

# FUNZIONALITÀ INNOVATIVE DEI PROGRAMMI DI FOTOGRAMMETRIA A SUPPORTO DELLE CAMERE DIGITALI

Vittorio CASELLA<sup>(1)</sup>, Marica FRANZINI<sup>(2)</sup>, Luca MENCI<sup>(3)</sup>, Francesca CECCARONI<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> DIET, Università di Pavia, via Ferrata 1, Pavia, email: vittorio.casella@unipv.it

<sup>(2)</sup> DIET, Università di Pavia, via Ferrata 1, Pavia, email: marica.franzini@unipv.it

<sup>(3)</sup> Menci Software, via Martiri di Civitella 11, Arezzo, email: luca.menci@menci.com

<sup>(4)</sup> Menci Software, via Martiri di Civitella 11, Arezzo, email: francesca.ceccaroni@menci.com

## Riassunto

Il presente articolo descrive alcune funzionalità presenti nel nuovo programma ZMAP della Menci Software, che sono state definite nell'ambito della collaborazione con il Laboratorio di Geomatica del DIET dell'Università di Pavia e che si riferiscono in modo specifico alle immagini acquisite dalla camera digitale Leica ADS40.

## Abstract

The paper illustrates some new functionalities present in the new Menci Software's program ZMAP. These new functionalities have been defined with the collaboration of the Laboratory of Geomatics of the DIET of the University of Pavia and they specifically refer to the images acquired by Leica's digital camera ADS40.

## 1 Introduzione

Negli ultimi anni hanno iniziato a diffondersi le camere fotogrammetriche aeree digitali che costituiscono, sotto certi aspetti, un grande progresso nella acquisizione dei dati primari.

A causa delle limitazioni che tuttora i sensori CCD presentano, e delle diverse scelte che i costruttori hanno fatto per superarle, le camere digitali attualmente offerte sul mercato si ispirano a differenti filosofie e sono, nella maggior parte dei casi, lontane dalla struttura che si otterrebbe semplicemente sostituendo in una camera tradizionale la pellicola con un sensore digitale.

Quando si registra un progresso significativo in una tecnologia impiegata nel rilevamento del territorio, si riscontra anzitutto, per l'esperienza di chi scrive, un sostanziale rifiuto iniziale, motivato dal fatto che, alla sua comparsa, il nuovo offre in genere meno del vecchio; si dimentica tuttavia che, quasi sempre, il nuovo supera rapidamente il vecchio.

Un atteggiamento che si osserva successivamente, quando la nuova tecnologia inizia a diffondersi, è la tendenza a ricondurre i nuovi dati agli schemi logici e alle abitudini operative usate con i vecchi; si tratta di un comportamento riduzionistico che impedisce di sfruttare tutte le ulteriori potenzialità che una nuova tecnologia porta in genere con sé.

Tale comportamento non è in generale dovuto solo a una sorta di pigrizia mentale, ma anche a limiti e vincoli imposti dagli strumenti hardware e software con cui i nuovi dati devono essere organizzati e sfruttati, che evolvono a loro volta, forzati dalla comparsa dei nuovi dati, ma in ritardo.

Nel caso delle camere digitali il fenomeno descritto è particolarmente evidente. Per fare un solo esempio lampante, la maggior parte delle camere digitali acquisisce immagini a 11 o 12 bit, ma la quasi totalità dei programmi usati per osservarle appiattisce tale ricchezza radiometrica agli usuali 8 bit.

Nel caso della camera Leica ADS40, alla quale si riferisce la presente nota, vi sono molti aspetti nuovi, di grande interesse e potenzialità: la profondità radiometrica di 11 bit, l'acquisizione contestuale di tre immagini pancromatiche e di una a colori, il fatto che ogni punto del mondo sia ritratto in almeno tre immagini.

Il presente articolo descrive alcune funzionalità presenti nel nuovo programma ZMAP della Menci Software, che sono state definite nell'ambito della collaborazione con il Laboratorio di Geomatica del DIET dell'Università di Pavia e che si riferiscono in modo specifico alle immagini acquisite dalla camera digitale Leica.

Nel seguito vengono anzitutto descritte le caratteristiche della camera Leica ADS40 che richiedono e permettono l'implementazione di nuove funzionalità, nella sezione 2. Nelle sezioni 3 e 4 vengono illustrate le implementazioni fatte nel programma ZMAP delle funzioni descritte. La sezione 5 illustra infine le attività future.

## 2 Principali caratteristiche della camera Leica ADS40

Il sensore ADS40 è una camera metrica digitale progettata e realizzata da LH Systems. Adottando la stessa filosofia di molti satelliti ad alta risoluzione, è dotata di sensori CCD lineari in grado di acquisire immagini sia pancromatiche che multispettrali nei canali del rosso, del verde, del blu e dell'infrarosso vicino (Figura 1). La lunghezza focale è di 65,77 cm e le barrette dei sensori sono costituite da 12000 elementi della dimensione di 6,5 micron ognuno; la lunghezza effettiva del sensore è pertanto di 78 mm. Inoltre, grazie all'impiego di un sensore inerziale APPLANIX POS/AV, incorporato all'interno della struttura della camera, è possibile georeferenziare direttamente le immagini registrate.

La camera è dotata di un unico obiettivo; tutti i sensori sono posizionati su di unico piano focale e le diverse angolazione di osservazioni consentono diverse geometrie di presa. Oltre alle usuali viste *backward* e *forward*, costituite da una doppia linea di sensori CCD pancromatici leggermente sfalsati tra loro, esiste una vista nadirale costituita da una tripla linea di sensori multispettrali sensibili alle tre bande del *red*, *green* e *blue* (Figura 2). Quest'ultima configurazione, realizzata la prima volta per CGR per la generazione di ortofoto, viene ora proposta da Leica come standard. In particolare, per quanto riguarda l'acquisizione a colori, l'uso di un dispositivo denominato *tricroide* permette di suddividere la luce entrante nella pupilla dell'obiettivo, nelle sue tre componenti fondamentali (RGB), ed inviarle ai tre differenti sensori per la misura: il vantaggio è che le tre barrette sono illuminate da parti di uno stesso raggio luminoso, dunque *vedono* il mondo sotto lo stesso angolo.

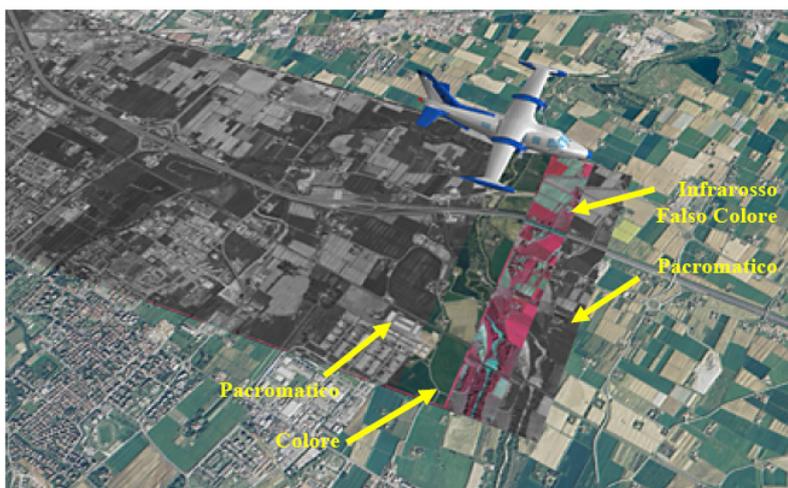


Figura 1: L'acquisizione contemporanea di immagini pancromatiche, a colori e falso colore del sensore ADS40

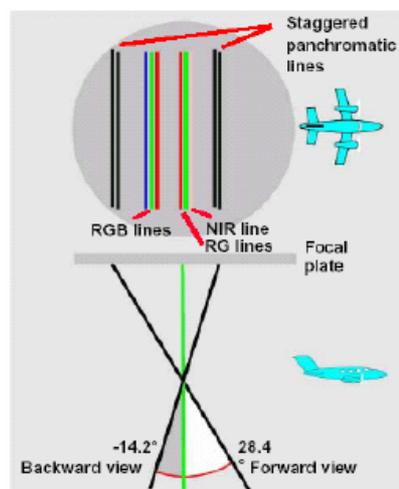


Figura 2: La configurazione dei sensori e gli angoli di vista stereoscopici

L'immagine a colori viene dunque acquisita in direzione nadirale mentre le due viste pancromatiche *backward* e *forward* sono inclinate rispettivamente di  $14,2^\circ$  e  $28,4^\circ$  rispetto alla verticale. Per ogni porzione di terreno sorvolata sono disponibili tre differenti immagini stereoscopiche (Figura 3): pancromatica *backward*, RGB nadirale e pancromatica *forward*. In linea di principio sono quindi sempre disponibili tre differenti modelli per la restituzione: *backward-nadir*, *nadir-forward* e *backward-forward*.



Figura 3: Visione triscopica fornita dai sensori *backward*, *nadir* e *forward*

### 3 Uso di tre immagini per la visualizzazione del terreno

I programmi fotogrammetrici gestiscono generalmente i dati mediante i *progetti*. Si tratta di contenitori virtuali nei quali l'operatore inserisce le immagini, i file dei GCP e gli altri dati necessari per il lavoro. Quando l'operatore effettua la restituzione fotogrammetrica manuale, seleziona preliminarmente i fotogrammi da proiettare all'occhio di sinistra e di destra: l'interfaccia mostra l'elenco di tutte le immagini presenti nel progetto (che possono essere centinaia) ed egli sceglie manualmente le due che gli servono. L'operazione può richiedere qualche istante, ma ciò è trascurabile rispetto al tempo che l'operatore spenderà per effettuare la restituzione sul modello prescelto.

Quando si effettua la restituzione sull'urbanizzato, molti dei punti che dovrebbero essere misurati non sono visibili in stereoscopia: si tratta di un problema ben noto al quale il restituitista esperto rimedia applicando criteri logici. Poiché la camera ADS40 acquisisce tre viste diverse per ogni porzione di terreno, è ragionevole pensare che questa caratteristica consenta di osservare in stereoscopia una frazione di punti maggiore che nella restituzione tradizionale. L'operatore, constatato che nella coppia usualmente osservata un certo particolare non è visibile, potrebbe rapidamente osservare lo stesso particolare negli altri due modelli possibili per verificare se uno di essi sia più favorevole; ricordiamo che la ADS40 consente di osservare i modelli *backward-nadir*, *nadir-forward*, *backward-forward*.

Una simile prassi operativa è al momento ostacolata dal funzionamento di molti programmi, come ad esempio SocetSet, in cui il cambio di strisciata o il cambio di immagini nell'ambito della stessa strisciata avvengono con la stessa, relativamente lenta, procedura descritta sopra. Un programma fotogrammetrico ottimizzato per la camera ADS40 dovrebbe invece consentire di selezionare la strisciata nella maniera usuale e di selezionare le due immagini da osservare, *nell'ambito della strisciata prescelta*, in modo rapidissimo, mediante un menu contestuale o addirittura premendo alcuni tasti predefiniti. Avere tre immagini a disposizione anziché due, e poterle esplorare rapidamente e fluidamente, consente di usare per le misure, di volta in volta, la combinazione di immagini più favorevole.

Una funzionalità ottimizzata come quella sopra-descritta è stata implementata in ZMAP. La scelta della strisciata su cui operare non viene effettuata nella maniera tradizionale, ma viene operata dall'operatore in funzione della posizione del cursore. Il programma ZMAP gestisce infatti il modello in modalità continua: l'operatore può spostare il cursore su tutta la regione occupata dal blocco di

immagini caricata nel progetto e il programma visualizza di volta in volta i fotogrammi o le strisciate corrispondenti alla posizione.

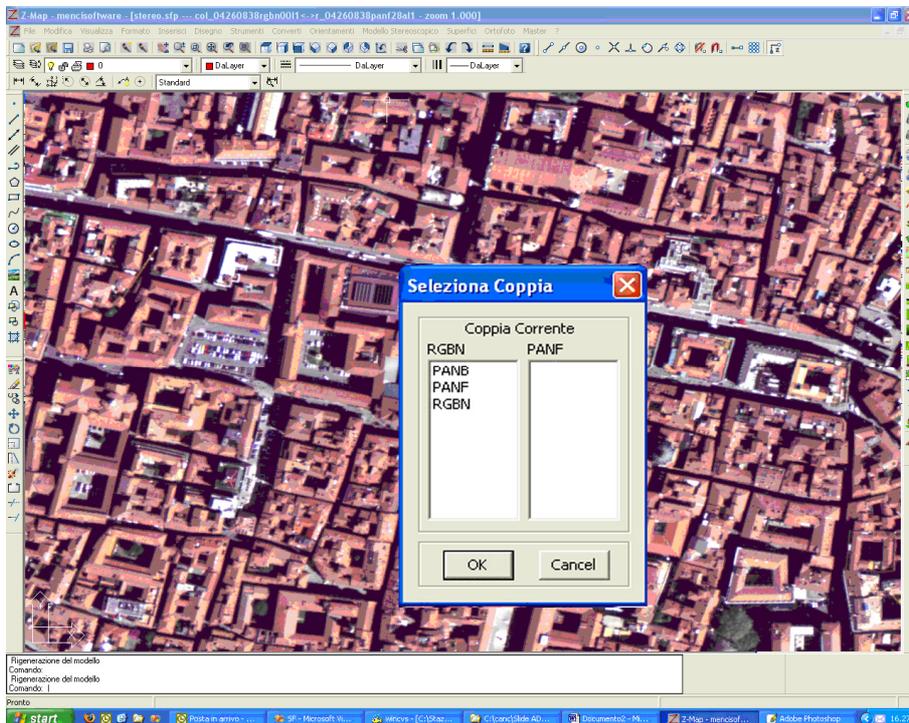


Figura 4. Selezione del modello, fase 1.

Una volta identificata la strisciata da osservare, è possibile attivare la finestra di configurazione del modello. In una prima fase essa mostra a sinistra tutte le tre immagini che normalmente sono disponibili in un progetto ADS40 (Figura 4); fatta la prima scelta la finestra mostra a destra l'elenco delle immagini con cui è possibile formare una coppia stereoscopica (Figura 5).

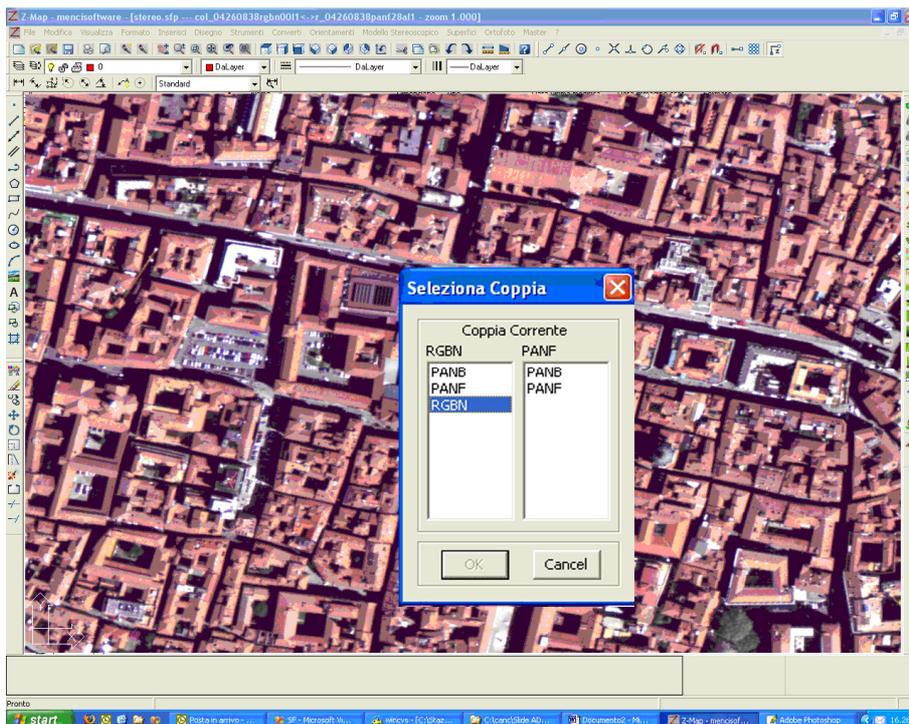


Figura 5. Selezione del modello, fase 2.

#### 4 Possibilità di effettuare misure ridondanti

Le misure fotogrammetriche che vengono effettuate nella restituzione manuale o nella generazione del DTM sono generalmente isodeterminate. E' pur vero che la collimazione di un punto su due immagini fornisce quattro osservazioni e che le incognite sono solo tre, ma la determinazione delle coordinate oggetto non viene generalmente effettuata ai minimi quadrati, ma seguendo una metodologia che, in sostanza, usa solo tre delle quattro equazioni disponibili.

La motivazione per tale scelta è che l'uso della esigua ridondanza disponibile darebbe pochi benefici e porrebbe invece problemi implementativi: a giudizio di chi scrive, tale visione era forse corretta qualche anno fa ma oggi, data la potenza dei computer esistenti, sarebbe da superare. La suddetta scelta ha come conseguenza che non è possibile stimare la precisione delle misure effettuate, né individuare errori grossolani.

I dati prodotti da ADS40 offrono la possibilità di collimare, almeno in linea di principio, ogni punto misurato su tre fotogrammi. Il bilancio equazioni-incognite della misura fotogrammetrica è in tal caso molto interessante: sei equazioni contro tre incognite. Vi è una ridondanza tale da stimare in modo affidabile la precisione della misura e, cosa forse più importante, vi sono abbastanza dati per individuare errori grossolani, cioè collimazioni sbagliate.

L'adozione delle misure fotogrammetriche iperdeterminate richiede principalmente, per quanto riguarda la generazione del DTM, modifiche al codice dei programmi; per la restituzione manuale, è richiesta anche una modifica dell'interfaccia. Nel programma ZMAP è stato deciso di partire dalla situazione usuale in cui l'operatore sta osservando in stereoscopia due fotogrammi; quando egli collima un punto il programma, grazie al *matching* automatico, cerca di identificare il punto collimato anche sulla terza immagine ed effettua la *forward intersection* multipla.

Una finestra (Figura 6) mostra i principali parametri statistici del calcolo; se i valori superano certe soglie che l'utente può opportunamente fissare, il bordo della finestra diventa arancione e lampeggia, per attirare l'attenzione dell'operatore. In questo caso egli può muoversi agilmente, con la funzionalità documentata nella sezione precedente, per verificare ed eventualmente modificare le collimazioni.

The screenshot shows a dialog box titled "Correlazione Trinoculare" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into several sections:

- Immagini Utilizzate:** Three dropdown menus for "Immagine 1:", "Immagine 2:", and "Immagine 3:". The selected values are "PANB", "RGBN", and "PANF" respectively.
- Correlazione:** Three columns of data for pairwise correlations:
  - PANB - RGBN: Correlazione: 0.831, Quota: 110.273
  - RGBN - PANF: Correlazione: 0.824, Quota: 110.276
  - PANB - PANF: Correlazione: 0.785, Quota: 110.275
- Risultato Finale:** Summary statistics:
  - Correlazione Media: 0.813
  - Quota Media: 110.275
  - Sigma: 0.001
- Qualità:** Three radio buttons for "Alta" (selected), "Media", and "Bassa". A button "Imposta Valori di Soglia" is to the right.
- Buttons:** "Ricalcola", "Accetta" (highlighted with a dashed border), "Rifiuta", and "Chiudi".

Figura 6. Analisi statistica della intersezione multipla.

## 5 Ulteriori attività e conclusioni

In un prossimo lavoro i benefici delle funzionalità descritte verranno quantificati. Si cercherà di quantificare l'incremento dei punti visibili in stereoscopia che l'uso delle immagini triple ADS40 può assicurare. Scelte un paio di zone test, verrà effettuata la restituzione fotogrammetrica completa, relativa a una cartografia a grande scala, con fotogrammi tradizionali e con fotogrammi prodotti dalla ADS40; i punti effettivamente misurati in stereoscopia verranno marcati in modo speciale, in modo che sia possibile specificare la loro percentuale rispetto al totale. I benefici dati dall'uso delle immagini ADS40 potranno così essere calcolati.

Per quanto riguarda le misure ridondanti, verranno collimati numerosi punti di controllo, artificiali e naturali, sui dati ADS40. La misura verrà effettuata nella modalità tradizionale a due immagini e in quella evoluta, che usa tutte le tre viste. Il confronto con le coordinate vere consentirà di stimare i benefici in termini di maggiore precisione.

In conclusione, l'avvento delle camere aeree digitali spinge i programmi fotogrammetrici ad evolvere e stimola gli utenti a sperimentare nuove prassi operative. Il nuovo programma ZMAP di Menci Software, e in particolare alcune funzionalità sviluppate in concerto con il Laboratorio di Geomatica dell'Università di Pavia, sono una prima dimostrazione di tale evoluzione.

## 6 Bibliografia

Braunecker B., Driescher H., Eckardt A., Hilbbert S., Hutton J., Kirchhofer W., Lithopoulos E., Reulke R., Wicki S. (2000), *Design principles of the LH Systems ADS40 airborne digital sensor*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B1, pp.258-265.

Hinsken L., Miller S., Tempelmann U., Uebbing R., Walker S. (2002). *Triangulation of LH Systems' ADS40 imagery using ORIMA GPS/IMU*. ISPRS Commission III, Symposium 2002, September 9-13, 2002, Graz, Austria, pubblicato su CD.

Jacobsen, K. (2002), *State-of-the-art trends in mapping – Past, Present and Future*, INCA workshop 2002, Ahmedabad, India.

Fricke P., Saks T. (2003), *ADS40, digital airborne sensor and workflow*, Photogrammetrische Woche, 1-5 September 2003, Stuttgart.