



IV CONGRESSO  
NAZIONALE

## Sviluppo di un metodo analitico di fattibilità per l'analisi dei dissesti di versante con interferometria satellitare

Alfredo Rocca<sup>(1)</sup>, Paolo Mazzanti<sup>(1,2,3)</sup>

(1) "Sapienza" Dipartimento di Scienze della Terra Università di Roma, [alfredo.rocca@uniroma1.it](mailto:alfredo.rocca@uniroma1.it)

(2) CERl - "Sapienza" Università di Roma p.za U. Pilozzi, 9, 00038, Valmontone (Roma)

(3) NHAZCA s.r.l. spin-off di "Sapienza" Università di Roma, via Cori snc, 00177, Roma

La più chiara evidenza dell'evoluzione di un versante affetto da condizioni d'instabilità è rappresentata dagli spostamenti. In molti casi, tali fenomeni possono manifestare un comportamento tempo-dipendente noto come "slope-creep". Secondo questo modello il versante presenta un'evoluzione degli spostamenti caratterizzata da una fase accelerativa che porta fino a una condizione di rottura. Alla luce di questo comportamento, il monitoraggio degli spostamenti di un versante rappresenta un elemento di primaria importanza al fine di prevedere il suo momento di rottura [0]. A tal proposito, gli spostamenti superficiali sono sicuramente il parametro più semplice da monitorare e numerose sono le soluzioni tecnologiche che permettono di accedere a questa informazione (metodi geotecnici, geodetici e di telerilevamento). Quasi tutti i metodi di monitoraggio, tuttavia, presentano l'inconveniente, di iniziare un'acquisizione di dati solo in seguito a una specifica installazione di strumentazioni sulla frana stessa (metodi geotecnici e geodetici) o in prossimità di essa (telerilevamento). Questo comporta l'impossibilità di tenere in considerazione l'evoluzione storica di una frana, che in certi casi potrebbe giocare un ruolo fondamentale in ottica previsionale.

L'interferometria SAR (*Synthetic Aperture RADAR*) satellitare rappresenta in tal senso una grande innovazione poiché consente di ottenere dati accurati sull'evoluzione storica di spostamento di versanti dal 1992, anno in cui sono state acquisite le prime immagini SAR grazie alle missioni ERS1, ERS2 seguite dalla missione Envisat, dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Negli archivi dell'ESA, come di altre agenzie, sono quindi presenti grandi quantità di dati SAR satellitari in grado di coprire vaste aree del pianeta consentendo così l'analisi a posteriori e per lunghi intervalli di tempo di spostamenti superficiali del terreno attraverso tecniche di Interferometria SAR (InSAR).

L'uso dell'interferometria per fenomeni a scala locale, ha ricevuto un forte impulso grazie allo sviluppo di tecniche di *stacking interferometry*, (cioè l'uso di dati SAR multitemporali riferiti a una stessa area) grazie alle quali è possibile rimuovere i disturbi creati da effetti atmosferici sul segnale RADAR ottenendo, inoltre, informazioni sulle serie temporali di spostamento (requisito indispensabile per analisi previsionali). Tra le tecniche di *stacking interferometry* si ricordano la *PSI* (*Persistent Scatterers Interferometry*) che si basa sull'analisi di bersagli altamente riflet-

tenti e stabili nel tempo rappresentati da manufatti, edifici o rocce esposte [0] e la tecnica SBAS (*Small Baseline Subset*) che si basa su serie di dati SAR che vengono processate previa selezione delle migliori coppie interferometriche e i cui risultati vengono successivamente sottoposti a un processo di inversione per ottenere le informazioni di spostamento [0]. La tecnica PSI consente di ottenere dati molto accurati per oggetti "puntuali" discretamente distribuiti sul territorio, ma è fortemente vincolata a modelli con comportamento lineare, mentre la tecnica SBAS consente di ottenere informazioni maggiormente distribuite sul territorio, apprezzando anche fenomeni caratterizzati da comportamenti non lineari, pur tuttavia a discapito dell'accuratezza. La migliore soluzione è quindi rappresentata dalla combinazione tra le due tecniche per ottenere un compromesso fra accuratezza, distribuzione spaziale e corretta descrizione del fenomeno [0].

Nell'ambito di un progetto di Dottorato di Ricerca svolto presso il Dipartimento di Scienze della Terra della "Sapienza" Università di Roma è in corso uno studio sulle potenzialità previsionali per l'innescio di frane di grandi dimensioni attraverso l'utilizzo di dati InSAR satellitari. In questo contesto è stato avviato con l'ESA il progetto CAT-1 - ID: 9099 "*Landslide forecasting analysis by displacement time series derived from satellite and terrestrial InSAR data*" (Principal Investigator: Paolo Mazzanti).

L'applicazione delle tecniche interferometriche allo studio delle frane presenta, tuttavia, alcune limitazioni e numerose problematiche che, se non tenute attentamente in considerazione, possono invalidare completamente i risultati delle analisi o addirittura fornire risultati fuorvianti. A partire da queste considerazioni è stato sviluppato un metodo analitico in grado di valutare la fattibilità di uno studio interferometrico in relazione a specifici contesti di frana [0].

Il metodo si basa sia su parametri riferiti alla tecnica InSAR che sulle caratteristiche del fenomeno indagato. Nello specifico, con i primi si valuta la capacità delle tecniche interferometriche di analizzare un determinato fenomeno franoso, mentre con le seconde, si definisce la predisposizione di un dato processo di instabilità di versante, ad essere studiato con interferometria satellitare. Il metodo consente di stimare in modo quantitativo la bontà di un'analisi InSAR in relazione allo specifico fenomeno considerato. Di seguito sono indicati a titolo di esempio alcuni dei pa-

rametri considerati nel metodo: i) presenza di distorsioni geometriche (es.: *foreshortening*, *layover*, *shadowing*); ii) presenza di target con buone caratteristiche di riflettività; iii) numero di immagini SAR disponibili; iv) estensione areale del fenomeno (parametro importante soprattutto per immagini a media risoluzione); v) prevalente direzione di movimento della frana; vi) tassi di spostamento.

È importante sottolineare come il metodo possa essere utilizzato, avvalendosi di dati di base facilmente reperibili in letteratura o sul web, quali modelli digitali del terreno, ortofoto, carte di uso del suolo, inventario dei fenomeni franosi etc. Per il territorio italiano, ad esempio, alcune di essi sono facilmente consultabili sul Portale Cartografico Nazionale gestito dal MATTM (<http://www.pcn.minambiente.it/GN/>).

Una prima applicazione del metodo è stata eseguita su due frane recentemente verificatesi in Italia meridionale. L'analisi è stata condotta considerando uno studio mediante immagini ERS ed Envisat, tuttavia è in corso una genera-

lizzazione del metodo stesso così da contemplare anche dati ad alta risoluzione.

#### **Bibliografia**

Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., Sansosti, E., (2002). A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR Interferograms. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 40 (11), 2375-2383.

Ferretti, A., C. Prati, F., Rocca, (2001). Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 8-20, doi:10.1109/36.898661.

Fukuzono, T. (1985). A new method for predicting the failure time of a slope. *Proc. IV International Conference and Field Workshop on Landslides, Tokyo*.

Lauknes, T.R., Piyush Shanker, A., Dehls, J.F., Zebker, H.A., Henderson, Larsen, Y. (2010). Detailed rockslide mapping in northern Norway with small baseline and persistent scatterer interferometric SAR time series methods. *Remote Sensing of Environment*, 114, (9) 2097-2109.

Mazzanti, P., Rocca, A., Bozzano, F., Cossu, R., Floris, M., (2011). Landslide forecasting analysis by displacement time series derived from satellite InSAR data: preliminary results. *Fringe 2011 workshop. 19 - 23 September 2011. Frascati (RM). (in press)*