

VALUTAZIONE DELLA PRECISIONE DI COLLIMAZIONE DELLE IMMAGINI ADS40 IN RELAZIONE ALLA QUOTA DI VOLO ED AL FATTORE DI INGRANDIMENTO

Vittorio CASELLA, Marica FRANZINI, Barbara PADOVA

DIET - Università di Pavia, Via Ferrata, 1 - 27100 Pavia - (vittorio.casella, marica.franzini, barbara.padova)@unipv.it

RIASSUNTO

Le immagini native, prodotte da camere digitali aeree, se comparate con le immagini ottenute per scansione dai fotogrammi analogici, presentano un *noise* ridotto e una profondità radiometrica maggiore. La camera Leica ADS40, ad esempio, acquisisce a 12 bit contro i tradizionali 8. La migliore qualità radiometrica dovrebbe tradursi in migliore capacità di distinguere i dettagli e in maggior precisione di collimazione.

Nell'ambito di un Progetto PRIN, questi e altri aspetti sono stati verificati in modo rigoroso. La presente nota concerne la precisione della collimazione manuale di punti segnalizzati su immagini digitali native prodotte da ADS40.

ABSTRACT

Aerial images produced by digital cameras have a lower noise and a deeper radiometric resolution, when compared with the scanned ones. The Leica ADS40 camera has a 12-bit pixel depth, instead of the usual 8. Better radiometric quality should translate into a better readability of details and into an improved measurement precision.

Within a PRIN Project, the above listed issues are rigorously checked. The present paper concerns a part of the performed tests, i.e. the precision of manual measurement of signalized *markers* on ADS40 images.

1. Introduzione

Si ritiene che le immagini native, prodotte da camere aeree digitali, siano migliori di quelle ottenute per scansione e consentano di ridefinire i tradizionali rapporti fra precisione delle misure fotogrammetriche e risoluzione al suolo delle immagini; considerazioni analoghe valgono per il grado di dettaglio delle immagini. In altri termini, se per ottenere un prefissato livello di dettaglio e precisione con le immagini scansionate è necessario avere un certo GSD (*Ground Sampling Distance*, corrispondente alla risoluzione al suolo), con le immagini digitali native lo stesso risultato può essere ottenuto con un GSD maggiore. Tutto ciò ha un evidente impatto sulla produttività e sui costi della fotogrammetria dunque deve essere approfondito e attentamente quantificato.

Su questi argomenti è già stata svolta attività di ricerca a Pavia e in altre sedi, italiane e straniere.

In particolare presso il Laboratorio di Geomatica dell'Università degli Studi di Pavia, sono state svolte molte analisi qualitative e quantitative sugli aspetti menzionati. La presente nota riguarda una parte di tali indagini e in particolare la precisione della collimazione manuale di punti segnalizzati su immagini digitali native prodotte da ADS40.

Sono state analizzate immagini ADS40 acquisite a tre diverse altezze di volo, 2000, 4000 e 6000 m, sul test-site di Pavia. Sono stati scelti 5 punti segnalizzati costituenti un campione rappresentativo, che diversi operatori hanno misurato ripetutamente, per 16 volte. L'indagine è stata compiuta al variare di diversi parametri: la tipologia radiometrica dell'immagine, in quanto sono state osservate

immagini a colori e pancromatiche; la geometria dell'immagine, poiché sono state prese in considerazione immagini nadirali e immagini acquisite nelle viste *forward* e *backward*; il fattore di zoom usate per osservare le immagini; il metodo interpolativo usato per effettuare lo zoom.

Vengono descritte le immagini utilizzate (Par. 2), la metodologia di collimazione e di analisi dei dati (Par. 3), i risultati ottenuti (Par. 4).

2. Le immagini utilizzate

Il test-site di Pavia è stato sviluppato negli ultimi 10 anni per supportare ricerche su lidar, fotogrammetria e GPS. Esso dispone di alcuni elementi specifici per la ricerca in fotogrammetria: 186 punti di controllo artificiali (AGCP) costituiti da quadrati bianchi di 35 cm di lato dipinti sulla pavimentazione stradale o sui camminamenti pedonali; 56 punti di appoggio naturali (NGCP) costituiti da dettagli del territorio facilmente individuabili sui fotogrammi aerei; 120 punti artificiali di grandi dimensioni, aventi lato di 60 cm (BAGCP), creati a supporto della ricerca sulle immagini ADS40.

Nell'agosto del 2004 sono stati acquisiti sopra il test-site di Pavia alcuni blocchi fotogrammetrici con una camera ADS40 alle altezze di volo 2000, 4000 e 6000 m; i voli sono stati realizzati dalla Compagnia Generale Ripreseaeree (CGR) di Parma.

	ZOOM 2X	ZOOM 4X	ZOOM 6X
2000 m			
4000 m			
6000 m			

Tabella 1. Visibilità del punto PV_BAGCP_3 alle diverse quote di volo e con i diversi fattori di ingrandimento.

Allo scopo di valutare la precisione di collimazione sulle immagini ADS40 sono stati scelti cinque punti appartenenti alla categoria dei BAGCP; essi sono collocati all'interno dell'area urbanizzata del Comune di Pavia e sono un sottoinsieme rappresentativo dell'intero set dei *marker* realizzati: alcuni sono ben visibili, altri meno.

Una volta selezionati i cinque punti, è stato estratto, per ogni quota di volo, un frammento di immagine corrispondente a un intorno del punto stesso; l'estrazione è stata effettuata sia sull'immagine nadirale RGB sia sulle immagini pancromatiche *backward* e *forward*. All'interno del presente lavoro verranno discussi unicamente i risultati relativi alle immagini pancromatiche con geometria di acquisizione *backward*.

Ogni frammento è stato usato per creare ulteriori immagini corrispondenti ai rapporti di zoom 2X, 4X, 6X e 8X; in altri termini, dato un certo frammento, è stata creata per ricampionamento una immagine avente il doppio dei pixel (misurati linearmente), una avente il quadruplo e così via. Sono stati presi in considerazione diversi metodi di interpolazione: *nearest neighbour*, bilineare e cubico. Nella presente nota si prendono in considerazione i rapporti di zoom da 2X a 6X e il solo metodo interpolativo bilineare.

Riassumendo, nella presente nota vengono considerate 45 immagini, corrispondenti ai 5 punti, alle 3 altezze di volo, e ai 3 rapporti di zoom.

In Tabella 1 è mostrata, a titolo di esempio, la visibilità del punto PV_BAGCP_3 alle diverse quote di volo e con i diversi fattori di ingrandimento utilizzati; in particolare scorrendo lungo le colonne, da sinistra verso destra, è possibile osservare l'immagine con un fattore di zoom 2X, 4X e 6X; scorrendo la tabella lungo le righe, dall'alto verso il basso, sono riportate le immagini estratte dal volo a 2000m, 4000m e 6000m.

3. La metodologia di collimazione e l'analisi dei dati

I frammenti d'immagine descritti nel paragrafo precedente, sono stati estratti utilizzando Photoshop CS, capace di aprire le immagini originarie ADS40 aventi 12 bit di profondità radiometrica. Tali immagini vengono trattate all'interno del programma come se avessero 16 bit poiché Photoshop, come altri programmi commerciali, è in grado di gestire unicamente immagini aventi 8 o 16 bit per canale.

Un'immagine a 12 bit possiede 4096 livelli, mentre una a 16 bit ne possiede 65536. Un'immagine ADS40, promossa a 16 bit, finisce per avere pressoché tutti i livelli vuoti salvo un piccolo insieme, concentrato in una piccola regione dello spettro: essa appare sostanzialmente nera.

Per superare tale problema, e per uniformare la radiometria di tutte le immagini osservate, è stata creata una procedura Matlab che effettua lo stiramento dell'istogramma (*histogram stretching*). I semplici parametri che controllano la procedura vengono determinati automaticamente. Al termine della procedura è stato comunque effettuato un controllo visivo, per verificare la somiglianza delle immagini ottenute con quelle abitualmente osservate dall'operatore nel software fotogrammetrico.

Le immagini così prodotte sono state osservate ripetutamente, da diversi operatori. Per portare a termine tale fase è stato preparato un ulteriore modulo in ambiente Matlab. Una volta lanciato, esso chiede all'utente di identificarsi e successivamente gli presenta a video tutte le 45 immagini considerate, in ordine casuale. Il programma è stato configurato in modo che il cursore abbia la stessa forma di quello usato nel programma di fotogrammetria digitale usato a Pavia. Infine, per scongiurare il rischio di misure correlate, quando una nuova immagine viene presentata a video, il cursore viene collocato a forte distanza dal *marker*. Il programma descritto arricchisce progressivamente un database indicante, per ogni singola osservazione, nome dell'operatore, data e ora della misura, nome del punto, altezza di volo, tipologia dell'immagine (RGB o pancromatica; nadirale o obliqua) e, infine, le coordinate immagine corrispondenti alla misura effettuata.

Si sottolinea che l'operatore non è chiamato a fare le 16 ripetizioni consecutivamente, ma anzi la procedura seguita prevedeva che le diverse ripetizioni fossero intervallate, in modo da non affatica-

re troppo gli operatori. Una volta completata la fase di misura, apposite utilità consentono di estrarre i dati diversamente aggregati.

4. I risultati ottenuti

Utilizzando i moduli descritti nel paragrafo precedente è stato chiesto a due differenti operatori di collimare le immagini considerate per 16 volte. Il livello elementare di analisi prevede la stima della precisione di collimazione per ogni operatore, punto, altezza di volo e fattore di zoom: si estraggono le 16 coppie di coordinate corrispondenti e si determinano le medie delle componenti x e y ; si formano gli scarti; si aggregano i 32 scarti e, sotto l'ipotesi che le componenti x e y siano equidisperse, si determina la deviazione standard. La deviazione standard così ottenuta viene normalizzata ed espressa in unità pixel dell'immagine originaria.

Le tabelle seguenti presentano i dati a un livello maggiore di aggregazione in quanto i risultati relativi ai diversi punti vengono mediati e sono quindi differenziati solo per operatore, altezza di volo e fattore di zoom. Per favorire la comparazione dei risultati, le deviazioni standard, invece che in unità pixel, sono date in unità GSD, la proiezione al suolo del pixel, che ha i valori 21, 39 e 63 cm per le altezze di volo 2000, 4000 e 6000 m. Si noti che il fattore di zoom 1X non è stato preso in considerazione in quanto si ritiene ovvio che l'uso di fattori maggiori dia un beneficio.

Le Tabelle 2 e 3 sintetizzano i risultati ottenuti dagli operatori 1 e 2. I risultati sono in sostanza comparabili, anche se l'operatore 1 è in generale un poco più preciso e, per contro, l'operatore 2 ha risultati migliori sulla immagini da 6000 m. Nel seguito si commentano i risultati della Tabella 2.

Sigma [cm]	2X	4X	6X
2000 m	3.1	2.5	2.5
4000 m	6.5	3.3	3.5
6000 m	8.9	8.2	6.0

Tabella 2. Precisione in unità GSD delle misure svolte dall'operatore 1.

Sigma [cm]	2X	4X	6X
2000 m	3.2	3.0	2.8
4000 m	6.6	3.7	4.7
6000 m	8.3	6.1	5.8

Tabella 3. Precisione in unità GSD delle misure svolte dall'operatore 2

Considerando la modalità di visualizzazione più favorevole per ogni altezza di volo, la precisione di collimazione è di circa 1/8 di pixel per la quota 2000 m, 1/12 di pixel per la quota 4000 m e 1/10 per il caso 6000 m. I risultati comparativamente meno buoni per il caso 2000 m si spiegano probabilmente col fatto che, da quella altezza di volo, i *marker* artificiali di 60 cm occupano una porzione grande dell'immagine, nella quale l'operatore tende a perdersi.

Per le altezze 2000 e 4000 m il passaggio da 2X a 4X dà benefici significativi, addirittura eclatanti nel secondo caso. L'ulteriore ingrandimento a 6X non incrementa la precisione di collimazione e può essere addirittura controproducente. Per le immagini acquisite a 6000 m, meno dettagliate, l'uso del fattore 6X è invece molto utile per un operatore.

Se si considera il fattore 2X, la precisione di collimazione varia in funzione dell'altezza di volo in modo lineare; quando si considerano gli ulteriori ingrandimenti, la deviazione standard cresce con la quota meno che linearmente.

I risultati possono essere ulteriormente comparati nel modo seguente: la dimensione della proiezione a terra del pixel dell'immagine da 2000 m visualizzata con fattore 2X è circa 10 cm; lo stesso valore di proiezione a terra hanno l'immagine da 4000 m visualizzata a 4X e l'immagine da 6000 m con fattore 6X. Da un punto di vista puramente geometrico, queste tre configurazioni dovrebbero presentare la stessa precisione, che invece è di 3.1, 3.3 e 6.1 cm. Ciò si spiega con il maggiore contenuto informativo delle immagini acquisite dalle quote minori; per fare un esempio, pur a parità di proiezione a terra del pixel, l'immagine da 2000 m con 2X ha un grado di dettaglio maggiore dell'immagine da 6000 m con 6X, il che avvantaggia l'operatore.

5. Conclusioni

E' stato svolto un accertamento sistematico e rigoroso della precisione di collimazione su immagini ADS40 in funzione della altezza di volo e del fattore di zoom. I risultati sono in generale molto buoni ed evidenziano che la precisione di collimazione manuale di punti segnalizzati è mediamente fra 1/8 e 1/10 di pixel. L'uso di immagini zoomate con fattori 2X e 4X incrementa significativamente la qualità delle misure. L'uso di rapporti maggiori dà benefici limitati e solo nel caso delle immagini acquisite da 6000 m.

6. Bibliografia

Casella, V., Franzini, M., Padova, B. (2007). Accuracy assessment of ADS40 imagery as a function of flying height and of aerial triangulation strategies. Atti del V Simposio Internazionale MMT, 29-31 maggio 2007, Padova, (pubblicato su CD).

Jacobsen, K. (2007). Comparison of large size digital airborne frame cameras with analogue film cameras. Atti del 27th EARSeL Symposium, 4-7 giugno 2007, Bolzano.

Lingua, A., Nex, F., Rinaudo, F. (2007). Il contenuto informativo di immagini acquisite mediante sensori digitali per applicazioni cartografiche e ambientali. Atti del Convegno Nazionale SIFET, 27-29 giugno 2007, Arezzo, (pubblicato su CD).

Casella, V., Franzini, M., Banchini, G., Basili, D., Gentili, G. (2005). La qualità radiometrica delle immagini ADS40 e la sua influenza sulla precisione di collimazione e di restituzione. Atti della IX Conferenza Nazionale ASITA, 15-18 novembre 2005, Catania, (pubblicato su CD).

7. Ringraziamenti

La ricerca descritta nel presente articolo è stata svolta nell'ambito del Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale intitolato "Analisi, comparazione e integrazione di immagini digitali acquisite da piattaforma aerea e satellitare", cofinanziato del MIUR per l'anno 2005, avente come coordinatore nazionale il prof. Sergio Dequal del Politecnico di Torino.

Si ringrazia la Compagnia Generale Ripreseeree – CGR di Parma per aver gentilmente messo a disposizione le immagini utilizzate per lo studio.