

Il rilevamento di pareti rocciose da mezzo mobile mediante tecniche LiDAR

Paolo Ardissonne (*), Stefano Campus (**), Mattia De Agostino (***),
Andrea Lingua (***), Marco Piras (***)

(*) S.I.R., Via Monte Grappa 6 10145 Torino (TO), 011.0685446 - 011.0685446, paolo.ardissonne@sir.to.it

(**) ARPA Piemonte - Dipartimento Tematico "Geologia & Dissesto". via Pio VII, 9, 10135 Torino
01119680565, 01119680031, stefano.campus@regione.piemonte.it

(***) Politecnico di Torino – DITAG, c.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, 0110907700, 0110907699
(mattia.deagostino, andrea.lingua, marco.piras)@polito.it

Riassunto

La valutazione e la prevenzione dei rischi inerenti i fenomeni naturali è uno degli obiettivi principali perseguito negli ultimi anni dalla comunità scientifica e da coloro che si occupano di gestione dell'ambiente e del territorio. Come già ampiamente descritto negli anni passati, un modo molto efficace per acquisire e memorizzare i dati utili a queste analisi deriva da tecniche LiDAR-fotogrammetriche terrestri opportunamente integrate in prodotti digitali di facile consultazione (immagine solida e ortofoto solida di precisione): queste tecniche hanno dimostrato notevole efficacia nell'applicazione a casi isolati di conclamata importanza o comunque a zone di limitata estensione di volta in volta rilevati in modo indipendente. Nel contributo proposto, gli autori tentano di colmare questa lacuna, mediante un mezzo mobile sperimentale che permetta l'uso estensivo di tecniche LiDAR-fotogrammetriche per il rilievo di pareti rocciose

In questo contributo verranno sottolineati le procedure di rilievo e i risultati ottenuti per una campagna di misura lungo una importante via di comunicazione internazionale (passo del Sempione) in prossimità di Valdivedro. Lo studio è finanziato da Arpa Piemonte e inserito nel progetto INTERREG, *ADAPTALP - Adaptation to Climate Change in the Alpine Space*.

Abstract

Analysis and prevention of natural hazard is one of the main aims of scientific researchers and people who manage the environment and the land. Terrestrial LiDAR and photogrammetric techniques are effective methods to acquire environmental data and to integrate their into digital products (i.e. solid images and solid true orthophotos). These techniques have demonstrated remarkable effectiveness in many spot cases or when the interested area is limited. In this research, the authors try to use a mobile vehicle, in order to have an extensive use of LiDAR-photogrammetric techniques for the relief of cliffs. In this paper procedures and significant results obtained during measurement campaign on a major route for international communication (Simplon Pass) near Valdivedro are highlighted. The study is financed by ARPA Piemonte and it is included in the project INTERREG ADAPTALP - Adaptation to Climate Change in the Alpine Space.

Introduzione

In questi ultimi il nostro Paese è stato sempre più sottoposto a catastrofi naturali, di cui una parte dovute allo sfruttamento intensivo del territorio, alla scarsa opera di prevenzione e all'incuria degli enti preposti. Nel contempo, da diversi anni la prevenzione dei fenomeni naturali è diventato uno degli obiettivi principali perseguito dalla comunità scientifica e da coloro che si occupano di gestione dell'ambiente e del territorio. La Geomatica, come già dimostrato in varie occasioni, può fornire diversi strumenti, ad esempio per la prevenzione dei disastri idrogeologici, ove l'analisi storica degli

effetti in Italia pone in evidenza come il numero di danni sia in costante aumento proprio a causa dell'ampliamento delle aree urbanizzate e/o utilizzate da infrastrutture viarie o da altre costruzioni artificiali. Per esempio, un modo molto efficace per acquisire e memorizzare i dati utili a queste analisi deriva da tecniche *LiDAR*-fotogrammetriche opportunamente integrate in prodotti digitali di facile consultazione (immagine solida e ortofoto solida di precisione).

In particolare, la definizione di metodi di valutazione della stabilità di pareti rocciose fratturate e la relativa valutazione del rischio associato alle reti viarie di collegamento transfrontaliero divengono essenziali in zona alpina e richiedono analisi dettagliate basate su dati geometrici e fotografici densi. Nello studio eseguito, si è utilizzato un mezzo mobile integrato realizzato presso il Politecnico di Torino – DITAG, in modo da ottenere la georeferenziazione diretta di acquisizioni *LiDAR* e delle prese fotogrammetriche, in seguito ad una opportuna calibrazione eseguita su poligono di calibrazione. Le modalità di utilizzo possono sfruttare sia la tecnica stop-and-go con acquisizioni ad alta risoluzione quando il mezzo è fermo sia la modalità dinamica con acquisizioni meno dense ma tempi di rilievo molto più rapidi.

In questo contributo verranno descritte le procedure di rilievo e i primi risultati ottenuti per una campagna di misura lungo una importante via di comunicazione internazionale (passo del Sempione) in prossimità di Valdivedro. Lo studio è finanziato da Arpa Piemonte e inserito nel progetto INTERREG, *ADAPTALP - Adaptation to Climate Change in the Alpine Space*.

Descrizione del progetto

Il Comitato di Programma Alpine Space II ha approvato il progetto *ADAPTALP - Adaptation to Climate Change in the Alpine Space*, al quale Arpa Piemonte partecipa come partner ufficiale, attraverso il Centro Regionale per le Ricerche Geologiche e Territoriali.

Il progetto si propone di migliorare la comunicazione, sia tra i partner sia all'esterno, verso soggetti di natura tecnica e non, riguardo le implicazioni che i cambiamenti climatici hanno sul cosiddetto rischio idrogeologico in ambiente alpino. Saranno analizzati ed applicati differenti metodi per la valutazione di pericolosità e rischio dovuti ai pericoli naturali, quali frane e attività torrentizia e fluviale. Arpa Piemonte partecipa alle azioni 5 (*Hazard Mapping*) e 6 (*Risk Prevention and Management*) e la durata del progetto è di 36 mesi, dal 01/09/2008 al 31/08/2011.

Arpa Piemonte ha affidato al Politecnico di Torino l'esecuzione del programma di ricerca e collaborazione entro il Programma di Cooperazione Territoriale Alpine Space II 2007 - 2013 Progetto *ADAPTALP*, inerente i temi del rilevamento *LiDAR* da autoveicolo.



Figura 1 – Zona test e posizioni di scansione pianificate.

Descrizione zona test

Per effettuare il test è stato scelto il tratto di strada statale E62 del Sempione, in particolare da Trasquera sino al valico della vecchia frontiera italo-svizzera, come descritto in figura 1. La zona è stata scelta in quanto compresa nel progetto ed esistevano due precedenti rilievi di una parte di questa zona sempre eseguito con tecniche *LiDAR*.

Sul tracciato, che misura complessivamente 6 km, sono stati materializzati 24 posizioni di scansione distanti circa 250 m, dai quali effettuare le singole scansioni.

Il sistema integrato

Il rilievo è stato eseguito utilizzando il nuovo laser scanner terrestre della Riegl modello VZ 400, che ha le seguenti caratteristiche:

	<i>Modalità lunga distanza</i>	<i>Modalità alta velocità</i>
Laser PRR (peak)	100 KHz	300 KHz
Rate di misure effettive	42000 misure/s	122000 misure/s
Massima distanza (90% - 20%)	600 – 280 m	350 – 160 m
Accuratezza	5 mm	5 mm
Precisione	3 mm	3 mm
Velocità angolare di scansione	1.8 arcsec	

Tabella 1 – Prestazioni RieglVZ400.

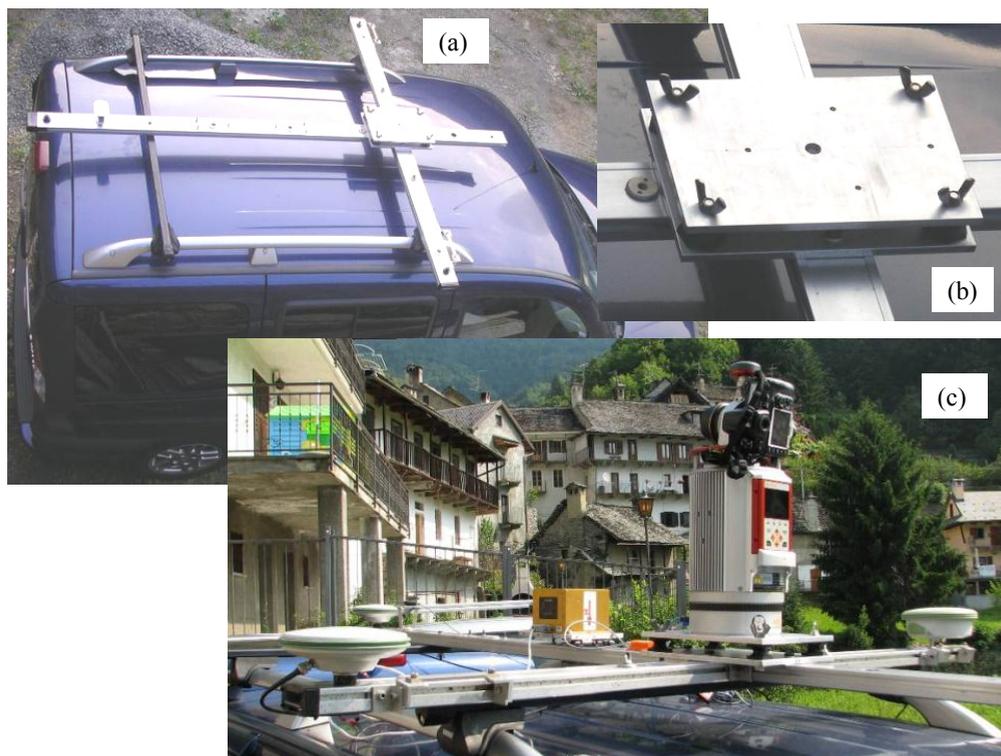


Figura 2 –Il telaio di sostegno (a), un dettaglio del sostegno ammortizzato del LiDAR (b) e il sistema completo con i vari sensori (c).

Al *laser scanner* è stata abbinata una fotocamera digitale Nikon D700 con ottica Nikkor - focale 14mm, per acquisire i dati fotogrammetrici. Il rilievo è stato eseguito con un particolare veicolo strumentato al posto che il tradizionale treppiede di supporto, in quanto la numerosità di zone da rilevare e l'ostilità del tracciato (presenza di traffico pesante, curve, etc) ne impedivamo l'utilizzo.

Il veicolo è stato dotato di una piattaforma strumentata in alluminio adattabile a qualsiasi veicolo terrestre (figura 2), progettata e realizzata presso il Politecnico di Torino – DITAG come evoluzione della precedente versione (Piras et al., 2008). La piattaforma è composta da:

- 3 ricevitori GNSS Leica 1200;
- 1 IMU Xbow 700 CA;
- 1 IMU Xsens MTi;
- 1 webcam Logitech Quickcam 9000 pro ;
- 1 laser scanner RieglVZ 400 + Nikon D700.

La strumentazione installata a bordo risulta ridondante al solo fine del rilievo, ma risulta necessaria in questa fase di test, per verificare, controllare e calibrare il sistema utilizzato.



Figura 3 – Stazione GPS master.



Figura 4 – Veicolo in fase di rilievo.

Calibrazione del sistema

Ogni sensore (*GNSS*, *IMU*, *Laser scanner*) lavora in un proprio sistema di coordinate ed è collocato sulla piattaforma in una ben definita posizione. Al fine di legare tutti i sensori allo stesso sistema di coordinate solidale con il telaio di sostegno (sistema *body*, SB), è stata necessaria una calibrazione del veicolo strumentato, mediante un ausilio di un poligono di calibrazione.

In particolare:

- in officina sono stati misurati i “*level arm*” tra i diversi sensori, in maniera da definire la loro posizione nel SB;
- è stato definito un poligono (figura 5a) realizzato con “*marker*” riflettenti (figura 5b) ed alcuni prismi collocati su basetta (figura 5c) posti su treppiede e a terra (figura 5) ed è stato rilevato mediante stazione totale in un sistema di coordinate locale di calibrazione (sistema poligono, SP);
- in modo analogo (figura 5d) sono state definite anche le posizioni dei 3 ricevitori GPS per legare il poligono di calibrazione alla posizione del telaio e quindi dei vari sensori su di esso collocati;

è stata effettuata una scansione *LiDAR* (figura 5d) di dettaglio a giro d'orizzonte che ha permesso di determinare la posizione dei marker nel sistema scanner, definirne la sua posizione e il suo orientamento nel SP e quindi nel SB, stabilire la posizione della camera rispetto al sistema di scansione.

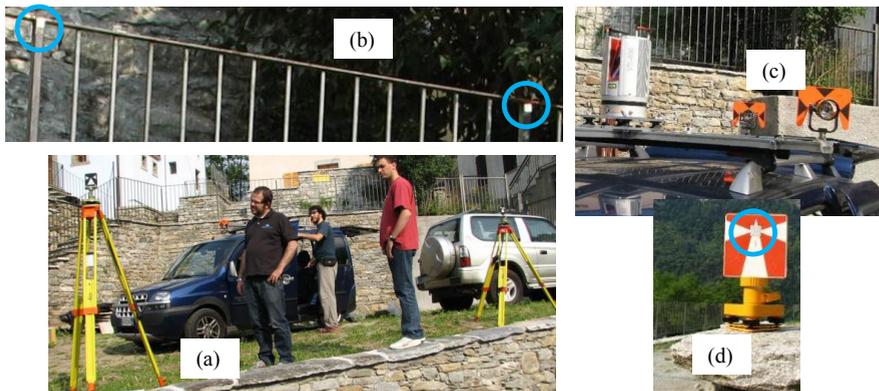


Figura 5 – Il poligono di calibrazione (a), un ingrandimento dei marker catarifrangenti (b) e (d) e i prismi posti nelle posizioni delle antenne GPS (c).

In questo modo è stato possibile determinare le relazioni di trasformazione per il passaggio tra i vari sistemi di coordinate strumentale e il SB.

La fase di rilievo e la determinazione di posizione e assetto

Al fine di determinare una soluzione GNSS in post-elaborazione, si è collocata un ricevitore master (Topcon Hyper pro) in località Varzo (figura 3), del quale sono state stimate le coordinate in IGS05, utilizzando due stazioni permanenti presenti in quell'area, ed effettuando una compensazioni a basi indipendenti.

Il rilievo impostato in modalità *stop-and-go* è stato svolto percorrendo la strada statale E62 del Sempione, sostando su ognuno dei 24 stazioni, per circa 15 minuti, tempo sufficiente per effettuare una scansione laser a 360° di orizzonte e lo scatto di tutte le fotografie. Inoltre tale tempo, consentiva anche una corretta durata per effettuare un posizionamento statico tra veicolo e master, vista la ridotta distanza della *baseline*. Nella figura 4 si può notare il veicolo attrezzato durante la fase di rilevamento.

Trattamento dei dati e primi risultati

La posizione e l'assetto del veicolo su ogni vertice è stato stimato, con approccio integrato GNSS/IMU, mediante un software sviluppato dagli autori (De Agostino et al., 2009), per compensare eventuali periodi lunghi di *cycle slip*. In realtà, in nessuno dei siti è stata rilevata una configurazione satellitare scadente, quindi è stato sufficiente effettuare il cosiddetto "accoppiamento lasco" al fine di ottenere la soluzione di navigazione.

Le soluzioni di posizione GNSS sono state stimate mediante l'utilizzo del software LGO, e da queste sono stati ricavati gli assetti, al fine di confrontarli con quelli definiti con i sensori inerziali.

Mediante le informazioni di navigazione (posizione e assetto del veicolo) e i parametri di calibrazione è stato possibile georeferenziare le 24 scansioni e le relative immagini solide generate. Si riportano alcuni esempi di nuvole di punti georiferite ottenute in questo test, in particolare quello relativo alla partenza del veicolo e alla zona in prossimità del confine italo-svizzero (figura 6).

I singoli modelli tridimensionali possono essere caricati nel software SirIO per realizzare le immagini solide (Bornaz, Dequal, 2003) al fine di effettuare misure di tipo geomorfologico (Bornaz et al., 2007, Campus et al., 2008), l'individuazione delle opere di protezione, la valutazione del loro stato di manutenzione, ecc



Figura 6 – Esempi di scansione.

Conclusioni

Dai primi risultati ottenuti, non ancora completi ed esaustivi di tutto il lavoro svolto, è possibile affermare che l'applicazione speditiva ed estensiva delle tecniche *LiDAR* terrestri integrate con sistemi fotogrammetrici e navigazionali permette di ricavare, in poco tempo (una giornata di rilievo per 6 km di strada) un insieme di informazioni spaziali georeferenziate che descrivono una via di comunicazione e specialmente tutti gli oggetti che la circondano (manufatti, edifici, pareti rocciose, ecc.). Le prime analisi hanno dimostrato la presenza di numerosi e utili dati tridimensionali inerenti le pareti rocciose sui lati della strada percorsa. In relazione agli ostacoli presenti, sono state riscontrate anche alcune zone d'ombra in alcune nuvole di punti, in particolare legate alla presenza di vegetazione di alto fusto, di edifici adiacenti la strada ed altri ostacoli (muri di sostegno, ecc.), che potrebbero essere integrate con appositi rilievi di completamento.

Bibliografia

- Cina A., De Agostino M., Piras M. (2009), "A full-state low-cost GNSS/INS system for Mobile Mapping Applications, In: Proceedings of the 6th Symposium on Mobile Mapping Technologies, 6th Symposium on Mobile Mapping Technologies, Presidente Prudente (BRA)
- De Agostino M., Manzino A., Piras M. (2009), Sviluppo ed analisi di differenti algoritmi di integrazione di sensori GNSS/INS di basso costo per la navigazione terrestre, In: Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA, ASITA 2009, Bari, 873-878
- Piras M., Cina A., Lingua A. (2008), "Low cost mobile mapping systems: an Italian experience", Omnipress, IEEE/PLANS 08, Monterey, CA-USA 5-8 May 2008, 1033-1045
- Campus S., Castelli M., Ligorio S., Lingua A., Biasion A., Bornaz L. (2008), "Analisi tramite LiDAR", in Progetto n. 165 PROVIALP - Protezione della Viabilità alpina, rapporto finale, ed. ARPA Piemonte
- Bornaz L., Rinaudo F., Lingua A. (2007), "l'utilizzo delle tecniche LiDAR nel monitoraggio ambientale", in atti Convegno Nazionale SIFET "Dal rilevamento ai data base topografici"
- Bornaz, L., Dequal, S. (2003), "The solid image: A new concept and its applications", In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 34, Part 6/W12.