

卷积神经网络对 X 波段 Cosmo-SkyMed 卫星 SAR 图像中风场特征的敏感性分析

A. 威兰迪 F. 农齐亚塔

那不勒斯帕萨诺普大学, 意大利

海面风场是海上天气预报、海上旅游等海洋开发利用活动中不可或缺的关键参量, 同时也因其在全球气候变化及其导致的强风对海岸带重要设施影响等因素, 成为海洋遥感的热点方向。

海面风场的定量信息可以通过现场测量或者遥感观测的方式获取。星载微波遥感器, 例如微波散射计, 是获取全球中分辨率海上风场信息的主要手段。其通过建立海面雷达后向散射信号与海面风场之间的地球物理模式函数 (GMFs), 实现对海面风场的定量反演。

随着对风场遥感资料空间分辨率更高的应用需求, 基于星载合成孔径雷达 SAR 的风场遥感越来越受到关注。SAR 可以在卫星高度实现百公里幅宽条件下的亚米级对海观测, 但是其用于风场遥感的最主要挑战在于其为侧视雷达, 一次过境只能获取对应海面单一入射角的雷达后向散射数据, 使其在反演矢量风场时表现为一个欠定问题。

为解决此难题, 通常由两条技术路线: 一是, 引入外部辅助数据, 例如, 散射计或数值模式的风向, 只从 SAR 图像中反演风速; 二是, 直接从 SAR 图像中, 通过纹理等特征提取风向。其中, 第二种方法得到的风向信息在时间上与反演风速同步, 并且也避免了空间匹配导致的定位误差。

从 SAR 图像中提取海面风向已经有一些方法上的尝试: 利用傅里叶变换[1~3]、离散小波变换[4]、连续小波变换[5]、局部梯度[6,]等从图像的频率域或幅度域中提取跟风条纹相关的方向分布。近年来, 深度学习方法也逐渐被引入 SAR 风向提取中。例如, 深度残差模型已被用于风条纹不明显或有船只影响的 SAR 图像风向提取[7]。

本研究基于 X 波段 Cosmo-SkyMed 卫星 SAR 图像, 基于卷积神经网络对雷达图像中的风向特征敏感性进行了分析, 旨在评估人工智能方法的可用性。研究工作供分析了 2022 年 2 月至 8 月北海区域的 19 景 Cosmo-SkyMed 卫星 SAR 图像及其时空匹配的卫星散射计风场产品。

References

- [1] Wackerman, C., C. Rufenach, R. Schuchman, J. Johannessen, and K. Davidson, 1996: Wind vector retrieval using ERS-1 synthetic aperture radar imagery. *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.*, **34**, 1343-1352.
- [2] S. Lehner, J. Horstmann, W. Koch, and W. Rosenthal, "Mesoscale wind measurements using recalibrated ERS SAR images," *J. Geophys. Res.*, vol. 103, no. C4, pp. 7847–7856, Apr. 1998.
- [3] P. W. Vachon and F. W. Dobson, "Validation of wind vector retrieval from ERS-1 SAR images over the ocean," *Global Atmos. Ocean Syst.*, vol. 5, pp. 177–187, 1996.
- [4] Yong Du, Paris W Vachon & John Wolfe (2002) Wind direction estimation from SAR images of the ocean using wavelet analysis, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 28:3, 498-509, DOI: 10.5589/m02-029
- [5] Zecchetto, S., De Biasio, F., Della Valle, A., Quattrocchi, G., Cadau, E., Cucco, A., 2016a. Wind fields from C and X band SAR images at VV polarization in coastal area (Gulf of Oristano, Italy). *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 9 (6).
- [6] Koch, W., 2004. Directional analysis of SAR images aiming at wind direction. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 42 (4), 702–710.
- [7] A. Zanchetta, S. Zecchetto, "Wind direction retrieval from Sentinel-1 SAR images using ResNet," *Remote Sensing of Environment*, Volume 253, 2021, 112178, 2021.