

Una sperimentazione sull'inquadrimento della cartografia catastale nel sistema di riferimento WGS84-ETRF89

Maria Grazia D'urso (*), Augusto Mazzoni (**), Andrea Rotondi (***)

(*) - Di.M.S.A.T. Università degli Studi di Cassino, Via G. Di Biasio, 43 Cassino (FR) 03043, e-mail: durso@unicas.it

(**) - DITS - Area di Geodesia e Geomatica, Università di Roma "La Sapienza", Via Eudossiana 18-00184 Roma
e-mail: augusto.mazzoni@uniroma1.it

(***) Ingegnere collaboratore esterno Di.M.S.A.T.

Riassunto

La necessità di integrare il tematismo della proprietà rappresentato nella cartografia catastale con le altre informazioni territoriali, soprattutto a livello regionale e locale (cartografie tecniche alle scale 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10.000), ha assunto recentemente particolare rilevanza.

Considerando che la maggior parte delle recenti cartografie regionali e locali adotta il sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89 e che la cartografia catastale è stata realizzata per la maggior parte secondo la proiezione Cassini-Soldner, quest'ultima applicata ad un rilevante numero di origini di grande e piccola estensione, diventa importante implementare e sperimentare procedure che permettano di trasformare la cartografia catastale nel sistema UTM-WGS84-ETRF89.

A tal fine, attraverso una sperimentazione condotta in un'area test del comune di Cassino, si illustra l'applicazione di una procedura proposta dall'Ing. Di Filippo della Direzione Centrale del Catasto per la trasformazione delle coordinate WGS84-ETRF89 nelle coordinate Cassini-Soldner utilizzando il piano ausiliario di Gauss e stimando i parametri di rototraslazione a diverse precisioni. In particolare l'approccio proposto, basato su una stima ai minimi quadrati dei parametri di trasformazione tra coppie di coordinate proiettate sul piano ausiliario di Gauss, consente di ottenere una precisione compatibile con quella della cartografia tecnica regionale alla scala di 1:5000.

Abstract

The need to integrate the thematic properties represented into cadastral cartography with the other territorial information, particularly at the regional and local level (technical cartography at the scale 1:1000; 1:2000, 1:5000; 1:10.000), has assumed a fundamental role in the applications.

Taking into account that the large amount of the recent regional and local cartographies adopts the UTM-WGS84-ETRF89 system and that a large amount of the cadastral cartography has been realized by adopting the Cassini-Soldner projection, this last one applied to a significant number of origins of large and small extension, it is important to implement and to validate procedures which allow one to transform the cadastral cartography in the UTM-WGS84-ETRF89 system.

To this end, by means of an experimental case carried out in a test-area in Cassino city, we illustrate the application of a procedure proposed by eng. Di Filippo, member of the Cadastral Central Heading Department, for the transformation of the coordinates WGS84-ETRF89 in the coordinates Cassini-Soldner by using an auxiliary Gauss plane and by estimating the parameters of roto-translation with different precisions.

In particular the proposed approach, based upon the least-squares estimate of the rototranslation parameters between pairs of coordinates projected on the Gauss auxiliary plane, allows one to attain a precision compatible with the one which characterizes the regional technical cartography at the scale 1:5000.

Realtà catastali

La cartografia catastale costituisce l'unica cartografia a grande scala (1:2000 per l'80%) estesa a tutto il territorio nazionale e rappresenta, quindi, un patrimonio inestimabile di informazioni territoriali. Tale cartografia è realizzata in sistemi di riferimento e proiezioni cartografiche diverse, per necessità pratiche emerse durante la sua formazione che si è sviluppata per circa 70 anni dal 1886 al 1956.

Come è noto, la maggior parte della cartografia catastale è stata realizzata nel sistema Cassini - Soldner con suddivisione del territorio nazionale in zone, ciascuna riferita ad una diversa origine "centro di sviluppo" coincidente in molti casi con un vertice dell'IGM.

Sotto questo aspetto il territorio di Cassino (FR), su cui è stata eseguita la sperimentazione relativa alla trasformazione delle coordinate WGS84-ETRF89 nelle coordinate Cassini - Soldner con stima dei parametri di rototraslazione, non rientra nella grande origine di Roma-Monte Mario; viceversa la relativa cartografia catastale è riferita alla medio-piccola origine catastale di Monte Cairo, ubicato nel basso Lazio, presso il confine con la Campania.

A partire dal 1987 è stato redatto dalla Direzione Generale del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali l'archivio informatizzato (TAF) dei Punti Fiduciali (PF). Per quanto riguarda la genesi di tali punti, le prime direttive per la costituzione dell'archivio dei Punti Fiduciali sono state emanate con la circolare 2/87.

In base a tali direttive vengono dapprima individuati su ciascun foglio di mappa dei particolari fisici, costituiti generalmente da spigoli di fabbricati, termini di proprietà, ecc, distribuiti in genere (ove presenti) a circa 250-300 metri uno dall'altro.

Una considerazione a parte merita un attributo caratteristico associato ai Punti Fiduciali e cioè il codice di attendibilità.

I valori da 0 a 9 di tale codice sono stati attribuiti a quei Punti Fiduciali appartenenti alla rete geodetica, del Catasto o dell'IGM, le cui coordinate sono state prelevate dalle rispettive schede monografiche. Viceversa un codice compreso tra 10 e 12 è stato attribuito ai Punti Fiduciali le cui coordinate sono state prelevate dalla mappa (Ferrante et al. 2005)

Tra questi ultimi, grande importanza rivestono oggi quelli, individuati sulla mappa originale di impianto, che sono caratterizzati dal codice di attendibilità 10.

Le reti GNSS: scopo ed utilizzo

Le reti permanenti GNSS locali hanno lo scopo, mediante l'uso dei dati e delle coordinate da esse forniti, di consentire all'utenza di posizionarsi nel sistema di riferimento da esse materializzato, sicchè l'utente che, in tempo reale o a posteriori, utilizza i dati e le coordinate distribuite dalla rete, si posiziona implicitamente in tale sistema di riferimento.

Pertanto, una stima accurata delle coordinate delle stazioni permanenti della rete assume un ruolo fondamentale, indipendentemente dalle accuratezze richieste dagli utenti del servizio (Biagi et al., 2008).

In questo specifico caso di studio si farà riferimento alla rete RESNAP-GPS di stazioni permanenti del Lazio (Crespi et al., 2003). Tale infrastruttura permette il posizionamento, mediante acquisizione dei file RINEX, delle stazioni permanenti sia in tempo reale con tecniche di DGPS e RTK che a posteriori.

La rete è inquadrata nel sistema di riferimento IGB00 definito in sede IGS (IGS2000 versione 2). Essa è gestita dal Dipartimento DITS dell'Università di Roma "La Sapienza", Area di Geodesia e Geomatica; in particolare, sono state interessate da questa sperimentazione le stazioni permanenti di Sora (FR) e Formia (LT) afferenti alla rete RESNAP-GPS.

Poiché tali stazioni permanenti risultavano troppo distanti dalla zona di Cassino per garantire un posizionamento in tempo reale con accuratezza di pochi centimetri, si è ritenuto opportuno utilizzare un'autonoma stazione master situata in posizione pressoché baricentrica ed effettuare rispetto ad essa i rilievi in modalità RTK. Pertanto, dopo aver istituito un punto (stazione master) sul tetto della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cassino, esso è stato georeferenziato post-

processando i dati di acquisizione statica, per una durata di 90 minuti circa, in formato RINEX relativi alle stazioni permanenti del basso Lazio rappresentate da Sora e Formia. Sono state, quindi, stimate con precisione centimetrica le coordinate della stazione master dell'Università di Cassino, garantendo così la precisione e accuratezza dei rilevamenti GPS-RTK.

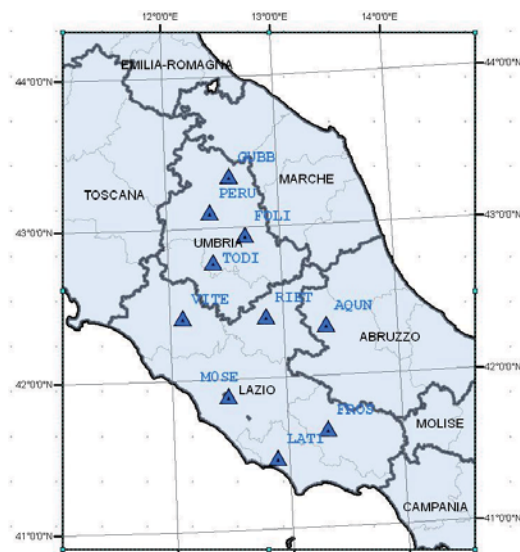


Figura 1 – RESNAP-GPS distribuzione delle stazioni permanenti

Progetto della rete e acquisizione dei punti

In prima analisi è stata eseguita una ricerca dei PF con l'ausilio dell'archivio TAF e delle relative monografie.

A tal fine è stato necessario individuare sul territorio una serie di punti che fossero, da un lato, rilevabili con tecnica GPS in modo da determinarne le coordinate nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89, e, dall'altro, materializzabili sulla cartografia catastale di impianto mediante manufatti presenti all'epoca della formazione di quest'ultima in modo da poterne valutare le coordinate Cassini - Soldner.

Purtroppo, soltanto 11 dei 576 PF del comune di Cassino presentano codice 10, e di questi ben 8 punti non sono utilizzabili in quanto materializzati da spigoli di fabbricati non accessibili o con svariati problemi di disturbo del segnale GPS.

Stante questo inconveniente, ed avendo a disposizione in formato digitale l'intera cartografia catastale del comune di Cassino, costituita da 89 fogli, si è deciso di individuare una serie di punti le cui coordinate Cassini-Soldner potessero essere lette in cartografia, e successivamente di rilevarli con la tecnica RTK. In tal modo la lettura delle coordinate catastali dei PF prescelti è risultata notevolmente agevolata.

Successivamente, si è effettuata una prima ricognizione per stabilire la perfetta corrispondenza tra la monografia e la realtà, procedendo alla materializzazione dei punti quando necessario. In totale 11 punti sono stati individuati sulla cartografia catastale e a terra, sfruttando la presenza di fabbricati o di opere con almeno 50 anni di vita e che non avessero subito nessun tipo di variazione nel tempo.

Il rilevamento in modalità RTK dei punti è stato eseguito nell'arco di una sola giornata ed è stata ripetuta l'acquisizione delle misure, per limitare gli errori di riposizionamento della stazione *master*, misurando basi, vettore *rover - master*, della lunghezza di 1-2 km.

Il rilievo è stato eseguito in data 30/10/2008 avendo a disposizione mediamente 9 satelliti (6 GPS + 3 GLONASS); a tal fine è stata utilizzata tutta la costellazione GNSS possibile al momento del rilievo, riuscendo a dare un contributo alla risoluzione del calcolo delle ambiguità.



Figura 2 – Distribuzione dei punti nel comune di Cassino

Elaborazione dati e risultati

I dati, acquisiti unicamente in qualità *fixed* utilizzando ricevitori GPS Topcon Hiper Pro e un palmare Topcon FC200, sono stati analizzati con il software Meridiana.

Le coordinate sono state acquisite direttamente nel sistema di riferimento WGS84-ETRF89, in quanto la stazione *master* inviava le correzioni considerando tale sistema di riferimento. Esse sono riportate nella tabella seguente:

Foglio	Punto	Coordinate Cassini - Soldner		Coordinate WGS84 [° ' "] sessagesimali			
		X [m]	Y [m]	latitudine [° ' "] φ		longitudine [° ' "] λ	
F85	c1	-5800,187	5558,279	41	29 21,72696	13	49 36,88922
F85	c2	-5536,635	5513,354	41	29 30,22095	13	49 34,93385
F86	c3	-5600,414	5795,182	41	29 28,29412	13	49 46,94085
F84	c4	-5454,2708	5812,569	41	29 32,80831	13	49 47,84553
F84	c5	-5414,973	5732,344	41	29 34,22509	13	49 44,58365
F88	c6	-5327,263	6149,920	41	29 37,01774	13	50 12,35964
F88	c7	-5316,074	6385,863	41	29 37,38962	13	50 12,58204
F89	c8	-5660,937	6305,94	41	29 26,30698	13	50 9,19143
F89	c9	-5726,057	6186,490	41	29 24,5746	13	50 3,9401
F32	c10	-6332,012	5969,905	41	29 4,40811	13	49 54,60099
F84	c11	-5963,782	5768,048	41	29 16,23981	13	49 45,83315

Tabella 1 – Coordinate monografiche e rilevate mediante GPS

Successivamente, le coordinate rilevate e quelle lette da cartografia sono state proiettate sul piano ausiliario di Gauss, implementando le formule dell'Ing. S. Di Filippo [Di Filippo, 2003]. Quindi, impiegando un foglio Excel, si è eseguito l'algoritmo di calcolo per la stima dei 4 parametri di rototraslazione di Helmert, eliminando le coppie di coordinate affette da errori elevati.

Proiettati i punti sul piano ausiliario di Gauss, sono stati presi in considerazione solo quelli che presentavano una variazione relativa delle coordinate (N,E) dell'ordine del metro e per essi è stata implementata la rototraslazione a 4 parametri.

Tali punti sono individuati nella tabella 1 con i codici: c1,c2,c7,c10.

L'approccio illustrato, applicato a un'area test di 4 km² di estensione, come mostrato nella figura 3, ha prodotto uno s.q.m. di 0,8 m, sufficientemente inferiore all'errore di graficismo della cartografia a scala 1:5000, e ha consentito di stimare i parametri di rototraslazione dalle coordinate WGS84 – ETRF89 alle coordinate Cassini – Soldner e viceversa.

Tali valori di rototraslazione a 4 parametri, ottenuti per l'intero comune di Cassino, sono riportati nella tabella 2.

Fattore di scala	1,001825
Rotazione	-0,00060653
Traslazione lungo asse X	21,85447612
Traslazione lungo asse Y	-22,8616729

Tabella 2 – Risultati ottenuti



Figura 3 – Area test interessata

Considerazioni conclusive

La stima dei 4 parametri di rototraslazione tra le coordinate WGS84-ETRF89 e le coordinate catastali Cassini – Soldner è di ausilio a tecnici e progettisti chiamati a progettare manufatti di pubblica utilità; infatti possono essere in grado di stabilire, in tempo reale, una corrispondenza biunivoca tra la cartografia catastale ed il sistema cartografico nazionale UTM-WGS84.

Ciò è utile nel settore specifico catastale, basti pensare alle pratiche di esproprio, ma anche in tutti quegli ambiti professionali e scientifici in cui la cartografia catastale risulta di difficile gestione per l'elevato numero di datum impiegati.

Il caso di studio illustrato, applicato in un'area test del comune di Cassino, consente di stimare ai minimi quadrati i parametri di una trasformazione di rototraslazione dalle coordinate WGS84-ETRF89 alle coordinate catastali Cassini - Soldner e viceversa. Il risultato ottenuto con 4, 5 e 9 punti rilevati ha prodotto uno s.q.m. di 0.83 metri, sufficientemente inferiore all'errore di graficismo della cartografia a scala 1:5000.

La procedura applicata alla piccola origine catastale di Monte Cairo, cui appartiene il territorio di Cassino, ha validità anche per la grande origine di Monte Mario, come è stato dimostrato in altre sperimentazioni (Crespi, 2004).

Al fine di validare ulteriormente tale metodologia essa è stata estesa al di fuori del territorio comunale di Cassino, rilevando più di una dozzina di PF con codice di attendibilità 10, individuabili anche sulla cartografia catastale di impianto, materializzati in comuni appartenenti alla piccola origine catastale del Monte Cairo e mediamente distanti dal comune di Cassino circa 20 km; anche in questo caso sono stati ottenuti risultati accettabili e disponibili in un prossimo futuro.

Bibliografia

Biagi L., Caldera S., Capra A., Castagetti C., Sansò F. (2008) "Scelte di elaborazione nell'inquadramento di reti GNSS locali ed effetto sui risultati", *Atti 12ª Conferenza Nazionale ASITA*, vol. I, 419-425.

Crespi M., Malena G.M., Reina G. (2003) "Rilevamenti GPS-RTK e reti di stazioni permanenti: situazione attuale e possibili applicazioni", *Atti 7ª Conferenza Nazionale ASITA*, vol. I, 863-866.

Crespi M. (2004) "Inquadramento di mappe catastali nel sistema cartografico UTM-WGS84-ETRF89 mediante rilievi GPS-RTK rispetto a stazioni permanenti", *Atti 8ª Conferenza Nazionale ASITA*, vol. I, 917-920.

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

Ferrante F., Di Filippo S., Gnesivo P.R., Tuffilaro D. (2005) "Consolidamento delle coordinate dei punti fiduciali su aree di vasta estensione", *Atti 9ª Conferenza Nazionale ASITA*, vol. II, 1071-1078.

Mazzotta D., Gavaruzzi R. (2005) "Trasformazioni di coordinate catastali in coordinate WGS84 nel contesto del Progetto Sigmater", *Atti 9ª Conferenza Nazionale ASITA*, vol. II, 1493-1497.

Pala A., Sanna G., Vacca G. (2003) "L'impiego di sistemi integrati GPS-PC palmari per il posizionamento di precisione in tempo reale e l'acquisizione di dati spaziali", *Atti 7ª Conferenza Nazionale ASITA*, vol. II, 1539-1544.

Procaccini P., Crespi M., Mazzoni A. (2008) "La rete permanente GNSS della Regione Lazio: un'infrastruttura innovativa a servizio dell'E Government", *Atti 12ª Conferenza Nazionale ASITA*, vol. II, 1685-1692.