臭氧也爱“串门”：机器学习如何量化杭州湾城市群内部的污染输送

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43057.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

臭氧也爱“串门”：机器学习如何量化杭州湾城市群内部的污染输送。臭氧（O3）污染已成为我国快速城市化地区面临的重要大气环境问题。与PM2.5不同，臭氧并非直接排放，而是由氮氧化物和挥发性有机物（VOCs）在阳光下经光化学反应生成，且具有显著的区域传输特征——城市上风向地区的排放可经大气环流对下风向城市造成明显影响。然而，要在小时尺度上厘清本地排放与区域输送各自的贡献并不容易：传统来源解析依赖排放清单与化学传输模型，难以快速分离气象波动与人为输送的影响，这也正是精准、协同防控臭氧污染的关键难点。

南方科技大学胡清团队与上海大学高松团队合作，在中国工程院Engineering集群子刊ENGINEERING Environment发表题为Data-driven machine learning quantifies ozone transport in the Hangzhou Bay urban cluster的研究文章，以杭州湾城市群2020年逐小时观测数据为基础，量化了区域输送对上海臭氧污染的贡献及其主要来源城市，并揭示了污染天与非污染天臭氧输送特征的显著差异，为区域联防联控提供了新的依据。

数据驱动方法

研究构建了双向长短期记忆（Bi-LSTM）模型，以历史气象变量、污染物浓度和时间特征为输入，学习臭氧浓度的时间依赖关系。模型通过气象剔除方法，先建立排除气象扰动后的基准浓度，再将其与实际观测对比，将差异部分归因于区域输送。研究还采用前向（以周边城市预测上海）与反向（以上海预测周边城市）两种模拟方案进行交叉验证，确保结果的稳健性和方法的可重复性。

该方法的优势在于不依赖复杂的化学传输模型和大量排放清单，即可在小时尺度上量化城市间臭氧输送，为区域联防联控提供了新的技术工具，也为其他大气污染物的跨区域影响研究提供了方法参考。

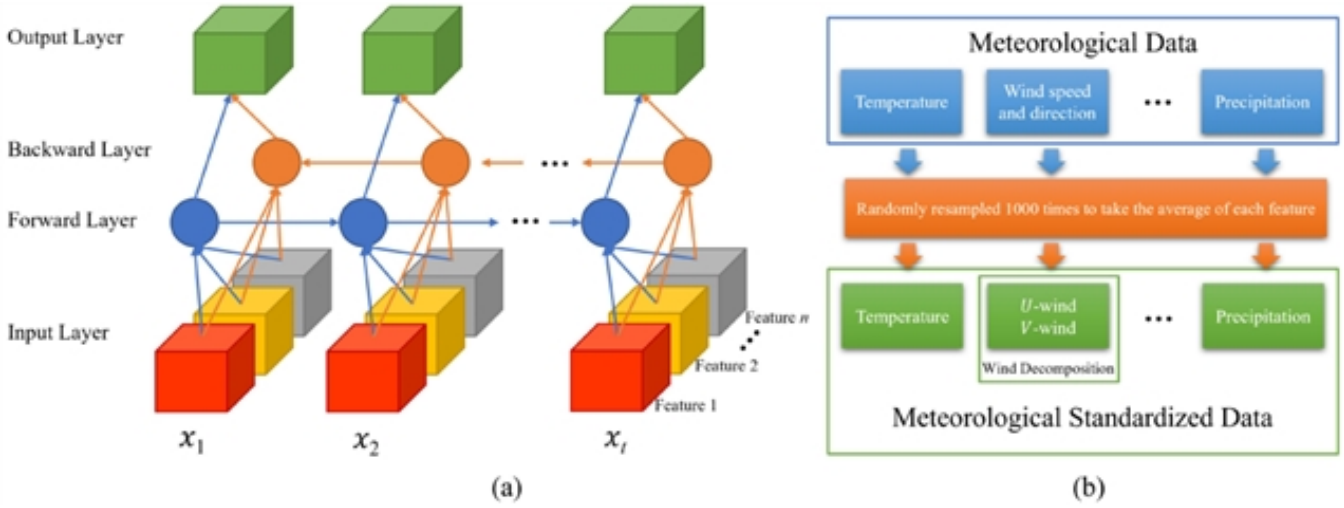


图1.Bi-LSTM模型结构与气象数据标准化处理流程

区域输送情况

模拟结果显示，两种方案给出的区域输送贡献高度一致：分别为18.41 μg/m3（24%）和20.52 μg/m3（27%）。在夏季臭氧高污染时段，上海约24%的臭氧污染来自杭州湾其他城市，主要来源包括杭州、嘉兴、绍兴、湖州、舟山。总体来看，宁波和上海之间，宁波受到上海及周边地区的臭氧影响更为明显。

这一结果说明，单一城市排放控制得力，区域输送仍可成为臭氧超标的重要推手，单一城市的治理难以彻底解决问题。因此，上海等地在加强本地减排的同时，必须将杭州湾城市群作为一个整体，进行协同防控。

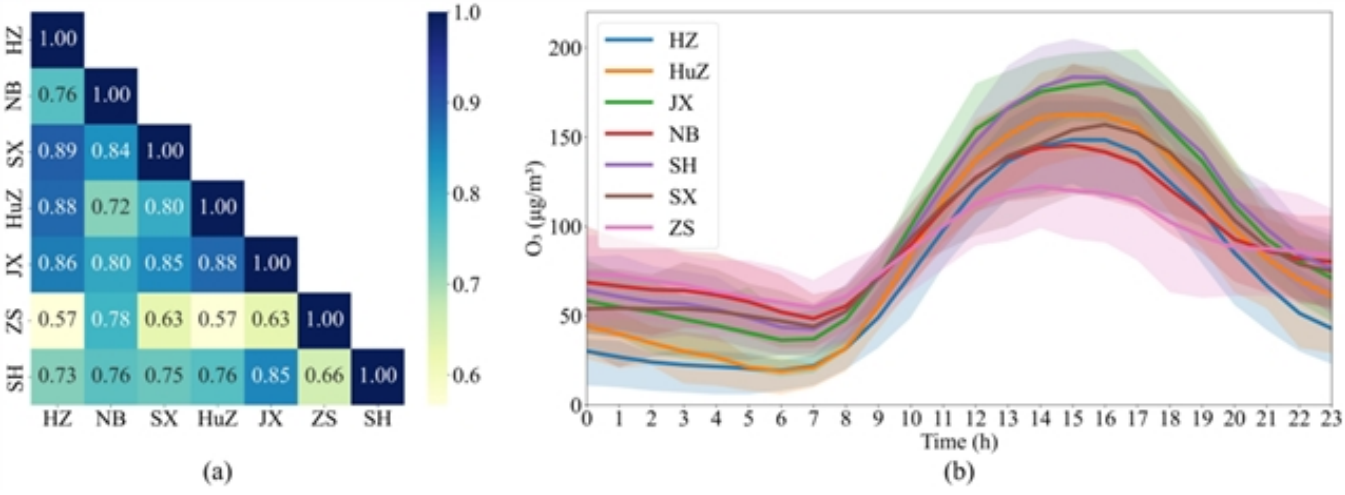


图2.杭州湾城市群臭氧污染特征（Pearson相关热力图与小时分布）

污染天输送更显著

研究进一步发现，区域臭氧输送主要集中在上海臭氧高污染天气，非污染日的输送效应并不明显，说明区域输送对臭氧超标的放大作用远高于常态水平。Bi-LSTM模型识别的输送关系与加权潜

在源贡献函数（WPSCF）分析结果的趋势一致，均发现杭州湾西南部和中部城市为上海臭氧的主要潜在来源区，验证了机器学习方法在臭氧来源解析中的可靠性。

研究成果为杭州湾城市群建立区域协同预警与减排机制提供了科学依据，提示应在臭氧高污染时段加强城市间的联合调控、信息共享和应急响应，以实现区域空气质量的整体改善。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

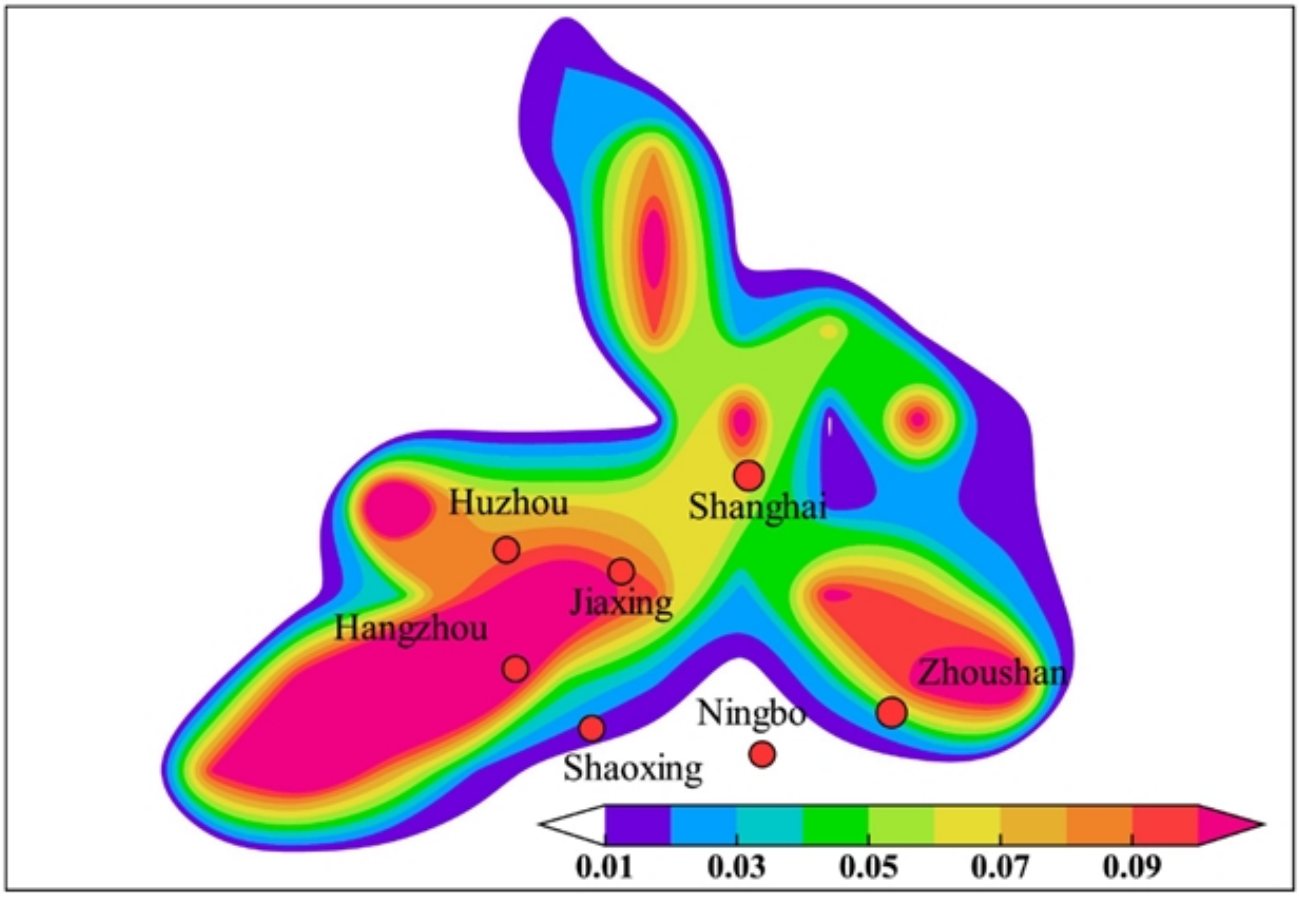


图3.上海臭氧污染的WPSCF空间分布（潜在来源区）

相关论文信息：https://journal.hep.com.cn/fese/EN/10.1007/s11783-025-2089-1

作者：胡清 等 来源：《工程·环境》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发