

La camera aerofotogrammetrica digitale Leica ADS40: i nuovi orizzonti nelle applicazioni delle riprese aeree digitali per la rappresentazione del territorio

Vittorio CASELLA(*), Armando CAVAZZINI (**), Giuseppe GENTILI (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio, Università di Pavia, e-mail: vittorio.casella@unipv.it

(**) Compagnia Generale Riprese aeree S.p.A., Parma, e-mail: info@cgrit.it

Riassunto

Si sta diffondendo l'uso di camere fotogrammetriche digitali, sensori aviotrasportati che presentano caratteristiche costruttive e geometriche peculiari rispetto alle camere tradizionali. Tra queste il sensore digitale Leica ADS40 ha caratteristiche innovative in quanto acquisisce strisciate continue di lunghezza virtualmente illimitata, registrando contemporaneamente nelle bande pancromatico, colori (rosso, verde, blu) e infrarosso vicino con un gamma di tonalità cromatiche maggiore delle tradizionali camere analogiche.

La nota illustra le applicazioni in cui l'uso della ASD40 garantisce una qualità migliore rispetto a quelle fornite dalle camere tradizionali: realizzazione di ortofoto di alta qualità, applicazioni di telerilevamento legate allo studio della vegetazione, derivazione di carte di uso del suolo.

Abstract

The use of airborne digital camera with technical features that are peculiar than the traditional film camera is about to widen. The digital sensor ADS40 is the most innovative among digital cameras because is able to collect imagery strips seamlessly, acquiring simultaneously the full colour red, green and blue and near infrared channel and also the black and white of panchromatic channels with radiometric range larger than the one of traditional film camera.

This paper shows the applicative fields in which the use of ADS40 let to get a better quality than the traditional film cameras: fulfilment of high quality orthophotos, remote sensing, derivation of land use maps.

Introduzione

Il primo impiego di una tecnica puramente digitale per il rilevamento del territorio è stato fornito dai sensori satellitari per l'acquisizione di immagini digitali.

Tuttavia, il loro impiego operativo ha denunciato forti limitazioni. La ciclicità delle piattaforme satellitari impedisce di acquisire in modo omogeneo immagini di grandi superfici territoriali, e, inoltre, nel caso di eventuali copertura nuvolosa al momento della ripresa sono poco flessibili nella pianificazione delle missioni di rilevamento, avendo un'orbita già predefinita.

Nello sviluppo delle soluzioni tecnologiche già adottate per le piattaforme satellitare, i sensori lineari sono stati impiegati anche per la realizzazione di camere fotogrammetriche aviotrasportate. In particolare, il sistema basato su tre gruppi di sensori lineari è l'equivalente di tre camere fotogrammetriche tradizionali, in quanto consente la registrazione contemporanea di immagini pancromatiche, colori ed infrarosso falso colore. I sensori digitali installati su piattaforme aeree a differenza di quelli satellitari consentono maggior flessibilità e tempestività nell'impiego operativo. I sensori aviotrasportati, non essendo fissi su un'orbita satellitare, consentono una copertura omogenea e continua (virtualmente illimitata) di grandi aree di territorio. Inoltre è più immediato ripetere la ripresa aerea di porzioni di territorio che rivisitare gli stessi con una piattaforma satellitare. Infine i sensori su piattaforma aerea offrono il vantaggio di fornire immagini la cui risoluzione è definita a priori dall'utente, in funzione della quota di volo, e comunque con

definizioni decisamente superiori, ovvero con definizione del pixel al suolo di 10 cm ogni 1000 metri di quota media relativa.

Il sensore digitale Leica ADS40

ADS40 è una camera metrica digitale aviotrasportata, sviluppata e commercializzata da LH Systems, LLC, dotata di sensori CCD lineari, pancromatici, multispettrali (canali rosso, verde, blu ed infrarosso vicino) ed impiega la tecnologia APPLANIX POS/AV per la georeferenziazione diretta delle immagini registrate. La camera digitale rispetto alla tradizionale registra le aree da rilevare contemporaneamente nelle bande del pancromatico, colore e dell'infrarosso vicino, incrementando di fatto, le informazioni territoriali disponibili (fig. 1).

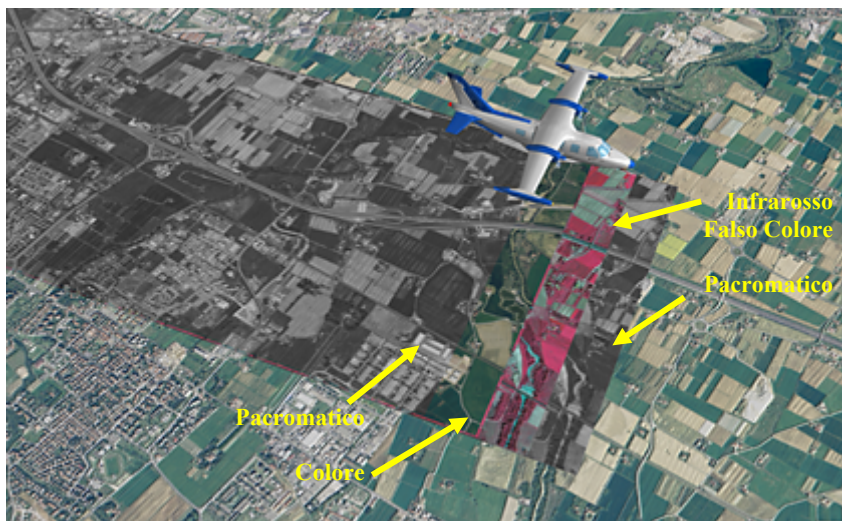


Figura 1 – ADS40 registra contemporaneamente strisciate di pacchetti di immagini nelle bande bianco e nero pancromatico, visibile colore, infrarosso falso colore

I sensori pancromatici sono disposti sul piano focale in modo da registrare lo stesso punto secondo tre distinti angoli di osservazioni, denominati *forward*, *nadir* e *backward*, rispetto alla direzione di volo (fig. 2), in modo tale che la visione stereoscopica è ottenuta dalla combinazione delle immagini prodotte dai sensori pancromatici (fig. 3). La camera digitale contiene al suo interno sia gli apparati ottici ed elettronici, sia l'unità di misure inerziali (IMU) ed è stata

progettata per essere montata su piattaforma giroscopica, stabilizzata (PAV30). I dati sono registrati su un'unità di memoria di massa trasportabile, costituita da dischi fissi SCSI per una capacità totale di 0,5 TB.

Un innovativo sistema ottico denominato *tricoide* divide il raggio di luce proveniente dall'obiettivo nelle sue componenti rosso, verde e blu che sono dirette ai tre sensori CCD lineari della banda del visibile fisicamente separati sul piano focale, in modo tale da assicurare il perfetto allineamento degli equivalenti canali nelle immagini a colori. Inoltre con la personalizzazione realizzata da LH Systems per Compagnia Generale Ripresearee i tre sensori del colore visibile sono in posizione nadirale rispetto al piano focale, consentendo di ottenere immagini con un effetto prospettico notevolmente attenuato anche nel senso trasversale all'asse di ripresa.

In sintesi le caratteristiche della camera digitale Leica ADS40 sono:

- FOV: 64° (angolo di apertura)
- Angoli stereoscopici: 14°, 28° e 42°
- Luminosità: f/4 fisso
- Lunghezza focale: 62,77 mm
- 2 Sensori CCD lineari pancromatici da 2 x 12.000 pixel ciascuno, sfalsati di 3,25 µm
- 6 Sensori CCD lineari multispettrali da 12.000 pixel ciascuno, per la banda del visibile (RGB) e dell'infrarosso vicino (NIR)

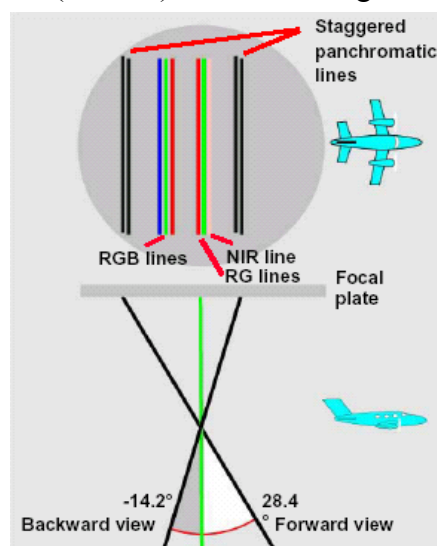


Figura 2 – Configurazione sensori (SPI) e angoli stereoscopici

- 3 bande spettrali in totale da 420 a 900 nm
- Dimensione del pixel: 6,5µm x 6,5 µm
- Definizione del pixel al suolo: 10 cm ogni 1000 metri di quota media relativa
- Risoluzione ottica: 130 lp/mm
- Risoluzione radiometrica: 12 bit
- Accuratezza geometrica: 1 micron



Figura 3 – Visione triscopica fornita dai sensori pancromatici backward, nadir e forward

Le coperture fotogrammetriche con l'impiego della camera digitale ADS40 non saranno più composte da una serie indefinita di successive immagini quadrate con proiezione centrale, ma saranno costituite da una sola immagine per l'intera strisciata in cui ogni linea di scansione si compone di 12000 pixel con dimensione di 6,5 x 6,5 micron (fig. 4).

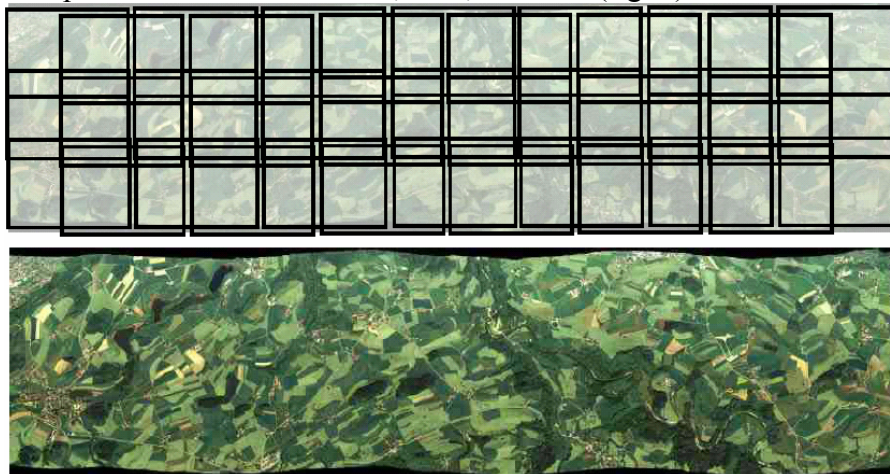


Figura 4 – L'evoluzione nella copertura fotogrammetrica, dal fotomosaico al "tappeto" di pixel
Questa peculiarità rende il sensore digitale ADS40 innovativo anche nei confronti di altre camere digitali (*frame camera*) basate ancora sui principi della camera tradizionale.

I prodotti multispettrali: caratteristiche ed applicazioni

La qualità e le caratteristiche delle immagini generate dalla camera digitale derivano dal sistema opto-elettronico di acquisizione che è costituito dai sensori CCD e dal sistema ottico di lenti del cono.

I sensori lineari sono basati sulla tecnologia CCD (Charge Coupled Device): il piano immagine è costituito da un campo monodimensionale di sensori CCD, nei quali lo stato di carica viene letto e convertito in segnale digitale, assegnando così un numero intero, corrispondente ad un tono di grigio, a ciascun pixel. Nella camera digitale ADS40 i sensori CCD acquisiscono immagini con una risoluzione radiometrica di 12 bits per canale, corrispondenti a 4096 distinte tonalità rispetto alle 256 delle tradizionali immagini ad 8 bits usualmente derivate per scansione delle pellicole fotografiche. Inoltre, i sensori CCD hanno una risposta lineare (sensibilità) alle variazioni della

quantità di luce a differenza del comportamento delle emulsioni della pellicola che hanno curve sensitometriche con andamento variabile. Un altro pregio dei sensori CCD è quello di avere un rapporto segnale rumore migliore delle pellicole fotografiche, paragonabile in quest'ultime come effetto grana. Tutto ciò si traduce in una miglior dettaglio e chiarezza anche in condizioni di bassa illuminazione o di zone in ombra.

Le immagini digitali dei sensori mantengono inalterata la piena gamma delle tonalità cromatiche originali a differenza delle pellicole fotografiche che sono sottoposte a processi chimici e di scansione con il conseguente degrado delle qualità iniziali, ed inoltre, sono esenti da tutti i problemi derivanti da polvere o graffi che affliggono tipicamente le immagini digitale derivate dalle foto aeree delle camere tradizionali.

Infine i sensori lineari sono posizionati nel centro del piano focale dell'ADS40, sfruttando, quindi, la parte migliore dell'ottica. Ciò si traduce in alta ed omogenea qualità delle immagini generate. In una camera tradizionale, invece, la foto utilizza una superficie maggiore dell'ottica con lo svantaggio che la qualità delle immagini a bordi del fotogramma è inferiore rispetto all'area centrale.

Le immagini digitali derivate da scansione delle pellicole fotografiche hanno usualmente una risoluzione di circa 40 lp/mm (assunta l'equivalenza 1 lp/mm = 2 pixel) a fronte della risoluzione di circa 76 lp/mm delle immagini digitali prodotte dai sensori dell'ADS40.

Queste considerazioni sulla qualità dei prodotti generati trovano riscontro nelle elaborazioni eseguite sulle immagini delle riprese aeree di 35 città e di alcune province. In particolare, è stata effettuata una ripresa con la camera digitale ADS40 abbinata con la camera tradizionale RC30 a tre livelli di quota media relativa, 2000 m, 4000 m e 6000 m. La copertura della ripresa della camera RC30 è stata realizzata con pellicola KODAK 2444 III Aerocolor Negative e con obiettivo di focale 153 mm. La fig. 5 mostra un confronto tra due immagini che hanno la stessa definizione al suolo di 50 cm, ed entrambe derivate dalla ripresa aerea alla quota media di volo di 6000 metri.



Figura 5 – Ingrandimento 40X da ortofoto digitale, derivata da pellicola fotografica (sinistra) ed equivalente ingrandimento da sensore digitale (destra)

Nell'esempio, l'immagine di sinistra è derivata dal fotogramma alla scala media 1:40000 prodotto dalla camera tradizionale RC30 che è stato convertito in forma digitale con scanner fotogrammetrico alla risoluzione di 14 micron e geometrizzato con modello digitale del terreno.

L'immagine della stessa area registrata alla stessa quota dalla camera digitale Leica ADS40 ha, per le sue caratteristiche tecniche, la definizione al terreno del pixel di circa 60 cm. Il processo di

ortorettifica, eseguito con lo stesso modello digitale del terreno, ha generato l'immagine di destra con la stessa risoluzione nominale dell'immagine di sinistra.

L'infrarosso falso colore

La capacità della camera digitale di generare immagini infrarosso falso colore ne amplia l'impiego verso applicazioni di telerilevamento legate allo studio della vegetazione, all'ambiente e al suo monitoraggio. Tradizionalmente, l'impiego dell'infrarosso falso colore o FCIR (*False Color Infra-Red*) deriva dalla possibilità di discernere nettamente varie specie arboree, le chiome dei cui esemplari, alla luce naturale, tenderebbero invece a confondersi.

Rispetto alle tradizionali immagini fotografiche FCIR, l'informazione spettrale già in forma digitale presenta alcuni vantaggi sia in ambito operativo che applicativo. Infatti, l'emulsione all'infrarosso delle pellicole falso colore è sensibile alle variazioni di temperatura ed umidità durante la ripresa e la sua sensibilità all'infrarosso, già difficile da controllare a livello di fabbricazione, si deteriora col tempo ed esige condizioni ottimali d'immagazzinamento. Inoltre, le apparecchiature da impegnarsi per il trattamento del materiale fotografico impressionato richiedono una taratura accuratissima, per

cui lo sviluppo in laboratorio delle pellicole deve essere controllato da una rigida standardizzazione della composizione dei liquidi di sviluppo, dei tempi e della temperatura. Infine, la pellicola richiede un'estrema perizia per l'uso di filtri e ed eventuali retini al fine di potenziare meglio la risposta dell'infrarosso.

Le immagini falso colore di ADS40 derivano dalla composizione di bande perfettamente separate, larghe circa 50 nm, per i tre canali del rosso, del verde e dell'infrarosso vicino, a differenza delle equivalenti pellicole nelle quali i canali hanno confini sfumati e sovrapposti nei tre strati di emulsione. Inoltre i sensori, operano sul piano focale dell'ADS40 in un sistema perfettamente stabilizzato e forniscono immagini con un tonalità cromatica non influenzata da variazioni di temperatura. La gamma cromatica che viene presentata da un manto boschivo sui sensori digitali

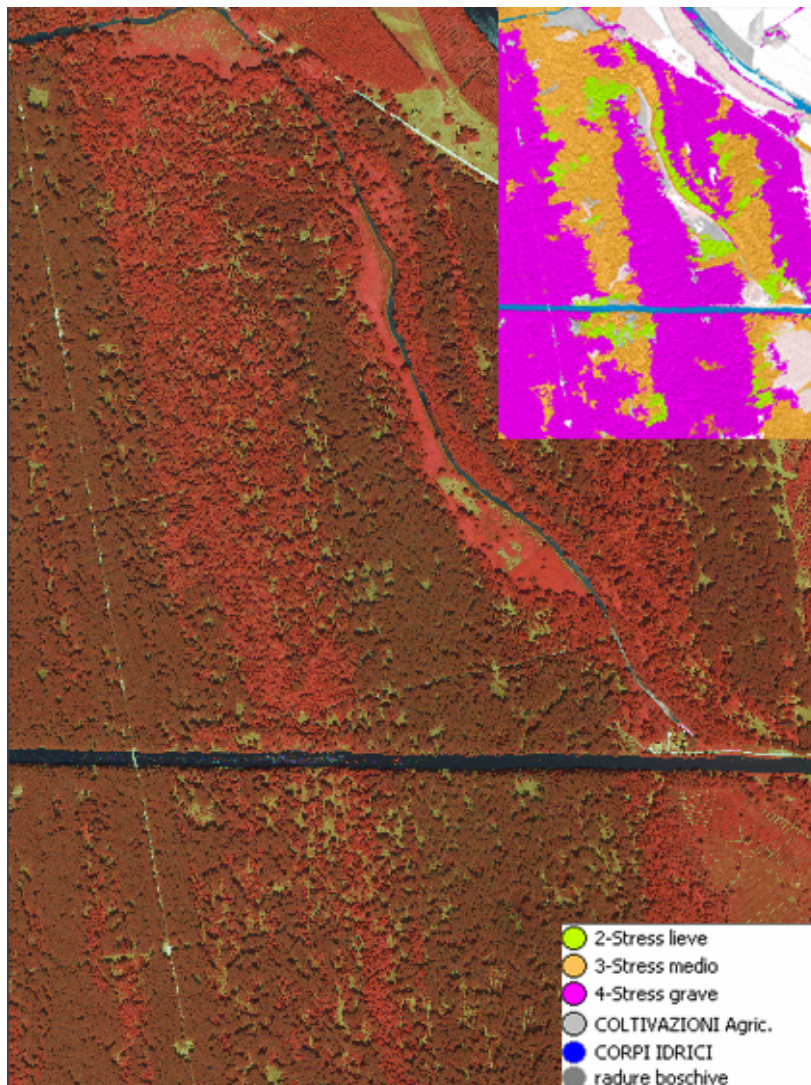


Figura 6 – ADS40, classificazione automatica livelli di stress vegetazione arborea

dell'ADS40 sensibili alle radiazioni tra 835 e 885 nm, fornisce un ottimo mezzo per realizzare carte della vegetazione reale, e, più in generale, dell'uso suolo.

Processi di segmentazione e classificazione automatica sono stati applicati alle immagini falso colore, ed alcuni esempi dei risultati ottenuti sono visibili nelle figure 6 e 7. In particolare

nell'esempio di figura 6, la valutazione e la classificazione dei livelli di stress della vegetazione arborea discerne dalla relazione di quest'ultime con le tonalità cromatiche assunte dalla chioma. Un albero in buone condizioni di salute dà, in genere, una notevole risposta all'infrarosso, apparendo, salvo eccezioni, di un bel colore rosa-rosso; se però il suo stato di salute è compromesso, la chioma acquista una tonalità rosata smorta, e, all'accentuazione dello stress assume colori dall'ocra, per certe specie, rosa biancheggiante, per altre; al grigiastro fino al color cenere, se l'esemplare è prossimo al collasso. La precocità della diagnosi sullo stato di salute degli esemplari arborei rappresenta un notevole vantaggio per il pianificatore territoriale, data la possibilità d'individuare per tempo le realtà vegetazionali votate ad un più

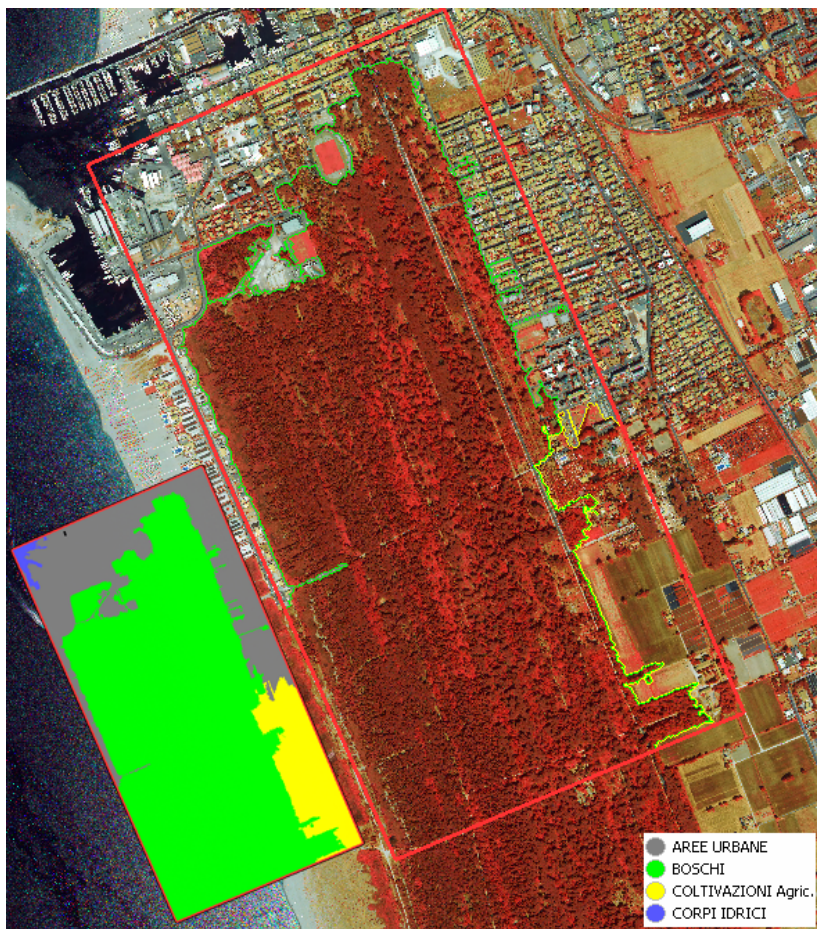


Figura 7 – ADS40, macro-classificazione automatica uso suolo

precoce deperimento e di concentrare risorse ed interventi nelle aree più fragili e vulnerabili.

Conclusioni

La camera digitale ADS40 si è confermato essere un sensore versatile, il cui impiego apporta vantaggi nei vari settori applicativi della cartografia. L'Image Solution System dell'ADS40 costituito dalle immagini multispettrali ad alta risoluzione registrate simultaneamente sia nel visibile a colori sia nell'infrarosso vicino falso colore e in pancromatico, non solo agevola i processi di management del territorio, ma amplia gli impieghi operativi del pianificatore.

Bibliografia

- Braunecker B., Driescher H., Eckardt A., Hilbert 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.
- Fricker P., Saks T. (2003), *ADS40, digital airborne sensor and workflow*, Photogrammetrische Woche, 1-5 September 2003, Stuttgart
- Karsten, J. (2002), *State-of-the-art trends in mapping – Past, Present and Future*, INCA workshop 2002, Ahmedabad, India
- Martini, E., et alii (1989), *Se il bosco muore*, Compagnia Generale Ripresearee editore, Parma
- Sandau R., Schiewe J. (2003), *Integration of data from multi-sensor systems for landscape modelling tasks*, Joint ISPRS Workshop “Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II”