source tracing of noise complaints.

Keywords

airport noise; BP neural network; surrogate model; noise prediction; aviation noise indicators

一种用于机场周边区域噪声指标预测的代理模型

王颖佳[1] 康春华[1] 李晓翔[1] 孙施曼[2] 于童[2]

1. 首都机场集团有限公司北京大兴国际机场，中国 · 北京 102604
2. 民航科研基地（北京）有限公司，中国 · 北京 101300

摘 要

航空噪声已成为制约民航可持续发展、危害周边居民身心健康的关键环境问题，传统噪声预测模型计算量大、场景适配性不足。本文构建基于 BP 神经网络的机场噪声代理预测模型，选取 B738 机型为研究对象，以飞机高度、飞行速度、航迹夹角、测点水平距离为输入，瞬时 A 声级为输出开展建模。依托机场凌晨时段航迹与噪声监测数据集完成样本预处理，设置 3×2×1 隐藏层神经元结构，经 40 轮迭代训练筛选最优模型。结果表明最优模型验证集均方误差为 7.91，预测相对偏差低于 10% 样本占比 95.43%，预测噪声分布与实测曲线吻合度高。基于瞬时 A 声级叠加计算计权等效连续感觉噪声级L_{WECPN}、年均昼夜等效声级YL_{DN}并实现可视化。该模型大幅降低计算成本，可快速模拟航迹调整、航班量变化等多场景噪声影响，能够为机场规划、噪声管控与扰民事件溯源提供量化技术支撑。

关键词

机场噪声；BP神经网络；代理模型；噪声预测；航空噪声指标

1 引言

民航噪声是阻碍民航发展的主要因素之一。随着全球空中交通需求的增加，航空噪声污染问题将越来越严重[1]。相关医学研究表明，长期接触航空噪声会导致听力损伤、睡眠障碍[2]，并增加心血管疾病的风险[3 4 5]。不仅如此，航空噪声还会阻碍儿童学习能力和认知能力的发展[6]。一方面，航空噪声会引起周围社区的投诉，激化居民和地方政府之间的矛盾。另一方面，它也会导致社会财富[7 8]和地方财政的损失。航空噪声的预测方法将有助于我们量化航空噪声对环境的负面影响，为航空噪声的控制提供依据。本研究旨在开发一种基于机器学习算法的代理模型，用于机场周边区域噪声预测。

2 方法

本研究采用 BP 神经网络模型建立瞬时 A 声级预测模型，进而可以计算计权等效连续感觉噪声级和年均昼夜等效声级。模型输入变量为：飞机高度、飞机速度、飞机方向与飞机与监测点连线方向夹角、飞机与监测点水平距离，输出

【作者简介】王颖佳（1999–），女，中国湖南永州人，在读硕士，从事公共部门人力资源管理研究。

变量为监测点处的瞬时 A 声级。

2.1 数据准备

对航迹数据和噪声监测数据进行相互关联和预处理，清理因质量较低不能用于模型训练的数据；然后，构建用于训练模型的训练数据集和用于评估模型性能的测试数据集。本研究采用某机场在典型日凌晨 01:00-09:00 之间的噪声监测数据作为样本数据集。依据航迹数据，将监测数据依据飞机与监测点之间的距离进行划分，可以看出，飞机距离监测点越近，噪声瞬时 A 声级越大。根据航班统计结果，研究选择最常用的 B738 机型进行噪声预测模型的训练。

2.2 模型训练

将数据集随机平均分成两份，分别为训练集和验证集。采用训练集进行训练，采用验证集进行验证。训练次数为 40 次。训练过程中，采用预测模型来预测飞机在某种状态下的地面噪声分布，从直观上帮助判断模型合理性。假设飞机状态如下：飞机位于测点 2 号监测点正上方，飞行方向是 -7° ，飞行高度是 20m，飞行速度是 0.049 海里 /s。预测目标如下：以测点 2 号为中心，边长 5km 的正方形区域范围内的瞬时 A 声级分布。网格尺寸为 50m × 50m，区域内共有 100 × 100 个网格。

2.3 实例应用

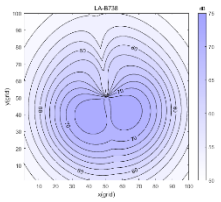
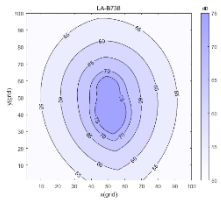
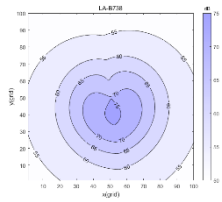
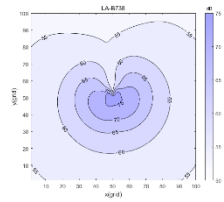
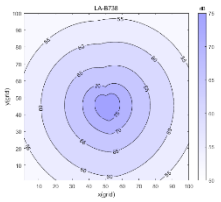
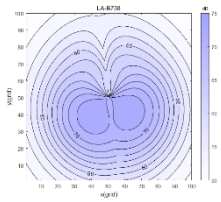
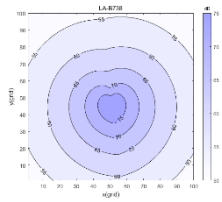
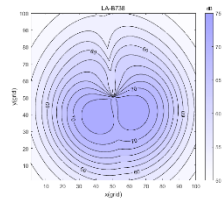
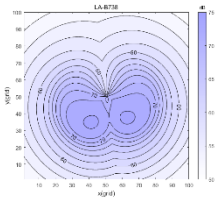
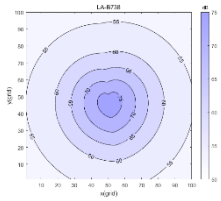
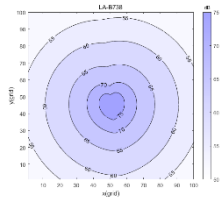
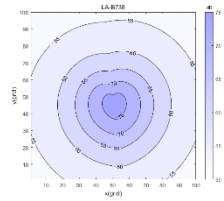
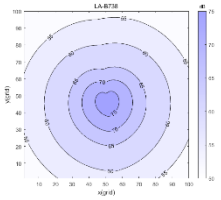
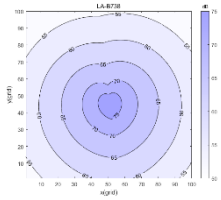
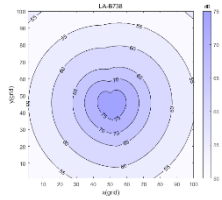
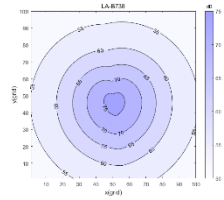
选取均方误差最低的模型进行实例应用。将实际的航迹数据输入预测模型中，得到噪声预测值，并进行计权等效连续感觉噪声级和年均昼夜等效声级这两个噪声指标的计算和可视化。

3 结果

3.1 模型训练

采用不同结构的神经元模型进行 A 声级分布预测。随着模型结构复杂性的增加，A 声级分布越来越怪异，且更加容易陷入局部最优。经过试算，将隐藏层神经元结构设置为 3 × 2 × 1。样本数据集中共有 2537 组数据。将数据集随机平均分为 2 份，分别为训练集和验证集。预测结果如表 1 所示。

表 1 B738 噪声模型训练结果（第 1 轮）

第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次
			
MSE=8.86	MSE=8.96	MSE=9.20	MSE=10.99
第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次
			
MSE=8.76	MSE=8.86	MSE=8.53	MSE=8.86
第 9 次	第 10 次	第 11 次	第 12 次
			
MSE=9.10	MSE=8.25	MSE=8.76	MSE=7.91
第 13 次	第 14 次	第 15 次	第 16 次
			
MSE=8.54	MSE=8.49	MSE=9.23	MSE=8.26

续表 1

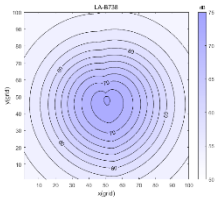
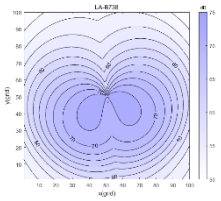
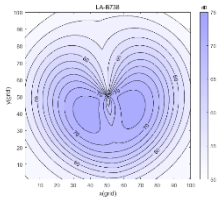
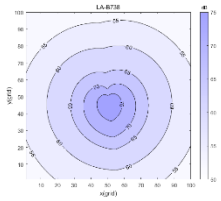
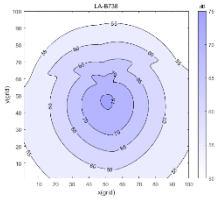
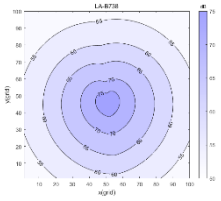
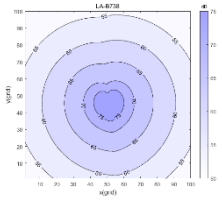
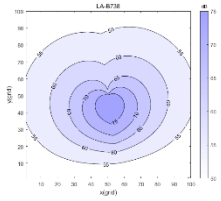
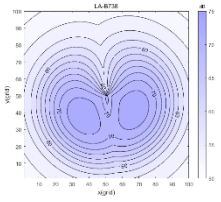
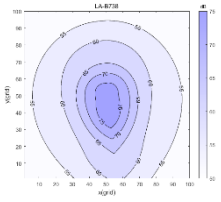
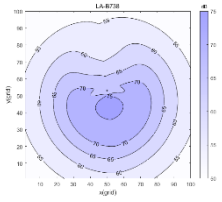
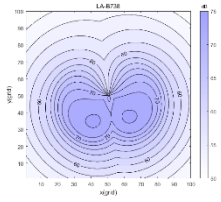
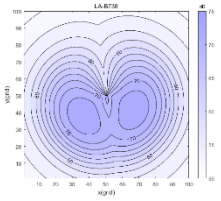
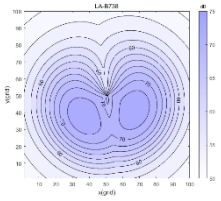
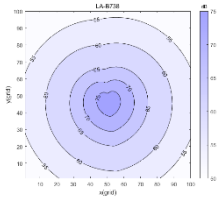
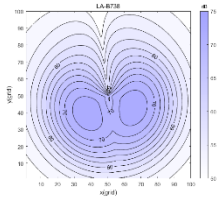
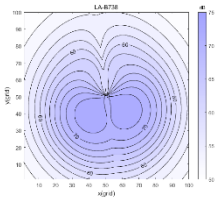
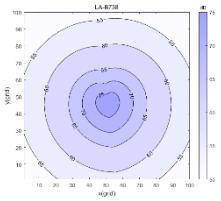
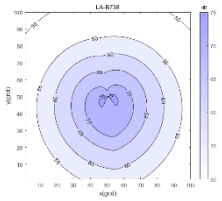
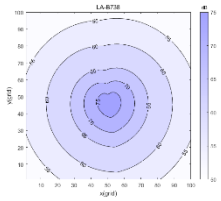
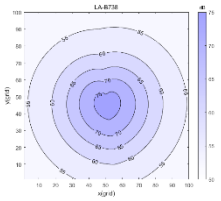
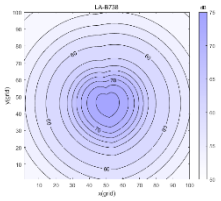
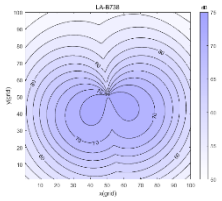
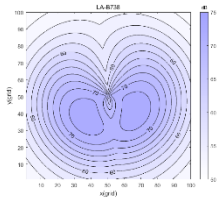
第 17 次	第 18 次	第 19 次	第 20 次
			
MSE=8.41	MSE=9.10	MSE=8.80	MSE=8.42
第 21 次	第 22 次	第 23 次	第 24 次
			
MSE=8.65	MSE=8.61	MSE=8.88	MSE=9.84
第 25 次	第 26 次	第 27 次	第 28 次
			
MSE=8.87	MSE=8.85	MSE=8.82	MSE=9.10
第 29 次	第 30 次	第 31 次	第 32 次
			
MSE=8.87	MSE=8.87	MSE=8.54	MSE=8.94
第 33 次	第 34 次	第 35 次	第 36 次
			
MSE=8.86	MSE=8.54	MSE=8.79	MSE=8.54
第 37 次	第 38 次	第 39 次	第 40 次
			
MSE=9.35	MSE=8.34	MSE=8.94	MSE=8.78

表 1 中验证集均方误差最低的是第 12 次训练得到的模型。验证集预测偏差绝对值低于 10% 的样本占比 95.43%。

采用预测模型对 12 个监测点位的噪声监测值进行预测，研究发现预测曲线与监测曲线基本一致。

3.2 实例应用

以一条离场航迹为例，采用均方误差最低的预测模型

进行实例应用。离场航班号为 JDL2618。以 2s 为间隔，预测该段航迹周边边长 40km 的方形区域范围内地面瞬时 A 声级分布。

在此基础上可叠加得到计权等效连续感觉噪声级分布和年均昼夜等效声级分布（1）。

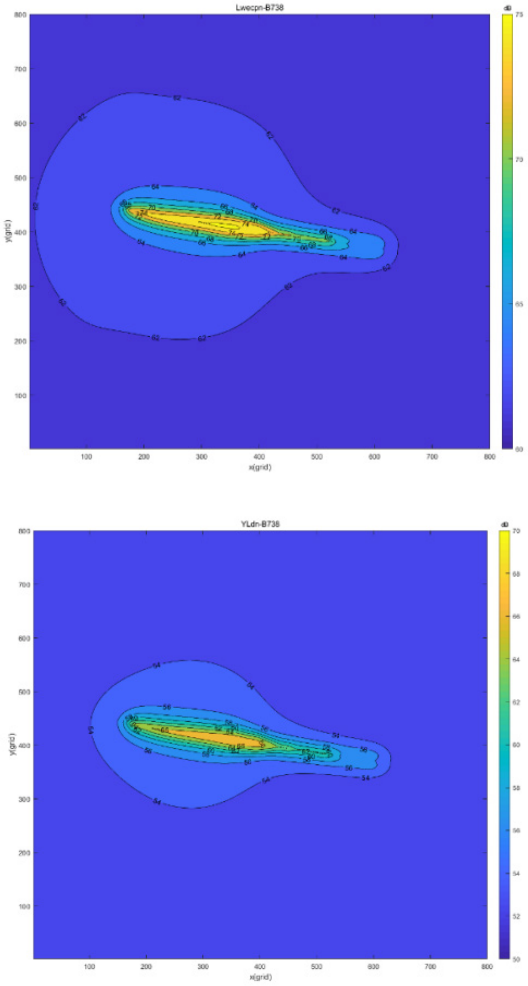


图 1 计权等效连续感觉噪声级和年均昼夜等效声级（假设每小时 10 架次）预测结果

4 结论

本研究提出了一种基于 BP 神经网络的机场噪声指标预测方法。研究将飞机高度、飞机速度、飞机方向与飞机与监测点连线方向夹角、飞机与监测点水平距离等四个变量作为输入变量，将瞬时 A 声级作为输出变量。结果显示，验证集的 A 声级预测相对偏差绝对值低于 10% 的样本占比为 95.43%。对 A 声级预测结果进行叠加，可得到计权等效连续感觉噪声级和年均昼夜等效声级分布，该结果可用于机场周边区域噪声指标的评估。与传统预测方法相比，该方法可降低计算成本，可快速预测不同运行场景（如航迹调整、减噪程序实施、航班架次变化等）下的噪声影响，为机场规划设计和噪声事件回溯提供量化依据。

参考文献

[1] H. Feng, Y. Zhou, W. Zeng, C. Ding. Review on metrics and prediction methods of civil aviation noise. International Journal of Aeronautical and Space Sciences 24(2023)1199–1213.

[2] AM. Nassur, M. Lefèvre, B. Laumon, D. Léger, AS. Evrard. Aircraft noise exposure and subjective sleep quality: the results of the DEBATS study in France. Behav Sleep Med 17(4)(2019)502–513

[3] S. Steven, K. Frenis, S. Kalinovic, et al. Exacerbation of adverse cardiovascular effects of aircraft noise in an animal model of arterial hypertension. Redox biology 34(2020)101515.

[4] A. Saucy, B. Schäffer, L. Tangermann, D. Vienneau, JM. Wunderli, M. Röösli M. Does night-time aircraft noise trigger mortality? A case-crossover study on 24,886 cardiovascular deaths. Eur Heart J 42(8)(2021)835–843

[5] T. Münzel, FP. Schmidt, S. Steven, J. Herzog, A. Daiber, M. Sørensen. Environmental noise and the cardiovascular system. J Am Coll Cardiol 71(6)(2018)688–697

[6] M. Klatte, J. Spilski, J. Mayerl, U. Möhler, T. Lachmann, K. Bergström. Effects of aircraft noise on reading and quality of life in primary school children in Germany: results from the NORAH study. Environ Behav 49(4)(2017)390–424

[7] FL. Friedt, JP. Cohen. Perception vs. reality: the aviation noise complaint effect on home prices. Transp Res Part D Transp Environ 100(2021)103011

[8] PJ. Wolfe, JL. Kramer, SR. Barrett. Current and future noise impacts of the UK hub airport. J Air Transp Manag 58(2017)91–99