

La fotogrammetria diretta close-range come strumento di modellazione 3d in glaciologia: applicazioni nelle Alpi e nella Patagonia cilena

A. Nascetti, M. Di Rita, R. Ravanelli, M. Fortunato, C. F. Tagliacozzi, V. Belloni, A. Mazzoni, M. Crespi



Area di Geodesia e Geomatica
DICEA - Università di Roma "La Sapienza"

Sala Monumentale della PCM - Galleria Sordi





Sommario

Fotogrammetria

Fotogrammetria Close-Range

Structure-from-Motion e Fotogrammetria Stereo Multi-View

Ghiacciaio dei Forni

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Exploradores

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Lys

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni



Sommario

Fotogrammetria

Fotogrammetria Close-Range

Structure-from-Motion e Fotogrammetria Stereo Multi-View

Ghiacciaio dei Forni

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Exploradores

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Lys

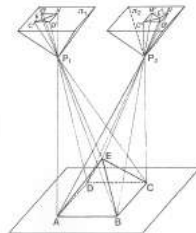
Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Cenni di Fotogrammetria

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo che permette di ottenere geometria, informazioni metriche e posizione di oggetti tridimensionali tramite interpolazione e misura di immagini fotografiche tradizionali o digitali



Differenti tipi di Fotogrammetria

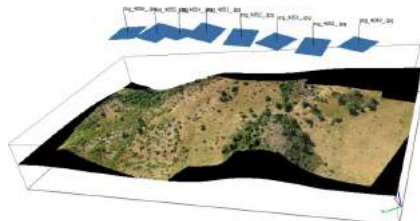
La Fotogrammetria può essere suddivisa, in base a:

- ▶ tipo di presa utilizzata: **Fotogrammetria aerea e terrestre**
- ▶ tipo di elaborazione: **Fotogrammetria analogica e analitica**
- ▶ tipo di fotografia utilizzata: **Fotogrammetria classica e digitale**



Fotogrammetria *Close-Range*

La Fotogrammetria terrestre viene chiamata Fotogrammetria dei Vicini oppure Fotogrammetria Close-Range quando gli oggetti interessati risultano posizionati ad una distanza dell'**ordine di grandezza delle decine o delle centinaia di metri** dalla camera da presa fotogrammetrica





Sviluppi tecnologici

Principali strumenti

- ▶ *Structure-from-Motion*
- ▶ *Fotogrammetria Stereo Multi-View*

Motivazioni

- ▶ Rapidità
- ▶ Economicità
- ▶ Grande efficacia nel creare modelli tridimensionali

Principale novità

Parametri di orientamento relativo ricavati automaticamente



Come agiscono *Structure-from-Motion* e Fotogrammetria Stereo *Multi-View*?

Structure-from-Motion

Sfrutta algoritmi di computer vision

- ▶ estrae i *tie points* e allinea le immagini
- ▶ stima la posizione delle camere
- ▶ estrae una nuvola di punti sparsi

Fotogrammetria Stereo *Multi-View*

Sfrutta il lavoro svolto dalla Structure-from-Motion

- ▶ effettua un matching denso tra tutti i fotogrammi orientati
- ▶ genera una nuvola densa
- ▶ genera la *mesh*

Come posizioniamo nel mondo il modello?

GCPs e/o Coordinate GPS dei centri di presa delle camere



Sommario

Fotogrammetria

Fotogrammetria Close-Range

Structure-from-Motion e Fotogrammetria Stereo Multi-View

Ghiacciaio dei Forni

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Exploradores

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Lys

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Caso di studio: Ghiacciaio dei Forni

Caratteristiche generali

- ▶ **Posizione:** Porzione Lombarda del Parco dello Stelvio
- ▶ **Estensione Areale:** 11.34 km²



Acquisizione dei dati

Immagini

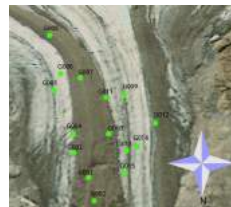
- ▶ **70 immagini da 7 transetti differenti** con una camera Nikon D700 utilizzando due focali: 85mm e 180mm



Dati GPS

- ▶ **I centri di presa di 15 camere**
- ▶ **15 paline sulla fronte del ghiacciaio**

I dati sono stati acquisiti con un'accuratezza globale di 5-10 cm





Processing con Agisoft Photoscan

- ▶ Agisoft PhotoScan è un software che implementa una tecnica fotogrammetrica digitale, applicando gli algoritmi di computer vision e le più recenti tecnologie multi-view, per generare dati spaziali 3D

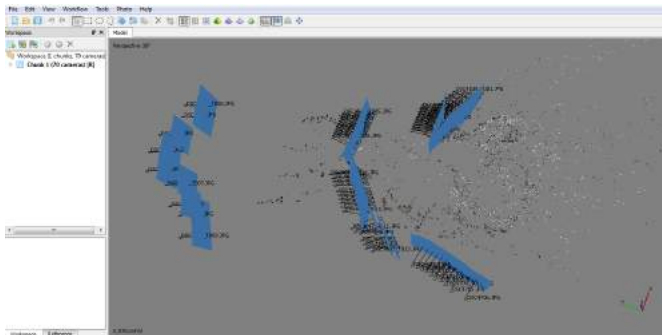




1° Step: Allineamento delle immagini

Align Photos

- ▶ Individuazione *tie points*
- ▶ Stima della posizione dei centri di presa
- ▶ Stima dei parametri di calibrazione interna

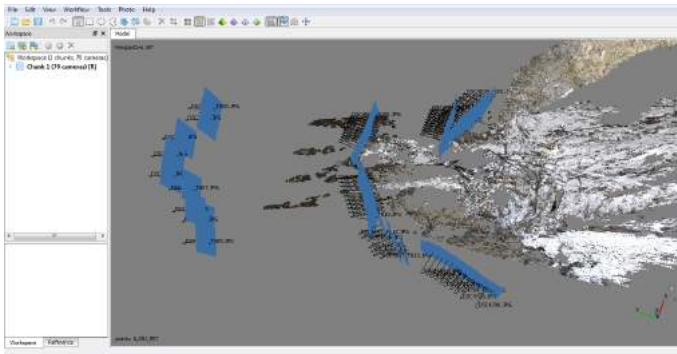




2° Step: Creazione della nuvola densa di punti

Build Dense Cloud

- ▶ Infittisce la nuvola di punti sparsa costituita dai *tie points*
- ▶ Permette di generare un modello meno approssimato

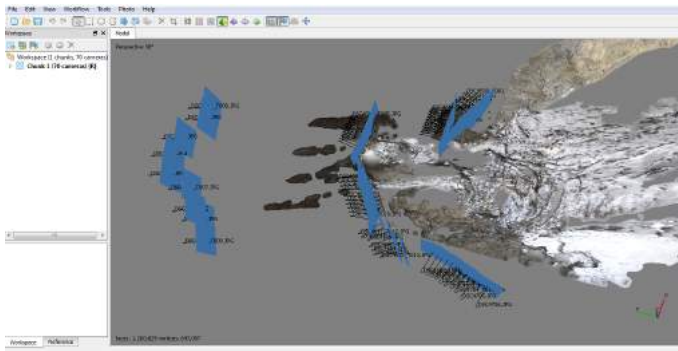




3° Step: Creazione della Mesh

Build Mesh

- ▶ Permette di creare una *Mesh*, ovvero una collezione di vertici, spigoli e punti che definisce la forma del modello

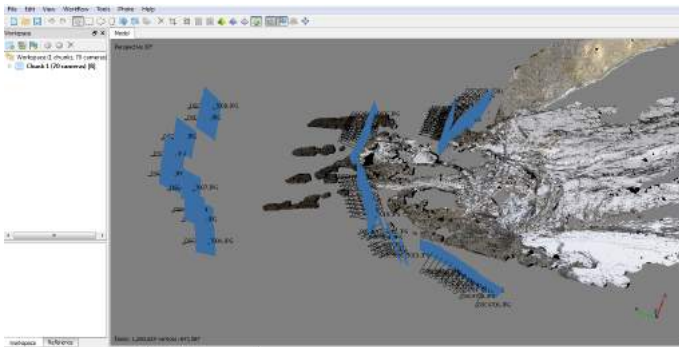




4° Step: Applicazione della *texture*

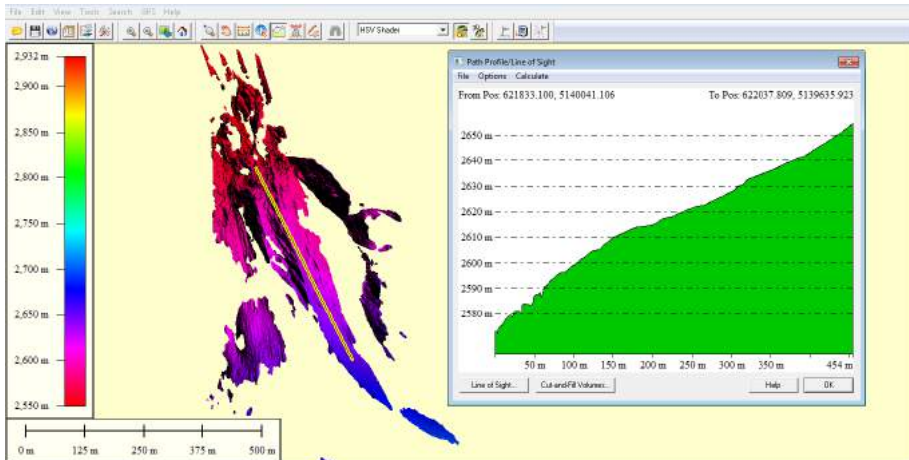
Build Texture

- ▶ Permette di applicare una *texture* fotografica al modello generato



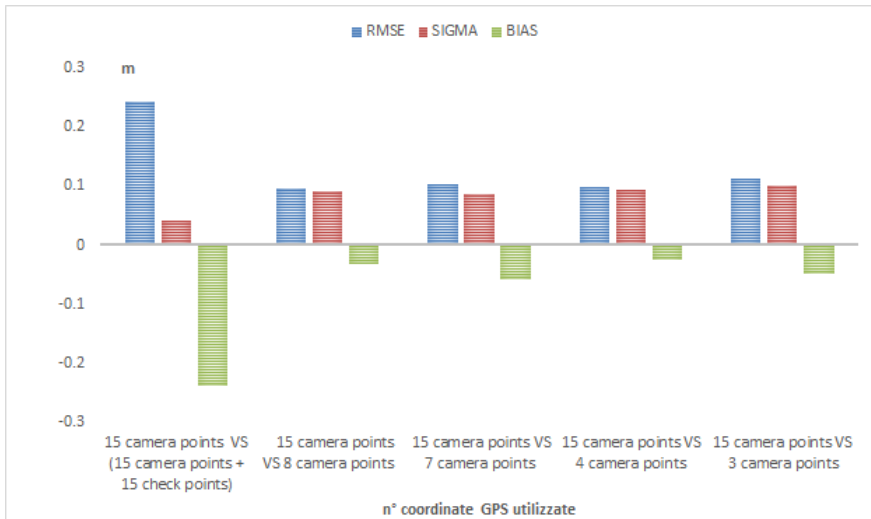


Profilo della parte iniziale del Ghiacciaio





Parametri statistici delle mappe d'errore





Sovrapposizione del modello in Google Earth



Considerazioni sui risultati ottenuti

Utilizzando solo i centri di presa della camere:

- ▶ si ottengono i medesimi risultati in termini di georeferenziazione del modello generato
- ▶ é possibile ottenere i medesimi risultati anche diminuendo il numero di coordinate GPS, purchè le informazioni GPS posseggano un'accuratezza di circa 5-10 cm
- ▶ non è necessario salire sul ghiacciaio

Come ottimizzare l'applicazione del metodo?

- ▶ Acquisire immagini da transetti continui
- ▶ Acquisire le informazioni GPS con la massima accuratezza possibile
- ▶ Se si decide di utilizzare le paline è necessario riprenderle in almeno 3 immagini



Sommario

Fotogrammetria

Fotogrammetria Close-Range

Structure-from-Motion e Fotogrammetria Stereo Multi-View

Ghiacciaio dei Forni

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Exploradores

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Lys

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni



Dalle Alpi alla Patagonia





Caso di studio: Ghiacciaio Exploradores

Caratteristiche generali

- ▶ **Posizione:** Patagonia cilena
- ▶ **Estensione Areale:** 95 km²





Acquisizione dei dati

Immagini

- ▶ **Centinaia di immagini da transetti differenti** con una camera da 32 MPixel e con lunghezze focali di 70 mm, 105 mm e 200 mm

Dati GPS

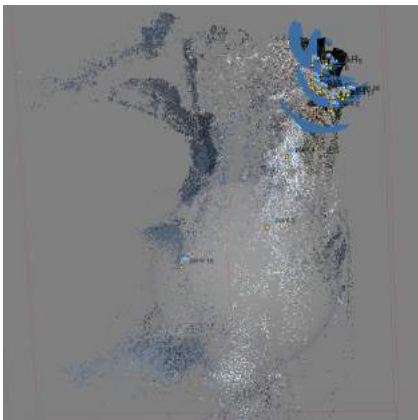
- ▶ **I centri di presa di 223 immagini**, con un'accuratezza globale di 5-10 cm



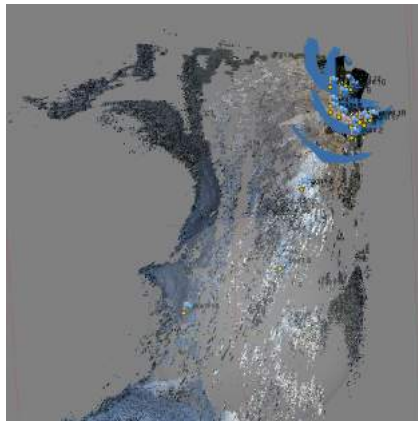


Processamento dei dati

Allineamento delle immagini



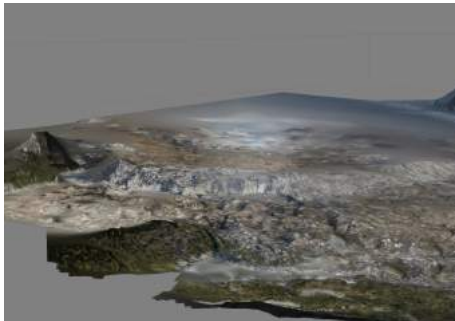
Creazione della nuvola densa



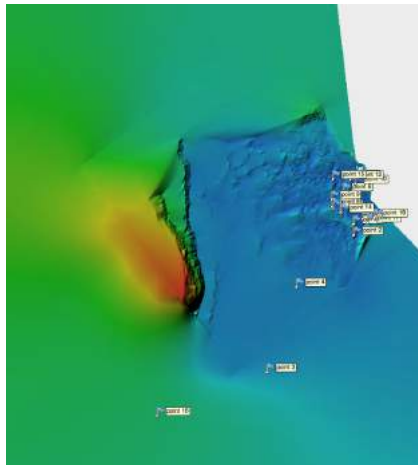


Processamento dei dati

Creazione della mesh



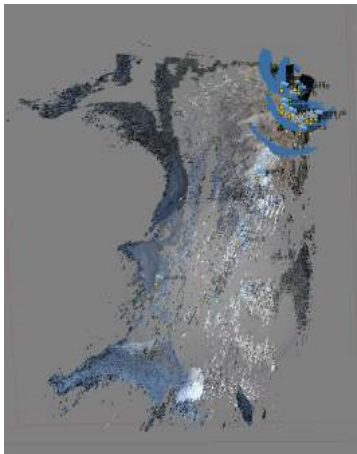
Creazione del DEM



Modello ottenuto

- ▶ Sono state utilizzate solo le immagini con focale 70 mm (blocco più consistente)
- ▶ Per ottimizzare l'allineamento sono stati posizionati 17 markers
- ▶ Il modello ricostruisce fedelmente il ghiacciaio solo nell'area più prossima ai transetti

Mesh con Agisoft





Considerazioni sui risultati ottenuti

Agisoft Photoscan

- ▶ Software black box
- ▶ Il software ha evidenziato un **comportamento euristico** che non permette la replicabilità dei risultati
- ▶ L'allineamento restituisce risultati variabili fino a due ordini di grandezza

Modello del ghiacciaio

- ▶ Le immagini sono state suddivise in blocchi (chunk) con medesima focale per facilitare l'allineamento
- ▶ Per blocchi poco numerosi il modello ricostruito è inconsistente
- ▶ Le dimensioni del ghiacciaio e i limiti di rilievo inficiano fortemente la qualità del modello ricostruito



Sommario

Fotogrammetria

Fotogrammetria Close-Range

Structure-from-Motion e Fotogrammetria Stereo Multi-View

Ghiacciaio dei Forni

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Exploradores

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Ghiacciaio Lys

Elaborazione dei dati

Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni



Caso di studio: Ghiacciaio Lys

Caratteristiche generali

- ▶ **Posizione:** Versante sud del Monte Rosa in Valle d'Aosta
- ▶ **Estensione Areale:** 10.78 km²



Acquisizione dei dati

Immagini

- ▶ **130 immagini da transetti differenti** con una camera da 18 MPixel e con lunghezze focali di 55 mm, 53 mm e 35 mm

Dati GPS

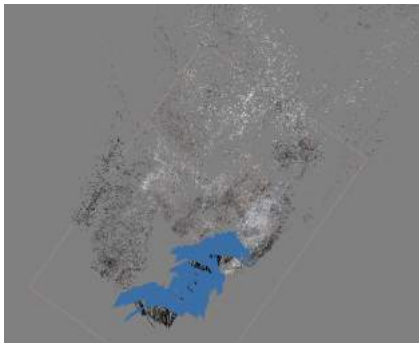
- ▶ **I centri di presa di 6 immagini**



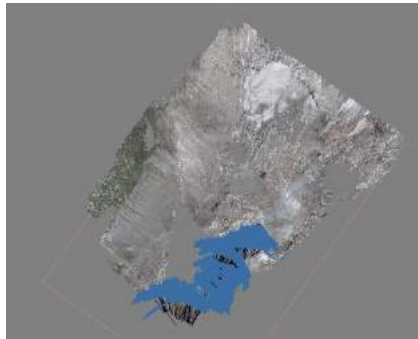


Processamento dei dati

Allineamento delle immagini



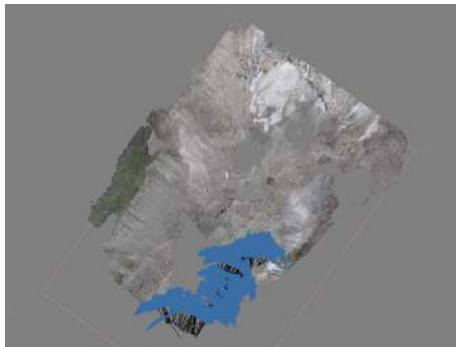
Creazione della nuvola densa



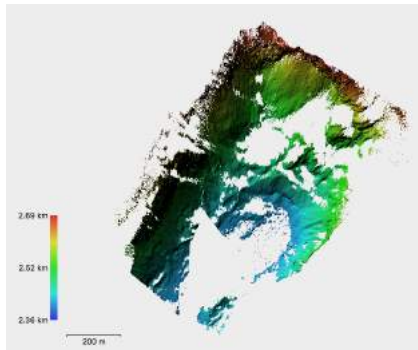


Processamento dei dati

Creazione della mesh



Creazione del DEM



Sovrapposizione del modello in Google Earth

Problemi in fase di acquisizione

- ▶ Non è stato possibile acquisire le immagini in modo ottimale
- ▶ Sono state acquisite le coordinate di un numero limitato di centri di presa

Modello del ghiacciaio

- ▶ Il modello ricostruisce fedelmente il ghiacciaio solo nell'area più prossima ai transetti



Considerazioni sui risultati ottenuti

Vantaggi della tecnica utilizzata

La fotogrammetria diretta close-range risulta uno strumento idoneo alla modellazione 3d in ambito glaciologico. I principali vantaggi sono:

- ▶ rapidità nel rilievo
- ▶ economicità delle attrezzature utilizzate
- ▶ “correzione” di errori commessi in fase di acquisizione





Grazie per l'attenzione