

La ricomposizione dei piccoli sistemi d'asse catastali nel sistema WGS84

Bendea Horea, Cina Alberto, De Agostino Mattia, Manzino Ambrogio, Piras Marco,
Porporato Chiara

Politecnico di Torino - DITAG, tel. 011-5647630, fax: 011-5647699,
e-mail: (iosif.bendea/ alberto.cina/ mattia.deagostino/ ambrogio.manzino/ marco.piras/chiara.porporato)@polito.it

Riassunto

La provincia di Cuneo rappresenta uno dei casi di maggior numerosità di sistemi di riferimento, con 101 origini catastali: proprio in questa provincia si sono effettuati test di trasformazione di mappe catastali verso il sistema WGS84 e Roma40, con il materiale geodetico e cartografico messo a disposizione dall'Agenzia del Territorio. Si espongono le procedure e i risultati di questa trasformazione, dalla raccolta dati alla stima dei parametri necessari all'applicazione di una procedura geodetica. Vengono illustrati i risultati relativi alla precisione e coerenza delle coordinate delle origini catastali e all'applicabilità di tale metodo a carte vettoriali e *raster*.

Abstract

The Cuneo province has 101 cadastral origins and is one of the Italian cases with a greatest number of reference systems. Tests for the cadastral maps transformation to the Roma40 and WGS84 system were performed in this province, using the geodetical and cartographical material of the Agenzia del Territorio. This paper describes the data collection and the parameters estimation necessary to apply a geodetic procedure. The transformation results, in terms of precision, and information about the coherence of the cadastral coordinates are presented, along with a discussion of the method applicability to vectorial and raster maps.

Introduzione

Ai sistemi di riferimento di piccola estensione sono riferiti circa un terzo dei fogli di mappa catastale. Le "piccole origini" sono più di 800 in Italia e rappresentano un notevole problema per la trasformazione della cartografia catastale in altri sistemi di riferimento, quali WGS84 e Roma40. La necessità di questa trasformazione è legata sia all'evoluzione che hanno avuto i sistemi di riferimento nazionali, materializzati già dalla rete IGM95 e più recentemente dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN) sia alla direttiva INSPIRE, per far interagire *database* topografici di vari enti. Presso il Politecnico di Torino – DITAG è stata sviluppata, nell'ambito del progetto di ricerca PRIN07 cofinanziato MIUR (responsabile nazionale prof. Maurizio Barbarella), una procedura geodetica per rendere agevole questa trasformazione. Partendo dalla conoscenza dell'origine catastale, la trasformazione può essere effettuata in linea teorica senza interventi di rilevamento in campagna e dunque può adattarsi bene ai casi di notevole "frammentazione" dei sistemi di riferimento. In mancanza conoscenza delle coordinate delle origini, esse possono essere stimate a posteriori usando alcuni punti di doppie coordinate, con le medesime procedure geodetiche.

Nel 2009 è stato stipulato un protocollo di accordo tra Politecnico di Torino – DITAG e la Direzione Centrale dell'Agenzia del Territorio di Roma, per la condivisione dei dati e dei risultati, che ha portato all'acquisizione di materiale geodetico e cartografico indispensabile per questa sperimentazione. Con 6903 km², 250 comuni, circa 7500 fogli di mappa catastale con 101 origini, la

provincia di Cuneo, non a caso detta “Provincia Granda”, è stata scelta per effettuare i test di trasformazione tra sistemi di riferimento. Essi partono da uno studio che riguarda la precisione della rete catastale, la sua coerenza interna e quella con i sistemi geodetici materializzati dalle reti IGM.

La procedura geodetica in sintesi

La procedura geodetica (per maggiori dettagli [Cina, 2008]) è composta da due fasi: la prima è una trasformazione di coordinate cartografiche dal sistema Cassini Soldner (C.S.) a quello di Gauss, all'interno dello stesso DATUM (Bessel). La seconda è la trasformazione tra DATUM, a partire da punti di “coordinate doppie”, nella rappresentazione di Gauss. La trasformazione avviene a partire da coordinate geodetiche polari (s, α) in quanto poco dipendenti dalla forma dell'ellissoide. Il cambiamento della sola forma produce variazioni trascurabili sulle corrispondenti coordinate geodetiche rettangolari (x, y) [Cina, 2008].

Il cambiamento di DATUM verso Roma40 e WGS84 avviene a partire da punti di coordinate doppie nei due sistemi, stimando i parametri di una trasformazione conforme. Si noti l'importanza di effettuare tale operazione tra sistemi di coordinate coerenti: per questo motivo le coordinate vengono espresse nel sistema cartografico di Gauss. Nel cambio di DATUM verso ellissoidi a orientamento locale (Hayford - Roma40), si suppone che la riduzione della distanza alla superficie di riferimento sia avvenuta a partire dalla quota ortometrica H invece che quella ellissoidica h . L'operazione è lecita poiché le ondulazioni del geoide $N=h-H$ hanno al massimo entità di pochi m. Così non è se si considerano sistemi geocentrici come il WGS84, dove l'ondulazione del geoide assume anche valori di 50 m nella provincia test di Cuneo. Viene considerato l'ulteriore fattore di

riduzione della distanza di un fattore pari a $\left(1 - \frac{h-H}{\sqrt{\rho N}}\right)$, con ρ e N raggi principali di curvatura. La

procedura geodetica è realizzata con una routine di calcolo, scritta in linguaggio MATLAB®, chiamata CS_2_UTM.

Questa procedura consente di effettuare la trasformazione a partire dalla conoscenza della sola origine nel DATUM di “arrivo” e da pochi punti di doppie coordinate (< 10) per la trasformazione tra DATUM.

Anche nel caso di origine mancante o incerta o di punto ideale la procedura è valida. L'origine può essere agevolmente rideterminata con misure in campagna (intersezione da base GPS o utilizzando strumenti integrati come stazione totale e GPS RTK) ma anche ristimata a partire da pochi punti di doppie coordinate, noti da monografia o rilevabili sul terreno con misure RTK.

La procedura proposta e illustrata in figura 1, si basa su un procedimento iterativo che parte da coordinate approssimate (all'inizio è sufficiente una rototraslazione fra sistemi cartografici anche non coerenti come quelli di Gauss e Cassini Soldner) per affinare la soluzione con poche iterazioni.

L'acquisizione e la verifica delle origini catastali

Presso l'Agenzia del Territorio di Cuneo sono state acquisite le monografie dei vertici della rete catastale, con coordinate doppie Cassini Soldner e Gauss Boaga. Le circa 5000 schede di monografia sono state acquisite fotograficamente per velocizzare tale operazione e non danneggiare il prezioso materiale geodetico. Dalle immagini digitali è stato realizzato un database di coordinate, eseguendo nel contempo operazioni di controllo sulla coerenza delle coordinate nei due sistemi cartografici. Al netto delle coordinate escluse, perché non coerenti, risultano 4134 vertici di cui 381 coincidenti con quelli IGM di vario ordine, tra cui 8 IGM95. 845 vertici hanno coordinate riferite a più sistemi d'asse: la numerosità di vertici materializzati all'impianto risulta così di 2841, con interdistanza media di uno ogni 1.3 km.

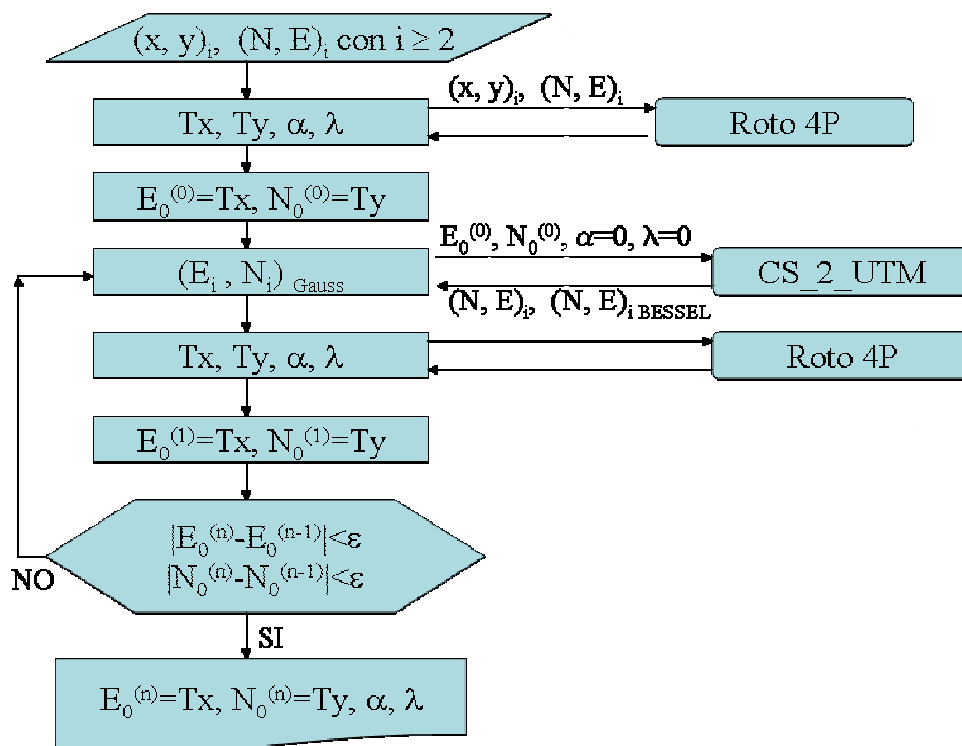


Figura 1 – stima coordinate origine catastale con procedura geodetica

Con la procedura geodetica illustrata in fig.1, sono state ristimate le origini a partire dai punti di doppie coordinate con una soluzione minimi quadrati (mq). L'operazione ha anche permesso di escludere punti affetti da errore grossolano o che presentassero scarti superiori a 1 metro.

In fig. 2 è riportato un diagramma “tipo” degli scarti nelle coordinate Est e Nor, prodotto per ogni origine con un *software* realizzato appositamente in MATLAB®. Questa operazione fornisce una prima idea della coerenza della rete catastale col sistema di riferimento globale Roma40. Il contenimento degli scarti nel valore di un metro rappresenta un risultato importante che richiede però il “sacrificio” di alcuni vertici.

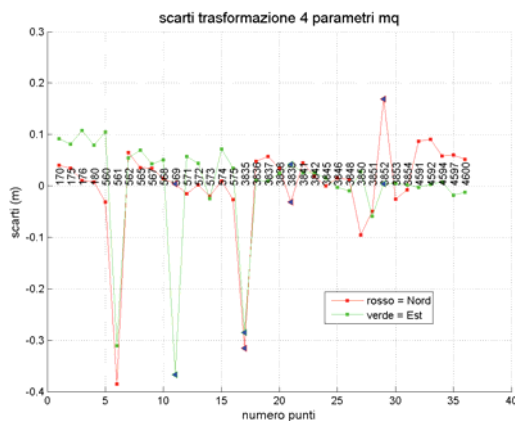


Figura 2 – scarti m.q. nella ristima delle origini

Dopo le operazioni di *data-snooping*, a valle del procedimento minimi quadrati, sono infatti rimasti 3543 vertici catastali utilizzabili. Le origini a cui appartengono hanno diversa estensione e numerosità, rilevabile in figura 3. Quella con più vertici è Serravalle Langhe (180) mentre quella con meno vertici è Torre San Giorgio (4). Anche in quest'ultimo caso la stima delle coordinate ha portato comunque a valori in accordo con quanto riportato in monografia.

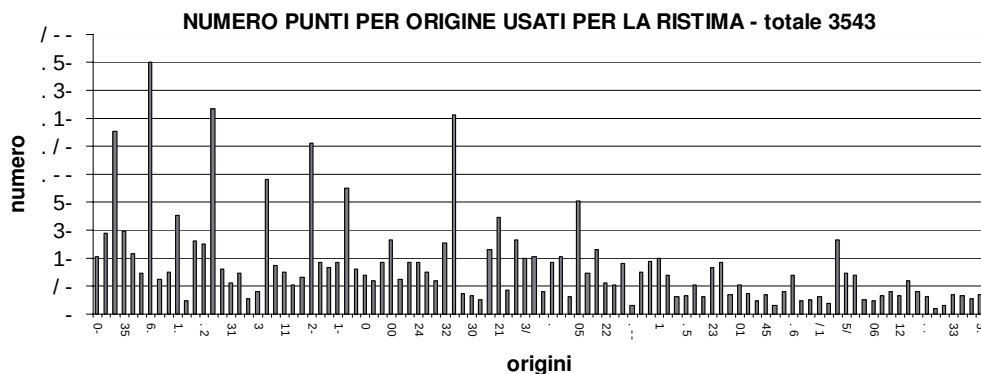


Figura 3 – vertici della rete catastale per la stima delle origini (numerate in ascissa)

Viene spontaneo valutare la precisione della stima delle coordinate delle origini e quanto queste si avvicinino ai valori di monografia. Gli scarti planimetrici e gli sqm della stima minimi quadrati sono riportati in fig. 4 per le 101 origini. Va notato che l'sqm risulta minore di 20 cm nel 95% dei casi e comunque sempre minore di 30 cm. Lo scarto planimetrico tra le coordinate stimate rispetto a quelle di monografia è compreso in 30 cm nel 95% dei casi.

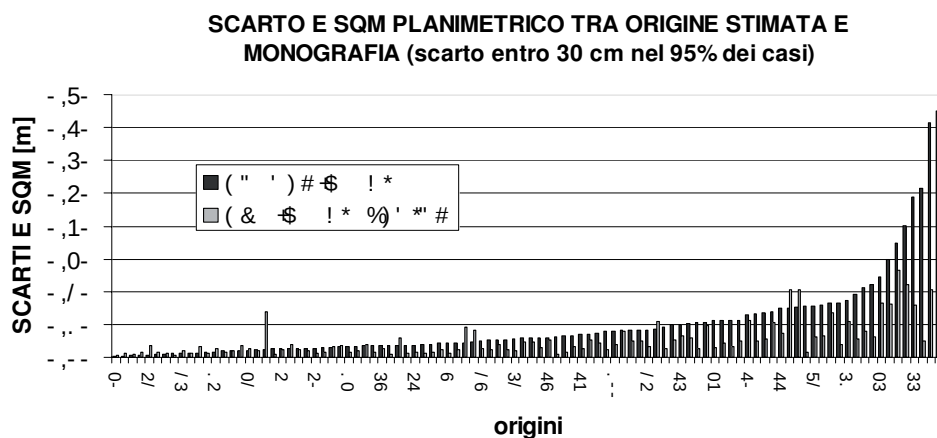


Figura 4 – scarti ed sqm planimetrici tra coordinate stimate e della monografia dell'origine

Solo 4 origini hanno scarto superiore a 40 cm con un massimo di 75 cm. Quest'ultima presenta però sqm di 7 cm che evidenzia un problema sulle coordinate di monografia. Possiamo affermare che, nella maggior parte dei casi, lo scarto è ben rappresentato da un valore pari al doppio del valore di sqm della stima.

Questi risultati rassicurano circa la coerenza tra le coordinate Cassini Soldner e Gauss Boaga, ma quale è la coerenza tra le origini?

Ricerchiamo la risposta nell'analisi degli scarti degli 845 vertici catastali comuni a due o più origini, per un totale di 2841 coppie di coordinate. Escludendo i punti affetti da errore consideriamo le 1183 copie di vertici con scarto inferiore a 3 m. Gli scarti ottenuti sono riassunti in tabella 5 e rappresentati in figura 6. I risultati appaiono buoni, considerando che la rete catastale, rilevata più di un secolo fa è appoggiata a vertici IGM per la maggior parte di IV ordine.

Scarti entro:	Percentuale
0.5 m	81 %
1.0 m	93 %
1.5 m	97 %
2 m	98 %

Tabella 5 – scarti planimetrici fra punti comuni a due o più origini

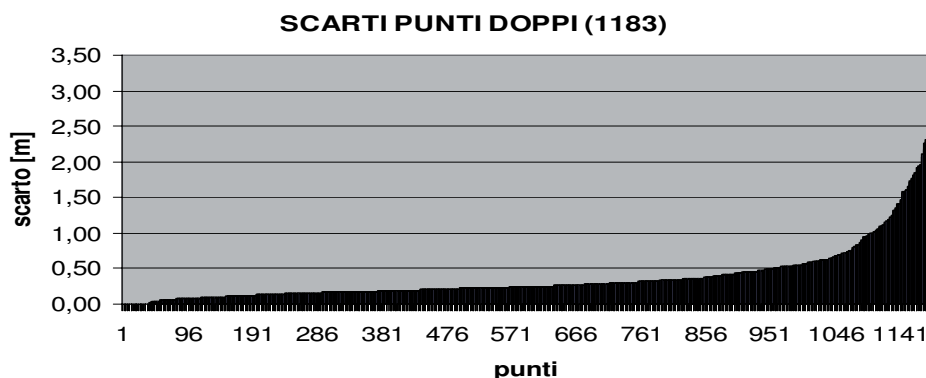


Figura 6 – scarti planimetrici fra punti comuni a due o più origini

La trasformazione del DATUM

Questo è un problema geodetico, che si affronta confrontando coordinate di vertici note nei due sistemi di riferimento: Bessel (partenza) e Roma40 e WGS84 (arrivo). Esso non è esente dagli errori con cui sono note le coordinate: assume, dunque, particolare importanza la fase di rimozione degli errori eseguita nelle fasi precedenti. Il legame diretto tra sistemi catastali e globali passa attraverso il sistema Roma40, di cui abbiamo le coordinate in monografia. La conversione delle stesse a WGS84 è stata fatta con la procedura VERTO dell'IGM a partire dalle coordinate nel sistema Roma40. In questa fase non è necessario utilizzare numerosi punti, ma questi devono essere particolarmente affidabili. In provincia di Cuneo 8 vertici IGM95 hanno anche note coordinate catastali, riferite a diverse origini.

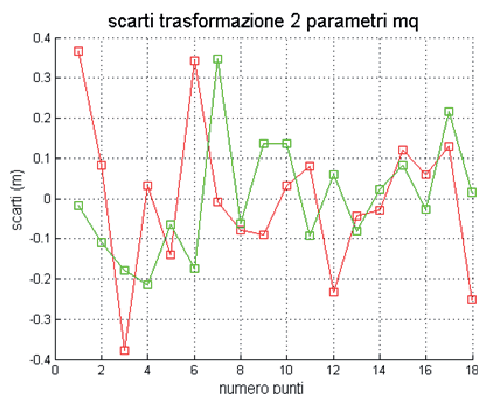


Figura 7a – cambio DATUM verso Roma40

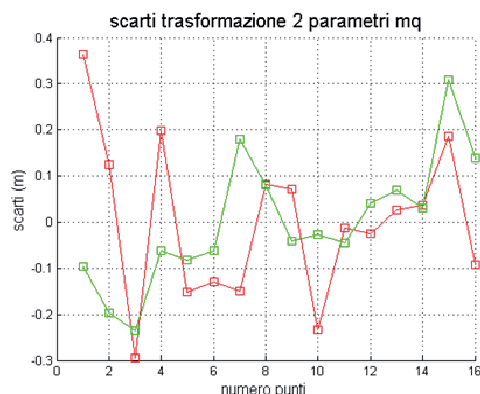


Figura 7b – cambio DATUM verso WGS84

Di essi sono state, dapprima, calcolate le coordinate in un sistema di riferimento simile a quello di arrivo con la procedura geodetica (CS_2_UTM), considerando gli ellissoidi relativi ai sistemi WGS84 e Roma40 ma non ancora orientati correttamente e, successivamente, sono stati stimati i parametri di trasformazione, limitatamente alla sola rotazione e scala nel piano di Gauss. La stima minimi quadrati dei parametri di trasformazione ha mostrato notevole coerenza delle coordinate nei diversi sistemi di riferimento. Con riferimento alle figure 7, si noti come gli scarti delle coordinate Est e Nord si mantengano abbondantemente sotto i 40 cm, pur con una notevole interdistanza tra i vertici (parecchie decine di km). sufficiente Quanto fino ad ora ricavato permette di applicare la procedura geodetica in maniera automatica a mappe in formato vettoriale e *raster*.

La trasformazione di mappe ad altri sistemi di riferimento

La trasformazione di mappe in formato vettoriale avviene in maniera automatica, con un *software* appositamente sviluppato in linguaggio MATLAB®. A partire dalle coordinate dell'origine e dai parametri stimati (punto precedente) è possibile ottenere un file vettoriale con coordinate nell'altro sistema di riferimento senza mutarne la struttura. Analoga procedura è applicabile alle immagini *raster*. In questo caso la digitalizzazione dei crocicchi, per calibrare la mappa e assorbire le deformazioni risulta onerosa. Per svincolare l'operazione dall'intervento manuale, è stato realizzato un *software* di riconoscimento automatico con autocorrelazione sub-pixel. La procedura geodetica provvede, poi, alla trasformazione del reticolo nel sistema di riferimento voluto. Non si affronta il problema in questa nota, rimandandolo ad altre pubblicazioni. Con operazioni di rilievo campagna si andrà poi a valutare la coerenza con i nuovi sistemi di riferimento delle mappe catastali, a più di un secolo dalla loro formazione.

Conclusioni

La procedura applicata ha mostrato come la rete catastale, nella provincia test di Cuneo, sia idonea a supportare le operazioni di trasformazione cartografica. La metodologia si presta ad essere automatizzata, dopo una stima dei parametri di trasformazione tra DATUM, senza un apporto umano interattivo. Si ritiene che essa possa essere applicata in generale a tutti i casi di ricomposizione delle piccole origini catastali, pur con le inevitabili varianti e casistiche che la realtà può presentare.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Agenzia del Territorio per aver messo a disposizione il materiale geodetico e cartografico e in particolare gli Ingegneri Maggio e Ferrante della Direzione Centrale di Roma; il dott. Pucciarelli, l'ing. Catalano e il geom. Falco della Direzione di Cuneo.

Bibliografia

- Cina A.; Manzino A; Manzino G. (2007), "I ricevitori palmari in applicazioni catastali". In: *Atti dell'11ª Conferenza Nazionale ASITA*. Torino, 6-9-novembre 2007, vol. 1, pp. 703-708.
- Cina A. (2008), "La carta catastale in un sistema globale". *Rivista dell'agenzia del Territorio*, vol. 1; pp. 13-26, ISSN: 1593-2192.
- Difilippo, S. (1995): "Sulla trasformazione delle coordinate plano-cartografiche dalla rappresentazione di Cassini-Soldner alla rappresentazione di Gauss-Boaga e viceversa (parte 1ª)". *Rivista del Dipartimento del Territorio*, n. 3 1995. pp. 151-186.
- Inghilleri, G. (1974): *Topografia Generale*. Torino, Utet, 1974.
- Pàroli, A. (1943): "Il problema della trasformazione delle coordinate nella rappresentazione conforme di Gauss e l'unificazione delle reti trigonometriche del nuovo stato". *Rivista dei Servizi Tecnici Erariali*, n. 3, 1943. pp. 213-227.
- Surace, L. (2004): "La georeferenziazione delle informazioni territoriali". *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, vol. III, n.6, pp.168-179.