

La camera Leica ADS40 di seconda generazione: caratteristiche tecniche e potenzialità metriche

Vittorio Casella, Marica Franzini, Barbara Padova

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

Riassunto

Alla fine del 2006, Leica Geosystem ha annunciato l'uscita della seconda generazione della camera digitale aerea ADS40. La Compagnia Generale Ripreseeree (CGR) ha deciso di aggiornare entrambi gli esemplari di ADS40 posseduti e la prima camera modificata le è stata consegnata a marzo di quest'anno. Per testare le potenzialità di questa nuova versione, sono stati pianificati ed acquisiti alcuni blocchi a quote differenti, 800, 2000 e 6000 metri, sul test-site di Pavia.

La presente nota riguarda la validazione preliminare della nuova camera; viene anzitutto valutata l'accuratezza geometrica del blocco a 2000 m, prendendo in considerazione vari scenari per la determinazione dell'orientamento esterno: *direct georeferencing* (DG), triangolazione aerea, ristima dei *misa-lignment* IMU. Viene anche analizzata la qualità radiometrica delle immagini, sia pure in via preliminare.

Abstract

In late 2006, Leica Geosystems announced the availability of the second-generation ADS40 camera. Compagnia Generale Ripreseeree (CGR) decided to upgrade both its ADS40 cameras to the second generation. The first modified one came back from the Leica factory in March 2008 and a previously planned test flight was soon performed over the Pavia test site; new dataset is constituted by three blocks at the flying heights 800, 2000 and 6000 meters.

The paper is an early contribution to the validation of the second-generation ADS40 camera. First of all, it focuses on geometric accuracy of the 2000 m block with different scenarios: direct georeferencing (DG), aerial triangulation, IMU misalignment re-estimation. The paper also contains some visual checks of the degree of detail of the imagery acquired at 800 m, having a GSD of 8 cm: they are compared with some previously acquired Leica RC30 imagery, having a 7 cm GSD.

1 Introduzione

Alla fine del 2006, Leica Geosystem ha annunciato la disponibilità della seconda generazione della camera digitale aerea ADS40, avente nuove e migliorate caratteristiche quali la presenza del tetracroide, invece del tricroide, capace di acquisire quattro bande co-registrate (rosso, verde, blu e infrarosso vicino) ed una migliore sensibilità dovuta alla riduzione del livello di rumore. Tali elementi dovrebbero assicurare una miglior risoluzione al suolo ed un incremento della produttività.

La Compagnia Generale Ripreseeree (CGR) ha deciso di aggiornare entrambe le camere che possiede e la prima camera aggiornata le è stata consegnata a marzo di quest'anno. Per testare le potenzialità della nuova versione, sono stati pianificati ed acquisiti alcuni blocchi a quote differenti, 800, 2000 e 6000 metri, sul test-site di Pavia.

La presente nota costituisce una validazione preliminare della nuova camera e le analisi condotte hanno lo scopo di rispondere a quattro quesiti:

1. quanto è accurata la georeferenziazione diretta del nuovo sensore?
2. qual è l'accuratezza ottenibile quando non viene effettuata una auto-calibrazione? In altri termini: occorre effettuare la auto-calibrazione per raggiungere accuratèzze di buon livello?
3. è possibile acquisire immagini digitali native con risoluzione al suolo (GSD) inferiore a 10 cm in entrambe le direzioni?
4. è visivamente percepibile il miglioramento apportato alla qualità radiometrica delle immagini?

Nel seguito vengono descritti il data-set utilizzato (Sezione 2), alcune caratteristiche del nuovo sensore ADS40-SH52 (Sezione 3), la valutazione dell'accuratezza geometrica del blocco acquisito a 2000 m (Sezione 4), lo studio della risoluzione geometrica delle immagini acquisite a 800 m (Sezione 5).

2 Il data-set utilizzato

Nel marzo 2008 sono stati acquisiti sul test-site di Pavia alcuni blocchi fotogrammetrici alle altezze di 800, 2000 e 6000 metri; i corrispondenti GSD sono rispettivamente di circa 8, 20 e 60 cm.

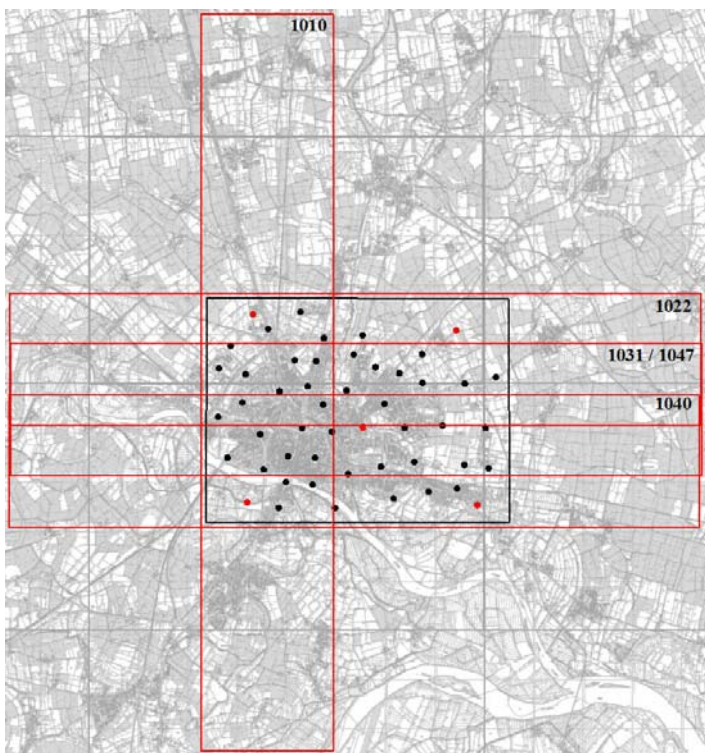


Figura 1. Struttura del blocco a 2000 m e distribuzione dei punti di appoggio

Il blocco a 2000 m, usato per la stima dell'accuratezza geometrica, è costituito da quattro strisciate Est-Ovest e da una strisciata Nord-Sud, indicate in Figura 1; le strisciate 1031 e 1047 hanno la stessa impronta a terra, ma sono state acquisite con direzioni di volo opposte. Il test-site di Pavia dispone, tra gli altri elementi, di 50 punti di controllo artificiali, aventi lato di 60 cm, creati per la ricerca su ADS40; la disposizione di tali vertici è riportata anch'essa in Figura 1. La triangolazione aerea è stata effettuata sull'area indicata dal rettangolo nero ed è stata presa in considerazione un'unica configurazione costituita da 5 punti di appoggio (punti rossi); tutti gli altri vertici sono stati utilizzati solo nelle fasi di validazione come *Check Point* (CKP). Sul test-site di Pavia sono disponibili anche blocchi acquisiti con la camera ADS40 di prima generazione e numerosi blocchi acquisiti con camera analogica Leica RC30; maggiori informazioni possono essere reperite in (Casella et al., 2007) e (Galetto et al., 2004).

3 Caratteristiche della camera ADS40 di seconda generazione

Le caratteristiche innovative della ADS40 di seconda generazione sono contenute sostanzialmente nella testa del sensore. La vecchia testa si chiamava SH40 (*Sensor Head* 40) e le nuove sono denominate

SH51 e SH52. Nella presente sezione saranno descritte brevemente le principali novità della testa SH52 che equipaggia la camera che ha volato su Pavia.

Una delle novità principali è la presenza di un dispositivo, chiamato tetracroide, che consente la co-registrazione di quattro bande spettrali (rosso, verde, blu ed infrarosso vicino). Inoltre vi è la possibilità di acquisire due immagini a colori stereoscopiche; per la precisione vengono acquisite due quaterne R,G,B e Nir i cui componenti possono essere variamente combinati per avere due coppie di immagini a colori, come detto, ma anche due coppie di immagini CIR (*Color Infra-Red*).

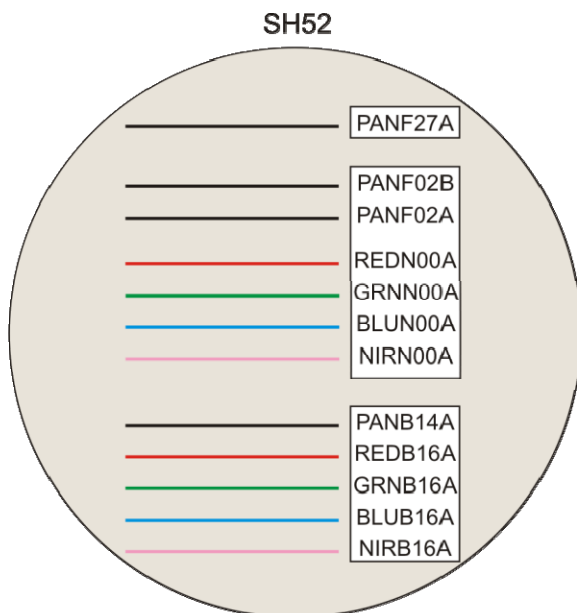


Figura 2. Struttura del piano focale del sensore

Il nuovo sensore ha una sensibilità circa 4 volte maggiore del precedente e ciò permette di operare con tempi di integrazione più brevi. Questa caratteristica dovrebbe consentire di ottenere immagini con un livello di rumore ridotto, una miglior leggibilità nelle zone d'ombra, una risoluzione, in termini di GSD, inferiore a 10 cm (Tempelmann and Hinsken, 2007). Infine, la geometria interna della camera dovrebbe essere più stabile e vicina al modello nominale; nel vecchio sensore SH40 potevano verificarsi distorsioni locali anche superiori ai 20 micron, mentre nel nuovo dovrebbero mantenersi inferiori al micron, consentendo l'adozione di modelli matematici della camera abbastanza semplici. In Figura 2 è mostrata la struttura del sensore e si indicano, per ogni linea CCD, la banda spettrale cui è sensibile e l'angolo di vista utilizzato.

4 Valutazione dell'accuratezza geometrica della camera ADS40-SH52

L'elaborazione e l'analisi dei dati sono state condotte utilizzando il pacchetto software di Leica: LPS 9.1, Gpro 3.3 ed Orima 9.1. Esso presenta significative novità rispetto alle versioni precedenti, fra cui: la possibilità di effettuare l'estrazione automatica dei punti di legame direttamente sulle immagini L0, senza la necessità di produrre le L1, e la possibilità di ristimare i *misalignment* IMU sia per l'intero blocco che per ogni singola strisciata.

Nella presente nota vengono presi in considerazione quattro differenti configurazioni riguardanti l'orientamento esterno delle immagini:

1. **DG**, nel quale vengono utilizzati direttamente i parametri di orientamento esterno determinati dal sistema GPS/IMU;
2. **AT**, in cui viene calcolata la triangolazione aerea classica;
3. **AT + MIS**, in cui l'insieme delle incognite della triangolazione aerea viene esteso in modo da contenere i *misalignment* del sistema IMU; in altri termini: vengono ristimati gli angoli di orientamento relativo fra il sistema di riferimento camera e quello IMU;
4. **AT + MIS-2**, nel quale, durante la triangolazione aerea, vengono ristimati i *misalignment* del sistema IMU per ogni singola strisciata.

Durante queste prime analisi non è stata presa in considerazione la auto-calibrazione della camera, pertanto le elaborazioni effettuate utilizzano i file di calibrazione originali forniti da CGR. È possibile tro-

vare maggiori dettagli circa le procedure utilizzate per la preparazione, l'elaborazione e l'analisi dei dati in (Casella et al., 2008).

Ci si potrebbe chiedere quale senso abbia stimare i misalignment per ogni strisciata, visto che tali angoli descrivono l'orientamento del sistema di riferimento materializzato dall'IMU rispetto a quello materializzato dalla camera: è possibile che tale orientamento subisca modifiche nel tempo, ma è impensabile che ciò avvenga fra due strisciate dello stesso volo. La spiegazione sta nel fatto che vi sono diverse fonti di errore che non vengono modellizzate, quali ad esempio le derive dell'IMU, e i *drift* GPS, e che incrementano gli errori complessivi. Stimare i tre misalignment per ogni strisciata consente di riassorbire, almeno in parte, tali errori.

Set	GCPs/ CKPs	Comp.	Media[m]	STD[m]	RMSE[m]
DG	0 / 40	x	0.078	0.110	0.135
		y	-0.022	0.130	0.131
		z	0.107	0.192	0.220
AT	5 / 40	x	0.049	0.040	0.064
		y	-0.071	0.056	0.091
		z	-0.016	0.070	0.072
AT+MIS	5 / 40	x	0.040	0.035	0.053
		y	-0.041	0.057	0.070
		z	0.025	0.066	0.071
AT+MIS-2	5 / 40	x	0.003	0.036	0.036
		y	0.011	0.058	0.059
		z	0.024	0.057	0.062

Tabella 1. Validazione del blocco a 2000 m

In Tabella 1 sono riportati i risultati ottenuti per i sopraccitati scenari. Nel DG le accuratèzze planimetriche (X, Y) sono pari, in termini di RMSE, a circa 0.65 GSD, mentre in altimetria si ha un valore di poco superiore al GSD. Quando viene effettuata una triangolazione aerea senza parametri aggiuntivi (scenario AT) gli RMSE sono, per le tre componenti, al di sotto di 0.5 GSD. La ristima dei *misalignment* IMU per l'intero blocco (scenario AT + MIS) migliora ulteriormente i risultati; la ristima dei *misalignment* IMU per singola strisciata (scenario AT + MIS-2) permette infine di raggiungere le migliori accuratèzze con un RMSE compreso tra 0.18 e 0.31 GSD. Si tratta di livelli di accuratèzza eccellenti, del tutto comparabili con quelli ottenuti con la SH40, la camera di prima generazione, con la auto-calibrazione.

Le medie in generale sono piccole e ciò indica l'assenza di errori sistematici significativi; gli unici dati leggermente anomali sono costituiti dalla componente Z nello scenario DG e dalla componente Y nello scenario AT. Quest'ultimo dato potrebbe essere causato da una lieve inconsistenza degli angoli IMU; quando nella triangolazione aerea viene effettuata anche una ristima dei *misalignment*, il *bias* scompare.

5 Risoluzione geometrica del sensore ADS40-SH52

Una delle caratteristiche piú interessanti del nuovo sensore SH52 è la capacità di acquisire immagini aventi un GSD minimo di 5 cm (contro i 15 cm del precedente sensore SH40). Essendo ADS40 una camera a linee, la risoluzione al suolo nella direzione trasversale (rispetto alla rotta) può essere incrementata abbassando l'altezza di volo ma, per avere la stessa risoluzione anche in direzione longitudina-

le, è necessario utilizzare tempi di integrazione molto piccoli e/o volare a velocità ridotte, elemento quest'ultimo che, almeno per i velivoli ad ala fissa, trova un limite invalicabile nelle leggi della fisica. La massima risoluzione raggiungibile dipende pertanto dalle caratteristiche dell'aereo impiegato; per l'acquisizione del dataset analizzato nella nota, CGR ha utilizzato un Casa 512 che consente di acquisire con un GSD minimo di 8 cm.

A supporto delle analisi sulla risoluzione delle immagini, è stata posizionata sul tetto del DIET una Siemens star, avente diametro di 5.4 metri. Sono in corso analisi basate sulla MTF (*Modulation Transfer Function*), che saranno presentate in prossime pubblicazioni.

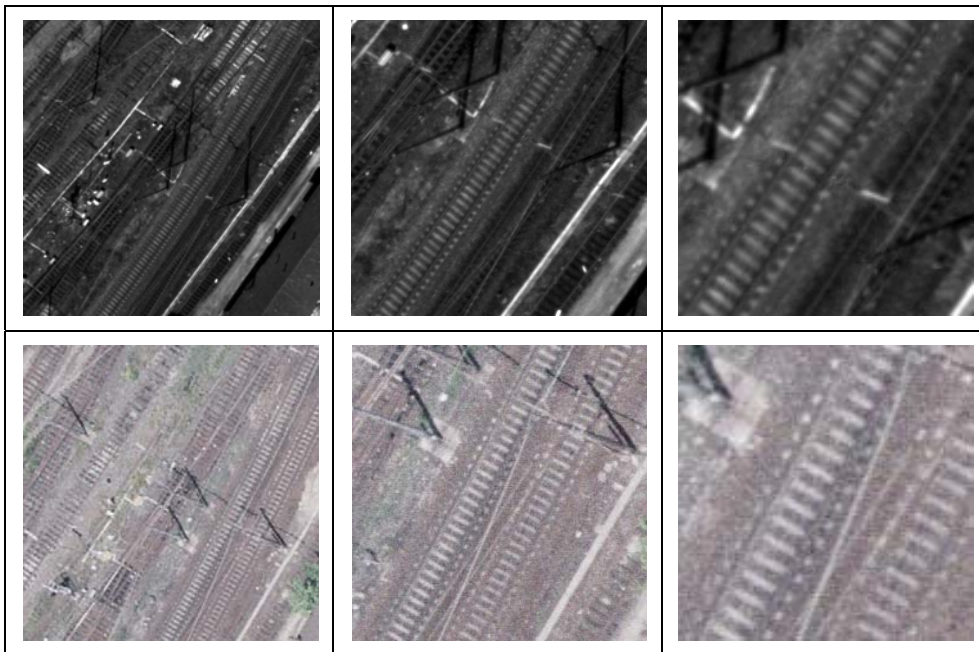


Figura 3. Confronto tra immagini ADS40, aventi GSD di 8 cm (riga superiore) e RC30, avente GSD di 7 cm (riga inferiore)

Nella presente nota ci si limita a una comparazione visiva tra immagini prodotte dal nuovo sensore ADS40-SH52, acquisite a 800 m di altezza e aventi un GSD di 8 cm, e fotogrammi prodotti da una camera analogica Leica RC30, acquisiti a 750 m di quota e aventi un GSD di 7 cm; per il confronto è stata utilizzata una tipica zona test costituita da una linea di binari ferroviari (Figura 3). La riga superiore mostra il dettaglio del terreno prodotto dalla camera digitale a tre diversi fattori di zoom (1X, 2X e 4X); la riga inferiore mostra l'analogica zona acquisita con camera analogica e successivamente digitalizzate con un scanner Zeiss SCAI ad una risoluzione di 14 micron. Il confronto mostra come le immagini digitali native abbiano un grado di dettaglio comparabile se non superiore alle immagini analogiche, pur avendo un GSD maggiore.

6 Conclusioni

La nota descrive alcune sperimentazioni preliminari, in termini di accuratezza e risoluzione geometrica, svolte su di un data-set acquisito sul test-site di Pavia con una camera digitale ADS40-SH52 da parte di CGR.

Per la valutazione dell'accuratezza geometrica sono stati presi in considerazione diversi scenari: georeferenziazione diretta, triangolazione aerea con e senza ristima dei *misalignment*. La validazione ha mo-

strato che l'uso diretto dei parametri di orientamento esterno GPS/IMU porta a valori di RMSE inferiori al GSD in planimetria e di poco superiori in altimetria; quando viene effettuata una semplice triangolazione aerea, senza la ristima di nessun parametro aggiuntivo, le accuratze scendono a mezzo GSD su tutte le componenti; infine, se anche i *misalignment* vengono ristimati, per l'intero blocco o per ogni singola strisciata, gli RMSE finali si attestano tra 0.18 e 0.36 GSD. Gli ultimi risultati sono comparabili o addirittura migliori di quelli ottenuti con la ADS40 di prima generazione (Casella et al., 2007a, 2007b, 2007c) dopo aver effettuato la auto-calibrazione.

Infine, è stata testata la risoluzione geometrica delle immagini acquisite a 800 m, aventi un GSD di 8 cm, per confronto con alcuni fotogrammi acquisiti da una camera Leica RC30, aventi un GSD di 7 cm.

7 Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare i tecnici del Laboratorio di Geomatica, geom. Giuseppe Girone e geom. Paolo Marchese, per avere effettuato alcune delle misure fotogrammetriche utilizzate nel presente lavoro. Si ringrazia inoltre la Compagnia Generale Ripreseeree di Parma per aver gentilmente messo a disposizione le immagini utilizzate per lo studio.

8 Bibliografia

Casella V., Franzini M., Kocaman S., Gruen A. (2007a). Triangulation and Self-calibration of the ADS40 Imagery: A Case Study over the Pavia Test Site. In: Proceedings of the 8th Conference on "Optical 3D Measurement Techniques", Zurich, Switzerland, Vol. I, pp. 223-232.

Casella V., Franzini M., Padova B. (2007b). Accuracy assessment of ADS40 imagery as a function of flying height and of aerial triangulation strategies. In: Proceedings of 5th MMT Symposium, Padova, Italia, pubblicato su CD-ROM.

Casella V., Franzini M., Padova B. (2007c). Valutazione dell'accuratezza delle immagini ADS40 in funzione del modello di camera e della quota di volo. In: Atti dell'11° Conferenza Nazionale ASITA, Torino, Italia, pubblicato su CD-ROM.

Galetto R., Casella V., Franzini M., Spalla A. (2004). An Italian research project on direct photogrammetry. In: Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Istanbul, Turkey, Vol. 35, Part B3, Com. III, pp. 891-896.

Kocaman S., Casella V., Franzini M., Gruen A. (2007a). The triangulation accuracy of ADS40 imagery over the Pavia Testsite. In: Proceedings of Annual Meeting of U.K. Remote Sensing and Photogrammetry Society 2007, Newcastle upon Tyne, U.K., pubblicato su CD-ROM.

Kocaman S., Gruen A., Casella V., Franzini M. (2007b). Accuracy Assessment of ADS40 Imagery over the Pavia Testsite. In: Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing 2007, Kuala Lumpur, Malaysia, pubblicato su CD-ROM.

Saks T., Tempelmann U. (2008). ADS40 system with new sensor heads – key to the simplified model for self-calibration and extended user benefits. In: EuroCOW 2008 International Calibration and Orientation Workshop, Castelldefels, Spain, pubblicato su CD-ROM.

Tempelmann U., Hinsken L. (2007). Hardware improvements of the ADS40 sensor heads SH51/52 and how they allow a better camera model for self-calibration. In: Proceedings of the 8th Conference on "Optical 3D Measurement Techniques", Zurich, Switzerland, pp. 187-193.

Wicki S. (2000). Design Principle of The LH Systems ADS40 Airborne Digital Sensor. In: The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam, Netherlands, Vol. 33, Part B1, pp. 258-265.