

基于 SBAS 和 SVD 方法的时间重叠 C/X 波段地表形变时序最优融合条件分析

丁敬钊^{1,2,3} 赵卿^{1,2,3,*} 唐茂川^{1,2,3} 王强^{1,2,3}

1. 华东师范大学教育部地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062;
2. 华东师范大学崇明生态研究所, 上海 200241;
3. 华东师范大学地理科学学院, 上海 200241;

高级星载多时相合成孔径雷达干涉测量 (MT-InSAR) 是一种能够获得视线向 (LOS) 地面形变测量的先进技术[1, 2]。为了得到长期形变时间序列, 许多数据融合的方法已被提出, 这些方法可以用来融合不同的 SAR 卫星数据集得到的形变时间序列[3, 4]。奇异值分解 (SVD) 方法就被有效地用来融合两个时间重叠的地表形变时间序列[2]。在两个有时间重叠的形变时间序列融合过程中, 奇异值分解可以解决秩亏线性求解问题[4]。然而, 将两个形变时间序列通过奇异值分解方法融合时, 在重叠时间段内需要的 SAR 影像的最佳数目仍不知晓, 尚需研究分析。

本研究使用了两个覆盖上海的有时间重叠的 SAR 数据集。第一个数据集为 COSMO-SkyMed (CSK) 数据集, 由 61 幅影像组成, 获取时间为 2013 年 12 月 7 日至 2016 年 3 月 18 日, 其工作在 X 波段 (降轨道, HH 极化)。第二个数据集包含 47 幅 Sentinel-1A (S1A) 影像, 获取时间为 2015 年 2 月 26 日到 2019 年 1 月 12 日, 其工作在 C 波段 (升轨道, VV 极化)。在 2015 年 2 月 26 日至 2016 年 3 月 18 日的重叠时段内, 共有 23 幅 CSK 影像和 13 幅 S1A 影像。通过 SBAS 方法[2], 我们分别计算了 CSK 和 S1A 数据集获取的视线向的形变时间序列, 并通过卫星视角将其转化到垂直方向上[5, 6]。然后, 我们对重叠时段内 CSK 垂直向形变时序进行了 N_1 (1, 2, ..., 22) 次删减。每次删减都是基于初始的 CSK 垂直向形变时序。相应地, 当 N_1 等于 1 时, 我们删减了最后 1 幅数据, N_2 等于 2 时, 我们删减了最后 2 幅数据, 以此类推。因此我们得到了 22 组新的 CSK 形变时序。进一步, 用 SVD 方法将 22 组新的 CSK 形变时序分别和初始的 S1A 垂直向形变时序融合。然后我们可以得到 22 组 CSK+S1A 形变时序。我们对重叠时段内 S1A 垂直向形变时序进行了 N_2 (1, 2, ..., 12) 次删减。CSK 和 S1A 的删减过程是类似的, 只是对于 CSK, 删减了 22 次, 删减次序都是从后往前; 对于 S1A, 删减了 12 次, 删减次序都是从前往后。然后我们得到了 12 组新的 S1A 形变时序。分别和初始的 CSK 垂直向形变时序融合后, 我们得到了另外 12 组融合后的 CSK+S1A 形变时序。接下来, 我们可以通过地面水准测量数据来验证这 34 组新的 CSK+S1A 形变时序的精度。

我们比较了 34 组新的 CSK+S1A 融合后的地表形变时序的精度, 探讨了重叠时段内所需 SAR 影像的最佳数目。结果表明, 在重叠时段内 SAR 影像的数目小于 5 时, 融合后的形变时序的精度显著降低。而重叠时段内 SAR 影像的数目大于 5 时, 得到的融合后的形变时序精度与只用 5 幅 SAR 影像得到的融合时序精度相近。说明当 SVD 用于融合两个时间重叠的形变时间序列时, 重叠时段内 SAR 影像的最佳数目约为 5。