

L'uso della Rete Dinamica Nazionale per l'inquadramento delle reti regionali

Alberto Caligaris (*), Mattia De Agostino (**), Ambrogio M. Manzino (**)

(*) CSI Piemonte, Corso Tazzoli 215/12a, 10137 Torino (Italy), tel +39 (011) 316.8724;
alberto.caligaris@consulenti.csi.it

(**) Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie
Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino (Italy), tel. +39 (011) 564.7661/7675; fax. +39 (011) 564.7699
(mattia.deagostino/ambrogio.manzino)@polito.it

Riassunto

Il presente lavoro mostra come l'utilizzo della Rete Dinamica Nazionale permetta l'inquadramento di reti regionali di stazioni permanenti GNSS utilizzando programmi commerciali di trattamento dati GNSS al posto di più complessi software scientifici.

Abstract

This paper shows how the Italian *Rete Dinamica Nazionale* allows the adjustment of regional networks of GNSS permanent stations using GNSS data processing commercial software instead of complex scientific software.

Introduzione

La costruzione ed il mantenimento della Rete Dinamica Nazionale (RDN) da parte di Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI) ha rappresentato un grande passo avanti nella nostra Nazione per allinearci alle realizzazioni del sistema di riferimento europeo eseguite dagli altri Stati. In particolare, l'introduzione di RDN permette di inquadrare le reti di servizio regionali a stazioni permanenti distanti in media poche decine di chilometri, senza per forza eseguire le operazioni di inquadramento vincolandosi a stazioni della rete IGS, distanti mediamente centinaia di chilometri.

In questa situazione ci si domanda se programmi commerciali di trattamento dati GNSS possano essere adeguati sia all'inquadramento di reti regionali sia all'inquadramento di rilievi topografici e fotogrammetrici senza far ricorso a programmi scientifici, molto più complessi dal punto di vista dell'uso e dell'interpretazione dei risultati nel caso di utilizzo da parte di personale non esperto.

Per raggiungere lo scopo, nel presente articolo si riporta l'esperienza condotta considerando un insieme di stazioni permanenti GNSS facenti parte di una rete regionale sia con il software scientifico Bernese GPS v.5.0 sia con il software commerciale Leica Geo Office. In entrambi i casi sono state analizzate le stesse osservazioni: 15 giornate di misure acquisite con *rate* di 30 secondi.

Con il software scientifico sono state calcolate le coordinate delle stazioni della rete in IGS05 (epoca 2009.333) utilizzando come riferimento stazioni IGS distanti anche più di 100 km. Il software scientifico ha rivelato ritorni giornalieri sulle coordinate che hanno rms millimetrico in planimetria e di pochi mm in altimetria. Queste coordinate sono poi state riferite al sistema di riferimento ETRF2000 (epoca 2008.0) attraverso una trasformazione di Helmert a 7 parametri, per determinare le coordinate delle stazioni nel sistema RDN.

Il software commerciale Leica Geo Office si è utilizzato suddividendo le sessioni di misura in schemi poi compensati a rete direttamente in ETRF2000 - RDN. Le coordinate così ottenute sono state confrontate con quelle ottenute dalla compensazione con software scientifico.

I risultati mostrano da un lato la debolezza dei programmi commerciali per il trattamento di lunghe distanze, specie in altimetria, d'altro canto l'uso della RDN e di più sessioni di misura compensate a rete può essere sufficiente per scopi di inquadramento di vaste aree sino al livello delle Regioni italiane.

L'inquadramento di una rete GNSS regionale con software scientifico

La rete GNSS utilizzata in questo lavoro si serve di parte della rete di stazioni permanenti della Regione Piemonte, attualmente gestita dal Politecnico di Torino. In particolare, sono state utilizzate le stazioni permanenti riportate in Tabella 1.

Tabella 1 – Stazioni permanenti GNSS utilizzate nell'inquadramento.

ID Stazione	Sito	Ente di appartenenza	Ricevitore (codice IGS)	Antenna (codice IGS)
ALES	Alessandria	Politecnico di Torino	TPS NETG3	TPSCR G3 TPSH
ASTI	Asti	ITG Giobert, Asti	LEICA GRX1200PRO	LEIAT503
BIEL	Biella	Provincia di Biella	TRIMBLE 5700	TRM41249.00
CAST	Castellamonte	GE.S.T. 2 - Alto Canavese	TPS LEGACY	TPSCR3_GGD CONE
CRES	Crescentino	ITCG Calamandrei, Crescentino	TPS ODYSSEY_E	TPSCR3_GGD CONE
NOVA	Novara	Comune di Novara	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659.00

Il software scientifico utilizzato per l'inquadramento della rete è il Bernese GPS versione 5.0.

L'elaborazione nel sistema di riferimento IGS05 della rete è effettuata in accordo alla seguente procedura (Biagi et al., 2007):

1. inquadramento nella rete globale IGS corrente (ora IGS05);
2. inquadramenti giornalieri indipendenti;
3. utilizzo di un vincolo sulle stazioni IGS;
4. adozione dei prodotti finali IGS;
5. analisi di consistenza e qualità dei dati e dei risultati.

Il trattamento dei dati grezzi con il software Bernese 5.0 segue la procedura in accordo alle linee guida internazionali (EPN Coordination Group, 2010). La procedura è stata programmata tramite il modulo BPE (Bernese Processing Engine) che permette l'esecuzione automatica di tutti i passaggi. Al termine di ogni elaborazione vengono estratti indici di qualità per la definizione di eventuali *outliers* (Biagi et al., 2008) e si procede ad un nuovo processamento dei dati accettati.

La compensazione della rete è effettuata su due settimane di dati, dal giorno 326 al giorno 339 dell'anno 2009. Per quanto riguarda le stazioni IGS si sono scelte le stazioni di PADO (Padova, IT), GRAS (Caussols, FR), GENO (Genova, IT) e ZIMM (Zimmerwald, CH), in quanto disposte nell'immediato intorno della rete. Alla fine della procedura si ottiene per ogni stazione una serie temporale di coordinate dalle quali, escludendo eventuali valori fuori soglia, vengono ricavate le coordinate delle stazioni della rete in IGS05 (epoca 2009.333), riportate in Tabella 2.

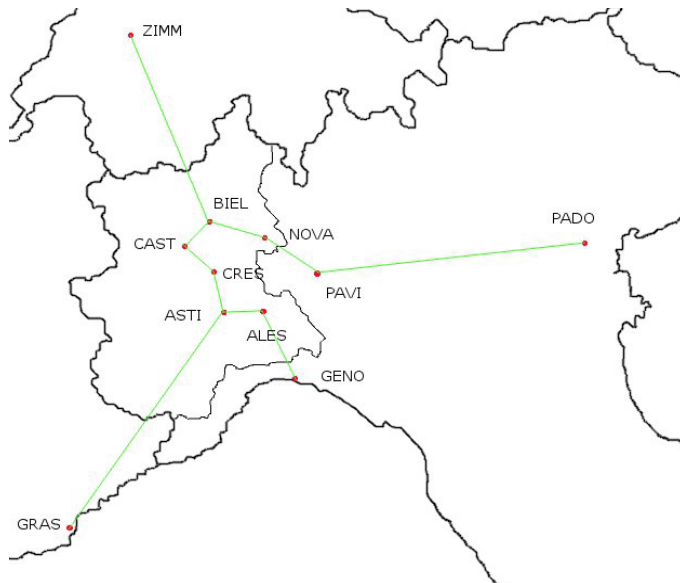


Figura 1 – Baselines utilizzate nella compensazione in IGS05 della rete regionale utilizzata con il software Bernese 5.0 (criterio di minima distanza).

Tabella 2 – Coordinate UTM stimate con il software Bernese nel sistema di riferimento IGS05(epoca 2009.333) per le stazioni della rete.

Stazione	E [m]	σ_E [m]	N [m]	σ_N [m]	h [m]	σ_h [m]
ALES	469721.1456	0.0008	4974482.5839	0.0011	146.157	0.006
ASTI	437097.1803	0.0008	4972783.8130	0.0013	207.042	0.002
BIEL	425707.7465	0.0010	5045686.0936	0.0013	480.474	0.003
CAST	398959.6275	0.0010	5026720.2007	0.0012	413.509	0.002
CRES	429756.7132	0.0008	5004716.9259	0.0010	211.209	0.003
NOVA	469812.8045	0.0005	5032706.4641	0.0005	218.586	0.002
PAVI	510692.3549	0.0010	5005508.8477	0.0012	143.646	0.003

Il risultato ottenuto è molto buono; le stazioni utilizzate forniscono statistiche soddisfacenti e solo in rari casi si è dovuto escludere una stazione e procedere a ricompensare la rete. Sono trovati ritorni giornalieri sulle coordinate che hanno rms millimetrico in planimetria e di pochi mm in altimetria. Attraverso una trasformazione di Helmert a sette parametri (tre traslazioni, tre rotazioni ed un fattore di scala), utilizzando come punti doppi le stazioni permanenti di GENO, GRAS, PADO e ZIMM delle quali sono note le coordinate sia nel sistema IGS05 che in ETRF2000-RDN, sono state ricavate le coordinate delle stazioni della rete nella Rete Dinamica Nazionale. I parametri della trasformazione sono riportati in Tabella 3. Gli scarti massimi sulle quattro stazioni sono di 5 dmm ed, con valori assoluti medi di 2 dmm. La trasformazione applicata su due *check point* (PAVI e BIEL) ha fornito scarti massimi di 2 mm.

Tabella 3 – Parametri della trasformazione di Helmert da IGS05 (epoca 2009.333) a ETRF2000-RDN (epoca 2008.00).

Traslazione X [m]	0.14366
Traslazione Y [m]	0.13863
Traslazione Z [m]	- 0.15388
Rotazione X [g m s]	0° 0' 0.00425''
Rotazione Y [g m s]	0° 0' 0.00629''
Rotazione Z [g m s]	- 0° 0' 0.01799''
Fattore di scala [ppm]	-0.00168

L'inquadramento di una rete GNSS regionale con software commerciale

Viene ora mostrato il risultato della compensazione della stessa rete regionale utilizzando il software commerciale, in questo caso Leica Geo Office (LGO). Questa operazione è stata effettuata sulle stesse giornate di cui precedentemente si era fatta la compensazione con Bernese, utilizzando tre differenti schemi di baseline (Figura 2) poi compensati a rete (Figura 3). La scelta di questi particolari schemi è motivata dal poter dare una buona ridondanza locale alle singole misure ed una buona affidabilità alla rete. Purtroppo è stato modificato leggermente lo schema previsto: non sono connesse Novara con Alessandria o Crescentino con Pavia a motivo dei frequenti non fissaggi delle ambiguità di fase.

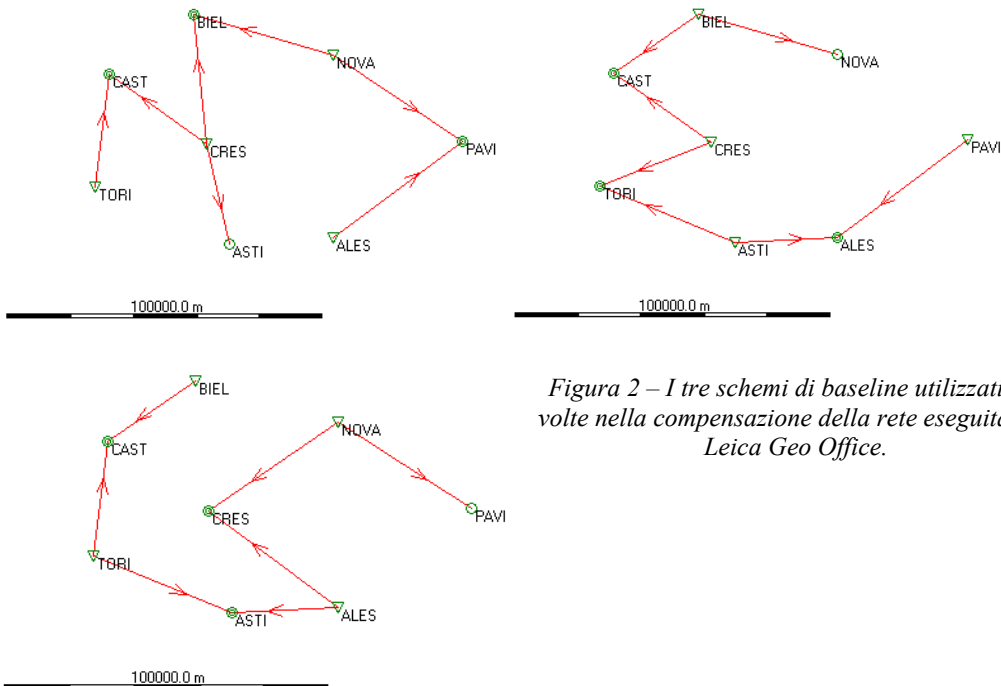


Figura 2 – I tre schemi di baseline utilizzati più volte nella compensazione della rete eseguita con Leica Geo Office.

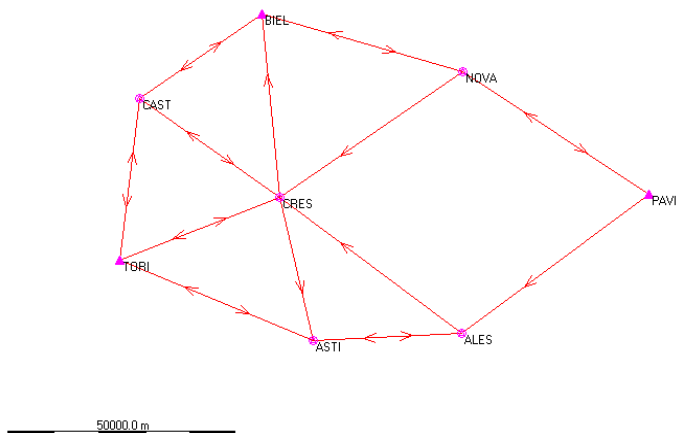


Figura 3 – Compensazione a rete degli schemi di baseline realizzati sulle due settimane di dati con il software Leica Geo Office.

Nel software LGO il trattamento è a baselines indipendenti ed è naturalmente molto semplificato rispetto al software Bernese: si può agire su pochi parametri e gli input forniti al programma sono i file in formato RINEX delle stazioni e le correzioni del centro di fase delle antenne. Le basi sono state poi, con lo stesso software, compensate a rete.

I vincoli della compensazione a rete in questo caso non sono più le stazioni IGS, distanti centinaia di chilometri, ma le tre stazioni della rete regionale di cui si disponevano le coordinate ETRF2000-RDN ufficiali pubblicate dall'IGM (le stazioni TORI, BIEL e PAVI indicate con un triangolo in Figura 2). Sono state così ricavate le coordinate delle stazioni della rete direttamente nella Rete Dinamica Nazionale.

La compensazione della rete con LGO è avvenuta trattando 237 misure (79 basi) con tre vertici di coordinate note e otto di coordinate incognite. L'85% delle misure aveva ridondanza locale tra il 90% e il 100% ed il rimanente tra l'80% ed il 90%. Il 94% delle misure ha superato il W-test e 87% delle misure ha superato il t-test. Gli scarti minimi e massimi sono sempre sulle componenti altimetriche dei vettori di base. Vanno da -0.033mm per ALES-PAVI a +0.021mm per ALES-CRES. Entrambi questi residui non superano i test e dette misure non sono poi riutilizzate in compensazione. Gli rms dei residui, a media nulla, sono di 7mm. L'affidabilità esterna sulle coordinate è sempre molto buona. In altimetria è di circa 5-6 dmm e raggiunge 1 mm per NOVA.

Confronto dei risultati

Come detto nell'introduzione, lo scopo del presente lavoro è constatare se l'utilizzo della Rete Dinamica Nazionale permetta l'inquadramento di reti regionali utilizzando programmi commerciali di trattamento dati GNSS invece software scientifici.

A tal proposito, nella tabella 4 vengono riportate le coordinate ETRF2000-RDN ottenute sia con il software Bernese che con il software Leica Geo Office; la tabella 5 riporta invece le differenze tra le due triplette di coordinate.

Come si osserva dalla Tabella 5, il risultato ottenuto è molto buono: le differenze tra le coordinate stimate con Bernese e quelle stimate con Leica Geo Office sono millimetriche in planimetria e di alcuni centimetri (al massimo 2 centimetri) in altimetria.

Differenze più elevate in altimetria che in planimetria sono probabilmente da imputarsi ad una debolezza dei software commerciali, che non considerano del tutto gli effetti astronomici e fisici (es., le maree terrestri) che influenzano il processamento GNSS.

Tabella 4 - Coordinate delle stazioni della rete stimate in RDN con il software Bernese e con il software Leica Geo Office.

	Coordinate Bernese			Coordinate LGO		
	E [m]	N [m]	h [m]	E [m]	N [m]	h [m]
ALES	469720.753	4974482.190	146.152	469720.756	4974482.188	146.141
ASTI	437096.788	4972783.420	207.037	437096.789	4972783.419	207.024
CAST	398959.237	5026719.810	413.502	398959.234	5026719.809	413.508
CRES	429756.322	5004716.534	211.203	429756.322	5004716.534	211.182
NOVA	469812.414	5032706.070	218.579	469812.414	5032706.071	218.569

Tabella 5 – Differenze tra le coordinate stimate dai due software.

	Differenze tra le coordinate		
	E [m]	N [m]	h [m]
ALES	-0.003	0.001	0.011
ASTI	-0.001	0.002	0.013
CAST	0.003	0.001	-0.006
CRES	-0.001	0.000	0.021
NOVA	0.000	-0.001	0.010

La compensazione con LGO infatti non metteva in evidenza particolari problemi sulla stazione di CRES. Per tali motivi, se si desidera utilizzare questi programmi commerciali è raccomandato il trattamento di serie temporali decisamente più lunghe, ad es. 30 o 45 giorni di misure.

Conclusioni

Dai risultati ottenuti si può concludere che, con opportune cautele per l'altimetria, la Rete Dinamica Nazionale permette l'inquadramento di misure GNSS con l'uso di programmi commerciali in zone limitate alle Regioni italiane senza far necessariamente ricorso a programmi scientifici.

Il presente lavoro è stato condotto nell'ambito del Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale PRIN 2008 "Il nuovo sistema di riferimento geodetico italiano: monitoraggio continuo e applicazioni alla gestione e al controllo del territorio" coordinato dal prof. Fernando Sansò.

Riferimenti bibliografici

Biagi L., Caldera S., Crespi M., Manzano A., Mazzoni A., Roggero M., Sansò F. (2007), "Una rete GNSS di ordine zero per i servizi di posizionamento in Italia: alcune ipotesi e test", *Atti della XI conferenza ASITA*, Torino, vol. 1, pp. 387-388.

Biagi L., Caldera S., Visconti M.G. (2007), "Data Quality and Coordinate Monitoring for a Permanent Network: Proposals and Experiences", *ION 2007 GNSS Proceedings*, Fort Worth, pp. 687-698.

EPN Coordination Group (2010), *Guidelines for EPN Analysis Centres*, disponibile su http://www.epncb.oma.be/_organisation/guidelines/guidelines_analysis_centres.pdf

Sitografia

Rete Dinamica Nazionale IGM: <http://87.30.244.175/rdn/rdn.php>

Rete GNSS IGS: <http://igscb.jpl.nasa.gov/network/netindex.html>

Rete GNSS Regione Piemonte: <http://www.vercelli.polito.it/civili/topo0103.htm>

Bernese GPS versione 5.0: <http://www.bernese.unibe.ch/>

Leica Geo Office: http://www.leica-geosystems.it/it/Leica-Geo-Office_4611.htm