

L 波段林区遥感 SAR 层析成像与相位直方图技术的比较

Chuanjun Wu^{1,2}, Stefano Tebaldini¹, Yanghai Yu³, Marco Manzoni¹, Mauro Mariotti d'Alessandro¹, Lu Zhang², Mingsheng Liao²

¹ Politecnico di Milano, Italy

² Wuhan university, Wuhan, Hubei, China

³ Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

[Project ID: 59332 Geophysical and Atmospheric Retrieval From SAR Data Stacks over Natural Scenarios]

摘要: 在本文中, 我们比较了两种使用机载合成孔径雷达 (SAR) 数据估算森林高度和垂直结构的技术, 即 SAR 层析成像 (TomoSAR) 和相位直方图 (PH) 技术。TomoSAR 使用多幅 SAR 图像, 可以对植被层的三维 (3D) 电磁结构进行直接成像, 从中可以提取森林高度和林下地形等生物物理参数 [1], [2]。PH 技术根据干涉相位值将 SAR 干涉图中的每个像素分配给特定的高度层, 允许通过累加落在给定空间窗口内的像素振幅值来局部估计森林散射的垂直剖面。[3]–[5]。

本文的目的是通过分析 2020 年在德国西北部埃菲尔公园的 Kermeter 地区飞行的欧空局机载 TomoSense 运动的 L 波段层析数据, 研究 TomoSAR 技术与 PH 技术在地面实验中的联系[6]。本文分析的数据具有沿两个相反飞行航向采集的 30+30 个影像, 并在整个感兴趣区域提供始终优于 5 m 的垂直分辨率。

结果表明, PH 技术只能粗略地近似 SAR 层析成像产生的垂直结构, 但它可用于产生可观精度的森林高度估计。特别是, 观察到 TomoSAR 和 PH 技术在 NW 飞行数据中分别产生 2.63 m 和 4.35 m 的平均均方根误差 (RMSE), 在 SE 飞行数据中分别产生 1.84 m 和 5.46 m。观察到的结果根据一个简单的物理模型进行解释, 以预测两种情况下的相位变化, 其中森林散射由每个分辨率单元中存在的主要散射体或由多个基本散射体决定, 从而得出结论: PH 技术最适用于较高频段的高分辨率或超高分辨率数据。总的来说, 本文的分析从理论上和实验上证明, PH 技术在应用于几米分辨率的低频数据时无法达到与多基线层析成像相同的性能。然而, 即使在这些条件下, 我们也注意到 PH 技术允许基于单一偏振的单一干涉图来检索森林高度。这使得 PH 技术在星载任务的背景下非常值得关注。

- [1] S. Tebaldini, D. Ho Tong Minh, M. Mariotti d'Alessandro, L. Villard, T. Le Toan, and J. Chave, "The status of technologies to measure forest biomass and structural properties: State of the art in SAR tomography of tropical forests," *Surv. Geophys.*, vol. 40, no. 4, pp. 779–801, 2019.
- [2] M. M. D'Alessandro and S. Tebaldini, "Digital Terrain Model Retrieval in Tropical Forests Through P-Band SAR Tomography," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 57, no. 9, pp. 6774–6781, 2019.
- [3] R. N. Treuhaft *et al.*, "Vegetation profiles in tropical forests from multibaseline interferometric synthetic aperture radar, field, and lidar measurements," *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 114, no.

- D23, 2009.
- [4] G. H. X. Shiroma and M. Lavalley, "Digital terrain, surface, and canopy height models from InSAR backscatter-height histograms," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 58, no. 6, pp. 3754–3777, 2020.
 - [5] Y. Lei, R. Treuhaft, and F. Gonçalves, "Automated estimation of forest height and underlying topography over a Brazilian tropical forest with single-baseline single-polarization TanDEM-X SAR interferometry," *Remote Sens. Environ.*, vol. 252, p. 112132, 2021.
 - [6] S. Tebaldini *et al.*, "TomoSense: A unique 3D dataset over temperate forest combining multi-frequency mono-and bi-static tomographic SAR with terrestrial, UAV and airborne lidar, and in-situ forest census," *Remote Sens. Environ.*, vol. 290, p. 113532, 2023.