

Determinazione di parametri di trasformazione puntuali mediante il confronto tra cartografia catastale e ortofoto

Marcello Gencarelli (*), Giuseppe Artese (*), Aldo Trecroci (*)

(*) Università della Calabria, Dipartimento di Pianificazione Territoriale,
Ponte Bucci cubo 45B – 87036 – Rende, Cosenza - e-mail: marcello.gencarelli@unical.it, g.artese@unical.it,
aldo.trecroci@unical.it.

Riassunto

L'utilizzo delle ortofoto per l'individuazione di immobili che necessitano di aggiornamento catastale è recentemente diventata una tecnica diffusa. Nel presente lavoro, la cartografia catastale e le ortofoto vengono poste a confronto, al fine di determinare, punto per punto, i parametri di trasformazione inerenti il passaggio di coordinate dal sistema locale Cassini-Soldner al sistema WGS84.

L'articolo illustra tutte le operazioni principali finalizzate alla scelta automatica di una serie di punti doppi omologhi, dei quali è possibile ricavare sia le coordinate WGS84 che le Cassini Soldner. La procedura implementata effettua, inizialmente, una *registration* della mappa e dell'ortofoto corrispondente in base a due punti noti scelti (rototraslazione con cambio di scala). Successivamente si eseguono operazioni di selezione automatica di *interest points (corners)* sulla cartografia catastale, *edges* sull'ortofoto e successiva correlazione.

Si descrivono i problemi incontrati in un caso concreto, sia per quanto riguarda l'individuazione e l'estrazione delle *features* nelle ortofoto, che per quanto riguarda l'operazione di correlazione.

Abstract

The use of orthophotos for the identification of properties that needs cadastral updating has recently become a diffuse technique.

In this work, topographic maps and orthophotos are compared to determine, point by point, the transformation parameters relating the passage from the local system of coordinates (Cassini-Soldner) to WGS84.

The paper shows the main operations for the automatic choice of a set of double points. The implemented procedure, performs initially a registration of the map and the orthophoto by using two known points (rototranslation with change of scale). An automatic selection of interest points (corners) on the cadastral map is then performed, while edges on the orthophoto are extracted; a cross correlation allows the fine registration.

The problems encountered in a real case are described, with regard to the identification and extraction of features on the orthophoto, and to the correlation.

Introduzione

Una delle problematiche maggiormente affrontate nella cartografia è quella della scelta del sistema di riferimento. Uno stesso punto o oggetto, può essere rappresentato secondo diversi sistemi di riferimento. Nello specifico, quando si parla di cartografia catastale italiana, la rappresentazione più adoperata è la Cassini Soldner, mentre è divenuto ormai uno standard la rappresentazione UTM – WGS84.

Il passaggio da un sistema di riferimento ad un altro introduce una serie di questioni, che comporta la risoluzione di sistemi di equazioni e la determinazione di parametri di trasformazione. Si parla quindi di trasformazione da un sistema ad un altro, che può essere sia di tipo diretto, sia inverso.

L'esigenza poi di dover ricorrere sempre più frequentemente alla trasformazione di coordinate da un sistema di riferimento all'altro (da Cassini Soldner a WGS84 e viceversa) è dettata negli ultimi anni da un sempre maggiore impiego delle tecniche satellitari (GPS – GNSS) nelle applicazioni topografiche catastali. Le ortofoto costituiscono un mezzo rapido ed economico per l'aggiornamento e sono utilizzate da qualche tempo anche in ambito catastale.

L'implementazione di tecniche e procedure automatiche per la trasformazione di coordinate da un sistema ad un altro è stato affrontato negli anni da molti autori, così come molti sono i software che ne consentono l'esecuzione.

Il confronto tra due diverse rappresentazioni cartografiche viene affrontato secondo due approcci: quello "rigoroso", basato sulle equazioni che caratterizzano le rispettive superfici di riferimento (Di Filippo S., 2003), quello "intuitivo", basato sul confronto visivo dei punti omologhi (Brovelli M.A., Zamboni G., 2003a)

La risoluzione rigorosa, in ambito catastale, risente dei problemi dovuti ai sistematismi dei punti fiduciali, spesso molto diversi all'interno di una stessa mappa: bisognerebbe ricorrere, pertanto, ad una microzonazione, che comporta l'individuazione e la misura di molti punti doppi, la definizione di molti set di parametri e che fa venir meno, di fatto, il vantaggio di avere una formula generale.

L'utilizzo del campo di spostamento è certamente più pratico, ma necessita anch'esso dell'individuazione di molti punti doppi nelle varie cartografie. Il problema è stato affrontato da diversi autori per cartografie (Benciolini B., Vitti A., 2003, Brovelli M.A., Zamboni G., 2003b); nel caso delle ortofoto, si devono fronteggiare problematiche particolari, dovute alla difficoltà di estrarre punti e linee, necessari per l'individuazione automatica o semiautomatica di punti omologhi.

Trasformazioni di coordinate

Nel passaggio da una rappresentazione Cassini Soldner ad una in WGS84 la tecnica da adottare per la trasformazione delle coordinate, per un'estensione limitata, è quella tipica di una rototraslazione con cambio di scala nel piano.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} + m \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad [1]$$

Dove:

- x' e y' sono le coordinate di un punto in base al sistema di riferimento $X'Y'$;
- x e y le coordinate di un punto in base al sistema di riferimento XY ;
- t_x e t_y , le traslazioni, rispettivamente lungo X e lungo Y ;
- α , l'angolo di rotazione positivo in senso antiorario;
- m è il coefficiente di scala.

Per poter effettuare una trasformazione di coordinate nel piano, bisogna conoscere quindi almeno due punti doppi. I parametri di trasformazione in questo caso sono quattro: due di traslazione, uno di rotazione ed uno come fattore di scala.

Le precedenti equazioni si possono scrivere per ciascun vertice noto in doppie coordinate e si possono determinare i valori più probabili dei parametri di roto-traslazione risolvendo il sistema esuberante di equazioni secondo il principio dei minimi quadrati.

Metodologia

La procedura oggetto del presente articolo, riguarda trasformazioni di coordinate nel piano, poiché i punti scelti sulla cartografia catastale non presentano alcuna informazione dal punto di vista altimetrico. Il metodo può essere sintetizzato come segue:

- Si considerano un'ortofoto e la corrispondente mappa catastale in formato raster georeferenziato;

- Si esegue una prima *registration* dell'ortofoto rispetto alla cartografia catastale, sulla base di due punti doppi scelti (rototraslazione con variazione di scala); l'ortofoto sarà, di conseguenza, ricampionata e grossolanamente referenziata rispetto alla mappa catastale;
- Si applica alla mappa catastale un operatore per l'individuazione di vertici (*corner detectors*);
- Si esegue l'estrazione dei bordi dall'ortofoto;
- Il preallineamento eseguito consente di scegliere una regione limitata di ricerca sull'ortofoto, sulla quale eseguire l'operazione di cross correlazione per ogni punto individuato sulla mappa catastale;
- Si selezionano solo i punti individuati dalla cross correlazione, caratterizzati da un alto coefficiente ($> 0,75$);
- Per i punti selezionati si ottengono le componenti di spostamento lungo gli assi coordinati;
- Dal campo di spostamenti si ricavano due matrici, aventi dimensioni uguali ai raster adoperati, che contengono le componenti di spostamento per ogni pixel.
- E' possibile, a questo punto, avere le coordinate catastali di un qualsiasi punto scelto sull'ortofoto, semplicemente aggiungendo alle coordinate ricavate dalla prima *registration* le componenti di spostamento.

Il Test

Registration di primo tentativo

Il test è stato effettuato considerando uno stralcio di mappa catastale (figura 1) con la relativa ortofoto (figura 2) dell'area sita nel comune di Rende (CS), in cui sorge l'Università della Calabria.



Figura 1 - Cartografia catastale



Figura 2 - Ortofoto

Scelti i due punti doppi sulla cartografia catastale (figura 3) è stato possibile registrare l'ortofoto (figura 4) che risulta leggermente ruotata. Nella scelta dei punti doppi, effettuata manualmente con l'ausilio di Matlab^R, si è cercato di individuare punti facilmente identificabili e appartenenti allo stesso piano. In figura 3 è, infatti, visibile come il *control point* 2 è rappresentato da uno spigolo di un fabbricato, scelto in corrispondenza del piano campagna, evitando quindi di assumere punti in

corrispondenza della linea di gronda, là dove il risultato può essere falsato dalla presenza di sporgenze o dal fatto che in realtà non si ha a che fare con delle *true* ortofoto (sono, infatti, visibili dei prospetti). I punti scelti, oltre che facilmente identificabili, sono attendibili dal punto di vista catastale.

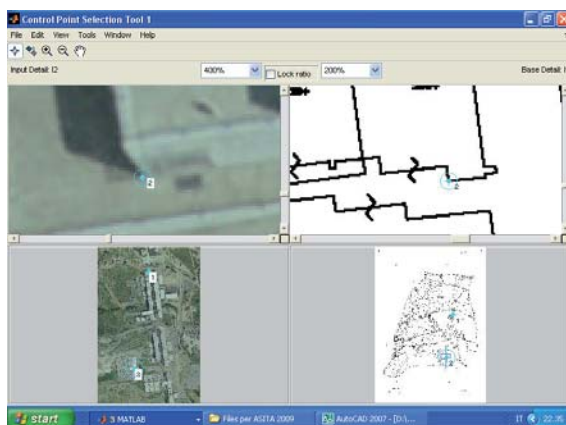


Figura 3 - Scelta dei punti per la registration

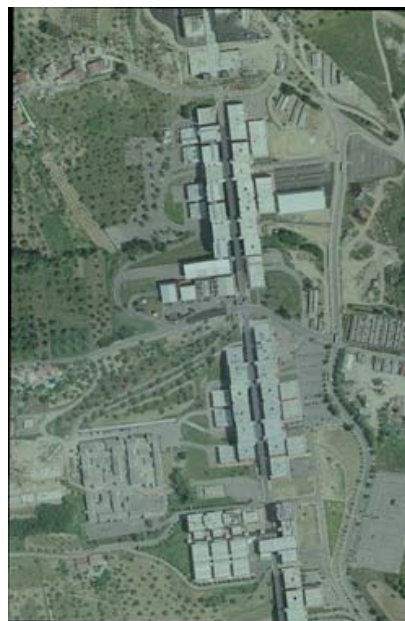


Figura 4 - Ortofoto registrata

Individuazione dei possibili punti doppi

Sulla cartografia catastale, si è proceduto alla individuazione automatica di punti interessanti utilizzando l'operatore di Harris Plessey (figura 5).

Estrazione delle features dall'ortofoto per la correlazione

Sull'ortofoto, preventivamente convertita in scala di grigi con profondità di 4 bits, è stato applicato un filtro per l'estrazione delle linee. Nel nostro caso, i risultati migliori sono stati ottenuti con il filtro di Prewitt, ottimizzato con un valore di soglia pari a 0,06 (Figura 6).

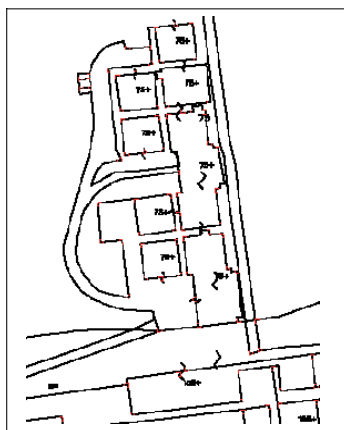


Figura 5 - Individuazione dei corners



Figura 6 - Linee estratte dall'ortofoto utilizzando il filtro di Prewitt con soglia 0,06

Cross Correlation

La Cross correlazione è stata effettuata selezionando dei target di dimensioni (10 x 10 *pixels* per l'immagine catastale e target di dimensioni 60 x 60 pixel per l'ortofoto.

Dalla procedura di cross correlazione per ogni corner selezionato, stabilita l'effettiva affidabilità (ovvero verificando che trattasi effettivamente di uno spigolo di un fabbricato o di un manufatto in genere) sono stati determinati i valori dei coefficienti di correlazione. Nelle figure 7 e 8 vengono riportate le immagini dei target catastali (a), dei target dell'ortofoto (b) e delle relative correlazioni (c).

Dopo avere scartato i punti con coefficiente di correlazione inferiore ad una soglia prefissata, restano i punti doppi più affidabili. Le componenti dei loro spostamenti sono trattate come le quote dei piani quotati, per ottenere due matrici che forniscono, per ogni pixel, le componenti del campo di spostamento.

 <p>Figura 7.a - Target catastale, corner n. 9</p>	 <p>Figura 7.b - Target ortofoto, corner n. 9</p>	 <p>Figura 7.c -Correlazione corner n. 9</p>
 <p>Figura 8.a - Target catastale, corner n. 43</p>	 <p>Figura 8.b - Target ortofoto, corner n. 43</p>	 <p>Figura 8.c -Correlazione corner n. 43</p>

Problemi incontrati

Le maggiori difficoltà si sono incontrate nell'estrazione dei bordi dall'ortofoto. Applicando i filtri più diffusi (Canny, Prewitt, Sobel) si ottiene una quantità ridondante di linee, a causa della presenza di numerose sfumature e di zone d'ombra. Il tutto è anche condizionato dall'utilizzo di una normale ortofoto, che comporta la vista di alcune facciate e l'occultamento di vertici a terra.

Per quanto riguarda il primo aspetto, si sono ottenuti risultati migliori convertendo l'ortofoto in immagine a due *bits*. I coefficienti di correlazione restano, comunque, bassi in molti casi in quanto i bordi estratti non presentano vertici ben definiti.

Conclusioni e futuri sviluppi

La correlazione spesso non è in grado di offrire coefficienti elevati in quanto l'ortofoto si presenta carica di linee e quindi tale da non evidenziare in modo ottimale i bordi dei fabbricati e manufatti in genere.

L'articolo ha messo in mostra come, particolare attenzione deve essere riservata al contenuto radiometrico dell'ortofoto per la quale una semplice applicazione di un rilevatore di bordi (tipo Prewitt, Canny o altri) non è in grado di eseguire adeguatamente la *segmentation*.

Gli studi prossimi riguarderanno l'affinamento delle tecniche per l'estrazione di bordi meglio definiti e la riduzione dei rumori radiometrici dalle immagini di partenza.

Riferimenti bibliografici

Crespi M., Reina G. (2004), "Applicazioni non catastali dei punti fiduciali: proposta di una metodologia per l'inquadratura della maglia dei punti fiduciali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89", *Bollettino Sifet*, 3/2004: 13-22

Travaglini D. (2004), "Trasformazioni tra sistemi di coordinate: *software* disponibili, limiti e potenzialità", *Forest* 1(2):128-134

Brovelli M.A., Zamboni G. (2003, a), "Integrazione di basi cartografiche su grandi aree", *Bollettino SIFET*, 4/2003: 11-31

Brovelli M. A. and Zamboni G. (2003,b), "Procedure automatiche per l'integrazione di differenti basi cartografiche", *Atti della 7a Conferenza Nazionale ASITA*, vol. 1: 541-546.

Benciolini B., Vitti A. (2003), "Rappresentazione e visualizzazione di un campo di spostamenti", *Atti della 7a Conferenza Nazionale ASITA*, vol. 1: 279-284.

Di Filippo S., (2003), "Sul passaggio delle coordinate plano-cartografiche catastali al sistema WGS84 e viceversa", *Rivista dell'Agenzia del Territorio*, 1/2003: 59-89