

文章编号: 1008 - 2786 - (2018)1 - 081 - 07

DOI: 10. 16089/j. cnki. 1008 - 2786. 000304

基于 SBAS 技术的岷江流域潜在滑坡识别

张诗茹, 蒋建军*, 缪亚敏, 白世彪

(南京师范大学 a. 虚拟地理环境教育部重点实验室; b. 江苏省地理环境演化国家重点实验室培育建设点;
c. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023)

摘 要: 小基线 (Small Baseline Subsets, SBAS) 技术可以获取微小的形变信息和长时间序列的缓慢地表形变场, 在地表形变监测中具有较广的应用前景。本文以地形陡峭的岷江流域为研究区, 基于小基线技术获取沿雷达视线方向的形变速率, 将其转化为沿坡面方向的形变速率, 利用核密度分析对潜在滑坡区域进行提取。研究发现, 岷江流域的 30 处历史滑坡中, 有 18 处位于提取的潜在滑坡区中, 有 11 处位于发生形变的地区范围内, 仅有 1 处位于发生形变的地区之外。这表明, SBAS 技术可以较好地监测地势陡峭地区的地表形变, 在潜在滑坡识别方面具有较高的可行性。

关键词: SBAS; InSAR; 岷江流域; 滑坡识别

中图分类号: P642. 22

文献标志码: A

现有的滑坡调查方法较多。其中, 传统的滑坡调查方法包括现场地貌制图、目视解译航片等, 主要对典型的巨型滑坡进行识别监测, 其对潜在的、滑动不明显的滑坡的监测和识别能力不足^[1-2]。合成孔径雷达干涉测量 (Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR) 是一种新型的空间地表测量技术, 其不受光照和气候等因素的影响, 能够全天候、全天时地对地表进行观测, 可用于地震、火山、地面沉降、滑坡等造成的地表微小形变测量, 现已成为滑坡监测与识别的热点研究方法^[3-9]。InSAR 技术能够提取地表发生的微小形变, 精度达到厘米级甚至是毫米级, 其获取的数据具有高精度、高分辨率、覆盖范围广等特点^[10-12]。然而, 大量的误差源, 如大气延迟、时间空间去相干、外部 DEM 误差等, 极大地限制了 InSAR 技术的应用。小基线 (Small Baseline

Subsets, SBAS) 技术可减少大气扰动的影响, 有效地解决 InSAR 技术在时间和空间上失相干的问题, 其原理是将数据分成几个小基线子集, 获取较短的空间基线 (一般小于 200 m) 差分干涉图, 降低空间去相干影响, 联合其他 SAR 数据集求解形变速率, 得到高空间密度的形变量测结果^[13-14]。SBAS 技术在进行地表形变监测时, 不但能够获取微小的形变信息, 也能获取长时间序列的缓慢地表形变场, 因此在潜在滑坡监测与识别方面具有较强的应用潜力^[15]。

本文以地势陡峭的岷江流域为研究区, 使用该研究区 2008 年至 2010 年共 22 景 ENVISAT SAR 影像, 基于 SBAS 技术获得岷江流域形变点的年平均形变速率, 以提取该流域内的潜在滑坡区域; 使用野外采集的历史滑坡点作为验证数据, 对提取效果进行精度验证, 以探究 SBAS 技术在地形陡峭区滑坡

收稿日期 (Received date): 2016 - 08 - 23; **改回日期** (Accepted date): 2017 - 01 - 21

基金项目 (Foundation item): 2015 年江苏省重点研发计划 (社会发展) 项目 (BE2015704); 中国科技部与欧洲空间局“龙计划”三期项目 (10606); 江苏高校优势学科建设工程资助项目 (164320H116)。[2015 Research and Development Program of Jiangsu (Social Development) (BE2015704); Dragon 3 Project Cooperation between European Space Agency and Ministry of Science and Technology of China (10606); Preponderant Funded Projects of Jiangsu Higher Education Institutions (164320H116)]

作者简介 (Biography): 张诗茹 (1991 -), 女, 江苏淮安人, 硕士研究生, 主要研究方向: 滑坡识别研究。[Zhang Shijia (1991 -), female, born in Huai'an, Jiangsu province, M. Sc. candidate, research on landslide identification mapping] E-mail: 806533840@qq.com

* **通讯作者** (Corresponding author): 蒋建军 (1963 -), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 滑坡识别研究。[Jiang Jianjun (1963 -), male, Ph. D., associate professor, specialized in landslide identification mapping] E-mail: 5427346@qq.com

位置信息提取的有效性。

1 基于 SBAS 技术的潜在滑坡监测与识别方法

1.1 获取雷达视线方向的形变速率

SBAS 技术基本思想是获取 SAR 影像序列在时间、空间基线上的分布,采用自由组合构成干涉对,并利用空间基线阈值法选取短基线干涉对,进一步减弱空间失相关的影响^[16]。本文选取时空基线较小的 ENVISAT SAR 数据,对其进行 SBAS 叠加干涉处理,通过栅矢转换得到区域内形变点,获取地表年平均形变速率这一形变信息。当地表平均形变速率符号为正时,表示地表沿雷达视线朝卫星移动的方向移动;当地表平均形变速率符号为负时,表示地表沿雷达视线朝背向卫星移动的方向移动^[17]。

1.2 获取坡面方向的形变速率

SBAS 技术能探测沿雷达视线方向的形变信息,而滑坡多沿斜坡面进行滑动,使用沿雷达视线方向的形变速率无法有效地表达斜坡面的真实形变情况,因此本文通过雷达视线方向与斜坡坡面的夹角(本文简称为视坡夹角)将雷达视线方向的形变速率转化成坡度方向的形变速率(公式(1)–(3)),以表达斜坡面的地表形变信息(图 1)^[18–19]。

$$V_{SLOPE} = V_{LOS}/C \quad (1)$$

$$C = \cos\beta \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \cos\beta = & (-\sin\alpha\cos\varphi)(-\sin\theta\cos\alpha_s) \\ & + (-\cos\alpha\cos\varphi)(\sin\theta\sin\alpha_s) + \sin\varphi\cos\theta \end{aligned} \quad (3)$$

其中, V_{SLOPE} 代表沿坡度方向的形变速率(mm/year); V_{LOS} 代表沿雷达视线方向的形变速率(mm/year); β 为雷达视线方向与斜坡坡面的夹角,即视坡夹角; φ 为斜坡的坡度; α 为斜坡的坡向; θ 为入射角; α_s 为卫星轨道方向和正北方向的夹角。

1.3 潜在滑坡区域识别

对沿坡度方向的形变点进行筛选分析,去除形变速率异常值或沿斜坡面向上位移的数据,以获取可信度较高的形变点。形变点较为集中的地方有可能发生大范围的地表形变运动,因此,需对形变点在空间上的分布规律进行探究,分析形变点的空间聚集区,提取出潜在滑坡区域^[20]。

密度分析可以将提取到的离散点状信息转化为一个密度表面,用以表达区域内点群的稀疏或密集

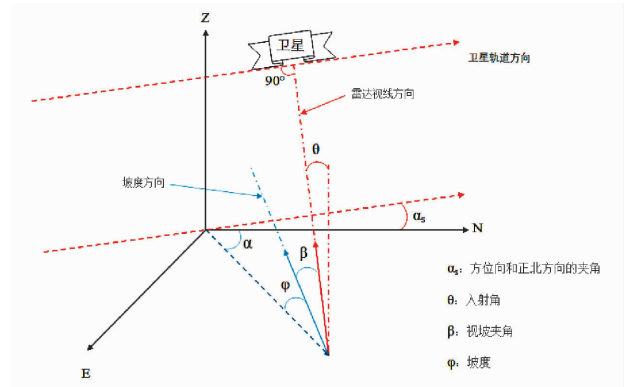


图 1 雷达视线方向和坡度方向几何示意图
(引自文献[18])

Fig. 1 Geometry sketch of the radar sight direction and slope direction (reference [18])

程度^[21]。核密度估计是一种较好的由样本估计总体概率密度函数的方法,通过移动窗口,可计算每个栅格单元中点或者折线的聚集程度。设有 n 个地表形变点,其形变速率 x 的值为: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 则对某一形变点 x 的核密度估计基本表达式为:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (4)$$

其中, $f(x)$ 为聚集程度与形变点 x 形变速率之间关系的概率密度函数; n 为形变点的数量, $h(>0)$ 为窗口大小,决定了核函数的影响范围, $k()$ 为核函数。

通过对形变点聚集度空间进行分析,可以将大量具有显著运动的形变点聚集区转换成可视性良好的潜在滑坡区域,勾勒出潜在滑坡的区域范围。

2 应用案例

2.1 研究区与数据

岷江流域两河口段位于甘肃省陇南市东南部,面积 437.92 km²(图 2),区内水系以岷江为主,是白龙江的主要支流,岷江河道长约 95 km,前后落差可达 1150 m,河道下切严重,河床及两岸不断冲刷,地形起伏较大^[22]。受北温带气候和山地地形效应的影响,水平气候和垂直气候明显,降水集中且多暴雨^[23],流域内山高坡陡,地层结构复杂,岩土体风化强烈,有 1/3 地区被黄土覆盖,是我国滑坡灾害的易发区之一。

本文使用的 SAR 影像数据来自欧空局(European Space Agency, ESA)2002 年发射的对地观测卫星 ENVISAT,所用影像为合成孔径雷达(ASAR)018 轨道数据,时间跨度从 2008 年至 2010

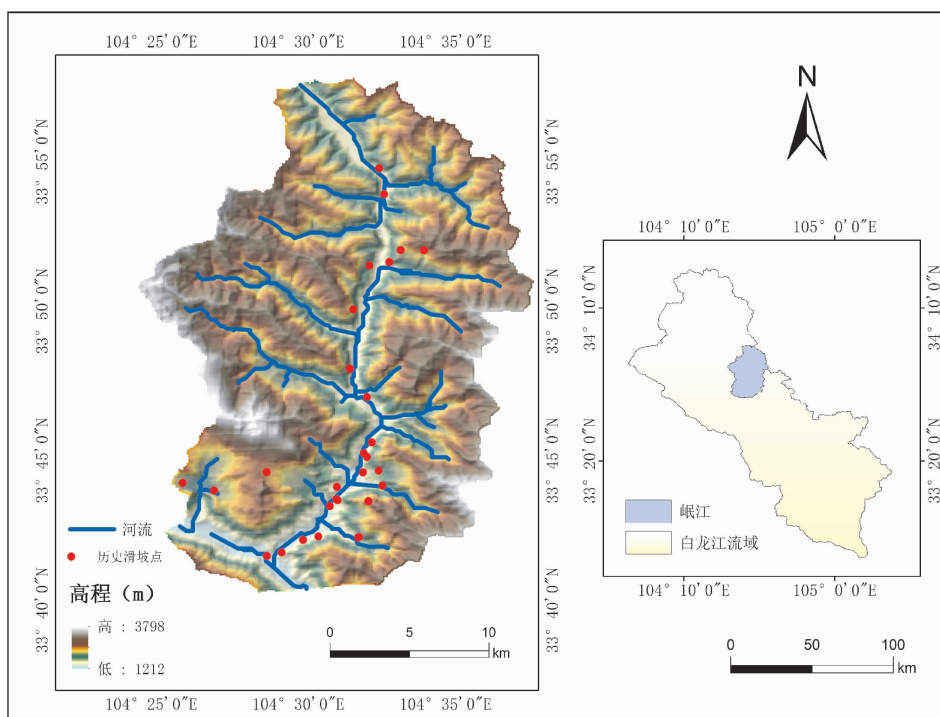


图2 研究区地理位置

Fig. 2 Geographical location of the study area

年,共 22 景,轨道方向为降轨,成像中心入射角为 23° ,极化方式为 VV,方位向和距离向采样间距分别为 3.982 m、7.905 m。本文使用的数字高程模型数据(Digital elevation model, DEM)是由美国国家航空航天局(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)利用干涉合成孔径雷达联合测量获得,其空间分辨率为 90 m。在 ArcGIS10.1 软件中基于 DEM 派生出坡度、坡向数据,用于辅助提取沿斜坡方向的地表形变信息。本研究通过处理中国地质调查局 1992 年实测的 1:10 万历史滑坡泥石流分布图,并野外检核,获得 30 个历史滑坡点,以此验证本文提出的潜在滑坡监测识别方法的有效性^[15]。

2.2 形变点速率获取

本文使用 ENVI 中的 SARscape 模块,对 ENVISAT ASAR 数据进行干涉处理,共生成 121 个干涉像对,得到 22 景数据的平均绝对空间基线为 191.7 m,平均绝对时间基线为 178 天。各像对时空基线的连接方式和可以进行 3D 解缠的像对信息分别如图 3 和图 4 所示。对合成的干涉图重新做相位解缠和精炼,生成优化结果,得到时间序列上的最终形变结果。对最终的形变结果进行地理编码和栅矢转换,获得沿雷达视线方向的地表平均形变速率 (mm/year) 如图 5 所示。

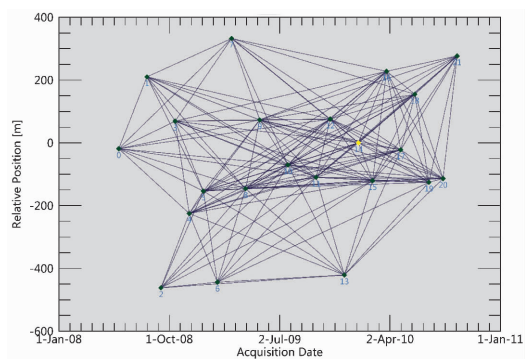


图3 所用影像的时空基线图

Fig. 3 The spatial-temporal baselines of the used images

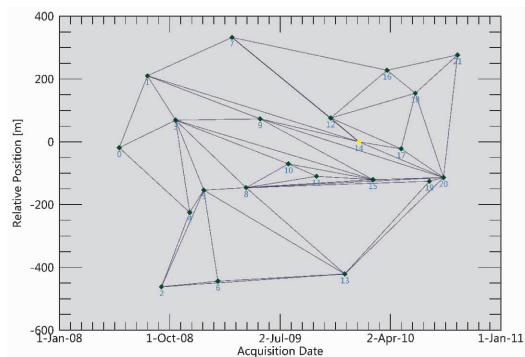


图4 可以进行 3D 解缠的像对信息图

Fig. 4 The pairs used for 3D phase unwrapping

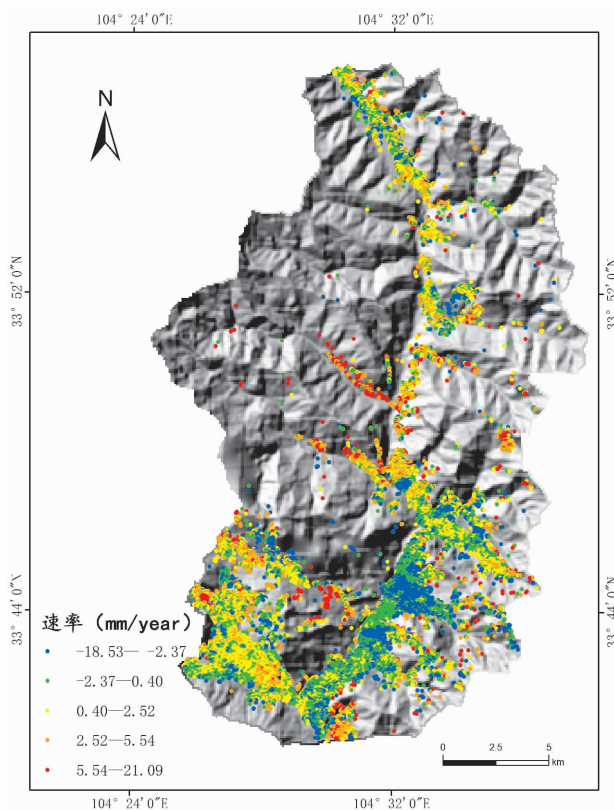


图5 研究区域 2008—2010 年沿雷达视线方向形变速率分布图

Fig. 5 Distribution of the deformation rate along the radar sight direction from 2008 to 2010

根据 SBAS 处理结果,区内共获得 56 184 个形变点,形变速率的值域为 $-18.53 \sim 21.09$ mm/year。根据 SAR 成像规律,形变速率的正负号表示形变点的运动方向,正值表示形变点沿雷达视线方向向靠近传感器的方向移动,负值表示形变点沿雷达视线方向向远离传感器的方向运动;形变速率的绝对值则代表形变速率的大小。本文利用视坡夹角将沿雷达视线方向的形变速率转化成沿斜坡坡度方向的形变速率,以表达沿斜坡面的地表形变信息。

根据 1.2 的计算公式得到形变点沿坡度方向的形变速率。当 β 接近 90° 时, $\cos\beta$ 接近于 0, V_{SLOPE} 趋于无穷大。为了校正 V_{SLOPE} 中出现的绝对值极大的异常值, Herrera 提出以 $\cos\beta = \pm 0.3$ 为固定阈值,即 V_{SLOPE} 不能大于 V_{LOS} 的 3.33 倍。为了避免被夸大,设定当 $-0.3 < C < 0$ 时, $C = -0.3$; 当 $0 < C < 0.3$ 时, $C = 0.3$ ^[25]。当 V_{SLOPE} 的值为负数时,表示滑坡的移动方向沿坡面向下;当 V_{SLOPE} 的值为正数时,表示滑坡的移动方向沿坡面向上,这不符合滑坡体的运动规律,虽然在坡脚可能出现垂直方向上的正向位

移,但水平方向上位移向量的方向仍应与下坡方向保持一致,因此剔除 V_{SLOPE} 为正值的形变点^[26]。岷江流域沿斜坡坡度方向的年平均形变速率 (V_{SLOPE}) 图如图 6 所示。

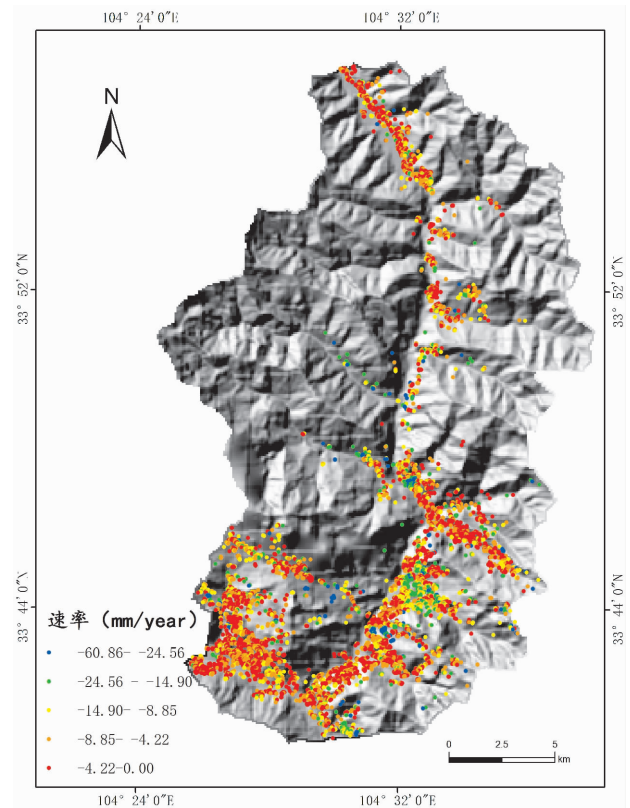


图6 研究区域 2008—2010 年 V_{SLOPE} 图

Fig. 6 V_{SLOPE} demonstrating deformation sites in the study area from 2008 to 2010

3 结果分析与讨论

本文基于 22 景 ENVISAT SAR 影像对岷江流域的地表形变进行监测,将沿雷达视线方向的形变速率转化为沿坡度方向的形变速率,并将沿坡度方向的形变速率作为权重对形变点进行核密度估计,以获取形变点聚集区,作为潜在滑坡区域(图 7)。

图 7 中紫色区域表示研究区内发生形变的地区,绿色区域表示研究区内形变点高聚集区,即潜在滑坡区域。根据历史滑坡点数据对潜在滑坡区域的识别精度进行验证,岷江流域现有的 30 处历史滑坡中有 18 处位于提取的潜在滑坡区中,有 11 处位于发生形变的地区,仅有 1 处位于发生形变区以外。

对以上结果进行分析讨论,探讨影响 SBAS 方法在本研究区中应用精度的原因:

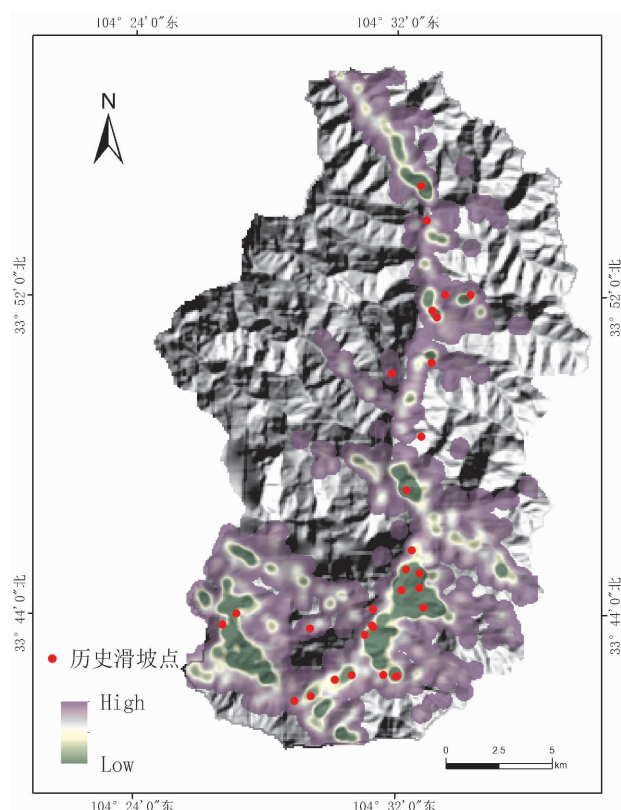


图7 潜在滑坡区域和历史滑坡点空间对比图

Fig. 7 Location comparison diagram of the potential landslide area and the historical landslide sites

(1)历史滑坡存在于提取的发生形变区中:岷江流域现有的30处历史滑坡有18处存在于提取的潜在滑坡区域中,有11处存在于发生形变的地区范围内。这说明基于SBAS技术的潜在滑坡监测与识别方法具有较高的可行性,同时也说明SBAS技术不仅可以探测地表较为平缓的区域,对于监测地势陡峭地区的地表形变也同样适用。

(2)历史滑坡不位于提取的发生形变的区域中:本文使用的SAR影像成像时间为2008至2010年,而用于验证的历史滑坡数据于2008年之前获取,这些历史滑坡是否不会二次发生,下一阶段需要在野外进行检核验证。

(3)提取的发生形变区域中无历史滑坡:由于岷江流域的滑坡识别研究还处在起步阶段,现有的验证数据较少,一些潜在的、形变缓慢的滑坡区域在野外检核时可能未被识别,在后续的研究中,还需收集不同时期的光学影像,结合野外调查资料,对滑坡进行多时相解译,制作滑坡编目图。

4 结论

及时对地表形变进行监测、准确地识别潜在滑坡位置信息,可以有效减少滑坡带来的损失,对地质灾害区域的防灾减灾规划具有重要意义。SBAS作为一种具有较强应用潜力的地表探测技术,在潜在滑坡的监测与识别方面具有较广的应用前景。本文基于SBAS技术,以岷江流域为研究区,探究SBAS技术监测识别潜在滑坡的有效性。研究表明,SBAS技术可以有效监测陡峭区域的地表形变,在识别潜在滑坡方面具有较高的可行性。

参考文献 (References)

- [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, 2015:1-2. [WANG Liwei. Identification of landslide displacement in alpine valley region based on D-InSAR data analysis[D]. University of Science and Technology Beijing, 2015:1-2.]
- [2] 何杨, 赵超英, 张勤. 黄土灌溉区域地面沉降InSAR监测结果分析[J]. 上海国土资源, 2016, 37(1):66-68. [HE Yang, ZHAO Chaoying, ZHANG Qin. InSAR monitoring result analysis of land subsidence in loess irrigation area[J]. Shanghai Land and Resources, 2016, 37(1): 66-68.]
- [3] BERARDINO P, FORNARO G, LANARI R, et al. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms[J]. Geoscience & Remote Sensing IEEE Transactions on, 2002, 40(11):2375-2383.
- [4] FRUNEAU B, ACHACHE J, DELACOURT C. Observation and modelling of the Saint-étienne-de-Tinée landslide using SAR interferometry[J]. Tectonophysics, 1996, 265(3):181-190.
- [5] COLESANTI C, FERRETTI A, PRATI C, et al. Monitoring landslides and tectonic motions with the Permanent Scatterers technique[J]. Engineering Geology, 2003, 68(s 1-2):3-14.
- [6] 廖明生, 唐婧, 王腾, 等. 高分辨率SAR数据在三峡库区滑坡监测中的应用[J]. 中国科学:地球科学, 2012(02):217-229. [LIAO Mingsheng, TANG Jing, WANG Teng, et al. Landslide monitoring with High-resolution SAR data in the three gorges region[J]. Science China Earth Science, 2012(02): 217-229.]
- [7] 钮小坤. 基于SBAS技术在北京地区的地面沉降监测与分析[D]. 首都师范大学, 2013:14-16. [NIU Xiaokun. Monitoring and analysis of land subsidence based on SBAS in Beijing area[D]. Capital Normal University, 2013:14-16.]
- [8] 朱钱洪. 基于SBAS技术的白龙江流域典型区滑坡信息提取研究[D]. 南京师范大学, 2015:22-26. [ZHU Qianhong. Study on the landslide information extraction in Bailongjiang basin using SBAS technique[D]. Nanjing Normal University, 2015:22-26.]
- [9] 范青松, 汤翠莲, 陈于, 等. GPS与InSAR技术在滑坡监测中的应用研究[J]. 测绘科学, 2006, 31(5):60-62. [FAN

- Qingsong, TANG Cuilian, CHEN Yu, et al. Applications of GPS and InSAR in monitoring of landslide studies [J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, **31**(5): 60–62.]
- [10] 单新建, 张国宏. 孕震区震前 D-InSAR 干涉形变场动态演化图像分析[J]. 地震地质, 2006, **28**(3): 441–446. [SHAN Xinjian, ZHANG Guohong. An analysis of dynamic evolution of perseismic interferometric deformation fields in seismic area[J]. Seismology and Geology, 2006, **28**(3): 441–446.]
- [11] 许才军, 林敦灵, 温扬茂. 利用 InSAR 数据的汶川地震形变场提取及分析[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2010, **35**(10): 1138–1142. [XU Caijun, LIN Dunling, WEN Yangmao. Extract and analysis surface deformation caused by Wenchuan Mw 7.9 earthquake from InSAR data [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2010, **35**(10): 1138–1142.]
- [12] 蒋弥, 丁晓利, 李志伟, 等. 用 L 波段和 C 波段 SAR 数据研究汶川地震的同震形变[J]. 大地测量与地球动力学, 2009, **29**(1): 21–26. [JIANG Mi, DING Xiaoli, LI Zhiwei, et al. Study on coseismic deformation of Wenchuan earthquake by use of land L wave and land C wave bands of SAR data[J]. Journal of Geodesy and GeoDynamics, 2009, **29**(1): 21–26.]
- [13] 何平. 时序 InSAR 的误差分析及应用研究[D]. 武汉大学, 2014: 16–17. [HE Ping. Error analysis and surface deformation application of time series InSAR[D]. Wuhan University, 2014: 16–17.]
- [14] 唐桂彬, 李俊锋, 杨爱玲. 小基线集技术在地面沉降监测中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2014(12): 165–168. [TANG Guibing, LI Junfeng, YANG Ailing. The use of SBAS-InSAR technology in ground subsidence monitoring[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2014(12): 165–168.]
- [15] 温浩. 基于 MTI 技术的岷江流域滑坡识别研究[D]. 南京师范大学, 2015: 32–35. [WEN Hao. Study on landslide recognition in Minjiang basin based on MTI technology[D]. Nanjing Normal University, 2015: 32–35.]
- [16] 陈富龙, 林琿, 程世来. 星载雷达干涉测量及时间序列分析的原理、方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 3. [CHEN Fulong, LIN Hui, CHENG Shilai. Principle, Method and application of spaceborne radar interferometry and time series analysis[M]. Beijing: Science Press, 2013: 3.]
- [17] BIANCHINI S, HERRERA G, MATEOS R M, et al. Landslide activity maps generation by means of persistent scatterer interferometry[J]. Remote Sensing, 2013, **5**(12): 6198–6222.
- [18] CASCINI L, FORNARO G, PEDUTO D. Advanced low- and full-resolution D-InSAR map generation for slow-moving landslide analysis at different scales[J]. Engineering Geology, 2010, **112**(1–4): 29–42.
- [19] COLESANTI C, WASOWSKI J. Investigating landslides with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry[J]. Engineering Geology, 2006, **88**(3): 173–199.
- [20] 白春鸿, 程钢, 梁文旭, 等. 山体滑坡地表面形变监测及稳定性分析[J]. 河南城建学院学报, 2013, **22**(2): 24–27. [BAI Chunhong, CHENG Gang, LIANG Wenxu, et al. Analysis of monitoring and stability of landslide surface deformation [J]. Journal of Henan University of Urban Construction, 2013, **22**(2): 24–27.]
- [21] PING Lu, NICOLA Casagli, FILIPPO Catani, et al. Persistent Scatterers Interferometry Hotspot and Cluster Analysis (PSI-HCA) for detection of extremely slow-moving landslides[J]. International Journal of Remote Sensing, 2012, **33**(33): 466–489.
- [22] 杨建清, 彭建平, 李启兰. 试论甘肃省宕昌县中药材产业化发展[J]. 北京农业, 2011(15): 125–126. [YANG Jianqing, PENG Jianping, LI Qilan. The development of traditional chinese medicine industry dangchang county [J]. Beijing Agriculture, 2011(15): 125–126.]
- [23] 张茂省, 黎志恒, 王根龙, 等. 白龙江流域地质灾害特征及勘查思路[J]. 西北地质, 2011, **44**(3): 1–9. [ZHANG Maosheng, LI Zhiheng, WANG Genlong, et al. The geological hazard characteristics and exploration ideas of the Bailong river basin[J]. Northwestern Geology, 2011, **44**(3): 1–9.]
- [24] BIANCHINI S, HERRERA G, MATEOS R M, et al. Landslide activity maps generation by means of Persistent Scatterer Interferometry[J]. Remote Sensing, 2013, **5**(12): 6198–6222.
- [25] HERRERA G, GUTIÉRREZ F, GARCÍA-DAVALILLO J C, et al. Multi-sensor advanced D-InSAR monitoring of very slow landslides: The Tena Valley case study (central Spanish Pyrenees) [J]. Remote Sensing of Environment, 2013, **128**(1): 31–43.

Application of the SBAS Technique in Potential Landslide Identification in the Minjiang Watershed

ZHANG Shijia, JIANG Jianjun^{*}, MIAO Yamin, BAI Shibiao

(*a. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education; b. State Key Laboratory Cultivation Base of Geographical Environment Evolution of Jiangsu Province; c. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information and Resource Development and Application, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China*)

Abstract: Landslide often lead to property damages and severe casualties. Potential landslide monitoring and identifying are crucial approach to reduce or avoid serious geohazards. Previous studies has indicated that the Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) serve as an effective technique for landslide identification and monitoring. However, the application of the InSAR is restricted due to the issues of atmosphere delay, temporal and spatial decorrelation, and so on. In recent years, Small Baseline Subsets (SBAS) technique with prospective applications in surface deformation monitoring has been widely used to obtain tiny and long-time serial change in topographical deformation. In order to identify potential landslide sites in typical steep terrain, in this research SBAS technology was applied to monitor the surface deformation in the Minjiang watershed, the southeast of Longnan City, Gansu Province, where landslides has been prevailing. At first, the deformation rate along the radar sight was obtained based on the SBAS technique but it could not effectively express the true deformation rate along the slope. This is because landslide is usually slid along a slope, and it is transformed into deformation rate along the slope. Nuclear density analysis can transform the deformed area with significant motion into the potential landslide area, so that the potential landslide area in Minjiang watershed was identified by the nuclear density analysis. According to historical landslide data of Minjiang watershed, the identification accuracy of the potential landslide area was verified. The results showed that among the 30 historic landslide points in the Minjiang watershed, 18 points were located in the potential landslide region, and 11 points were located in the deformed zones. This study suggests that the potential landslide identification method based on SBAS technique is a feasible and reliable method to monitor and identify potential landslide.

Keywords: SBAS; InSAR; Minjiang watershed; landslide identification