

卫星 SAR 干涉测量技术的适用性在山区滑坡灾害检测中的应用

——以贵州水城县为例

王一安^a,董杰^a,龚健雅^a,廖明生^b,张路^b

^a 武汉大学遥感信息工程学院, 430079

^b 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 430079

合成孔径雷达干涉测量(InSAR)已被证明是测量滑坡变形的有效方法。然而,InSAR 在滑坡制图中的应用受到了 SAR 几何畸变或植被去相关造成的盲区的限制。提出了一种基于 InSAR 适用性的滑坡探测与测绘方法,该方法不仅可以指导 SAR 数据的选择,还可以对可观测区域进行预判。同时,有助于分析滑坡检测的可靠性,有助于揭示滑坡检测失败的原因。

2019 年 7 月 23 日,鸡场镇滑坡发生在中国贵州省水城县鸡场镇。滑坡造成了 21 所房屋被埋,51 人死亡。如此巨大的灾难引起了广泛关注。事实上,当地政府非常重视地质灾害,特别是滑坡的识别和防治,已经在全省采用卫星 SAR 干涉技术(InSAR)检测潜在的滑坡。然而,在大面积 InSAR 滑坡检测中,鸡场镇滑坡尚未被确定为潜在滑坡。鸡场镇滑坡的探测失败引发了一个疑问:InSAR 卫星是否是在滑坡发生之前识别滑坡的可靠工具?在这里,我们将通过分析 InSAR 在广域滑坡探测中的适用性来尝试回答这个问题。

本研究采用 L-波段的 ALOS-2 PALSAR-2 和 C-波段的 Sentinel-1 数据集进行滑坡探测识别。其中, ALOS-2 PALSAR-2 数据集为 FBD 模式,共 16 景; Sentinel-1 数据集为 IW 宽幅模式,分别有 67 景升轨数据和 69 景降轨数据。

首先利用 DEM、SAR 采集参数和土地覆盖图对能见度、灵敏度和 CT 密度进行先验估计。先验结果包括盲观测区域和弱检测区域可进一步用于 InSAR 滑坡检测和后处理分析。流程图见图 2。通过对 Sentinel-1 在整个贵州省升轨的能见度、灵敏度和 CT 密度进行先验适用性分析。以水城县为例,得到了升轨 Sentinel-1、降轨 Sentinel-1 和升轨 ALOS-2 三种轨道数据的先验适用性。结果表明,先验适用性能量化表征合成孔径雷达在大面积滑坡探测中的适用性。一方面,我们可以确定 InSAR 可观测到的区域。其他滑坡探测技术应该应用于该盲区进行补充调查。另一方面,它可以帮助分析滑坡检测的可靠性,帮助我们判断在发生灾难性滑坡时, InSAR 工程师是否因 InSAR 固有缺陷而免责。

然后,以水城县为例,结合先验适用性进行时序 InSAR 滑坡检测。从 3 个 SAR 数据堆((ALOS-2 PALSAR-2 和升轨/降轨 Sentinel-1(2017 年 4 月至 2019 年 7 月)的结果中,确定了 6 个大型活动滑坡。最后对滑坡检测结果的可靠性进行了分析,揭示了鸡场镇滑坡检测失败的可能原因。3 个数据集的变形速率图显示鸡场镇滑坡没有变形信号(见图 3)。结合先验适用性、InSAR 变形结果和外部数据,揭示了鸡场镇滑坡 InSAR 探测失败的可能原因。先验评估表明升轨影像在可见性、灵敏度和 CT 密度方面均适用于鸡场镇滑坡。考虑到当时的气象条件和光学卫星图像,我们认为道路的施工或养护暴露的地表可能改变了边坡的稳定性,而短期的强降雨触发了鸡场镇滑坡。因此, SAR 卫星无法通过数十天的间歇性重访观测捕捉到鸡场镇此类突发性的滑坡隐患。

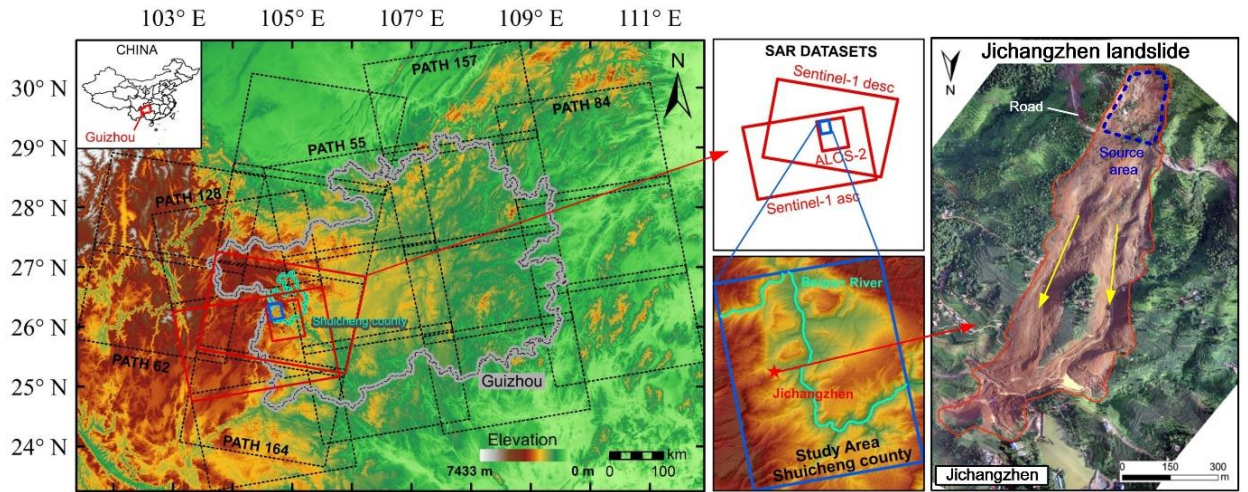


图 1 研究区域概况图及鸡场镇滑坡

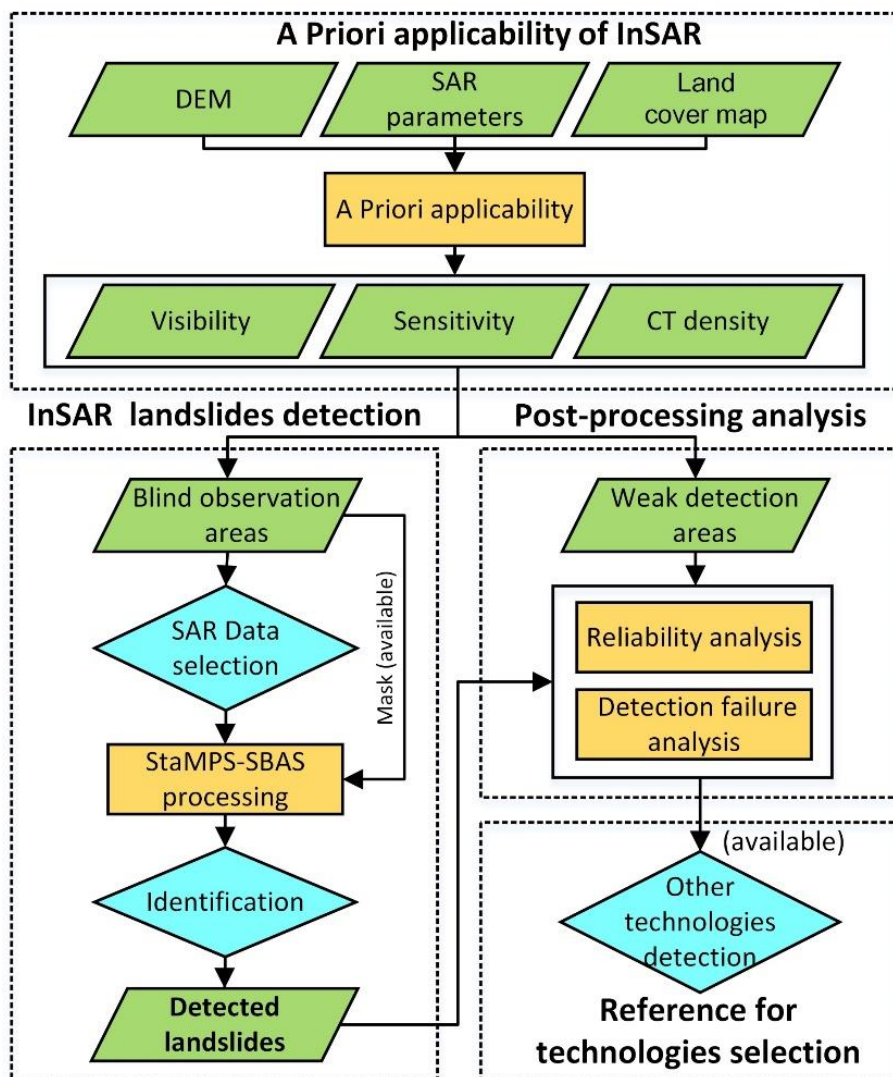


图 2 先验适用性估计辅助滑坡探测流程图

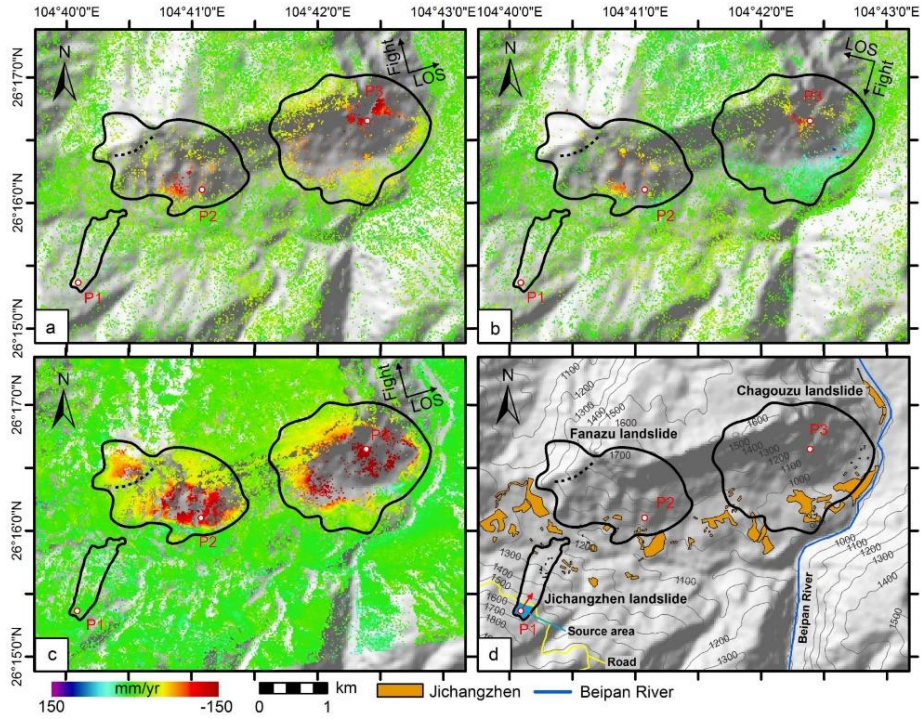


图 3 (a)升轨 Sentinel-1、(b)降轨 Sentinel-1、(c)升轨 ALOS-2 的 LOS 向形变速率图以及地形图(d)

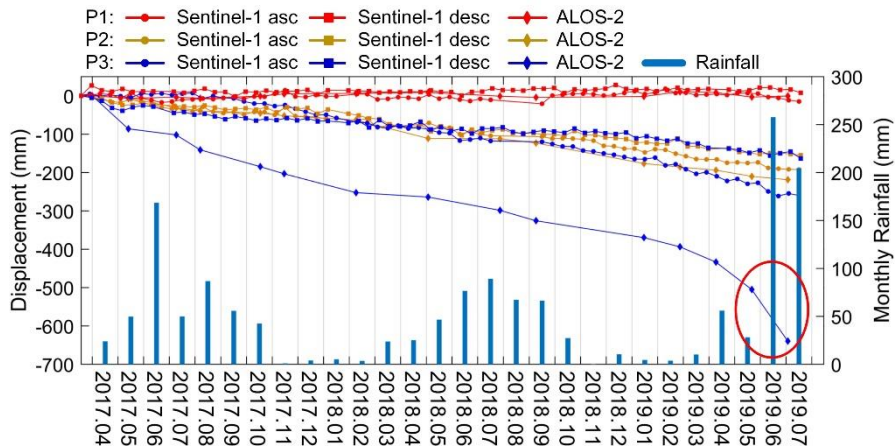
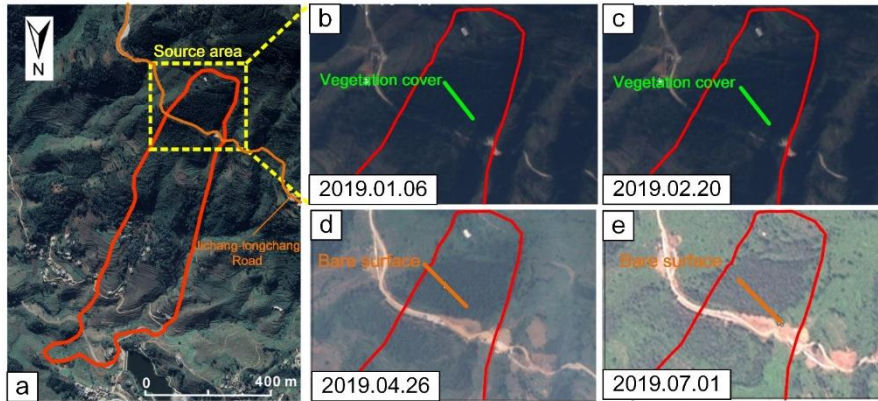


图 4 光学影像及时序 InSAR 形变