

Uso consapevole di software speditivi per ricostruzioni 3D

di Erica Nocerino e Fabio Remondino



Fig. 1 - Esempio di risultato basato su *SfM* dove, nonostante un messaggio di processamento completo e un basso errore di riproiezione del *bundle adjustment*, ci sono delle camere orientate non correttamente.

Da qualche anno, grazie ai miglioramenti delle prestazioni dei computer ma soprattutto a nuovi algoritmi di *image processing* e *computer vision*, la fotogrammetria è tornata ad essere una metodologia di rilievo molto competitiva e in grado di fornire, in maniera automatica, nuvole di punti 3D dense e modelli digitali di oggetti, monumenti e territori. Ma l'automazione nasconde diversi problemi.

I recenti sviluppi sono stati principalmente due:

- l'automazione della fase di orientamento delle immagini: mentre fino a qualche anno fa un operatore doveva manualmente individuare i punti omologhi (naturali o segnalizzati) nelle immagini, oggi esistono algoritmi (ad es. SIFT, SURF, ORB, ecc.) che sono in grado di identificare automaticamente i punti d'interesse nelle immagini e di trovare le corrispondenze tra le immagini applicando stimatori robusti (ad es. RANSAC, LmedS, ecc.). Queste corrispondenze (*tie points*) sono poi utilizzate per la stima delle grandezze incognite (parametri d'orientamento interno ed esterno, e coordinate 3D dei *tie points*). La stima ai minimi quadrati

(*bundle adjustment*) di queste grandezze viene spesso eseguita calcolando contemporaneamente tutte le incognite e viene chiamata *Structure from Motion* (SfM) o *self-calibrating bundle adjustment*.

- La creazione automatica di nuvole di punti dense: grazie ad algoritmi di *dense image matching* (Remondino et al., 2014) è oggi possibile restituire nuvole di punti con densità molto elevate (quasi pixel-per-pixel). Algoritmi quali il *Semi-Global Matching* (SGM, Hirschmüller 2008) possono restituire nuvole 'colorate' e geometricamente paragonabili a quelle ottenibili con strumenti laser scanner.

Tali sviluppi, unitamente alla diffusione di camere e tecnologia di calcolo a basso costo, hanno portato ad un uso di massa della

fotogrammetria (soprattutto terrestre e da drone), consentendo anche ad utenti non esperti di ricostruire scene in 3D a partire spesso da immagini acquisite senza un'adeguata pianificazione né sufficiente conoscenza della tecnica fotogrammetrica.

Lo Structure from Motion

L'approccio *SfM*, definito da Ullman nel 1979, calcola simultaneamente i parametri interni delle camere, la posizione degli scatti (*motion*) e una prima ricostruzione 3D sparsa (*structure*) della scena rilevata. Questo approccio, che presenta innegabili vantaggi in termini di velocità e automazione in fase di elaborazione, può però fornire, soprattutto nei casi in cui le immagini non siano state acquisite correttamente e il processo di elaborazione stesso verificato, risultati all'apparenza 'gradevoli' ma che nascondono in realtà errori (Fig.1) o deformazioni geometriche (Fig.2).

Se, dunque, scopo primario del rilievo e modellazione fotogrammetrica è la generazione di prodotti metrici, di cui siano definiti a priori risoluzioni e accuratèzze, diventa fondamentale un uso consapevole dei software oggi disponibili.

Prima ancora della fase di elaborazione, è cruciale la pianificazione del rilievo che deve essere specificamente adattato in funzione dello scopo finale del lavoro. A seconda della risoluzione o della scala di rappresentazione del prodotto da realizzare (DTM, ortofoto, prospetto, ecc.), occorre definire il valore del GSD (Ground Sample Distance) delle immagini e conseguentemente, fissati i parametri della fotocamera utilizzata,

la distanza di presa dall'oggetto. Altro parametro fondamentale è la distanza tra due scatti consecutivi ('base di presa'), che deve essere tale da assicurare un numero elevato di corrispondenze (*tie points*) non solo tra due immagini consecutive, ma possibilmente tra molteplici immagini che riprendono la stessa scena. Purtroppo negli attuali software basati su *SfM* non è sempre immediato o talvolta addirittura impossibile eliminare dal calcolo i punti che sono visibili in sole due immagini o con angoli di intersezione piccoli. In un calcolo rigoroso, invece, tali osservazioni andrebbero filtrate in maniera da assicurare ridondanza e robustezza al *bundle adjustment*.

Un altro accorgimento importante è quello di bloccare le impostazioni della camera e dell'obiettivo per renderli consistenti durante le acquisizioni ed evitare di sovrastimare il numero di incognite nel *bundle adjustment*. Infine è utile inserire immagini inclinate e ruotate nel blocco fotogrammetrico per renderlo più rigido.

Per verificare il risultato dell'elaborazione, ovvero che eventuali deformazioni del modello fotogrammetrico siano inferiori alle tolleranze definite dalle specifiche di progetto, l'utilizzo di punti di controllo (Ground Control Points - GCP) diventa fondamentale. Tali punti dovrebbero essere misurati con una tecnica diversa e indipendente da quella fotogram-

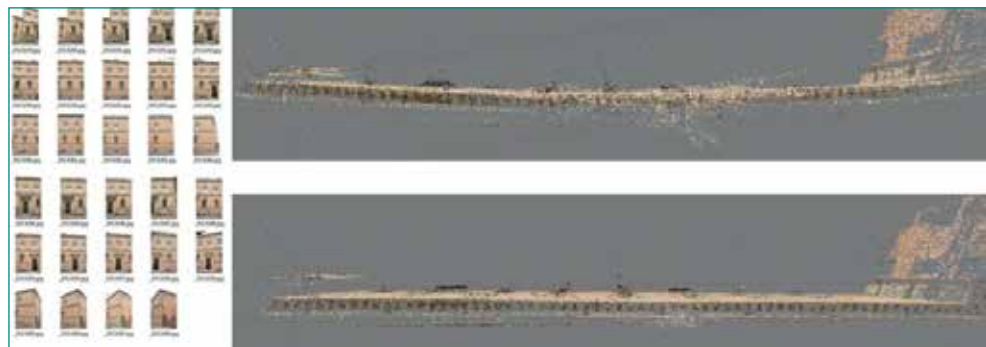


Fig. 2 - Esempio di deformazione geometrica di una facciata di un edificio ricostruito con metodi *SfM* senza utilizzare Ground Control Points (GCP).

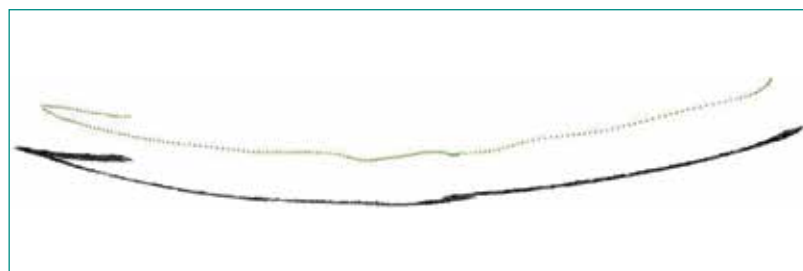


Fig. 3 - Blocco fotogrammetrico da elicottero su un terreno piatto: è evidente la deformazione del modello ricostruito senza l'impiego di GCPs (*SfM* o *free-network bundle adjustment*).

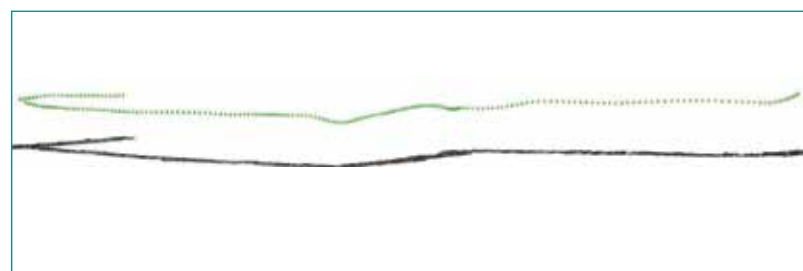


Fig. 4 - Correzione della deformazione del modello fotogrammetrico grazie all'inserimento di GCP nel *bundle adjustment*.

metrica tale da garantire un'accuratezza almeno 2-3 volte superiore al GSD delle immagini. È buona norma che la distribuzione dei GCP ricopra uniformemente l'intera estensione dell'area da rilevare e che questi punti siano utilizzati nel *bundle adjustment* per vincolare la soluzione *SfM* (e non solo

per eseguire una trasformazione di Helmert).

Molti software commerciali basati su *SfM* forniscono attualmente la possibilità di inserire GCP nel calcolo: rimane però prerogativa dell'utilizzatore capire quale sia la qualità e distribuzione dei GCP più appropriata per controllare opportunamente la soluzione e infine verificare il risultato attraverso gli errori su dei *Check Points* (CP) non inseriti nel calcolo.

Le deformazioni geometriche avvengono qualora il blocco di immagini non è sufficientemente robusto per la stima simultanea di tutte le incognite (es. Fig. 3-4) ma anche nel caso di blocchi più complessi. La Fig. 5 presenta un blocco di immagini UAV (sia nadirali – piramidi verdi, che obli-

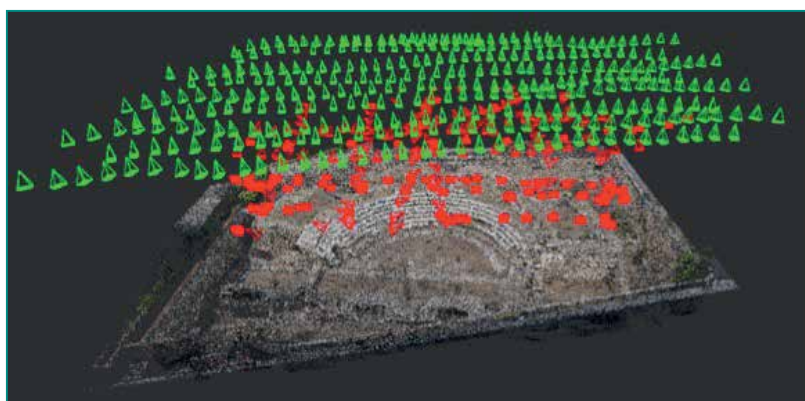


Fig. 5 - Blocco fotogrammetrico con camere nadirali (piramidi verdi) e oblique (piramidi rosse).

que – piramidi rosse) su un'area di ca 50 x 50 m. Le elaborazioni (Nocerino et al., 2013) mostrano come anche un blocco complesso composto di sole immagini nadirali e processato senza GCP può portare a deformazioni fino a 50 mm (Fig. 6b). Va infine ricordato che utilizzare il solo errore di riproiezione nelle immagini per valutare la qualità del *bundle adjustment* non è utile a capire se ci sono deformazioni nel blocco o altri errori di calcolo. Pertanto l'impiego di soluzioni automatiche basate su SfM aiuta a generare modelli 3D da qualunque blocco di immagini ma non

assicura qualità se non si segue un protocollo preciso nelle acquisizioni delle immagini, nel loro

processamento e nel controllo dei risultati.

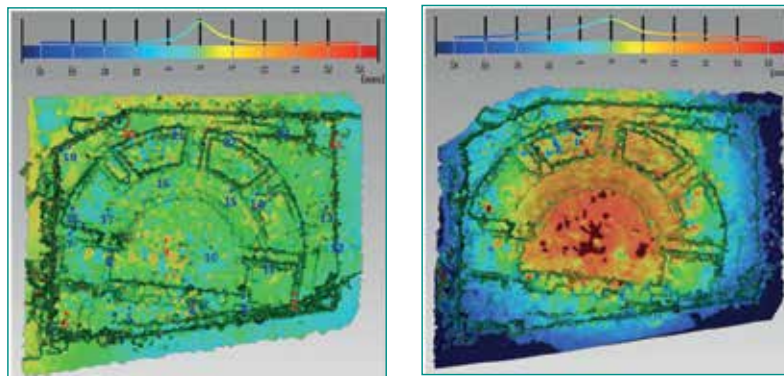


Fig. 6 - Confronto tra DSM ottenuti interpolando i tie points generati da SfM con e senza GCP (a). Confronto tra DSM ottenuti interpolando i tie point generati da SfM con le immagini sia nadirali che oblique e da SfM con le sole immagini nadirali (b).

BIBLIOGRAFIA

- Hirschmuller, H., 2008: Stereo processing by semi-global matching and mutual information. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30(2): 328-341.
- Nocerino, E., Menna, F., Remondino, F., Saleri, R., 2013: Accuracy and block deformation analysis in automatic UAV and terrestrial photogrammetry - Lesson learnt. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. II(5/W1)*, pp. 203-208
- Nocerino, E., Menna, F., Remondino, F., 2014: Accuracy of typical photogrammetric networks in cultural heritage 3D modeling projects. *ISPRS Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-5*, pp. 465-472. ISPRS Commission V Symposium, 23-25 June 2014, Riva del Garda, Italy
- Remondino, F., Spera, M.G., Nocerino, E., Menna, F., Nex, F., 2014: State of the art in high density image matching. *The Photogrammetric Record, Vol. 29(146)*, pp. 144-166
- Remondino, F., Gaiani, M., Apollonio, F., Ballabeni, A., Ballabeni, M. and Morabito, D., 2016: 3D Documentation of 40 Kilometers of Historical Porticoes - the Challenge. *ISPRS Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XLI-B5*, pp. 711-718

Ullman, S., 1979: The interpretation of visual motion. *MIT Press*, Cambridge, MA, USA

PAROLE CHIAVE

FOTOGRAMMETRIA; STRUCTURE FROM MOTION, DEFORMAZIONI, PUNTI DI CONTROLLO (GCP)

ABSTRACT

The availability of fully automated photogrammetric software allows almost anyone with a camera, even low-quality mobile phones, to generate 3D models for various purposes. Researchers and practitioners employ photogrammetry as a means of 3D reconstruction for excavation and archaeological units, museum artefacts, monuments, cities, landscapes, etc. However, the majority of image-based users are often unaware of the strengths and weakness of the used software, employing it much like a black-box where they can drop photographs in one end, and retrieve a completed 3D models on the other end. Structure from Motion (SfM)

methods and software have nevertheless changed the way many people conceive the 3D reconstruction approach and are nowadays providing the possibility to digitally model any scene.

AUTORE

ERICA NOCERINO
NOCERINO@FBK.EU
RICERCATRICE 3D OPTICAL METROLOGY UNIT,
FONDAZIONE BRUNO KESSLER, TRENTO
HTTP://3DOM.FBK.EU

FABIO REMONDINO,
REMONDINO@FBK.EU
RESPONSABILE 3D OPTICAL METROLOGY UNIT,
FONDAZIONE BRUNO KESSLER, TRENTO

Natanti robotizzati

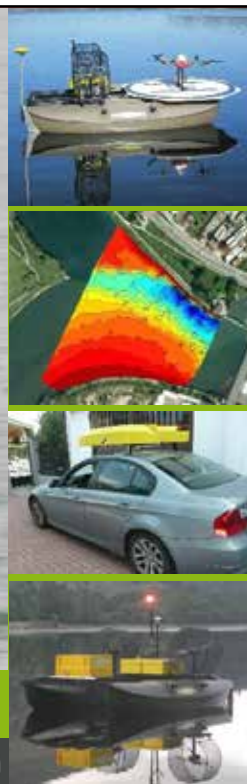
- Rilievi batimetrici automatizzati
- Fotogrammetria delle sponde
- Acquisizione dati e immagini
- Mappatura parametri ambientali
- Attività di ricerca

aerRobotix

Studi e servizi di ingegneria - Robotica di servizio

Vendita - Noleggio - Servizi chiavi in mano, anche con strumentazione cliente

Strada Salga 38C - 10072 Caselle (TO) - Tel. 3389258046 - info@aerrobotix.com - www.aerrobotix.com





Caruccio/Chirruzza

Abbiamo dato ai dati un volto umano.

Da sempre ci occupiamo di dati, progettando soluzioni che rendano più semplice e immediato l'impiego delle informazioni da parte dei nostri utenti, permettendo loro di agire in modo consapevole e tempestivo. In ogni attività coinvolgiamo nei processi di innovazione i nostri clienti, siano essi funzionari pubblici, ricercatori, grandi industrie, imprenditori o singoli cittadini. Generiamo conoscenza declinando le nostre strategie sulle reali esperienze delle persone, cercando il punto d'incontro tra bisogni degli utenti, capacità tecnologiche e sostenibilità economica, sociale e ambientale. Operiamo nei più svariati ambiti applicativi: dalle missioni scientifiche di esplorazione dello spazio al monitoraggio dell'ambiente e territorio, dalle soluzioni di open-government alle smart city, sforzandoci di semplificare quel che è complesso, per perseguire un modello di sviluppo a misura d'uomo.


planetek
italia

www.planetek.it