

Dragon 5 ID. 59332

项目主题: Geophysical and atmospheric retrieval from SAR data stacks over natural scenarios

该项目主旨包括应用和开发处理算法，以解决基于星载 SAR 数据应用有关的两个特定子课题。子课题 1 涉及自然介质的内部结构，它对应“龙计划”课题 "Solid Earth - Subsurface target detection "。子课题 2 涉及联合估计水汽与形变地图，它对应 "龙计划 "课题 "Solid Earth - Monitoring of surface deformation of large landslides"。由于硬件稳定性和轨道控制的改善，上述课题在当前和未来的星载 SAR 对地观测任务中具备重要意义，这些任务将允许越来越系统地使用多种数据。事实上，拟议的项目旨在支持使用以下多通道数据：即将施行的 P 波段 BIOMASS 卫星任务；未来的 L 波段卫星任务，如 SAOCOM 卫星、即将施行的来自中国的双站 L 波段 Lutan-1 卫星，以及 Tandem-L 和 Rose-L 卫星；C 波段 Sentinel 卫星任务。

截至目前，主要的结果总结如下 4 个方面的贡献：

- (1) 评估了三种典型的 TomoSAR 超分辨率算法（即 Capon、MUSIC 和 CS 方法）在重建热带森林层析剖面和基于森林散射特征获取森林高度和林下地形方面的性能。此外，还讨论了不同基线设计和滤波器对结果的影响。实验结果表明：1) 所有的算法都有能力重建层析剖面。考虑到算法的鲁棒性和时效性，Capon 算法表现良好，值得推荐。2) 在相同条件下，基线越多，分布越均匀，层析剖面的重建效果越好。3) 为了获得森林高度和林下地形，必须选择适当的滤波窗口大小和滤波方法。较小的窗口不能抑制旁瓣，较大的窗口则容易损失细节。通过实验结果，hamming 窗滤波器表现良好，推荐使用。
- (2) 单图像的极化 SAR 后向散射系数在区域或国家尺度的森林高度和生物量提取中具有很大的优势，因为它不受干涉几何的限制。然而，在地形起伏较大的林区，SAR 后向散射回波信号容易受到地形的影响，这限制了它与森林垂直结构参数的有效关联。鉴于此，我们建立了复杂地形森林场景下的多阶段 SAR 后向散射系数校正策略，包括：1) 针对方位向坡度的影响，计算极化方位角，校正极化协方差矩阵；2) 考虑到 SAR 斜距图像空间与地理坐标空间的异构关系，采用混合投影角（HPA）方法修正 SAR 有效散射区域；3) 为解决森林场景中 SAR 观测和目标几何形状造成的残余地形效应，采用基于 SAR 入射角和距离向坡度的 LUT 校正方法。在对森林场景进行上述 SAR 地形辐射综合校正后，进一步采用 RVoG 半经验模型方法获得森林

高度。最后，用覆盖山区森林的全极化 UAVSAR 数据验证该算法。

- (3) 将介绍一种从 C 波段 Sentinel-1 SAR 数据堆栈中估计大气相位屏 (Atmospheric Phase Screens, APS) 的新技术。新算法利用了可以对分布式和永久性目标的干涉相位进行最佳估计的 Phase-Linking 算法。两者的联合使用是生成跨越数千公里的密集、统一地图的关键，即使是在热带雨林等高度非相关的地区。该算法首先在南非地区进行了测试，生成了大约 210,000 平方公里的大气延迟地图。该地区地形陡峭，表现出严重的非相关性。尽管如此，提出的算法仍然可以估计可靠的大气差分延迟。此外，还采用了轨道校正程序，并使用外部 NWPM (GACOS) 数据验证得出的大气相位屏。从大气延迟地图中得出了一些空间统计数据，结果表明符合文献中的理论模型。
- (4) 在 2020/21 年欧空局收集的双站、多频 TomoSense 数据集的基础上，介绍了对林区结构分析的不同方法。研究报告中，以两种不同的方式处理数据。第一种是利用多基线数据重建森林垂直剖面，即使用众所周知的 TomoSAR 处理方法。第二种是利用相位直方图的方法，在某些情况下，可以用单基线数据来估计森林结构。这里比较了这两种方法在正确估计森林结构和森林高度方面的能力。