

中低相干区 INSAR 分析的加权自适应可变长度（波）技术

Francesco Falabella^{1,2,3}, Qing Zhao^{4,5}, and Antonio Pepe²

1. University of Basilicata (UNIBAS), School of Engineering, 85100 Potenza, Italy; e-mail: {francesco.falabella@unibas.it}
2. Institute for the Electromagnetic Sensing of the Environment (IREA), National Research Council (CNR), 80124 Napoli, Italy; e-mail: {pepe.a@irea.cnr.it}
3. Institute of Methodologies for Environmental Analysis (IMAA), National Research Council (CNR), 85050 Tito Scalo (PZ), Italy;
4. Key Laboratory of Geographical Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China; e-mail: {qzhao@geo.ecnu.edu.cn}
5. Joint Laboratory for Environmental Remote Sensing and Data Assimilation, East China Normal University, Shanghai 200062, China.

多时相合成孔径干涉测量（Multi-temporal InSAR, MT-InSAR）方法的不断发展[1]-[3]，提高了这类技术的可靠性和经济性。在此背景下，设计和测试先进的 MT-InSAR 以改进原有技术以及通过众所周知的干涉测量方法来纠正过去几十年出现的一些典型问题，成为了新的可实现的里程碑。

本摘要中提出的方法天然地适用于 MT-InSAR 方法，并且在某种程度上，这种方法就是为了正确地处理失相干区域，例如我们的试验区上海。简言之，在这里进行 InSAR 分析，目的是计算研究目标的地表形变时间序列。而该试验区属于不稳定且容易产生问题的区域，主要问题可归结为连续合成孔径雷达（Synthetic Aperture Radar, SAR）信号之间的空间失相干，这种现象带来的影响可以参考文献[4]。

本文的工作是基于加权最小二乘法（Weighted Least-squares, WLS），并通过 DInSAR 方法生成视线向（Line-of-sight, LOS）的形变时间序列。更准确地说，本文提出了一种 WLS 方法，它增强了 MT-InSAR 小基线集（Small Baseline Subset, SBAS）算法[5]在中低相干区域的适用性。该方法依赖于对中高相干干涉图的逐像元自适应选择和利用，如剔除噪声相位。这样，对于每一个像元，就有可能得到几个分离的干涉结果，然后利用加权奇异值分解（Weighted Singular Value Decomposition, WSVD）方法[6]将它们连接起来。因此，干涉网络缩减可能导致从使用的数据集中剔除一些 SAR 影像，这将导致所谓的可变长度形变时间序列的产生。该方法的核心在于通过 WSVD 方法的进行创新性的干涉图反演步骤，该方法使我们能够将权重计算为相位方差的倒数来约束它们，从而得到更可靠的相位测量。以一种特定的方式，利用方向统计量[7]的基本原理，可以直接获得每个 InSAR 对中的每个像元的权重，这样就可以计算出方差值，避免了标准方法的计算负担。现在的解决方案是依赖于像元的，因为所选 InSAR 数据对和相关的权重在像元之间是不同的。在关键区域，会对给定的 SAR 影像进行筛选，剔除一些相干性不佳的影像。在后一种情况下，地面沉降时间序列仍然可以计算，但会为了保持结果的可靠性而缩减其长度，以较低密度的时间采样为代价，保证正确调查的像素会显著增加。将加权自适应可变长度（波）技术[8]应用于意大利航天局 Cosmo-SkyMed（CSK）星座传感器在上海收集的 SAR 数据集，从而得到了实验结果。初步结果将在下次龙-四会议上提出和讨论。

References:

- [1] Ferretti, A.; Fumagalli, A.; Novali, F.; Prati, C.; Rocca, V.; Rucci, A. A New Algorithm for Processing Interferometric Data-Stacks: SqueeSAR. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2001, 49, 3460–3470.

- [2] Fornaro, G.; Verde, S.; Reale, D.; Pauciuolo, A. CAESAR: An approach based on covariance matrix decomposition to improve multibaseline multitemporal interferometric SAR processing. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2015, 4, 2050–2065.
- [3] Pepe, A.; Yang, Y.; Manzo, M.; Lanari, R. Improved EMCF-SBAS Processing Chain Based on Advanced Techniques for the Noise-Filtering and Selection of Small Baseline Multi-look DInSAR Interferograms. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2015, 53, 4394–4417.
- [4] Zebker, H.A.; Villasenor, J. Decorrelation in interferometric radar echoes. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 1992, 30, 950–959.
- [5] Berardino, P.; Fornaro, G.; Lanari, R.; Sansosti, E. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2002, 40, 2375–2383.
- [6] Van Loan, C. F. Generalizing the singular value decomposition. *SIAM J. NUMER. ANAL.* 1976, 13, 1.
- [7] Mardia, K.V.; Jupp, P.E. *Directional Statistics*; Wiley: New York, NY, USA, 2000.
- [8] Falabella, F.; Serio, C.; Zeni, G.; Pepe, A. On the Use of Weighted Least-Squares Approaches for Differential Interferometric SAR Analyses: The Weighted Adaptive Variable-Length (WAVE) Technique. *Sensors* 2020, 20, 1103; doi:10.3390/s20041103