

REALIZZAZIONE E DIFFUSIONE DI ORTOFOTO DIGITALI DELLA PROVINCIA DI TORINO

(*) Paolo FOIETTA, (**) Roberto CHIABRANDO, (***) Sara MANNONI,
(****) Andrea BALLOCCA

(*) Provincia di Torino - Area Territorio, Trasporti e Protezione Civile, C.so Lanza 75 10131 Torino, tel. 011-8613168,
e-mail: paolo.foietta@provincia.torino.it

(**) Università di Torino – Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale, via Leonardo da Vinci, 10095 Grugliasco, tel. +39 011.6705520, e-mail: roberto.chiabrando@unito.it

(***) CSI-Piemonte, C.so Tazzoli, 215/12B, - 10137 Torino, Tel. +39 011.3168969, e-mail: sara.mannoni@csi.it, andrea.ballocca@csi.it

Riassunto

Il Sistema Informativo Cartografico della Provincia di Torino comprende un elevato numero di informazioni cartografiche, tra loro coerenti e sovrapponibili, consultabili via web e disponibili ad un vasto numero di utilizzatori. Al fine di integrare e completare quest'offerta, la Provincia ha ritenuto opportuno provvedere, nel corso dell'anno 2006, alla formazione di una nuova ortofoto digitale a colori alla scala 1:5.000 di tutto il territorio provinciale.

Di seguito saranno descritte le fasi di preparazione e le tecniche di realizzazione del volo e dei relativi elaborati, la cui proprietà esclusiva della Provincia di Torino permette un utilizzo sinergico e condiviso da parte di tutte le PA interessate che insistono sullo stesso territorio e può portare ad un notevole risparmio di risorse disponibili. L'ortofoto digitale costituisce un nuovo importante tassello del Sistema Informativo delineato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) ed il completamento della "dotazione informativa" messa a disposizione dalla Provincia di Torino ai Comuni e agli altri Enti Locali per la redazione degli strumenti urbanistici generali ed operativi.

Abstract

The Province of Turin Cartographic Information System shows a lot of coherent and overlapped cartographical information, web consulting and free for specialist users and citizens. In order to complete this supply, in 2006 Province of Turin created a new color digital orthophoto (1:5.000) for all the provincial territory.

In this paper we will describe the flight and the elaborations setting phases and implementation techniques, owned by Province of Turin to allow a synergistic and shared use among all public administrations and to save the available resources. This digital orthophoto is an important part of the Information System outlined by the Provincial Coordination Territorial Plan, and it is the finishing of "informative supply" shared by Province of Turin to the other Local Bodies for the creation of the urban planning tools.

Introduzione

Fin dall'inizio degli anni 70 la Provincia di Torino ha costituito un Servizio Cartografico nell'ambito del quale ha prodotto la Carta Tecnica Provinciale (CTP) realizzata con le metodologie proprie della aerofotogrammetria alla scala 1:5.000 (838 elementi) e continuamente aggiornata.

Tale offerta è stata oggetto, nel tempo, di aggiornamento e di estensione ed è oggi attivo un Sistema Informativo Cartografico che comprende, oltre alla CTP digitale (vettoriale) la cartografia catastale (Catasto Terreni), estesa all'intero territorio provinciale, che mosaica particelle e fogli di mappa per Comune.

Tutte le informazioni cartografiche sono tra loro coerenti e sovrapponibili e consultabili sul sito della Provincia di Torino.

Al fine di integrare l'offerta di informazioni cartografiche, la Provincia ha ritenuto opportuno provvedere, nel corso dell'anno 2006, alla formazione di una nuova ortofoto digitale a colori alla scala 1:5.000 di tutto il territorio provinciale, nella convinzione che tale supporto rappresenti l'evoluzione delle metodologie di rappresentazione del territorio e che per efficacia, rapidità ed economicità, sia uno strumento particolarmente importante per l'aggiornamento della base di riferimento di un Sistema Informativo Territoriale.

La realizzazione di una cartografia di proprietà della Provincia di Torino permette la condivisione della stessa da parte delle altre PA interessate che insistono sullo stesso territorio e può innescare un processo di risparmio di risorse che potranno essere disponibili ed utilizzate per altre necessità. Per questo motivo la Provincia di Torino ha deciso di acquistare la proprietà del volo e dei relativi elaborati e non unicamente della licenza d'uso, in modo da non essere vincolata da accordi commerciali (acquisto di licenze d'uso non cedibili a terzi, vincoli sulla pubblicazione delle immagini via Web, ecc) che si rivelerebbero, come già sperimentato, onerosi e molto vincolati rispetto ad un utilizzo sinergico e condiviso che è obiettivo fondamentale di questa Amministrazione.

La cartografia prodotta è quindi coerente con gli indirizzi dalla nuova proposta di Legge regionale per il governo del territorio che propone un modello cooperativo di Sistema Informativo Territoriale condiviso tra i diversi attori della Pubblica Amministrazione.

La realizzazione della nuova Ortofoto digitale: metodologia di formazione

Il percorso di formazione della nuova ortofoto digitale a colori alla scala 1:5.000 ha avuto inizio con l'asta pubblica aggiudicata alla G.E.I.E. HANSA LUFTBILD-EAEROSISTEMI.

L'aspetto interessante ed innovativo nel processo di formazione dell'ortofoto digitale è sicuramente rappresentato dall'utilizzo di una camera digitale, la DMC Zeiss-Intergraph che, oltre a permettere -nel rispetto delle procedure di formazione della ortofoto- il superamento della fase di scansione dei fotogrammi e quindi l'impiego del tempo necessario per la generazione di immagini digitali di elevata risoluzione attraverso l'uso di scanner piani di caratteristiche fotogrammetriche, è dotata di caratteristiche di sicuro interesse per l'uso cartografico.

Infatti, la DMC basata sulla tecnologia CCD, offre un'ottima risoluzione d'immagine e da luogo ad una prospettiva centrale che consente l'uso dei dati acquisiti da tutti i software di restituzione presenti sul mercato.

In sintesi l'acquisizione avviene attraverso quattro sensori pancromatici e quattro sensori a colori (verde, rosso, blu e infrarosso) che danno luogo ad una immagine ricampionata formata da 13800x7600 pixel con una dimensione dei pixel di 12 ed una risoluzione radiometrica di 12 bit.

Riprese aerofotogrammetriche

Il velivolo utilizzato per le riprese è stato il bimotore turbo CESSNA AIRCRAFT 404 in grado, per le sue caratteristiche di operare in condizioni di sicurezza fino a 27.000 piedi e dotato di apparati di navigazione del tutto adeguati per scopi cartografici.

Considerato che il capitolato d'oneri prevedeva che le immagini dovessero essere registrate con una definizione al terreno non superiore a 35 cm con una tolleranza di +/- 10%, le riprese sono state realizzate, causa le pessime condizioni atmosferiche che hanno caratterizzato l'estate del 2006, nel periodo compreso fra il mese di settembre ed ottobre ad una quota (ricordata la dimensione del pixel di 12 μm) ad una quota compresa fra i 5.200 ed i 3.100 metri.

L'insieme delle strisciate, in numero di 117 per un complesso di 5079 fotogrammi a colori e 5079 fotogrammi infrarosso, ha permesso l'intera copertura stereoscopica del territorio considerato che, a livello progettuale, era stato imposto un ricoprimento longitudinale del 60% ed un ricoprimento trasversale del 30%.

Stante la morfologia del territorio della Provincia di Torino le strisciate sono state eseguite nelle zone pianeggianti in direzione E/W e nelle zone di montagna in direzione NE/SW.

Inquadramento ed appoggio

Le riprese fotogrammetriche sono state eseguite utilizzando anche una unità di misura inerziale (IMU) che fa parte del sistema della camera digitale.

Tale apparecchiatura, prodotta dalla Applanix, è uno strumento in cui sono abbinate le funzioni di un giroscopio e di un accelerometro digitale che misurano le variazioni di assetto angolare e velocità e consentono di determinare in ogni istante della ripresa aerea l'assetto della camera.

Integrando le misure eseguite con l'IMU con quelle dei GPS a terra vengono determinate le coordinate e le componenti di rotazione dell'asse ottico della camera e quindi la georeferenziazione di tutti i dati indipendentemente dalle misure topografiche eseguite. Peraltro è stata realizzata una consistente rete di appoggio che ha utilizzato 36 vertici IGM95 e 164 punti rilevati con metodologia GPS distribuiti uniformemente sul territorio e posizionati all'inizio, alla fine ed in corrispondenza della sovrapposizione delle strisciate. La rete è quindi formata da 200 vertici con 331 basi determinate con un numero sovrabbondante di misure. Tali basi sono state determinate con ricevitori geodetici GPS LEICA SR530 a doppia frequenza con tempi di acquisizione in modalità statica superiori, per le basi più lunghe, a 60'.

Tale rete di raffittimento è stata successivamente integrata con operazioni di triangolazione aerea eseguite con il software di triangolazione aerea per correlazione di immagini della Intergraph.

Rappresentazione cartografica e contenuti dell'ortofoto digitale.

L'ortofoto digitale prodotta è rappresentata nella proiezione Gauss-Boaga ed è inquadrata nel Sistema Geografico Europeo unificato E.D 1950; ogni elemento è stato ottenuto dividendo in 64 parti un foglio al 50.000 dell'I.G.M. per cui le dimensioni geografiche del campo cartografico sono pari a 2'30'' in longitudine e 1'30'' in latitudine.

L'elemento di ortofoto è contraddistinto da un numero di 6 cifre, delle quali le prime tre designano il foglio alla scala 1:50.000, la quarta e la quinta (da 01 a 16) designano la sezione all'interno del foglio alla scala 1:50.000 e la sesta (da 1 a 4) indica l'elemento.

La produzione degli elementi di ortofoto prevede quale rappresentazione cartografica quella di GAUSS, predisponendo un primo supporto con coordinate piane riferite al sistema nazionale GAUSS-BOAGA ed un secondo supporto riferite al sistema UTM con inquadramento WGS84, denominato UTM-WGS84, conforme a quella adottata dall'IGM.

Ricordato che l'ortofoto digitale è ottenuta con il raddrizzamento differenziale dell'immagine georiferita al sistema di riferimento utilizzato resa metrica sulla base di un modello digitale del terreno (DTM), ha un contenuto informativo che discende ovviamente dai fotogrammi aerei utilizzati e dalla dimensione nominale del pixel pari a 0,25 m. Il contenuto geometrico è quello proprio della cartografia alla scala 1/ 5.000 realizzata dalla Provincia di Torino e caratterizzato dalla tolleranze sottodescritte. L'errore ammissibile "tp" nella posizione planimetrica di particolari puntiformi (cioè delle dimensioni di 1 pixel) punti ben individuati sulla carta e sul terreno non deve superare 0,4 mm. grafici; pertanto, se si mettono in evidenza con misure di elevata precisione le differenze ΔN e ΔE delle coordinate di un punto sulla carta, si dovrà verificare che:

$$(\Delta N^2 + \Delta E^2)^{1/2} \leq \mathbf{tp} \text{ dove } \mathbf{tp} = 2.00 \text{ metri}$$

L'errore massimo "td" della distanza "D" in metri desunta dalla Carta per due punti bene individuati e la corrispondente distanza determinata sul terreno con misure di elevata precisione dovrà risultare:

$$\mathbf{td} = (2.00 + D/1000) \text{ m. per } \mathbf{D} < 800 \text{ metri}$$

$$\mathbf{td} = \text{m. } 2.80 \text{ per } \mathbf{D} > 800 \text{ metri}$$

Modello digitale del terreno

Il modello digitale del terreno, con passo di campionamento di 20 metri, utilizzato per le operazioni di ortorettifica è stato direttamente predisposto dalla Provincia di Torino utilizzando

dati cartografici di diversa provenienza ma comunque derivati da cartografie a grande scala prodotte dalla provincia medesima.

Nel dettaglio:

- punti derivati da cartografia numerica vettoriale -restituzione diretta in 3D- (n. 147 elementi)
- punti derivati da cartografia in 3D ottenuta da vettorializzazione degli elementi partendo dal formato raster (n. 282 elementi)
- punti derivati da cartografia esistente -disponibilità di fotogrammi- triangolazione aerea, formato raster (n. 116 elementi)
- punti derivati da cartografia in formato raster (n. 271 elementi).

La procedura, nel suo complesso alquanto elaborata stante la diversa origine dei punti utilizzati per la generazione del TIN (Triangular Irregular Network) ed al successivo ottenimento del DTM (Digital Terrain Model), è stata testata per tutto un insieme di elementi appartenenti alle diverse tipologie, è apparsa di buon livello e con una accuratezza sostanzialmente adeguata facilmente migliorabile, come peraltro è stato fatto nelle procedure di formazione dell'ortofoto introducendo un adeguato numero di break-lines attraverso l'osservazione diretta dei modelli.

Ortofoto: il prodotto finale

L'unità di realizzazione della ortofoto è rappresentata dall'elemento cartografico che definisce il perimetro provinciale. In corrispondenza del territorio di confine, il limite della ortofoto "sborda" per una fascia di 500 metri in grado di rappresentare in modo ottimale la continuità territoriale; dai primi risultati delle operazioni di collaudo il merge degli elementi ha permesso di verificare la sostanziale continuità fra elementi adiacenti con discrepanze assolutamente non significative.

Peraltro la ortoproiezione eseguita con software consolidati, l'esperienza dei partner tedeschi facenti parte del GEIE affidatari del servizio e la sovrabbondanza di punti noti, ha permesso di ottenere un prodotto dal punto di vista metrico del tutto soddisfacente che è stato oggetto di puntuale collaudo con una procedura software realizzata allo scopo. Considerata inoltre l'ottima base fotografica, i fotogrammi possono essere ingranditi a video fino alla scala 1/2000 senza che avvenga un significativo decadimento, il risultato della mosaicatura dei fotogrammi con bilanciamento radiometrico automatico delle porzioni di immagini in grado di realizzare la singola ortofoto appare decisamente positivo anche alla luce della totale automazione del processo che garantisce, oltre a quanto detto in precedenza, la mosaicabilità digitale fra ortofoto distinte senza alcuna apprezzabile differenza in termini di risoluzione radiometrica e di mantenimento della congruità geometrica nelle zone di sovrapposizione.



Estratto fotogramma degradato ortofoto 2006 scala 1:5000



Estratto fotogramma degradato ortofoto 2006 scala 1:1000

Come previsto dal capitolato d'oneri l'insieme delle forniture oggetto del servizio può così essere sintetizzato:

1. Ortofoto a colori georeferenziata (memorizzata in formato TIFF non compresso dimensione circa 630 Mb) inquadrata nel sistema UTM-WGS84
2. Files di stampa in formato DWG
3. Files formato TFW per la georeferenziazione dell'ortofoto in ambienti diversi da Autocad
4. Stampa delle singole ortoimmagini
5. Copia dei fotogrammi digitali RGB e CIR (memorizzata in formato TIFF non compresso dimensione circa 600 Mb)
6. Ortofoto all'infrarosso georeferenziata (memorizzata in formato TIFF non compresso dimensione circa 630 Mb) inquadrata nel sistema UTM-WGS84
7. Ortofoto a colori georeferenziata (memorizzata in formato JPEG non compresso dimensione circa 60 Mb) inquadrata nel sistema UTM-WGS84
8. Ortofoto a colori georeferenziata (memorizzata in formato JPEG non compresso dimensione circa 60 Mb) inquadrata nel sistema ED50 – GAUSS-BOAGA
9. Copia dei fotogrammi digitali RGB (memorizzata in formato JPEG non compresso dimensione circa 60 Mb)

Tutte le informazioni sono disponibili presso il Servizio Gestione Informazioni Territoriali Ambientali e Cartografiche (GITAC) della Provincia di Torino.

Finalità ed utilizzo dei dati

L'ortofoto digitale costituisce un nuovo importante tassello del Sistema Informativo delineato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) ed un importante ed essenziale servizio messo a disposizione degli Enti Locali.

Insieme alla cartografia tecnica vettoriale (alla scala 1:5.000), alla cartografia catastale, l'ortofoto digitale costituisce il completamento della **dotazione informativa** messa a disposizione dalla Provincia di Torino ai Comuni (e agli altri Enti Locali) per la redazione degli strumenti urbanistici generali ed operativi. Anche il nuovo quadro normativo che la Regione Piemonte sta predisponendo (Lr1/2007, DLR sul "Governo del Territorio") da particolare enfasi a questa dotazione.

Il PTCP approvato nell'agosto del 2003, anticipando la ratio della legge, avviava formalmente la *"costituzione di una rete di relazioni con gli enti locali stabile, basata sulla rete informatica della Pubblica Amministrazione al fine di poter esercitare le proprie funzioni di assistenza tecnico-amministrativa ai Comuni e alle Comunità Montane anche nella:*

- *fornitura in forma standardizzata di dati di analisi, indicatori, cartografia, servizi informativi utilizzabili dai Comuni nella redazione del PRG e della carta della destinazione d'uso del territorio (Comunità Montane);*
- *nella costituzione comune e cooperativa di un osservatorio dell'attuazione delle previsioni dei PRGC, con strumenti appositamente predisposti e flussi informativi periodici tra Comuni e Provincia, finalizzata alla verifica della disponibilità di aree (industriali, residenziali, commerciali ecc.) e alla verifica e alla calibrazione "dinamica" del P.T.C.;*
- *redazione ed aggiornamento della cartografia tecnica e la formazione di cartografia numerica di derivazione catastale: i supporti cartografici alla scala 1:5.000 e la cartografia catastale possono essere infatti ritenuti, per scala e caratteristiche, il modello del territorio sul quale può svolgersi la "concertazione" delle scelte di politica territoriale ed urbanistica fra Provincia e Comuni;*

- *la formazione comune e cooperativa di basi di dati di nuovo impianto a copertura di carenze esistenti in grado di consentire una migliore gestione del territorio (conoscenze sui suoli, sul grado di dissesto, sulla progettualità pubblica, sullo stato dell' ambiente, ecc.)*¹

La ortofotocarta, insieme alle altre dotazioni cartografiche della Provincia, sarà consultabile su Internet.

I Comuni potranno consultare, attraverso il web, per la “copertura” del proprio territorio l’ortofoto digitale, inquadrata nei sistemi GAUSS–BOAGA e UTM-WGS84, già congruente con la cartografia catastale (catasto terreni) e con la cartografia vettoriale 1: 5.000 della Provincia di Torino.

Potranno inoltre ottenere l’ortofotocarta e tutte le cartografie di base congruenti disponibili per utilizzarle come base omogenea di riferimento per la redazione dei propri strumenti urbanistici, utilizzando, specifiche tecniche, metodologie operative e "dizionari" proposti dalla Regione nell'ambito del Progetto Sistema Informativo Urbanistico.

Per tale scopo saranno attivate, congiuntamente alla Regione Piemonte, iniziative con **le Amministrazioni Comunali e con l’Ordine professionale** di Architetti, Ingegneri e Urbanisti per promuovere, **la formazione di Piani Regolatori informatizzati direttamente dai Comuni, utilizzando il linguaggio e la semantica definita dal metodo regionale.**

Conclusioni

Una “lettura” efficace ed aggiornata dello spazio fisico che ci circonda è elemento fondamentale nella pianificazione e nel governo del territorio ed è necessaria per comprendere i fenomeni e le potenzialità di sviluppo anche socio-economico.

Quindi scopo fondamentale della realizzazione dell’ortofoto digitale della Provincia di Torino è quello di ottenere una cartografia aggiornata, agevolmente fruibile e, soprattutto, utilizzabile in maniera condivisa, sia all’interno dell’Ente sia per tutta la Pubblica Amministrazione a partire dai Comuni che compongono il territorio provinciale, fino ad arrivare alla Regione, senza dimenticare cittadini ed imprese: la diffusione dei dati è ritenuta da questa Amministrazione elemento fondamentale per la condivisione e l’utilizzo sinergico delle informazioni..

A tale scopo è stato realizzato dalla Provincia di Torino uno strumento Web-Mapping, che permette di consultare in maniera dinamica e veloce, oltre a tutta la cartografia raster già esistente (Carta Tecnica Regionale 1:10.000, Volo CGR IT 2000, Catalogo Unificato IT2000-CTR 10.000, Carta Tecnica Provinciale 1:5.000 oltre che alla Carta degli stati sabaudi ed alla Serie Storica IGM 1880-1882, 1922-1934, 1955-1969) anche le nuove ortofoto digitali.

Riferimenti bibliografici

Provincia di Torino - <http://www.provincia.torino.it/>

Provincia di Torino, GITAC - <http://www.provincia.torino.it/gitac/>

Provincia di Torino – Servizio di accesso alla cartografia raster online - <http://radext.provincia.torino.it/csisit/pagine/index.asp>

Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Torino, Relazione Illustrativa

¹ Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Torino, Relazione Illustrativa, pag. 72