

<http://bonarrigo.tk>

L'impiego del GPS nel rilievo catastale di aggiornamento

a cura del Geom. Salvatore Sandro Viscomi

L'adozione della versione 8 della procedura Pregeo ha introdotto la possibilità di utilizzare in modo diretto le osservazioni GPS nella redazione degli atti geometrici di aggiornamento catastale.

L'utilizzo della metodologia GPS avviene, peraltro, nel modo d'impiego più immediato senza la necessità di dover tenere conto di più o meno complesse operazioni di trasformazioni di datum e di prestare particolare attenzione ai diversi sistemi di riferimento globali e locali attualmente in uso (es. IGB00, ETRF89, Roma40).

Questo in considerazione del fatto che nel rilievo catastale di aggiornamento l'oggetto del rilievo, seppure definito per forma e dimensione, si considera indipendente dal contesto cartografico. Non sono quindi richieste operazioni di inquadramento in sistemi di riferimento predeterminati e la posizione e la precisione dei vertici del rilievo sono espressi rispetto ad un sistema di riferimento locale arbitrariamente scelto.

Il rilievo GPS con tecnica differenziale consente di determinare le componenti delle *baseline* nel sistema di riferimento proprio del GPS ovvero il sistema WGS84 costituito da una terna di assi geocentrica con origine nel centro di massa della terra, asse Z diretto secondo il polo nord convenzionale definito dal BIH al 1984, asse X intersezione del meridiano zero (passante per Greenwich) con il piano equatoriale ed asse Y a completare la terna ortogonale destrorsa. In realtà le osservazioni sono riferite ad un sistema pseudo WGS84 definito dalle coordinate dei satelliti trasmesse con il codice di navigazione (effemeridi *broadcast*).

Nel caso del rilievo catastale le operazioni di rilevamento possono quindi limitarsi alla determinazione in *point positioning* delle coordinate geocentriche della stazione *master* (P_1) nel sistema pseudo WGS84 e delle componenti DX, DY e DZ, rispetto al medesimo sistema, dei vettori congiungenti la stazione *master* ed il ricevitore *rover* (P_2) (fig. 1).

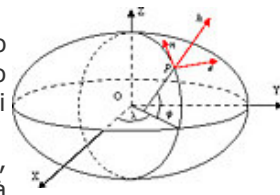


Figura 1 – Componenti della *baseline*

Sono questi i dati metrici da fornire in input a Pregeo per l'elaborazione del rilievo oltre ai parametri temporali e statistici relativi alle misure.

In fase di elaborazione Pregeo effettua un cambio del sistema di riferimento passando dal sistema geocentrico sopra definito ad un sistema euleriano locale (e,n,h) con origine nel punto P di emanazione del rilievo (vertice iniziale della prima *baseline*), asse h diretto secondo la verticale ellissoidica nello stesso punto ed asse n diretto secondo il meridiano passante per P (fig. 2).





Figura 2 – Terna euleriana

Il passaggio dal sistema cartesiano geocentrico a quello euleriano è una trasformazione geometrica rigorosa se si considerano quote ellissoidiche. Si tratta infatti di applicare al sistema geocentrico una successione di due rotazioni, funzioni di F_i e Λ , intorno agli assi Z e Y per realizzare il parallelismo tra i due sistemi e di due traslazioni nel verso delle n e delle z per realizzare la coincidenza delle origini.

Pensato in questo sistema il rilievo GPS risulta, nella sola componente planimetrica, del tutto analogo al rilievo eseguito con i metodi classici della celerimensura. Infatti le coordinate piane locali così determinate corrispondono a quelle che si sarebbero ottenute facendo stazione con la Total Station nel punto P e da questa si fossero determinate le coordinate rettangolari dei punti del rilievo nel sistema (e,n) ovviamente passando attraverso la misura delle relative coordinate polari.

Per quanto riguarda invece la componente altimetrica le misure con tecniche tradizionali consentono di determinare dislivelli ortometrici tra i punti. Questi sono riferiti alla superficie del geoide ed hanno un riscontro fisico individuato dalla verticale (linea del filo a piombo). Nel caso del rilievo GPS si determinano quote e quindi dislivelli ellissoidici misurati lungo la normale all'ellissoide che è un'entità geometrica non individuabile fisicamente (fig. 3). Quelli che interessano nella realtà sono i dislivelli geoidici in quanto rappresentano le differenze di potenziale del campo di gravità.

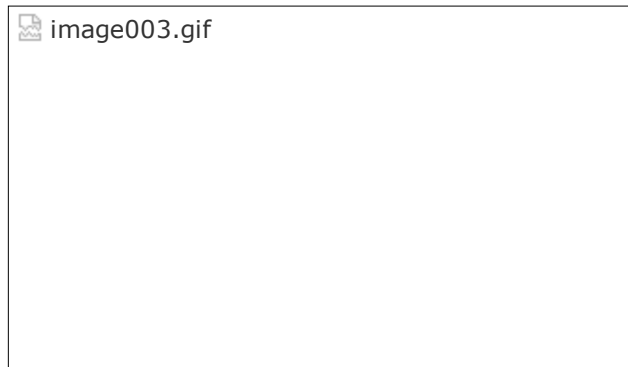


Figura 3 – L'ondulazione del geoide

Come si vede il dislivello ellissoidico tra i punti P_1 e P_2 che vale h_2-h_1 è sempre diverso dal dislivello geoidico H_2-H_1 in quanto le due superfici di riferimento non sono parallele e le ondulazioni, indicate con N_1 ed N_2 , variano da punto a punto. Inoltre, considerati noti a priori i valori dell'ondulazione N_1 ed N_2 , il valore del dislivello $(h_2+N_2) - (h_1+N_1)$ è comunque un risultato approssimato in quanto mentre H_1 e H_2 sono misurate lungo la linea di forza del campo gravitazionale h_1 e h_2 sono misurate lungo la retta normale alla superficie ellissoidica e quest'ultima non è parallela alla tangente alla linea di forza nel punto ma inclinata di un angolo e definito deviazione della verticale. Si tratta tuttavia di ottenere precisioni delle grandezze in gioco tali da non introdurre incertezze troppo elevate per quelle applicazioni topografiche per le quali non è richiesta la determinazione di dislivelli con elevata accuratezza.

L'effetto dell'ondulazione geoidica, dunque, non è mai trascurabile ed il problema presenta delle singolarità per cui l'errore commesso nella livellazione GPS può variare da quantità molto piccole, consentendo precisioni paragonabili a quelle ottenibili con la livellazione tacheometrica, fino a raggiungere entità di qualche decimetro su distanze di alcune centinaia di metri in funzione dell'orientamento della linea di livellazione rispetto all'andamento delle curve di isovalore dell'ondulazione (modello Itageo99) e della presenza di anomalie locali.

Nell'ambito del rilievo catastale l'"Istruzione sull'utilizzo della metodologia GPS e delle informazioni altimetriche nel rilievo catastale di aggiornamento" suggerisce un metodo empirico per la determinazione delle quote ortometriche a partire da quelle ellissoidiche considerando valori noti di ondulazione di vertici costituenti triangoli al cui interno ricadono i punti del rilievo GPS. Il metodo distingue il caso in cui il divario tra il valore massimo ed il valore minimo di ondulazione sia inferiore ai 5 cm, nel qual caso le

quote geoidiche potranno essere ottenute correggendo quelle ellissoidiche di una quantità pari alla media aritmetica dei tre valori; nel caso in cui il divario superi i 5 cm si procederà considerando piani interpolanti passanti per i punti di ondulazione nota. Ciò equivale ad assumere come superficie del geoide un piano inclinato, prescindendo da eventuali anomalie locali, con risultati ritenuti discretamente affidabili in ambiti ristretti.

La stessa Istruzione, che al punto 2.1 riporta testualmente "i dati altimetrici rilevati con la metodologia GPS verranno inizialmente archiviati e successivamente, quando si disporrà di un sufficiente numero di dati, trasformati in quote geoidiche", lascia presupporre la possibilità di fornire nel libretto delle misure i dislivelli ellissoidici derivanti dal rilievo GPS.

Per quanto riguarda le modalità operative del rilievo GPS si distinguono fondamentalmente tre metodi di rilievo:

- statico o statico rapido (Fast Static)
- cinematico in post-processing (PPK)
- cinematico in tempo reale (RTK)

L'applicazione che per rapidità e flessibilità meglio si adatta alle esigenze del rilievo catastale è quella cinematica in tempo reale che può essere realizzata o mediante l'impiego simultaneo di più ricevitori o, dove possibile, in appoggio a reti di stazioni permanenti che forniscono il servizio di distribuzione di correzioni differenziali in tempo reale.

Nella prima ipotesi si dispone di un ricevitore che svolge le funzioni di master e di uno o più ricevitori rover collegati alla master attraverso radio modem o GSM modem. Nella seconda ipotesi è sufficiente disporre di ricevitori rover che si collegano al centro di calcolo della rete permanente via GSM, GPRS o UMTS e ricevono correzioni differenziali di fase in tempo reale (dati RTCM) o effettuando una chiamata diretta ad un numero di rete mobile o tramite accesso ad un sito internet sfruttando il protocollo NTRIP.

Nello schema semplice di utilizzo simultaneo di due ricevitori, per continuare nell'analogia con quanto avviene nel rilievo celerimetrico, si può immaginare di fare stazione con Total Station robotica nel vertice iniziale delle baseline e di porre la mira (ricevitore rover) in successione nei vertici finali (fig. 4) con i vantaggi e le limitazioni proprie del GPS (intervisibilità dei punti non necessaria, presenza di copertura satellitare, presenza di segnale radio, ecc.).



Figura 4 – Il rilievo in modalità RTK

Ritornando alla redazione di atti di aggiornamento catastale, è ora possibile la compilazione del libretto delle misure attraverso l'inserimento delle coordinate geocentriche della stazione master e, alternativamente, o le componenti delle baseline o le coordinate sempre geocentriche del vertice finale, attraverso le quali calcolare le componenti stesse, oltre ad informazioni aggiuntive.

Un esempio di compilazione dei tipi di riga 1 e 2 si riportano nelle figure 5 e 6.

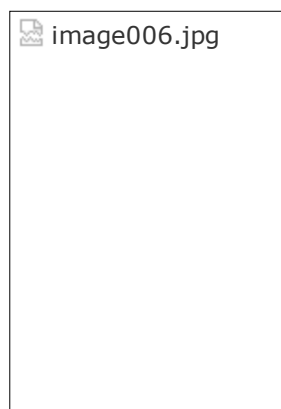




Figura 5 – Punto iniziale di baseline

Il tipo di riga 1 vertice iniziale di baseline prevede l'inserimento nell'ordine:

- Identificativo stazione;
- X geocentrica;
- Y geocentrica;
- Z geocentrica;
- Altezza centro di fase dell'antenna;
- Data ed ora inizio osservazioni;
- Data ed ora fine osservazioni;
- Metodo di rilievo;
- Tipo di ricevitore;
- Valori di DOP.



Figura 6 - Punto finale di baseline

Il tipo di riga 2 vertice finale di baseline prevede l'inserimento nell'ordine:

- Nome del punto finale;
- DX geocentrica;
- DY geocentrica;
- DZ geocentrica;
- Altezza centro di fase dell'antenna;
- Valori di DOP;
- Matrice di varianza-covarianza (solo per baseline di lunghezza maggiore di m 5.000).

In alternativa alle componenti delle baseline è possibile inserire le coordinate geocentriche del vertice finale e calcolare le componenti (fig. 7)



Figura 7 – Calcolo componenti della baseline

Mentre non emergono problematiche particolari nel caso di punti stazionabili ovvero di punti per i quali è possibile posizionare il centro di fase dell'antenna lungo la verticale del punto, si rendono necessarie alcune considerazioni nel caso di punti non stazionabili con i ricevitori GPS.

Nella pratica del rilievo catastale di aggiornamento quest'ultimo caso è tutt'altro che infrequente. Basti pensare agli spigoli di fabbricati, agli assi geometrici di manufatti quali pali ecc.

In questi casi, a fronte di diverse metodologie operative praticabili, peraltro implementate nelle varie funzioni COGO presenti nei software installati nei controllers dei ricevitori, Pregeo è in grado di elaborare le misure derivanti da tre diversi tipi di schemi:

- Stazione ed orientamento su punti precedentemente misurati con GPS;
- Misure per allineamento e squadra a partire da punti precedentemente

misurati con GPS;

· Intersezioni distanza-distanza a partire da punti precedentemente misurati con GPS;

Il primo caso, anche se più impegnativo dal punto di vista dell'esecuzione delle misure, è quello che consente di ottenere le maggiori precisioni. **Lo schema è molto semplice e consiste nel porre in stazione la Total Station su un vertice GPS, assumere come orientamento un secondo vertice GPS e quindi, con le normali operazioni di celerimensura, determinare i punti inaccessibili con il ricevitore rover (fig. 8).** Ovviamente se è necessario determinare i dislivelli bisognerà acquisire i dati relativi all'altezza strumentale ed all'altezza della mira.



Figura 8 – *Integrazione con rilievo celerimetrico*

Nel caso di misure per allineamento e squadro basterà compilare i tipi di riga 4 e 5 utilizzando come vertici origine ed orientamento dell'allineamento punti precedentemente misurati con il GPS (Fig. 9).

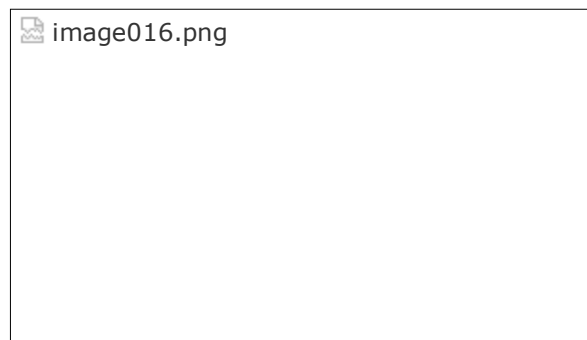


Figura 9 - *Integrazione con rilievo per allineamenti e squadri*

Le righe da compilare saranno:

4|101|102|0|*S*|

5|102|3.82|0|Punto GPS|

5|103|1.46|-1.03|Spigolo fabbricato|

L'impiego di questo schema di misura consente di ottenere una corretta elaborazione con l'avvertenza di rispettare le limitazioni imposte dall'Istruzione per il rilievo catastale di aggiornamento (Decreto direttoriale n. 4A/322 del 19.01.1988) **ovvero squadri di lunghezza non superiore a m 3,00 col metodo speditivo (utilizzando un cateto di un triangolo rettangolo appositamente realizzato sul terreno, tipo 3, 4, 5) o non superiore ad 1/3 della lunghezza dell'allineamento di base e comunque non superiore a 16 metri con l'utilizzo di strumentazione topografica del tipo squadro agrimensorio;**

Nel caso infine di determinazioni per intersezione distanza-distanza bisognerà compilare i tipi di riga 4 e 5 utilizzando come vertici iniziale e finale dell'allineamento punti precedentemente misurati con il GPS (Fig. 10).





Figura 10 - *Integrazione con rilievo per intersezioni distanza-distanza*

Le righe da compilare saranno:

4|101|102|-50|*S*|

5|103|3.25|0|Spigolo fabbricato|

4|102|103|0|*S*|

5|103|3.61|0|Spigolo fabbricato|

Anche in questo caso l'elaborazione viene correttamente eseguita.

Questi ultimi schemi non consentono nessun tipo di controllo sulla qualità delle misure sarà quindi opportuno, com'è buona norma in ogni operazione topografica, eseguire misure sovrabbondanti al fine di verificare l'eventuale presenza di errori grossolani e di stimare più correttamente la posizione dei punti da determinare.

Inoltre nel caso in cui sia necessario determinare i dislivelli tra i punti misurati con queste procedure sarà necessario integrare il rilievo con misure altimetriche di livellazione.

In conclusione l'impiego della metodologia GPS nel rilievo catastale di aggiornamento può certamente trovare utile applicazione soprattutto nei casi in cui il collegamento alla maglia fiduciale richieda una complessità di operazioni che oltre a comportare tempi sensibilmente più lunghi, aumentando la probabilità di errore, potrebbe far decadere la precisione del rilievo. Per contro in casi di schemi di rilievo particolarmente semplici potrebbe essere preferibile il ricorso alla metodologia classica per cui la scelta di un metodo piuttosto che di un altro va sempre vista in termini di economia generale delle operazioni in funzione delle precisioni da conseguire.

Un limite alla diffusione della metodologia GPS sembra essere, all'attualità, l'elevato costo della strumentazione, limite questo che potrebbe, in un prossimo futuro, essere superato attraverso l'istituzione di reti permanenti su scala regionale che consentirebbero un abbattimento dei costi di acquisto della strumentazione oltre alla possibilità per gli utenti di avere un adeguato supporto tecnico.