

METODI E MODELLI DI TRASFORMAZIONE DI COORDINATE E DI DATUM PER IL TERRITORIO NAZIONALE

Valerio Baiocchi*, Ulisse Fabiani*, Marco Mezzapesa**, Piera Saburri***

*DITS – Area di Geodesia e Geomatica – Università degli Studi “La Sapienza” Via Eudossiana, 18 - 00184 Roma Tel: +390644585097, Fax: +390644585515, e-mail: valerio.baiocchi@uniroma1.it, ulisse.fabiani@uniroma1.it

** Libero professionista, Via di Boccea 276, 00167 Roma, marcomezzapesa@libero.it

*** Georesearch S.r.l., Via G.B. Gandino, 8 - 00167 Roma, info@georesearch.it

Riassunto

Il lavoro illustra le principali strategie adottate per le trasformazioni di datum dai software commerciali focalizzandosi poi sulle principali caratteristiche di un nuovo *software* sviluppato per gestire le trasformazioni tra i sistemi geodetici (datum) ed i corrispondenti sistemi cartografici più utilizzati in ambito nazionale, Roma1940 (Gauss-Boaga), ED1950 (UTM-ED1950) e WGS84-ETRF89 (UTM-WGS84-ETRF89) a scala medio-grande. Il *software* permette inoltre la trasformazione delle quote utilizzando i dati relativi al modello di ondulazione del geoide Italgeo95 eventualmente calibrandolo. Inoltre il *software* si pone anche come il primo, in ambito nazionale, capace di trasformare direttamente da un datum all'altro i principali formati di file GIS (DXF, SHP, MIF(MapInfo)), oltre a file puntuali di testo (TXT) e in formato Microsoft Office Excel (XLS).

Abstract

This paper illustrates the principal features of a *software* devoted to numerical cartography vector files (SHP and DXF) datum transformation between Italian coordinate systems Roma1940 (Gauss-Boaga), ED1950 (UTM-ED1950) e WGS84-ETRF89 (UTM-WGS84-ETRF89). The software allows the transformation of the heights using the data related to the model of undulation Italgeo95 eventually calibrating it. Besides the software is the first one, able to directly transform from the italian datum to the other the principals format of file GIS and CAD (DXF, SHP, MIF(MapInfo)), besides punctual file of text (TXT) and in Microsoft Office Excel (XLS) format.

Introduzione

Lo sviluppo di nuove tecnologie (GPS) per il rilievo in ambito topografico, la richiesta di sempre maggiori precisioni ed accuratezze nella misura di dati territoriali e cartografici e la possibilità di gestire, integrare e confrontare grandi quantità di dati rilevati anche a distanza di anni unite alla diffusione di un Datum globale, pur nelle sue varie materializzazioni, hanno evidenziato la necessità di studiare e sviluppare algoritmi il più possibile accurati per la trasformazione di dati e cartografie nati nel sistema di riferimento nazionale (Roma 1940, sistema cartografico Gauss-Boaga) e in quello europeo (ED50, sistema cartografico UTM).

La necessità di operare trasformazioni tra datum in Italia nasce, perciò, dall'esigenza di uniformare la cartografia nazionale e di recuperare l'enorme mole di dati cartografici esistenti, la cui trasformazione in WGS84 permetterebbe, all'interno di sistemi informativi territoriali, di gestire, integrare e confrontare i dati convertiti tra loro e con tutti gli altri dati già georeferenziati sulla base di rilievi GPS. Da ultimo, i dati recuperati possono anche costituire la base cartografica di alcuni SIT.

Gli algoritmi utilizzati per compiere le procedure di trasformazione tra datum diversi sono attualmente implementati in tutti i *software* GIS commerciali con precisioni diverse a seconda del prodotto scelto e delle zone in cui si effettua la trasformazione. In Italia, in particolare, l'utilizzo dei soli *software* GIS commerciali per la trasformazione di coordinate non garantisce in generale precisioni comparabili con le tolleranze di cartografie a scala medio-grande e grande (scale maggiori di 1:10000). Questo ha portato allo sviluppo di molteplici *software* dedicati alla conversione dati per il solo territorio italiano.

L'accuratezza non sempre ottimale delle trasformazioni tra datum dei *software* GIS nasce il più delle volte dal fatto che, fino a pochi anni fa, la gran parte di queste erano basate sull'utilizzo di parametri forniti dal NGA (*National Geospatial Intelligence Agency*, già NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*) – <http://earth-info.nga.mil/GandG/>), che per l'Italia erano calcolati, per interessi militari, solo in alcune regioni particolari (Sicilia e Sardegna).

Per questo, operando trasformazioni di datum in altre zone, si ottenevano risultati molto poco accurati. Negli ultimi 2 -3 anni anche il panorama dei *software* GIS si è differenziato, in quanto nelle trasformazioni di datum si è iniziato a ricorrere a *database* specifici: vere e proprie “raccolte” di parametri di trasformazioni nelle quali è possibile trovare anche 10 o più trasformazioni dallo stesso datum locale a WGS84 che sono tuttavia profondamente diverse per precisione e zona di applicazione; è da precisare, inoltre, che tali *database*, nati per scopi diversi, sono stati poi utilizzati anche dalle *software-house* GIS.

In questo panorama variegato e *in fieri*, si inserisce lo sviluppo di un *software* che partendo da routine scientifiche sviluppate presso l'Area di Geodesia e Geomatica dell'Università “La Sapienza” di Roma, dedicato alle conversioni per il solo territorio italiano, permetterà a tutti gli utenti di poter svolgere trasformazioni anche complesse con precisioni elevate.

Gli standard

A livello mondiale si vanno ormai delineando commissioni pubbliche ed organizzazioni private che cercano di definire terminologie e criteri per passare da un datum locale al WGS84, in modo tale che le *software-house* che lavorano per realizzare software di conversione tra datum e software GIS, possano avere alcuni standard cui riferirsi. Gli standard a livello internazionale per le trasformazioni di coordinate e più in generale per le definizioni di termini quali *datum*, *coordinate reference system* etc. sono definiti dall'ISO (International Organization for Standardization- www.iso.org) e dall'OGC (Open Geospatial Consortium- www.opengeospatial.org).

In particolare, la definizione dello standard ISO/TC211 nata dalla collaborazione di molti enti internazionali, tra cui l'OGC (*OpenGIS Consortium* -www.ogc.org), il FIG, l'ICA, le agenzie dell'ONU ed altri enti specifici del settore. Il suo scopo è quello di stabilire un insieme strutturato di standard riguardanti oggetti o fenomeni che sono direttamente o indirettamente associati al posizionamento di punti sulla terra.

Questi standard specificano i metodi e gli strumenti per la gestione dei dati geografici (incluse descrizioni e definizioni) ed anche per l'acquisizione, l'analisi, l'accesso e il trasferimento di dati in forma elettronica-digitale tra diversi utenti e sistemi. Quindi l'ISO/TC211 dovrebbe fornire, dove è possibile, appropriati standard alle informazioni tecnologiche e fungere da punto di riferimento per lo sviluppo futuro delle applicazioni specifiche del settore.

La continua collaborazione tra *software-house* e queste organizzazioni ha portato quindi alla redazione di più di uno standard nel campo delle informazioni geografiche digitali e della geomatica in generale (ISO 19115: Metadata, ISO 19125: Simple Feature Access - Parts 1 & 2, ISO 19139: Metadata XML Schema Implementation, ISO 19115-2: Metadata - Extension for imagery, ISO 19111: Spatial referencing by coordinates). Esistono diversi progetti (e conseguenti normative) che si occupano di standard digitali geografici all'interno della commissione 211. Tra questi l'ISO 19111/2003 è lo standard internazionale, per i sistemi di riferimento spaziali di coordinate; esso descrive lo schema concettuale e i minimi dati richiesti per definire un sistema di riferimento a uno,

due o tre dimensioni; descrive anche i parametri e i metodi per la trasformazione di Datum (www.iso.ch/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=2601&ICS1=35). Sebbene l'ISO 19111/2003 sia applicata ai dati geografici digitali, i suoi principi possono essere estesi a molti altri tipi di dati geografici come tavolette, carte e documenti vari.

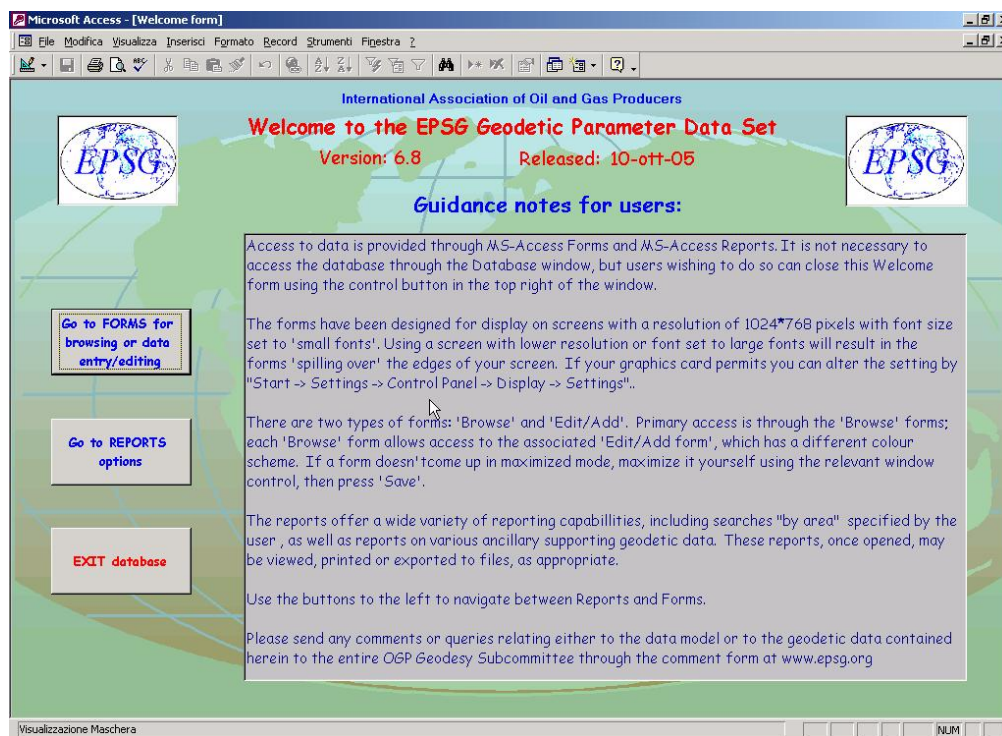


Figura 1 - Database fornito gratuitamente dalla EPSG

All'interno della commissione ISOTC211 sono anche presenti dei membri della OGP (*Surveying and Positioning Committee*). Questa organizzazione è stata fondata nel 2005 dalla fusione della OGP (*International Association of Oil & Gas Producers*) e della EPSG (*European Petroleum Survey Group*) che a sua volta era nata nel 1986 ed è formata da esperti che lavorano nel campo del telerilevamento, della geodesia, della cartografia e della gestione di dati geografici. Gli obiettivi della OGP sono:

Per raggiungere tali obiettivi, attraverso un'apposita sottocommissione formata da esperti geodeti e in collaborazione col POSC (*Petrolchemical Open Source Corporation*- www.POSC.org), mantiene e pubblica un *archivio informatico* accessibile a tutti in cui vengono raccolti i parametri dei vari sistemi di coordinate e quelli necessari alla loro trasformazione.

Il dataset è distribuito tramite un database in formato Microsoft Office Access scaricabile dal sito www.epsg.org. Il database è, ad esempio, totalmente utilizzato dalla ESRI. Tutte le conversioni di datum e i sistemi di riferimento sono definiti dentro ArcGis sulla base di quanto indicato in questo database.

Il software Geotrasformer

Il software Geotrasformer applica le routine già sviluppate a livello scientifico presso L'Area di geodesia e Geomatica, dell'Università La Sapienza, in un ambiente *Visual* più intuitivo per l'utente. Le trasformazioni cartografiche e geografiche tra i vari Datum, ad una prima analisi, presentano un'accuratezza media superiore a 50 cm. rispetto a Verto (prodotto ufficiale dell'IGM) che deve comunque essere considerato come il riferimento ufficiale in quanto realizzato dall'ente cartografico nazionale ufficiale. Ulteriori e più diffuse indagini sono in corso sul pacchetto Geotrasformer per valicarne accuratezza e affidabilità. Le correzioni per il passaggio da un datum ad un altro vengono calcolate mediante interpolazione su una griglia delle correzioni ottenuta in

prima battuta tramite vettorializzazione semiautomatica delle isotransitive Roma1940-Ed1950 e Roma1940-WGS84 pubblicate in due articoli sul Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, tali dati sono poi stati ulteriormente raffinati ove necessario introducendo i dati ottenuti durante una serie di campagne GPS. Per quanto riguarda la conversione delle quote il software utilizza l'ITALGEO95, disponibile gratuitamente, e offre la possibilità di calibrarlo localmente ottenendo precisioni intorno ai 20 cm.

Il software Geotrasformer permette di convertire punti singoli, file (in diversi formati), file vettoriali (SHP, DXF, MIF/TAB) e raster (TIFF, DEM).

Le conversioni di ogni tipo di dato viene gestita in un pannello apposito con funzionamento analogo.

Il tool prevede una gestione di file di progetto nei quali vengono memorizzate le impostazioni di ogni pannello di conversione; tali impostazioni possono ricaricate ad ogni apertura successiva del file di progetto.

La conversione di punti singoli permette di trasformare un singolo punto in uno qualsiasi dei sistemi di riferimento presenti nel tool. Nel caso di Datum geografico è previsto l'inserimento di coordinate in vari formati (sessadecimale, sessagesimale, etc.).

Nel caso di coordinate di input in WGS84 è possibile eseguire la conversione della quota (da ellissoidica a ortometrica) tramite le informazioni provenienti dal modello ITALGEO95 presente nel tool. Nel caso siano presenti dei file di calibrazione (la cui funzione viene illustrata di seguito), questi possono essere utilizzati nella conversione della quota calibrando localmente al punto da convertire il modello del geoide utilizzato.

Per quanto riguarda i file di punti, il tool permette di importare file in diversi formati (.xls, .csv, .txt, etc...). Il formato del singolo record deve essere organizzato secondo modalità che vanno definite caso per caso (ad es.: identificativo, coordinata Est, coordinata Nord, quota).

E' possibile convertire file vettoriali (singolarmente o in selezione multipla) quali SHP, DXF, MIF/TAB. I file raster gestiti nel tool sono i TIFF (mediante la conversione del TFW associato) e i DEM di ESRI in formato ASCII (estensione .ASC e .GRD).

Sia nel caso dei DEM in formato ASCII di ESRI che nel caso dei raster di tipo ".TIF -.TFW" l'operazione che viene compiuta è una semplice rotazione poiché altrimenti i files dovrebbero essere ricampionati. Entrambi i formati di file, che sono comunque dei file "griglia", hanno la caratteristica comune di essere georiferiti mediante le coordinate di un vertice del file stesso che vengono riportati in ASCII o nell'header del file stesso (caso dei DEM ASCII) o in un file a se stante che permette la georeferenziazione del file contenente i dati (caso del .TIF/.TFW, le informazioni sono contenute all'interno del .TFW). La strategia per calcolare la traslazione più efficiente prevede di calcolare dapprima le coordinate di tutti e quattro i vertici della griglia nel sistema di riferimento originale, successivamente si calcolano le traslazioni in Nord ed Est verso il sistema di sistema di destinazione. Delle otto traslazioni (quattro per le Nord e quattro per le Est) vengono calcolati i due valori medi per le Est e per le Nord, il massimo in valore assoluto di questi due valori viene preso come errore dovuto alla traslazione, il quale sommato al valore medio dell'errore dovuto al cambiamento di Datum dà l'errore stimato per tutta la trasformazione. C'è da notare che si sta considerando l'errore massimo possibile nel caso in cui l'errore dovuto alla traslazione e l'errore dovuto alla trasformazione di Datum si dovessero sommare. Dal valore dell'errore totale viene calcolata la scala massima per cui la trasformazione è sicuramente adatta considerando un errore di graficismo di 0.2 mm ed una tolleranza fino a 0.4 mm. Tutte queste informazioni vengono fornite all'utente prima di effettuare la trasformazione in modo che abbia la possibilità di valutare se la trasformazione è compatibile con la scala a cui intende lavorare. Da alcune prove effettuate sembrerebbe che l'errore aggiunto dalla traslazione sia trascurabile per griglie di dimensioni dei classici elementi cartografici, per mosaici della grandezza di province o regioni le operazioni debbono essere valutate caso per caso studiando le informazioni riportate nell'apposito menù.

GEOTRASFORMER - Conversione File SHP

File di Input: C:\In.shp

File di Output: C:\Out.shp

GAUSS_BOAGA Fusso Automatico

Tipo Coordinate: ☐ Geografiche ☒ Cartografiche

Datum: GAUSS_BOAGA

WGS84

Tipo Coordinate: ☒ Geografiche ☐ Cartografiche

Datum: WGS84

Conversione SHP: []

[Info] [OK] [Cancel]

GEOTRASFORMER - Conversione Punti

INPUT

Tipo Coordinate: ☒ Geografiche ☐ Cartografiche ☐ Cartesiane ellissocentriche

Datum: WGS84

OUTPUT

Tipo Coordinate: ☐ Geografiche ☒ Cartografiche ☐ Cartesiane ellissocentriche

Datum: UTM_ED50

Fuso: 33

☒ Abilita Trasformazione Quote [ITALGEO95] ☐ Utilizza File di Calibrazione

WGS84 - Formato Coordinate 42.45000000

Sessagesimale Latitudine: 42.0000000 Longitudine: 12.0000000 h[m]: 100.000

[Up/Down] [Reset]

UTM_ED50 Fusso 33

Nord[m]: 4654323.045 Est[m]: 251603.670 H[m]: 51.100

[Info] [OK] [Cancel]

Fig. 2 – Alcune delle opzioni attivabili nel software

Nel tool sono inoltre presenti alcune funzionalità di utilità quali:

- Importazione file di calibrazione;
- Calcolo di distanze geodetiche tra due punti;
- Conversione di formato di file di punti;
- Conversione diretta e inversa ASCII -> SHP.

L'importazione di file di calibrazione secondo un determinato standard permette di avere a disposizione dei file .cal utilizzabili nelle varie conversioni al fine di calibrare localmente al punto (o ai punti) da trasformare, il modello del geoide utilizzato.

Il tool permette di calcolare la distanza geodetica tra due punti nei diversi datum presenti sia per punti singoli sia per file di punti (compilati secondo un determinato standard).

Il tool permette infine di convertire il tipo di file e il formato del generico record di un file di punti di input.

Un'altra utilità molto interessante è quella che permette di estrarre un file di punti da un file SHP di qualunque tipo. E' possibile inoltre eseguire la procedura inversa cioè generare uno SHP a partire da un file di punti.

E' previsto, ma non ancora implementata la funzionalità che permetterà di importare le griglie IGM (sia planimetriche che altimetriche) utilizzate dentro Verto. Avendo la possibilità di calibrare l'ITALGEO99 presente dentro le griglie IGM si arriverebbe alle massime precisioni ottenibili in altimetria in ambito nazionale.

Conclusioni

Nel variegato campo delle trasformazioni di Datum in ambito nazionale, i software GIS danno delle risposte non sempre adeguate alle crescenti esigenze di precisione ed accuratezza. I migliori software per trasformazioni di coordinate e Datum in uso sul territorio nazionale sono, ovviamente, quelli realizzati in Italia, tra cui Verto realizzato dall'IGM. Il software di prossimo rilascio Geotrasformer, le cui prestazioni sono ancora in corso di studio, presenta delle precisioni adatte a cartografie a scala medio grande ed ha una serie di funzioni molto interessanti nel campo della topografia quali la calibrazione del geoide. Ulteriori indagini debbono comunque essere svolte sul software per testarne l'affidabilità

Riferimenti Bibliografici

Baiocchi V., Brovelli M.A. Crespi M., Negretti M., Rossi L. (2004), *"Trasformazione tra datum e sistemi cartografici in ambito nazionale: implementazione di un software in ambienti Windows e Grass"*. Atti convegno ASITA 2004, pp. 205-211.

Baiocchi V., Crespi M., Fabiani U., Macciachera P., Zatelli P. (2005), *"Implementazione di trasformazioni di datum in ambito nazionale nel software open-source GRASS: metodologie, problemi e sperimentazioni"*. Geomatics Workbooks n. 5 (<http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/>).

Crespi M., Fabiani T., Fabiani U., Floschia U. (2005), *"Trasformazione di datum e sistemi cartografici per file di cartografia numerica: la conversione della cartografia di Roma dal sistema GAUSS-BOAGA al sistema UTM-WGS84-ETRF89"*. Atti convegno ASITA 2005

Donatelli D. - Maseroli R. - Pierozzi M. (2002), *"Trasformazione tra i sistemi di riferimento utilizzati in Italia"*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini n. 4

Surace L. (1998), *"La georeferenziazione delle informazioni territoriali"*, Bollettino di Geodesia e Scienze Affini" n. 2