

Valutazione dell'accuratezza di prodotti fotogrammetrici di alta risoluzione spaziale ottenuti con tecniche SfM da rilievi con autogyro

Emanuele Tufarolo ^(a), Riccardo Salvini ^(a), Chiara Lanciano ^(a), Marcello Seddaiu ^(a)

^(a) Università di Siena, Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente e Centro di Geotecnologie CGT, Via Vetri Vecchi 34, 52027, San Giovanni Valdarno (AR) – emanuele.tufarolo@unisi.it

Riassunto

Il presente lavoro si inserisce in un più ampio progetto di sviluppo di un autogyro attrezzato per rilievi multiparametrici, denominato “*RadGyro*” per via della peculiare iniziale caratteristica di rilevamento della radioattività naturale. In questo lavoro l’aeromobile è stato invece utilizzato per delle acquisizioni fotogrammetriche nelle cave di marmo denominate *Rocchetta Caldia* e *Piastrone* nelle Alpi Apuane (Comune di Massa). In aree morfologicamente complesse, quali i siti di estrazione in aree montuose, è generalmente difficile ottenere elevate accuratezze posizionali dei prodotti fotogrammetrici. Questa problematica può essere in parte superata sfruttando la maneggevolezza e la possibilità di volare a bassa quota del *RadGyro* ed elaborando i dati mediante algoritmi *Structure from Motion*. Allo scopo di valutare l’accuratezza posizionale degli elaborati prodotti, si presentano i risultati ottenuti variando il numero dei *Control Points* rispetto a quello dei *Check Points* derivanti da rilievi topografici con GPS e Stazione Totale.

Abstract

This work is part of a larger project that aims to develop an autogyro equipped for multiparametric surveys, called “*RadGyro*” due to the peculiar initial characteristic of natural radioactivity detection. In this work, the aircraft has been used to acquire photogrammetric data of the *Rocchetta Caldia* and *Piastrone* marble quarries in the Apuan Alps (Massa municipality). In morphologically complex areas, such as the extraction sites in mountainous zones, it is generally difficult to obtain high positional accuracies of the photogrammetric products. This problem can be partially overcome by exploiting the *RadGyro* agility and possibility to fly at low altitude and processing the data through *Structure from Motion* algorithms. In order to assess the positional accuracy of the products, we present the results obtained varying the number of *Control Points* in respect to that of *Check Points* resulting from topographic surveys executed by means of GPS and Total Station.

Abstract esteso

L'area di studio è grande circa 150 ettari e comprende le cave di marmo denominate *Rocchetta Caldia* e *Piastrone* (Alpi Apuane, Massa). I rilievi fotogrammetrici sono stati effettuati utilizzando il “*RadGyro*”, un autogyro sperimentale per acquisizioni multiparametriche. Si tratta di un mezzo economico ed ideale per l’analisi di aree vaste in cui l’impiego di droni sarebbe limitato sia dalla capacità di carico sia dall’autonomia di volo (Tufarolo et al., 2014). In zone morfologicamente complesse è generalmente difficile ottenere elevate accuratezze posizionali dei prodotti fotogrammetrici: condizioni morfologiche, possibile presenza di vegetazione e correnti d’aria, infatti, rendono complesso volare a quote ridotte e, contemporaneamente, rispettare i piani di volo tradizionali. Con il *RadGyro* il pilota ha tuttavia la possibilità di effettuare delle strisciate molto ravvicinate e dalla geometria irregolare che consentono di riprendere l’area di studio con estrema ridondanza e da differenti prospettive. Grazie all’installazione di un Sistema di Navigazione Inerziale (INS) e tre antenne GPS (*Global Positioning System*), i fotogrammi sono sincronizzati e presentano in output coordinate e valori angolari relativi all’assetto di volo (rollio, beccheggio ed imbardata). La ricostruzione del blocco fotogrammetrico ha beneficiato in questo lavoro della disponibilità di 50 *Ground Control Points* (GCP) rilevati mediante tecnica GPS-RTK (*Real Time*

Kinematick) e Stazione Totale. Sono state utilizzate due fotocamere *full-frame mirrorless* Sony $\alpha 7$ (24 Mpx di risoluzione con lunghezza focale pari a 35 mm). L'elaborazione dei dati è avvenuta mediante algoritmi SfM (*Structure from Motion*) implementati nel software Photoscan Pro (Agisoft, Russia). La tecnica SfM (Spetsakis & Aloimonos, 1991) consente di identificare numerosi punti omologhi attraverso la procedura iterativa di *bundle adjustment* (Brown, 1976). Il *processing* ha riguardato quindi l'allineamento delle foto, la creazione della nuvola di punti 3D e la produzione del DEM (*Digital Elevation Model*) e dell'ortofotomosaico. Sono state elaborate, 527 immagini, creando un DEM con risoluzione pari a 12 cm/pix ed un ortomosaico di 3 cm/pix. Allo scopo di valutare l'accuratezza posizionale delle procedure di orientamento effettuate, la Tabella 1 mostra i risultati, in termini di RMSE (*Root Mean Square Error*) di due test effettuati variando il numero dei *Control Points* rispetto a quello dei *Check Points*.

Cave Rocchetta Caldia e Piastrone (Alpi Apuane, Massa) - Volo Dicembre 2015				
N. Test	Numero di Control Points	RMSE Control Points (m)	Numero di Check Points	RMSE Check Points (m)
1	25	0,090509	25	0,117897
2	38	0,084287	12	0,122805

Tabella 1 – Numero di Control e Check Points utilizzati per l'orientamento delle immagini e rispettivi valori RMSE.

Nel test numero 1, si è scelto di usare il 50% dei GCP rilevati come *Control Points*, mentre nel test numero 2 il loro numero è stato incrementato di quasi il 50% (38 punti); in entrambi i casi si sono ottenute precisioni appena al di sotto ed appena al di sopra di 10 cm rispettivamente per i *Control* e i *Check Points*. L'entità di tali errori, se paragonata a quella ricavata dagli Autori applicando la stessa metodologia in altri lavori, utilizzando un drone, in cave limitrofe (Salvini et al., 2016), potrebbe sembrare elevata; i valori ottenuti sono tuttavia accettabili in considerazione delle dimensioni e della morfologia estremamente variabile dell'area, con dislivelli di oltre 300 metri, associate alla necessità di rilevare in tempi brevi e limitando i costi e la potenza di calcolo disponibile. Considerando tali peculiarità e lo scopo principale dei rilievi relativo al monitoraggio multitemporale in scala 1:1000 dei siti di estrazione, l'entità degli errori ottenuti è invece da considerare entro le tolleranze previste. Dai valori ricavati, inoltre, si evince come sia sconsigliabile utilizzare un numero ridotto di GCP; una buona qualità posizionale ed un elevato numero di GCP derivanti da rilievi topografici adeguati, unita alla disponibilità dei sistemi INS e GPS ed alla robustezza degli algoritmi SfM, confermano in questo lavoro come si possa realizzare prodotti fotogrammetrici di qualità e affidabili per le analisi territoriali e ambientali anche utilizzando un autogyro in aree morfologicamente vaste e complesse quali le cave di marmo degli agri marmiferi apuani.

Bibliografia

- Brown D.C. (1976), "The bundle adjustment progress and prospects", *International Archives of Photogrammetry 21 (B3)*, Helsinki, Finland.
- Salvini R., Mastrococco G., Seddaiu M., Rossi D., Vanneschi C. (2016), "The use of unmanned aerial vehicle for fractures mapping within a marble quarry (Carrara, Italy): photogrammetry and discrete fracture network modelling", *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 1-19.
- Spetsakis M.E. & Aloimonos Y., (1991), "A multi-frame approach to visual motion perception", *International Journal of Computer Vision* 6: 245-255.
- Tufarolo E., Baldoncini M., Bezzon G. P., Brogna F. N. A., Buso G. P., Callegari I., Carmignani L., Colonna T., Fiorentini G., Guastaldi E., Xhixha M. K., Mantovani F., Mou L., Pagotto C., Eugenio Realini E., Reguzzoni M., Rossi Alvarez C., Salvini R., Sampietro D., Strati V., Xhixa G., Zanon A., (2014), "Il Radgyro: un autogyro dedicato ad acquisizioni airborne multiparametriche", *Atti della 18a Conferenza Nazionale ASITA, Firenze 14-16 Ottobre 2014*: 1159-1165.