

Una prima stima delle relazioni per l'Italia fra le realizzazioni dei sistemi di riferimento globale e europeo

Ludovico Biagi, Stefano Caldera, Fernando Sansò, Maria Grazia Visconti

Politecnico di Milano, DIIAR c/o Polo Regionale di Como, via Valleggio 11, 22100 Como, ludovico.biagi@polimi.it

Riassunto esteso

Il sistema di riferimento IGB00 è la realizzazione GPS, curata da IGS, del sistema di riferimento globale ITRS; in tale sistema di riferimento viene attualmente inquadrata la maggior parte delle reti di Stazioni Permanenti che stanno nascendo in Italia per scopi di servizi di posizionamento; in IGB00, perciò, vengono stimate le coordinate degli utenti dei suddetti servizi. Nella prassi del rilievo a scopi topo-cartografici è tipicamente necessario ottenere coordinate nel Sistema di Riferimento europeo ETRS89; di tale Sistema di Riferimento esistono attualmente diverse realizzazioni. La prima è la realizzazione curata dallo IERS, che prende nome di ETRF: essa è basata sugli osservatori VLBI, SLR e GPS presenti nel nostro continente e consiste di una soluzione a lungo termine, ovvero di un catalogo di coordinate iniziali e velocità dei siti; ETRF viene aggiornato circa ogni 5 anni: la prima realizzazione fu ETRF89, l'ultima disponibile è ETRF2000. Esiste un'ulteriore realizzazione di ETRF2000, fornita dalla rete EUREF di stazioni permanenti GPS (EPN); anch'essa viene distribuita come soluzione a lungo termine, però aggiornata su base mensile. Infine, per l'Italia, la realizzazione ufficiale di ETRS89 per applicazioni cartografiche è quella materializzata dalla rete IGM95, realizzata dall'IGM (Istituto Geografico Militare Italiano) con campagne di misura condotte nei primi anni '90: IGM95, per come venne inquadrata, costituisce un raffittimento di ETRF89.

Per il territorio italiano le differenze fra coordinate IGB00 e ETRF2000 sono sempre dell'ordine di alcuni decimetri; peraltro anche fra le due realizzazioni di ETRF2000 sussistono differenze, contenute in 1-2 cm; infine fra ETRF2000 e IGM95 esistono ulteriori deformazioni locali, che possono arrivare a diversi cm. Poiché l'argomento appare strategico per tutti i servizi di posizionamento e per la loro utenza, si è deciso di analizzare le relazioni fra i diversi sistemi di riferimento citati. In particolare sono state provate diverse vie per la stima dei parametri di trasformazione tra i due Sistemi di Riferimento generalmente utilizzati in Italia: IGB00 e ETRF89-IGM95.

Si ricorda che in Italia i servizi di posizionamento si stanno sviluppando a livello regionale, in modo geograficamente disomogeneo e in assenza di un coordinamento nazionale. L'obiettivo generale della presente ricerca è quello di comprendere le modalità con cui i singoli servizi regionali potranno stimare la trasformazione fra i due sistemi di riferimento. Evidentemente, in questa fase preliminare, lo studio si è concentrato sull'applicazione al caso lombardo, ovvero quello di cui gli autori hanno maggiore esperienza; tutte le analisi sono però anche finalizzate a investigare la loro applicabilità su scala nazionale.

Si ritiene innanzitutto che, su scala nazionale, la trasformazione da IGB00 a ETRF89-IGM95 richieda una trasformazione di similarità a 7 parametri da IGB00 a ETRF corrente, combinata con un eventuale campo di deformazione di ETRF89-IGM95 rispetto a ETRF corrente. Viceversa è ragionevole attendersi che sulla scala spaziale delle singole regioni, la trasformazione a 7 parametri fra IGB00 e ETRF89-IGM95 possa essere sufficiente.

La stima dei parametri di trasformazione è stata effettuata provando tre diversi approcci; tali approcci sono stati applicati e validati su un dataset relativo al caso della regione Lombardia: questo si compone di un insieme di 28 punti, omogeneamente distribuiti nella regione, appartenenti alla

rete IGM95 di primo ordine e rilevati in modalità statica in IGB00, e di un insieme di 135 punti appartenenti alla rete di raffittimento regionale, rilevati in modalità RTK, sempre in IGB00.

Il primo metodo studiato consiste in un adattamento della trasformazione internazionale di Boucher-Altamimi; tale trasformazione è essenzialmente una rototraslazione senza fattore di scala, in cui il termine di traslazione dipende però dalla velocità geodinamica del punto di calcolo. L'adattamento di tale trasformazione, generalmente utilizzata per il passaggio tra ITRF2000 e ETRS89, è possibile in quanto IGB00 è la realizzazione GPS di ITRF2000 e ETRF89-IGM95 è la materializzazione italiana di ETRS89. Per adattare tale trasformazione è stato necessario stimare una velocità geodinamica media valida per tutto il territorio lombardo; ciò è stato fatto interpolando le velocità ETRS89 tabulate di alcune stazioni permanenti IGS al perimetro della nostra regione.

L'applicazione della trasformazione di Boucher-Altamimi ha portato a buoni risultati. In particolare sui dati di confronto gli scarti planimetrici sono sempre contenuti in 5 cm, quelli altimetrici entro i 10 cm: a tale riguardo si nota l'impossibilità della trasformazione di modellizzare le ben note deformazioni altimetriche locali di ETRF89-IGM95 nella zona pedemontana. In un'ottica nazionale il limite principale della Boucher Altamimi è che l'adozione di una velocità media comune non è accettabile: ciò è particolarmente vero per l'Italia, notoriamente soggetta a fenomeni di deformazione; si potrebbero percorrere ulteriori vie in tale direzione, come ad esempio interpolare il campo di velocità in diversi punti e quindi stimare un fattore di scala nazionale: tali scelte risulterebbero però piuttosto macchinose e comunque arbitrarie.

Si è valutata quindi l'ipotesi che la trasformazione di similarità a 7 parametri fra IGB00 e ETRF89-IGM95 possa essere stimata direttamente su scala regionale: tale approccio avrebbe l'ovvio vantaggio di permettere ad ogni singolo servizio di effettuare la stima in modo autonomo. I risultati forniti dalle prove sul territorio lombardo sono evidentemente soddisfacenti; però si deve tener conto che un approccio di questo tipo pone problemi al confine fra reti contigue: è infatti ben noto che risulta valido solo entro il perimetro compreso nei punti doppi utilizzati. Infatti il confronto fra la stima della trasformazione a livello lombardo e la trasformazione stimata in modo analogo per il Piemonte mostra scarti sulle zone di confine fra le due regioni dell'ordine di 3-4 cm in planimetria e di circa 10 cm in altimetria: tali risultati sono da considerarsi decisamente inaccettabili.

Si è quindi provata la stima di una trasformazione di similarità valida per l'intero Nord Italia utilizzando come punti doppi le coordinate di alcune stazioni permanenti appartenenti alla rete IGS, e disposte sia in territorio italiano che appena oltre l'arco alpino. Come coordinate IGB00 sono state utilizzate quelle ufficiali distribuite da IGS, come coordinate ETRF2000 quelle fornite da EPN.

L'applicazione della trasformazione così stimata ha portato a buoni risultati sia in planimetria che in altimetria. Il campo residuo è stato modellizzato come somma di una componente deterministica e una stocastica: la semplice adozione di un modello lineare per la componente deterministica, la stima e l'applicazione dei relativi parametri, ha portato a residui completamente scorrelati.

I presenti risultati sono decisamente soddisfacenti; peraltro è del tutto evidente che costituiscono un punto di partenza per future analisi: in particolare le validazioni sinora condotte su una scala regionale dovranno essere confermate mediante dataset più ampi, anche in termini di estensione geografica.