

北京地区近地面 PM_{2.5} 的卫星反演

李颖^{1,3}, 陈桂礼^{1,4}, 薛勇^{1,2*}, 光洁^{1*}, 余璐^{1,3}, 樊程^{1,3}, 谢艳清^{1,3}

¹ 遥感科学国家重点实验室, 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101, 中国

² Department of Electronic, Computing and Mathematics, College of Engineering and Technology, University of Derby, Kedleston Road, Derby DE22 1GB, UK

³ 中国科学院大学, 北京 100049, 中国

⁴ 南京信息工程大学, 南京 210044, 中国

* 通讯作者邮箱: yx9@hotmail.com, guangjier@163.com

摘要: 自然及人为源的大气颗粒物会对人体健康造成负面影响。长期暴露于空气动力学直径小于 2.5 μm (PM_{2.5}) 的颗粒物环境中会引起肺部和呼吸系统疾病, 甚至过早死亡。PM_{2.5} 不仅威胁着人们的健康, 而且造成大气能见度的下降和城市景观的退化。近年来, 随着工业化和城市化的快速发展, PM_{2.5} 已成为中国主要的大气污染物, 尤其是在大城市, 如北京、上海和广州等经济增长迅速的地区。为了了解 PM_{2.5} 对地球环境系统和人体健康的影响, 有必要对 PM_{2.5} 进行常规监测。鉴于卫星遥感的巨大优势, 特别是在空间尺度上提供的大覆盖率和时间尺度上的稳定连续性, 卫星数据反演的气溶胶光学厚度 (AOD) 已被广泛认为是大气 PM 监测的一种好方法。中分辨率成像光谱辐射计 (MODIS) 反演的气溶胶光学厚度 (AOD) 和地面原位测量的 PM 之间存在明显的相关性。本研究建立了基于物理和人工神经网络技术的三种 AOD-PM_{2.5} 反演模型。首先, 利用卫星反演 AOD 和其他气象参数, 如行星边界层高度 (PBLH)、温度 (TEMP)、相对湿度 (RH)、风速 U 分量 (U)、风速 V 分量 (V)、地表气压 (SP) 和降水 (LSP), 建立 GA-BP ANN AOD-PM_{2.5} 反演模型, 模型测试集相关系数 R 达到 0.83。该模型具有季节和区域稳定性。卫星观测 AOD 和 ANN 反演的 PM_{2.5} 具有相似分布趋势, 该训练模型具有实用和理论价值。此外, 利用 440, 550 和 675 nm 的细模态气溶胶光学厚度 (AOD), 细颗粒有效半径, 地基细颗粒物浓度 (PM_{2.5}), 相对湿度 (RH) 和边界层高度 (BLH) 等数据建立了 PM_{2.5} 浓度估算物理模型。并提出了利用 AERONET 气溶胶参量估算综合消光效率 $\langle Q_{ext} \rangle$ 的新方法。北京地区 440nm 波段估测模型的 R² 达到 0.70, RMSE 为 33.67 μg/m³。最后, 利用遥感数据对粒子群体消光质量转换算法的性能进行了测试。北京地区 ECMWF 的行星边界层高度 (PBLH) 和相对湿度 (RH) 在分析数据, 以及 AERONET 的气溶胶光学厚度 (AOD)、粗细粒子比 (FMF)、粒子谱分布、复折射指数, 地表观测的 PM_{2.5} 数据作为算法的输入和验证数据。该算法对 AERONET 观测数据和 MODIS 监测数据的 PM_{2.5} 反演结果较好, ARNONET 数据模型的 R=0.70, RMSE=58.75 μg/m³, MODIS 数据模型的 R=0.6, RMSE=48.36 μg/m³。同时分析了北京及周边地区的 PM_{2.5} 时空分布趋势。本研究结果为基于卫星数据的 PM_{2.5} 估计提供了实用的方法基础。