

SAR-GNSS:准确大气相位屏的交叉校准方法

Marco Manzoni¹, Naomi Petrushevsky¹, Andrea Virgilio Monti-Guarnieri¹, Stefano Tebaldini¹

¹ Department of Electronics, Information and Bioengineering; 20133 - Politecnico di Milano, Milan, Italy

摘要: 在过去的几年里,一些研究人员展示了合成孔径雷达(SAR)准确估计大气相位屏(APS)的能力。从卫星到地面的路径中,图像振幅受大气条件的影响不大。另一方面,由介质折射引起的变化主要影响相干雷达系统的相位。在合成孔径雷达干涉测量(InSAR)中,大气被视为估算地面变形的干扰因素。因此,通常使用数值天气预报模型(NWPM)或利用大气信号时空统计的数据驱动方法来消除或减弱 APS。

然而,信号和噪声的定义取决于应用场景。地质学家将变形定义为信号,将 APS 定义为噪声,而气象学家则相反。事实证明,APS 可以用作 NWPM 的输入数据集,包括无线电探空仪、地面天气雷达、全球导航卫星系统(GNSS)、地面气象站等的测量结果。在其他观测量不可用或不可靠时,SAR 数据在向 NWPM 模型提供高质量数据输入是有优势的。

然而,使用 NWPM 模型估计 APS 之前,SAR 系统获取的数据必须进行适当校准。特别是,最关键的因素之一是采集图像期间由平台轨迹引起的误差。即使是几厘米的微小偏差也会在 APS 中产生大规模趋势。误差趋势通常可以建模,添加到真实 APS 图中,通常称为轨道相位屏幕(OPS)。非常低的空间频率畸变在 NWPM 中是最危险的。事实上,利用必须无偏差的超大规模信号,此类系统被编程为以低分辨率在大陆范围内工作。进一步的问题是复杂的 OPS 的滤波。大气信号往往是一个大尺度的趋势,当信号和噪声共享相同的统计数据时,它们是无法分离的。人们可以尝试通过将 2D 平面拟合到大气地图中并将其移除来过滤 OPS,但存在移除部分 APS 的风险。

在海报中,我们提出了解决问题的方法,包括使用地面 GNSS 网络站。来自每个站点的原始数据被处理以提取 GNSS 派生的 APS。然后,在 GNSS 站的空间位置上提取 SAR 派生的 APS。这样的测量是真实 APS 和轨道误差的总和。我们使用 GNSS 派生的 APS 作为地面实况,将它们从 SAR 派生的估计中删除,从而产生一组纯轨道误差的测量值。通过反演,得到两个表征轨道误差的参数。这种反演的好处是双重的。首先,这两个估计参数可用于评估轨迹质量。其次,这两个参数可用于计算 APS 地图整个网格上的前向模型(而不是像以前那样仅在 GNSS 站组上计算),从而形成校准后的相位屏。

该程序使用包含 30 多张 Sentinel-1 图像的数据集和瑞典的 GNSS 站网络进行了测试。该算法表现出优异的性能。验证过程在校准过程前后将一组独立的 GNSS 站与 SAR 派生的 APS 进行比较。使用单独的 NWPM 进行第二次验证,再次表现出卓越的性能。