

Validazione del software NDA Professional per la compensazione di reti di stazioni permanenti GNSS

Marco Fermi (*), Stefano Caldera (**), Massimiliano Chersich (***), Marco Osmo (***)

(*) Galileian Plus s.r.l., via V. G. Galati, 87, 00155 Roma, Tel. +39-06.86325154, Fax +39-06.86326456
mfermi@galileianplus.it;

(**) Politecnico di Milano, DIAR c/o Polo Regionale di Como, via Valleggio 11, 22100 Como, Italy
+39-031.332.7528, Fax:+39-031.3327519
stefano@geomatica.como.polimi.it;

(***) Galileian Plus s.r.l., c/o EUCENTRE, Università di Pavia, via Ferrata 1, 27100 Pavia, Tel: +39-0382.524482
mchersich@galileianplus.it; mosmo@galileianplus.it

Riassunto

NDA Professional è un software italiano sviluppato dalla Galileian Plus s.r.l. per la compensazione dati GNSS di stazioni permanenti. Esso deriva da un precedente *tool* SW (NDA Lite) sviluppato da FMR Spazio (ora Galileian Plus) per il monitoraggio di deformazioni locali da reti GNSS permanenti e dalle librerie scientifiche Open Source per il processamento dati GNSS sviluppate in collaborazione con il Politecnico di Milano nell'ambito del progetto GEOGPS (co-finanziato da ASI). Fino ad oggi Galileian Plus ha utilizzato tale SW come asset interno e contribuito in kind in altri progetti, ma recentemente si è valutato che esso fosse sufficientemente maturo per la sua commercializzazione e in grado di competere con i più quotati software scientifici di processamento dati di reti su scala regionale ed oltre. Per dimostrare ciò si è avviata, in collaborazione con il Politecnico di Milano, una estesa validazione delle prestazioni di NDA Professional rispetto al Bernese assunto come SW di riferimento. In questa comunicazione descriviamo, seppure in via preliminare, essendo la validazione ancora in corso, l'approccio seguito e i principali risultati fin qui ottenuti.

Abstract

NDA Professional is a software developed from scratch in Italy by Galileian Plus s.r.l. for permanent receiver GNSS networks adjustment. It represents the evolution from an FMR Spazio (now Galileian Plus) SW tool (NDA Lite), for GNSS network deformation monitoring on local scale, and the GNSS data processing OS scientific libraries, developed together with Politecnico di Milano in the frame of GEOGPS project (co-funded by ASI). Up to now, Galileian Plus used this SW as an internal asset and as a contribution in kind to other project, but recently it has been recognized mature for the commercialization and to compete with the highly-rated scientific data processing software on regional scale and beyond. For this purpose, in collaboration with Politecnico di Milano, a comprehensive validation test of the NDA Professional performance versus Bernese SW, assumed as reference, has been started. The validation is still in progress and in this communication the overall approach and the main preliminary results are described.

Introduzione

La disponibilità di Reti di stazioni GNSS permanenti abilita utilizzi di interesse scientifico ed applicativo per la conoscenza, la gestione ed il monitoraggio del territorio grazie all'offerta di servizi di posizionamento. Fondamentale per l'affidabilità e la continuità del medesimo, oltre alla qualità dei dati distribuiti, è il mantenimento del sistema di riferimento in cui le stazioni permanenti sono inquadrate. A questo scopo, esistono diversi software che consentono di ottenere soluzioni di rete. NDA Professional si colloca in questo ambito come soluzione competitiva sviluppata

interamente in Italia. NDA Professional è evoluto da un precedente *tool* denominato NDA Lite, sviluppato da FMR Spazio ora Galileian Plus, per il monitoraggio di deformazioni di reti GNSS permanenti locali e dalle librerie scientifiche Open Source per il processamento dei dati GNSS sviluppate con il Politecnico di Milano nell'ambito del progetto GEOGPS su co-finanziamento ASI. Il progetto NDA Lite è nato nel 2002 come strumento per il monitoraggio geodetico mediante reti GNSS permanenti su scala locale. Esso è stato fortemente orientato alle esigenze operative del monitoraggio e, quindi, caratterizzato da un uso semplice ed intuitivo, da funzionalità di processamento automatico per le attività di carattere routinario, e da un ambiente integrato di post processamento in cui effettuare analisi grafiche e statistiche sulle serie storiche delle soluzioni ottenute (Chersich, 2002). Pensato per applicazioni di monitoraggio geofisico (frane, vulcani, faglie attive, fenomeni di bradisismo) e di monitoraggio strutture, è stato impiegato con successo, ad esempio, nel monitoraggio della frana di Cortenova (Chersich, Crosta, 2004).

NDA Lite ha iniziato l'evoluzione verso NDA Professional, ai fini della compensazione di reti GNSS di carattere regionale con linee di base $O(1000Km)$, con il progetto GEOGPS (Biagi et al., 2004), progetto co-finanziato da ASI e sviluppato in stretta collaborazione con il Politecnico di Milano – DIIAR, e, successivamente, verso il processamento in modalità *multi-constellation* attraverso l'inclusione nel software della capacità di processamento dei dati GALILEO con il progetto GEOLOCALNET (Chersich et al., 2007), co-finanziato dalla *GNSS Supervisory Authority* in ambito FP6.

NDA Professional nasce quindi dall'integrazione dei prototipi sviluppati nei progetti GEOGPS e GEOLOCALNET, ed è attualmente in uso all'interno del progetto SISMA, uno dei progetti pilota finanziati da ASI e che vede come utente il Dipartimento della Protezione Civile della Regione Friuli, per lo sviluppo di un sistema che, integrando metodologie di monitoraggio derivate da tecniche SAR interferometriche, GNSS e dall'analisi sismologica, contribuisca alla mitigazione della pericolosità sismica. (Barzaghi et al., 2009).

Pur essendo ampiamente utilizzato in diversi progetti NDA Professional non è mai stato estesamente validato verso standard di tipo scientifico quali il Bernese o altri. Al fine di candidare NDA Professional come soluzione italiana competitiva con tali SW, sia in ambito scientifico che commerciale, si è deciso di avviare un progetto di validazione estesa delle prestazioni di NDA Professional anche ai fini di definire un programma di manutenzione evolutiva del prodotto stesso.

Definizione del test e risultati numerici

Per valutare in modo rigoroso ed esaustivo le prestazioni di NDA Professional, queste sono confrontate con i risultati ottenuti utilizzando il software Bernese 5.0 elaborando un mese di dati della rete GNSS della Regione Umbria e un mese di dati di una sottorete EUREF su scala Europea. Attualmente è in corso la prima fase della validazione relativa alla rete Umbra.

La rete scelta (Figura 1) si compone di:

- 13 stazioni permanenti appartenenti alla rete umbra;
- 7 stazioni permanenti appartenenti alla rete internazionale IGS, da utilizzare come riferimento per l'inquadramento;
- 5 stazioni permanenti appartenenti alle reti EPN/EUREF e RDN (Rete Dinamica Nazionale), utili per l'inquadramento della rete nel sistema cartografico italiano RDN.

Nota: anche due stazioni ombre (UNPG e UNTR) rientrano in questa categoria.

Per condurre le elaborazioni si è scelto di utilizzare un set di un mese di dati, dal 14 Marzo 2010 al 10 Aprile 2010 (GPSWEEK da 1575 a 1578); si ritiene la lunghezza di tale periodo un giusto compromesso tra buona numerosità del campione e sforzo computazionale in termini di tempo.

Ad un primo confronto i risultati dei due SW sono trovati in accordo a livello di qualche cm sulla stima delle coordinate confermando così i risultati anche di precedenti confronti maturati in ambito di dimostrazione del progetto GEOGPS. Un'analisi più attenta ha comunque evidenziato che, in generale, tra le due soluzioni si osserva la presenza di un bias sistematico, in particolare in quota, ed in generale la soluzione di NDA Professional si mostra più rumorosa di quella ottenuta con il

Bernese. Prima di procedere ad un'analisi di dettaglio della soluzione di rete nel suo complesso, ci si è concentrati sulla soluzione di base singola partendo dall'analisi della linea di base MATE – ITRA (Matera – Roseto degli Abruzzi) per comprendere l'origine delle discrepanze osservate che, nel caso in oggetto, risultano particolarmente significative.

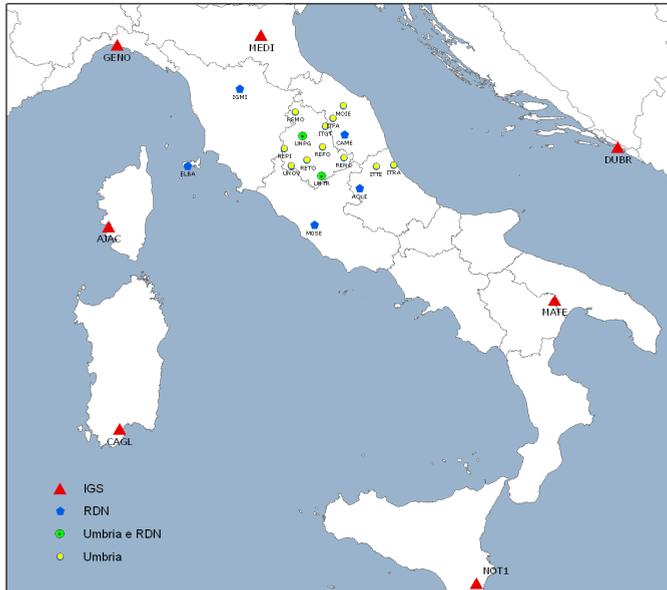


Figura 1 – La rete del test di validazione.

A tale scopo si è individuato un certo numero di parametri intermedi da cui dipende la stima delle coordinate e di altri parametri di interesse su cui effettuare il confronto tra i risultati ottenuti dai due SW. In particolare per la parte di preprocessing dei dati si sono confrontati i seguenti parametri:

- stima del *clock* delle stazioni;
- posizioni dei satelliti;
- troposfera (utilizzando il modello di Saastamoinen proiettato);
- ritardo del *clock* di satellite;
- distanza geometrica ricevitore-satellite dopo la stima del *clock*;
- elevazioni e azimuth dei satelliti a valle della stima del *clock*.

Per la parte di processing vero e proprio sono stati individuati i seguenti parametri:

- numero di singole differenze;
- numero di doppie differenze;
- numero dei cycle slips identificati;
- numero di ambiguità da fissare;
- numero di ambiguità fissate;
- valori a cui le medesime risultano fissate.

I risultati che discuteremo in questa presentazione si limitano al confronto relativo al preprocessing, in particolare nell'istogramma di Figura 2 si mostra l'andamento delle differenze tra NDA Professional e Bernese per la stima dell'orologio della stazione ITRA al doy 2010-075. Come si vede queste differenze sono centrate attorno a '-1m' con deviazione standard di circa 0.3m. Questo risultato indica una discrepanza nella stima dell'orologio di qualche *ns* e una dispersione della stima $O(1ns)$.

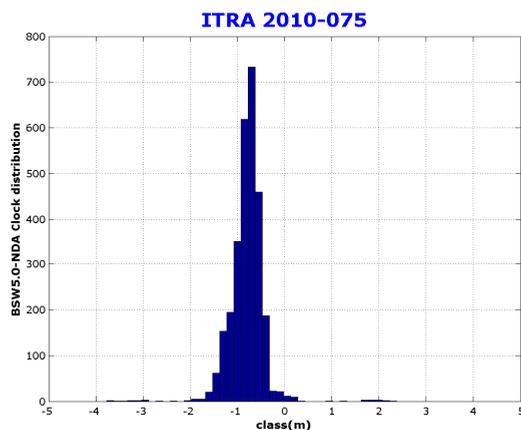


Figura 2 – Differenze nella stima del clock della stazione ITRA.

Ovviamente tali differenze sono correlate con quelle di altri parametri quali la stima della distanza geometrica ρ tra ricevitore e satellite il cui andamento tipico è mostrato in Figura 3:

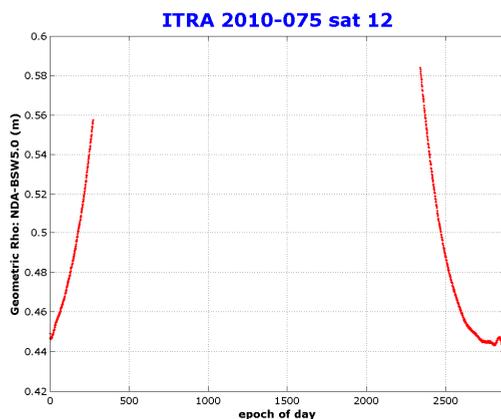


Figura 3 – Differenze nella stima della distanza ρ dopo la stima del clock della stazione di ITRA sul satellite 12.

Come evidente dal grafico la differenza tra le stime di ρ cresce con il diminuire dell'elevazione; ciò dimostra come esso sia dipendente almeno in parte ad una discrepanza tra i SW nella modellazione dell'errore troposferico, come risulta confermato nella Figura 4 relativa al medesimo satellite. Le origini di tale discrepanza sono al momento in fase di approfondimento.

La discrepanza nella stima della troposfera non spiega comunque le differenze nel ρ (che è tre volte superiore), anche se la somma dei due è consistente con la discrepanza nella stima dei clock delle stazioni. A completamento dell'analisi si sono confrontate le posizioni dei satelliti, alle epoche delle osservazioni, utilizzate nei due SW. Anche in questo caso si osservano delle differenze di molte decine di cm tra le posizioni utilizzate in NDA Professional e nel Bernese. E' utile sottolineare che, nel caso di NDA Professional, le posizioni dei satelliti sono ottenute dalla interpolazione delle effemeridi precise fornite da IGS, mentre, nel caso del Bernese, esse sono frutto di una modellizzazione usando la dinamica orbitale. I vettori di stato di partenza della propagazione sono probabilmente le soluzioni dello stesso Bernese su scala globale. Il confronto tra i due SW mostra che Bernese è in disaccordo anche con le stime IGS.

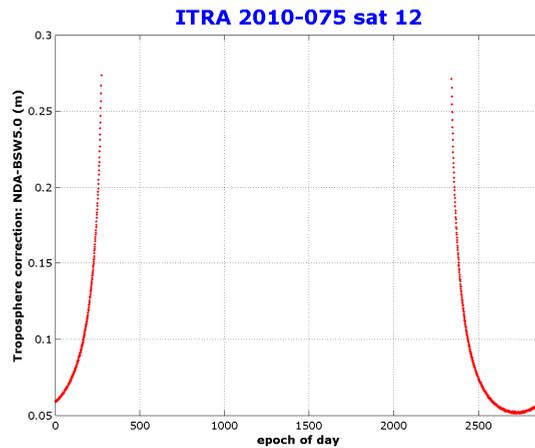


Figura 4 – Differenze nella modellazione dell'errore troposferico della stazione di ITRA sul satellite 12.

Le soluzioni di NDA Professional, infatti, alle epoche a cui sono date le effemeridi GPS, sono con esse coincidenti. Tale discrepanza potrebbe dipendere in parte dal fatto che le effemeridi IGS sono riferite al centro di massa del satellite, mentre quelle del Bernese lo sono al centro di fase, e in parte dal differente modo di propagazione dei satelliti tra NDA Professional e Bernese precedentemente presentato.

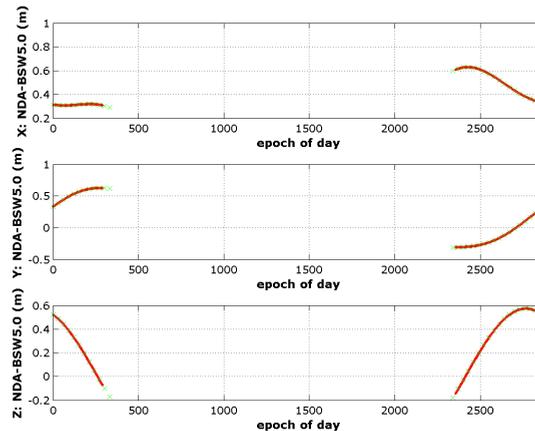


Figura 5 – Differenze nella posizione propagata del satellite 12. Linea rossa: differenza NDA-Bernese; croci verdi: differenza IGS-Bernese.

Pur applicando le trasformazioni tra centro di massa e centro di fase le discrepanze tra la soluzione ottenuta con NDA Professional e quella ottenuta con Bernese, seppur minori, risultano confermate come mostrato nel caso del satellite PRN=3. Attualmente è in fase di verifica il modello di trasformazione tra i due sistemi di coordinate.

L'analisi per spiegare le ragioni di questo insieme di discrepanze, in particolare per quanto riguarda la parte modellata (ritardo troposferico, ma anche gli effetti relativistici degli orologi dei satelliti) è ancora in corso. Allo stato attuale del confronto, comunque, possiamo osservare che:

- l'impianto complessivo dell'approccio adottato in NDA Professional per la fase di preprocessing è corretto, ovvero che tutti gli effetti rilevanti per il preprocessing sono considerati e modellati;
- esso ha permesso di aggiornare la procedura di stima del clock della stazione in NDA Professional mitigando la rumorosità della sua stima. Maggiori dettagli su questo importante aspetto di manutenzione evolutiva saranno forniti nella presentazione orale;
- sono confermati dei bias nell'ordine del metro sui diversi parametri, il cui impatto sul successivo processamento basato sulle doppie differenze è da ritenersi poco significativo. A questo proposito, comunque, è in corso un ulteriore approfondimento.

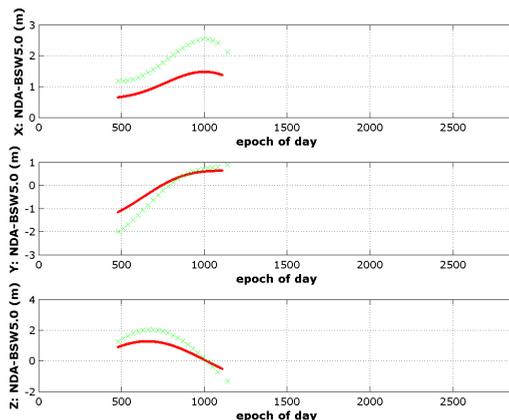


Figura 6 – Differenze nella posizione propagata del satellite 3. 12 Linea rossa: differenz NDA-Bernese; croci verdi: differenza IGS-Bernese.

Conclusioni

La validazione del SW NDA Professional vs il Bernese è stata avviata di recente. Il confronto, fin qui effettuato per la parte di preprocessing, mostra delle discrepanze che non risultano però essere pregiudizievoli al processamento geodetico di precisione basato sulle DD. Inoltre tale confronto sta fornendo indicazioni importanti per la manutenzione evolutiva del SW la cui implementazione è già stata avviata. Vi sono quindi segnali promettenti sulla possibilità di candidare con successo nel breve periodo NDA Professional come SW italiano allo stato dell'arte per la compensazione di reti GNSS permanenti non solo alla scala locale ma anche a scala regionale.

Bibliografia

- M. Chersich, A. De Giovanni, M. Osmo (2002) “NDA: un tool italiano per il processamento automatico di dati da reti GPS permanenti”, Atti della 6° Conferenza Nazionale ASITA, Perugia 5-8 Novembre 2002.
- L. Biagi, M. Chersich, F. Sansò, M. Osmo, F. Vespe (2004) “GEOGPS: una libreria Open Source per la compensazione dati GPS da ricevitori permanenti”, Atti della 8° Conferenza Nazionale ASITA, Roma 14-17 Dicembre 2004.
- M. Chersich, M. Fermi, M. C. De Lacy, A. J. Gil, M. Osmo, R. Sabadini and B. Stopar (2007) “Galileo Data processing for Geophysical Monitoring: the GEOLOCALET project”, Proceedings of ENC-GNSS 2007, 29 May-1 June 2007, Geneva, Switzerland.
- R. Barzaghi, M. Osmo, A. Borghi, L. Cannizzaro, M. Chersich, M. Fermi (2009) “Role of GPS data analysis in seismic hazard assessment in the frame of SISMA project”, Proceedings of ENC-GNSS '09, May 3-6 2009, Naples, Italy.