

Tecniche geomatiche per lo studio dell'assetto Geo-Morfo-Strutturale della Val Veny (Courmayeur, AO)

Luigi Perotti, Marco Bacenetti, Paolo Zamparutti, Marco Giardino

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino
Via Valperga Caluso 35, Torino, (luigi.perotti, marco.giardino)@unito.it

Riassunto

Il presente lavoro è rivolto alla comprensione dei processi geomorfologici di ambiente periglaciale antichi ed attuali della Val Veny (Courmayeur, AO) e la loro interazione con l'assetto morfo-strutturale attraverso tecniche geomatiche. La ricchezza della letteratura scientifica sull'area indagata ha permesso fin da subito di discriminare i settori con minor copertura di dati in modo da indirizzare le attività di rilevamento di terreno al fine di colmare tale deficit.

La prima fase del lavoro ha previsto l'utilizzo di un pocket-PC con ricevitore GNSS integrato, dotato di software mobile-GIS; in questo modo si è potuto fin da subito inserire i dati all'interno di un geodatabase ed ottenere una carta in ambiente GIS.

Considerato il contesto alpino in cui si è operato, sono stati orientati dei modelli stereoscopici dell'area a partire dai voli '97 e '03 (accuratezza di circa 4m) al fine di facilitare la cartografia degli elementi geomorfologici di difficile accesso. A supporto di tale attività è stato pure utilizzato il volo LiDAR '08 RAVA e i suoi prodotti morfometrici derivati (hillshade, slope, aspect). Sono così stati individuate due aree di particolare interesse geotematico: le nicchie di distacco presenti sul versante meridionale del Mt. Rouge de Peuterey e il bacino glaciale del Miage. Per quanto riguarda la dinamica dei versanti è stato utilizzato il software Coltop 3D, con il quale è stato possibile eseguire analisi di stabilità mediante il test di Markland. Tramite lo stesso software si sono potute discriminare, mediante un lavoro di back analysis, le principali zone soggette a potenziali distacchi gravitativi. Per quanto riguarda lo studio dell'area del Miage sono state portate a termine analisi fotogrammetriche terrestri e l'analisi di immagini multi e iperspettrali.

L'elaborazione dei dati, ha permesso di ottenere 3 layer geotematici: a) geomorfologico, contenente le informazioni riguardanti le forme del paesaggio b) morfostrutturale, relativo all'evoluzione dell'assetto vallivo c) copertura del detrito del Ghiacciaio del Miage che ha permesso un'analisi multitemporale dello stesso.

Abstract

The research is devoted to the analysis of present and past geomorphologic processes in the periglacial environment of the Veny valley (Courmayeur, Ao) and to the study of their interaction with the morfo-structural setting by using geomatics techniques. Within this area, previously studied sectors with large quantities of data have been integrated and compared by detailed research conducted within sectors of scarce pre-existing field data.

First, the field data have been collected using pocket-PC and integrated GPS equipped by a mobile-GIS (ArcGIS ESRI) in order to create a geodatabase and detailed maps. Considering the alpine setting of the area, stereoscopic models from the '97 and '03 flights with a 4 m precision were build to map geomorphological features in inaccessible sectors. Contemporaneously, to support these data, LiDAR '08 images were processed to include hillshade, slope, and aspect maps.

Two areas of high geomatic and geomorphological interests were individuated: the potential failure surfaces of the Mont Rouge de Peuterey and the Miage glacial basin. Using the Coltop 3D software,

kinematic analysis of the data were performed through the Markland test. The software also allowed the determination of main areas of potential gravitational instabilities, through back-analysis. Analysis of hyperspectral MIVIS '99 images allowed to classify the debris cover of the Miage glacier and to detect the potential rock instability of the valley slopes, by using the Principal Component Analysis (PCA). On the same slopes, close range photogrammetry was performed to measure joints settings.

Data interpretation yielded to obtain three geomathematic layers: a) geomorphology, with mapped landforms; b) morpho-structure, concerning the structural evolution of slopes; c) debris cover of the Miage glacier, for the multitemporal analysis. In the perspective of a safe analysis of stability conditions in mountainous areas, the remote sensing technologies applied in this project showed to be more affordable than the usual field-based approach.

Introduzione

Nell'arco alpino nord-occidentale il ritiro delle masse glaciali verificatosi durante gli ultimi anni ha avuto considerevoli effetti di tipo geomorfologico sulle forme del paesaggio e sui processi morfodinamici. In questo contesto, l'integrazione tra i rilevamenti di tipo tradizionale e le innovative tecniche geomatiche fornisce un contributo significativo (sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo) per la caratterizzazione dei fattori che controllano la stabilità dei versanti.

Geologia dell'area

L'area di studio è localizzata nel versante italiano del Massiccio del Monte Bianco (Alpi nord-occidentali), il gruppo montuoso più elevato dell'arco alpino, con una serie di cime che superano i quattromila metri di quota; l'estensione areale è di circa 350 Km² (Fig 1).

Dal punto di vista geologico, l'area di studio include due principali domini alpini: l'*Elvetico* – *Ultraelvetico* (Monte Bianco e sue coperture; rocce granitiche e scisti argilloso – carbonatici) e il dominio Pennidico (zona di *Sion* – *Courmayeur*; rocce di tipo quarzítico, dolomitico, calcaree, brecce e scisti; Perello et al. 1999). L'assetto strutturale è caratterizzato da una serie di unità immergenti a NW separate sia da faglie di età Varisica (N°20) che da faglie Alpine (N°45) caratterizzate da considerevoli zone milonitiche. A causa della continua collisione tra la placca Europea e quella Africana (Adriatica) e di fenomeni isostatici, il Massiccio risulta attualmente in continuo sollevamento, mediamente di alcuni mm/a (Lemoine et al., 2000).

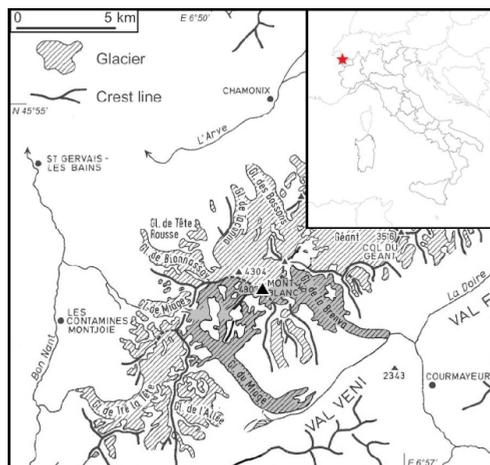


Figura 1 – Localizzazione area di studio (Deline, 2009 modificato).

METODI

Pocket PC and Mobile GIS

Semplicità, precisione e rapidità nel rilevamento di terreno sono le caratteristiche di un pocket PC con antenna GPS integrata equipaggiato con un software mobile-GIS. Tale sistema permette di georiferire in tempo reale le informazioni di terreno e raccoglierle direttamente in un geodatabase; l'accuratezza del posizionamento delle forme riportate in scala 1:10.000 è resa possibile dal GPS di codice intergrato all'interno del palmare.

A supporto della raccolta dati sul terreno è stata utilizzata un'apposita toolbars "SRG2" (Perotti, 2007) sviluppata in ambiente ArcPad (ESRI), la quale prevede l'utilizzo di schede di rilevamento per elementi sia di tipo geologico che di tipo geomorfologico (Fig. 2).



Figura 2 – Esempio di pocket-PC e di toolbar SRG2 (Supporto al rilevamento Geologico e Geomorfologico) per il lavoro sul terreno.

Fotogrammetria aerea

Sono stati acquisiti con scanner fotogrammetrico alcuni fotogrammi di voli aerei della Regione Autonoma Valle d'Aosta (RAVA 1997 e Ghiacciai 2003), ad una risoluzione di 700 DPI con deformazione nell'ordine degli 80-120 micron, corrispondenti a circa 1 metro sul terreno. Attraverso la suite LPS sono quindi stati costruiti i modelli stereoscopici (Fig. 3) effettuando per ogni fotogramma prima l'orientamento interno e in seguito quello esterno. L'orientamento interno prevede utilizzo dei dati di costruzione e presa della fotocamera contenuti nel certificato di calibrazione precedentemente reperito ed il riconoscimento delle marche fiduciali direttamente sul fotogramma. Questa operazione è stata svolta mantenendo un RMSE (*Root Mean Square Error*) massimo al di sotto dei 4 pixel e medio al di sotto di 1 pixel, corrispondente a 20 cm sul terreno. Dopo aver ricreato il fascio proiettivo con l'orientamento interno è stato necessario orientare i fotogrammi nello spazio reale attraverso l'orientamento esterno. Per la creazione del modello e l'orientazione planimetrica 70 GCPs (*Ground Control Points*) sono stati riconosciuti su cartografia

CTR ufficiale, i valori di quota sono invece stati ottenuti dal DTM della Regione Valle d'Aosta con passo 10 m. Per verificare la qualità del modello prodotto sono stati aggiunti 12 *Check Points*. Considerata la bontà della georeferenziazione ottenuta la scala di lavoro media è stata 1:7.500.

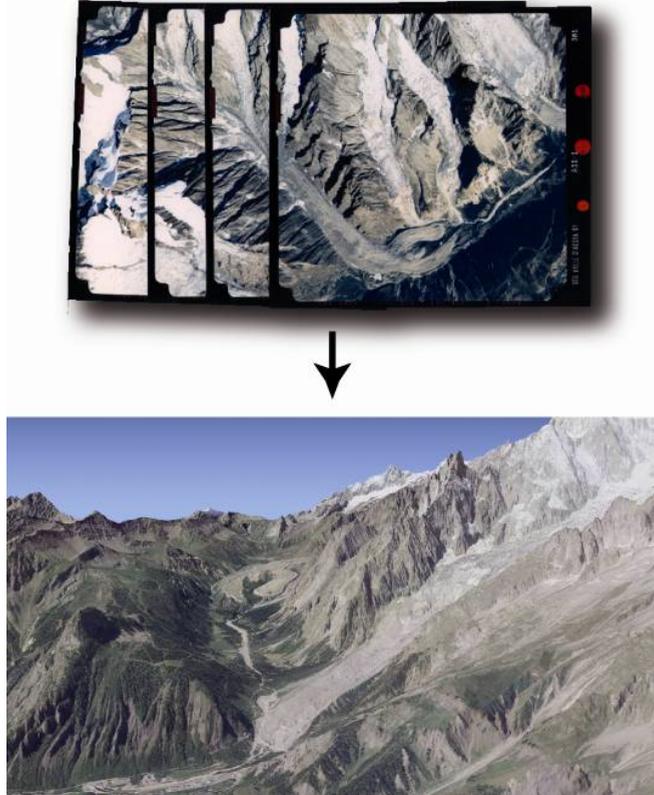


Figura 3 – Modello 3D del settore meridionale del Massiccio del Monte Bianco con al centro la Val Vény.

Fotogrammetria terrestre

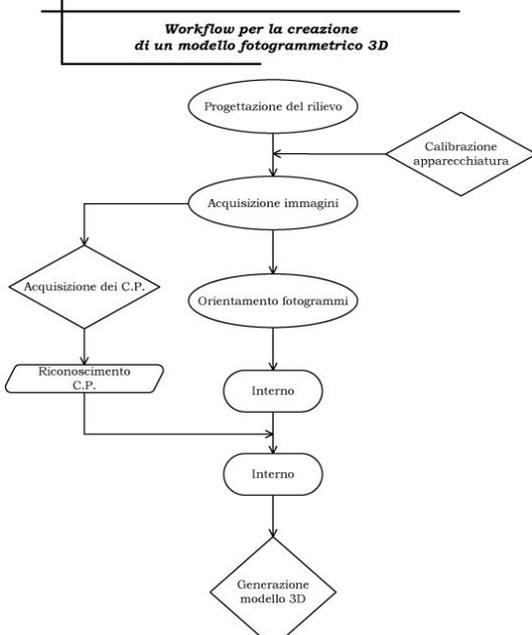


Figura 4 – Flusso di lavoro adottato per la creazione di un modello fotogrammetrico 3D.

L'utilizzo di questa tecnica consente, in linea teorica, di effettuare un rilievo di tipo morfostrutturale di una parete senza venirne in contatto. Questo tipo di soluzione è estremamente vantaggiosa nel caso in cui la parete sia difficilmente raggiungibile (es. pareti situate in ambiente di alta montagna) e/o esposta a pericoli oggettivi (es. caduta blocchi).

Per eseguire un rilievo fotogrammetrico è necessario compiere preliminarmente una fase di progettazione e di valutazione della precisione necessaria in funzione delle finalità del lavoro (Fig. 4).

La progettazione deve tenere conto delle aree accessibili e della possibilità di eseguire tutte le prese necessarie da punti e distanze opportune, programmando la copertura completa delle aree oggetto del rilievo con i coni ottici di presa in rapporto all'attrezzatura utilizzata e delle precisioni richieste. L'accuratezza e la precisione del modello finale dipendono dalla calibrazione dell'apparecchiatura, dalla geometria di presa e dalle procedure automatiche di generazione del modello stesso (Elhakim et al., 2003; Fraser, 1996). La precisione planimetrica (*planimetric accuracy*) è generalmente

intorno ai 0.3 pixel (0.05-0.5) assumendo un adeguata taratura degli strumenti, mentre la precisione legata alla profondità di campo (*depth accuracy*) dipende dalla distanza tra la posizione della fotocamera e l'oggetto fotografato (*distance*) e la distanza tra due posizioni di ripresa successive (*baseline*) (Birch, 2006).

LiDAR

Il LiDAR (*Light Detection and Ranging*) è una tecnica di telerilevamento attivo, utilizzata per l'esecuzione di rilievi topografici di alta risoluzione (Jones et al., 2007). Tale tecnologia consente di acquisire informazioni geomorfologiche molto dettagliate grazie alla dimensione della maglia impiegata e alla precisione del dato. Nel nostro caso il passo è di circa 2 punti per metro quadro, ricampionati su una griglia regolare a 0.5 m sul fondo valle e 2 m sul resto del territorio. La precisione è di circa $0,3 \div 0,5$ m sulla verticale. Dal dato grezzo, opportunamente elaborato, è stato possibile ricavare diversi prodotti morfometrici (*hillshade*, *aspect* e *slope*, Fig. 5).

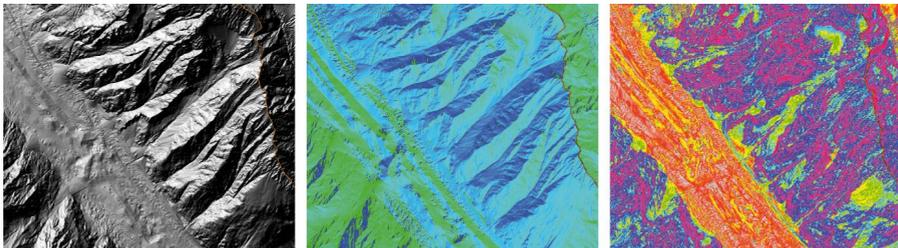


Figura 5 – Prodotti morfometrici della parte centrale della valle del Miage. Da sinistra verso destra: Hillshade, Slope e Aspect.

selezionano, sotto-forma di poligoni, le aree di maggiore interesse. Per ogni area verrà così visualizzato uno stereogramma di *Schmidt-Lambert* con i punti selezionati. Quest'ultimi possono quindi essere esportati in formato .ASCII per una successiva post-elaborazione.

Con tale tecnica si è quindi riuscito a valutare il cinematiso, attraverso il *test di Markland*, delle inaccessibili nicchie di distacco dei versanti in questione, cosa pressoché impossibile con un rilievo di tipo tradizionale (Fig. 7).

Analisi morfo-strutturale del bacino glaciale del Miage

Utilizzando i dati ottenuti con le varie tecniche sopra esposte (fotogrammetria terrestre, aerea, *Coltop 3D*, LiDAR) è stato possibile effettuare un'analisi morfo-strutturale del bacino glaciale del Miage (Bacenetti, 2010); si sono così potute individuare 5 principali famiglie di discontinuità che caratterizzano tale settore (Fig. 8).

Joint Set	Dip Dir	Dip
A	173	57
B	10	70
C	293	67
D	145	65
E	70	69

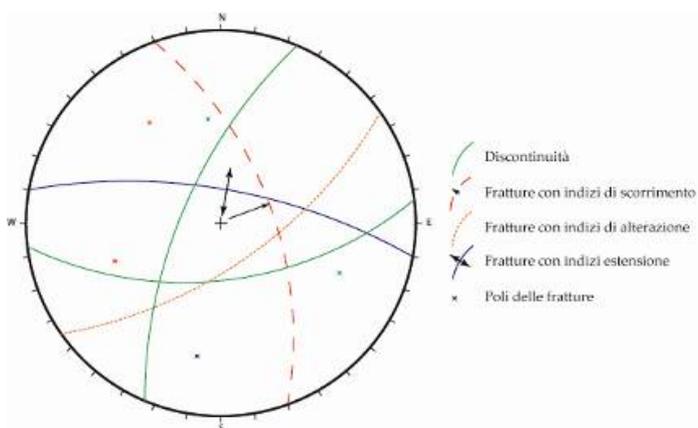


Figura 8 – Stereogramma strutturale dei principali sistemi di discontinuità che caratterizzano il bacino glaciale del Miage. Reticolo di Schmidt, emisfero inferiore, proiezione stereografica equiareale.

CONCLUSIONI

L'applicazione di metodologie innovative ha favorito l'integrazione dei dati e la loro interpretazione ai fini geomorfologici. Caratteristica intrinseca delle tecniche di *remote sensing* è quella di permettere una modellazione completa del versante. Esse consentono di procedere all'analisi dell'intero pendio (Fig. 9), al contrario del rilievo tradizionale che, soprattutto nei settori impervi quale quello in oggetto, non può essere spinto troppo in quota ma si sviluppa unicamente nelle zone accessibili alla base della parete, con pericoli oggettivi quali ad esempio la presenza di falde di detrito instabile o di blocchi in equilibrio precario, sia sul versante che sui conoidi detritici alla base. L'accessibilità dell'oggetto da investigare è un problema importante nel rilevamento geomorfologico. Le metodologie utilizzate nel presente lavoro, se accuratamente calibrate, possono sostituire l'operatore in parete per il rilievo delle condizioni morfo-strutturali degli ammassi rocciosi in quei contesti ove pericoli oggettivi (es. caduta blocchi) non permettono il contatto diretto con la parete. Per contro, un limite del rilievo a distanza è stato evidenziato già nella fase di acquisizione dati, ancor prima di affrontarne il trattamento: esso è caratterizzato dalla mancanza di contatto diretto tra rilevatore e la parete oggetto di studio. Ci si riferisce all'impossibilità di rilevare adeguatamente a distanza tutta una serie di parametri necessari per la caratterizzazione completa dell'ammasso: riempimento terroso nelle fratture aperte, circolazione idrica (a meno che non sia tanto evidente da essere osservabile dalle immagini fotografiche e comunque difficilmente quantificabile), analisi dello stato di alterazione delle superfici, rugosità, mineralizzazioni, presenza di indicatori cinematici. Pertanto già nella fase di rilievo a distanza è stato possibile individuare tutta una serie di vantaggi e svantaggi intrinseci dell'applicazione delle tecnologie impiegate, non ultima la possibilità di procedere all'analisi del dato in laboratorio, minimizzando il tempo necessario al rilievo sul terreno, fattore anch'esso determinate in contesti climatici particolari quali quello dell'alta montagna.

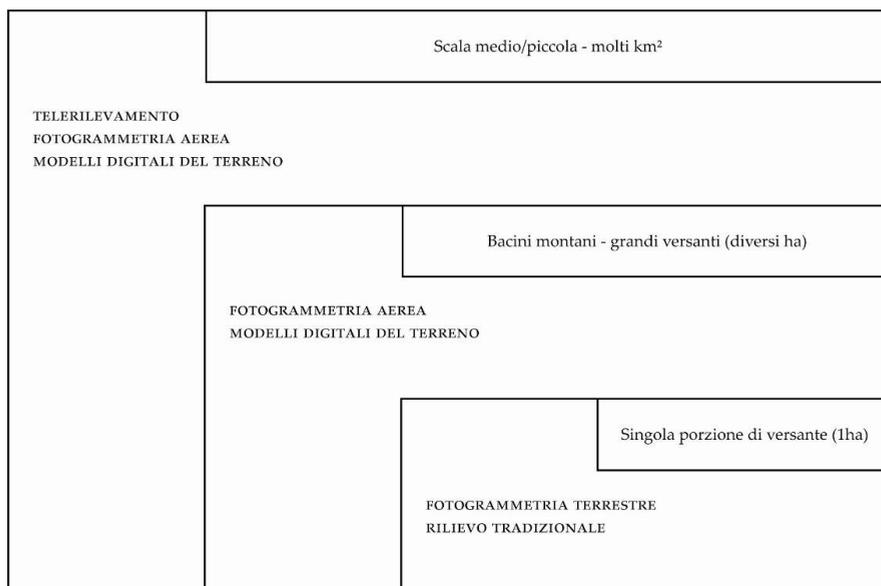


Figura 9 – Metodologie applicate alle diverse scale di indagine.

Bibliografia

- Amerio M. (2004) *Pericolosità geomorfologica e interazioni con l'attività antropica in alta montagna: il caso del bacino glaciale del Miage e della bassa Val Veny (Monte Bianco)*, Tesi di Laurea Magistrale, Università degli Studi di Torino. 244 pp.
- Bacenetti M. (2010) *Integrazione di rilevamenti tradizionali di terreno e tecniche geomatiche per l'analisi strutturale della Val Veny (Courmayeur, Aosta)*, Tesi di Laurea Magistrale, Università degli Studi di Torino. 283 pp.
- Birch J. (2006) "Using 3dm analyst mine mapping suite for rock face characterization" In Tonon, F. and Kottenstette, J. (Eds.), *Laser and Photogrammetric Methods for Rock Face Characterization*, ARMA, pp. 13-32.
- Chiarle M. (2000) *Analisi dei pericoli naturali in ambiente glaciale*, Phd thesis, Politecnico di Torino, Torino, Italy.
- Deline P. (2009) "Interactions between rock avalanches and glaciers in the montblanc massif during the late holocene" *Quaternary Science Reviews*, 50, 1070–1083.
- El-Hakim S., Beraldin J., Blais F. (2003) "Critical factors and configurations for practical 3d image-based modeling", In *6th Conference on 3D Measurement Techniques*, Zurich, Switzerland, September 22-25.
- Fraser C. (1996) *Network design*, In Atkinson, K.B. (Ed.), *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing.
- Jensen J. (2000) *Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 544 pp.
- Jones A.; Brewer P.; Johnstone E.; Macklin M. (2007) "Highresolution interpretative geomorphological mapping of river valley environments using airborne lidar data", *Earth Surface Processes and Landform*, 32, 1574–1592.
- Lemoine M., De Graciansky P., Tricart P. (2000) *De l'océan à la chaîne de montagnes. Tectonique des plaques dans les Alpes*, Gordon and Breach Science Publishers, Paris. 208pp.
- Perello P., Piana F., Martinotti G. (1999) "Neo-alpine structural features at the boundary between the penninic and helvetic domains (Pré S. Didiér – entrèves, Aosta valley, Italy)" *Ecolae geol. Helv.*, 92, 347-359.
- Perotti L. (2007) *Geomorfologia e Geomatica: nuovi strumenti e metodi per il rilevamento e la cartografia tematica*, Phd thesis, Università degli Studi di Torino, Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Dipartimento di Scienze della Terra.