

## LA TRANSIZIONE ITALIANA DA UN SISTEMA DI RIFERIMENTO STATICO A UNO DINAMICO: TRASFORMAZIONE ATTUALE E SVILUPPO DELLA RETE DINAMICA NAZIONALE

Ludovico BIAGI (\*), Stefano CALDERA (\*), Mattia CRESPI (\*\*),  
Ambrogio Maria MANZINO (\*\*\*), Augusto MAZZONI (\*\*),  
Marco ROGGERO (\*\*\*\*), Fernando SANSÒ (\*)

(\*) DIAR - Politecnico di Milano, c/o Polo Regionale di Como,  
via Valleggio, 11 – 22100 Como, tel. 031.3327562, fax 031.3327519, Ludovico.biagi@polimi.it

(\*\*) DITS – Area di Geodesia e Geomatica, Sapienza Università di Roma

(\*\*\*) DIGET - Politecnico di Torino

(\*\*\*\*) DINSE - Politecnico di Torino

### Riassunto esteso

Al fine del loro controllo, le reti GNSS permanenti locali dovrebbero essere monitorate, ovvero inquadrare, nella rete IGS: poiché IGS materializza il sistema di riferimento IGS05, seguendo tale prassi le coordinate distribuite dalle reti locali sono a loro volta in IGS05; tuttavia, per le applicazioni cartografiche, in Europa sono richieste coordinate in qualche realizzazione di ETRS89. A livello internazionale la realizzazione corrente di ETRS89 è ETRF2000, pubblicata e monitorata dalla rete permanente EPN; la realizzazione ufficiale Italiana è IGM95 che costituisce una rete statica, inizialmente composta di circa 1250 caposaldi, rilevata negli anni 90 e inquadrata in ETRF89; IGM95 è stata successivamente raffittita a livello regionale. Le differenze orizzontali fra le realizzazioni correnti di ITRS e ETRS89 sono di alcuni decimetri; inoltre IGM95 presenta ulteriori deformazioni correlate nello spazio e errori incorrelati, i cui valori arrivano sino al decimetro. L'ipotesi di base del presente lavoro è che la trasformazione fra IGS05 e IGM95 possa essere ben rappresentata da una similarità alla scala locale; ad una scala più ampia, ovvero quella della nazione, la trasformazione richiede un modello più complesso: ad esempio, la somma di una similarità e di un campo di deformazione. Su tale argomento era precedentemente stato condotto e pubblicato un primo test: il lavoro, relativo al caso delle regioni Lombardia e Piemonte, aveva permesso di investigare la trasformazione fra IGS05 e IGM95 alla sola scala locale e sostanzialmente aveva confermato le ipotesi di partenza; nell'ultimo anno si è proseguita l'analisi, estendendola però alla scala nazionale.

La base di partenza dello studio è la rete permanente GNSS per servizi di posizionamento realizzata in Italia da Leica Geosystems: la rete, chiamata ItalPos, si compone già di più di 100 stazioni, quasi omogeneamente distribuite sul territorio nazionale ed è tuttora in fase di ulteriore ampliamento. Allo stato attuale gli autori del presente lavoro hanno effettuato il primo inquadramento di ItalPos in IGS05 e la stima delle sue connessioni a IGM95.

In particolare per l'inquadramento in IGS sono state utilizzate 5 settimane di dati, dalla settimana GPS 1452 a quella 1456: le stazioni IGS pienamente operative sul territorio nazionale per quel periodo sono state vincolate stocasticamente alle coordinate pubblicate da IGS stesso, propagate al momento centrale del periodo considerato; nell'elaborazione dei dati, condotta per sessioni giornaliere ed effettuata con il programma BERNESE 5.0, sono stati adottati i tipici standard internazionali per reti permanenti con estensione regionale. Al termine dell'elaborazione dei dati grezzi, le serie di risultati giornalieri sono state controllate per verificare l'assenza di problemi

significativi; fatta questa verifica, le serie di coordinate giornaliere di ciascuna stazione ItalPos sono state mediate per ottenere una stima finale IGS05 al momento centrale del periodo considerato. A tale riguardo si noti che non si è fatta alcuna modellazione e stima di moto per le stazioni, neppure nell'ipotesi più semplice di moto lineare, poiché non avrebbe avuto alcun significato a partire da una serie temporale così corta.

Per la connessione della rete a IGM95 si è proceduto nel seguente modo: innanzitutto è stato selezionato un set iniziale di 20 caposaldi IGM95, sui quali si sono effettuati stazionamenti statici, con occupazioni da 3 a 6 ore a seconda della loro distanza dalle stazioni ItalPos; ciascun IGM95 è stato elaborato in modo indipendente, in particolare:

1. si è costruita una rete che comprendesse il caposaldo stesso e le 2-4 stazioni ItalPos più vicine;
2. la rete locale è stata elaborata con il BSW5.0, adottando in questo caso gli standard per rilievi statici su reti di piccola estensione;
3. nell'elaborazione della rete locale le stazioni ItalPos sono state vincolate alle loro coordinate IGS05;
4. per la validazione dei risultati sono stati considerati i classici indicatori statistici prodotti dal BSW5.0.

In tal modo si sono ottenute le stime delle coordinate IGS05 per i caposaldi IGM95 e si è così potuto procedere all'analisi della trasformazione fra i due sistemi di riferimento. La stima di una sola trasformazione di similarità alla scala nazionale evidenzia residui troppo elevati e spazialmente correlati; per ovviare a tale problema, si sono testati e valutati due approcci alternativi: il primo è stato condotto modellando la deformazione residua di IGM95 come un campo continuo, stimato mediante l'approccio della collocazione ai minimi quadrati; il secondo ha previsto la ripartizione del territorio nazionale in macroregioni ritenute omogenee, e quindi la stima di una trasformazione di similarità per ognuna di esse. Si noti che, da un punto di vista metodologico, la modellazione della trasformazione come campo continuo nello spazio è più soddisfacente rispetto alla stima di trasformazioni distinte e discontinue al loro bordo; però, dal punto di vista pratico, il secondo approccio è preferibile perché semplifica la distribuzione della trasformazione agli utenti dei servizi in tempo reale: in ogni caso nel presente lavoro vengono presentati entrambi i risultati.

I risultati qui presentati sono ritenuti preliminari, poiché la quantità di dati e il numero di caposaldi IGM95 coinvolti nel presente esperimento sono ancora abbastanza limitati: in ogni caso quanto ottenuto dimostra l'opportunità di passare da IGM95 a una nuova realizzazione di ETRS89, che dovrebbe essere materializzata mediante una rete permanente nazionale, continuamente monitorata in EPN. A tale riguardo si discute il caso di Rete Dinamica Nazionale, che è la nuova rete ufficiale dell'Istituto Geografico Militare e può rappresentare un primo passo verso la transizione ad una materializzazione permanente del sistema di riferimento nazionale: gli autori, che stanno collaborando con IGM nella compensazione di RDN, espongono qui lo stato di avanzamento dei lavori che li coinvolgono e le loro indicazioni per gli sviluppi futuri.

La versione completa del presente lavoro verrà proposta per la pubblicazione sulla rivista *Journal of Applied Geomatics*.