

IL RILIEVO STATICO IN AMBITO FORESTALE: METODOLOGIE E COMPARAZIONI PER LA VERIFICA DELL'ACCURATEZZA DEGLI STRUMENTI GPS.

Gianluca BAMBI¹ - Tiziana TEI²

1. Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, via S.Bonaventura n.13 50145- Firenze, Tel 055/3288603, gbambi@unifi.it
2. Tesista presso il Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, via S.Bonaventura n.13 50145- Firenze

Riassunto

Oggi si fa sempre più uso della strumentazione GPS in ambito agrario e forestale in particolar modo per i rilievi della viabilità forestale, della sentieristica, dei perimetri delle particelle forestali per i Piani di Assestamento e per tutti quei progetti come la Valutazione di Impatto Ambientale o i Piani Territoriali di Coordinamento etc. Esistono in commercio strumenti GPS di varie categorie di precisione e prezzo. L'accuratezza di ciascun strumento la si può leggere sul manuale di istruzioni della casa produttrice. Tuttavia talvolta i valori riportati non vengono rispettati soprattutto quando si va a lavorare in posti in cui ci sono molti fattori che negativamente influenzano il rilievo (uno su tutti la copertura arborea). Con questa ricerca ci siamo proposti da una parte di indagare l'influenza della copertura arborea e dall'altra comparare più ricevitori (appartenenti a classi di accuratezza e prezzo diversi) al fine di determinare l'accuratezza di ognuno nel rilievo statico (standing alone).

Parole chiave: rilievo GPS statico, copertura boschiva, indici statistici, accuratezza e velocità rilievo in bosco

Summary

Today is in increasing the use of instrumentation GPS in agrarian and forest land for the forestry roads, for the path ways, the perimeters of forest parcels and all those plans as the Environmental Impact Assessment or the Territorial Plans of Coordination etc. In commerce exist many GPS of several categories of precision and price. The accuracy of every instrument can be read on the handbook of instructions of the house manufacturer. However sometimes the values doesnt respect above all when it is gone to work in places where there are many factors that negatively influence the data (like the arboreal cover). With this research we want to inquire the infuence of the arboreal cover and to compare more GPS (belonging to different classes for accuracy and price) to the aim to determine the accuracy of everyone in the static remark (standing alone).

Key words: GPS, static remark, arboreal cover

1. INTRODUZIONE

Tenendo presente le problematiche già note dei "GPS in foresta", si è proceduto al confronto di tre diversi ricevitori GPS (appartenenti a tre categorie di ricezione e di prezzo diverse) nel rilievo statico di alcuni punti al fine di valutare l'accuratezza del rilievo e il tempo minimo necessario di stazionamento per ottenere un rilievo speditivo e al tempo stesso più preciso possibile. Condizione, questa, di notevole importanza ai fini di un lavoro che richiede una certa velocità nel rilievo di più punti e una precisione relativa (vedi ad esempio nel rilievo di *Punti di Interesse* (waypoint) durante la progettazione di rete escursionistiche). Abbiamo

testato gli strumenti su tre punti di coordinate note con tre gradi di copertura differenti (dal 100% di copertura boschiva al campo aperto) e in tre giornate differenti per situazioni meteorologiche. I test sono stati effettuati in modo simultaneo, in modo che non ci fossero difformità temporali nei rilievi e con breve distanza dai punti così da non creare difformità spaziali. Scaricati i dati dei punti sia grezzi che mediati (solo in uno strumento) abbiamo proceduto alla loro immissione in un foglio di calcolo appositamente costruito per determinare il livello di accuratezza. L'accuratezza di una posizione stimata con i ricevitori GPS può essere espressa in più modi, l'indice da noi adottato è stato RMSE (*Round Mean Square Error*) ossia l'errore quadratico medio che statisticamente rappresenta l'intervallo entro il quale si distribuiscono le varie misure. In particolare, attraverso lo studio della distribuzione normale (o di Gauss) sappiamo che il 68% delle misure dovrebbe trovarsi all'interno dell'intervallo centrato sulla media e di estremi $+\sigma$ e $-\sigma$. Dove la deviazione standard (σ) si calcola come:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

2. MATERIALI E METODI

Per quanto riguarda i tre strumenti GPS testati questi appartengono alle seguenti categorie:

1. ricevitori da *orienteeering* di base (*Garmin eTrex Summit*) che hanno solamente funzionalità elementari e che, spesso, non consentono l'impostazione di parametri di rilievo;
2. ricevitori da *orienteeering* evoluti (*Garmin 76*) che hanno funzionalità più avanzate come quelle per la registrazione della traccia oppure la possibilità di impostare alcuni parametri;
3. ricevitori da *surveying* (*Trimble Pathfinder Pocket*) in grado di gestire i parametri di acquisizione (maschere di acquisizione) poiché muniti di *software* dedicato e in grado di supportare una correzione differenziale.

I parametri impostati nelle maschere dei ricevitori ha permesso di escludere possibili configurazioni satellitari e di ricezione del segnale sfavorevoli ai fini del rilievo.

Nello specifico i parametri impostati sono stati:

- acquisizione punti in *streaming*: 1 secondo;
- PDOP: ≤ 8 ; SNR: ≤ 4 ;
- elevation mask: $> 12^\circ$;
- numero minimo satelliti: 4.

Questo significa che i ricevitori GPS, per effettuare il rilievo, dovevano ricevere il segnale da almeno 4 satelliti, catturare il segnale solamente da quelli alti più di 12° sull'orizzonte ed avere un PDOP (diluizione della precisione) complessivo inferiore ad 8. Ovviamente questi parametri sono stati impostati in quei ricevitori dove era possibile il "settaggio", negli altri, invece, si sono mantenute le impostazioni automatiche. Il test da noi effettuato ha preso in considerazione solamente l'accuratezza nella determinazione delle coordinate piane senza considerare altri aspetti possibili quali, per esempio, la precisione della quota misurata dal GPS o aspetti strumentali. Per raggiungere il nostro scopo si sono utilizzati gli strumenti su tutti i punti facendo il rilievo delle coordinate registrando *fix* a 15, 30, 60 e 180 secondi in modo consecutivo in un intervallo del tempo di rilievo pari a circa 30 minuti. Prima di eseguire i rilievi di campo, al fine di conoscere il periodo di tempo migliore per la disposizione geometrica dei satelliti (PDOP basso), abbiamo utilizzato l'applicativo *Quick Plan* del *software GPS Pathfinder Office 3.0* (vedi Fig.1). Per ottenere un *planning*

aggiornato abbiamo scaricato, dal sito ufficiale della *Trimble*, il file *.ssf*, riportante le informazioni delle effemeridi satellitari, relative alla nostra zona di indagine. Le informazioni sulla situazione meteorologica generale sono stati ricavati per le relative giornate di rilievo dalla stazione LaMMA di Sesto Fiorentino (i valori di umidità, vento e irraggiamento sono stati rilevati ma non analizzati come possibile fattori di disturbo alla ricezione satellitare. Una volta in campo, posizionati gli strumenti sul punto, prima di iniziare i rilievi, li abbiamo lasciati in funzione almeno 5 minuti (tempo necessario fornito dalle relative case produttrici) per far sì che, all'inizio del lavoro, fossero in grado di aggiornare la propria costellazione satellitare. Si è avuto cura di posizionare i ricevitori su una palina ad un'altezza di circa 1,70 m stando attenti, poi, durante i rilievi di rimanere posizionati al di sotto delle antenne per non interferire con il segnale satellitare stesso. Gli strumenti, inoltre, sono stati utilizzati simultaneamente avendo cura che non si coprissero a vicenda.

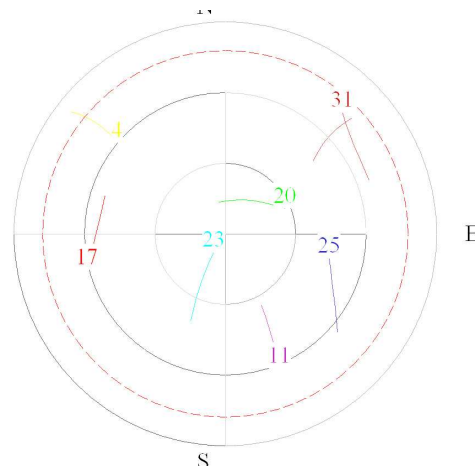


Fig. 1. Esempio di rappresentazione della costellazione satellitare al momento di un rilievo

I dati registrati dagli strumenti sono stati successivamente elaborati a posteriori utilizzando alcuni software a disposizione: *GPS Pathfinder Office 3.0*, *GPS Utility 3.0*, *Traspunto*, *ArcView 3.3* e *ArcGIS 8.3*. I file del *Trimble* sono stati corretti in *Post Processing* tramite l'applicativo *Differential Correction* di *GPS Pathfinder Office* utilizzando i dati di correzione (in formato *.dat*) forniti dalla stazione permanente della Provincia di Firenze posta in via G. S. Mercadante, 42 e a circa 8 km dal luogo dei rilievi. Abbiamo comunque comparato i dati corretti in *post processing* con quelli grezzi per vedere se la correzione differenziale apportasse migliorie all'accuratezza o meno. Una volta fatto il *download* dei dati rilevati, questi sono stati inseriti in un foglio di calcolo (*Office Excel 2003*) per mezzo del quale si sono quantificati gli scarti e, di conseguenza, la *Deviazione Standard* (σ). I dati sono stati inoltre trasformati in *shape* ed inseriti in un *GIS - ArcGIS* a seconda delle necessità – in modo da visualizzarli su una cartografia di base 1:10000 della Regione Toscana. Dalla visualizzazione geografica del GIS abbiamo potuto valutare l'attendibilità dei dati rilevati. In particolare abbiamo potuto scartare a priori tutti quei *fix* che, grossolanamente a causa di errori ancora in fase di valutazione, si allontanavano dalla maggior parte del resto dei *fix* rilevati. Questo procedimento è portato talvolta, come spiegato in seguito, sostanziali guadagni in fatto di accuratezza del rilievo. I rilievi sono stati realizzati in un versante del Monte Morello in provincia di Firenze nella località Cercina (FI) caratterizzato dalla presenza di due aree distinte, l'area boscata - a monte - e una radura più a valle (punto 1 e 2). Il punto 3 in campo aperto, invece, si trova sul tetto dell'edificio dell'Università di Firenze, nella sede di Quaracchi in via San Bonaventura. Le coordinate note, espresse in WGS84 – UTM, sono

rispettivamente : Punto 1: 4857201,08 Nord, 681509,60 Est Punto 2: 4857189,66 Nord, 681495,36 Est Punto 3: 4851443,00 Nord, 675196,60 Est. Il Punto 1 e il Punto 2 sono stati individuati a poca distanza l'uno dall'altro al fine di rendere omogenee le caratteristiche geomorfologiche delle due stazioni e, al tempo stesso, assicurarsi che il numero dei satelliti visibili fosse lo stesso. Per rendere i dati più confrontabili, inoltre, abbiamo ridotto a pochi minuti i tempi di stazionamento sui due punti. Il Punto 1 (Fig 2 e 3) è posto sotto copertura di altofusto di conifere (Pino nero e Cedro dell'Atlante). Il Punto 2 (Fig 4 e 5), invece, è posizionato al margine di un bosco ceduo di quercia in assenza di copertura fogliare (Marzo).



Fig 2. Panoramica del Punto 1.



Fig 3. Copertura del Punto 1.



Fig 4. Panoramica Punto 2



Fig 5. Copertura del Punto 2

3. RISULTATI E DISCUSSIONI

I valori dell'errore quadratico medio (*RMSE*) variano, come era previsto, tra valori più alti sotto copertura e valori molto più bassi negli altri casi. Nelle due giornate di rilievo, sotto copertura, si è ottenuto un *RMSE* massimo di 16,80 m, mentre al margine del bosco un massimo di 7,50 m. In campo aperto le misure migliorano notevolmente arrivando ad un *RMSE* massimo di 3,28 m.

Per quanto riguarda le posizioni ottenute mediando i punti, si nota che, sia sotto copertura che al margine del bosco, aumentando il numero di *fix* non necessariamente migliorano i risultati e l'errore q. m. rimane compreso tra un minimo di 1,38 m e un massimo di 16,80 m. Il risultato migliore è quello relativo al punto mediato a 15 *fix*, quello più alto a 30. In campo aperto (punto 3) l'errore quadratico medio è compreso tra 1,53 e 0,61 m; in questo caso, però, aumentando il numero di *fix* (60 e 180) otteniamo un errore q. m. sotto al metro (rispettivamente di 0,61 e 0,84) e comunque di 1,53 m a 15 *fix* (vedi Tab. 1, 2 e 3).

Il ricevitore Garmin *Summit*, ha dato un errore q.m. compreso tra 10,50 m e 2,46 m. Ovviamente il valore più alto corrisponde al rilievo sotto copertura, 6 m ai margini del bosco e 2,46 m in campo aperto. Si fa notare che, sotto copertura e al margine del bosco, il GPS *Summit* ha dato risultati molto vicini - se non di poco migliori - a quelli del *Trimble* pur essendo, quest'ultimo, un GPS da *surveying* con possibilità di correzione differenziale *post processing* e *software* per l'impostazione dei parametri di rilievo. Effettivamente i due ricevitori sono di categoria diversa e di fascia economica superiore il *Trimble*, con un'accuratezza dichiarata dal costruttore (sia in *real time* che in *post processing*) che varia da 2 - 5 m.

Il risultato che sorprende è che, in qualche caso, la *post* correzione non ha portato a miglioramenti; nelle misure effettuate in campo aperto, infatti, e nel rilievo del 14 Marzo la correzione ha portato un peggioramento dell'errore q. m. di circa un metro. Si può constatare la buona risposta in tutte le condizioni del ricevitore *Garmin 76* che ha dato, nel rilievo del primo giorno, errori più bassi di tutti gli altri strumenti: 6,7 m (punto 1) e 6,1 m (punto 2). Nel rilievo del secondo giorno ha restituito l'errore più basso nel punto sotto copertura (5,30 m), mentre a margine della copertura è salito a 8,06 m. In campo aperto ha raggiunto addirittura i valori del *Trimble*, rispettivamente 1,96 m e 1,71 m.

Per calcolare la media dei *fix* a 15, 30, 60 e 180 sec. abbiamo considerato tutti i punti rilevati dai GPS (ogni secondo) e si sono confrontati quelli della stessa fascia oraria per avere le stesse condizioni atmosferiche e stessa configurazione satellitare. Da questo confronto è emerso che, tendenzialmente, all'aumentare dei punti mediati non necessariamente diminuisce l'errore quadratico medio, anzi talvolta aumenta, con cause riconducibili alla situazione morfologica del luogo dei rilievi (versante montuoso e copertura arborea) ove al minimo cambiamento della geometria dei satelliti gli strumenti rispondevano con fluttuazioni ampie del dato (anche a intervalli di tempo molto brevi).

Alcuni punti sono stati rilevati analizzando dati acquisiti in lassi di tempo differenti una o più volte (es. 15_2, 15_3).

Interessante notare dalla tabella come i dati (*_MOD*) che, prima di essere immessi nel foglio di calcolo per determinare l'*RMSE*, sono stati ripuliti dagli errori grossolani (cioè nel nostro caso uno o più valori), particolarmente evidenziabili da un'analisi GIS, in alcuni casi hanno notevolmente migliorato l'accuratezza soprattutto su rilievi di *fix* 15, 30 nei punti sotto copertura. Lo studio delle motivazioni per le quali alcuni dati rilevati risultano particolarmente poco attendibili è riconducibile al fatto che i dati sono facilmente influenzabili da altri parametri non presi in considerazione in questa sede (sarà motivo di ricerche future).

I rilievi del 21.02 sul punto 1 risultano parziali in quanto gli strumenti in quel momento non hanno rilevato dati interrogabili e comparabili tra di loro.

I risultati dell'errore quadratico medio (*RMSE*) sono riassunti nelle seguenti tabella:

Tab 1. Rilievi del 21.02.06 a Monte Morello

Punto 1	TOT	TOT_MOD	15	15_M	15_2	15_2_mod	30	60	60_MOD	180	180_mod
Garmin Summit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Garmin 76	6,69	6,62	1,93	-	-	-	-	-	-	-	-
TRIMBLE	10,71	10,45	15,53	-	-	-	-	-	-	-	-
TRIMBLE_COR	9,85	9,53	12,90	-	-	-	-	-	-	-	-
Punto 2	TOT	TOT_MOD	15	15_MOD	15_2	15_2_mod	30	60	60_MOD	180	180_mod
Garmin Summit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Garmin 76	6,06	5,96	6,84	6,84	1,44	1,44	4,80	4,32	4,32	7,06	6,58
TRIMBLE	8,21	7,59	8,90	3,42	7,01	5,68	7,23	6,11	5,41	7,95	7,71
TRIMBLE_COR	6,63	6,09	7,22	1,53	5,00	4,22	5,12	6,11	5,67	5,51	5,26

Tab 2. Rilievi del 14.03.06 a Monte Morello

Punto 1	TOT	TOT_MOD	15	15_2	30	30_MOD	60	180	180_MOD
Garmin Summit	10,59	-	9,02	11,91	-	-	-	-	-
Garmin 76	5,30	4,72	2,16	3,45	2,15	-	-	-	-
TRIMBLE	11,91	10,95	8,29	7,98	13,03	-	-	-	-
TRIMBLE_COR	12,70	11,43	10,81	8,13	14,05	-	-	-	-
Punto 2	TOT	TOT_MOD	15	15_2	30	30_MOD	60	180	180_MOD
Garmin Summit	6,03	-	7,65	3,91	-	-	-	-	-
Garmin 76	8,06	8,07	4,89	5,70	4,97	-	3,53	4,47	-
TRIMBLE	10,91	9,63	5,86	4,85	6,96	5,74	5,54	8,67	7,42
TRIMBLE_COR	10,84	9,92	6,19	5,98	7,33	6,20	5,72	8,66	7,47

Tab 3. Rilievi del 03.04.06 a Quaracchi

Punto 3	TOT	15	15_2	30	60	180
Garmin Summit	2,46	3,12	2,07	3,26	3,28	2,72
Garmin 76	1,96	2,42	1,76	2,44	2,72	2,27
TRIMBLE	1,71	1,02	1,26	1,23	2,08	2,34
TRIMBLE_COR	2,19	1,69	1,67	1,58	1,81	1,97

Il GPS *Trimble*, collegato al palmare *HP* con *software ArcPad*, ci ha dato la possibilità di poter acquisire un punto anche attraverso la funzione media, ovvero potevamo impostare quanti *fix* acquisire per ogni secondo e fargli fare direttamente la media per un determinato punto. Questa funzione è spesso adoperata dagli operatori che vogliono un rilievo speditivo in campo senza dover fare delle medie post rilievo al computer. Come si può notare dalla tabella seguente (Tab. 4), in cui si riporta l'RMSE dei *fix* mediati dal *Trimble* a 15, 30 60 e 180 (solo punto 3), quasi sempre l'errore tende a diminuire all'aumentare del numero dei *fix* mediati. Tuttavia ci sono dei casi come ad esempio *fix* a 15 del Punto 2 il 14.03 ove i dati sono altalenanti ma sempre compresi in errori accettabili sotto bassa copertura.

Al contrario sotto copertura (Punto 1) si vedono notevoli variazioni del dato con casi di *fix* 30 in cui si rileva un 16,79 m che comincia ad essere un dato grande anche per rilievi speditivi se poi lo confrontiamo al 30_2 che si attesta su valori accettabili (8,46 m). Tendenzialmente quindi già *fix* a 15 punti danno dei buoni risultati, bisogna comunque essere cauti anche con questi strumenti che hanno la funzione media, soprattutto quando siamo sotto copertura.

Tab 4. Alcuni *fix* mediati e rilevati dal *Trimble*

Rilievo 21.02.2006										
	15	15_2	15_3	15_4	30	30_2	60	60_2		
P.1	9,58	-	-	-	3,57	-	7,22	-		
P.2	5,49	-	-	-	2,45	-	2,86	-		
Rilievo 14.03.2006										
	15	15_2	15_3	15_4	30	30_2	60	60_2		
P.1	6,38	7,23	8,22	9,98	16,7 9	8,46	5,03	5,84		
P.2	1,38	5,11	5,21	2,07	2,80	3,14	2,52	3,21		
Rilievo 03.04.2006										
	15	15_2	15_3	15_4	30	30_2	60	60_2	180	180_2
P.3	1,53	3,03	2,34	2,93	2,11	2,32	1,87	0,61	0,90	0,84

4. CONCLUSIONI

Ricapitolando, quindi, l'errore quadratico medio *RMSE* per i ricevitori di classe economica, come il *Garmin Summit*, è rimasto compreso tra un massimo di 10,6 m (sotto copertura) e 2,1 m (in campo aperto). Il *Garmin 76 (orienteeering* evoluto), come già detto, ha dato gli errori q.m. più bassi in tutte le situazioni mantenendosi tra 8,1 m (al margine del bosco) e 1,4 m (sullo stesso punto ma nell'altro rilievo). Nei rilievi del *Trimble Pathfinder* si è riscontrato un errore q. m. massimo di circa 13 m (nella situazione peggiore) e un minimo di 1,02 m in campo aperto. In alcuni lavori ove è richiesto il rilievo di più punti con una certa velocità di esecuzione ed una relativa precisione, come ad esempio il rilievo di punti d'interesse lungo percorsi escursionistici, i ricevitori testati in questa ricerca danno dei risultati più che accettabili se si considera il fatto che una carta escursionistica è, in genere, a piccola scala (1:25000 o 1:50000 in cui 0,5 mm sulla carta corrisponde a 25 m sul terreno). Anche su lavori con cartografia tecnica regionale 1:10000 in cui sono dichiarati errori sul piano di 4 m, 0,4mm i GPS *Garmin* testati (con prezzi che vanno dai 200 ai 400 euro) assicurano dei rilievi accettabili sempre che si segua una metodologia di rilievo adeguata. Dai risultati si ha anche la conferma che, per il rilievo degli *Waypoint*, con il *fix* a 15 punti si raggiunge il compromesso tra una buona accuratezza e velocità di rilievo. Gli errori di posizionamento sotto copertura, infatti, vanno da 2,2 m – a 15 *fix* – fino a 13 m che sono ancora accettabili per questi scopi. Anche rilievi con strumenti che fanno la media dei dati sono accettabili già tempi di acquisizione a 15 secondi sia sotto copertura che in campo aperto. La correzione in *post processing* dei dati non ha mai dato dei miglioramenti sostanziali della precisione, anzi talvolta a peggiorato l'accuratezza del dato grezzo. Il ricevitore più evoluto da noi testato, il *Triple Pathfinder Pocket* con antenna esterna, si è comportato come gli altri due *Garmin* testati di classe inferiore (talvolta anche peggio), dimostrando un'eccessiva sensibilità al variare della geometria dei satelliti tale che sotto copertura a dato risultati insoddisfacenti se paragonati a quelli degli altri *Garmin* testati.

Bibliografia

- Cina A.,Manzino A. (2000) – “*Misure in tempo reale: applicabilità e precisioni*”. Bollettino della SIFET n. 4
- Cina A. (2000) – “GPS: principi, modalità e tecniche di posizionamento” Celid, Torino, pp126
- Clarke S., Geenwald C., Spalding V. (2002) – “*Using ArcPad. ESRF*”, pp. 296.
- Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. (1999) – “*Geographical Information Systems*”. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Sanna G. et al., (2004) – “*L'impiego di sistemi integrati GPS-GIS in tempo reale per applicazioni cartografiche*” 7° Conferenza Utenti ASITA Roma, 21-22 Aprile 2004