

## PRODUZIONE DI ORTOFOTO NELLA REGIONE ABRUZZO

Armida COLLALTI, Marisa DEL SIGNORE, Smeralda FAGNANI, Daniela STROMEI

Regione Abruzzo - Servizio per l'Informazione Territoriale e Telematica, via Leonardo da Vinci 6, L'Aquila,  
tel +39 0862.363223, fax 0862.363225, email: infocartografia@regione.abruzzo.it

### Riassunto

Nel corso degli ultimi anni il Sistema Informativo Geografico della Regione Abruzzo congiuntamente alla realizzazione del DB Topografico, secondo le specifiche Intesa GIS, allo sviluppo di cartografia numerica e tematica: come la C.T.R., la carta delle aree esondabili, la carta dell'uso del suolo, la carta forestale sperimentale, ha avviato la realizzazione di un progetto per la produzione di ortofoto digitali internamente al proprio laboratorio fotogrammetrico.

Si è deciso di procedere seguendo differenti attività: soddisfare la necessità di aggiornare le informazioni geografiche, effettuare l'analisi del territorio a seguito di eventi che ne hanno modificato la morfologia e parallelamente recuperare materiale storico per la definizione dei piani di bacino.

Tali obiettivi sono stati raggiunti tramite la realizzazione di:

- ortofoto B/N 2001-2005, da ripresa aerofotogrammetrica tradizionale a copertura totale, i cui fotogrammi sono stati acquisiti in formato digitale a seguito di una scansione automatica dei rulli di diapositive elaborata mediante lo scanner fotogrammetrico PhotoScan, prodotto da Z/I Imaging con tecnologia sviluppata da Carl Zeiss con risoluzione ottica di 14  $\mu\text{m}$  e profondità radiometrica di 8 bit;
- ripresa aerofotogrammetrica tradizionale RGB 2006 a copertura parziale sui centri urbani della Regione Abruzzo, e successiva scansione con caratteristiche analoghe al punto precedente;
- ortofoto RGB+Hr 2007, da ripresa aerofotogrammetrica digitale a copertura totale, eseguita con DMC a quattro sensori, i cui fotogrammi presentano risoluzione di 12  $\mu\text{m}$  e profondità radiometrica di 16 bit. L'ortofoto prodotta, in UTM/WGS84, ha una risoluzione a terra pari a 0.2 metri;
- ortofoto B/N da ripresa aerofotogrammetrica tradizionale eseguita sulla frana verificatasi presso il Gran Sasso nell'Agosto del 2006;
- ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale sull'alluvione avvenuta il 06/10/2007 che ha coinvolto i comuni di Alba Adriatica e Tortoreto, le immagini a 8bit hanno una risoluzione di 12 $\mu\text{m}$ ;
- ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale sulle aree incendiate nell'estate 2007 indicate dal C.F.S., eseguita il 07/08/2007 e il 17/10/2007, dalla quale è stata elaborata la perimetrazione delle aree incendiate tramite acquisizione a monitor, successivamente si è potuto individuare la tipologia delle aree coinvolte attraverso l'intersezione con lo strato informativo dell'uso del suolo;
- scansione delle diapositive relative ai voli del 1982-1985 e 1956.

### Abstract

Over the past years the Geographic Informative System of Abruzzo Region jointly with the implementation of Topographic DB, according to Intesa GIS specifications, the development of digital and thematic cartography: as CTR, as Soil Use map, as Forest Sperimental map, has been

launched a project for the production of digital orthophotos internally to their photogrammetric laboratory.

It was decided to proceed with different activities: to update the geographical information, to analyse territory after events that have altered the morphology and, at the same time, recover historical material for the definition of basin's plans.

These objectives have been achieved through the implementation of different aerophotogrammetric flights, with traditional (years 2001-2006) or digital (year 2007) camera.

### **Introduzione**

Le attività del Sistema Informativo Geografico della Regione Abruzzo si snodano e si sviluppano in differenti aree: quella interna per la infrastruttura dei dati geografici, quella cartografica, quella geodetica, con l'obiettivo comune che la Struttura si è posta di garantire il miglioramento dei servizi offerti al cittadino, agevolando la ricerca delle informazioni e fornendo materiali e dati aggiornati sulla produzione cartografica tecnica e tematica. Accanto all'aggiornamento dei dati geospaziali, costantemente richiesto, la Struttura ha posto l'attenzione sull'aggiornamento delle modalità di acquisizione e gestione dei dati stessi, pertanto nel caso specifico della produzione di ortofoto si è passati dalle riprese aerofotogrammetriche tradizionali a quelle digitali, le quali presentano numerosi vantaggi di precisione, abbattimento dei tempi di acquisizione, affidabilità nel tempo. Nel corso degli ultimi anni è stata realizzata l'ortofoto B/N da ripresa tradizionale, è in corso di realizzazione l'ortofoto RGB da ripresa digitale, oltre a queste, caratterizzate dalla copertura totale del territorio regionale, sono state effettuate delle riprese a copertura parziale a seguito di particolari eventi che hanno modificato il territorio.

### **Ortofoto B/N 2001-2005 a copertura totale**

La ripresa aerofotogrammetrica si è estesa a copertura totale del territorio regionale, svolgendosi in differenti lotti: anno 2001-2002 primo lotto, anno 2004-2005 secondo e terzo lotto. La copertura stereoscopica dell'intero territorio regionale ha richiesto 10150 fotogrammi.

I fotogrammi sono stati catturati a una quota media di volo di 2000 metri a una scala 1:13.000.

La ripresa è stata eseguita mediante camera tradizionale *Zeiss RMK A 15/23*, con focale 153.557 mm, il formato utile dell'immagine è pari a 23 cm × 23 cm.

L'acquisizione è stata effettuata con risoluzione ottica di 14  $\mu\text{m}$  e con risoluzione radiometrica B/N di 8bits (256 livelli di grigio) mediante lo scanner fotogrammetrico *Zeiss Z/I Imaging Photoscan*, di cui la Regione Abruzzo si è dotata. Gli scanner fotogrammetrici sono dispositivi di scansione progettati appositamente per l'acquisizione di fotogrammi, garantiscono alta fedeltà radiometrica e precisione geometrica  $< 2 \mu\text{m}$ , tra i possibili schemi di montaggio dei sensori fotosensibili dello scanner lo *Z/I Imaging Photoscan* monta array lineare di sensori, ovvero l'acquisizione viene effettuata per strisce.

Lo scanner ha la capacità di acquisire immagini sia da singole diapositive che da rullo, in tal caso offre la possibilità di lavorare in modalità automatica, questo processo permette, una volta definite le impostazioni iniziali richieste dal sistema, di ridurre in maniera sensibile i tempi delle operazioni rispetto ad una procedura manuale, garantendo al contempo l'ottima qualità del risultato.

I fotogrammi sono stati orientati utilizzando il software *Erdas Orthobase* di Leica, procedendo dapprima all'orientamento interno di ciascun fotogramma con l'inserimento manuale delle quattro marche fiduciali, tale orientamento definisce la geometria interna della camera nell'istante in cui l'immagine è stata scattata, consente il passaggio dal sistema di coordinate pixel al sistema di coordinate immagine. In secondo luogo si è proceduto con l'orientamento esterno che definisce la posizione e l'orientamento angolare della camera, per ogni fotogramma bisogna attribuire le coordinate del centro di presa nel sistema "terra" ( $X_0, Y_0, Z_0$ ) e le variabili rotazionali ( $\omega, \phi, k$ ) che descrivono la relazione tra il sistema di coordinate "terra" ed il sistema di coordinate immagine, tali parametri sono stati stimati con Triangolazione Aerea. La fase di TA consente dunque di

determinare i parametri di orientamento dei fotogrammi sulla base della conoscenza di alcuni punti noti (GCP) e delle caratteristiche metriche della camera fotografica. La metodologia usata è quella del concatenamento in blocco dei fotogrammi (*bundle block adjustment*). Risulta evidente l'importanza di una opportuna scelta dei GCP, i quali devono risultare ben distribuiti sul blocco e devono possedere le seguenti caratteristiche: spiccata evidenza fotografica, piccole dimensioni, aderenza al terreno altrimenti un piccolo errore in planimetria potrebbe comportare grandi errori in altimetria, pertanto molto spesso vengono scelti incroci di strade o spigoli di basse recinzioni. Oltre ai GCP sono stati inseriti anche dei punti di legame, o *TIE POINTS*, aventi coordinate ignote, riconosciuti su due o più immagini che si sovrappongono. La qualità della triangolazione aerea è stata controllata dai valori di RMSE stampati su un report: gli scarti residui sui GCP sono stati in planimetria  $<0.5\text{m}$  e in altimetria  $<0.7\text{m}$ , mentre il valore di RMSE di qualità generale del blocco è stato mediamente  $<0.7\text{m}$ , valori che rientrano ampiamente entro i limiti dettati nella versione finale delle specifiche tecniche per la produzione di ortofoto digitali in scala nominale 1:10000, approvata dal Centro Nazionale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione (CNIPA) il 31 Marzo 2006. Nel processo di ortorettifica è stato utilizzato un modello digitale del terreno, edizione 2000, avente passo di campionamento pari a 40m; la risoluzione a terra dell'ortoimmagine è pari a 0.5m, come metodo di ricampionamento è stato applicato il *Cubic Convolution*.

Il mosaico delle ortofoto è stato eseguito utilizzando delle cut-lines editate manualmente al fine di individuare il percorso che minimizzasse gli errori dovuti al taglio. Nelle zone relative al mare è stata inserita la funzione di feathering al fine di uniformare al massimo il mosaico dal punto di vista radiometrico.

La vestizione dell'ortofotocarta è stata impostata sulla base dell'ortofoto del 1982. Sull'immagine sono state caricate le curve di livello, i punti quotati e le annotazioni derivanti dalla Carta Tecnica scala 1:5.000 (anno 2000) opportunamente sfoltiti, ed inoltre i punti trigonometrici derivanti dalla rete plano-altimetrica della Regione Abruzzo. Il taglio degli elementi è stato effettuato secondo il reticolo geografico ED50. I vertici sono definiti in coordinate geografiche WGS84. Oltre alla stampa degli elementi ne è stata effettuata la pubblicazione sul sistema WebGis della Regione Abruzzo, con consultazione dinamica ed interrogazione del piano di volo.

### **Ortofoto RGB 2007 a copertura totale**

L'aspetto innovativo dell'ortofoto 2007 della Regione Abruzzo consiste nel basarsi su ripresa aerofotogrammetrica realizzata con una camera digitale DMC Zeiss-Intergraph, pertanto viene superata la fase di scansione, questo comporta una geometria di acquisizione di qualità superiore a quelle delle camere analogiche tradizionali, in grado, fra l'altro, di operare anche in condizioni meteo e di illuminazione sfavorevoli. Tra i principali vantaggi di questa tecnologia, che si ripercuotono sui prodotti derivati dalle riprese stesse: maggiore risoluzione radiometrica, riduzione degli effetti di opacità atmosferica, miglioramento del bilanciamento dei colori assicurato da un applicativo software di post-processing integrato nella camera, eliminazione del processo di scansione e immediato import dei file negli applicativi fotogrammetrici. Nel procedimento fotografico tradizionale vi è la possibilità che la geometria e la radiometria dell'immagine vengano alterate a causa della natura del supporto su cui viene registrata; mentre con la fotografia digitale viene superato il limite della mancanza di perfetta corrispondenza tra l'immagine che viene proiettata sul piano focale al momento della presa e la sua materializzazione sul supporto fotografico, apportando come caratteristica principale la cattura dell'immagine in formato numerico, la trasmissione e la conservazione nel tempo senza alterazioni.

I velivoli impiegati nella ripresa (Partenavia P68, CESSNA 402 o similari) sono dotati di strumentazione satellitare GPS per la navigazione e per la determinazione delle coordinate dei centri di presa dei fotogrammi, rispettivamente, i sistemi impiegati per i due scopi sono il TRACK' AIR o analoghi e l' INS/GPS (Applanix o analoghi).

La camera da presa digitale DMC usata, avente focale pari a 120 mm, si basa sulla tecnologia CCD, l'acquisizione dell'immagine avviene attraverso quattro sensori pancromatici e quattro sensori

a colori (verde, rosso, blu e infrarosso) dai quali si ottiene un'immagine ricampionata formata da 7680×13824 pixel, ciascuno avente dimensione 12 μm × 12 μm, (pertanto le dimensioni dell'immagine reale sono di circa 9x16 cm), con una risoluzione radiometrica di 12 bit, ricampionata in fase di post-processing a 16 bit.

La metodologia di distribuzione delle strisciate è consistita in strisciate principali rettilinee e parallele, per quanto possibile parallele alla linea di costa, rafforzate da strisciate trasversali ai bordi e al centro delle strisciate principali. La copertura stereoscopica dell'intero territorio regionale ha richiesto 16688 fotogrammi.

Le riprese sono state effettuate tra il 29/06/2007 e il 01/10/2007, ad una quota compresa tra 1007m e 4011m, ed utilizzando anche una unità di misura inerziale facente parte del sistema della camera digitale stessa.

Tale sistema Applanix ha consentito di determinare in ogni istante della ripresa l'assetto della camera, pertanto, integrando le misure dell'unità inerziale con quelle dei GPS a terra è stato possibile determinare le coordinate del centro di presa di ogni fotogramma ( $X_0, Y_0, Z_0$ ) ed i parametri angolari rotazionali ( $\omega, \varphi, \kappa$ ). Tuttavia non è stata seguita la strada del *direct georeferencing*, modalità di rilevamento del territorio in cui l'orientamento esterno del sensore, invece di essere stimato a posteriori, con un problema inverso, è misurato direttamente; infatti i parametri di orientamento esterno importati nel blocco di lavoro, mediante l'utilizzo di un file opportunamente strutturato, sono comunque derivanti da una Triangolazione Aerea nella quale sono stati utilizzati oltre alle coordinate di centro lastra e dagli assetti di presa ottenuti in sede di ripresa aerea dal sistema INS/GPS con piattaforma inerziale anche i punti della rete topografica regionale. Per il calcolo della TA è stato usato il programma a stelle proiettive Leica LPS con modulo ORIMA di aerotriangolazione.

Il modello digitale del terreno, con passo di campionamento di 1 metro, utilizzato nelle operazioni di ortorettifica è stato generato direttamente dal Sistema Informativo Regionale della Regione Abruzzo per interpolazione utilizzando la Carta Tecnica Regionale 1:5000 (anno 2001-2005), in particolare sono state usate le curve di livello come softlines mentre strade, scarpate e idrografia come hardlines.

L'ortofoto realizzata è riferita al sistema UTM con inquadramento WGS84, il taglio si è basato sul Sistema Geografico europeo unificato ED 1950, ovvero ogni elemento è stato ottenuto dividendo in 64 parti un foglio 1:50.000 dell'I.G.M. L'elemento dell'ortofoto è contraddistinto da un numero a sei cifre, in cui le prime tre si riferiscono al foglio alla scala 1:50.000, la quarta e la quinta invece alla sezione all'interno del foglio, la sesta cifra designa l'elemento. L'elevata qualità geometrica e radiometrica dei fotogrammi, accanto al rilevante livello di dettaglio del DEM utilizzato, hanno consentito di richiedere un ricampionamento (*Cubic Convolution*) dell'ortofoto con risoluzione a terra pari a 0.2 m, pertanto si possono effettuare ingrandimenti a video fino alla scala 1:600 senza considerevoli decadimenti dell'immagine.

In fase di mosaicatura dei fotogrammi le linee di taglio sono state generate automaticamente solo in rari casi, mentre sono state digitalizzate in modalità manuale laddove si è ritenuta opportuna una selezione dell'operatore.

La tolleranza planimetrica, definita come incertezza posizionale massima ammessa per un particolare puntuale individuato nel piano della rappresentazione, soddisfa la seguente relazione:

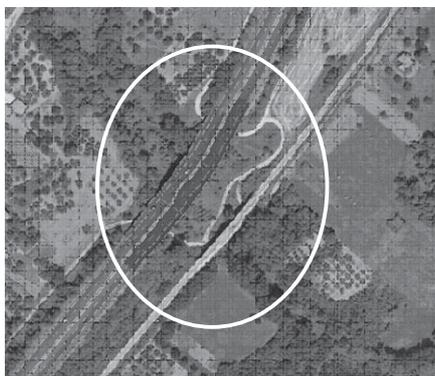
$$([\mathbf{N}'(\mathbf{p})-\mathbf{N}(\mathbf{p})]^2+[\mathbf{E}'(\mathbf{p})-\mathbf{E}(\mathbf{p})]^2)^{1/2} \leq 2$$
 metri, dove  $\mathbf{N}'(\mathbf{p})$  e  $\mathbf{E}'(\mathbf{p})$  sono le coordinate relative ad un punto  $\mathbf{P}'$  individuato sull'ortofoto, mentre  $\mathbf{N}(\mathbf{p})$  e  $\mathbf{E}(\mathbf{p})$  rappresentano le coordinate dello stesso punto  $\mathbf{P}$  misurate sul terreno. Al termine della realizzazione di ogni elemento vengono effettuate le verifiche di rispetto della tolleranza planimetrica mediante apposita campagna di misura a terra.

Nella fase di mosaicatura si sono presentate le maggiori criticità che hanno richiesto sia interventi di tipo geometrico (in presenza di viadotti) sia interventi di "*image enhancement*":

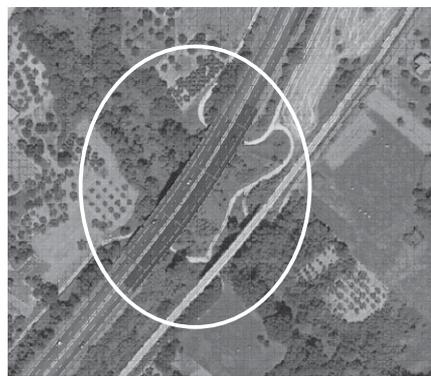
- *parallasse*: al fine di minimizzare gli effetti di distorsione della parallasse si è proceduto ad una accurata selezione dell'area di utilizzo di ogni singola ortoimmagine;

-*disomogeneità radiometrica*: talvolta il mosaico laterale tra strisciate contigue ha richiesto molteplici prove di bilanciamento dei colori, esse infatti molto spesso hanno presentato notevoli differenze di saturazione nei colori, luminosità e contrasto, pertanto è stato necessario agire con i possibili interventi di *Histogram Matching* e *Balance*, invece sulla disomogeneità delle ortofoto relative alla zona di costa si è operato il *Feathering* esclusivamente sull'area marittima, opportunamente ritagliata, ed in seguito si è proceduto con l'overlay sul territorio;

-*viadotti*: dall'utilizzo di un DEM con passo di campionamento di 1 metro si è presentato il problema della distorsione dei viadotti, l'effetto che ne risulta è evidente in *Fig. 1*. Per risolvere questa anomalia si è adottato un intervento temporaneo consistente nell'utilizzo di un DEM avente passo di campionamento di 40 metri (*Fig.2*), tuttavia si sta procedendo alla soluzione definitiva di tale criticità con la realizzazione di un *Digital Surface Model (DSM)* il quale, per le sue proprie caratteristiche include le informazioni sulla vegetazione, sugli edifici e sulle strade, contrariamente al DEM che, come noto, ne è privo.



*Fig.1*



*Fig.2*

L'ortofoto oltre ad essere consultabile in sede verrà pubblicata su Internet, per tale scopo tutti gli elementi dell'ortofoto saranno mosaicati in un unico raster file che subirà inoltre una compressione in formato ECW e sarà quindi emesso sull'infrastruttura di pubblicazione dati geospaziali (Sistema WebGis) della Regione Abruzzo, ove si avrà la possibilità di una consultazione dinamica e veloce.

### **Ripresa aerofotogrammetrica sui centri urbani**

Si tratta di una ripresa tradizionale RGB 2006 a copertura parziale sui centri urbani con popolazione maggiore di 7000 abitanti. Tale ripresa è stata effettuata con la Camera RC30 15/4 con lunghezza focale di 153.28mm, fatta eccezione per la città di L'Aquila dove è stata utilizzata invece la Camera RC30 30/4 con lunghezza focale di 303.56 mm.

L'acquisizione in formato digitale dei fotogrammi è avvenuta mediante la scansione dei rulli di diapositive con lo scanner fotogrammetrico Zeiss Z/I Imaging Photoscan, con risoluzione ottica di 14 µm e profondità radiometrica di 8 bit.

### **Ortofoto frana Gran Sasso**

A seguito di una ripresa aerofotogrammetrica tradizionale, eseguita sulla frana verificatasi presso il Gran Sasso nell'Agosto del 2006, con una camera RMK TOP 15 avente lunghezza focale di 153.104 mm, è stata realizzata l'ortofoto B/N utilizzando il DEM edizione 2000 avente passo di campionamento pari a 40 metri; la risoluzione a terra dell'ortofotografia è pari a 0.5m, come metodo di ricampionamento è stato applicato il Cubic Convolution.

### **Ortofoto alluvione Tortoreto-Alba Adriatica**

Ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale, eseguita con DMC Z/I Imaging avente focale 120 mm, sull'alluvione avvenuta il 06/10/2007 che ha coinvolto i comuni di Alba Adriatica e Tortoreto, le immagini a 8bit hanno una risoluzione di 12µm. A seguito di tale ripresa è stato

possibile circoscrivere l'area coinvolta nell'evento ed individuare la localizzazione della sorgente che lo ha scatenato.

### **Ortofoto aree incendiate**

Ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale, eseguita con DMC Z/I Imaging avente focale 120 mm, sulle aree incendiate nell'estate 2007 indicate dal C.F.S., eseguita il 07/08/2007 e il 17/10/2007, dalla quale è stata elaborata la perimetrazione delle aree incendiate tramite acquisizione a monitor, successivamente si è potuto individuare la tipologia delle aree coinvolte attraverso l'intersezione con lo strato informativo dell'uso del suolo della Regione Abruzzo.

### **Conclusioni**

L'ortofoto digitale rappresenta lo stadio più recente dell'evoluzione delle metodologie di rappresentazione del territorio, è un prodotto efficace ed economico per rappresentare correttamente, in forma fotografica, la proiezione ortogonale su un piano di un qualsiasi oggetto tridimensionale; si caratterizza per la ricchezza del contenuto informativo sintetizzando la rappresentazione metrica e fotografica del territorio. La dotazione dell'ortofoto RGB dell'intero territorio regionale, avente una rilevante qualità metrica e radiometrica, oltre alla semplice fruizione da parte dei clienti rappresenta una delle importanti attività del Sistema Informativo Regionale, ed inoltre verrà utilizzata per l'aggiornamento cartografico e per la realizzazione del Data Base topografico secondo gli standard Intesa GIS.

Accanto alla necessità di aggiornare le informazioni geografiche mediante l'utilizzo delle più moderne ed efficaci metodologie si è proceduto con l'analisi del territorio in conseguenza di eventi che ne hanno modificato la morfologia.

### **Bibliografia**

Casella V., Galetto R., Surace L., Ferretti L., Banchini G., Cavalli A. (2001), "*Esperienze di fotogrammetria supportate da GPS/INS*", Bollettino SIFET, n. 4: 35-49

Comitato per il coordinamento informatico dei dati territoriali, (2006) "*Ortofoto digitali 1:10.000 Standard di riferimento*"

([http://www.cnipa.gov.it/site/itZT/Attività/Sistemi\\_Informativi\\_Territoriali/Precedente\\_comitato\\_dati\\_territoriali/](http://www.cnipa.gov.it/site/itZT/Attività/Sistemi_Informativi_Territoriali/Precedente_comitato_dati_territoriali/))

Galetto R., "*Camere digitali per riprese aeree e terrestri*" Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio, Università di Pavia

Intesa Stato-Regioni\_Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informative geografici (2001), "*Technical Specifications for the Elaboration of Digital Elevation Models*",

([http://www.intesagis.it/specifiche/Doc\\_wg03/DTM16I\\_Spec\\_Apr01.pdf](http://www.intesagis.it/specifiche/Doc_wg03/DTM16I_Spec_Apr01.pdf))