

GEOPORTALE NAZIONALE

Un approfondimento sulle metodologie di conversione e trasformazione coordinate

di Salvatore Costabile, Stefano Martini, Agostino Avanzi, Laura Petriglia, Giuseppe Corraello

Con il presente articolo si intende ampliare la conoscenza e la fruibilità del servizio di conversione di coordinate del Geoportale Nazionale già descritto nel precedente numero di GEOmedia, dando una dettagliata descrizione degli algoritmi impiegati e delle metodologie di trasformazione ricomprese all'interno del servizio stesso.

Con riferimento all'articolo "Interoperabilità dei dati territoriali: il GN si dota di un nuovo servizio per la trasformazione di coordinate per l'intero territorio italiano" pubblicato su GEOmedia 5 2012 con il titolo: Geoportale Nazionale – Varato servizio free di trasformazione coordinate, in cui venivano descritte le funzionalità di trasformazione implementate all'interno del Geoportale Nazionale, in allineamento alla Direttiva Europea INSPIRE (2007/2/EC), si riporta una dettagliata descrizione degli algoritmi impiegati e delle metodologie di trasformazione ricomprese all'interno del servizio stesso.

Metodologie di conversione e trasformazione

Per comprendere gli aspetti tecnici è necessario effettuare una distinzione tra i termini CONVERSIONE e TRASFORMAZIONE di coordinate:

- CONVERSIONE: passaggio tra due sistemi di riferimento all'interno dello stesso datum;
- TRASFORMAZIONE: cambiamento di sistema di riferimento in presenza di datum differenti.

Le conversioni nello strumento "Conversione di Coordinate" del GN sono realizzate attraverso l'applicazione di equazioni che calcolano la trasformazione diretta da coordinate proiettate a geografiche ed inversa da geografiche a proiettate, mentre le trasformazioni utilizzano algoritmi basati o sui grigliati IGM oppure applicando il metodo dei sette parametri Bursa-Wolf.

Nella trasformazione la scelta dell'algoritmo da utilizzare avviene automaticamente e si basa sulla presenza o meno dei grigliati nel punto oggetto di trasformazione: si utilizzano i grigliati per le coordinate ricadenti nell'area coperta dai grigliati stessi, mentre il metodo Bursa-Wolf per le coordinate esterne all'area.

Le trasformazioni che presentano contemporaneamente coordinate interne ed esterne all'area dei grigliati possono essere soggette a discontinuità geometriche causate dalla diversità degli algoritmi applicati.

Conversione di coordinate all'interno dello stesso datum

La conversione di coordinate aventi lo stesso datum (ad esempio il passaggio dal sistema ETRS89 Fuso 32 a ETRS89 Fuso 33) è effettuata con operazioni geometrico-matematiche che non causano perdite di precisione nel risultato finale se non per gli arrotondamenti di calcolo (a livello millimetrico).

Metodo Bursa-Wolf

Il metodo Bursa-Wolf utilizza una trasformazione a sette parametri applicata alle coordinate geocentriche:

$$\begin{pmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{pmatrix} = M * \begin{pmatrix} 1 & -R_x & +R_y \\ +R_x & 1 & -R_z \\ -R_y & +R_z & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{pmatrix}$$

dove:

- X_T, Y_T, Z_T rappresentano le coordinate geocentriche del punto nel sistema di riferimento finale;
- X_S, Y_S, Z_S rappresentano le coordinate geocentriche del punto nel sistema di riferimento iniziale;
- dX, dY, dZ rappresentano i fattori di traslazione tra i centri dei due ellissoidi;
- R_x, R_y, R_z rappresentano i parametri di rotazione dal sistema di partenza a quello di arrivo in funzione delle tre rotazioni intorno agli assi;
- M è il fattore di scala, che tiene conto delle differenze di scala che caratterizzano due diversi datum. $M=(1 + dS \cdot 10)^6$, dove dS è il fattore di scala espresso in parti per milione. (OGP, 2012 e Guarnieri, 2013).

Grigliati

Il metodo di trasformazione con i grigliati dell'IGM si basa su matrici di punti che contengono le differenze di latitudine e longitudine fra i vari sistemi di riferimento per tutto il territorio nazionale, e senza discontinuità (Cartlab3).

Tramite i grigliati si possono eseguire trasformazioni fra i sistemi ROMA40, ED50, ed ETRS89/WGS84 in tutte le possibili combinazioni ottenendo i valori necessari per mezzo di una interpolazione bilineare eseguita fra i valori della griglia (Ronci, 2007).

Descrizione generale

Un grigliato può essere suddiviso in tre parti: una contenente le correzioni di latitudine e longitudine per il passaggio da ED50 a Roma40, una contenente le correzioni di latitudine e longitudine per la trasformazione da Roma40 a WGS84/ETRF89 e l'ultima parte che contiene i valori georeferenziati in coordinate WGS84/ETRF89 per il calcolo dell'ondulazione.

I dati sono organizzati in griglie 6x6 a maglia quasi quadrata che si estende anche fuori dai confini nazionali.

I grigliati consentono oltre alla trasformazione delle coordinate planimetriche, anche la trasformazione di altezze ellissoidiche in quote ortometriche (Barzagni et al., 2007).

Versione e nuovo sistema di riferimento ETRF2000

Il 10 novembre 2011 è stato ufficializzato con DPCM il nuovo sistema di riferimento denominato ETRF2000 (2008.0) «In realtà non si tratta di un vero cambio di Sistema ma un cambio di realizzazione nell'ambito dello stesso Sistema: da ETRF89 e ETRF2000...» (Carlucci et al., 2012).

I grigliati IGM più recenti, in formato GK contengono, in aggiunta ai parametri riportati nel paragrafo Descrizione generale 0, le correzioni per il passaggio dalla realizzazione ETRF89 alla realizzazione ETRF2000.

Rispetto ai grigliati in formato .GR (.GR1 e .GR2) planimetricamente contengono due settori in più ($\Delta\phi$, $\Delta\lambda$) per passare dalla realizzazione ETRF89 a ETRF2000 ed altimetricamente contengono un settore in più (Δh) per passare da quote ellissoidiche ETRF89 a quote ellissoidiche ETRF2000 (Masevoli, 2009).

Algoritmi applicati

Tutti i grigliati distribuiti dall'IGM (gr1 .gr2, .gk1, .gk2 e .gk3) hanno la stessa organizzazione dei dati: per ogni trasformazione sono riportati 36 valori di correzione per la latitudine e 36 valori per la longitudine. Per ogni blocco di correzione i dati sono organizzati in griglie 6x6 in modo che il primo dei 36 record abbia come coordinate di riferimento quelle del grigliato e gli altri valori di scostamento siano disposti di seguito per formare i nodi della griglia con passo 7.50' in longitudine e 5' in latitudine. La disposizione delle correzioni all'interno della griglia procede per righe: da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto.

"ED50-ROMA40"		2002"	
1	6.05905	} Correzioni latitudine	
2	6.05303		
3	6.04568		
4	6.03816		
5	6.03188		
...	...		
35	6.01865	} Correzioni longitudine	
36	6.01732		
1	2.50263		
2	2.50081		
3	2.50559		
4	2.51556		
5	2.52993		
...	...		
35	2.56254		
36	2.57697		

Fig. 2 - Struttura dati di un grigliato IGM per la trasformazione Roma40-ED50.

...	...	...	...	2.56254	2.57697
...
...
2.50263	2.50081	2.50559	2.51556	2.52993	...

Fig. 3 - Visualizzazione in tabelle delle griglie 6x6 della latitudine (in alto) e della longitudine (in basso) con la disposizione degli scostamenti per un grigliato IGM. Le coordinate riportate nel file del grigliato fanno riferimento all'angolo in basso a sinistra della griglia 6x6.

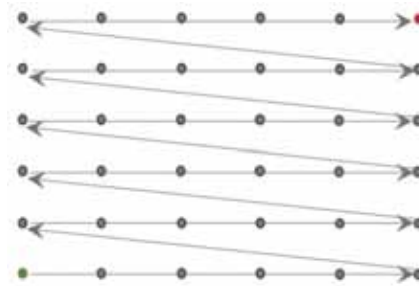


Fig. 4 - Progressione dei dati in un grigliato IGM. Tra grigliati adiacenti è presente la sovrapposizione delle ultime 3 o 4 colonne (in alcuni casi tale numero cala a 2) lungo la longitudine e delle ultime 3 righe lungo la latitudine come rappresentato in Figura 4 (Ronci, 2007).

...	...	...	...	0.76195	-0.73937	-0.71777
...	...	...	...	0.77504	-0.75288	-0.73132
...	...	...	...	0.78282	-0.76091	-0.73972
0.85403	-0.83139	-0.80951	0.78717	0.76519	0.74406	...
0.85874	-0.83539	-0.81319	0.79001	0.76752	0.74608	...
0.86474	-0.84193	-0.81777	0.79311	0.76974	0.74798	...
...

Fig. 5 - Sovrapposizione di correzioni di longitudine tra grigliati adiacenti. La stessa disposizione è presente nelle correzioni di latitudine.

Dalla mosaicatura delle griglie si ottengono un grigliato per la latitudine ed uno per la longitudine che avranno tra loro lo stesso numero di righe e di colonne ma righe e colonne dipenderanno dal numero di grigliati IGM di partenza e dalla loro posizione nello spazio.

Gli scostamenti per un punto qualsiasi ricadente all'interno del grigliato sono ricavati mediante interpolazione bilineare dagli scostamenti dei quattro nodi più vicini al punto stesso.

La Figura 5 mostra come le informazioni delle correzioni di trasformazione, disposte in una griglia, possono essere utilizzate per determinare i parametri di correzione al punto p. I fattori di correzione sono calcolati a partire dai valori presenti ai quattro nodi della griglia (A, B, C e D).

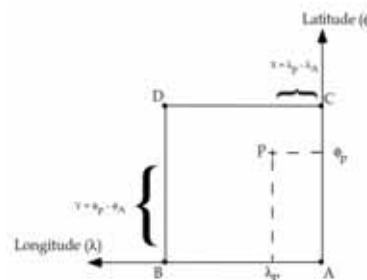


Fig. 6 - Interpolazione bilineare (Mitchell & Collier, 2000).

L'equazione per calcolare la correzione in latitudine nel punto p è:

$$\delta\phi_p = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY$$

dove:

$$a_0 = \delta\phi_A$$

$$a_1 = \delta\phi_B - \delta\phi_A$$

$$a_2 = \delta\phi_D - \delta\phi_A$$

$$a_3 = \delta\phi_C + \delta\phi_C - \delta\phi_B - \delta\phi_D$$

$\delta\phi_A$, $\delta\phi_B$, $\delta\phi_C$ e $\delta\phi_D$ sono le correzioni di latitudine dai punti A al D.

Per calcolare il valore di correzione per la longitudine nel punto p ($\delta\lambda_p$) i termini $\delta\phi$ devono essere sostituiti con il corrispondente $\delta\lambda$ della griglia.

Per trasformazioni che interessano il sistema di riferimento ETRS89 alla nuova realizzazione ETRF2000 si eseguono due trasformazioni: una dal sistema di riferimento di input al sistema ETRS89 con realizzazione ETRF89 e sulle coordinate ottenute viene eseguita una nuova trasformazione dalla realizzazione ETRF89 alla ETRF2000, per entrambe le trasformazioni si applicano i metodi sopra descritti.

I grigliati IGM hanno un intorno di circa 10 km da ciascuno dei vertici IGM95 e sono corrispondenti alla superficie di ciascuno dei fogli della carta d'Italia alla scala 1:50000.

Per verificare se la coordinata o il file ricade nell'area coperta dai grigliati è possibile controllare nel sito http://www.igmi.org/prodotti/cartografia/carte_topografiche/quadro_25_50/index.html (Guarnieri A., 2013).

Formato file input/output

Con lo strumento "Conversione di Coordinate" è possibile convertire e trasformare singoli punti o liste di punti digitandoli direttamente nell'apposito form della pagina, oppure file contenenti dati vettoriali e raster.

Attualmente i formati dati supportati sono i seguenti:

- File vettoriali: Shapefile (.shp, .shx, .dbf);
- File raster grid: ESRI Ascii Grid (.asc), ESRI Floating Point Grid (.flt), .file di testo con lista di coordinate xyz;
- File raster immagine: TIFF (.tif con world file .tfw), JPG (.jpg con world file .jgw).

Le immagini GeoTIFF non sono supportate, ma sono trattate come normali immagini TIFF e pertanto devono essere accompagnate dal loro world file, analogamente alle altre immagini raster.

I file di output inviati tramite mail all'utente hanno lo stesso formato dei file di input.

Abstract

With the present article is intended to broaden the knowledge and availability of the service to coordinate conversion of the National Geoportal already described in the previous issue of GEOmedia, giving a detailed description of the algorithms used and methods of transformation included within the service.

Autori

COSTABILE SALVATORE
COSTABILE.SALVATORE@MINIAMBIENTE.IT

MARTINI STEFANO
MARTINI.STEFANO@MINIAMBIENTE.IT

PETRIGLIA LAURA
LAURA.PETRIGLIA@GMAIL.COM

CORRARELLO GIUSEPPE
G.CORRARELLO@GMAIL.COM

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

AGOSTINO AVANZI
INFO@BETASTUDIO.IT

Conclusioni

Il Servizio di Trasformazione di Coordinate è stato realizzato nell'ambito del Progetto MIADRA (Fornitura di Dati, Sistemi e Servizi per il Monitoraggio dell'Impatto Ambientale Dovuto a Reati Ambientali), finanziato con i Fondi PON "Sicurezza per lo sviluppo – Obiettivo Convergenza 2007-2013" e reso disponibile alle ARPA delle 4 Regioni CONV Calabria, Campania, Puglia e Sicilia e al SITA del Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente.

Successivamente il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha ritenuto opportuno pubblicare e pertanto rendere disponibile, senza alcun onere aggiuntivo per l'Amministrazione, in linea con quanto previsto dal Codice dell'Amministrazione digitale nel D.L. 82 del 7 marzo 2005, lo stesso servizio sul Geoportale Nazionale, fornendo così la possibilità a chiunque, a titolo completamente gratuito, di operare la trasformazione di coordinate a partire dai dati in proprio possesso.

Inoltre, occorre evidenziare che il Servizio di Trasformazione viene erogato nel rispetto della normativa INSPIRE e facendo uso dei grigliati che l'IGM ha reso disponibili al Geoportale stesso.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Istituto Geografico Militare per la fattiva collaborazione resa alla realizzazione di quanto richiesto dalla normativa vigente.

Bibliografia

- Barzagni R., Carrion D, Testaverde A., Tomatore V. (2007). Trasformazioni di Datum per applicazioni cartografiche: aspetti teorici e pratici. Bollettino A.I.C 129-130-131: 101-113.
- Carlucci R, Maseroli R., Petrosino G. (2012). L'adozione del nuovo sistema di riferimento geodetico italiano. Geomedia 2: 6-10.
- Collier P. (2002). Development of Australia's National GDA94 Transformation grids. Department of geomatics – The University of Melbourne. <http://www.icsm.gov.au/gda/natgrids.pdf>
- Guarnieri A. (2013). Slide del corso intensivo GPS: impiego della tecnologia GPS nel rilievo del territorio. Centro interdipartimentale di fotogrammetria, Telerilevamento e Sistemi Informativi Territoriali dell'Università di Padova. 20-22 febbraio 2013.
- Junkins D.R., Farley S.A. (1995). NTV2 National Transformation Version2. Developer's Guide. <ftp://ftp.gouv.nc/sig/ESRI/ntv2/NTV2DeveloperGuide.pdf>.
- Manuale Cartlab 3.
- Mitchell D.J., Collier P.A. (2000). GDAit (GDA94 InTerpolation) software documentation. Version2.0. http://www.dse.vic.gov.au/_data/assets/pdf_file/0014/104450/GDAit_Software_Doc_V206.pdf
- OGP – International Association of Oil & Gas Producers (2012). Coordinate Conversions and Transformations including Formulas. Geomatics Guidance Note number 7, part 2: 120-121. <http://www.epsg.org/>.
- Maseroli R (2009). La rete dinamica nazionale: integrazione dei servizi e delle reti a livello nazionale. <http://www2.ogs.trieste.it/gps-rtk/documenti/Presentazioni%202009/Maseroli.pdf>.
- Ronci E. (2007). Tesi di dottorato: Dallo statico al network RTK: l'evoluzione del rilievo satellitare. Alma Mater Studiorum – Università di Bologna. Ciclo XIX.
- Sferlazza E., Falciano A. (2009) Trasformazione della cartografia catastale mediante grigliati NTV2. Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA. 1-4 dicembre 2009.
- Sferlazza E, Bellini E. Conversione di coordinate con grigliati NTV2 – un'applicazione per il territorio siciliano. <http://www.provincia.agrigento.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/309>

Parole chiave

GEOPORTALE NAZIONALE; SISTEMI DI RIFERIMENTO; METODOLOGIE DI TRASFORMAZIONE E CONVERSIONE COORDINATE

