

14. Tecniche di rilievo cinematiche

Come si è visto, nelle procedure *statiche* i ricevitori rimangono *fermi* sugli estremi della *baseline* per tutta la *sessione di misura* e sono **spenti** durante le fasi di trasloco.

Le procedure operative di tipo *cinematico differenziale*, invece, prevedono lo stazionamento fisso di un *ricevitore base* e il **movimento** del secondo ricevitore, detto *rover*, durante la sessione di misura, per registrare **continuamente** i dati relativi ai punti via via occupati dallo stesso ricevitore *rover*.

I metodi *cinematici*, che si caratterizzano per un più o meno rapido **movimento** del ricevitore *rover* da un punto all'altro, danno luogo alle due seguenti metodologie (►FIGURA 1 del paragrafo 12, *Utilizzo topografico del sistema GPS*, online):

- rilievo continuo;
- rilievo *stop-and-go*.

L'equipaggiamento necessario a eseguire il rilievo *cinematico* è quello illustrato in ►FIGURA 1.

Le tecniche di rilievo cinematico richiedono, in via preliminare, la determinazione di una *baseline* di partenza (anche di sole poche decine di metri), in modo da risolvere su di essa tutte le *ambiguità* nel software di post-elaborazione. Tale fase del rilievo cinematico prende il nome di **inizializzazione** (►FIGURA 2).

La fase di **inizializzazione** può essere realizzata con una breve sessione (alcuni minuti) di misura col metodo *statico veloce*, oppure con la tecnica detta di **antenna swap**. Questa prevede la registrazione simultanea con i due ricevitori per pochi minuti, a cui segue lo *scambio* delle antenne, per poi continuare la registrazione per un ulteriore breve intervallo.

Dunque l'*inizializzazione* consente ai ricevitori di acquisire una quantità di misure sufficiente a valutare l'**ambiguità** intera N per ciascun satellite agganciato.



FIGURA 1 L'equipaggiamento del rilievo cinematico differenziale si compone dei seguenti elementi comuni al ricevitore base (a) e al rover (b): 1, antenna; 2, controller palmare; 3, ricevitore; 4, eventuale collegamento *bluetooth* per il collegamento antenna-ricevitore senza cavi. Nel caso, poi, di posizionamento in tempo reale (RTK) è necessaria l'antenna (c) per il collegamento radio (o GSM) tra i due ricevitori. Questa può essere integrata nello stesso ricevitore.



FIGURA 2 Fase di *inizializzazione* del rilievo cinematico: il ricevitore *rover* (in primo piano) e il ricevitore *base* su un punto noto (in secondo piano) rimangono inizialmente fermi per alcuni minuti, in modo da consentire agli stessi ricevitori di determinare il valore dell'*ambiguità* intera N .



Se durante il rilievo, osservando solo quattro satelliti, si perde il contatto con uno di essi, è necessario procedere alla ripetizione della **inizializzazione** di N . In tal caso vi sono due possibilità:

- con ricevitori **mono-frequenza** bisogna fermarsi e attendere di nuovo un certo tempo minimo;
- con ricevitori **doppia frequenza**, dotati di opzione OTF, **On The Fly** (al volo), si può continuare il rilievo, senza fermarsi, in quanto la stima suddetta viene fatta dal ricevitore in movimento. Se il rilievo è in *tempo reale* (RTK) è anche necessaria la «visibilità» di almeno **cinque satelliti** da entrambi i ricevitori.

Le procedure *cinematiche* non sono utilizzate per la formazioni delle reti, ma piuttosto per eseguire il **rilievo di dettaglio dei particolari** del terreno, anche in ambito catastale per l'aggiornamento delle relative mappe. La presenza significativa di ostacoli (aree urbane) limita un po' l'adozione di queste tecniche, anche se tale problema è via via stato ridotto dalle evoluzioni tecnologiche dei ricevitori.

■ Rilievo cinematico continuo

Questo metodo, dopo la fase di *inizializzazione*, impiega un ricevitore *base* collocato su un *punto di riferimento* (di posizione nota) in *registrazione continua*, e un secondo ricevitore **itinerante** (*rover*), anch'esso in *registrazione continua*.

Durante il movimento del *rover* il sistema GPS fornisce in modo **continuo**, istante per istante, le varie posizioni che assume l'antenna.

Quest'ultima viene di solito montata su un'*asta telescopica* (► FIGURA 1, 2, 3), mentre il ricevitore vero e proprio, quando è separato dall'antenna, può essere contenuto in uno **zainetto**, il tutto per facilitare e rendere più spedito lo spostamento. Talvolta il ricevitore, con la relativa antenna, viene montato anche su **veicoli** o motocicli, in relazione all'estensione e alla morfologia delle zone da rilevare.

Per l'impiego di questo metodo è necessaria la registrazione almeno di quattro satelliti, e pertanto, soprattutto durante i movimenti del *rover* in terreni ricchi di ostacoli (fabbricati, vegetazione ecc.) si deve porre attenzione a non perdere il contatto con nessuno di essi.

Qualora si verificasse questa fastidiosa situazione, cioè l'**interruzione** della *catena cinematica*, occorre rieseguire una **nuova inizializzazione** secondo le due opzioni segnalate nel precedente punto. Per questa ragione l'impiego del rilievo *cinematico continuo* pone problemi quando sull'area da rilevare vi è una signifi-

FAQ

► In cosa consiste la **inizializzazione** in un rilievo cinematico?

Consiste in una fase preliminare, con i ricevitori entrambi fermi, allo scopo di registrare le informazioni necessarie a determinare l'*ambiguità* intera per ciascun satellite.

FAQ

► In quali contesti topografici vengono utilizzati i rilievi cinematici?

Nelle operazioni di rilievo dei particolari (dettaglio), dove la rapidità è più rilevante della precisione.

cativa presenza di ostacoli come alti fabbricati, alberi o comunque oggetti in grado di interrompere e oscurare il segnale satellitare. Questa metodologia di rilievo si presta molto bene per essere impiegata nella realizzazione di **picchettamenti** di varia natura (strade, cave, bacini ecc.).

La precisione ottenibile con il rilievo cinematico è strettamente legata alla strumentazione utilizzata, ma è possibile arrivare a contenere gli errori nell'ordine di 2-4 cm + 1 ppm nelle determinazioni planimetriche.

■ Rilievo cinematico stop-and-go

È sicuramente il metodo cinematico **più utilizzato** in ambito topografico. Esso è del tutto simile al metodo *continuo* illustrato in precedenza. Dunque anche nel rilievo **stop-and-go** viene impiegato un ricevitore (*base*) che rimane fermo su un punto di riferimento in fase di *registrazione continua* e un secondo ricevitore (*rover*), anch'esso in *registrazione continua*, che si sposta via via sui punti da rilevare facendovi stazione per **pochi secondi** (4-10 s). Durante questa breve sosta il *canneggiatore* può inserire le **informazioni** connesse al punto (codice dei punti, annotazioni ecc.) per poi passare speditamente al punto successivo (► FIGURA 3).

Anche in questo caso occorre partire con la fase di **inizializzazione**, nella quale viene determinata una *baseline* di partenza, necessaria per risolvere su di essa tutte le *ambiguità* nella procedura di post-elaborazione. La parte mobile del rilievo viene definita **catena stop-and-go** (► FIGURA 4).

In definitiva, la sola differenza col rilievo *cinematico continuo* consiste nella circostanza che nella parte mobile le determinazioni col metodo *stop-and-go* si riferiscono a **punti reali** (quelli sui quali si esegue la **breve sosta**), mentre in quello *cinematico continuo* le determinazioni si riferiscono a determinati **istanti** temporali.

Naturalmente anche col metodo *stop-and-go* è necessaria la registrazione continua di almeno quattro satelliti. La perdita del contatto, anche con solo uno di essi (*cycle slip*) comporta l'interruzione della *catena* e la sospensione del rilievo per eseguire una **nuova inizializzazione**, salvo che il ricevitore a disposizione non contenga l'opzione *on the fly* già citata in precedenza.

La *programmazione* del rilievo con un numero maggiore di satelliti, rispetto ai quattro strettamente necessari, ci metterebbe al riparo da gran parte delle cause di interruzione della catena cinematica, quindi è sicuramente consigliabile. Il



FIGURA 3 Operatore durante una sosta del rilievo *stop-and-go*. Si intravede l'antenna radio che esce dallo zainetto che testimonia di un rilievo in *tempo reale* (RTK).

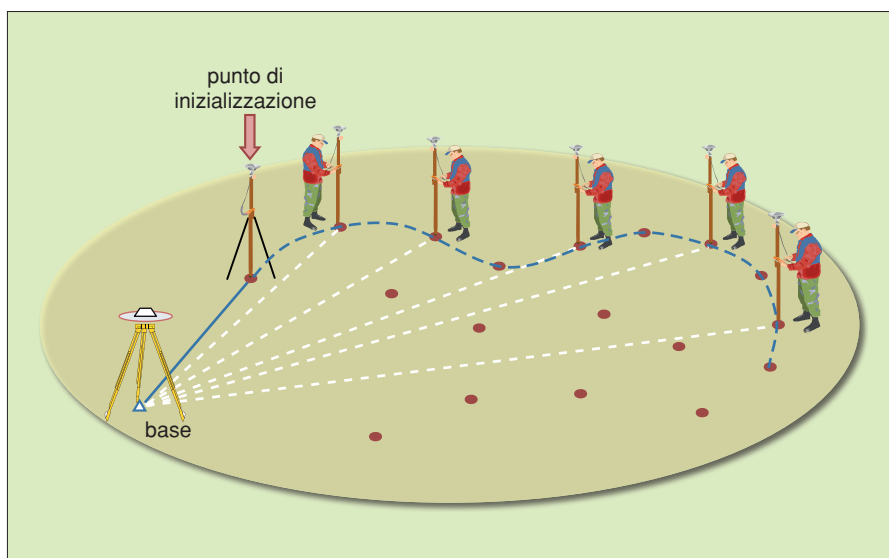


FIGURA 4 Schema del rilievo cinematico *stop-and-go*. Dopo la fase di *inizializzazione* il *canneggiatore* sposta via via il ricevitore *rover* sui punti da rilevare facendovi stazione per pochi secondi.

FAQ

► **Quale differenza sostanziale esiste tra il rilievo cinematico continuo e quello stop-and-go?**

Nel primo caso i punti sono riferiti a momenti temporali e non sono riconoscibili in tempi successivi. Nel secondo caso i punti sono particolari topografici (spigoli, pozzetti, cigli ecc.) precisi e individuabili anche in tempi successivi.

rilievo *stop-and-go* si presta benissimo al **rilievo di dettaglio** dei particolari topografici, che possono essere determinati con la stessa accuratezza centimetrica ottenibile con una strumentazione elettronica tradizionale, ma con un tasso di produttività sicuramente maggiore, a condizione che gli **ostacoli** presenti sul terreno non condizionino troppo lo sviluppo del rilievo.

■ Rilievo cinematico in tempo reale (RTK)

Il rilievo cinematico può essere eseguito anche in **tempo reale** se si dispone di un **collegamento** tra i due ricevitori (*base e rover*) via **radio, modem o GSM** (► FIGURA 5). Occorrerà poi programmare il rilievo in periodi nei quali siano registrabili almeno **cinque satelliti** per entrambi i ricevitori.

Il collegamento produce **segnali radio** (o telefonici GSM) utilizzando un particolare protocollo, chiamato **RTCM** (*Radio Technical Commission for Maritime*), che consentano di trasmettere, dal **ricevitore base** all'unità **rover**, le **correzioni** delle misure di fase. In questo contesto è richiesto l'utilizzo di ricevitori a doppia frequenza dotati della tecnica OTF (*on the fly*) per la risoluzione veloce dell'**ambiguità intera**, anche durante il movimento del ricevitore.

■ Reti di stazioni permanenti GNSS

Allo scopo di favorire l'utilizzo delle tecniche di rilievo *differenziale* anche agli utenti con **un solo ricevitore** (col quale verranno occupati i soli punti da rilevare, con evidente beneficio economico), in parte sono state realizzate, e in parte sono in via di realizzazione, reti regionali di **stazioni permanenti GNSS**, con distanze tra i ricevitori di poche **decine di chilometri** e di posizione nota con alta affidabilità.

La sigla GNSS, ricordiamo, si riferisce ai tre sistemi satellitari GPS, GLONASS e Galileo, che possono essere utilizzati **congiuntamente**, ottenendo significativi benefici, in particolare nelle zone in cui le operazioni sono limitate da ostacoli naturali o artificiali.

Queste reti consentono all'utenza di usufruire di **servizi** connessi al posizionamento differenziale, a costi contenuti, sia in postprocessamento sia in tempo reale.

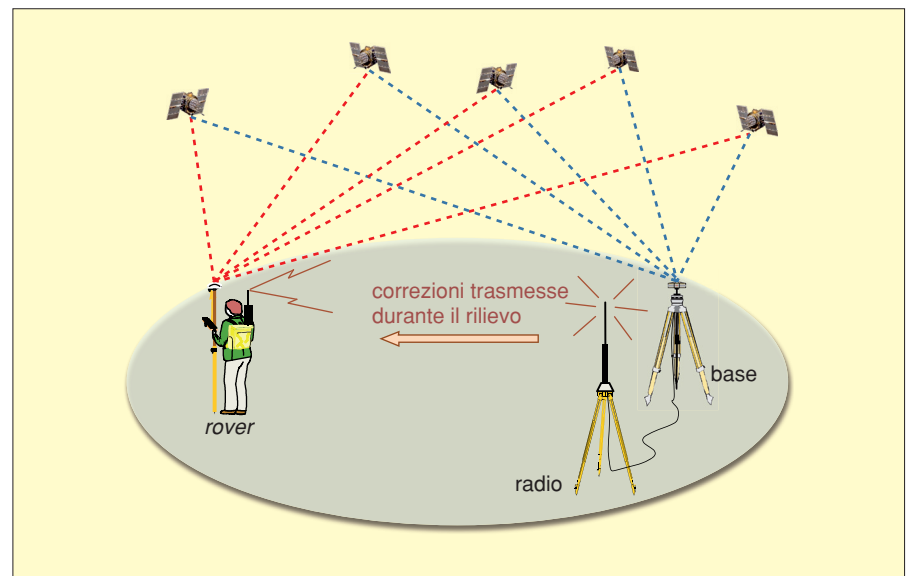


FIGURA 5 Il collegamento radio tra il ricevitore base e il rover consente di eseguire il rilievo cinematico in tempo reale.

Ciascuna stazione permanente GNSS è dotata di un *ricevitore/antenna* di alte prestazioni e acquisisce con **continuità** tutti i segnali, diffusi dai satelliti tracciabili dalla stessa stazione, per tutti i giorni dell'anno, trasmettendoli poi a un **centro di coordinamento** della rete dal quale diventano accessibili a tutti gli utenti iscritti al servizio.

Inizialmente tali reti possedevano finalità prevalentemente *scientifiche*; attualmente, come detto, hanno anche la funzione di erogare un servizio (costituito non solo dalle **informazioni** registrate dai satelliti, ma anche dalle **correzioni** calcolate dalla rete) per un'utenza tecnico-professionale. L'acquisizione delle informazioni da parte della stessa utenza può avvenire mediante collegamento **GSM** o via **Internet** mediante connessione al server della rete.