

Immagini Leica ADS40 per il *disaster management*: produttività ed accuratezza geometrica

Vittorio Casella (*), Marica Franzini (*), Barbara Padova (*),
Luigi Lingesso (**), Luca Pappani (**), Giuseppe Gentili (**)

(*) DIET – Università degli Studi di Pavia, via Ferrata 1, 27100 Pavia
(vittorio.casella, marica.franzini, barbara.padova)@unipv.it
(**) BLOM CGR – Via Cremonese 35/A, 43100 Parma
(luigi.lingesso, luca.pappani, giuseppe.gentili)@blomasa.com

Riassunto. Ogni anno, in tutto il mondo, si verificano numerosi disastri ambientali come uragani, inondazioni e terremoti che causano migliaia di morti e moltissimi danni. La comunità scientifica è coinvolta da tempo nello studio per il monitoraggio dei problemi ambientali, la prevenzione dei disastri e il supporto post-disastro.

La Geomatica gioca un ruolo chiave in tutte le fasi del *disaster management*. L'argomento dell'articolo è l'uso della camera digitale Leica ADS40 come strumento per effettuare il *rapid mapping* post disastro.

Abstract. Every year environmental disasters such as storms, floods and earthquakes cause thousands of deaths and a great deal of damage around the world. The scientific community is involved in the endeavour for preventing disaster, monitoring environmental problems and supporting rescue efforts.

Geomatics is heavily concerned with all the aspects of disaster management. The paper focuses on the Leica ADS40 digital camera as a tool for performing post-disaster rapid mapping.

1 Introduzione

Per la gestione dei disastri e delle crisi ambientali vengono utilizzati diversi sistemi di rilevamento: essi possono essere ottici, radar o laser; operanti a terra oppure su piattaforma aerea o satellitare. Se consideriamo i sensori ottici operanti su aereo, vi sono molte soluzioni tecnologiche, differenziate per il formato del sensore (camere amatoriali, a medio o grande formato) e il tipo di veicolo impiegato (aerei veri e propri, droni di varie dimensioni o palloni aerostatici).

Le camere digitali aeree a grande formato possono essere utilmente utilizzate per il *disaster management* e presentano diversi vantaggi: elevata produttività, qualità elevata delle immagini, capacità di misurare direttamente e con grande accuratezza i parametri di orientamento esterno, misurati dal sistema GNSS/IMU.

La camera ADS40 (prodotta e distribuita da Leica Geosystems, Svizzera) ed i modelli successivi, ADS40-SH52 e ADS80 possono essere utilizzate per la gestione delle crisi. Esse possono operare a diverse migliaia di metri di altezza, con un'impronta a terra che può superare i 10 km nella direzione ortogonale al volo; acquisiscono contemporaneamente i canali pancromatico (PAN), R, G e B e infrarosso-vicino (NIR); infine, sono equipaggiate con un sistema GNSS/IMU molto accurato che misura direttamente l'orientamento esterno.

La produzione di immagini aeree è talvolta considerata dispendiosa sia in termini economici che di tempo. Per quanto riguarda i costi, non è possibile rispondere soltanto con un *si* o un *no*: devono essere considerati diversi parametri, ma questo esula dallo scopo dell'articolo. In termini di tempo invece, risulta una tecnica più dispendiosa di altre soltanto quando si utilizzano punti di appoggio per determinare l'orientamento esterno delle immagini. Con la seconda e la terza generazione della

camera ADS, si ottengono invece buoni risultati anche senza l'utilizzo di punti di appoggio in quanto la georeferenziazione diretta mostra accuratèzze dell'ordine del pixel.

E' possibile trovare diversi esempi in letteratura sull'uso di immagini ADS40 in caso di disastri. Una camera Leica ADS40, di propriet  della compagnia Blom CGR di Parma,   stata utilizzata per rilevare i dintorni di L'Aquila, dopo il terremoto che ha colpito la citt  nell'aprile del 2009. Un esempio pi  recente si riferisce a un versamento di olio nel fiume Lambro, a nord di Milano, avvenuto il 23 febbraio 2010. In quell'occasione un aereo Casa della compagnia Blom CGR ha volato sull'area il 24 marzo, equipaggiato con la camera ADS40-SH52 ed un sensore multispettrale MIVIS. La camera ha acquisito quattro strisciate di 80 Km di lunghezza; il GSD (Ground Sampling Distance) era di 15 cm.

L'articolo si concentra sulle metodologie speditive per l'orientamento delle immagini che possono essere realizzate con la camera ADS40-SH52, pertanto viene presa in considerazione soltanto la tecnica di georeferenziazione diretta, detta anche *direct georeferencing*. Si analizza l'accuratezza ottenibile e anche la produttivit  della camera.

Vengono presi in considerazione tre dataset. Il primo, denominato **L'Aquila**,   stato acquisito sulla citt  dopo il terremoto; per esso, elaborando gli appunti e le esperienze dei tecnici CGR,   stato possibile fare una stima della produttivit  e dei tempi di elaborazione. Il secondo dataset, **Emilia**, riguarda un'ampia area corrispondente ad una parte significativa di una regione italiana. Questo blocco dimostra come ADS40 pu  essere utilizzata per rilevare aree molto ampie. Oltre all'accuratezza geometrica   stata stimata la produttivit  in termini di chilometri quadrati acquisiti per ora di lavoro. Infine,   stato analizzato il blocco **Pavia**, acquisito sul test site della nostra citt . Dal momento che avevamo a disposizione per questa zona un buon numero di punti di controllo artificiali, misurati con grande precisione,   stato possibile determinare l'accuratezza geometrica in modo attendibile.

Il Paragrafo 2 illustra i tre dataset considerati e contiene le valutazioni sulla produttivit  della camera. Il Paragrafo 3 mostra i risultati relativi all'accuratezza geometrica per i due dataset **Emilia** e **Pavia**.

2 I tre dataset considerati

Sono stati considerati tre casi studio, acquisiti dalla compagnia Blom CGR di Parma con camere Leica ADS40-SH52. La compagnia possiede diverse camere aeree, analogiche e digitali, incluse due camere ADS40 di seconda generazione e due camere Vexcel UC Xp, ed ha una flotta di 9 aerei, tra cui un Lear Jet 25C pressurizzato (Fig. 1), che pu  operare ad elevate altezze di volo.



Fig. 1 – Lear Jet 25C di Blom CGR.

La Tabella 1 riassume i parametri essenziali dei blocchi considerati.

Nome blocco	Altezza media di volo [m]	GSD [cm]	Dimensione blocco [Km ²]
L'Aquila	2500	25	572
Emilia	6800	68	5000
Pavia	2000	20	67

Tabella 1 – Parametri essenziali dei blocchi considerati.

Il dataset **L'Aquila** è stato inserito nell'articolo perché si riferisce ad un'emergenza reale. Il blocco **Emilia** ha una estensione molto significativa e per esso è stata valutata l'accuratezza geometrica, sia pure con un numero limitato di punti di controllo, ed anche la produttività. Il dataset **Pavia** è stato acquisito su un test site fotogrammetrico dunque ha consentito di effettuare una valutazione rigorosa dell'accuratezza geometrica.

2.1 Il dataset L'Aquila

Il 6 aprile del 2009 in Abruzzo, alle ore 3:32, è stato registrato un terremoto di magnitudo 5.8 sulla scala Richter. L'epicentro è stato registrato vicino a L'Aquila che, insieme ai paesi circostanti, ha subito i danni maggiori. Sono morte 307 persone, rendendo questo il terremoto che ha causato più vittime negli ultimi 30 anni.

Qualche ora dopo il terremoto, la compagnia Blom CGR, nell'ambito delle attività gestite dal Consorzio Telaer, ha iniziato le operazioni per acquisire una copertura fotogrammetrica sopra L'Aquila e le aree circostanti. Più precisamente l'intera area è stata acquisita con tre sensori: la camera Leica ADS40-SH52 (alcune immagini acquisite sono mostrate in questo articolo), il sensore lidar Optech ALTM Gemini ed un dispositivo *Pictometry*, per l'acquisizione di immagini oblique. Vengono mostrate alcune immagini come esempio dei danni causati dal terremoto, raffiguranti due chiese del centro della città ed altri edifici di dimensioni minori, nella periferia.



Fig. 2 – Da sinistra a destra: la Chiesa delle Anime Sante, e la Chiesa di Santa Maria Paganica a L'Aquila; paese nei dintorni della città.

L'area colpita dal terremoto è stata suddivisa in tre parti, acquisite nei giorni 6, 7 e 8 aprile: l'intera area rilevata misura 572 chilometri quadrati. L'elaborazione delle immagini è stata fatta in due fasi, in cui sono state prodotte *ortofoto speditive* con una risoluzione a terra rispettivamente di 1 m e 0.25 m. Gli esempi qui riportati sono stati estratti dalle immagini con risoluzione 0.25 m. La produzione delle ortofoto si è conclusa entro la sera del 9 aprile.

Con l'espressione *ortofoto speditiva* si intende un'immagine ottenuta dalla orto-rettificazione di una singola strisciata, in quanto non viene effettuata la mosaicatura fra le varie strisciate. Tutte le orto-immagini sono state orientate con la tecnica della georeferenziazione diretta e i parametri provenienti dal sistema GNSS/IMU sono stati utilizzati senza nessuna correzione, senza l'uso di punti di appoggio o legame. L'ortoproiezione è stata eseguita utilizzando un DTM di tutta l'Italia, di proprietà della stessa Blom CGR.

2.2 Il caso studio Emilia

Ogni tre anni, a partire dal 1988, la compagnia Blom CGR ha acquisito regolarmente immagini di tutto il territorio italiano. Si tratta del progetto denominato Terraltaly. I primi voli sono stati fatti con una camera analogica, mentre negli ultimi anni è stata utilizzata ADS40. Nelle acquisizioni più recenti, fatte con la camera Leica, l'altezza media di volo del progetto è di 6800 m, corrispondente ad una risoluzione a terra di 68 cm; l'impronta a terra dell'immagine è di 8000 m in direzione trasversale.

La configurazione di volo di Terraltaly è adatta alla gestione di disastri quando le dimensioni del territorio colpito sono ampie. Il blocco **Emilia** è stato acquisito nel luglio del 2008 sulla parte Ovest

dell'Emilia. Il volo è formato da 8 strisciate est-ovest ed abbraccia un'area più grande di 5000 Km²; ciascuna strisciata è lunga approssimativamente 120 Km. Il territorio rilevato è vario e contiene aree piatte, montagne e zone costiere, e questo comporta una impegnativa sfida per l'elaborazione dei dati.

L'intero blocco è stato acquisito in circa due ore. La produttività è stata quantificata esaminando i file delle traiettorie, che raccolgono i dati misurati dal sistema GPS/IMU. Considerando il tempo effettivamente speso per l'acquisizione (escludendo dunque i voli di arrivo e di ritorno, e le manovre di inizializzazione, se necessarie), la camera registra per il 65% del tempo e le virate occupano il 35%.

Con la configurazione di acquisizione del blocco **Emilia**, la produttività è pari a 3100 chilometri quadrati all'ora. Dal momento che l'aereo Lear Jet usato ha quattro ore di autonomia, è possibile riprendere almeno 6000 chilometri quadrati per volo, ammesso che l'aeroporto non sia troppo lontano.

In accordo con le esperienze di Blom CGR, l'elaborazione di una simile mole di dati in situazioni di emergenza viene organizzata nel seguente modo: un'unità calcola le traiettorie di volo in circa 2-4 ore; in parallelo, un'altra unità si occupa dello scarico dei dati e questa fase richiede un'ora per ogni ora di acquisizione. Nella configurazione di volo del blocco **Emilia**, la produzione di un'ortofoto speditiva, che rappresenta il prodotto più comune nei rilevamenti in situazioni di emergenza, richiede, ammesso che sia disponibile un DTM dell'area, approssimativamente 1 ora per 10 km di strisciata, corrispondenti ad un'area di 82 chilometri quadrati. Il tempo qui indicato si riferisce alla produzione di quattro orto-immagini indipendenti, corrispondenti ai canali rosso, verde, blu e NIR, in modo tale che sia possibile generare tutte le immagini che dovessero servire in un secondo momento, rapidamente: pancromatiche, a colori e CIR. Riducendo il numero dei canali orto-proiettati si riduce anche il tempo di elaborazione: se, ad esempio, il canale NIR viene eliminato, si ottiene un guadagno in termini di tempo pari al 20% circa.

Dal momento che il blocco **Emilia** è formato da strisciate lunghe 120 km, sono necessarie circa 12 ore per ottenere l'orto-proiezione di un'intera strisciata. L'elaborazione di diverse strisciate non implica necessariamente un aumento lineare del tempo di elaborazione, dal momento che i programmi Leica, se è disponibile una piattaforma hardware dedicata, sono in grado di fare un'elaborazione in parallelo; questo significa che possono essere calcolate contemporaneamente tante strisciate quanti sono i nodi del sistema. In Blom CGR è presente un sistema a 16-nodi, così si possono elaborare fino a 16 strisciate in parallelo. In conclusione, si può dire che, in condizioni di emergenza, le ortofoto speditive corrispondenti al blocco **Emilia** potrebbero essere preparate entro metà mattina del giorno successivo al volo.

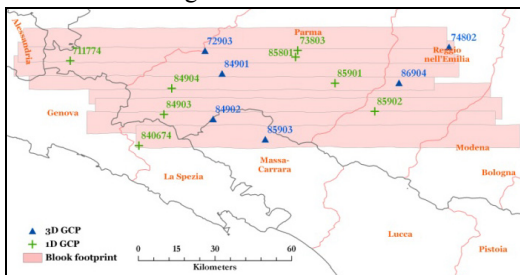
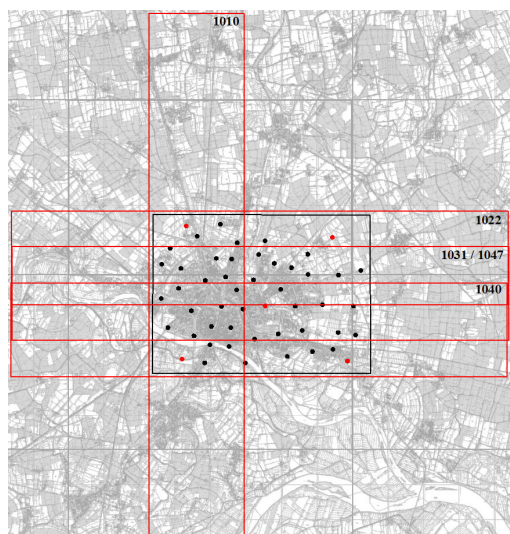


Fig. 3 – Schema del blocco **Emilia**: sono mostrate le altezze di presa delle strisciate, tutti i CPK (blu) ed i punti altimetrici (verde).

2.3 Il dataset Pavia

A metà del marzo 2008 Blom CGR ha effettuato un volo test con un aereo Casa 212 equipaggiato con una camera ADS40 di seconda generazione, dotata del sensore SH52.

La Fig. 3 mostra la struttura del blocco Emilia: le 8 strisciate e i punti di controllo disponibili, utilizzati dalla Compagnia per la usuale produzione fotogrammetrica: essi sono in numero limitato e hanno solamente consentito una valutazione di massima dell'accuratezza, descritta nella Sezione 3. Questo non è il caso del blocco **Pavia**, acquisito sopra un particolare test site, in cui è disponibile un elevato numero di punti molto affidabili.



Sono stati acquisiti tre sotto-blocchi alle altezze di volo: 800 m, 2000 m e 6000 m.

Il blocco a 2000 m è stato progettato per consentire una corretta validazione della accuratezza geometrica ed è costituito da quattro strisciate est-ovest e da una strisciata trasversale; due delle strisciate longitudinali hanno lo stesso asse, ma sono state volate in direzione opposta (Fig.4). Il GSD è pari a circa 20 cm. In questo caso sono disponibili quaranta punti di controllo, rappresentati da quadrati bianchi di 60 cm di lato, dipinti sull'asfalto. Questi punti sono stati misurati con grande accuratezza con tecniche GPS statiche.

Fig. 4 – Schema del blocco acquisito a 2000 m. Viene mostrata anche la distribuzione dei punti di controllo. I punti neri sono stati usati per valutare il DG.

3 Valutazione dell'accuratezza della georeferenziazione diretta per i dataset *Emilia e Pavia*

Viene presa in considerazione in questa nota solo la metodologia di georeferenziazione diretta (DG), dal momento che il tema dell'articolo è il *rapid mapping*. Le tabelle seguenti riassumono i parametri della statistica descrittiva per le differenze fra le coordinate dei punti di controllo ottenute dalle misure fotogrammetriche in DG e quelle trovate con misure GPS.

3.1 Valutazione del blocco *Emilia*

Il blocco, costituito da 8 strisciate est-ovest, è stato acquisito dalla Blom CGR per scopi di produzione e non con fini di ricerca. È presente un numero limitato di punti di controllo, aventi una qualità sufficiente. In tutto sono disponibili 14 CKP, 6 completi e 8 solo altimetrici. La loro distribuzione sul territorio è mostrata in Fig. 3. Le coordinate oggetto dei punti di controllo sono state misurate da Blom CGR nella modalità stereo.

La Tabella 2 mostra i risultati per entrambi i set di CKP: per i 6 CKP plano-altimetrici, i valori di RMSE, in unità GSD, sono, rispettivamente, 0,8, 1,5 e 1,3 per le componenti x, y e z; per gli altri 8 punti, il valore di RMSE, per la sola z, è pari a 0,7.

Set	CKP	Comp	media [m]	std [m]	rmse [m]
DG 3D CKP	6	x	-0.033	0.469	0.470
		y	-0.845	0.249	0.881
		z	0.612	0.508	0.795
DG Z CKP	8	x	-	-	-
		y	-	-	-
		z	0.302	0.276	0.409

*Tabella 2 – Valutazione dell'accuratezza geometrica del dataset **Emilia**.*

Il valore peggiore di RMSE trovato è pari a 1,5 in unità GSD, ma ricordiamo che i CKP usati sono di qualità appena sufficiente: con elaborazioni successive, qui non documentate, abbiamo stabilito che le coordinate oggetto di controllo dei CKP non contengono blunder, ma che, al tempo stesso, sono affette da errori accidentali notevoli, che si propagano significativamente nelle figure statistiche riportate in Tabella 2.

3.2 Valutazione del dataset Pavia

Il blocco è costituito da 5 strisciate; due di queste, denominate 1031 e 1047 (Fig. 4), hanno la stessa impronta a terra, ma sono state volate in direzioni opposte; in questo articolo è stata considerata soltanto la 1031. Le misure fotogrammetriche sono state effettuate presso il Laboratorio di Geomatica dell'Università di Pavia.

In Tabella 3 sono riportati i risultati per l'accuratezza geometrica: l'RMSE, in unità GSD, è pari a 0.65 in planimetria (x, y) e 1.1 in altimetria (z).

Set	CKP	Comp	media [m]	std [m]	rmse [m]
DG	40	x	0.078	0.110	0.135
		y	-0.022	0.130	0.131
		z	0.107	0.192	0.220

Tabella 3 – Valutazione dell'accuratezza geometrica del dataset Pavia.

L'accuratezza geometrica è pressoché dell'ordine del pixel per tutte le componenti e questo, nel caso della georeferenziazione diretta, rappresenta un risultato molto buono.

4 Conclusioni

Questo articolo ha come argomento l'utilizzo della camera Leica ADS40-SH52 per l'esecuzione di rilevamenti rapidi a supporto della gestione dei disastri. Pertanto è stata considerata soltanto la modalità di georeferenziazione diretta. Sono stati presi in considerazione tre differenti blocchi ed è stata valutata l'accuratezza e la produttività.

Il blocco **L'Aquila** è interessante perché acquisito in una reale situazione di emergenza e ha consentito di documentare il tempo necessario per produrre le ortofoto speditive. Il blocco **Emilia** è invece un esempio di rilievo fotogrammetrico di un'area ampia. La velocità di acquisizione è pari a 3000 chilometri quadrati all'ora con un GSD di 60 cm; l'accuratezza geometrica per tutte le componenti risulta essere inferiore a di 1.5 GSD, e questo è sufficiente per il *rapid mapping*. Infine, il blocco **Pavia** permette di fare una valutazione rigorosa ed affidabile dell'accuratezza, con risultati non superiori a 1 GSD.

La camera Leica ADS40 presenta diversi vantaggi anche nel rilievo speditivo: acquisisce su 5 differenti canali radiometrici contemporaneamente e produce tre immagini stereoscopiche; rispetto al GSD, è altamente produttiva; anche nella modalità di georeferenziazione diretta ha una buona accuratezza geometrica.

5 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 5th MMT Symposium, Padova, Italia, 29-31 Maggio (su CD-ROM).
- Casella, V., Franzini, M., Banchini, G., Gentili, G. (2008). Initial evaluation of the second-generation Leica ADS40 camera. Int. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing, Cina, Vol. 37, Parte B1, Com. I, pp. 527-532.
- Kocaman, S., Gruen, A., Casella, V., Franzini, M. (2007). Accuracy Assessment of ADS40 Imagery over the Pavia Testsite. Atti dell'Asian Conference on Remote Sensing 2007, Kuala Lumpur, Malesia, 12-16 Novembre (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. EuroCOW 2008 International Calibration and Orientation Workshop, Castelldefels, Spagna, 30 Gennaio-1 Febbraio (su CD-ROM).
- Casella, V., Franzini, M., Padova, B. (2007). Valutazione dell'accuratezza delle immagini ADS40 in funzione del modello di camera e della quota di volo. Atti del 11^a Conferenza nazionale ASITA, Torino, Italia, 6-9 Novembre.