



N.

TerraItaly™ Digitale

Descrizione caratteristiche tecniche
Versione 1.0



© Copyright 2004 Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Tutti i diritti riservati.

Il presente documento ed i suoi contenuti sono di proprietà di Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. non devono essere usati o trattati per finalità diverse da quelle previste per la valutazione tecnica economica di cui alla relativa offerta e non devono essere resi noti ad altri o duplicati in forma cartacea o elettronica senza il consenso scritto di Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A.

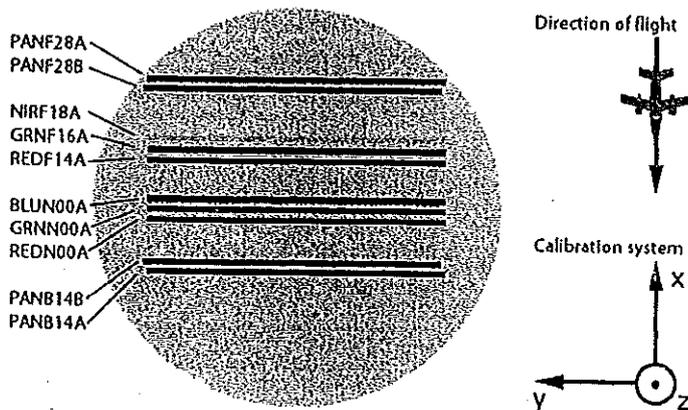
Il presente documento ha per oggetto la descrizione delle caratteristiche tecniche e della metodologia produttiva dell'ortofoto digitale a colori a scala nominale 1:10.000, con risoluzione al terreno di 50 cm, del territorio nazionale mediante impiego della nuova camera digitale ADS40. Dal punto di vista della organizzazione del prodotto finale, sia informatico che analogico associato, il modulo minimo è costituito dalla porzione di territorio coperta da una sezione della Carta Tecnica Regionale 1:10.000 (d'ora in avanti denominata CTR10), mentre il massimo livello di accorpamento standard è costituito dalla serie di sezioni che coprono ciascuna regione amministrativa.

1. La camera digitale

La nuova camera digitale ADS40, realizzata da Leica Geosystems, rappresenta lo stato dell'arte più avanzato in grado di soddisfare la richiesta del mercato riguardo un flusso di elaborazione e produzione completamente digitale. Inoltre la camera digitale ADS40 integra le esigenze della fotogrammetria tradizionale e del "remote sensing" in un unico sensore, essendo in grado di acquisire simultaneamente sia immagini nella banda del visibile (colore e pancromatico) sia nell'infrarosso vicino (NIR) per la composizione di immagini infrarosso falso colore.

A differenza delle tradizionali camere fotogrammetriche, il nuovo sensore digitale ADS40 acquisisce in continuo intere strisciate di territorio. Elemento chiave del processo di acquisizione della camera digitale è un componente optoelettronico a trasferimento di carica detto CCD. Questo è formato da un insieme di rivelatori di luce (*pixel=picture element*) disposti regolarmente lungo una linea. Il singolo "pixel" costituisce un'area elementare del CCD. Le immagini sono generate da otto sensori CCD lineari, formati da 12000 pixel della dimensione di 6,5 μm , paralleli tra loro e posizionati nel piano focale di un unico sistema ottico: 2 sensori pancromatici, 3 sensori per il colore nello spettro del visibile e 3 sensori per l'infrarosso falso colore. I due sensori pancromatici sono formati da due CCD lineari tra loro traslati di 0,5 pixel in modo da ottenere una risoluzione complessiva di 24000 pixel.

La figura seguente illustra la disposizione dei sensori nel piano focale della camera.



Le immagini sono acquisite con differenti angoli di visione dai diversi sensori lineari. I due sensori pancromatici sono infatti denominati rispettivamente "forward" e "backward" poiché, rispetto al senso di avanzamento dell'aereo, il sensore pancromatico "forward" (PANF) riprende la scena "in avanti" mentre il sensore



pancromatico "forward" (PANB) acquisisce l'immagine dietro l'aereo. I sensori del colore (REDN, GRNN e BLUN) in posizione centrale sul piano focale consentono invece una registrazione "nadirale". Un particolare sistema ottico, denominato tricoide, è applicato ai tre sensori del colore. Il tricoide suddivide il raggio di luce incidente l'obiettivo nelle tre bande rosso, verde e blu, con la minima perdita di energia, che sono diretti ai rispettivi sensori lineari REDN, GRNN e BLUN. Questo sistema evita l'allineamento geometrico "a-posteriori" delle singole immagini registrate dai tre sensori del colore per comporre l'immagine a colori.

La visione stereoscopica del territorio coperto è quindi consentita dai differenti angoli di ripresa dei vari sensori.

Un insieme di filtri ottici appositamente definiti da un team di specialisti assicurano la miglior sensitività per ciascuna banda per fornire immagini di ottima qualità per le attività di fotointerpretazione e dai colori naturali.

Le caratteristiche della camera digitale ADS40 e dei suoi sensori sono così riassunte:

Lunghezza focale	62.5 mm
Field of View	64°
Risoluzione ottica	150 lp/mm @ f/4
Dimensione Pixel	6.5 µm
Risoluzione massima sensore PAN	24,000 pixels
Risoluzione sensori RGB and NIR	12,000 pixels
Stereo angolo PAN forward - nadir	28°
Stereo angolo PAN backward - nadir	14°
Stereo angolo NIR forward - nadir	18°
Stereo angolo RGB - nadir	0°

Il sistema della camera digitale si compone anche di un'unità di misura inerziale (IMU), prodotta e fornita da APPLANIX, che è uno strumento in cui sono abbinate le funzioni di un giroscopio e di un accelerometro digitali con elevata precisione di misura. Nell'IMU tre giroscopi e tre accelerometri misurano le variazioni di assetto angolare e di velocità con una frequenza di 200 Hz; è così possibile conoscere l'assetto spaziale della camera in ogni istante della ripresa aerea. Le misure effettuate dall'IMU sono integrate con le registrazioni del sistema di posizionamento GPS consentendo di determinare con estrema accuratezza le coordinate e l'assetto angolare dell'asse ottico della camera. Pertanto, dal punto di vista tecnologico ed operativo, l'impiego del sistema IMU/GPS consente di georeferenziare tutti i dati direttamente ed indipendentemente da operazioni topografiche e/o fotogrammetriche.

Le Immagini digitali, e i dati GPS/IMU sono registrati durante la ripresa aerea su sul sistema di memoria di massa formato da quattro dischi SCSI ad alta velocità chiusi ermeticamente in un contenitore metallico in grado di assorbire colpi e vibrazioni

Le Immagini digitali sono acquisite simultaneamente dai sensori lineari e registrati nella memoria di massa in un formato compresso di tipo "lossy", ovvero con minima perdita di informazione

La camera digitale è calibrata con voli di test dal produttore direttamente alla fabbrica prima della consegna. La calibrazione si basa su due strisciate volate a due differenti quote secondo uno schema "a croce". Inoltre, ogni strisciata è volata con sovrapposizione piena nelle due direzioni opposte. Le immagini digitali risultanti sono elaborate con un processo di triangolazione aerea con il quale è elaborato il modello matematico delle correzioni per ogni sensore lineare.



2. La ripresa aerea

Secondo le caratteristiche tecniche della camera digitale ADS40, la risoluzione del pixel sul terreno è in funzione della quota di volo. Le immagini digitali sono acquisite alla quota media relativa di volo di 20500 feet (6300 metri) ed quindi la risoluzione media del pixel è di 65 cm.

Lo scostamento dal valore medio, dovuto alla morfologia del terreno, alla compatibilità con le esigenze di continuità delle strisciate ed alle eventuali restrizioni imposte dalle autorità preposte alla regolamentazione del traffico aereo, è contenuto entro i limiti di $\pm 5\%$. Per privilegiare l'aspetto sincronico delle riprese sulle diverse aree in cui è stato articolato il lavoro, le strisciate presentano le minori interruzioni possibile. La sovrapposizione laterale tra strisciate contigue è non inferiore al $10\% \pm 5\%$.

Per la metodologia GPS utilizzata sono impiegate delle stazioni permanenti di riferimento a terra che devono acquisire i segnali con le caratteristiche temporali (frequenza di acquisizione: un secondo), elettromagnetiche (L1 + L2 con codici P e C/A) e quantitative (numero di satelliti registrati) analoghe a quelle dei sistemi funzionanti sugli aerei. Le coordinate delle stazioni permanenti, sono note e definite sia nel sistema WGS84 sia in quello geodetico nazionale.

La distribuzione sul territorio delle stazioni permanenti è tale da assicurare una situazione ottimale per il calcolo delle coordinate, in quanto gli aerei in volo non distano mai più di 50 chilometri da almeno una delle stazioni permanenti a terra.

I dati GPS/Inerziali registrati dalla camera digitale ADS40 durante le riprese e le registrazioni dei segnali GPS delle stazioni permanenti di riferimento a terra più vicine sono elaborati applicando programmi noti internazionalmente e sperimentati.

3. Inquadramento e sistema di rappresentazione cartografica

Ciascun elaborato è inquadrato nella cartografia IGM 1:50.000 come suo sottomultiplo ed è denominato *sezione*, in analogia alle definizioni della CTR10.

Ogni sezione corrisponde alla sedicesima parte di un foglio della serie IGM 1:50.000 ed è contraddistinta da un codice a sei cifre, coincidente con quello della corrispondente sezione della CTR10, per un'immediata associabilità ad essa, ove esistente.

Le prime tre cifre designano il foglio 1:50.000 (da 001), la quarta e la quinta la sezione 1:10.000 (da 01 a 16), mentre la sesta cifra è posta uguale a zero.

La rappresentazione cartografica adottata è quella di Gauss, con coordinate piane riferite al sistema cartografico nazionale Gauss - Boaga.

Il territorio rappresentato dall'ortofoto è delimitato da segmenti di rette $N=\text{costante}$, $E=\text{costante}$; all'interno del rettangolo definito da tali segmenti una cornice continua identifica la sezione 1:10.000, delimitata da trasformate di archi di meridiano e parallelo, secondo il taglio della serie IGM 1:50 000.

4. Triangolazione aerea

Lo scopo principale della triangolazione aerea è quello di compensare la georeferenziazione diretta attribuita alle singole strisciate durante la ripresa aerea.

Nel processo di triangolazione aerea sono utilizzati comunque punti di coordinate note, sia per la verifica della georeferenziazione, sia per il calcolo della stessa.



A differenza della camera fotogrammetrica tradizionale, la camera digitale ADS40 fornisce una tripla sovrapposizione del 100% (solo il 60% per la camera tradizionale), poiché vengono utilizzate le immagini dei tre sensori in posizione "forward", "nadir" e "backward", consentendo la determinazione con maggior precisione dei punti di legame.

Il processo di triangolazione aerea è eseguito con il programma ORIMA, realizzato da Leica Geosystems, che ne consente una gestione completamente automatica. I punti determinati sono quindi utilizzati in processo di "bundle adjustment" che è identico a quello utilizzato per il flusso di elaborazione della camera tradizionale

5. DTM

Il modello numerico del terreno ha una struttura matriciale con passo di campionamento di 40 m ed è articolato in blocchi coincidenti con i blocchi di triangolazione aerea. Per la realizzazione di tale prodotto sono stati utilizzati dati di input di varia tipologia e provenienza, in funzione dei dati disponibili; in particolare si possono definire due tipologie fondamentali di dati:

- curve di livello della Cartografia Tecnica Regionale 1:5.000 o 1:10.000, acquisite per via fotogrammetrica numerica o per digitalizzazione da cartografia, con introduzione di punti quota e di linee di discontinuità (break lines).
- registrazione dell'altimetria per curve o per profili mediante osservazione dei modelli del volo Italia 94, con introduzione di punti quota e di linee di discontinuità (break lines).

Ai margini del blocco di calcolo l'area di registrazione e di determinazione del DTM è stata estesa per una fascia di 400 m in sovrapposizione con i blocchi adiacenti.

L'accuratezza media del DTM prodotto, valutabile attraverso le discrepanze tra le quote di punti determinati fotogrammetricamente su particolari ben identificabili e quelle corrispondenti ricavate per interpolazione sul DTM, è inferiore a livello di confidenza 95%, alla metà dell'equidistanza delle curve di livello della corrispondente CTR10, pari a 5 m.

Per la parte derivante dalla registrazione diretta dei dati dal volo Italia 94 tale tolleranza vale ovviamente per terreno scoperto; nelle zone ove a causa della fitta vegetazione non è possibile collimare stereoscopicamente il terreno, le osservazioni sono state condotte sulla base della superficie visibile, tenendo conto mediamente dell'altezza della vegetazione, con un degrado di precisione stimabile in misura non superiore alla tolleranza rispettata per il terreno scoperto.

6. Ortofoto

L'ortofoto digitale è il prodotto del raddrizzamento differenziale dell'immagine aerofotogrammetrica digitalizzata, georeferenziata nel sistema geodetico-cartografico nazionale (Roma40 - Gauss - Boaga) e geometrizzata sulla base di un modello digitale del terreno realizzato ad hoc con griglia regolare di 40 m in coordinate terreno.

Il contenuto informativo dell'ortofoto dipende fondamentalmente dalla sua risoluzione, cioè dalla dimensione nominale del pixel, che nel caso in esame è di circa 50 cm x 50 cm in coordinate terreno.

Il contenuto geometrico è dello stesso ordine di grandezza della CTR10.



A handwritten signature in black ink is located in the bottom right corner of the page.

Le immagini digitali delle strisciate sono geometricamente corrette sulla base del DTM precedentemente descritto con il programma Gpro, realizzato da Leica Geosystem. La risoluzione finale del pixel delle ortoimmagini è di 50 cm al terreno. Nel processo le immagini sono convertite dalla risoluzione radiometrica originale di 16 bits per canale alla risoluzione finale di 8 bits per canale. Il modello ottimale della conversione radiometrica è determinato manualmente dall'operatore prima di avviare il processo di geometrizzazione.

Le ortoimmagini sono quindi mosaicate manualmente secondo l'usuale flusso di lavoro tipico della fotogrammetria tradizionale.

L'ortofoto digitale è pertanto il risultato della mosaicatura delle immagini digitali utili con bilanciamento radiometrico automatico delle porzioni interessate atto a garantire la totale congruenza radiometrica interna; la congruenza geometrica interna è garantita dal rispetto delle tolleranze definite per l'orientamento assoluto delle singole immagini, pari alla risoluzione del pixel di acquisizione.

La totale standardizzazione del processo di mosaicatura tra le immagini digitali componenti la singola ortofoto, unitamente alla omogeneità delle caratteristiche delle riprese per grandi aree, garantiscono infine la mosaicabilità digitale tra ortofoto contigue senza alcuna apprezzabile decadenza della leggibilità e della congruenza geometrica sui bordi.

La singola unità di realizzazione e memorizzazione dell'ortofoto è rappresentata dalla sezione 1:10.000 (CTR10). Ciascuna unità si estende per circa 200 m oltre il limite della CTR10, creando una zona di sovrapposizione tra ortofoto contigue.

Ad ogni ortofoto possono essere associati, a richiesta, livelli vettoriali differenti (reticolato Gauss - Boaga, informazioni marginali della corrispondente CTR10, limiti amministrativi, toponomastica, etc.) visualizzabili sul prodotto digitale e riproducibili sul supporto analogico secondo convenzionalismi concordati con l'utente.

7. Tolleranze

Le tolleranze dell'ortofoto sono le seguenti:

1. per la posizione planimetrica di particolari puntiformi (cioè delle dimensioni di un pixel) ben identificabili sul terreno e sull'ortofoto la differenza tra la determinazione sull'ortofoto e la corrispondente determinazione sul terreno con metodi topografici di maggior precisione non supera mai il valore $t_p = 4$ m;
2. per la distanza tra due particolari puntiformi ben identificabili sull'ortofoto e sul terreno la differenza tra la determinazione sull'ortofoto e la corrispondente determinazione sul terreno con metodi topografici di maggior precisione non supera mai i seguenti valori:

$$t_d = (4 + D/1000) \text{ m per } D \leq 2.000 \text{ m}$$

$$t_d = 6 \text{ m per } D > 2.000 \text{ m.}$$

8. Formato di fornitura dell'ortofoto digitale

L'ortofoto digitale è fornita, come richiesto, nel formato GeoTIFF non compresso, unitamente al file di georeferenziazione TFW. La dimensione di ciascun file delle ortofoto digitali con risoluzione del pixel di 50 centimetri alla risoluzione radiometrica di 8bits per canale è di circa 480 Mb e sono fornibili su DVD-R. Poiché l'alta risoluzione delle ortofoto digitali comporta complessi problemi operativi legati soprattutto alla elevata mole di dati da gestire, immagazzinare, trasferire, eccetera,



nell'interesse esclusivo degli utilizzatori la fornitura delle ortofoto digitali è proposta anche in formato compresso con la tecnologia ECW (Enhanced Compressed Wavelet).

Questa tecnologia permette di visualizzare le immagini compresse con tempi indipendenti dalla dimensione totale dei file e consente agli utilizzatori di navigare nelle immagini in tempo reale.

La tecnologia della compressione ECW si basa sulla scomposizione del segnale nelle due componenti equivalenti MEDIA e DIFFERENZA e su una applicazione ripetitiva di questo concetto. Nonostante la compressione sia di tipo "lossy", i dati che vengono persi sono quelli relativi alle tinte unite e non quelli relativi a punti ben precisi (spigoli, cigli, eccetera) e questo permette di mantenere una elevata accuratezza nel dettaglio degli oggetti.

La tecnologia ECW è stata largamente integrata negli applicativi più diffusi in ambito Office, GIS, CAD ed anche Internet, divenendo di fatto uno standard per i formati di immagini digitali.

La dimensione totale del "corpus documentale" di tutte le ortofoto digitali in formato compresso

Il formato dei files ECW non ha inoltre la limitazione imposta dal formato TIFF sulle massime dimensioni fisiche del file (4Gb di immagine in formato non compresso) consentendo la realizzazione di grandi mosaici di ortofoto digitali fornibili in funzione della dimensione del file su cassetta DAT3 o DAT4 nel formato per backup di Windows o su DVD-R.

Relativamente alle sue diverse possibilità di impiego, visualizzazione e relativa gestione, corre l'obbligo distinguere due diverse modalità, e conseguenti software:

- Visualizzazione (Adobe Photoshop, Microstation, ArcExplorer, etc.)
- Gestione in ambiente GIS (Arc/Info, ArcView, ENVI, ERDAS, PCI, AutocadMap 2000, Microstation, GeoMedia, etc.).

