

## **LIDAR terrestri e aviotrasportati per il monitoraggio di versanti instabili: limiti e potenzialità in integrazione con altri sistemi di rilievo e controllo**

Alessandro Capra, Eleonora Bertacchini, Cristina Castagnetti, Riccardo Rivola

Università di Modena e Reggio Emilia, DIMeC, Strada Vignolese 905, 41125 Modena (MO)

### **Abstract esteso**

Ad oggi esiste una vasta gamma di tecnologie che permette lo studio e l'indagine del territorio con elevato grado di dettaglio e accuratezza. Sono sempre più frequenti le richieste degli Enti preposti al controllo del territorio e alla gestione del rischio, che esprimono l'esigenza di conoscere in modo approfondito il territorio, nella sua morfologia e nella sua evoluzione nel tempo. Sistemi integrati di monitoraggio costituiti da strumentazione GPS (*Global Positioning System*) e stazione totale per il controllo di versanti instabili sono presenti da diversi anni sul territorio della Regione Emilia Romagna e si sono dimostrati utile strumento alla mitigazione del rischio (Bertacchini et al., 2009). Su versanti che presentano movimenti di una certa entità (superiori a qualche cm/mese), sicuramente questo tipo di strumentazione è consolidata e presenta il vantaggio di essere gestibile da remoto e di poter lavorare in continuo. Quando però le informazioni spazialmente discrete, anche se continue nel tempo non sono più sufficienti allo studio del fenomeno nella sua complessità, le tecniche LIDAR (*LIght Detection And Ranging*) terrestre o aviotrasportata, possono diventare indispensabili (Corsini et al., 2009; Sgrenzaroli, Vassena, 2007).

Attraverso i rilievi aviotrasportati efficaci anche con una certa copertura vegetativa si può realizzare l'inquadramento dell'area. Con i rilievi terrestri, invece, è possibile realizzare scansioni di dettaglio degli elementi di interesse. In particolare, si possono raffittire le scansioni aviotrasportate, laddove meno significative, come su pareti verticali di roccia. Infatti, in questi casi, i punti acquisiti dal LIDAR aereo sono pochi e il DTM (*Digital Terrain Model*) che ne deriva non rispecchia la morfologia dell'area nel migliore dei modi. Con i sistemi Laser Scanner Terrestre (TLS) *very long-range*, con portata fino a 6 km ed in grado di penetrare la vegetazione grazie alla tecnologia *multi-echo*, insieme al LIDAR aereo, la tecnica laser scanning sembra avere tutti i requisiti per essere uno strumento efficace di studio e di monitoraggio del territorio.

La Frana di Collagna (Reggio Emilia, Italia), oggetto di studio nell'ambito di una collaborazione tra Università di Modena e Servizio tecnico di Bacino della Regione Emilia Romagna, sede di Reggio Emilia, ben si presta a questo tipo di studio. La frana, che interessa un intero versante attraversato dalla Strada Nazionale 63 "del Cerreto", è caratterizzata sia da movimenti in terra che da pareti rocciose ed è parzialmente coperta da vegetazione; è oggetto di monitoraggio attraverso sistema continuo, costituito da una stazione totale (TM30 Leica) dal 2009 (Bertacchini et al., 2011a; Bertacchini et al., 2011b). Per inquadrare l'area, ad Aprile 2010 è stato realizzato un volo LIDAR, mentre sono state realizzate tre scansioni di dettaglio nelle zone di maggior interesse, le pareti rocciose, tramite LST (Aprile 2010, Novembre 2010 e Aprile 2011). L'integrazione tra le diverse tecniche (stazione totale, GPS, LIDAR terrestre e aviotrasportato) è sembrata la soluzione ottimale per il monitoraggio dei vari fenomeni che caratterizzano il versante (Figura 1). Non sono da trascurare gli aspetti legati alla precisione e all'accuratezza delle diverse tecniche e ai sistemi di riferimento intrinseci di ogni tipologia di strumentazione. Questi devono essere sempre considerati quando si fanno dialogare le osservazioni o si mettono a confronto i diversi risultati. Quando le osservazioni e le tecniche impiegate sono molteplici è possibile realizzare diversi confronti o

integrazioni. Ad esempio: i rilievi GPS periodici sui punti di controllo della stazione totale (prismi di riferimento e pilastro della stazione totale) e del laser scanner terrestre (target e postazione di misura fissi) hanno permesso di valutarne la stabilità nel tempo e di determinarne le coordinate in un sistema di riferimento assoluto (ETRF - *European Terrestrial Reference Frame- 2000*); tramite i rilievi con stazione totale è stato possibile validare i risultati del confronto tra i diversi rilievi LST; i rilievi laser scanner aereo e terrestre (Aprile 2010) sono stati integrati per fornire un modello digitale del terreno dettagliato e nello stesso tempo per consentire la georeferenziazione delle nuvole di punti.



*Figura 1 – Da sinistra: localizzazione della Frana di Collagna; punto di controllo RIF1 (palo infisso nel terreno con dispositivo a centramento forzato): prisma per stazione totale e target fisso per LST ; punto di controllo RIF1: punto GPS e target fisso LST; nuvola di punti LIDAR (Aprile 2010) dall’integrazione dei rilievi terrestri, in rosso, e aviotrasportato, in verde.*

Non poche sono state le difficoltà riscontrate nel far dialogare i sistemi di riferimento in cui operano i singoli strumenti, ma anche legate all’impiego di tecnologie innovative in condizioni operative non ottimali: elevati angoli di incidenza, vegetazione sparsa, distanze superiori al chilometro, scarsità di superfici utili all’impiego della tecnica ICP (*Iterative Closest Point*), condizioni atmosferiche variabili e diversificate nel tempo e nello spazio, ecc. Grazie alla disponibilità di dati derivati dalla diversa strumentazione, è stato possibile validare i risultati delle diverse tecniche impiegate e nello stesso tempo realizzare molteplici test, da cui sono emersi limiti e potenzialità delle diverse tecniche. Per esempio, integrare LIDAR terrestre e aviotrasportato è risultato utile al fine dell’inquadramento dell’area e per descrivere con maggior dettaglio le pareti verticali dei blocchi rocciosi (Figura 1, immagine di destra). La precisione raggiunta (16 cm), però, non consentirebbe lo studio di movimenti differenziali nel tempo a breve-medio termine, essendo l’entità dei movimenti in gioco dell’ordine dei 20-30 cm/anno. Per questo sono stati poi utilizzati i rilievi LST al fine di fare i confronti nel tempo, avendo raggiunto una maggior precisione nella registrazione delle scansioni realizzate nei diversi periodi (inferiore a 10 cm).

## Bibliografia

- Bertacchini E., Capra A., Castagnetti C., Corsini A. (2011 a), “Atmospheric corrections for topographic monitoring systems in landslides”. *Atti XXV FIG working week 2011. Marrakech*, Marocco, 18-22 Maggio 2011, ISBN 978-87-90907-92-1.
- Bertacchini E., Castagnetti C., Capra A. Rivola R., Corsini A., (2011 b), “Rilievi integrati per il monitoraggio e la gestione dell’instabilità dei versanti”. *Geomatica - le radici del futuro (tributo a Sergio Dequal & Riccardo Galletto)* edited by Ambrogio Manzino and Anna Spalla, pag 89-98, Italy, Edizioni SIFET, ISBN 88-901939-6-4.
- Bertacchini E., Capitani A., Capra A., Castagnetti C., Corsini A., Dubbini M., Ronchetti F., (2009). “Integrated surveying system for landslide monitoring, Valoria Landslide (Appennines of Modena, Italy)”. *Proceedings of FIG Working Week 2009*, ISBN 978-87-90907-73-0.
- Corsini A., Borgatti L., Cervi F., Daehne A., Ronchetti F., Sterzai P., (2009). “Estimating mass-wasting processes in active earth slides – earth flows with time-series of High-Resolution DEMs from photogrammetry and airborne LiDAR”. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9: 433-439.
- Sgrenzaroli M., Vassena G.P.M., (2007), “Tecniche di rilevamento tridimensionale tramite laser scanner”. *Vol 1, Starrylink Editrice Brescia*.