

APPLICAZIONI IN POST-PROCESSAMENTO E IN REAL-TIME SU RETI LOCALI DI STAZIONI PERMANENTI GPS/GNSS

Fabio RADICIONI*, Aurelio STOPPINI*

* Università degli Studi di Perugia, D.I.C.A., Via G.Duranti 93 - 06125 Perugia
Tel. 075/5853765 - Fax 075/5853756 - E-mail topos@unipg.it

Riassunto

In questo lavoro vengono presentate una serie di applicazioni delle reti regionali e locali di stazioni permanenti GPS/GNSS, da problematiche a carattere generale e scientifico come la georeferenziazione e l'inquadramento nei vari datum ad altre più specifiche come l'aggiornamento catastale o il catasto stradale. A scopo di esemplificazione, vengono presentati e analizzati i risultati di alcune elaborazioni ed applicazioni di rilievo eseguite utilizzando le reti di stazioni permanenti istituite o realizzate in collaborazione con il DICA. Le analisi riguardano sia aspetti metrici (stabilità del datum, accuratezza, ripetibilità, affidabilità dei dati di posizione ottenuti) che quelli operativi legati alla ricerca delle più convenienti metodologie utilizzabili, in post-processamento o in tempo reale.

Abstract

In this paper are presented some applications on regional and local networks of GPS/GNSS permanent stations, from general and scientific purposes like georeferencing and datum definition to more specific ones like cadastral maps updating or road cadastre. As example are presented and analyzed the results of some elaborations and survey applications carried out on the permanent stations networks set up by or realized in collaboration with DICA. The analyses refer to metric aspects (datum stability, accuracy, repeatability, affordability of the positions computed) as to the search for the more convenient operating methodologies in post-processing or in real time.

1. Introduzione

Le reti locali e regionali di stazioni permanenti GPS/GNSS, caratterizzate da una elevata densità territoriale (fino a circa 40 km di interdistanza media), consentono l'espletamento di una serie di attività e la fornitura di servizi all'utenza di tipo diverso da quelli consentiti da una rete globale a maglia larga nata per scopi prevalentemente scientifici. Le applicazioni possibili riguardano settori di attività come quello del Catasto Terreni ed Urbano, del Catasto Strade, dell'aggiornamento e produzione cartografica, del tracciamento di opere di ingegneria ed infrastrutture. A seconda dei casi risultano più o meno vantaggiose le tecniche di posizionamento in post-processamento o quelle in tempo reale. Obiettivo del presente lavoro è quello di individuare, in una serie di casi tipici e significativi, l'approccio operativo più opportuno, stabilendo dei criteri di impiego dei dati delle stazioni permanenti da cui ricavare linee-guida per l'utenza. Dal punto di vista metodologico, si è cercato di simulare e riprodurre per quanto possibile le condizioni sperimentali in cui si può trovare un utente medio tipico dei diversi ambiti di applicazione.

2. La rete utilizzata per la sperimentazione

Le sperimentazioni eseguite e in corso utilizzano i dati della rete di stazioni permanenti GPS/GNSS dell'Italia centrale operata dal Laboratorio di Topografia (*LabTopo*) del DICA (Radicioni e Stoppini, 2004), e della rete di stazioni permanenti della Regione Umbria recentemente realizzata. Si hanno così complessivamente a disposizione, allo stato attuale, 20 stazioni permanenti ubicate in Um-

bria e nelle regioni limitrofe, con un'interdistanza media dell'ordine dei 40-50 km (v. fig. 1). La maggior parte delle stazioni sono dotate di ricevitori GPS/GLONASS.



LabTopo Università degli Studi di Perugia
Laboratorio di Topografia

Introduzione

Resp: Prof. Ing. Fabio Radicioni

Stazioni
Permanenti
GPS/GLONASS

- **Introduzione**
- **Ascoli Piceno**
- **Città della Pieve**
- **Città di Castello**
- **Città di Castello (REMO)**
- **Cortona**
- **Fabriano**
- **Foligno**
- **Gualdo T.**
- **Gubbio**
- **Moie**
- **Montedoglio**
- **Norcia**
- **Orvieto**
- **Perugia UNPG**

- SITO IN COSTRUZIONE -

Benvenuti nella sezione dati del laboratorio di Topografia dell'Università di Perugia.

Tutti i dati sono attualmente forniti in forma sperimentale e gratuita

Per selezionare la stazione cliccare sulla mappa interattiva o direttamente sul Menù.



Per qualsiasi informazione il nostro staff è a vostra disposizione presso topos@unipg.it

Fig. 1 – Home page del sito web del Laboratorio di Topografia del DICA:
<http://labtopo.ing.unipg.it/labtopo/index.php>

3. Georeferenziazione e inquadramento della rete

È stato effettuato un calcolo della rete *LabTopo* con il software Bernese versione 5.0, in grado di processare dati GPS + GLONASS. Sono stati utilizzati dati giornalieri con campionamento a 30 secondi di 16 stazioni (quelle al momento disponibili), relativi a quattro diverse giornate, effettuando una compensazione per ogni giornata, a minimi vincoli (fissando le coordinate della stazione UNPG inquadrata nella rete EUREF), utilizzando le effemeridi precise BKG. Si è poi calcolata una soluzione combinata delle quattro giornate. Le coordinate stimate presentano accuratezze millimetriche, e le differenze tra le soluzioni giornaliere e quella combinata sono risultate ovunque inferiori al centimetro.

E' prevista a breve l'esecuzione di un nuovo calcolo includente tutte le stazioni, anche quelle di più recente acquisizione, nel datum IGb00.

Ai fini della georeferenziazione della rete nel sistema ETRS89-IGM95, indispensabile per gli impieghi tecnici della rete stessa, un nuovo calcolo in blocco verrà eseguito non appena si disporrà dei dati della rete geodetica di raffittimento della Regione Umbria (Ciarapica et al., 2004), i cui lavori dovrebbero essere completati entro il 2006.

4. Effetto della troposfera

Il calcolo di compensazione sopra descritto è stato ripetuto applicando in alternativa i due modelli troposferici più comunemente utilizzati (Hopfield e Saastamoinen). In entrambi i casi l'accuratezza delle soluzioni è risultata di ordine millimetrico. La maggior parte delle differenze tra le coordinate ottenute sono contenute nel range di ± 2 mm, come si può osservare dai grafici riportati in figura 2. Non sono individuabili particolari sistematismi nelle coordinate calcolate con un modello rispetto all'altro.

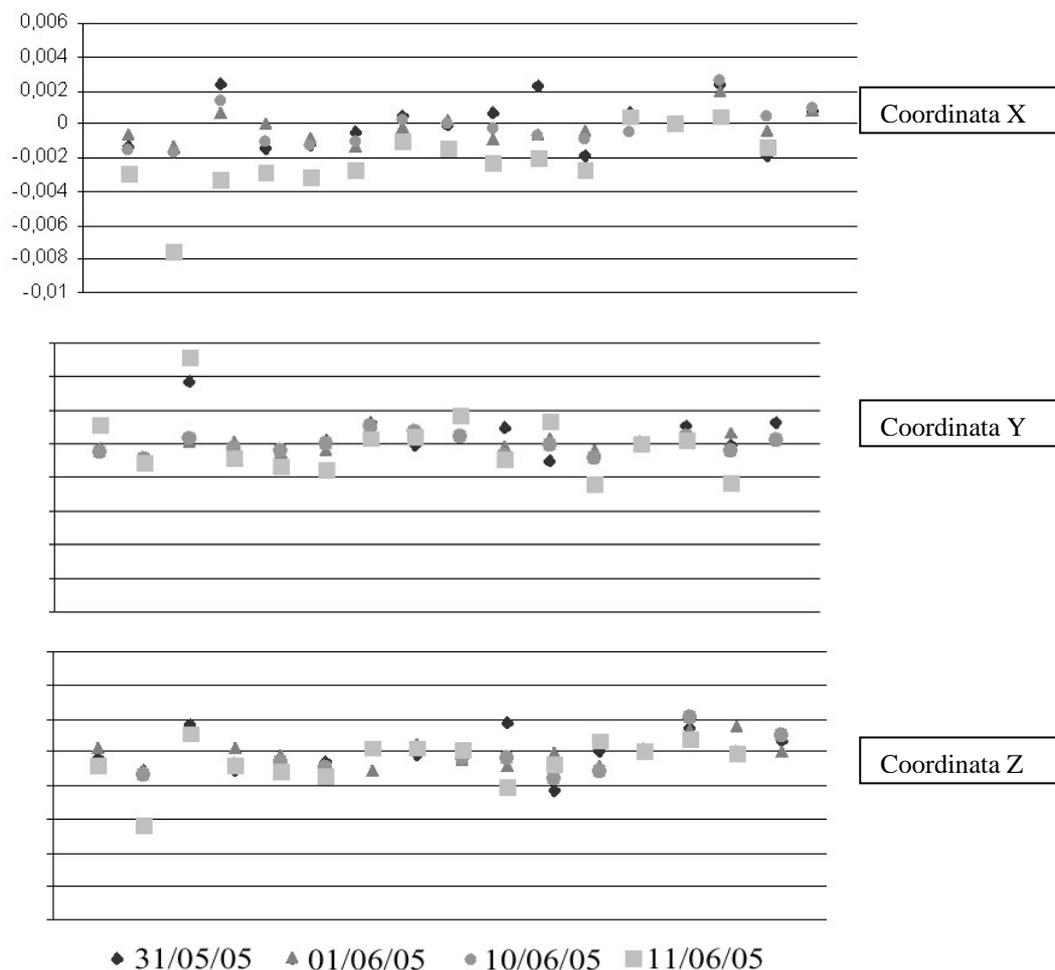


Fig. 2 – Scarti tra le coordinate ottenute in 4 soluzioni giornaliere utilizzando i modelli troposferici di Hopfield e di Saastamoinen

5. Confronto con software commerciali

Per l'elaborazione delle reti di stazioni permanenti è opportuno utilizzare software di tipo scientifico quale il Bernese che consente di ottenere soluzioni di alta stabilità e ripetibilità. A fini comparativi, nel caso in oggetto, l'elaborazione degli stessi dati di cui al punto 3 è stata ripetuta anche con

un software commerciale (Geogenius della Spectra Precision Terrasat), che segue un approccio singola base senza tenere in conto le correlazioni tra le basi della rete.

Come prevedibile, l'accuratezza delle coordinate ottenute con la soluzione Geogenius è risultata inferiore a quella ottenuta con il Bernese 5.0, pur restando contenuta entro valori subcentimetrici per tutte le stazioni della rete. Gli scarti tra le due soluzioni sono tuttavia di maggiore entità, raggiungendo anche alcune decine di millimetri, come si nota nel grafico di figura 3 che mostra, a titolo di esempio, la sola coordinata X (le altre hanno comportamenti analoghi).

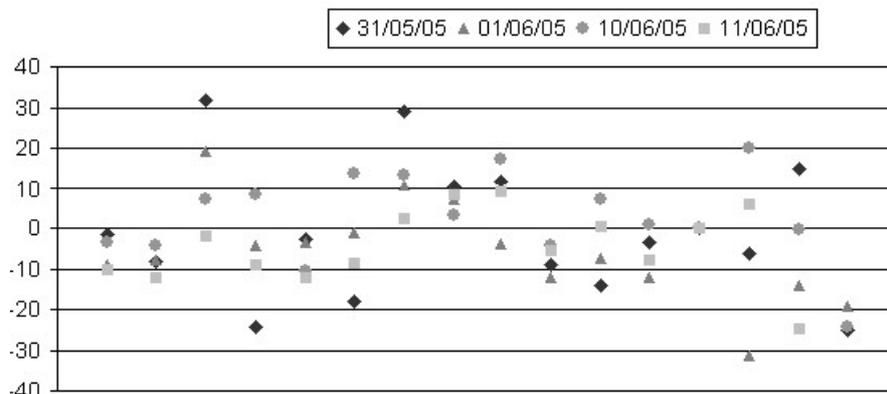


Fig. 3 – Scarti tra le coordinate X ottenute in 4 soluzioni giornaliere utilizzando il software Bernese 5.0 e il software Geogenius

6. Elaborazioni automatiche con BPE

Una rete di stazioni permanenti permette di raccogliere una notevole quantità di dati associati ad ogni sito. E' evidente l'opportunità, per elaborare tali moli di dati, di impiegare procedure automatizzate, soprattutto nei casi in cui i calcoli debbano essere ripetuti periodicamente. Il software Bernese fornisce a tale scopo il modulo BPE (Bernese Processing Engine). Esso esegue sostanzialmente una lista di programmi definiti in un Process Control File (PCF), stabilendo le opzioni relative all'esecuzione mediante una option directory specificata nel PCF. Il BPE viene impiegato dal 1995 presso il CODE Analysis Center dell'IGS per l'elaborazione di routine della rete globale dell'IGS.

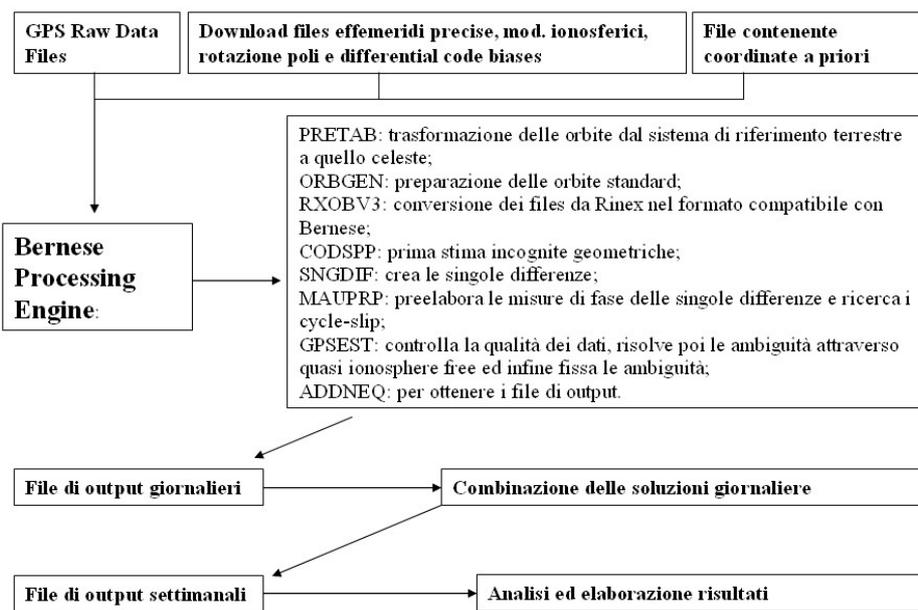


Fig. 4 – Schema della procedura automatizzata di analisi dei dati GNSS nel BPE

La rete *Labtopo* ha ormai raggiunto una dimensione tale da rendere necessaria l'implementazione di procedure automatiche per la periodica elaborazione dei dati provenienti dalle stazioni. Allo scopo è in corso di definizione una procedura BPE che elabora i dati giornalieri a 30 secondi, preventivamente sottoposti a controllo di qualità tramite software TEQC, fornendo soluzioni compensate giornaliere dell'intera rete. Attraverso combinazione delle soluzioni giornaliere si ottengono soluzioni settimanali della rete che consentono un affidabile controllo e aggiornamento della georeferenziazione delle stazioni.

7. Applicazioni cinematiche nel catasto stradale

Nel campo della progettazione e gestione di reti stradali i sistemi GNSS rappresentano uno strumento essenziale in quanto in grado di fornire una quantità di informazioni elevatissima sul tracciato oggetto del rilievo. Per ogni secondo (generalmente tale è l'intervallo di campionamento) si possono determinare posizione, velocità, e accelerazione del mezzo su cui è installato il ricevitore.

Il D.M. 1.6.2001 che istituisce e regola in Italia il Catasto Stradale prescrive che gli assi stradali vanno rilevati come sequenza di punti. L'indeterminazione nella posizione planimetrica di tali punti deve essere contenuta in un metro e la precisione della quota geoidica rispetto al riferimento altimetrico nazionale deve essere migliore di 5,0 m, con una precisione relativa tale che l'errore massimo nella pendenza sia dell'1%. Le esperienze compiute nell'ambito del Laboratorio di Topografia confermano che tali prescrizioni possono essere verificate e che le stazioni permanenti risultano estremamente utili.

La Provincia di Perugia, nell'ambito di una convenzione con la Provincia di Terni, ha recentemente operato il collaudo degli assi delle strade provinciali della Provincia di Terni, rilevati ai fini della costituzione del Catasto Strade. Tale controllo è stato effettuato in modalità cinematica impiegando i dati forniti dalla stazione permanente UNTR della rete *LabTopo*, con elaborazione in post-processamento.

Il confronto tra i risultati di un rilievo topografico convenzionale (eseguito a partire da vertici della rete IGM95 e della rete di raffittimento della Provincia) e quelli del tracciato cinematico ottenuto a mezzo di un veicolo strumentato, ha mostrato scarti ampiamente contenuti entro i limiti del D.M. citato, con scostamenti massimi di 0,48 m in planimetria (componente trasversale) e dello 0,38% nella valutazione della pendenza del profilo longitudinale.

8. Applicazioni a problematiche catastali

La normativa per i rilievi catastali di aggiornamento recentemente entrata in vigore, che si riflette nella versione 8.0 del software di pretrattamento geometrico dei dati, ha introdotto come noto la possibilità di utilizzare misure GPS/GNSS in alternativa o in aggiunta alle misure topografiche classiche.

Viene mantenuto il concetto base, presente nelle precedenti norme a partire dal 1988, di realizzare mediante le misure un collegamento ridondante tra l'oggetto del rilievo (nuovo confine o fabbricato) e la maglia dei punti fiduciali nella zona.

Lo schema tipico del rilievo di aggiornamento catastale mediante tecniche satellitari prevede il collegamento mediante corte baselines tra i punti fiduciali (con un minimo di tre) e i punti significativi dell'oggetto del rilievo (vertici di confine, spigoli di fabbricati, ecc.) con eventuale ricorso a misure ausiliarie locali effettuate con stazione totale nel caso di non stazionabilità dei punti con strumentazione GNSS a causa di ostruzioni (Radicioni e Stoppini, 2004, 2).

Si ritiene che le stazioni permanenti possano fornire un notevole contributo in questo tipo di rilievi, a titolo di esempio si segnalano alcune possibilità:

- verifica della congruenza geometrica ed eventuale rideterminazione della maglia dei punti fiduciali;
- stima locale di parametri di trasformazione tra il datum WGS84 e quello catastale (Bessel-Cassini/Soldner);

- rilevamento GPS/GNSS con appoggio diretto a reti regionali di stazioni permanenti, con diverse modalità (statica o RTK) e determinazione delle coordinate catastali mediante i parametri calcolati nella fase precedente; un rilevamento di questo tipo dovrà riguardare sia i punti che definiscono l'oggetto, sia, a scopo di controllo e nel rispetto della normativa, un numero adeguato di punti fiduciali

Una sperimentazione di queste proposte applicative è stata svolta nell'area di Città della Pieve (PG). Mediante collegamento alla rete di stazioni permanenti si è proceduto alla georeferenziazione nel datum WGS84 della maglia fiduciale relativa ad alcuni fogli di mappa. Si è quindi proceduto alla stima di parametri di trasformazione WGS84-Bessel validi localmente.

La sperimentazione, tuttora in corso, ha mostrato che sussistono difficoltà pratiche legate essenzialmente a una scarsa congruenza geometrica della maglia fiduciale come attualmente georeferenziata nel datum catastale. Tali incongruenze risultano abbastanza evidenti nella zona in oggetto. E' prevista un'estensione della sperimentazione ad altre zone per verificare l'applicabilità delle procedure prospettate.

9. Bibliografia

Sansò F., De Lacy M.C. (2001): Uno studio sulle diverse applicazioni del GPS e sul futuro sviluppo della rete di stazioni permanenti GPS sul territorio italiano orientato alla creazione di un servizio Geodetico Nazionale. Relazione interna International Geoid Service. Nel sito web <http://geomatica.ing.unico.it>.

F. Radicioni, A. Stoppini (2004): Istituzione di una rete di stazioni permanenti GPS/GNSS in Umbria. Atti della 8^a Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA), Roma, dicembre 2004

F. Radicioni, A. Stoppini (2004, 2): Esecuzione di rilievi catastali di aggiornamento con la tecnica GPS. Atti della 8a Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA), Roma, dicembre 2004

A. Ciarapica, G. Ferranti, F. Radicioni, A. Stoppini (2004): La rete geodetica di inquadramento della Regione Umbria. Atti della 8^a Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA), Roma, dicembre 2004

Nota

Il presente lavoro è stato parzialmente realizzato nell'ambito delle attività di ricerca del progetto COFIN-PRIN2004 "I servizi di posizionamento satellitare per l'e-government", Coordinatore Nazionale Prof. Fernando Sansò.