

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

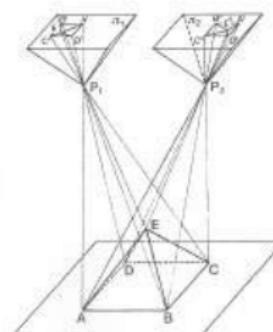
Validazione dei dati

Considerazioni finali e conclusioni

Fotogrammetria Close-Range

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

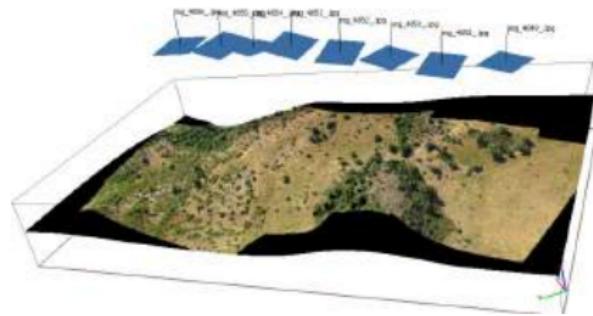
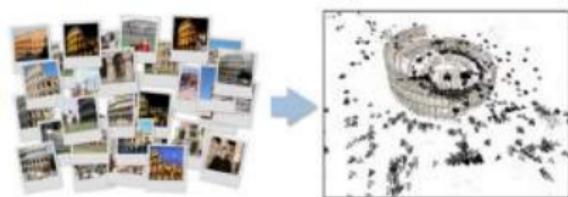
La Fotogrammetria può essere suddivisa, in base a:

- 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

- ▶ estraie i *tie points* e allinea le immagini
- ▶ stima la posizione delle camere
- ▶ estraie 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

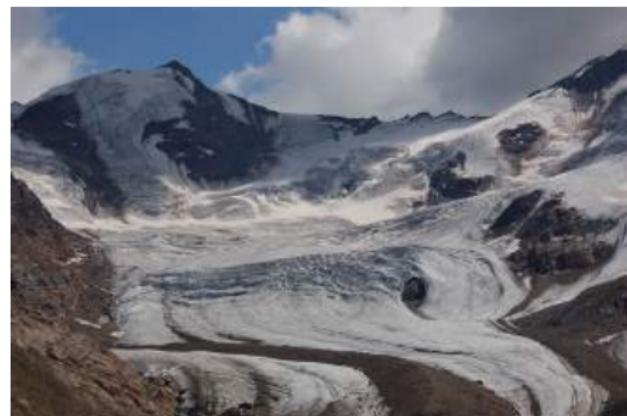
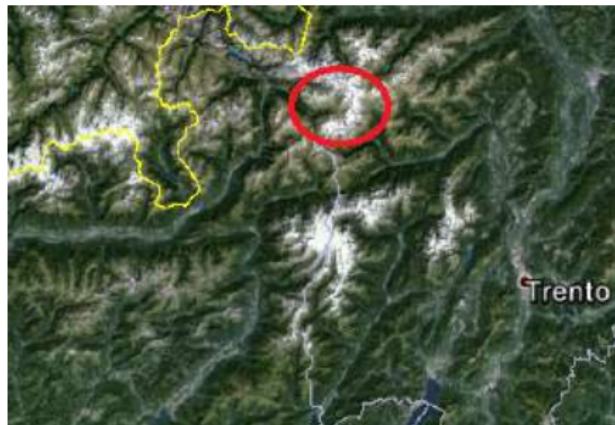
Validazione dei dati

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

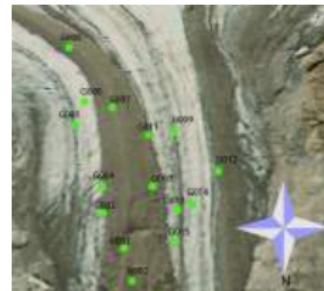
- ▶ **70 immagini da 7 transetti differenti** con una camera Nikon D700 utilizzando due focali: 85mm e 180mm



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

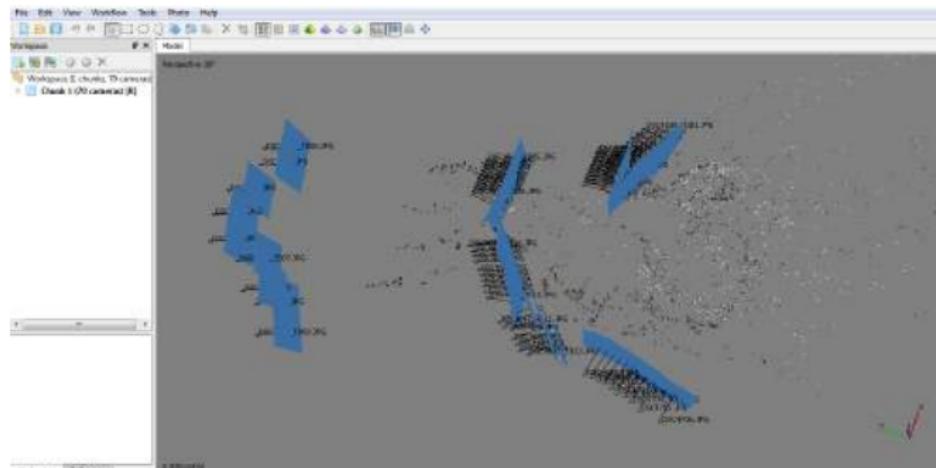
- ▶ Agisoft PhotoScan è un software che implementa una tecnica fotogrammetrica digitale, applicando gli algoritmi di computer vision e le più recenti tecnologie multi-view, per generare dati spaziali 3D



1° Step: Allineamento delle immagini

Align Photos

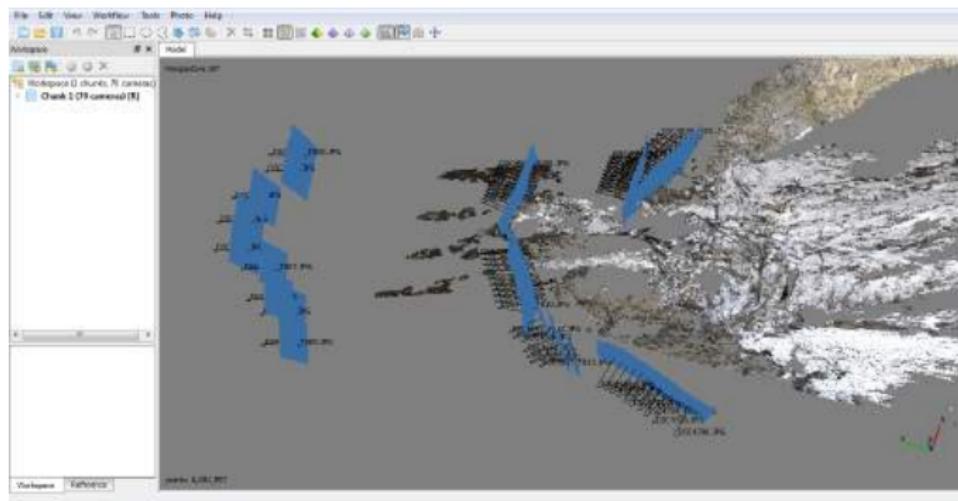
- ▶ Individuazione *tie points*
- ▶ Stima della posizione dei centri di presa
- ▶ Stima dei parametri di calibrazione interna



2° Step: Creazione della nuvola densa di punti

Build Dense Cloud

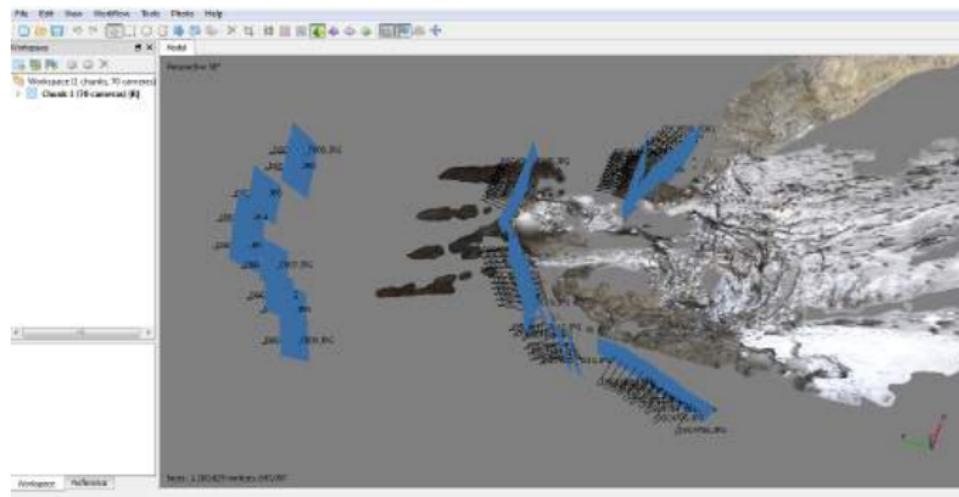
- ▶ Infittisce la nuvola di punti sparsa costituita dai *tie points*
- ▶ Permette di generare un modello meno approssimato



3° Step: Creazione della *Mesh*

Build Mesh

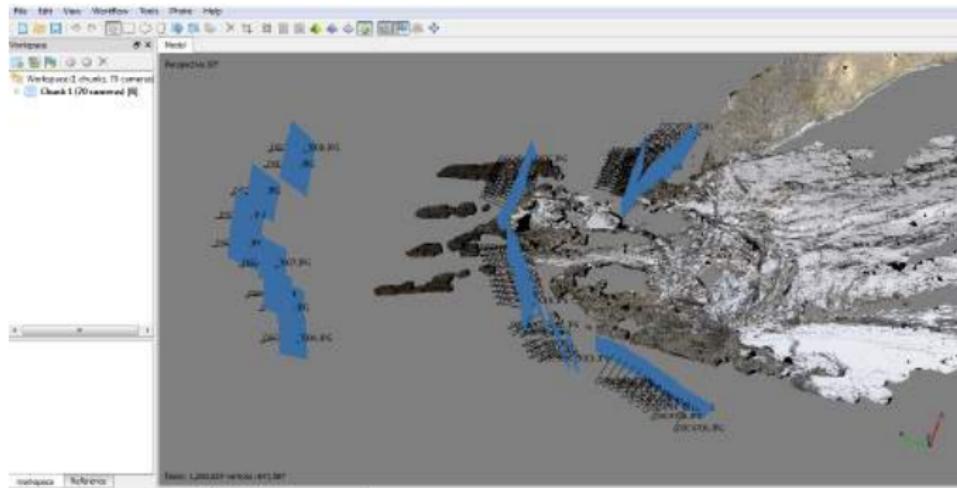
- ▶ Permette di creare una *Mesh*, ovvero una collezione di vertici, spigoli e punti che definisce la forma del modello



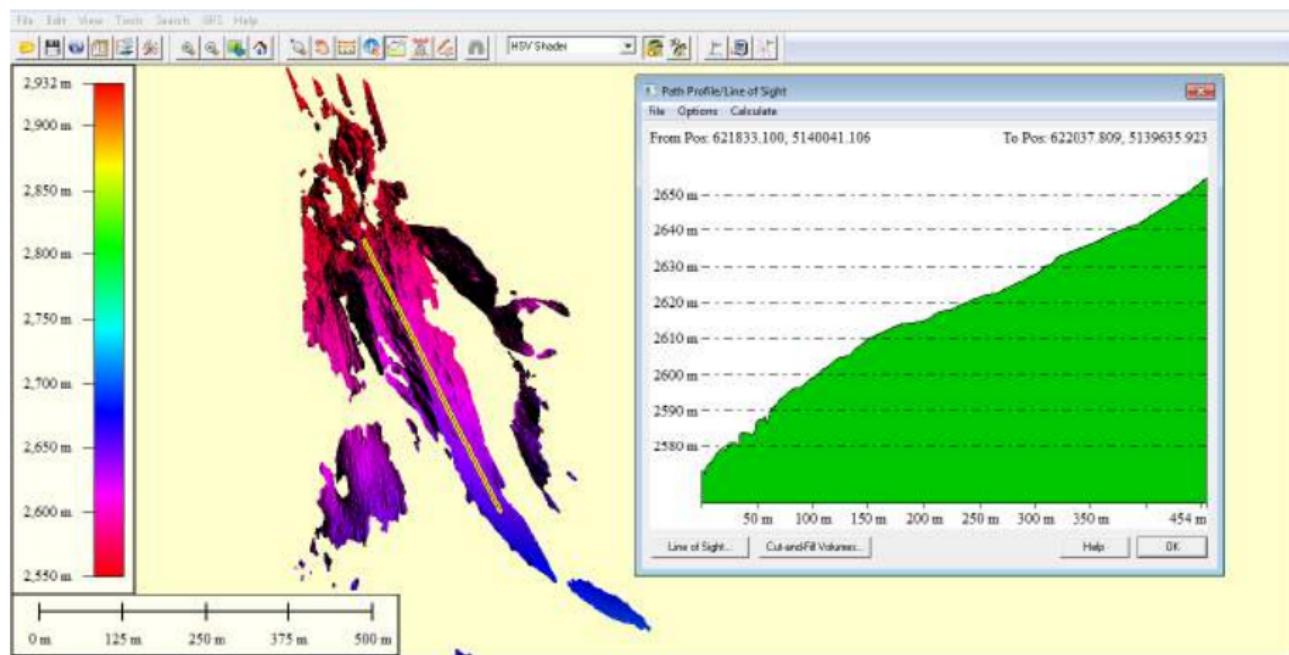
4° Step: Applicazione della *texture*

Build Texture

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

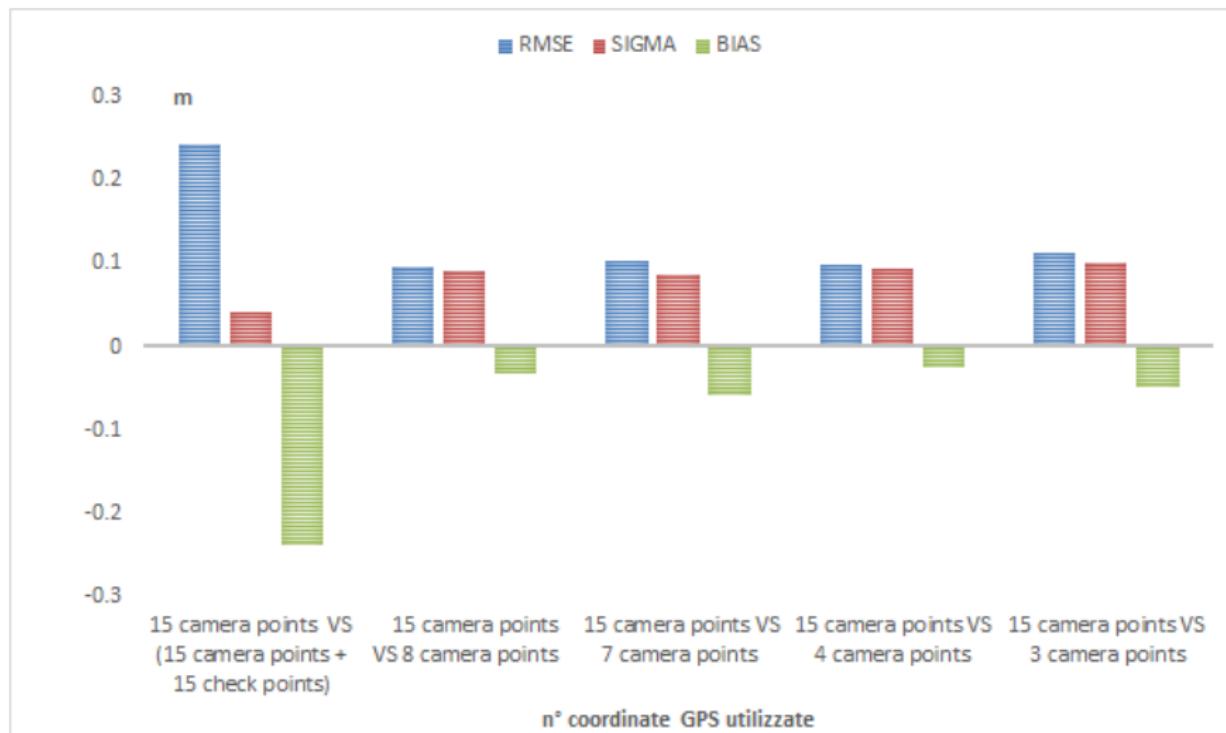


Profilo della parte iniziale del Ghiacciaio



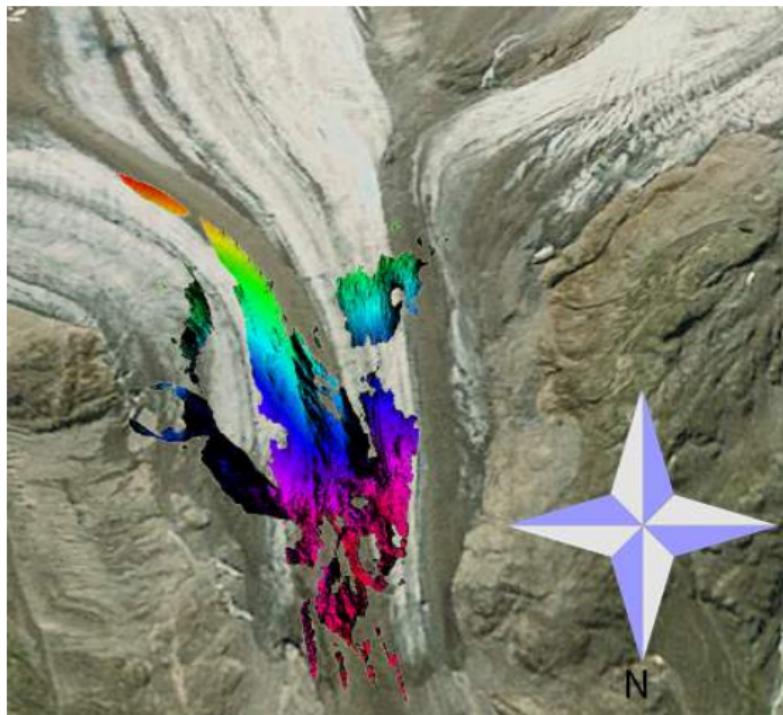
Validazione dei dati

Parametri statistici delle mappe d'errore



Validazione dei dati

Sovrapposizione del modello in Google Earth





Considerazioni finali e conclusioni

Considerazioni sui risultati ottenuti

Utilizzando solo i centri di presa della camere:

- ▶ si ottengono i medesimi risultati in termini di georeferenziazione del modello generato
- ▶ è 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

Elaborazione dei dati

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 **trangetti 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

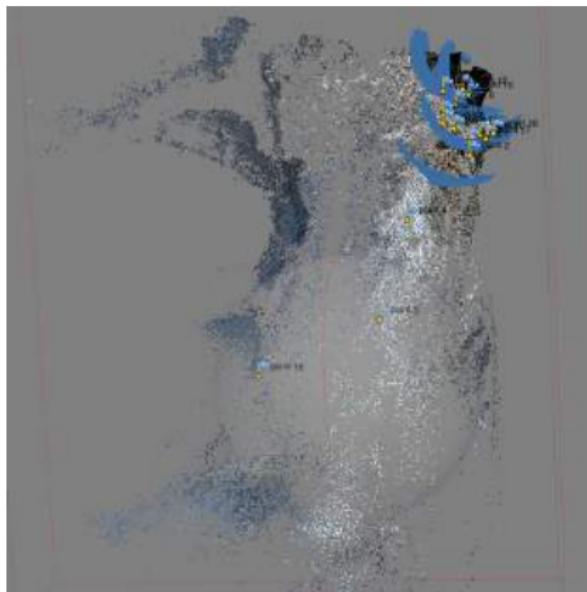




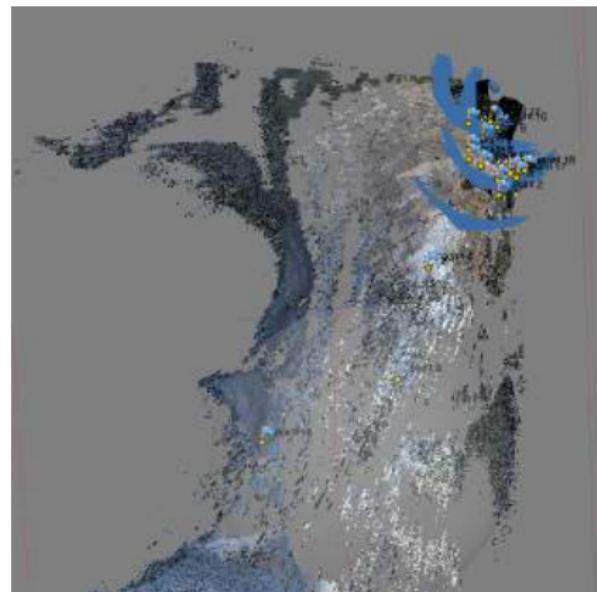
Elaborazione dei dati

Processamento dei dati

Allineamento delle immagini



Creazione della nuvola densa

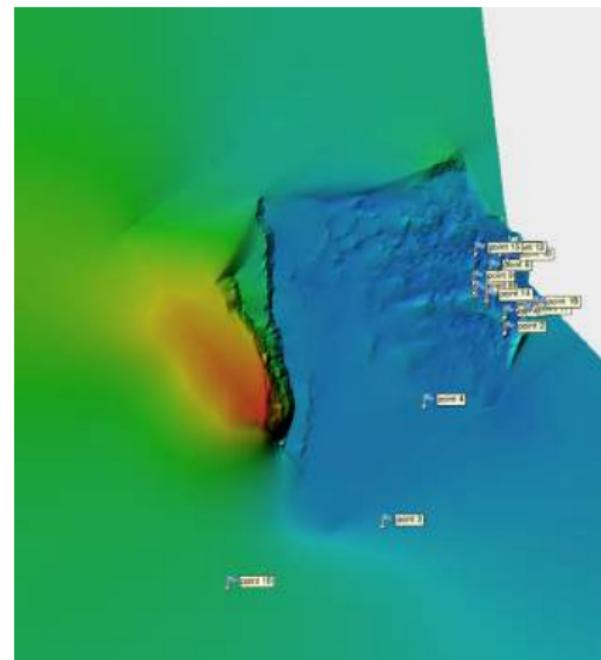
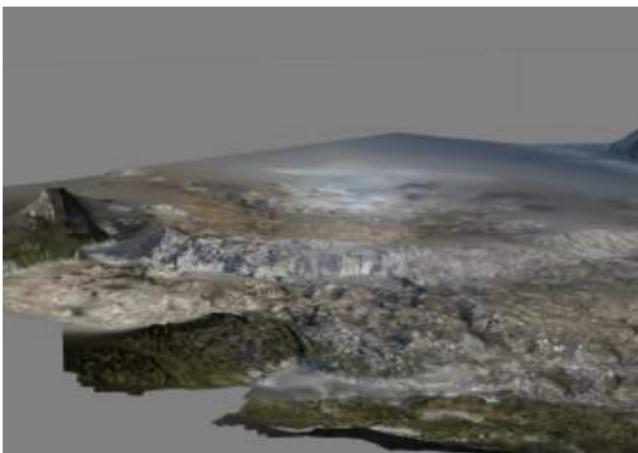


Elaborazione dei dati

Processamento dei dati

Creazione del DEM

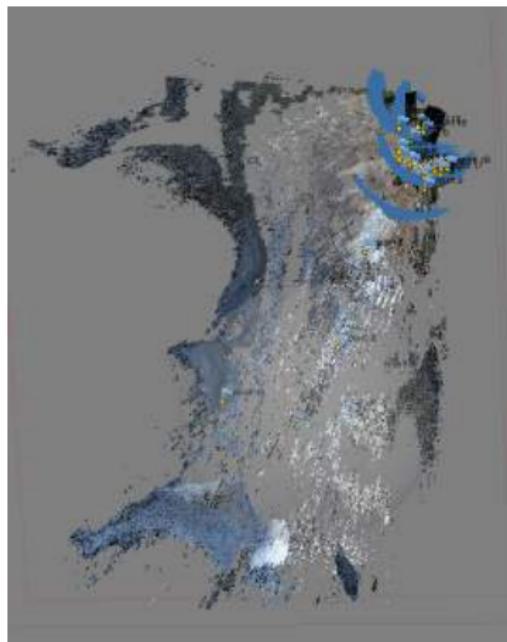
Creazione della mesh



Modello ottenuto

Mesh con Agisoft

- ▶ 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





Considerazioni finali e conclusioni

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

Elaborazione dei dati

Caso di studio: Ghiacciaio Lys

Caratteristiche generali

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



Elaborazione dei dati

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

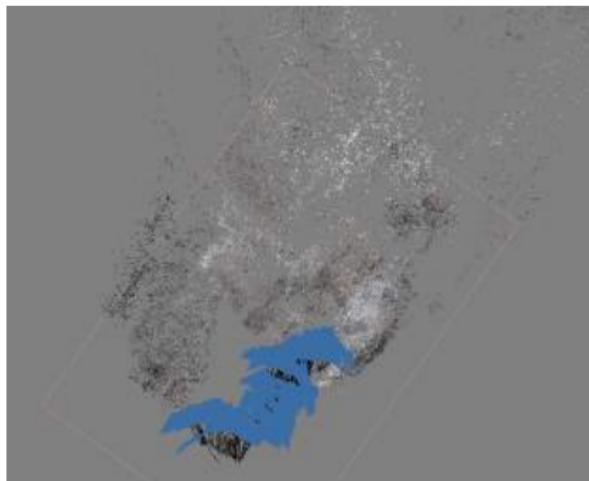




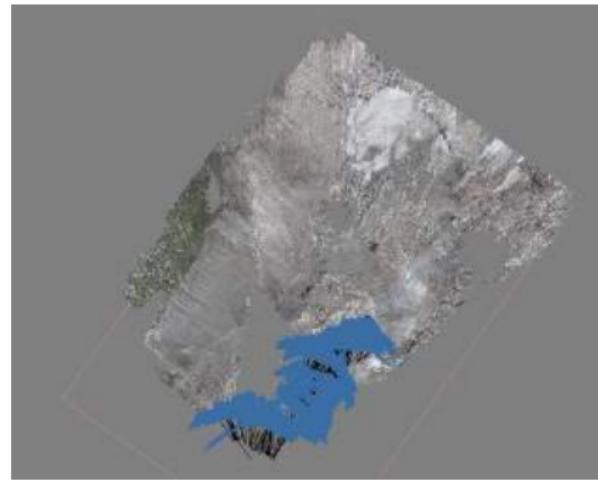
Elaborazione dei dati

Processamento dei dati

Allineamento delle immagini



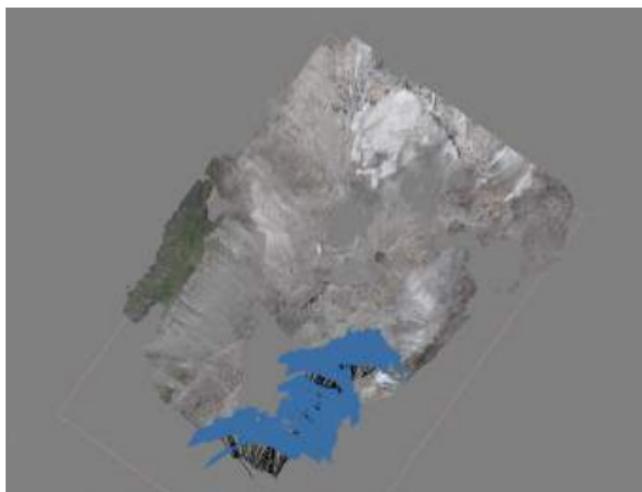
Creazione della nuvola densa



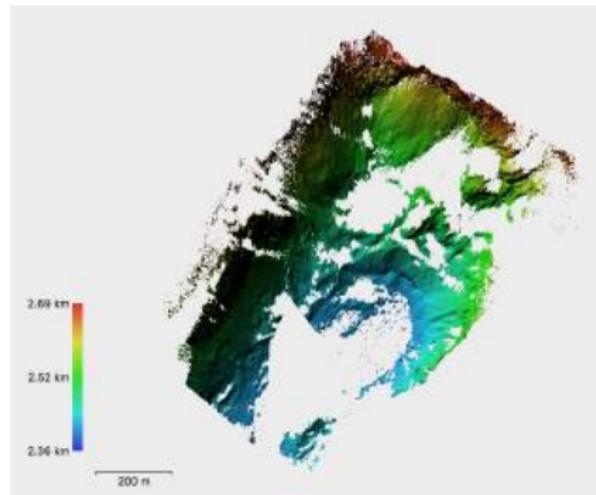
Elaborazione dei dati

Processamento dei dati

Creazione della mesh



Creazione del DEM



Validazione dei dati

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

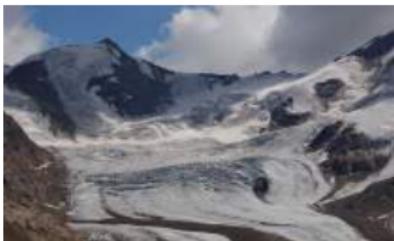


Considerazioni sui risultati ottenuti

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