

Integrazione di dati ALS e TLS per la produzione di DTM in zone alpine

Alberto Guarnieri^a, Nicola Milan^a, Francesco Pirotti^a, Paolo Tarolli^b

^a CIRGEO-Centro Interdipartimentale, di Geomatica, Università degli Studi di Padova, cirgeo@unipd.it

^b Dip. TESAF-Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, paolo.tarolli@unipd.it

Sommario

In questa nota si presentano i risultati relativi al calcolo del volume di materiale detritico coinvolto nella riattivazione di una grossa frana verificatasi nel 2004 presso il bacino del Miozza, un'area di circa 10.7 km² situata nella regione alpina della Carnia. La stima del volume di materiale detritico è stata ottenuta attraverso il confronto tra il DTM derivato da un rilievo LiDAR aereo (ALS) effettuato su tale area nel 2003 ed il DTM ottenuto da misure laser scanner terrestre (TLS), eseguite nella primavera del 2008 mediante Riegl LMS-Z620. I risultati ottenuti in questo lavoro dimostrano che attraverso l'integrazione di rilievi LiDAR aerei con misure da laser scanner terrestre è possibile produrre DTM di qualità e dettaglio superiori, benché su aree più ristrette, migliorando localmente le capacità di analisi e modellazione di eventi franosi rispetto a quanto ottenibile con sole misure ALS, operando anche in zone impervie o di difficile accesso.

Abstract

In this paper we present the results related to volumetric analysis of the debris flow involved during the reactivation of a large landslide occurred in 2004 in the Miozza basin, an area of 10.7 km² located in the alpine region of Carnia, north-east of Italy. The estimate of the debris volume has been obtained through the comparison between the DTM derived from an airborne LiDAR (ALS) survey performed in 2003, and the DTM created from terrestrial laser scanning (TLS) data, collected in spring 2008 after the snow-melting period. Achieved results show that the integration between ALS and TLS data allows to produce DTMs of limited extent, with higher quality and level of detail. Such DTMs improve the capabilities for landslides analysis and modeling with respect to the use of LiDAR data only, even in areas providing limited or difficult access to surveying activity.

1. Introduzione

Tra le aree sorgenti di sedimento assumono particolare significato i collassi di versante per instabilità superficiale che interessano prevalentemente i terreni sciolti della copertura eluvio-colluviale, tali dissesti sono particolarmente temibili in quanto passibili di evolvere in colate detritiche incanalate entro le incisioni torrentizie di ordine inferiore, interessando la rete viaria ed abitazioni. L'azione innescante è attribuibile in genere all'elevato afflusso meteorico che si viene ad infiltrare negli strati più superficiali del suolo, non smaltibile altrettanto celermente nelle parti più profonde e meno permeabili o attraverso il substrato roccioso. Il materiale instabilizzato viene successivamente trasferito, almeno in parte, al reticolo idrografico ed alimenta il trasporto solido, influenzando la dinamica temporale della propagazione del sedimento lungo la rete di drenaggio e la morfologia stessa dell'alveo. La possibilità di identificare la maggiore o minore suscettibilità di collasso superficiale nel sistema dei versanti di un bacino idrografico si rivela quindi importante sia al fine di una politica di prevenzione del rischio che per una corretta valutazione del bilancio dei sedimenti a scala di bacino.

2. Area di studio

L'area di studio considerata riguarda il bacino del Miozza situato nel comune di Ovaro, a circa 20 km a Nord-Ovest di Tolmezzo (UD), nella Carnia, regione alpina ai confini con Austria e Slovenia (Fig. 1). Il bacino si estende su una superficie di circa 10.7 km² lungo la quale l'elevazione varia tra 470 m e 2075 m s.l.m., con una media di 1244 m s.l.m. La pendenza presenta un valore medio di circa 33° con un massimo di 77° rilevato nella zona di testata del bacino (Fig. 2). Si tratta di un'area priva di abitazioni; la presenza dell'uomo è limitata alla sola attività silvopastorale. La regione presenta un clima tipico delle Alpi Nord Orientali con brevi periodi di siccità rilevati per lo più durante l'inverno e l'estate e una precipitazione media annuale superiore ai 2000 mm. Si tratta di una delle aree più piovose dell'Italia. Il deflusso durante i mesi di maggio e giugno è dominato dai processi di scioglimento delle nevi. Durante gli eventi meteo più intensi sono comuni fenomeni come le piene improvvise, colate detritiche e processi di instabilità alveo versante. La vegetazione interessa il 94% dell'area di studio e consiste in foresta ad alto fusto (74%), arbusti (10%), e pascolo di alta quota (10%); il rimanente 6% è rappresentato da formazioni rocciose, detrito e frane.

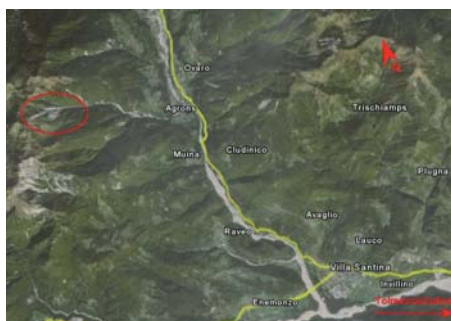


Figura 1: Il bacino del Miozza in Carnia.



Figura 2: Vista dell'area di frana da Nord.

Questo bacino è stato scelto come area di studio in quanto oltre a presentare numerose zone soggette a processi di dissesto superficiale, è anche disponibile un sistema informativo territoriale contenente dati aggiornati sull'uso del suolo, la morfologia, la topografia del luogo ed un database informativo relativo ai dissesti accaduti negli ultimi anni. Inoltre per tale bacino sono stati sviluppate negli anni recenti diverse applicazioni di modellazione idraulica (Tarolli e Tarboton, 2006; Tarolli e Dalla Fontana, 2008). La maggior parte delle aree di dissesto sono localizzate in testata del bacino, in particolare quella più ampia copre da sola un'estensione di 22 ettari (Fig. 2) e costituisce la più attiva e principale sorgente di innesco di colate detritiche che si propagano lungo l'asta principale fin quasi alla sezione di chiusura del bacino.

3. Acquisizione dati LiDAR

Nel 2004 la zona oggetto di studio è stata interessata da molteplici fenomeni di smottamento del pendio che hanno generato diverse colate detritiche lungo l'alveo principale del Rio Miozza, in conseguenza delle quali una considerevole quantità di materiale lapideo ad evidente matrice limo-argillosa ha sommerso l'alveo del torrente per diverse centinaia di metri per effetto dell'acqua derivante dallo scioglimento stagionale delle nevi. Nel Novembre 2003, in un periodo quindi antecedente alla riattivazione del corpo di frana più ampio (Fig. 3), l'intera area era stata monitorata mediante strumentazione LiDAR nell'ambito del progetto INTERREG IIIA Italia-Slovenia. Il rilievo era stato eseguito in condizioni di assenza di copertura nevosa utilizzando un sensore ALTM 3033 OPTECH ed una fotocamera digitale Rollei H20 montati su elicottero, ad una quota di volo media di 1000 m e con una densità media di 2 punti/m², registrando sia il primo che l'ultimo impulso.

Dai dati così ottenuti è stato possibile produrre in ArcGIS un DTM dell'intero bacino su cui è stata successivamente drappeggiata l'ortofoto derivata dalle immagini digitali (Fig. 4).



Figura 3: In rosso la parte sommitaria del corpo di frana principale, interessata dal rilievo laser terrestre.



Figura 4: DTM derivato dal volo LiDAR. Oltre all'area di frana più estesa sono visibili anche zone minori sul lato destro.

4. Pianificazione del rilievo TLS

La presenza di pendii molto ripidi nella zona oggetto di studio e le difficoltà incontrate in precedenti campagne di misura, effettuate allo scopo di acquisire dati pluviometrici e monitorare lo stato attuale del reticolo idrografico del bacino, hanno evidenziato la necessità di una pianificazione del rilievo con il laser scanner terrestre. L'obiettivo principale era quello di individuare, seppure in modo approssimato, le posizioni ottimali per lo stazionamento dello strumento. Sulla base del DTM LiDAR del 2003 è stata quindi condotta un'analisi di visibilità in ArcGIS tenendo conto della morfologia dei versanti, degli aspetti logistici (strade e sentieri di accesso) e delle condizioni di sicurezza (attraverso il raster delle pendenze e fotografie della zona). Questa analisi non solo ha consentito di individuare tre possibili punti di stazionamento (S1, S2, S3 in figura 5) ma ha anche messo in evidenza la necessità di dover eseguire il rilievo con uno strumento TLS in grado di operare su distanze comprese tra 800 m e 1500 m.

5. Acquisizione dati con TLS

La tecnica laser scanner terrestre, sicuramente più vantaggiosa economicamente, non era mai stata utilizzata fino ad ora per un rilievo di simile dimensione e con lunghe distanze di misura, superiori al km. Solo da poco tempo è infatti disponibile in commercio il Riegl-Z620, primo (ed attualmente unico) laser scanner terrestre in grado di offrire una presa dati accurata fino ad una distanza di 2 km, unitamente ad una elevata precisione ed alta velocità di acquisizione dati.

Nel giugno del 2008 l'area di frana di interesse per lo studio in oggetto, estendentesi per circa 650 m in direzione verticale e 130 m in direzione orizzontale, è stata quindi completamente rilevata con il laser scanner Riegl LMS-Z620, integrato da una fotocamera digitale Nikon D200 e da un ricevitore GPS doppia frequenza Topcon Hiper Pro (Fig. 6). Dalla medesima stazione situata nella zona del punto S3, mostrato in figura 5, sono state acquisite alcune scansioni della frana posta ad una distanza variabile tra 800 e 1200 m, utilizzando un passo angolare di 0.03° ($\cong 50$ cm @ 1000 m) ed un campo di vista di $80^\circ \times 70^\circ$ (H x V). Con tali impostazioni è stato possibile rilevare un'area molto più ampia rispetto alla sola parte sommitale del corpo di frana, come mostrato in figura 7.

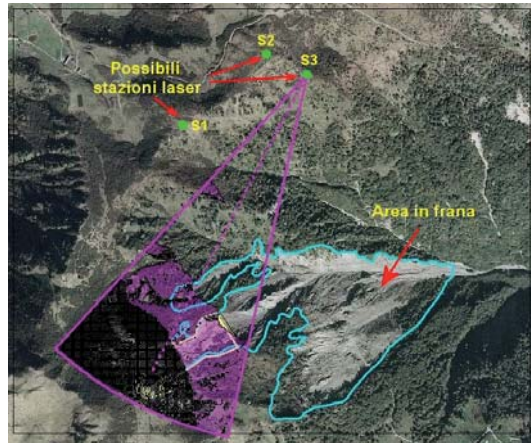


Figura 5: Mapa di visibilità realizzata in ArcGIS sul DTM LiDAR. Si distinguono le posizioni delle possibili stazioni laser terrestre, il perimetro del corpo di frana (in azzurro) e dell'area di interesse, alla sommità della frana (in giallo).



Figura 6: Riegl LMS-Z620 con fotocamera digitale e GPS Topcon in acquisizione. Sullo sfondo è visibile l'area di frana principale.

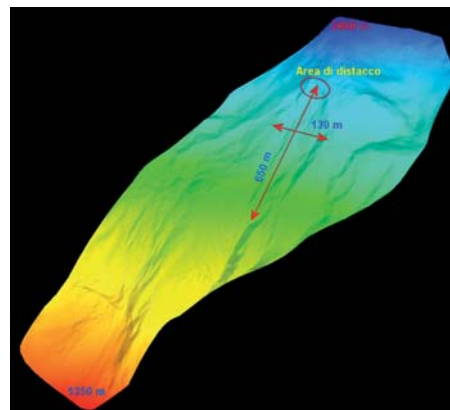


Figura 7: Modello 3D dell'area di frana principale renderizzato in falsi colori in funzione della quota.

Il ricevitore GPS è stato utilizzato per poter georiferire il DTM laser terrestre nello stesso sistema di riferimento del DTM derivato dai dati LiDAR, in questo caso il sistema nazionale Gauss-Boaga. La possibilità di ricorrere per tale scopo ad una serie di target retroriflettenti come punti di controllo a terra (GCP) è stata scartata già nella fase di pianificazione del rilievo in seguito ad un'attenta valutazione della morfologia e dell'acclività del luogo, dei tempi richiesti e della necessità di dover operare in condizioni di massima sicurezza. Si è scelto pertanto di adottare il metodo della georeferenziazione diretta mediante collimazione di un target di orientamento (*backsighting target*) il cui centro è stato opportunamente misurato sia con il laser scanner sia con il GPS. Purtroppo, come evidenziato in (Alba et al., 2005) lo svantaggio di questa modalità operativa è costituito dalla minore precisione ottenibile nelle coordinate delle nuvole di punti acquisite.

Nel corso del rilievo con il Z620 le coordinate della stazione di presa sono state misurate tramite GPS in modalità RTK, impiegando come stazione di riferimento un secondo ricevitore Topcon Hiper Pro posizionato su un punto geodetico ritrovato nelle vicinanze. Poiché di tale punto non erano note le coordinate, due giorni prima del rilievo è stata eseguita un'osservazione statica di circa due ore, definendo una baseline con la stazione permanente di Cercivento (UD) facente parte della rete per il controllo delle deformazioni della Regione Friuli Venezia Giulia, *FReDNet* (*Friuli Regional Deformation network*).

6. Analisi volumetrica

Nella fase di elaborazione dei dati acquisiti si è proceduto dapprima alla rimozione della vegetazione presente nelle scansioni acquisite con il laser terrestre mediante una procedura di filtraggio semi-automatico implementata in RiSCANPRO. Operando sempre all'interno di questo software, la nuvola di punti risultante è stata quindi georiferita sui dati LiDAR del 2003. Allo scopo, onde migliorare la precisione di georeferenziazione ottenibile con il metodo di orientamento su punto noto descritto in precedenza, la co-registrazione tra dati TLS e LiDAR è stata rafforzata sfruttando la procedura di allineamento automatica (Multi-Station-Adjustment) implementata in RiSCANPRO e basata sull'algoritmo ICP (*Iterative Closest Point*). Allo scopo, data l'ampia estensione di versante rilevato con il Riegl Z620 (Fig. 7), sono state utilizzate le zone di sovrapposizione tra la nuvola di punti LiDAR e quella TLS, esterne al corpo di frana principale. Il risultato di questa operazione è mostrato in figura 8, nella quale la nuvola di punti acquisita con il TLS e texturizzata con le immagini della fotocamera digitale Nikon D200, appare correttamente sovrapposta ai dati LiDAR. Successivamente, i DTM ottenuti a partire dalla misure acquisite con le due strumentazioni laser (Riegl Z620 e Optech ALTM 3033) sono stati confrontati tra loro. La comparazione volumetrica ha evidenziato una mobilitazione massiccia di materiale nella parte superiore della frana (circa 221000 m³) ed una parziale deposizione nelle zone inferiori (circa 63000 m³), come mostrato nelle figure 9 e 10. I valori ottenuti sono risultati in accordo con quanto emerso nell'ambito di precedenti studi condotti nella medesima area attraverso il confronto tra DEM derivati però solamente da misure ALS (Massari et al., 2007) acquisite anche in questo caso prima e dopo l'evento franoso.

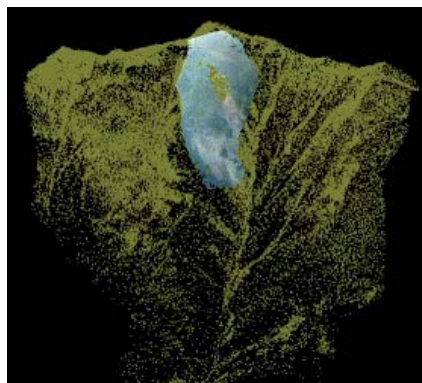


Figura 8: Dati laser scanner terrestre (in azzurro) sovrapposti alla nuvola di punti LiDAR del 2003 (in verde).

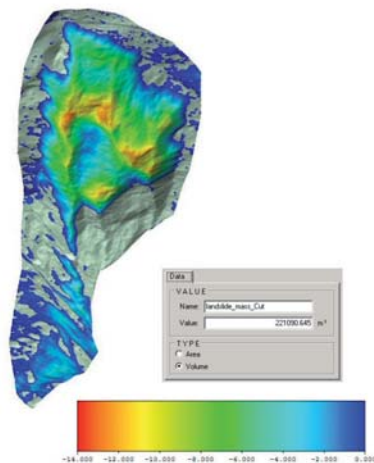


Figura 9: Volume di materiale detritico smobilizzato alla sommità della frana.

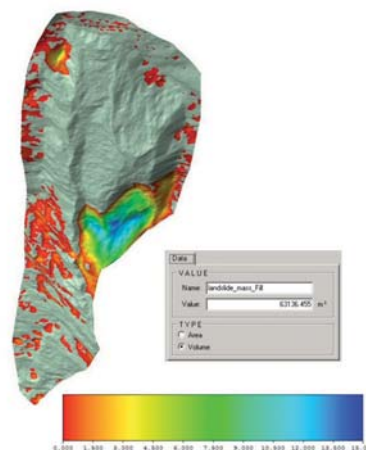


Figura 10: Volume di materiale detritico depositato alla base della frana.

Conclusioni

I risultati ottenuti da queste applicazioni evidenziano le enormi potenzialità dell'utilizzo della tecnologia laser-scanner terrestre per la restituzione di modelli tridimensionali utili al monitoraggio dei pendii soggetti a dissesti idro-geologici. Il lavoro svolto dimostra che attraverso l'integrazione di rilievi LiDAR aerei con misure da laser scanner terrestre è possibile: i) produrre DTM di qualità e dettaglio superiori, benchè su aree più ristrette, migliorando localmente le capacità di analisi e modellazione di eventi franosi rispetto a quanto ottenibile con sole misure ALS, ii) operare in zone impervie o di difficile accesso, acquisendo dati anche in quelle zone dove la morfologia del luogo può impedire un rilievo completo del territorio tramite laser aereo.

La valutazione del laser scanner terrestre come strumento per il monitoraggio e l'analisi degli eventi franosi che interessano il bacino del Miozza non si esaurisce con il lavoro presentato. Si ritiene infatti necessario approfondire in particolare due argomenti: il confronto tra lo studio di bacini montani sulla base di soli dati LiDAR o TLS e la quantificazione dei movimenti franosi attraverso rilievi TLS multitemporali.

Bibliografia

- Alba M., Giussani A., Roncoroni F., Scaioni M. (2005). "Analisi delle precisioni ottenibili nella determinazione di punti con laser scanning terrestre utilizzando la georeferenziazione diretta".
- Massari, G., Paganini, P., Potleca, M., Torresin, M.T. (2007). "Controllo dei dissesti su un bacino montano tramite analisi multitemporale, *Decima Conferenza Italiana Utenti Esri*, Roma.
- Tarolli, P., Dalla Fontana, G. (2008). "High resolution LiDAR-derived DTMs: some applications for the analysis of the headwater basins' morphology", *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36 (5/C55), 297-306, ISSN: 1682-1777.
- Tarolli, P., Tarboton, D.G. (2006). "A New Method for Determination of Most Likely Landslide Initiation Points and the Evaluation of Digital Terrain Model Scale in Terrain Stability Mapping", *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 663-677, ISSN: 1027-5606.
- Guarnieri A., Vettore A. (2006). "Tecniche di registrazione", *Atti del seminario "Sistemi a scansione per l'Architettura e il Territorio"* Firenze, Alinea Editrice, ISBN: 978-88-6055-119-1.