

GPS terminologia ed operatività: alcuni test di verifica tra teoria e prassi

Laura Baratin (*), Vittorio Grassi (**)

(*) DISBEF, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Via Santa Chiara 27, 61029 Urbino
Tel. +39 0722.304302, Fax +39 0722.304240, e-mail: laura.baratin@uniurb.it
(**) Libero professionista: e-mail: vittorio.grassi@tiscali.it

Riassunto

In questi ultimi anni, in alcuni convegni pubblici e nella letteratura tecnico-scientifica, si riscontra spesso un uso inappropriato di alcuni parametri nel rilievo eseguito con il sistema NAVSTAR e nella post elaborazione.

Si confonde la tecnica del rilievo statico con quella dello statico rapido; si parla di rilievo statico con tempi di acquisizione di 10 minuti; si usano intervalli di acquisizione non adeguati; si usa un valore dell'angolo di cut off inappropriato anche per rilievi di precisione; si fanno test di verifica della bontà di un rilievo RTK con acquisizioni ad 1 secondo per 24 ore, si affermano accuratizie nei risultati con precisioni millimetriche non sempre supportate da procedure rigorose e così via.

A questo proposito si sono analizzati anche alcuni capitolati per l'appalto dei lavori di rilevamento, affetti spesso, da questo tipo di problematiche.

Per cercare di fare chiarezza su questi argomenti da una parte si è verificata la terminologia e l'operatività, a volte contraddittoria, su una vasta bibliografia sia tecnica che scientifica; dall'altra parte sono stati effettuati dei test sui metodi di rilievo, in particolare statico e statico rapido e sulla post elaborazione quale verifica tra teoria e prassi. Per poter rispondere in modo esauriente alle domande di come può influire sulla bontà del risultato finale, la scelta dell'intervallo di acquisizione, oppure quella del tempo di osservazione in base alla lunghezza della linea di base, sono stati eseguiti dei test con linee di base di 5, 10 e 15 km. Il rilievo è stato fatto con ricevitori a doppia frequenza. La ricerca ha comportato 27 giorni di rilievo ed 80 giorni di post elaborazione. Si è voluto impostare il lavoro cercando di rispettare, sia nel rilievo che nella post elaborazione dei dati, una situazione di "normalità" nel senso che sono stati scelti siti dove la qualità delle osservazioni non fosse né eccezionale né pessima.

Si presentano alla fine i primi risultati di alcuni test a supporto di una chiarezza operativa che consenta di precisare in modo più puntuale, anche i contenuti di una futura documentazione tecnico-scientifica.

Abstract

In recent years, both in public and at conferences in the technical and scientific literature, it was found inappropriate use of some parameters in the survey carried out with the NAVSTAR system and post processing.

As an example we cite the most striking phenomena: the technique of the relief to be confused with that of rapid static, it comes with significant static acquisition times of 10 minutes, using inappropriate acquisition intervals, using a value of 'cut-off angle inappropriate for precision measurements, tests are made to check the goodness of a RTK with acquisitions to 1 second to 24 hours or more to get results saying with pinpoint precision, etc..

In this regard, we have analyzed some of the works contract for the procurement of collection and it was found that often suffer the same problems.

To try to clarify these issues on the one hand there was the terminology and at times contradictory operatives operating an extensive bibliography of technical and scientific.

On the other side of the tests were performed on survey methods, including static and rapid static and do post-processing that occurs between theory and practice. In order to answer fully the questions of how it can affect the goodness of the final result of the choice of the range, or the acquisition of the observing time based on the length of the baseline tests were performed with baselines of 5, 10 and 15 km. The survey was done with dual-frequency receivers Leica, while the baseline of 30 km was used Topcon always dual-frequency receivers. The research involved 27 days of relief and 80 days post-processing. We wanted to set the job trying to respect both in relief in the post-processing of data a situation of "normality" in the sense that sites were chosen where the quality of the observations was not great nor bad.

We have the end results of these tests to support a business that allows to specify clearly, in appropriate terms, even the substance of future technical and scientific documentation.

Introduzione

In questi ultimi anni, in alcuni convegni pubblici e nella letteratura tecnico-scientifica, si riscontra spesso un uso inappropriato di alcuni parametri nel rilievo eseguito con il sistema NAVSTAR e nella post elaborazione (v. Bibliografia).

A titolo di esempio: si confonde la tecnica del rilievo statico con quella dello statico rapido; si parla di rilievo statico con tempi di acquisizione di 10 minuti; si usano intervalli di acquisizione (sampling rate) inappropriati; si usa un valore dell'angolo di cut off inadeguato anche per rilievi di precisione; si fanno test di verifica della bontà di un rilievo RTK con acquisizioni ad 1 secondo per 24 ore si affermano accuratezze nei risultati con precisioni millimetriche non sempre supportate da procedure rigorose; si fanno elaborazioni di linee di base di pochi km con la tecnica "ionofree", ecc. A questo proposito si sono analizzati anche alcuni capitolati per l'appalto dei lavori di rilevamento, affetti spesso, da questo tipo di problematiche (v. Bibliografia).

Per cercare di fare chiarezza su questi argomenti da una parte si è verificata la terminologia e l'operatività a volte contraddittoria su una vasta bibliografia sia tecnica che scientifica; dall'altra parte sono stati effettuati dei test sul metodo di rilievo dello statico rapido e sulla post elaborazione quale verifica tra teoria e prassi. Per poter rispondere in modo esauriente alle domande di come può influire sulla bontà del risultato finale la scelta dell'intervallo di acquisizione in base alla lunghezza della linea di base sono stati eseguiti dei test con linee di base di 5, 10 e 15 km. Il rilievo è stato fatto con ricevitori a doppia frequenza della società Leica Geosystems. La ricerca ha comportato 27 giorni di rilievo ed 80 giorni di post elaborazione. Si è voluto impostare il lavoro cercando di rispettare sia nel rilievo che nella post elaborazione dei dati una situazione di "normalità" nel senso che sono stati scelti siti dove la qualità delle osservazioni non fosse né eccezionale né pessima. Si presentano alla fine i primi risultati di alcuni test a supporto di una chiarezza operativa che consenta di precisare in modo più puntuale, anche i contenuti di una futura documentazione tecnico-scientifica.

Metodi di rilievo e tecniche di post elaborazione

Alcuni richiami generali ai metodi di rilievo statico rapido e alla successiva post elaborazione dei dati per introdurre il contesto e la linea seguita nella determinazione dei test. Dalla vasta letteratura presente sull'argomento si può definire che il rilievo statico rapido si esegue solo su linee di base di lunghezza pari ad un massimo di 10 – 15 km, con un angolo di elevazione (cut-off) pari ad almeno 15 gradi (20° per precisioni elevate) e mai inferiore a 15°, in quanto i modelli di correzione dei disturbi troposferici e ionosferici partono solo e soltanto da 15°; infine la velocità o intervallo di acquisizione (sampling rate) va da 5 a 15 secondi. Questi sono i parametri considerati nei test eseguiti tralasciando, in questa fase, l'influenza del tempo di acquisizione, che sarà analizzato successivamente.

Sempre dalla letteratura tecnico-scientifica si afferma che una volta acquisiti i dati debbono essere elaborati con opportuni programmi forniti dalle case costruttrici degli strumenti i cosiddetti "programmi commerciali" oppure con programmi scientifici di cui i più noti sono il Bernese, o il Gipsy, non sempre alla portata di un utente medio. Prima dell'elaborazione vanno scelti opportuni parametri di calcolo tipo le frequenze da utilizzare, i modelli della troposfera e della ionosfera, e così via.

Per quanto riguarda i modelli della troposfera e della ionosfera, alcuni programmi ne offrono veramente molti ed è necessario che l'utente ne conosca l'esatto funzionamento per scegliere quello più adeguato alla situazione del rilievo in cui si trova ad operare. Inoltre molti software permettono anche di usare modelli "nulli" cioè senza l'influenza della troposfera o della ionosfera, con una perdita evidente della qualità dei risultati finali.

Una volta elaborati i dati, infine, quasi tutti i programmi forniscono dei test statistici sulla risoluzione delle ambiguità, sull'uso dei dati rilevati, e sulla bontà dei risultati avuti con parametri tipo "ratio", "contrast" od altri.

Maggiore attenzione va posta in questa fase di analisi dei dati in quanto la soluzione delle ambiguità deve essere totale. Se ci fossero 20 ambiguità da risolvere, ad esempio, devono essere risolte tutte e 20 e cioè il 100%; non risulta una buona soluzione se queste ambiguità non sono tutte risolte. Inoltre devono essere stati utilizzati tutti i dati rilevati, qualora il programma segnali che la percentuale dei dati fosse inferiore al 100% significa che ci sono stati dei problemi e che la soluzione presentata non è esatta. La bontà dei risultati può essere controllata anche con alcuni di questi parametri; per esempio se una soluzione ha un valore di ratio 4 ed un'altra di ratio 2 va preferita la prima soluzione alla seconda.

La posizione dei siti e le prove eseguite

I siti utilizzati per il presente lavoro sono posizionati come indicato nella fig. 1, la lunghezza approssimativa delle linee di base è rispettivamente: UFF – ABR2 = 5 km, UFF-BACCA = 10 km e UFF-TOR = 15 km. Il metodo di rilievo analizzato nei test eseguiti, come già accennato precedentemente, è stato quello statico rapido applicato su linee di base di 5, 10, e 15 km. In totale sono stati elaborati 2974 file così distribuiti:

- 1537 file per la linea di base di 5 km
- 831 file per la linea di base di 10 km
- 606 file per la linea di base di 15 km

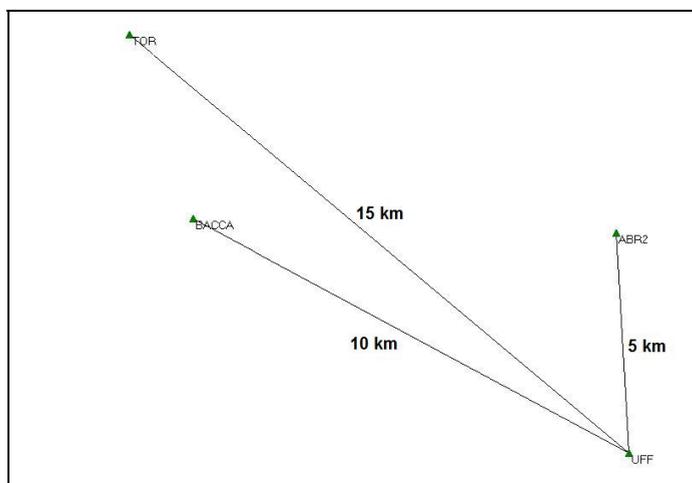


Figura 1 – Posizione dei siti utilizzate per le prove.

Per soddisfare anche alla domanda dell'influenza dell'intervallo di acquisizione sull'accuratezza della misura, le linee di base di 5, 10 e 15 km sono state rilevate con un intervallo di acquisizione di 5, 15 e 30 secondi. Il confronto dei risultati ottenuti nei vari test è stato effettuato con un valore ritenuto "vero" ottenuto con un rilievo statico della durata di 3 giorni su ciascuna linea di base con i seguenti parametri: Angolo di cut off = 15°, Sampling rate = 30".

Per la post elaborazione dei dati è stato utilizzato il programma LGO ver. 7.1, un programma commerciale, in modo da ritrovarsi nelle stesse condizioni di un operatore medio. I parametri scelti per l'elaborazione dei dati sono quelli indicati nella tabella riportata di seguito:

Cut-off angle:	15°
Ephemeris type (GPS):	Broadcast
Solution type:	Automatic
GNSS type:	Automatic
Frequency:	L1 and L2
Sampling rate:	Use all
Tropospheric model:	Computed
Ionospheric model:	Computed
Use stochastic modelling:	Yes
Min. distance:	8 km
Ionospheric activity:	Automatic

Gli interventi sui dati sono stati volutamente limitati all'eliminazione di un satellite nel caso in cui impedisse la corretta soluzione delle ambiguità, sempre nell'ottica di mettersi nelle condizioni di un utente medio, anche se il programma può consentire numerosi altri tipi di interventi.

Le linee di base elaborate sono state accettate solo se rispondevano ai requisiti esposti precedentemente, e cioè ad esempio:

- Total number of GPS ambiguities: 16
- Number of fixed GPS ambiguities: 16
- Percentage of fixed epochs (L1): 100%
- Percentage of fixed epochs (L2): 100%
- Percentage of fixed epochs (overall): 100%

Inoltre, per tutti i rilievi, il GDOP è sempre stato inferiore al valore 6 e le elaborazioni eseguite sono state fatte sempre sugli stessi dati. Ad esempio sui dati rilevati per la linea di base di 5 km, con un dato intervallo, sono stati eseguiti calcoli con differenti tempi di acquisizione. Sempre sulla stessa linea di base, stabilito il tempo, sono stati eseguiti calcoli con i diversi intervalli (Sampling rate).

Risultati dei test

Si riportano in forma sintetica i risultati avuti sui vari test eseguiti utilizzando come tempo di acquisizione quelli minimi prescritti. Le tabelle illustrano come variano i risultati al variare dell'intervallo e del tempo di acquisizione. I risultati esposti nelle tabelle che seguono sono espressi in m, mentre la latitudine e longitudine sono in secondi sessagesimali. I valori riportati nelle tabelle rappresentano la differenza tra lo scarto minimo e quello massimo avuto nel periodo di osservazione rispetto al valore avuto nel rilievo statico della stessa linea di base eseguito, come già riferito, con una acquisizione di 3 giorni continuativi con un angolo di elevazione di 15° ed un intervallo di acquisizione di 30 secondi.

Elaborazione 5 km 5 minuti								N° files
	m	m	m	sec.	sec.	m	m	elaborati
Intervallo	ΔX	ΔY	ΔZ	Δlat	Δlon	Δh	ΔD	
5 secondi	0.145	0.121	0.146	0.00201	0.00144	0.152	0.135	440
15 secondi	0.061	0.035	0.055	0.00194	0.00119	0.048	0.060	575
30 secondi	0.054	0.031	0.059	0.00167	0.00110	0.054	0.051	522

Tabella 1 – Risultati avuti per una base di 5 km al variare dell'intervallo.

Elaborazione 10 km 10 minuti								N° files
	elaborati	m	m	sec.	sec.	m	m	elaborati
Intervallo	ΔX	ΔY	ΔZ	Δlat	Δlon	Δh	ΔD	
5 secondi	0.293	0.115	0.200	0.00230	0.00305	0.350	0.055	300
15 secondi	0.102	0.072	0.093	0.00160	0.00262	0.132	0.053	268
30 secondi	0.094	0.042	0.084	0.00132	0.00130	0.126	0.037	263

Tabella 2 – Risultati avuti per una base di 10 km al variare dell'intervallo.

Elaborazione 15 km 15 minuti								N° files
	elaborati	m	m	sec.	sec.	m	m	elaborati
Intervallo	ΔX	ΔY	ΔZ	Δlat	Δlon	Δh	ΔD	
5 secondi	0.204	0.063	0.189	0.00148	0.00165	0.285	0.044	202
15 secondi	0.175	0.064	0.158	0.0013	0.00157	0.236	0.040	150
30 secondi	0.126	0.050	0.142	0.00120	0.00143	0.190	0.036	254

Tabella 3 – Risultati avuti per una base di 15 km al variare dell'intervallo.

Come si può notare l'aumento dell'intervallo di acquisizione comporta sempre, a qualsiasi lunghezza della linea di base, un aumento nell'accuratezza dei risultati.

E' noto che le osservazioni eseguite di notte sono molto più "pulite" di quelle eseguite di giorno. Nei test eseguiti le osservazioni sono state continuative e quindi anche di notte, in questo modo si è avuta la possibilità di isolare le osservazione diurne, nell'intervallo tra le ore 6:00 e le 22:00, da quelle notturne nell'intervallo tra le 22:00 e le 6:00.

Elaborando successivamente i dati su ciascuna linea di base, con i diversi intervalli di acquisizione, si è avuta la conferma che di notte l'accuratezza dei risultati è nettamente migliore di quella diurna a parità di condizioni (durata delle osservazione, intervallo di acquisizione, ecc.) soltanto nell'8% dei casi esaminati; mentre risulta leggermente migliore solo nel 13% dei casi esaminati. Entrambi i miglioramenti sembrano casuali in quanto indipendenti dalla lunghezza delle linee di base, dall'intervallo di acquisizione e dalla durata delle osservazioni.

Per brevità di esposizione si riportano nelle figure 2 e 3 le variazioni della quota relativa alla linea di base di 10 km rilevata con 30 secondi d'intervallo e 10 minuti di acquisizione dove si può vedere un netto miglioramento nell'accuratezza dei risultati.



Figura 2 – Variazione della quota durante il giorno.

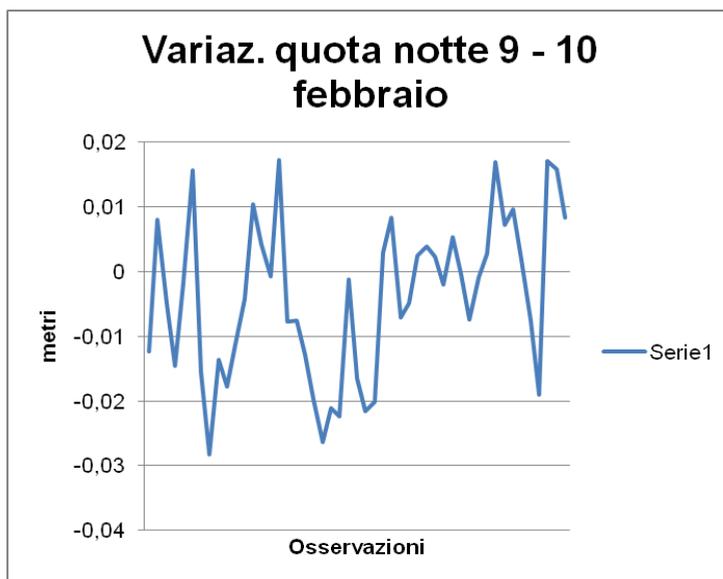


Figura 3 – Variazione della quota durante la notte.

Invece, nelle figure 4 e 5, che si riferiscono ad una linea di base di 5 km rilevata con 5 secondi d'intervallo e 10 minuti di acquisizione, si può notare che il miglioramento è poco significativo.



Figura 4 – Variazione della quota durante il giorno.



Figura 5 – Variazione della quota durante la notte.

Infine è da osservare che nel 79% dei casi osservati non si sono avuti miglioramenti e qualche volta (10%) i dati notturni sono peggiorati, a parità di condizioni, di quelli riscontrati di giorno.

Conclusioni

Dai test effettuati emerge chiaramente che con i parametri utilizzati per il rilievo e la post elaborazione dei dati si ottiene, a parità di altre condizioni, un'accuratezza che peggiora all'aumentare della lunghezza della linea di base. Tale accuratezza, invece, migliora, a parità di tempo, aumentando il sampling rate. Quindi, quando si desidera una elevata accuratezza bisogna portare le due variabili a tali valori. E' fortemente sconsigliato superare con lo statico rapido il rilievo di linee di base maggiori di 10 – 15 km in quanto l'accuratezza peggiora notevolmente.

Chiaramente si possono ottenere risultati notevolmente migliori sia con un più mirato intervento sui dati che con un corretto uso di programmi scientifici, che non sempre sono alla portata di un operatore medio per mancanza di una adeguata formazione.

Circa il miglioramento dell'accuratezza nei rilievi notturni, che non era propriamente l'oggetto dei test, si è avuto modo di constatare che di notte soltanto nell'8% dei casi esaminati l'accuratezza dei risultati è nettamente migliore di quella che si riesce ad ottenere di giorno; mentre è di poco migliore solo nel 13% dei casi esaminati. Questi valori sono troppo bassi per poter affermare che il miglioramento sia reale e soprattutto costante; entrambi i miglioramenti sembrano casuali in quanto indipendenti dalla lunghezza delle linee di base, dall'intervallo di acquisizione e dalla durata delle osservazioni, inoltre variano moltissimo da una notte a quella successiva.

Grazie a questi test si possono definire in modo appropriato alcuni termini relativi al rilievo statico rapido e alla post elaborazione, nonché alle modalità di applicazione, l'analisi fin qui condotta proseguirà analizzando le modalità di rilievo in tempo reale.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Leica Geosystems per aver messo a disposizione i programmi GNSS QC v2.1 ed LGO v. 7.1 ed un particolare ringraziamento va ai geometri Giuseppe Furfaro e Leonardo Massafra che hanno dedicato moltissimo tempo alla attività di rilievo dei dati.

Riferimenti bibliografici

- Guzzetti F., Poli A., Trebeschi A. (1998), "Realizzazione di reti GPS per l'appoggio cartografico: norme di capitolato", *Bollettino SIFET* 98, 4: 31-32
- Fiani M., Prezioso G. (2003), "Una rete GPS per il monitoraggio delle variazioni morfologiche delle coste", *Bollettino SIFET* 03,1: 39-41
- Betti B., Biagi L., Bellone T. (2008), "Dalle reti statiche alle reti dinamiche: reti per il tempo reale e IGM95 in Piemonte e Lombardia", *Bollettino SIFET* 08, 2: 34
- Banni A., Sanna G., Vacca G., Vivinet A. (2008), "La rete NRTK SARNET della Sardegna", *Bollettino SIFET* 08, 3: 25-26
- Giunta regionale del Veneto, 1999. *Capitolato per la realizzazione CTR Veneto*.
- Intesa Stato, Regioni, Enti Locali, 2001. *Specifiche tecniche raffittimento della rete fondamentale IGM95*.
- Comunità montana Valtellina di Sondrio, 2002. *Specifiche tecniche per l'esecuzione di raffittimento della rete geodetica fondamentale IGM95*: 5
- Regione Liguria, 2003. *Capitolato speciale d'appalto aggiornamento della carta tecnica in scala 1:5000 e 1:10000 con formazione di cartografia numerica 3D e data base topografico 2D*: 9-10
- Regione Toscana, 2004. *Specifiche tecniche per il raffittimento della rete geodetica fondamentale IGM95 nel territorio della regione Toscana*: 6
- Collegio dei Geometri della provincia di Brescia, 2008. *Specifiche tecniche per l'istituzione di reti tecniche con metodologia GPS*: 7-10
- DIAR Politecnico di Milano - Lombardia Informatica *Predisposizione degli standard regionali per il rilevamento e la gestione GIS delle reti tecnologiche - SPECIFICHE DI RILIEVO*: 4-5
- Federal Geodetic Control Committee (FGCC) 1988. *Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 1: Reporting Methodology*: 2-12.
- Federal Geodetic Control Committee (FGCC) 1988. *Geometric geodetic accuracy standards and specification for using GPS relative positioning technique*, version 5.0
- G.Gurtner, W. Roathacher, M. Wild, Frei, E (1990), "Relative static positioning with the Global Positioning System", *IAG Symposia Proceedings*, vol. 102
- Landau H (1990), "GPS processing techniques in geodetic network", *Second International Symposium on precise positioning with the GPS*, Ottawa, September 3-7: 373-386
- Frei E., Beutler G. (1990), "Rapid static positioning based on the fast ambiguity resolution approach", *Second International Symposium on precise positioning with the GPS*, Ottawa, September 3-7: 1196-1216
- Hoffman-Wellenhof B. (1992), "GPS Theory and practice", Springer-Verlag, New York: 118-134, 178-201
- Baratin L., Grassi V. (2010), "Topografia: teoria, applicazioni, esercizi", Pitagora Editore, Bologna: 276-278, 407-420, 449-450