

## Trasformazione tra Sistemi di riferimento e GIS: quali precisioni?

Mattia De Agostino (\*,\*\*), Marzio Pipino (\*), Gian Bartolomeo Siletto (\*\*\*),  
Stefano Campus (\*\*\*)

(\*) CSI-Piemonte, Corso Unione Sovietica 216 - 10134 Torino  
e-mail: (mattia.deagostino, marzio.pipino)@csi.it

(\*\*) GESP srl, Lungo Dora Colletta 67 - 10153 Torino  
e-mail: deagostino@gesp.it

(\*\*\*) Regione Piemonte, Direzione Ambiente, Governo e Tutela del Territorio  
Settore Sistema Informativo Territoriale e Ambientale, Corso Bolzano 44 - 10121 Torino  
e-mail: (gianbartolomeo.siletto, stefano.campus)@regione.piemonte.it

### Riassunto

La gestione all'interno dei *software* GIS dei sistemi geodetici di riferimento e delle rispettive trasformazioni è spesso problematica, e può dare luogo a incomprensioni e a improprie modifiche dei dati geografici. Il presente articolo si propone di far chiarezza sull'impiego dei sistemi di riferimento italiani in ambito GIS, analizzando l'accuratezza ottenibile nella trasformazione tra di essi mediante modelli interpolativi approssimati, che in alcuni casi consentono la riproiezione dei geodati direttamente all'interno dell'ambiente GIS. L'analisi degli errori è stata valutata in termini sia di errore assoluto calcolato rispetto alla trasformazione ufficiale mediante grigliati IGM sia in termini di distribuzione spaziale degli errori su tutto il territorio nazionale.

### Abstract

The management of the Reference Systems and their transformations into GIS software is often problematic, and may lead to misunderstandings and improper modifications of geodata. This paper aims to explore the use of the Italian Reference Systems in GIS software, analyzing the accuracy achieved in the transformation by using approximate interpolative models, which in some cases allow the geodata reprojection directly within the GIS. The analysis was evaluated both in terms of absolute error calculated with respect to the transformation through official IGM grids and of spatial distribution of errors throughout the national territory.

### Introduzione: la gestione dei sistemi di riferimento nei GIS

Negli ultimi anni, i *software* GIS hanno avuto una diffusione capillare sia all'interno del mondo professionale sia in quello delle pubbliche amministrazioni. Tra le ragioni che hanno portato a questa diffusione vi è senza dubbio anche la praticità con cui questi *software* consentono di gestire ed elaborare dati di tipo geografico, sia raster che vettoriali, anche quando essi sono inquadrati in sistemi geodetici di riferimento differenti, come purtroppo spesso ancora accade quando ci si trova ad operare con dati provenienti da Enti e Pubbliche Amministrazioni differenti. Fatta questa premessa, risulta evidente come il corretto uso dei sistemi di riferimento e delle loro trasformazioni sia fondamentale, e consenta di evitare ad esempio errate georeferenziazioni dei dati e l'utilizzo di trasformazioni imprecise, con errori che possono raggiungere valori sensibili anche a scale di rappresentazione proprie delle cartografie tecniche non solo comunali, ma anche provinciali o regionali. In quest'ottica, l'Istituto Geografico Militare Italiano (IGM) ha di recente pubblicato una nota esplicativa sul corretto utilizzo dei sistemi geodetici di riferimento italiani all'interno dei *software* GIS (IGM 2014, Cima et al. 2014), con particolare attenzione alla loro definizione

all'interno della banca dati internazionale EPSG (*European Petroleum Survey Group*) *Geodetic Parameter Dataset*, utilizzata dalla maggior parte delle librerie e dei *software* GIS commerciali ed *open-source*. Nelle Tabelle 1 e 2 sono riassunti i principali codici EPSG dei sistemi di riferimento più utilizzati a livello nazionale, espressi rispettivamente nei sistemi di coordinate geografiche e cartografiche, mentre si rimanda alla già citata pubblicazione IGM, accessibile dal sito internet dell'Istituto insieme ai file PRJ di proiezione utilizzati dai *software* GIS, per un dettaglio completo sull'utilizzo dei diversi codici. Tali codici devono essere inseriti all'interno dei *software* GIS durante le fasi di caricamento dei dati, e verificati prima di procedere a qualsiasi operazione di riproiezione automatica dei dati.

Tabella 1 - Principali codici EPSG per i sistemi di riferimento nazionali (coordinate geografiche).

Sistema di riferimento	Sistema di coordinate	Codice EPSG	Nome EPSG
ETRF2000	Geografiche	6706	RDN2008
ETRF89 / ETRS89	Geografiche	4258	ETRS89
ED50	Geografiche	4230	ED50
ROMA40 (*)	Geografiche	4265	Monte Mario
ROMA40 (**)	Geografiche	4806	Monte Mario (Rome)
Note: (*) Longitudini espresse rispetto al meridiano fondamentale di Greenwich (**) Longitudini espresse rispetto al meridiano di Roma Monte Mario			

Tabella 2 - Principali codici EPSG per i sistemi di riferimento nazionali (coordinate cartografiche).

Sistema di riferimento	Sistema di coordinate	Codice EPSG	Nome EPSG
ETRF2000	UTM (fuso 32)	6707	RDN2008/TM32
ETRF2000	UTM (fuso 33)	6708	RDN2008/TM33
ETRF2000	UTM (fuso 34)	6709	RDN2008/TM34
ETRF89 / ETRS89	UTM (fuso 32)	25832	ETRS89/UTM zone 32N
ETRF89 / ETRS89	UTM (fuso 33)	25833	ETRS89/UTM zone 33N
ETRF89 / ETRS89	UTM (fuso 34)	25834	ETRS89/UTM zone 34N
ED50	UTM (fuso 32)	23032	ED50/UTM zone 32N
ED50	UTM (fuso 33)	23033	ED50/UTM zone 33N
ED50	UTM (fuso 34)	23034	ED50/UTM zone 34N
ROMA40	Gauss Boaga (fuso Ovest)	3003	Monte Mario / Italy zone 1
ROMA40	Gauss Boaga (fuso Est)	3004	Monte Mario / Italy zone 2

Si noti che alcuni *software* GIS, soprattutto di tipo commerciale, hanno negli anni scorsi utilizzato proprie definizioni dei sistemi di riferimento nazionali, e solo di recente hanno introdotto all'interno delle proprie basi dati le codifiche standard EPSG. Non essendo tuttavia possibile una trattazione esaustiva, data la varietà di *software* GIS in commercio, in questa sede si analizzeranno i sistemi di riferimento e le trasformazioni tra di essi così come definiti all'interno del già citato database EPSG, consigliando all'utente che si trovasse ad operare con differenti librerie di prestare particolare attenzione alle operazioni di georeferenziazione e di trasformazione dei dati geografici.

### Trasformazioni planimetriche tra Sistemi Geodetici di Riferimento

Le operazioni di analisi geospaziale di tipo GIS coinvolgono in genere dati spaziali provenienti da vari enti cartografici e spesso inquadrati in sistemi di riferimento differenti. I *software* GIS implementano al loro interno la possibilità di eseguire trasformazioni "al volo" tra i diversi sistemi di riferimento, rendendo di fatto immediata l'interoperabilità dei dati di tipo geografico. Queste trasformazioni tuttavia sono spesso basate su modelli interpolativi semplici, che possono dare luogo

ad accuratezze non uniformi su tutto il territorio nazionale. Merita quindi approfondire l'attuale stato dell'arte dei modelli di trasformazione tra i diversi sistemi di riferimento in uso in Italia, analizzando le possibilità offerte da *software* esterni, da servizi di conversione on-line, e dai metodi in uso all'interno della maggior parte dei *software* GIS, sia commerciali che *open-source*. Nel seguito sono elencati i metodi di trasformazione più diffusi a livello nazionale.

- Grigliati di trasformazione IGM (serie "GK"), prodotti dall'Istituto ed applicabili attraverso i *software* VERTO (di IGM) e ConveRgo (realizzato dall'Ing. Virgilio Cima grazie ad un progetto delle Regioni attraverso il CISIS-CPSG). L'utilizzo dei grigliati e la loro corretta applicazione rappresenta la trasformazione ufficiale realizzata dall'ente cartografico dello Stato. Le accuratezze della trasformazione planimetrica tra i sistemi di riferimento nazionali attraverso i grigliati sono di pochi centimetri su tutto il territorio nazionale (Baroni et al. 2009), mentre quelle altimetriche vengono compiute attraverso l'utilizzo dei modelli di geoidi nazionali ITALGEO 99 (file "GR1") e ITALGEO 2005 (file "GR2"), caratterizzati da scarti quadratici medi normalizzati di circa  $\pm 0.15$  m per ITALGEO99 e di circa  $\pm 0.04$  m per ITALGEO2005 (IGM 2009). Pertanto questa soluzione può essere considerata "di riferimento" per le trasformazioni alle comuni scale di rappresentazione cartografiche.
- Servizi di conversione on-line, quale ad esempio quello offerto dal Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente (Portale Cartografico Nazionale, PCN) o altri servizi di trasformazione implementati dai siti web di diverse Regioni. In genere questi servizi implementano gratuitamente, in seguito alla registrazione dell'utente o all'accettazione delle licenze del relativo geoportale, le trasformazioni attraverso i grigliati IGM (Costabile et al. 2012), ma consentono la sola trasformazione delle sole coordinate planimetriche tra i diversi sistemi di riferimento nazionali.
- Grigliati di trasformazione NTV2 (National Transformation v2), da utilizzarsi direttamente all'interno di molti *software* GIS e CAD. Si tratta di un formato molto utilizzato a livello internazionale per effettuare il passaggio tra i diversi sistemi geodetici di riferimento (locali e continentali). Molti enti cartografici (tra cui, ad esempio, gli uffici geodetici di Canada, Francia, Germania, Portogallo, Regno Unito, Spagna e Svizzera) rendono disponibili gratuitamente agli utenti i grigliati di conversione dai sistemi nazionali ai sistemi globali, e spesso questi grigliati vengono inclusi direttamente in fase di installazione all'interno dei *software* GIS, e le trasformazioni con essi sono codificate all'interno della base dati EPSG. Dal 2012 anche l'IGM ha implementato la diffusione dei grigliati di trasformazione nel formato NTV2, consentendo quindi di ottenere una trasformazione ufficiale tra i diversi Sistemi anche all'interno del *software* GIS. Essendo il formato NTV2 ben documentato, parallelamente ai grigliati venduti da IGM sono stati messi in rete, anche gratuitamente su licenze *open-source*, grigliati ottenuti utilizzando modelli interpolativi nazionali o globali, e realizzati partendo da punti noti in due sistemi di riferimento differenti (es. Sferlazza 2014).
- Modelli interpolativi nazionali, inclusi in alcuni *software* free realizzati ad esempio col supporto del CISIS (modello CARLAB2, sviluppato dall'Ing. Cima e incluso all'interno del già citato *software* ConveRgo) o del Ministero dell'Ambiente (Tras punto v. 3.2). In genere, questi modelli basano la trasformazione sull'interpolazione lineare o bilineare all'interno di una maglia più o meno regolare di punti noti nei vari sistemi di coordinate, e hanno un'area di validità limitata al territorio nazionale o eventualmente a porzioni ridotte di territorio oltre il confine. L'utilizzo di questi modelli interpolativi garantisce una precisione nominale metrica su tutto il territorio nazionale, sebbene in alcune zone sia possibile ottenere accuratezze migliori (Baiocchi et al., 2008).
- Modelli interpolativi globali, contenuti ad esempio all'interno del già citato database dell'EPSG. Questi modelli utilizzano trasformazioni di Helmert a 3 o 7 parametri (rispettivamente, semplici traslazioni spaziali o rototraslazioni con variazione isotropa della scala) per macro-aree, che spesso comprendono molte nazioni. Sebbene si tratti dei modelli interpolativi più approssimati, questi risultano essere anche i più utilizzati in ambito GIS, in quanto sono già implementati

all'interno del *software* o disponibili attraverso il collegamento a librerie dedicate (es. PROJ), e consentono una vera riproiezione “al volo” dei dati, senza quindi avere la necessità di dover convertire fisicamente i propri geodati in un altro Sistema.

Nel seguito verranno analizzate le accuratèzze raggiungibili attraverso i modelli interpolativi nazionali e globali sopra presentati, utilizzando come riferimento per il confronto la soluzione ufficiale realizzata dall'ente cartografico nazionale (grigliati “GK”). Per questa ragione, sono stati tralasciati i servizi di conversione forniti dai geoportali nazionali (ad esempio, il già citato PCN del Ministero dell'Ambiente) e regionali (ad esempio, quello di Regione Sardegna) basati sui grigliati IGM o che utilizzano le griglie NTV2 sempre vendute da IGM, in quanto forniscono soluzioni del tutto identiche rispetto a quella di riferimento. Non sono inoltre stati considerati i metodi di trasformazione attraverso altre griglie NTV2 diffuse in ambito nazionale (per esempio, quelle rilasciate sotto licenza CC-BY da Globo srl<sup>1</sup>) in quanto ottenute utilizzando gli stessi modelli interpolativi nazionali già considerati nell'analisi (nel caso sopra citato, il modello contenuto all'interno del *software* Traspunto), e che peraltro fornirebbero risultati al più identici a quelli del modello interpolativo stesso.

**Analisi sulle trasformazioni**

Allo scopo di valutare l'effettiva precisione delle trasformazioni sopra presentate, si è generato un data set di prova, costituito da 5000 punti distribuiti in maniera casuale su tutto il territorio nazionale, nel sistema di riferimento ETRF2000 UTM 32N. I punti così ottenuti sono stati convertiti negli altri Sistemi di riferimento nazionali utilizzando dapprima i grigliati di trasformazione IGM all'interno del *software* ConveRgo (“dataset di riferimento”), e successivamente utilizzando tutti gli strumenti sopra riportati che non comportassero l'utilizzo dei grigliati, ovvero i modelli interpolativi nazionali contenuti all'interno del *software* ConveRgo (dataset “Cartlab”) e Traspunto (dataset “Traspunto”) ed il modello interpolativo globale definito nel database EPSG, utilizzabile attraverso la libreria PROJ.4 inclusa dentro al *software* QGIS (dataset “EPSG”). La figura seguente schematizza le operazioni effettuate durante i confronti, ed i vari dataset ottenuti.

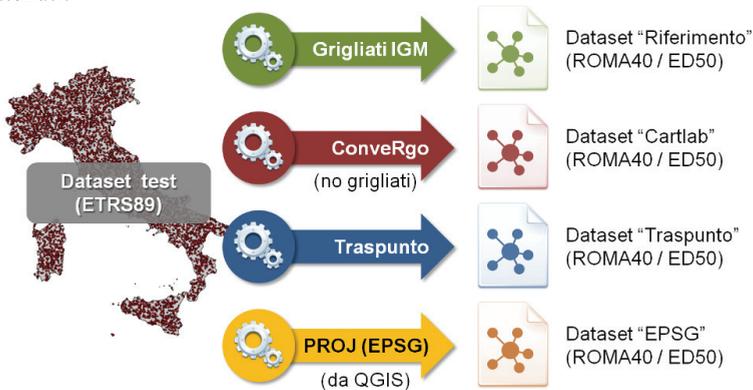


Figura 1 - Schema delle conversioni effettuate.

Si noti che nelle trasformazioni mediante i modelli interpolativi nazionali e globali, la materializzazione ETRF2000 è stata assimilata alla precedente ETRF89 per la quale tali modelli erano stati calcolati. Data la differenza di pochi centimetri tra le due materializzazioni, tale approssimazione è tale da non inficiare la qualità dei risultati finali. Per questo motivo, nel seguito

<sup>1</sup> <http://www.globogis.it/grigliati-ntv2-Italia>

si preferirà indicare il sistema di partenza utilizzando l'indicazione del sistema ETRS89 e non direttamente di una sua materializzazione. Inoltre, per questioni di semplicità, l'analisi è stata limitata ai soli dati di tipo vettoriale che, oltre a rappresentare la gran parte dei dati GIS di pubblico utilizzo, consentono di valutare in maniera diretta l'effetto legato alla conversione del sistema di riferimento. Per quanto concerne i dati di tipo raster infatti occorrerebbe considerare anche l'errore introdotto dai modelli di interpolazione (nearest neighbour, lineare o bilineare, ...) utilizzati per la "rigigliatura" nel sistema di riferimento di arrivo, rendendo molto complesso estrapolare l'errore legato alla sola trasformazione tra sistemi di riferimento. Occorre comunque considerare che i modelli considerati si applicano in maniera analoga anche per questa tipologia di dati. Si noti inoltre che le prove presentate nel seguito mostrano l'effetto legato esclusivamente alla variazione del sistema di riferimento, lavorando sempre in un sistema di coordinate di tipo cartografico. Tale scelta è stata fatta solamente dopo aver verificato per tutti i *software* utilizzati che l'errore introdotto dalla variazione del sistema di coordinate all'interno del fuso di appartenenza fosse nullo (come è avvenuto nel caso dei *software* ConveRgo/Cartlab e QGIS/PROJ) o comunque di entità trascurabile per gli scopi oggetto dell'analisi (*software* Traspunto). Una sintesi degli errori legati alla variazione del solo sistema di coordinate è riportata in Tabella 3.

Tabella 3 - Errori legati alla variazione del sistema di coordinate (da geografiche a UTM o viceversa).

Errore	Traspunto	ConveRgo	QGIS/PROJ
< 1 cm	0%	100%	100%
1 - 2 cm	87%	0%	0%
2 - 3 cm	13%	0%	0%
3 - 5 cm	0%	0%	0%
> 5 cm	0%	0%	0%

### I risultati ottenuti

I dataset ottenuti impiegando i modelli interpolativi nazionali e globali sono poi stati confrontati con la soluzione di riferimento, permettendo così di ottenere una mappatura degli errori planimetrici di ciascuna soluzione rispetto al metodo di trasformazione ufficiale dell'ente cartografico dello Stato. Le figure seguenti mostrano quindi l'istogramma degli errori dei tre dataset sopra citati, sia nel caso della trasformazione verso il Sistema Roma40 (Figura 2) sia in quella verso il sistema ED50 (Figura 3).

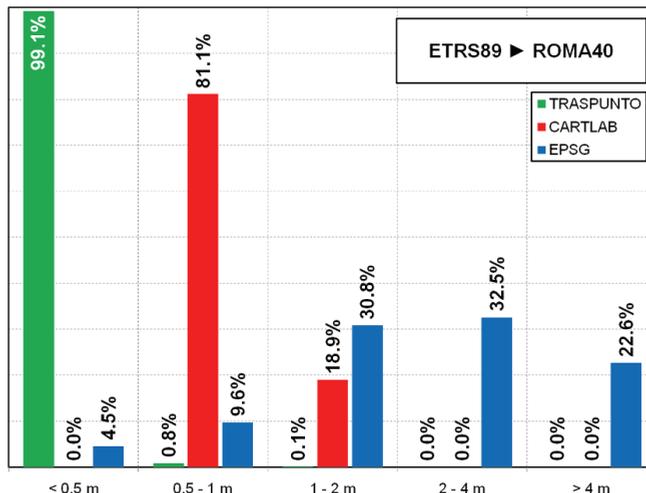


Figura 2 - Iistogramma degli errori dei tre dataset per la trasformazione verso Roma40.

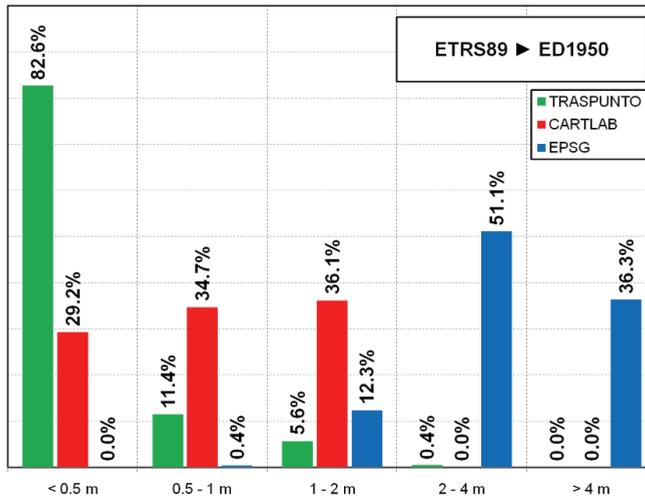


Figura 3 - Istogramma degli errori dei tre dataset per la trasformazione verso ED50.

Come si può vedere dai grafici sopra riportati, i modelli interpolativi nazionali inclusi all'interno dei software esterni ConveRgo/Cartlab e Traspunto garantiscono un'affidabilità nella trasformazione con accuratezze proprie delle più comuni cartografie tecniche regionali e provinciali (1:5000 e 1:10000) e, in alcuni casi, addirittura per la trasformazione di cartografie comunali (1:1000 e 1:2000). In particolare, i modelli di trasformazione inclusi all'interno di Traspunto mostrano un'elevata coerenza con il modello incluso all'interno dei grigliati IGM, con errori spesso inferiori ai 50 cm (82.6% dei casi nella trasformazione verso il sistema ED50, e addirittura 99.1% dei casi nella trasformazione verso Roma40). Anche la distribuzione spaziale degli errori, sintetizzata in Figura 4, è risultata uniforme su tutto il territorio nazionale, soprattutto per quanto riguarda la trasformazione verso Roma40, mentre errori maggiori (1 o 2 metri) si sono riscontrati convertendo i dati nel sistema ED50 in Sardegna e lungo l'arco alpino nord-orientale, in prossimità del confine austriaco.

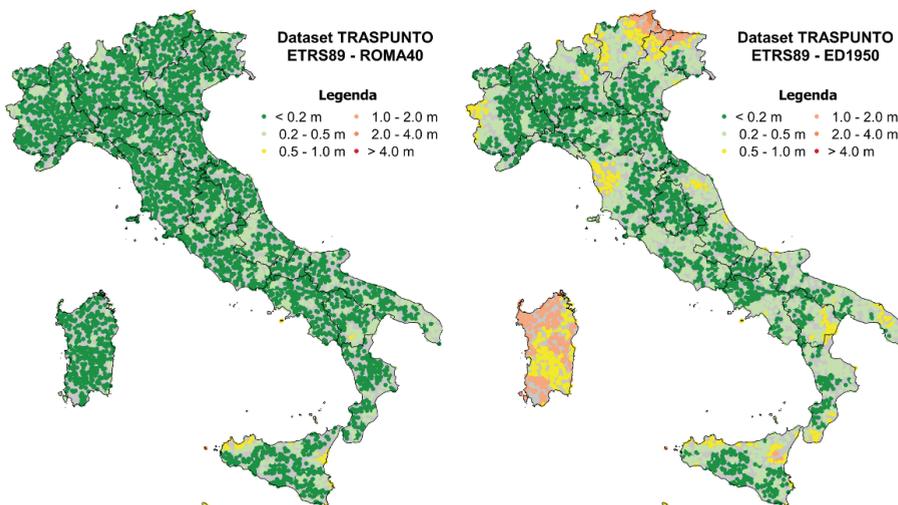


Figura 4 - Mappa degli errori riscontrati sul dataset Traspunto per le due trasformazioni.

Per quanto riguarda invece il modello di trasformazione “Cartlab2” incluso all’interno del *software* ConveRgo, questo è risultato meno accurato del precedente sia nel caso della trasformazione verso il sistema Roma40 sia in quella verso ED50. Le accuratèzze individuate sono comunque tali da consentire la trasformazione tra i sistemi di riferimento nelle scale cartografiche normalmente utilizzate all’interno dei *software* GIS, e comunque per rappresentazioni cartografiche fino ad una scala cartografica di 1:10000. Anche in questo caso, la distribuzione spaziale è risultata uniforme sull’intero territorio nazionale nel caso della trasformazione verso Roma40, mentre è risultata meno omogenea durante la conversione dei dati in ED50, con accuratèzze inferiori nella fascia centro-meridionale della penisola (Calabria esclusa).

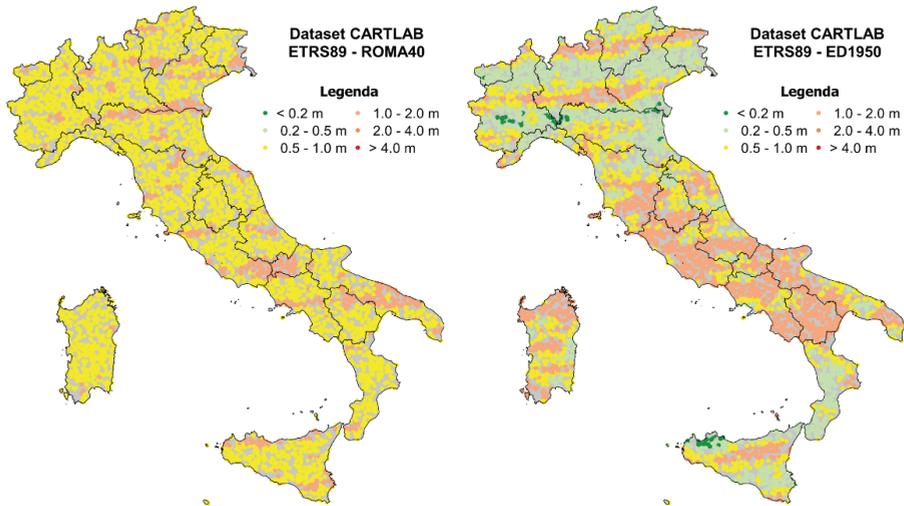


Figura 5 - Mappa degli errori riscontrati sul dataset Cartlab per le due trasformazioni.

I modelli di trasformazione sopra citati hanno però lo svantaggio di essere inclusi all’interno di *software* stand-alone, esterni ai comuni *software* GIS, e obbligano l’utente a generare una nuova copia dei dati in locale, riproiettata nel sistema desiderato. Tale operazione è ovviamente da ripetersi ogni qualvolta vi sia un aggiornamento dei dati, con ovvie problematiche che possono sorgere relativamente alla proliferazione di diverse versioni degli stessi dati, e nella difficoltà di gestirle. Per questo motivo, all’interno dei *software* GIS è comune la pratica di riproiettare “al volo” i propri dati utilizzando i modelli globali di trasformazione inclusi all’interno del database EPSG. Questi parametri non garantiscono però accuratèzze confrontabili con quelle dei modelli interpolativi nazionali visti in precedenza, come si può osservare dagli errori riportati negli istogrammi in Figura 2 e in Figura 3. In generale, la conversione attraverso i modelli globali di trasformazione inclusi all’interno del database EPSG hanno errori che sono spesso maggiori di 2 metri in planimetria, e che in alcuni casi arrivano a valori anche pari o superiori a 10 metri. Sebbene quindi tali trasformazioni siano quelle più pratiche e per questo utilizzate per la gestione dei dati all’interno dei *software* GIS, occorre evidenziare come gli errori che si compiono durante una riproiezione “al volo” non rendano queste trasformazioni idonee per cartografie tecniche con scale cartografiche maggiori di 1:50000. Per quanto concerne la distribuzione spaziale dell’errore planimetrico sul territorio nazionale, occorre evidenziare che esiste una notevole variabilità in funzione della posizione geografica sia nel caso della trasformazione verso il sistema Roma40 (con errori molto elevati in Friuli Venezia Giulia, nelle aree settentrionali del Veneto e nel Trentino, nella zona sudorientale della Puglia e nelle isole) sia verso il sistema ED50 (dove gli errori maggiori si riscontrano in tutta la parte meridionale della penisola e nelle isole).

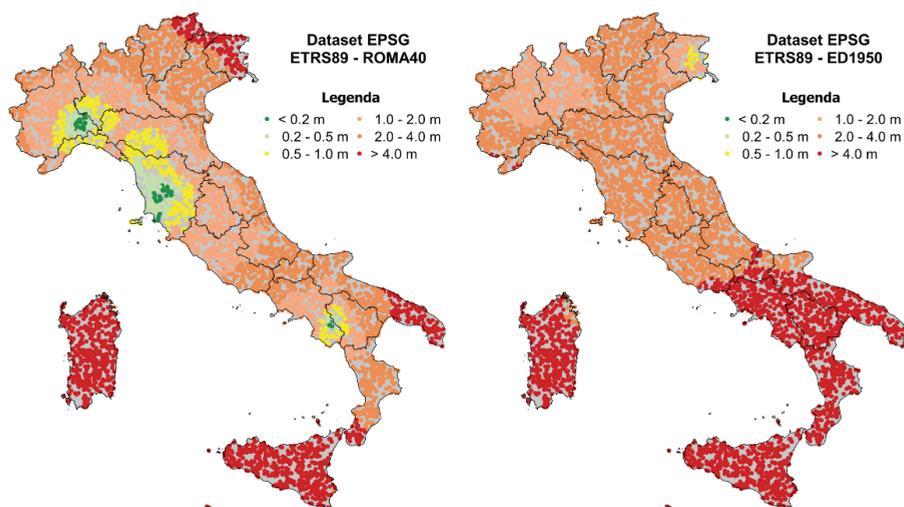


Figura 6 - Mappa degli errori riscontrati sul dataset EPSG per le due trasformazioni.

## Conclusioni

La sempre maggior diffusione dei dati geospaziali, provenienti da diverse fonti e attraverso diversi metodi di produzione, oltre che il crescente sviluppo dei *software* GIS per la gestione e il trattamento di questi dati, obbliga a porre particolare attenzione ai sistemi di riferimento e alle trasformazioni tra di essi. Tale problema è ad oggi ancora più di attualità, a seguito dell'introduzione del nuovo sistema di riferimento nazionale ETRF2000 mediante il Decreto Ministeriale del 10 novembre 2011. La necessità, da parte non solamente delle amministrazioni pubbliche ma anche dei liberi professionisti, di poter convertire una grande quantità di dati preesistenti nell'attuale sistema di riferimento geodetico nazionale ha portato all'adozione di soluzioni alternative, che consentono la conversione tra i sistemi di riferimento nazionali con approssimazioni più o meno elevate, utilizzando modelli interpolativi con precisioni metriche o inferiori.

Le analisi riportate in questo articolo hanno l'obiettivo di mostrare come occorra porre un'attenzione particolare proprio all'utilizzo di tali modelli, onde evitare di introdurre errori che possono avere entità non trascurabile anche nel caso in cui si considerino scale cartografiche non di grosso dettaglio, quali quelle tipiche delle cartografie tecniche provinciali o regionali. Infatti, gli errori risultanti dal presente studio evidenziano come i parametri di conversione inclusi all'interno del database EPSG e implementati all'interno dei più diffusi *software* GIS sia proprietari che *open-source*, non siano idonei ad effettuare conversioni di geodati a media e grande scala, a meno di non prevedere un deterioramento della precisione dei dati che in qualche caso può essere anche di oltre 10 metri. Risultati migliori sono ottenibili con i due modelli interpolativi nazionali, che pur non utilizzando i grigliati sono comunque basati sull'interpolazione dei dati all'interno di maglie di punti doppi più o meno regolari. In questo caso, l'errore ottenuto è risultato essere all'interno delle tolleranze previste per le più comuni cartografie tecniche, comprese molte di quelle disponibili a scala comunale, ed ha mostrato una buona omogeneità su tutto il territorio nazionale. Tali modelli purtroppo prevedono in genere l'impiego di *software* esterni che, seppur disponibili gratuitamente grazie all'impegno di alcuni Enti istituzionali che ne hanno finanziato lo sviluppo, obbligano l'utente ad una conversione off-line dei dati, con conseguenti problemi legati alla moltiplicazione dei dati e all'aggiornamento degli stessi.

La soluzione preferibile rimane ovviamente quella di prediligere, anche nel caso di geodati GIS di media precisione, la trasformazione attraverso i grigliati messi a disposizione dall'Istituto

Geografico Militare, Ente Cartografico dello Stato, e utilizzabili sia attraverso appositi *software* esterni sia, in formato NTV2, all'interno della quasi totalità dei *software* GIS. Purtroppo, tali grigliati al momento attuale sono disponibili in forma gratuita solamente alle Pubbliche Amministrazioni, mentre i privati possono accedervi solo previo acquisto della griglia oppure utilizzando l'apposito servizio di conversione delle coordinate planimetriche incluso all'interno del Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente.

### **Bibliografia**

- Istituto Geografico Militare (2014), *Nota per il corretto utilizzo dei sistemi geodetici di riferimento all'interno dei software GIS*, <http://goo.gl/YtSD0f>.
- Cima V., Carroccio M., Maseroli R. (2014), "Corretto utilizzo dei Sistemi Geodetici di Riferimento all'interno dei *software* GIS", *Atti 18a Conferenza Nazionale ASITA*, Firenze.
- Sferlazza E. (2014), "Come costruirsi un grigliato NTV2 in casa", *GEOmedia* (2/2014), 10-15.
- Costabile S., Martini S., Avanzi A., Petriglia L., Corraello G. (2012), "Geoportale Nazionale. Un approfondimento sulle metodologie di conversione e trasformazione coordinate", *GEOmedia* (6/2012), 26-28.
- Baroni L., Cauli F., Donatelli D., Farolfi G., Maseroli R. (2009), *La Rete Dinamica Nazionale (RDN) ed il nuovo sistema di riferimento ETRF2000*, <http://goo.gl/fFhvLD>.
- Istituto Geografico Militare (2009), *Verto3k – ver. 1.0*, <http://goo.gl/GSQc3R>.
- Baiocchi V., Bortolotti C., Crespi M., Del Moro M.A., Pieri S. (2004), "Accuratezza delle trasformazioni tra datum e sistemi cartografici nazionali implementate nei *software* di maggiore utilizzo nelle applicazioni GIS", *Atti 8a Conferenza Nazionale ASITA*, Roma.

