



Compagnia Generale RipreseAeree 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 del territorio nazionale. 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. Riprese aerofotogrammetriche**

Le riprese aerofotogrammetriche sono state realizzate, nel periodo maggio - novembre 2003, con velivoli in grado di raggiungere e mantenere una quota assoluta operativa non inferiore a 5.400 m.

Le camere da presa impiegate hanno una focale di circa 150 mm con formato utile dell'immagine di 230x230 mm; i certificati di taratura, mai anteriori a tre anni rispetto alla data di esecuzione delle riprese, presentano valori di distorsione media degli obiettivi sempre contenuti entro  $\pm 0.005$  mm, mentre la distanza principale e le coordinate del punto principale, rispetto al riferimento definito dalle marche fiduciali sono determinate con un e.q.m. di  $\pm 0.010$  mm.

Gli obiettivi impiegati hanno un potere separatore medio di 90 linee/mm ed in nessun punto inferiore a 40 linee/mm; tutte le camere sono dotate del dispositivo FMC per la compensazione dell'effetto di trascinamento.

Il materiale fotografico negativo – KODAK 2444 III Aerocolor Negative - presenta i migliori requisiti di qualità tra quelli presenti in commercio e, comunque, un potere risolutivo, al massimo contrasto, non inferiore a 100 linee/mm; il supporto dell'emulsione sensibile offre le migliori caratteristiche di indeformabilità e di sensibilità e finezza della grana che sono qualità ottimali per i voli fotogrammetrici. In particolare, dal punto di vista metrico, le variazioni delle distanze tra le marche fiduciali, rispetto a quelle nominali di calibrazione, non superano mai il valore di 0.01 mm.

Le copie diapositive, che rappresentano il dato primario del processo produttivo dell'ortofoto in quanto oggetto della rasterizzazione, vengono impressionate mediante

bromografi a compensazione automatica dell'immagine su supporto poliestere indeformabile della migliore qualità in commercio.

La scala media dei fotogrammi è di 1:35.000 per una quota media relativa di circa 5.400 m; 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  $\pm 10\%$ ; conseguentemente la scala puntuale dei fotogrammi oscilla tra un minimo di 1:31.500 ed un massimo di 1:39.000.

Per privilegiare l'aspetto sincronico delle riprese sulle diverse aree in cui è stato articolato il lavoro, le strisciate presentano le minori interruzioni possibile; inoltre la sovrapposizione longitudinale media dei fotogrammi nella direzione del volo è pari al 60%, con oscillazioni comprese entro il  $\pm 5\%$ , incrementato fino al  $70\% \pm 5\%$  in aree a morfologia accidentata.

La sovrapposizione laterale tra strisciate contigue è pari al  $20\% \pm 5\%$  e le variazioni dei parametri angolari di orientamento tra fotogrammi consecutivi ( $\varphi$ ,  $\omega$  e  $\kappa$ ) non superano mai i  $5^\circ$ .

In casi eccezionali, riscontrabili solo in aree montuose caratterizzate da forti dislivelli ( $\geq 1200$  m nell'ambito del fotogramma), la scala puntuale può raggiungere valori di 1:48.000, senza per altro alterare significativamente la precisione geometrica (pixel di scansione di  $1.01 \times 1.01$  m) né la interpretabilità del territorio.

Le riprese sono state eseguite in periodi ed ore tali da garantire la migliore leggibilità delle immagini attraverso la minimizzazione delle ombre e comunque con altezza del sole non inferiore a  $30^\circ$ . I fotogrammi sono privi di nubi e coperture nevose e coprono stereoscopicamente tutto il territorio.

## **2. 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.

### **3. Contenuti dell'ortofoto digitale**

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 0,50 m x 0,50 m in coordinate terreno.

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

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.

### **4. 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  $t_p = 4 \text{ m}$ ;

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:

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

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

## 5. Scansione dei fotogrammi

I fotogrammi utili all'ortoproiezione sono sottoposti a scansione per mezzo di uno scanner piano di caratteristiche fotogrammetriche (formato utile 250 x 275 mm, s.q.m.  $\leq 2\mu\text{m}$ ) capace di una risoluzione radiometrica di 12 bit/canale.

La risoluzione dell'immagine digitale generata dalla scansione è sempre superiore a quella richiesta per l'ortofoto digitale (pixel di 0,5 m x 0,5 m): considerando che la scala media dei fotogrammi è di 1:35.000, con variazioni da 1:31.500 a 1:39.000, la risoluzione selezionata per la scansione è di 14  $\mu\text{m}$ .

Dal punto di vista radiometrico la scansione è effettuata a 256 livelli per canale, che vengono sfruttati totalmente tenendo conto della tessitura dell'immagine e delle caratteristiche della ripresa.

## 6. Inquadramento

Le riprese aerofotogrammetriche sono state effettuate utilizzando tecnologia Applanix, un sistema per la determinazione dei dati relativi al posizionamento ed orientamento delle singole immagini aeree nel sistema geodetico cartografico di riferimento.

Il sistema APPLANIX POS/DG, attraverso l'integrazione delle registrazioni GPS con i dati raccolti dall'IMU (uno strumento in cui sono abbinate le funzioni di un giroscopio e di un accelerometro digitali con elevata precisione di misura) consente di determinare con estrema accuratezza sia le coordinate dei singoli centri di presa sia l'assetto angolare dell'asse ottico della camera.

Pertanto, dal punto di vista tecnologico ed operativo, l'impiego del sistema APPLANIX ha consentito di georeferenziare tutti i dati direttamente ed indipendentemente da operazioni topografiche e/o fotogrammetriche.

## 7. 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:

- a curve 1:10.000, acquisite per via fotogrammetrica numerica o per di livello della Cartografia Tecnica Regionale 1:5.000 o digitalizzazione da cartografia, con introduzione di punti quota e di linee di discontinuità (break lines).
- b 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.

## 8. Ortofoto

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

contigue; le discrepanze in corrispondenza dei bordi tra ortofoto non sono mai superiori a 8 pixel.

L'ortoproiezione si basa su sistemi hardware-software di ampia diffusione internazionale e adotta per la georeferenziazione i punti di orientamento ottenuti dalla metodologia inerziale e per la geometrizzazione il DTM precedentemente descritto, non sottoposto ad alcuna interpolazione. L'ortofoto digitale è il risultato della mosaicatura dei fotogrammi utili (mediamente due), 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 del singolo fotogramma, pari alla risoluzione di scansione. La totale standardizzazione del processo di mosaicatura tra i fotogrammi 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 decadimento della leggibilità e della congruenza geometrica sui bordi.

La base fotografica presenta in generale un'ottima tornatura senza evidenti stiramenti di immagine.

## **9. Software per la gestione dell'ortofoto digitale**

L'ortofoto digitale a colori è fornita, in funzione delle richieste, nei formati TIFF o ECW. Il formato TIFF memorizza l'immagine digitale con 8 bit/pixel per i 3 canali RGB, corrispondenti ad una dimensione del file di circa 500 Mb.

Il formato ECW, pur mantenendo le caratteristiche della risoluzione radiometrica del TIFF, riduce le dimensioni del file a circa 50 Mb; ciò mediante una compressione, garantendo una minima perdita di informazione.

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.).