

LA MIGRAZIONE DEI DATI GEOSPAZIALI DAI SISTEMI DI RIFERIMENTO CATASTALI A GAUSS-BOAGA: UN CONFRONTO SPERIMENTALE TRA GLI STRUMENTI SOFTWARE E LE LIBRERIE PROPRIETARIE, FREE E OPEN SOURCE

1. PREMESSA

I dati alla base dei confronti e delle analisi effettuate nel presente lavoro derivano dalle monografie di tutti i punti trigonometrici catastali che ricadono nel territorio del Comune di Roma. Tali monografie riportano le coordinate sia nel sistema di riferimento piano Cassini-Soldner, sia nel sistema Gauss-Boaga – Roma40 (Fig. 1).

1.1 *Il Sistema Catastale e l'origine "Roma-Monte Mario"*

Il Sistema Catastale italiano è composto da 849 origini, di cui 818 di piccola estensione e 31 di grande estensione. Il territorio del Comune di Roma ricade sotto l'origine di grande estensione denominata "Roma-Monte Mario", che comprende le provincie di Roma (in parte), Frosinone (in parte), Latina (in parte), Viterbo e Terni. Il valore dell'origine è stato fissato a $y = 0$, $x = 0$, con coordinate geografiche del centro del Sistema Catastale pari a Lat. N. $41^{\circ}55'24,399''$ e Long. E $3^{\circ}31'51,131''$, riferite all'ellissoide di Bessel (Genova), longitudine da Genova.

2. LA COMPARAZIONE DEI PROCESSI DI RIPROIEZIONE TRA I SISTEMI DI RIFERIMENTO

2.1 *Le librerie software comparate*

Per approfondire il confronto tra gli esiti delle trasformazioni dalle coordinate Cassini-Soldner delle monografie catastali alle coordinate piane Gauss-Boaga, eseguibili con i vari software proprietari e FLOSS, sono state utilizzate la libreria proprietaria del software Trasforma2000 della Topoprogram Software Technology, la libreria free software di CartLab1, la libreria free software di "Borneo – Rappresentazione del territorio" (servizio on-line) e le librerie FLOSS Proj4 e CS-MAP.

2.2 *La struttura dei dati in input e l'analisi delle librerie software*

I software Trasforma2000 e CartLab 1.2 richiedono la selezione dell'origine catastale per poter inserire le coordinate piane Cassini-Soldner da trasformare. Relativamente al servizio offerto da "Borneo – Rappresentazione

D.G. *Rossini* Vol. I - Scheda N° *11*

(1) BORGHETTO S. CARLO	ELEMENTI GEODETICI del VERTICE I	DATI DI COLLEGAMENTO			
(2)		Vertici	LATI		Azimut.
Comune di Roma	Coordinate Geografiche (Ell. Internaz.)	Tor Cervara	Logaritmi	Valori numerici	
Foglio di cappi 281	$\alpha =$	S. Agnese			
	Convergenza	Cano Marconi			
	$\epsilon =$				
	Coordinate Bolder Origine				
	$x = + 7849,92$ $y = - 4409,25$				
	Coordinate Gauss-Boaga (1923 di 10)				
	$x = 4.652.510,81$ $y = 2.304.564,66$				
	Quota altimetrica				
	$Z =$				
Registro Monografie N. 3 Pagina N. 322	ELENCO GENERALE				
Fascicolo VII*	Pagina 34				
Foglio Carta d'Italia N. 150					

(1) Denominazione del vertice trigonometrico.
(2) I, II, III, IV, Ordine I. O. M. - Rete - Sottorete - Dettaglio catastale.

ESISTENTE ALLA DATA 16-10-49 C.

Fig. 1 – Monografia di punto trigonometrico catastale (dati di solo esempio) (Agenzia del Territorio).

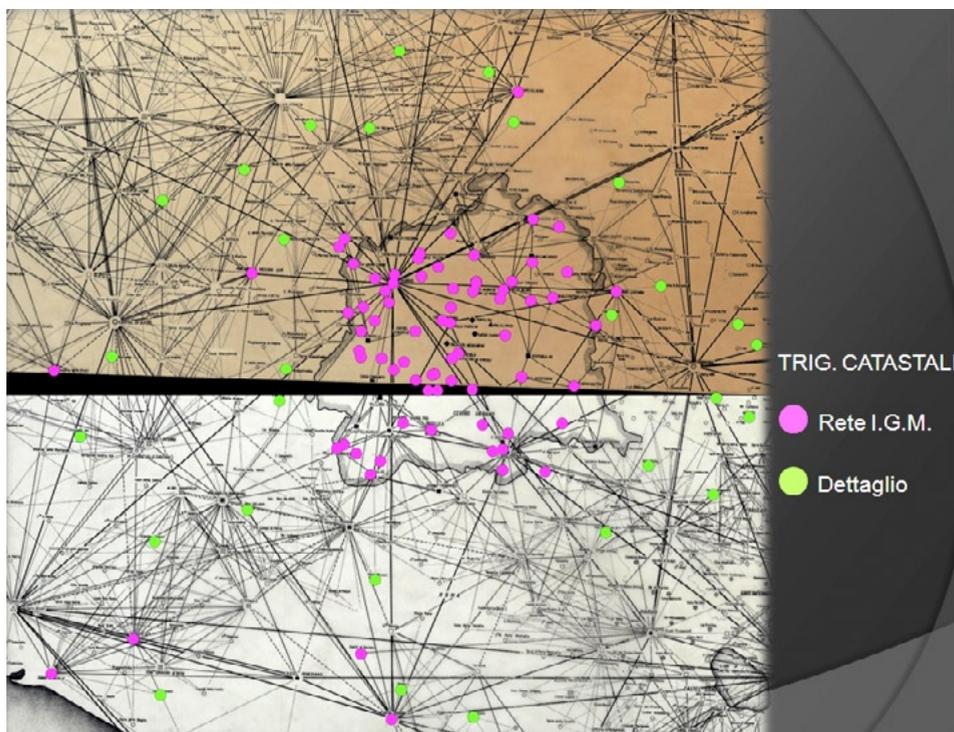


Fig. 2 – Mappa tematica dei punti trigonometrici catastali (e42.it).

del Territorio”, la procedura è on-line (http://www.borneo.name/topo/cassini_gauss.php) e per prima cosa si deve inserire la coordinata piana Gauss-Boaga dell’origine catastale (nel nostro caso abbiamo tratto il valore dalla relativa monografia dell’Istituto Geografico Militare), per poi inserire le coordinate piane da trasformare. Per l’utilizzo delle varianti della libreria Proj4 si è utilizzato il software open source QGIS all’interno del quale sono create le seguenti proiezioni specifiche per ogni stringa utilizzata:

– Proj4 tratta dal sito web di Gfoss.it (i valori di latitudine e longitudine sono stati ricavati dal sito web <http://www.fiduciali.it/>):

```
+proj=cass +lat_0=41.923444 +lon_0=12.451900 +x_0=0 +y_0=0  
+ellps=bessel +units=m +no_defs
```

– Proj4 di GfosServices – Studio Associato (i valori di latitudine e longitudine sono stati ricavati dal sito web <http://www.fiduciali.it/>):

```
+proj=cass +lat_0=41.923444 +lon_0=12.451900 +x_0=0 +y_0=0  
+ellps=bessel +towgs84=656.5,138.2,506.5,5.187,-2.540,5.256,-12.61  
+units=m +no_defs
```

Per la trasformazione effettuata con l’utilizzo delle librerie CS-MAP è stato utilizzato il software Map Guide open source, con le seguenti stringhe compilate dal collega Andrea Vismara, facendo anche riferimento ad uno specifico contributo pubblicato negli Atti della Conferenza ASITA 2006 (FALCIANO *et al.* 2006) per la stringa che utilizza l’ellissoide Internazionale:

– stringa con riferimento all’ellissoide di Bessel:

```
PROJCS["CASSINI-SOLDNER",GEOGCS["",DATUM["",SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.15281535]],PRIMEM["Greenwich",0],UNIT["Degre e",0.017453292519943295]],PROJECTION["Cassini"],PARAMETER["False_Easting",0.000],PARAMETER["False_Northing",0.000],PARAMETER["Central Meridian",12.451900000000000],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",41.92344416666666],UNIT["Meter",1.000000000000000]]
```

– stringa con riferimento all’ellissoide Internazionale:

```
PROJCS["CASSINI-INT1924",GEOGCS["",DATUM["",SPHEROID["International_1924",6378388.000,297.00000000]],PRIMEM["Greenwich",0],UNIT["Degre e",0.017453292519943295]],PROJECTION["Cassini"],PARAMETER["False_Easting",0.000],PARAMETER["False_Northing",0.000],PARAMETER["Central Meridian",12.452333333333333],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",41.923752777777778],UNIT["Meter",1.000000000000000]]
```

Sulla base delle stringhe implementate, si è proceduto all’inserimento delle coordinate Cassini-Soldner rilevate nelle monografie catastali, ottenendo i valori corrispondenti in coordinate piane Gauss-Boaga, mediante trasformazione. Gli esiti della riproiezione sono stati quindi confrontati con le coordinate Gauss-Boaga riportate nelle monografie catastali, registrando le differenze risultanti.

Nel caso di studio illustrato, le monografie hanno riguardato 106 punti trigonometrici catastali, alcuni dei quali integrati nella rete IGM, altri nella rete

di dettaglio catastale. Quest'ultimi caposaldi si trovano più distanti dall'origine fin quasi a coprire i margini del territorio del Comune di Roma (Fig. 2).

2.3 I calcoli statistici effettuati

Per ottenere i dati statistici, sono stati compilati dei fogli di calcolo in Open Office contenenti sia le coordinate piane Gauss-Boaga lette dalle monografie, sia le coordinate Gauss-Boaga ottenute dalle trasformazioni. Eseguite le differenze, sono stati effettuati i calcoli statistici sui seguenti valori: scostamento minimo e massimo, media, media dei valori negativi, media dei valori positivi, mediana, moda, deviazione standard. Relativamente alla media va specificato che i valori, potendo essere sia positivi che negativi, tendono a falsare il risultato, come nell'esempio $(-0.50+0.50)/2 = 0$, dal quale non si deve desumere che la media delle differenze di coordinate abbia un valore pari a 0. La media, pertanto, è stata inserita per indicare l'omogeneità della differenza, ad esempio $(-0.50+.0.10) = 0.20$ significa che le differenze non sono sempre della stessa grandezza.

2.4 I risultati

Le tabelle sono distinte in differenze sulle coordinate N (^DN) ed E (^DE); le varianti della libreria Proj4 sono distinte in Proj4 (da Gfoss.it) e Proj4GfS (da GfosServices – Studio Associato). La colonna CS-MAP è riferita alla stringa che utilizza l'ellissoide internazionale, mentre la colonna relativa alla stringa che utilizza l'ellissoide di Bessel è stata omessa poiché gli scostamenti calcolati sono risultati troppo elevati (circa 35 m sia nelle coordinate E che in quelle N) e dunque non contemplabili entro la tolleranza necessaria per questo tipo di studio (Fig. 3). In un primo momento, i calcoli relativi alle coordinate dei trigonometrici catastali della rete IGM sono stati tenuti separati da quelli dei caposaldi della rete di dettaglio catastale, poiché si riteneva che i risultati potessero avere valori diversi, legati al fatto che i caposaldi appartenessero a reti differenti, quindi avessero differente bontà nelle coordinate. Inoltre, i trigonometrici di dettaglio del Catasto, come già precedentemente detto, risultano essere localizzati lontano dall'origine catastale di "Roma-Monte Mario" e anche per questo fattore, pertanto, si potevano presentare delle attendibilità differenti nel calcolo. Dopo aver accertato le effettive differenze nell'analisi statistica applicata alle due reti topografiche, si è potuto effettuare il calcolo considerando tutti i punti trigonometrici nel loro insieme.

3. CONSIDERAZIONI TOPOGRAFICHE

Si potrebbe sintetizzare che per le applicazioni GIS possono risultare valide tutte le librerie in esame; tuttavia, bisogna tenere presente che le librerie Proj4, "Borneo" e CS-MAP hanno valori accettabili se ci troviamo entro qualche chilometro dall'origine catastale di "Roma-Monte Mario" e i loro scarti

D N	Trasf2000	CartLab 1.2	Borneo	Proj4	CS-MAP	Proj4 GfS
MIN	-0,12	-0,12	-0,51	-0,48	-0,51	-0,12
MAX	0,04	0,04	0,42	0,44	0,41	0,06
MEDIA	-0,02	-0,02	-0,05	-0,03	-0,05	-0,01
MEDIA V. (-)	-0,03	-0,03	-0,16	-0,15	-0,15	-0,02
MEDIA V.(+)	0,02	0,01	0,12	0,11	0,12	0,02
MEDIANA	-0,02	-0,02	-0,04	-0,02	-0,04	0,00
MODA	0,00	0,05	0,00	-0,05	-0,16	-0,01
DEV/STAN	0,02882	0,02856	0,17698	0,17532	0,17554	0,03044

D E	Trasf2000	CartLab 1.2	Borneo	Proj4	CS-MAP	Proj4 GfS
MIN	-0,04	-0,04	-0,41	-0,49	-0,46	1,28
MAX	0,09	0,09	0,28	0,20	0,22	1,43
MEDIA	-0,01	-0,01	-0,01	-0,09	-0,06	1,34
MEDIA V. (-)	-0,02	-0,01	-0,12	-0,13	-0,13	0,00
MEDIA V.(+)	0,02	0,02	0,09	0,08	0,07	1,34
MEDIANA	0,01	0,01	0,00	-0,08	0,05	1,34
MODA	0,02	0,01	-0,02	-0,04	-0,02	1,33
DEV/STAN	0,01797	0,01765	0,13669	0,13717	0,13700	0,02801

Fig. 3 – Tabella report di analisi (e42.it).

D N	Trasf2000	CartLab 1.2	Borneo	Proj4	CS-MAP	Proj4-WP
MIN	-0,12	-0,12	-0,51	-0,48	-0,51	-0,08
MAX	0,04	0,04	0,42	0,44	0,41	0,10
MEDIA	-0,02	-0,02	-0,05	-0,03	-0,05	0,03
MEDIA V. (-)	-0,03	-0,03	-0,16	-0,15	-0,15	-0,03
MEDIA V.(+)	0,02	0,01	0,12	0,11	0,12	0,04
MEDIANA	-0,02	-0,02	-0,04	-0,02	-0,04	-0,04
MODA	0,00	0,05	0,00	-0,05	-0,16	0,04
DEV/STAN	0,02882	0,02856	0,17698	0,17532	0,17554	0,03339

D E	Trasf2000	CartLab 1.2	Borneo	Proj4	CS-MAP	Proj4-WP
MIN	-0,04	-0,04	-0,41	-0,49	-0,46	-0,08
MAX	0,09	0,09	0,28	0,20	0,22	0,13
MEDIA	-0,01	-0,01	-0,01	-0,09	-0,06	0,04
MEDIA V. (-)	-0,02	-0,01	-0,12	-0,13	-0,13	-0,03
MEDIA V.(+)	0,02	0,02	0,09	0,08	0,07	0,05
MEDIANA	0,01	0,01	0,00	-0,08	0,05	0,04
MODA	0,02	0,01	-0,02	-0,04	-0,02	0,02
DEV/STAN	0,01797	0,01765	0,13669	0,13717	0,13700	0,03393

Fig. 4 – Tabella report di analisi (e42.it).

continuano ad aumentare procedendo verso i confini comunali di Roma, dove si riscontrano scarti anche oltre i 40 cm. Per precisioni topografiche accettabili bisogna ricorrere alle librerie dei software Trasforma2000 e CartLab1.2, come si evince in tabella (Fig. 3). Osservando con attenzione i valori della libreria Proj4GfS, ci si accorge che essa presenta delle grandi potenzialità, dal momento che i ^DN sono in linea con i valori calcolati mediante le librerie di Trasforma2000 e Cartlab1.2, mentre i ^DE risultano avere dei valori (circa 1,34 m) fuori della tolleranza ammessa. L'elemento di riscontro, tuttavia, è stato fornito dal valore della deviazione standard (0,028 m), che ha indotto a testare nella stringa di codice compilata *ad hoc* uno shift sul valore della coordinata E dell'origine e a rieseguire le trasformazioni.

3.1 Il test della libreria Proj4-WP

La nuova variante della stringa testata è stata denominata Proj4-WP (work in progress), in quanto l'errore dello shift è sicuramente da trovare all'interno dei parametri e/o valori delle coordinate geografiche all'interno della stringa originaria della libreria Proj4, riportando per il futuro il valore dell'origine di nuovo a 0,0 dopo aver perfezionato la stringa per l'area territoriale compresa entro i confini del Comune di Roma. Lo shift sull'origine è giustificato dalla necessità di ottenere dei risultati comparabili per questa libreria, in tempo rispetto alla relazione tenuta al VII Workshop ArcheoFOSS. L'esito della correzione apportata alla variante della libreria Proj4 è la seguente stringa:

```
+proj=cass +lat_0=41.923444 +lon_0=12.451900 +x_0=1.3 +y_0=0  
+ellps=bessel +towgs84=656.5,138.2,506.5,5.187,-2.540,5.256,-12.61  
+units=m +no_defs
```

e i risultati del ricalcolo dei valori delle coordinate trasformate mediante il suo impiego sono riportati nella tabella di Fig. 4.

3.2 Il confronto tra i caposaldi dell'IGM e dell'Agenzia del Territorio

In ultima analisi sono state condotte alcune verifiche anche sulle coordinate Gauss-Boaga riportate nelle monografie dei punti trigonometrici IGM che coincidono con i trigonometrici catastali. Nel caso specifico del territorio di Roma, i caposaldi trigonometrici coincidenti tra le reti topografiche dei due enti sono una decina, alcuni dei quali sono stati peraltro annullati dall'IGM. Pertanto, per la verifica effettuata sono stati selezionati quattro punti trigonometrici in modo tale da coprire la parte S-O, centrale e N-E del territorio comunale di Roma, e in tal modo sono state rilevate differenze tra le coordinate dei due sistemi, variabili dai 3 ai 17 cm (Fig. 5). Anche in questo caso i confronti tra le coordinate Gauss-Boaga ottenute dalle trasformazioni e quelle riportate nelle monografie IGM hanno evidenziato degli scostamenti con scarti piuttosto buoni, nell'ordine di 10/15 cm, per le librerie di Trasfor-

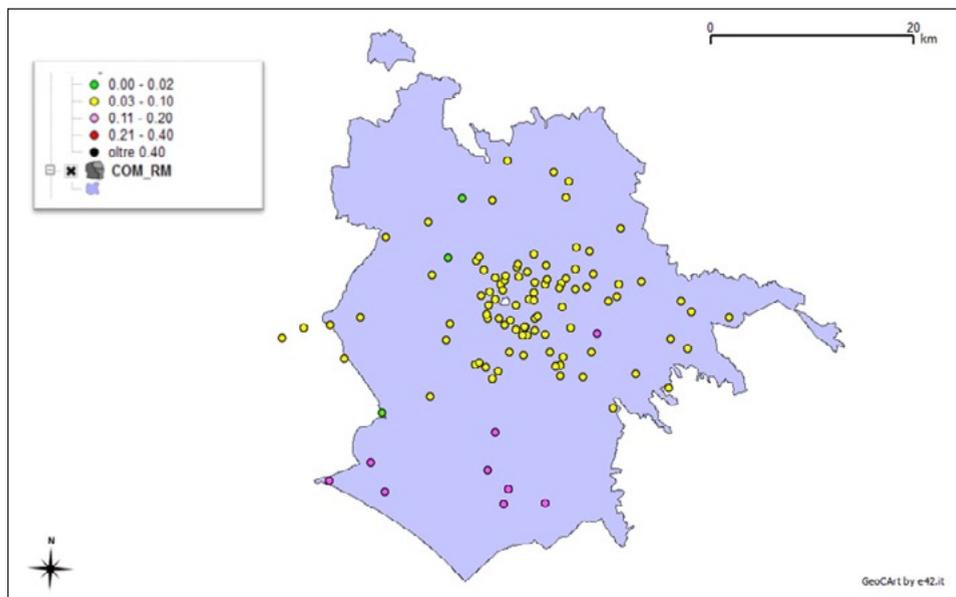


Fig. 5 – Mapa tematica degli scostamenti tra coordinate Gauss-Boaga in monografia e coordinate Gauss-Boaga dalla trasformazione effettuata con la libreria Proj4-WP.

ma2000, Cartlab e per la variante ricalibrata Proj4-WP. Considerato il numero minimale di trigonometrici presi in esame, i valori dei risultati possono fornire per adesso solo un valore di massima sullo scostamento tra le coordinate Gauss-Boaga riportate nelle monografie catastali e le coordinate Gauss-Boaga presenti nelle monografie IGM dei medesimi punti trigonometrici.

4. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Lo scopo di questo lavoro non è stato quello di confrontare le varie librerie per stilare una classifica di attendibilità ed affermare che una sia migliore di un'altra, piuttosto si è trattato di capire se, limitatamente al territorio del Comune di Roma, si può fare affidamento alle librerie FLOSS dedicate alle trasformazioni di coordinate tra sistemi, dal momento che, oltre ad essere componenti di codice aperto, con tutti i vantaggi che ne conseguono, esse possono essere facilmente implementate nei software GIS compatibili. A conclusione della disamina illustrata in questa sede, si può affermare che quanto auspicato è stato in effetti verificato con esito positivo, pur dovendosi tenere a mente che la zona di studio è stata volutamente delimitata ai confini comunali di Roma, ricadenti sotto la grande origine catastale di Monte Mario, e che, pertanto, i risultati esposti valgono per la porzione specifica di

territorio e non è detto che siano validi anche per le altre località adiacenti. Va inoltre considerato che i risultati sono stati ottenuti prendendo per valide le coordinate Gauss-Boaga riportate nelle monografie dei trigonometrici catastali, laddove in futuro i valori topografici si dovranno determinare da un opportuno confronto con le misurazioni effettuate direttamente con metodologia GPS a correzione differenziale, per poter affinare le analisi condotte sui risultati delle trasformazioni tra sistemi di riferimento.

FABIO ZONETTI
e42.it – GeoCArT Geotopocartografia
per la geografia e l'archeologia

BIBLIOGRAFIA

- FALCIANO A., LUCIA P., NOLÈ G. 2006, *Proposta metodologica per l'imposizione di pseudo-congruenza tra DB topografico e DB catastale in alcuni centri storici lucani*, in *Atti 10^a Conferenza ASITA (Bolzano 2006)*, ASITA (www.attiasita.it).
- SURACE L., CAMICIOTTOLI F. 2008, *Trasformazioni planimetriche di coordinate catastali: il caso della Provincia di Arezzo*, in *Atti 12^a Conferenza Nazionale ASITA (L'Aquila 2008)*, ASITA (www.attiasita.it/).

CARTOGRAFIA

- ZONETTI F. *et al.* 2011, *Fogli rete trigonometrici catastali in Mappe d'impianto del NCT della Prov. di Roma, Collegio Geometri e Geometri Laureati di Roma, Agenzia del Territorio della Provincia di Roma, Regione Lazio*, cofanetto DVD, Roma, Collegio geometri e geometri laureati.
- Schede Monografie Punti Trigonometrici Catastali*, Agenzia del Territorio di Roma.
- Schede Monografie Punti Trigonometrici IGM*, Istituto Geografico Militare, Firenze.

ABSTRACT

In this paper we compare, through a case study located within the municipal boundaries of Rome, various proprietary, free and open source software libraries, in view of the coordinate transformation from the cadastral system Cassini-Soldner in the Gauss-Boaga system. The analysis was based on comparison of the Gauss-Boaga coordinates given in cadastral benchmark monographs and results of processing carried out with the libraries examined. Specifically, benchmarks were chosen for their representation both in IGM national geodetic network and in cadastral network in order to compare respective values in the final analysis. Aim of the study was to evaluate the effectiveness of the transformation made from Cassini-Soldner to Gauss-Boaga in order to obtain statistical values that allow us to choose or discard the libraries for topographical and GIS application within the metropolitan area of Rome.