

Sistema di valutazione e certificazione delle *performance* di precisione delle tecnologie di rilievo satellitare in dotazione al Corpo Forestale dello Stato in presenza di copertura forestale

Enrico Pompei (*), Fabrizio Clementel (**), Giacomo Colle (**), Antonio Floris (**), David Galvagni(**), Immacolata Librandi (*), Laura Marzullo (**), Daniela Piccoli (***), Gianfranco Scrinzi (**)

(*) Corpo Forestale dello Stato, Ispettorato Generale. Via Carducci 5, Roma. Tel +39.06.46657043, fax +39.06.42815632, e-mail: i.librandi@corpoforestale.it; e.pompei@corpoforestale.it

(**) Consiglio per la Ricerca in Agricoltura, Unità per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale (CRA-MPF). Piazza Nicolini, 6, loc. Villazzano, Trento. Tel. 0461 381113, fax 0461 381131, e-mail: gianfranco.scrinzi@entecra.it

(***) Corpo Forestale dello Stato, Comando Regionale per il Lazio. Via del Pescaccio 96/98, Roma. Tel.+39.06.51687418-19-20, fax +39.06.51687401, e-mail: d.piccoli@corpoforestale.it

Riassunto

La sempre maggior diffusione nel settore forestale delle tecnologie di posizionamento satellitare per il rilievo territoriale, richiede criteri di verifica e certificazione dell'attendibilità dei posizionamenti effettuati sotto copertura arborea. Il Corpo Forestale dello Stato utilizza diffusamente le tecnologie di posizionamento satellitare per il rilievo territoriale nello svolgimento dei propri compiti: monitoraggio ambientale, Inventario Forestale Nazionale, rilievo delle aree percorse dal fuoco, attività di sorveglianza e altre ancora. Le *performance* di precisione dichiarate dalle case costruttrici di apparecchiature di radioposizionamento satellitare sono riferite a situazioni operative ideali (normale visibilità della costellazione di satelliti, non interferita dalle chiome degli alberi) che non corrispondono pienamente alle effettive condizioni di impiego dei ricevitori in bosco. La collaborazione tra il Corpo Forestale dello Stato ed il CRA-MPF ha portato, dopo una fase preliminare di studio, alla realizzazione di tre aree *test* in diverse condizioni di copertura forestale ed alla pubblicazione di un sito *web* in cui è possibile, previa registrazione, sottoporre al *test* le apparecchiature di radioposizionamento.

Abstract

The increasing prevalence in forestry of satellite positioning technologies in land survey activities requires verification criteria and reliability certification for positioning performed under tree canopy. The Italian National Forest Service is using widely satellite positioning in a wide range of its tasks: environmental monitoring, National Forest Inventory, burned areas, in surveillance activities and others. Performances of precision claimed by the manufacturers, referring to radio positioning satellite under ideal operating conditions (full visibility of satellite constellations, absence of trees or other obstacles), do not fully correspond to the actual usage of the receivers in forest environments. The collaboration between the National Forest Service and the CRA-MPF has led, after a preliminary study, to the creation of three test areas under different forest cover and to the publication of a website where the registered users can submit their GPS tests and obtain performance processing in real time.

Introduzione

La convenzione TARGET-FOR, Tecniche (e Tecnologie) per l'Automatizzazione del Rilievo Georeferenziato delle Emergenze (e degli Eventi) Territoriali in ambito FORestale, attivata tra Corpo Forestale dello Stato e CRA-MPF nel dicembre 2006, ha previsto la realizzazione del sottoprogetto TARGET-STARS (Siti *Test* delle Apparecchiature di Radioposizionamento Satellitare del Corpo Forestale dello Stato: istituzione di aree boschive *test* e realizzazione di procedure *software* su *web* per la valutazione statistica, la certificazione (e l'archiviazione) delle *performance* di precisione e accuratezza delle apparecchiature di radionavigazione e localizzazione satellitare (GPS, Galileo) in uso al Corpo Forestale dello Stato).

Nello svolgimento di alcuni dei propri compiti istituzionali, il Corpo Forestale dello Stato utilizza diffusamente le tecnologie di posizionamento satellitare per il rilievo territoriale. Tali tecnologie sono indispensabili nel campo del monitoraggio ambientale, dei rilievi legati all'Inventario Forestale Nazionale, nel rilievo delle aree percorse dal fuoco. Esse assumono notevole importanza anche nell'attività ordinaria di polizia ambientale; la georeferenziazione di un evento o di un oggetto costituisce ormai requisito caratterizzante gli interventi del personale CFS.

La notevole diffusione all'interno di strutture tecniche del settore forestale, pubbliche e private, delle tecnologie di posizionamento satellitare per il rilievo territoriale, richiede criteri di verifica e certificazione dell'attendibilità dei posizionamenti effettuati sotto copertura arborea (Scrinzi e Floris, 1998).

I sistemi di posizionamento satellitare (come GPS, Glonass e, in futuro, Galileo) permettono all'utente di determinare la propria posizione sulla superficie terrestre, compresa l'altitudine, tramite ricevitori capaci di elaborare i segnali trasmessi da particolari satelliti artificiali in orbita intorno alla Terra.

Le *performance* di precisione dichiarate dalle case costruttrici di apparecchiature di radioposizionamento satellitare sono riferite a situazioni operative ideali (normale visibilità della costellazione di satelliti, non interferita dalle chiome degli alberi) che non corrispondono alle effettive condizioni di impiego dei ricevitori in bosco.

In genere i punti cospicui diffusi sul territorio, noti con elevata accuratezza e idonei per il *test* di apparecchiature di posizionamento, sono collocati in aree aperte (punti geodetici, punti fiduciali ecc.), mentre sono praticamente assenti punti cospicui situati in aree boscate. Si è reputata quindi necessaria l'istituzione di appositi siti *test* sotto copertura arborea, usuale condizione di utilizzo della tecnologia da parte degli operatori forestali e ambientali.

Il sottoprogetto TARGET-STARS è nato quindi con l'obiettivo di costruire un sistema di valutazione e certificazione delle *performance* di precisione e accuratezza delle tecnologie di rilievo satellitare in dotazione attuale o futura al CFS negli scenari di utilizzo reale, che tenga conto degli effetti di disturbo del segnale imputabili alla presenza di copertura forestale, differenziata anche in base alle diverse tipologie di bosco presenti sul territorio italiano.

A quanto è stato possibile reperire nella letteratura internazionale, non esiste in Europa un analogo progetto o servizio, almeno su scala nazionale. Una precedente importante esperienza di aree per il *test* GPS sotto copertura arborea è stata realizzata negli Stati Uniti da USDA *Forest Service* (<http://www.fs.fed.us/database/gps/index.htm>), peraltro riservata ai soli utenti interni all'organizzazione e senza un servizio di elaborazione dati *on-line*.

La realizzazione di un tale sistema è avvenuta attraverso l'istituzione di una serie di aree boschive *test* localizzate sul territorio nazionale italiano, caratterizzate da tipologie forestali differenziate e costituite ciascuna da un certo numero di vertici di coordinate note con elevata precisione (< 5cm).

Principali cause della diminuzione delle *performance di precisione* in aree boscate

Gli errori di posizionamento previsti dalle case costruttrici possono, nel caso in cui il rilievo si effettui in condizioni di copertura forestale, variare notevolmente, causando un aumento dell'incertezza del dato a volte rilevante (Floris *et al.*, 1996).

Ciò si verifica per la combinazione di due principali fattori: il *Multipath* e la Diluizione di precisione (DOP) (Figura 1).

L'effetto *Multipath* è determinato dalla riflessione del segnale GPS su ostacoli di varia natura (fusti degli alberi, rocce, edifici circostanti).

Il segnale, compiendo un percorso più lungo rispetto a quello rettilineo satellite-ricevitore, provoca misurazioni affette da errori che non possono essere eliminati né ridotti con il post-processamento dei dati (Scrini *et al.*, 2000).

La Diluizione di precisione (DOP) corrisponde all'incertezza che affligge qualsiasi misura, essa può dipendere da diverse componenti della misura stessa; nel caso di GPS la causa principale della DOP è la geometria dei satelliti: la presenza degli alberi, infatti, limita la "scelta" della costellazione ottimale di satelliti utilizzati dal ricevitore. Se i satelliti impiegati sono geometricamente troppo ravvicinati tra loro, aumenta l'incertezza della misurazione. All'interno dei popolamenti forestali il segnale di alcuni satelliti è inevitabilmente intercettato dai fusti degli alberi, quindi la scelta della costellazione satellitare è limitata e la DOP ne risente negativamente.



Figura 1 - Diminuzione delle performance di precisione in aree boscate

Le aree *test*

Nell'ambito del progetto TARGET-STARS sono state individuate e attrezzate permanentemente alcune aree boschive per il *test* sotto copertura arborea di apparecchiature per il posizionamento satellitare.

Le aree sono state istituite in situazioni rappresentative delle principali tipologie di bosco presenti sul territorio italiano (Figura 2). Il sito pilota TRENTO 00, le Aree *test* FORNACE 01 (TN), FEUDOZZO 02 (AQ) e PIANCANCELLI 03 (FC) sono i primi elementi del sistema a essere stati realizzati nell'ambito del progetto di ricerca; altre aree verranno probabilmente istituite in Piemonte, Calabria e Lazio. Ciascuna area *test* interessa una superficie compresa fra 1,5 e 2 ettari delimitata da 12 vertici perimetrali (materializzati sul terreno), distanti tra loro da 20 a 80 m circa, disposti in figura irregolare ed in modo tale da cogliere al meglio la variabilità del popolamento boscato sia in termini di densità dei fusti che di copertura delle chiome. Ogni vertice è stato posizionato in modo da garantirne la visibilità con il precedente ed il successivo.

All'interno del perimetro delle aree *test* sono presenti altri vertici (da 2 a 4), necessari inizialmente per ottenere ulteriori misure di controllo della forma dell'area; tali vertici, pur essendo esclusi dal protocollo standard di *test*, possono essere utili in particolare se si vuole valutare la precisione del rilievo di aree.

Le coordinate di tutti i vertici sotto copertura arborea (perimetrali e interni) sono state determinate con stazione totale e compensazione delle misure. Ogni vertice è stato materializzato permanentemente sul terreno con un plinto interrato (in cemento o metallo) e una sommità sporgente sulla quale può essere installata una palina topografica senza treppiede. Vicino a ciascun vertice è presente un picchetto in legno, riportante il numero del vertice e alcune indicazioni (direzione e distanza indicative) per il reperimento di quelli vicini.

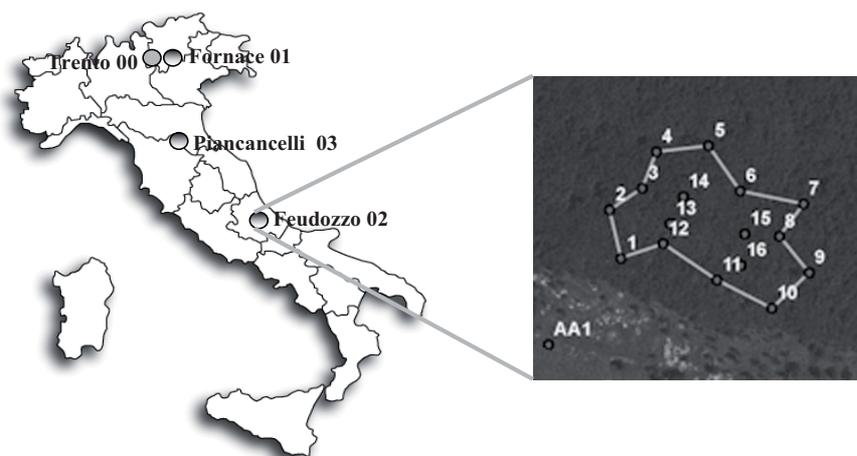


Figura 2 - Distribuzione delle aree test TARGET-STARS realizzate in Italia, con dettaglio dell'area test Feudozzo 02.

Nel punto di accesso alle aree *test* sono state installate bacheche con informazioni generali sul progetto e descrizione dettagliata dell'area. Le aree *test* sono sempre collocate nei pressi di una zona libera da copertura arborea dove sono stati istituiti e monumentati ulteriori 2 – 3 vertici necessari per la georeferenziazione dell'intera area nel sistema di riferimento globale (WGS84).

Le coordinate di tali vertici sono state determinate con rilievi GPS statici ad alta precisione, con ricevitori di classe geodetica, stazionamenti molto prolungati e successiva correzione differenziale con dati provenienti da *reference stations* in genere molto prossime al sito (pochi chilometri) e di integrità certificata.

Modalità di rilievo nelle aree test TARGET-STARS

Le aree *test* sono accessibili a tutti: personale del Corpo Forestale e di altre Amministrazioni pubbliche, tecnici e professionisti del settore ed a chiunque sia interessato a certificare e misurare la precisione di un particolare ricevitore satellitare sotto copertura arborea (Figura 3).

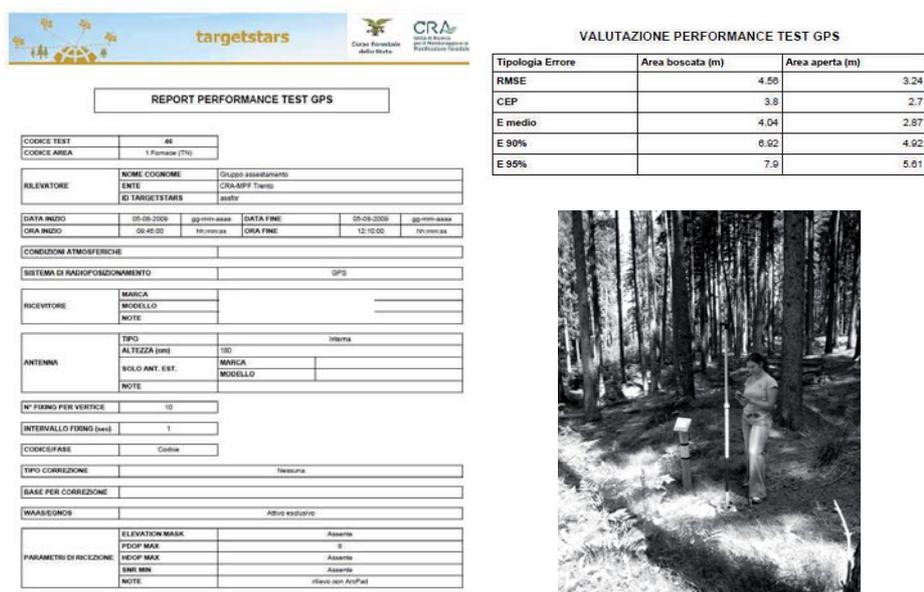


Figura 3 – Esempio di report generato dal servizio di elaborazione on-line e, a destra in basso, operatrice durante l'esecuzione di un test.

Un *test* GPS consiste nell'esecuzione di un numero prefissato di posizionamenti GPS sui vertici dell'area *test* prescelta, secondo un determinato protocollo, ed il successivo conferimento dei dati rilevati per l'analisi delle *performance*. Per eseguirlo, occorre registrarsi al sito www.targetstars.org, accettare le condizioni di utilizzo, scaricare dalla sezione Test GPS le informazioni dettagliate sull'area *test* di cui ci si vuole avvalere ed il protocollo di esecuzione del *test* GPS.

Sul sito sono inoltre presenti le indicazioni logistiche per il raggiungimento delle aree ed i recapiti dei responsabili delle aree stesse. Una volta contattati i responsabili dell'area scelta, per ulteriori informazioni relative all'accesso ed all'utilizzo, è possibile effettuare operativamente il proprio *test*, che richiederà orientativamente 2 ore, esclusi i tempi per raggiungere l'area. Una stessa sessione di campo può dare luogo a due *test* indipendenti se vengono elaborati i posizionamenti senza e con la correzione differenziale.

Per poter essere elaborato automaticamente dal servizio *on-line* del sito *web*, un *test* GPS deve essere eseguito su tutti i vertici perimetrali dell'area prescelta e, facoltativamente, su uno dei vertici all'aperto indicato dal protocollo di rilievo.

Elaborazione dei dati GPS rilevati

La sezione Archivio Test del sito *web* permette a ciascun utente di visualizzare i propri *test* con le relative *performance* di accuratezza. È tuttora in fase di valutazione una procedura che consenta di visualizzare anche i *test* effettuati da altri utenti con la salvaguardia dei dati sensibili. Per l'elaborazione statistica e la certificazione *on-line* delle *performance* degli strumenti gli utenti devono richiedere un *account* di accesso alla sezione Test GPS. Dopo aver ricevuto la *password* di accesso l'utente potrà procedere all'*input* dei dati raccolti che saranno elaborati statisticamente all'interno del sito.

Il risultato sarà la certificazione *on-line*, in tempo reale, della *performance* del ricevitore utilizzato nel corso della prova sotto copertura arborea.

A garanzia dell'integrità e dell'imparzialità della procedura di *test*, non saranno mai in alcun modo fornite all'operatore le coordinate accurate dei vertici, ma soltanto la misura della *performance* del proprio ricevitore.

Considerazioni

L'introduzione di un sistema di valutazione e certificazione delle *performance* di precisione delle tecnologie di rilievo satellitare, in presenza di copertura forestale, attraverso l'istituzione di un sistema di aree *test* in Italia, costituisce un passaggio dal concetto ormai assodato di utilizzo generalizzato di tali tecnologie nei rilievi legati alle attività agro-forestali, sia in ambito pubblico che privato, al concetto di certificazione dei rilievi effettuati.

Questo aspetto assume un'importanza notevole soprattutto quando i rilievi fanno parte di iniziative di carattere legale, sia in ambito amministrativo che penale.

Un altro aspetto non trascurabile delle aree *test* è il loro possibile utilizzo come laboratorio per Corsi Universitari o per Corsi di formazione, sia destinati al personale del Corpo Forestale dello Stato che di Amministrazioni pubbliche che operano nel settore.

Un ulteriore sviluppo futuro del progetto TARGET-STARS sarà il perfezionamento di una procedura alternativa di stima probabilistica della precisione degli strumenti di posizionamento sviluppata dal gruppo di ricerca CRA-MPF, in grado di fornire una valutazione approssimata di tipo probabilistico delle *performance* strumentali anche in assenza di area *test* (Scrinzi *et al.*, 2003), con il vantaggio di poter valutare le precisioni strumentali in situazioni boschive liberamente individuate per rappresentare meglio quelle di uno specifico scenario di utilizzo cui l'operatore potrebbe essere interessato.

Riferimenti bibliografici

Floris A., Cutrone A., Scrinzi G. (1996), "Influenza della copertura arborea su precisione ed efficienza dei rilievi GPS.", *Monti e Boschi*, 5: 6-14

Scrinzi G., Floris A. (1998), "Global Positioning System (GPS): una nuova realtà nel rilevamento forestale.", *Atti del Convegno "Nuovi orizzonti per l'assestamento forestale"*, Milano, 14-56.

Scrinzi G., Floris A., Picci M. (2000), "GPS e inventari forestali: posizionamento e ritrovamento di precisione di punti di campionamento in bosco.", *Comunicazioni di ricerca dell'ISAF 99/1*, Trento. 21 p.

Scrinzi G., Floris A., Galvagni D., Marzullo L. (2003), Un metodo di valutazione della precisione di ricevitori GPS, o di metodi di posizionamento, nei rilievi forestali. *Linea Ecologica / EM*, XXXV (2), 11-18.

Lo studio è stato realizzato con il finanziamento del Corpo forestale dello Stato in convenzione con il CRA-MPF di Trento (responsabile del gruppo di ricerca G. Scrinzi, con il contributo scientifico dello stesso, di G. Colle, A. Floris, L. Marzullo, D. Galvagni, F. Clementel). Responsabile del coordinamento generale di progetto per il CFS E. Pompei, coadiuvato da apposita commissione interna CFS di consulenza e appoggio operativo.