

时序 DInSAR 技术发展综述

向源君 崔兴洁 王冰 梁科文
西南石油大学土木工程与建筑学院
DOI:10.32629/gmsm.v2i2.119

[摘要] 介绍和综述了时序差分合成孔径雷达干涉 (Time Series DInSAR, TS-DInSAR) 技术在国内外的的发展,着重介绍了永久散射体 (Persistent Scatterer, PS) DInSAR 技术和小基线子集 (Small Baseline Subset, SBAS) DInSAR 技术的原理及其特点,展望了时序 DInSAR 技术的发展和趋势。

[关键词] 时序 DInSAR; PS-DInSAR; SBAS-DInSAR; 发展; 展望

引言

20 世纪 80 年代兴起的合成孔径雷达差分干涉 (DInSAR) 技术由于具有全天候、全天时、覆盖面积广等优点^[1],使其在地表形变中得到广泛的应用。近些年来,随着 SAR 卫星系统和传感器技术的提升,在 DInSAR 基础上发展的时序差分合成孔径雷达干涉 (时序 DInSAR) 技术,显著提高了形变监测精度,使得时序 DInSAR 技术在大范围形变、高精度监测领域拥有了不可替代的优越性。本文将综述时序 DInSAR 的发展进程,并展望时序 DInSAR 技术的发展和趋势。

1 时序 DInSAR 技术在国内外的的发展进程

雷达干涉的概念出现于 20 世纪 60 年代。1971 年,美国军方首次将 InSAR 技术应用于地表测绘。1972 年,Zisk 首次将 InSAR 技术用来测量月球的地形,开创了 InSAR 技术用于地形测绘的先河。随着技术的不断发展,在传统 InSAR 技术基础上出现了差分合成孔径雷达干涉 (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar, DInSAR) 的概念。

随着对技术的不断深入研究,国内外研究人员渐渐意识到 DInSAR 技术的不足之处,如干涉时空失相干、相位解缠问题、DEM 误差、轨道误差等。由此国内外研究人员结合常规 DInSAR 提出了时间序列差分雷达干涉 (TS-DInSAR)。如表 1 列出了国内外 DInSAR 技术的发展历程,表 2 列出了国内外时序 DInSAR 技术的发展历程。

表 1 国内外 DInSAR 技术的发展历程

理论和方法	年份	相关人物
DInSAR 概念	1989 年	Gabriel
“三轨”差分方法	1994 年	Zebker
使用 DInSAR 监测火山	1995 年	Massonnet
国内对 DInSAR 基本原理做初步介绍	1997 年	王超等
对 InSAR 和 DInSAR 的基本原理和应用进行综述	2000 年	李德仁等
研究 InSAR 技术的复数域自适应滤波方法	2003 年	廖明生等
系统研究了 InSAR 和 DInSAR 的误差	2004 年	李振洪等

表 2 国内外时序 DInSAR 技术的发展历程

理论/理论应用	年份	相关人物
永久散射体 (Permanent Scatterer, PS) 的概念	2001 年	Ferretti
短基线集 (Small Baseline Subsets, SBAS) 差分雷达干涉	2002 年	Berardino
相干目标干涉技术 (Coherent Target Interferometry, CTI)	2003 年	Mora
季节性的建模和解算方法	2003 年	Colesanti
将 PSI 测量技术引入国内	2004 年	李德仁等
网络化 PS-DInSAR (Networking PSI, NPSI)	2007 年	刘国祥等
基于邻接矩阵模型的 PS 网络基线识别方法	2009 年	陈强等
提出一种改进的自适应滤波方法	2009 年	尹宏杰
融合周期性形变模型的 SBAS-DInSAR 方法	2012 年	李珊珊等

经过多年的发展,基于时序 DInSAR 监测范围广、高分辨率等优点,并能有效削弱传统 DInSAR 技术中的大气延迟、DEM 误差、轨道误差和时空失相干的影响等,其在城市地表沉降、缓慢滑坡位移、火山和地震间歇期或构造断层区缓慢形变、公共基础设施形变以及其它缓慢地表形变监测中得到了广泛的应用,时序 DInSAR 技术的研究和发展成为了 InSAR 技术领域新的热点和发展趋势。

2 时序 DInSAR 的两种主要技术

2.1 PS-DInSAR

PS-DInSAR 的概念在 2001 年被 Ferretti 提出 PSI 的基本原理是通过卫星获得研究区域的多景 SAR 影像,选择一幅 SAR 影像为主影像,与其它 SAR 影像分别进行配准得到干涉图,通过分析干涉图时间序列上幅度和相位信息的稳定性确定永久散射体 (PS) 目标点,经过对 PS 点干涉和去地形处理,得到 PS 点的差分干涉相位,之后构建相位模型,并分别估算不同形变分量。

2.2 SBAS-DInSAR

Geological mining surveying and mapping

短基线(SBAS)差分干涉技术最早于2002年被Berardino等提出,SBAS的原理是利用研究区域的多幅SAR影像得到时间和空间基线集合,然后根据最小二乘原理计算得出基线集合的地面形变信息,最后将所有的基线集合用SVD法联合求解得出整个观测时段的地面形变序列^[2]。

SBAS-DInSAR减弱了空间失相干问题,使地表形变结果、时间分辨率更加精确^{[3][4][5]}。但SBAS精度较PSI低,适合城市之外的地表形变观测。

3 其它高级时序DInSAR技术

近几年来,随着研究的不断深入,为适应不同的应用领域,逐渐发展出CRInSAR技术、多种MT-InSAR技术和SqueeSARTM技术等。

CRInSAR技术的原理为利用角反射器具有高稳定性、高相干性和后向散射系数^[6]的特性克服时空失相干的影响,CR点可以视作高质量的PS点,这些点在一系列很长时间跨度的干涉图中被识别,由此可以降低干涉相位图失相关的风险^[7]。后来发展起来的MT-InSAR技术结合了PS和SBAS技术的优点进行特征点的时序分析。其原理为:通过限制时空基线组成相干性更好的多主影像干涉对,结合两种或以上的PS点探测方法并基于相位稳定性分析选取和检核PS点,通过时序相位解缠对数据进行处理得到实际的形变相位^[8]。SqueeSARTM技术是在PS-DInSAR技术基础上发展而来的,主要考虑了PS和分布式散射体(DS)的不同统计特性,分别探测PS和DS,然后将PS点与DS点联立求解,如此一来可大大提高形变结果的空间分辨率和覆盖度^[9,10]。

4 展望

时序DInSAR具有实时动态监测、大范围覆盖、精度较高的优点,在地形测绘、地表沉降监测等领域得到大量成功的应用。但是,现有的时序DInSAR技术还有多维监测困难、时空失相干、大气延迟和大梯度形变监测等问题,并且在数据处理时也缺乏有效的精度评定的系统性方法^[11]。因此随着

InSAR技术与SAR卫星技术的不断进步,如何在SAR数据获取和处理阶段提高精度,从而根本性提升时序DInSAR监测精度是接下来发展的方向。

参考文献

- [1]王立伟.基于D-InSAR数据分析的高山峡谷区域滑坡位移识别[D].北京科技大学,2015,(06):160.
- [2]卢丽君.基于时序SAR影像的地表形变检测方法及其应用[D].武汉:武汉大学,2008,(01):1.
- [3]刘波,晏王波,范雪婷,等.基于SBAS技术的武进区地面沉降监测应用研究[J].现代测绘,2016,39(4):9-12.
- [4]彭鹏.基于SBAS技术的亳州市地面沉降遥感监测应用研究[J].西部资源,2016,(4):152-155.
- [5]朱叶飞,陈火根,李向前,等.基于SBAS的兰西县城城区地面沉降监测研究[J].遥感信息,2014,29(4):76-79.
- [6]龙四春,李陶,刘经南,等.融合GPS,CR与水准数据的永久散射体雷达差分干涉测量技术[J].测绘通报,2009,(02):1-3+6.
- [7]胡俊,朱建军,李志伟.CR-InSAR技术及其病态方程的研究[J].测绘信息与工程,2007,(05):30-32.
- [8]姜兆英,于胜文,陶秋香.StaMPS-MTI技术在地面沉降监测中的应用[J].西南交通大学学报,2017,52(02):295-302.
- [9]许才军,何平,温扬茂,等.InSAR技术及应用研究进展[J].测绘地理信息,2015,40(02):1-9.
- [10]李涛.基于点面散射体的多时相雷达干涉模型与形变探测方法[D].西南交通大学,2014,(11):128.
- [11]朱建军,李志伟,胡俊.InSAR变形监测方法与研究进展[J].测绘学报,2017,46(10):1717-1733.

项目课题: 第十八期(2018-2019年度)大学生课外开放实验项目。

2019年第十六届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛项目。