

Completamento e monitoraggio della rete dinamica nazionale

Gregorio Farolfi, Renzo Maseroli

Servizio Geodetico – Istituto Geografico Militare

1. Realizzazione della rete

La Rete Dinamica Nazionale (RDN) organizza sul territorio italiano un network di stazioni permanenti GPS, stabilmente materializzate, che osservano con continuità i segnali satellitari GNSS e li trasmettono per via telematica ad un Centro di Calcolo appositamente istituito presso il Servizio Geodetico dell'IGM. La disponibilità di osservazioni satellitari continue nel tempo e diffuse sul territorio consente molteplici applicazioni, fra le quali assume rilevanza il monitoraggio di precisione del Sistema di Riferimento Globale. L'esigenza è scaturita principalmente dalla necessità di dotare la nazione di un Riferimento Geodetico in linea con i tempi, dotato di caratteristiche adatte a supportare qualunque attività geodetica e valide anche per le applicazioni che richiedono le precisioni più elevate, come, ad esempio, il calcolo e la distribuzione centralizzata delle correzioni per il posizionamento differenziale in tempo reale (RTK).

La rete è stata realizzata senza la costruzione di apposite installazioni, ma selezionando 100 stazioni permanenti GPS di proprietà di Enti Pubblici fra quelle già esistenti in Italia, ed organizzando, tramite accordi con gli Enti stessi, la trasmissione dei dati per via telematica. Nella scelta delle stazioni sono state valutate le caratteristiche di stabilità sia delle materializzazioni che dei siti, cercando comunque di ottenere una omogenea distribuzione, in modo da consentire in seguito l'accesso al Riferimento Globale su tutto il territorio nazionale. Partecipano alla rete, ovviamente, tutte le stazioni presenti sul territorio nazionale e già inserite nei network internazionali ITRS e IGS (Matera, Noto, Medicina, Padova, Torino, Genova, Cagliari e Lampedusa). Sono state inoltre incluse alcune stazioni appartenenti alle reti che forniscono le correzioni per il posizionamento in tempo reale, in modo da facilitare il successivo allineamento di tali network al Riferimento Ufficiale Nazionale. L'interdistanza fra le stazioni è risultata di 100+150 km, con ad una densità media, avendo avuto particolare attenzione alla copertura delle zone marginali, di una stazione ogni 3000 km².

2. Calcolo d'impianto

Per il calcolo d'impianto, riferito temporalmente al 2008.0, sono state utilizzate le osservazioni relative a 4 settimane GPS complete: 1459, 1460, 1461 e 1462; complessivamente 28 giorni, dal 23/12/2007 a 19/01/2008 compresi. Il calcolo è stato eseguito dal Centro di Calcolo del Servizio Geodetico dell'IGM con il software BERNESE versione 5.0, nel Sistema ITRS, utilizzando le osservazioni GPS, in formato RINEX a 30", oltre ai seguenti dati:

- moto del polo e orbite precise espresse nel sistema di riferimento IGS05;
- offset assoluti del centro di fase delle antenne dei satelliti (IGS05.atx);
- tabelle di correzione per carico mareale GOT00.2 (Goddard Ocean Tide Loading).

Al fine di evitare estrapolazioni, l'allineamento al Datum ITRS più recente (ITRF2005) è stato eseguito con condizioni di minimo vincolo su 13 stazioni, presenti in tale realizzazione, site in Italia e nei territori limitrofi: Wettzel, Zimmerwald, Graz, Torino, Padova, Grasse, Genova, Medicina, Cagliari, Matera, Sofia, Noto e Lampedusa. La posizione delle stazioni suddette è stata preventivamente aggiornata all'epoca delle osservazioni (2008.0), utilizzando le velocità stimate nella stessa soluzione, con la nota relazione:

$$X_{2005}^I(2008.0) = X_{2005}^I(2000.0) + V_{2005}^I(2000.0)(2008.0 - 2000.0) \cdot$$

La precisione raggiunta nella definizione della posizione delle stazioni, migliore di 1 cm in planimetria e 1.5 cm in quota, ha consentito di chiedere all'EUREF l'approvazione ufficiale del lavoro svolto. Durante il Simposio EUREF di Firenze, conclusosi il 30 maggio u.s., il Technical Working Group ha proposto ed ottenuto dall'assemblea generale l'integrazione della RDN nel raffittimento ufficiale europeo con la categoria "B".



EUREF 2009, Florence, 27-30 May 2009

Resolution 1

The IAG Reference Frame Sub-commission for Europe (EUREF) recognising that

from December 2007 to January 2008 the Italian Rete Dinamica Nazionale (RDN) was observed and all the results were submitted to the EUREF Technical Working Group, where they were accepted as Class B standard

endorses the set of points for Italy submitted to the Technical Working Group as an improvement and extension of ETRS89.

Successivamente la rete è stata trasformata, seguendo le procedure ufficiali EUREF, nel più recente frame convenzionale del Sistema ETRS89 ufficializzato in Europa (ETRF2000), tramite la relazione:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ETRF\ 2000(2008.0)} = (1 + K_{(2008.0)}) \cdot \begin{bmatrix} 1 & -R_z & R_y \\ R_z & 1 & -R_x \\ -R_y & R_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF\ 2005(2008.0)} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix}_{(2008.0)}$$

con i seguenti parametri:

T_x	T_y	T_z	K	R_x	R_y	R_z	<i>epoca</i>
[mm]	[mm]	[mm]	[10 ⁻⁹]	[mas]	[mas]	[mas]	
52.5	51.0	-68.2	1.04	1.539	9.310	-15.048	2008.0

Come riferimento temporale è stato mantenuto, secondo le più recenti direttive EUREF, il 2008.0.

I calcoli sono stati eseguiti per controllo, con lo stesso software ma in modo indipendente, da altri due Centri di Calcolo: il gruppo G3 di Milano diretto dal Prof. Sansò, ed il gruppo di Padova del Prof. Caporali. Recentemente l'Università di Bologna (Prof. Barbarella) ha ripetuto il calcolo utilizzando 3 differenti software: BERNESE, GAMIT e GIPSY. Tutti i calcoli di controllo hanno fornito risultati sostanzialmente identici avvalorando la bontà delle determinazioni.

Una relazione completa sul lavoro svolto, comprese le coordinate finali ITRF2005 ed ETRF2000, è scaricabile dal sito ufficiale dell'IGM (www.igmi.org) nel settore del Servizio Geodetico, Sezione RDN.

3. Monitoraggio della rete

Il monitoraggio della rete, cioè il controllo periodico della posizione delle stazioni, costituisce una delle opportunità più interessanti offerte dalla RDN. Questo è possibile con un limitato dispendio di energie attivando procedure automatiche di raccolta, elaborazione ed analisi dei dati.

Come da programma delle attività l'anno 2009 è stato impiegato per mettere a punto le procedure informatiche automatiche per la raccolta, il controllo e l'archiviazione di dei file giornalieri a 30" in formato RINEX di tutte le stazioni che compongono la rete. La procedura è già pienamente funzionante per 85 stazioni, per le quali i dati vengono raccolti ed organizzati razionalmente in un apposito BD che li predispone al processamento periodico automatico con il software BERNESE. Le stazioni mancanti appartengono ai network regionali per la distribuzione delle correzioni in tempo reale che stanno ultimando l'allestimento dei propri centri di raccolta ed elaborazione; operazione che dovrebbe concludersi entro la fine del corrente anno. Già dall'inizio del 2010 comunque, prenderà avvio la procedura di calcolo automatico, inizialmente con intervalli mensili e successivamente con cadenza probabilmente settimanale. Dal calcolo d'impianto all'inizio dei calcoli periodici sono trascorsi due anni, periodo per il quale è comunque interessante la

verifica della stabilità delle stazioni. Per coprire tale periodo sono stati quindi eseguiti tre calcoli di compensazione con intervallo semestrale: giugno 2008, gennaio 2009 e giugno 2009, che hanno interessato le 85 stazioni i cui dati giungono regolarmente al centro di calcolo IGM per via telematica. In tutti e tre i casi sono stati utilizzati i dati corrispondenti a 28 giorni (4 settimane) corrispondenti ai periodi riportati nella tabella sottostante.

		from	to week
1° periodo	giu-lug 2008	1459	1462
2° periodo	dic 2008- gen 2009	1511	1514
3° periodo	giu-lug 2009	1536	1539

Tutti i calcoli sono stati seguiti secondo le procedure standard implementate da AIUB (Ist. Astr. Univ. Berna) e seguendo le raccomandazioni EUREF diffuse dai centri di calcolo della rete EPN. E' stata adottata la strategia di elaborare in modo indipendente ogni sessione giornaliera di dati, secondo gli step di seguito descritti.

1. Elaborazione preliminare del codice con stima degli offset degli orologi dei ricevitori, ed individuazione ed eliminazione outliers.
2. Costruzione dello schema delle basi secondo il metodo OBS-MAX con limite a 200 km.
3. Elaborazione preliminare in singola differenza di ogni singola base con cut off di 3° e modello di osservazione pesato con l'elevazione (Elevation Dependent Weighting COSZ), ed individuazione ed eliminazione dei cycle slip.
4. Elaborazione in singola differenza, per ogni singola base, con soluzione iono-free e con ambiguità irrisolte (float); vincolo sulle stazioni fiduciali di 2 mm in planimetria e 4 mm in quota.
5. Risoluzione delle ambiguità con procedura QIF (Quasi Iono-Free) e modello a priori per la troposfera Mapping function "Dry Niell".
6. Soluzione finale Fixed Iono-Free per combinazione lineare su frequenze L1 ed L2 in multibase, con ritardi troposferici stimati ogni ora con Mapping function "Wet Niell" determinati rispetto alle coordinate medie giornaliere.
7. Eliminazione delle soluzioni giornaliere che presentano eqm >20 mm nelle componenti planimetriche e > 30 mm in quota e rielaborazione dei dati.

Il risultato delle suddette elaborazioni sono le equazioni normali giornaliere in formato SINEX (Solution Independent Exchange Format), combinate in soluzioni settimanali ed allineate al Datum ETRF2005 mediante del 13 stazioni già utilizzate nel calcolo d'impianto.

Da un primo esame dei risultati e dei confronti con il calcolo d'impianto (analisi completa verrà pubblicata nel 2010 sul "Bulletin of Geodesy and Geomatics"), i movimenti delle stazioni sembrano coerenti con l'atteso moto della placca tettonica. Anche i confronti in ETRF2000 con i modelli di velocità stimati da EUREF, finalizzati alla stima dei movimenti interni alla placca, non evidenziano particolari difformità.

Anche per questi calcoli è continuata la collaborazione con le Università di Padova e Bologna e con Politecnico di Milano.

4. Completamento dell'RDN

A completamento del progetto RDN, oltre alla messa a punto della procedura automatica di monitoraggio della rete, era stata prevista l'attivazione di altre utilità, anch'esse in fase finale di realizzazione. E' praticamente funzionante, e verrà aperto nei prossimi giorni, un apposito sito internet dedicato alla RDN, e raggiungibile dal sito ufficiale IGM, che contiene le monografie di tutte le stazioni, oltre a tutte le informazioni riguardanti: proprietario, responsabili, hardware installato, ecc. Entro fine anno il sito verrà interfacciato al DB dei dati, di cui al punto 3, consentendo a chiunque lo scarico delle osservazioni in formato RENEX a 30" di tutte stazioni.



