

## 5a Parte

**S**ia questo articolo che quelli che seguiranno, sui più diffusi programmi di elaborazione dei dati GPS circolanti in Italia, non vogliono essere né sono un manuale d'uso. Lo scopo di questi articoli è quello di mettere in risalto le funzionalità del programma recensito sulla base di quanto esposto nell'articolo, dello stesso autore, dal titolo "L'elaborazione dei dati GPS" pubblicato sul n° 2-2005 di Geomedia e quindi è visto solo sotto l'aspetto della elaborazione dei dati GPS e della loro compensazione.

## Tutorial GPS

## Il programma Gemini della Leonardo Software House

di Vittorio Grassi

## Caratteristiche generali del programma GEMINI

GEMINI è sviluppato con la consulenza del Politecnico di Milano, Campus di Como, e con la collaborazione della Leonardo Software House e della Sokkia Italia di Milano. E' quindi un programma italiano il cui manuale e l'help in linea sono scritti in un italiano corretto, completo e comprensibilissimo. Gemini, per il momento, acquisisce le misure di osservazione da files RINEX in quanto non è ancora implementata la lettura diretta dal ricevitore né quella da files proprietari. Al momento elabora solo la frequenza L1. Uno dei tanti vantaggi di questo programma, che avrà un notevole peso sulla sua diffusione, è che essendo scritto in Italia è molto facile raggiungere le persone che lo stanno sviluppando, tra l'altro affabili e disponibili, per personalizzare alcuni aspetti dei problemi eventualmente riscontrati. Gemini è un programma mono-progetto, ossia gestisce un progetto alla volta. Poiché salva una serie di parametri di configurazione nel file GEMINI.INI (directory di import dati, flag di controllo degli avvisi, molti dei parametri delle righe 0 e 9 di Pregeo, ecc.) il "passaggio" dati di configurazione da un progetto già sviluppato ad un nuovo passa per questo mezzo.

Molte delle informazioni scritte nel GEMINI.INI sono anche memorizzate nel file di progetto (estensione GPF) e quelle memorizzate in quest'ultimo hanno la precedenza su quelle lette dal file dei parametri di configurazione quando si apre un progetto esistente. Gemini è dotato di un wizard di apertura guidata (fig. 1) di un progetto (attivabile dal menu File) quando non è aperto alcun progetto. Questo wizard offre, fra l'altro, la possibilità di riaprire immediatamente l'ultimo progetto elaborato e mostra la lista degli ultimi 10 progetti elaborati. Il wizard di apertura può essere disattivato.

Non è possibile per un utilizzatore intervenire sulle scelte grafiche (colori, spessori e tipi di linea, simboli, ecc.) adottati fin qui in Gemini. Le successive fasi del progetto GEMINI prevedono l'implementazione della post elaborazione di osservazioni GPS di tipo cinematico, della frequenza L2 e l'importazione diretta di "osservazioni su file proprietario", senza quindi ricorrere ad un traduttore RINEX. Durante la fase di inserimento dei files delle osservazioni Gemini effettua tutti i controlli necessari per verificare la presenza di basi (o vettori) fra i punti inseriti. Questa operazione non può essere né pilotata né tanto meno impedita: l'utente può però escludere dal progetto uno o più vettori che non ritiene utili o da processare (menu contestuale sulla griglia Vettori e Vettori ripetuti).

Tutta la fase di immissione viene "tracciata" nello spazio sottostante le tabelle e griglie.

Ultimata la fase di importazione è possibile osservare l'esito dell'immissione dei dati sulla finestra grafica (fig. 2) e sulle griglie sottostanti.

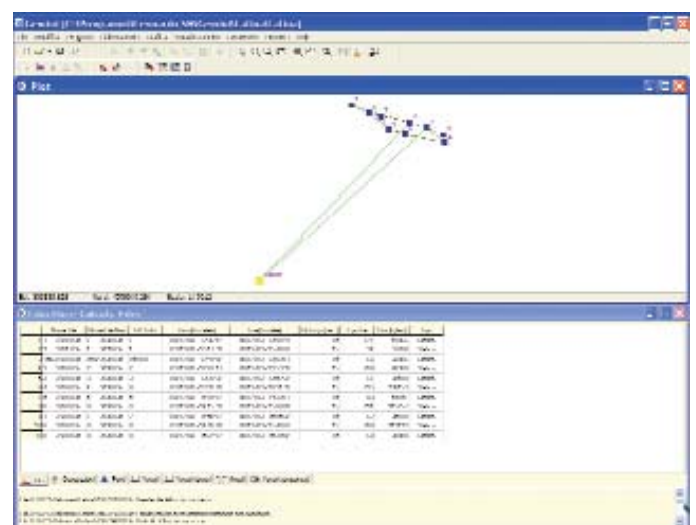


Figura 2

Per la rappresentazione dei punti, dei vettori e delle ellissi è adottata, nella finestra grafica, una opportuna simbologia molto completa e dettagliata. Gemini fa anche un uso sapiente dei colori per evidenziare le linee di base



Figura 1

da calcolare, quelle calcolate e quelle che è opportuno rivedere. I dati, invece, sono inquadrati sotto la finestra grafica entro 7 tabelle (o griglie come le chiama il manuale d'uso del programma): *File, Occupazioni, Punti, Vettori, Vettori ripetuti, Vincoli, Vettori compensati* (fig. 3). Su ciascuna di esse è attivo un menu contestuale che permette di eseguire vari tipi di operazioni sui dati mostrati dalla griglia.



Figura 3

Prima di eseguire l'elaborazione occorre fissare i parametri di calcolo nel pannello delle Opzioni di progetto (fig. 4).



Figura 4

calcolato.

È bene precisare che in tutte le fasi di lavoro con Gemini si fa sempre uso solo del sistema di riferimento WGS84. Solamente nella produzione degli elaborati finali sono calcolate le coordinate dei punti nel sistema di riferimento scelto dall'utilizzatore.



Figura 5

senza però che questo impedisca in alcun modo il corretto funzionamento del programma. Anche la scheda *Geoide* riveste un'importanza fondamentale in quanto è da qui possibile fissare in modo diretto (indicandone il valore) o indiretto (caricando un modello geoidico) il valore dell'ondulazione del geode, necessario per il passaggio dalle quote ellissoidiche a quelle ortometriche dei punti calcolati.

Invece, la scheda *Effemeridi* serve per scegliere quelle Broadcast o quelle Precise. Inoltre, quando nei file letti non sono disponibili i parametri ionosferici Gemini ne adotta di adeguati in modo da consentire comunque il calcolo dei

punti interessati. Ad ogni nuovo inserimento di punti un controllo verifica se nei pressi dei punti privi di parametri ionosferici ve ne siano altri che ne abbiano di validi. Se il quadratino di controllo (check box) della casella Parametri ionosferici viene attivato (fig. 6) allora si consente l'assegnazione dei nuovi parametri ionosferici trovati anche ai punti per i quali era già stato attivato il calcolo facendo uso di un modello generico; questo di norma comporta la necessità di eseguire il calcolo della posizione del punto una seconda volta. L'adozione di parametri ionosferici simili (o identici) su punti vicini di norma porta ad un miglioramento dei risultati.

Le rimanenti schede si commentano da sole.



Figura 6

### Funzionalità del programma e commenti

Fatti i debiti controlli sulle griglie ed eseguito un controllo sullo stato delle epoche e dei satelliti mediante lo scan dei satelliti (fig. 7) e la pre-analisi delle doppie differenze (fig. 8) si procede al calcolo differenziale.

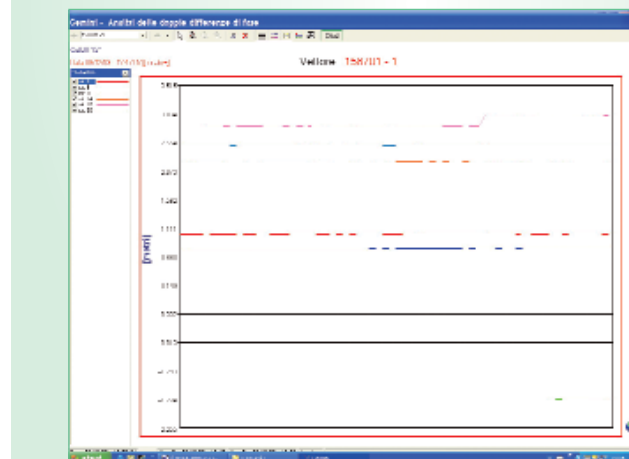
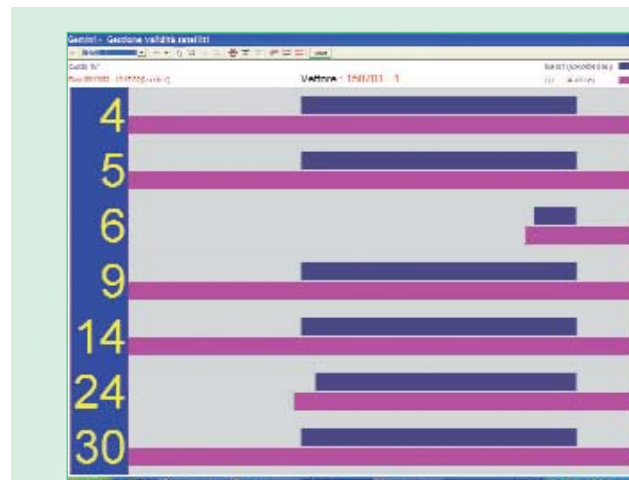


Figura 7 e figura 8

La sequenza con la quale il programma Gemini elabora le basi è la seguente:

- Vengono raggruppati i punti indicati come vincoli, quelli definiti poli di emanazione puri, i punti eventualmente già calcolati (questo gruppo viene aggiornato al procedere del calcolo) ed infine tutti i rimanenti
- A partire dal gruppo dei punti indicati come vincoli si cerca il punto dal quale emana il maggior numero di vettori e si procede al calcolo di questi ultimi. I punti alla estremità di arrivo dei vettori calcolati (e quindi calcolati a loro volta), come detto, vengono inseriti nel gruppo dei punti calcolati ed in ultima analisi avranno la precedenza su quelli non calcolati per la determinazione della sequenza di processo
- Elaborati i vettori che originano dai punti di vincolo si passa al gruppo dei poli di emanazione puri, fra questi si cerca il punto dal quale emana il maggior numero di vettori e si procede al loro calcolo. Anche in questo caso i punti all'estremità di arrivo dei vettori sono riversati nella lista dei punti calcolati
- La stessa operazione viene poi ripetuta con i punti del gruppo dei calcolati ed infine, se ancora vi sono vettori da calcolare, si procede con questi ultimi

Per questo motivo è di fondamentale importanza la scelta dei punti di vincolo e dei poli di emanazione al fine di "orientare" nel modo più corretto lo sviluppo del calcolo differenziale prima e quello della compensazione poi, oltre al fatto che tale scelta influisce sulle modalità di produzione dell'elaborato finale per Pregeo.

Nel caso di mancata indicazione di uno o più vincoli o poli di emanazione, Gemini individua e propone quello più probabile chiedendo conferma per il proseguo del calcolo.

Al termine del calcolo viene presentato (fig. 9) una lista dei vettori calcolati (elencati nell'ordine in cui sono stati elaborati), il tipo di soluzione ottenuta, la lunghezza (media se ripetuti) e l'esito del test del Chi quadro (il colore giallo indica che il test è stato superato) con a fianco i valori teorici di confronto al 95% e 99%.

Figura 9

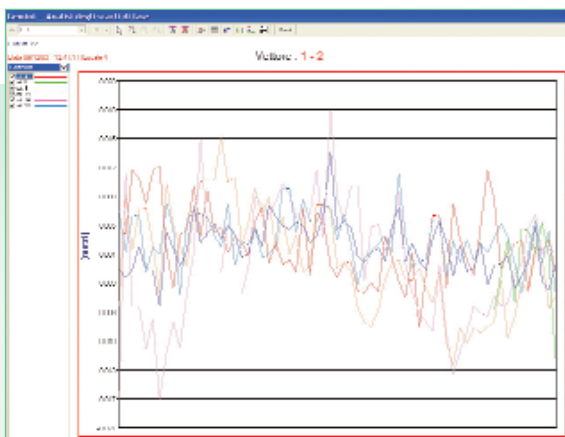


Figura 10

Dopo l'esecuzione del calcolo differenziale è possibile osservare la traccia dei residui prodotti nel calcolo mediante il comando Analisi degli scarti (fig. 10). E' anche possibile vedere un solo satellite per volta per meglio analizzare il grafico mostrato dal programma.

Lo schema concettuale che usa il programma Gemini per l'elaborazione delle linee di base è il seguente:

- Elaborazione delle osservazioni di codice non differenziate per la stima degli offset degli orologi dei ricevitori
- Elaborazione alla doppie differenze di codice per la pre-stima della base
- Costruzione delle doppie differenze di fase, individuazione e stima dei salti di ciclo
- Compensazione delle doppie differenze di fase per la stima della base e delle ambiguità iniziali (soluzioni float)
- Fissaggio delle ambiguità (soluzioni fixed)
- Compensazione delle doppie differenze di fase ad ambiguità fissate per la stima finale della base

Le compensazioni avvengono sempre ai minimi quadrati e in ciascuna iterazione vengono stimate ed applicate le correzioni rispetto ai valori a priori dei parametri incogniti. Alla fine di ogni iterazione vengono fatti gli usuali controlli per verificare e rimuovere eventuali errori grossolani.

Logicamente è anche possibile ottenere un rapporto del calcolo eseguito sia in forma sintetica che estesa. Il rapporto esteso prevede tutte le informazioni necessarie per giudicare la bontà del calcolo.

La documentazione è disponibile in cinque differenti formati, in relazione ai calcoli effettuati:

- Documentazione relativa al calcolo differenziale
- Documentazione (a tutti i livelli di calcolo) sulle coordinate calcolate per i punti
- Documentazione relativa alla compensazione della rete
- Documentazione nel formato di libretto di campagna per Leonardo QUATTRO
- Documentazione nel formato PREGEO versione 8

Al momento le stampe non sono ancora nel formato definitivo che si prevede siano in PDF.

Figura 11

## Criteria per l'accettazione della linea di base elaborata

La parte teorica per il fissaggio delle ambiguità può essere studiata sull'ottimo articolo di Biagi, Sansò e Scuratti dal titolo "Il programma Gemini per il GPS Statico in singola frequenza: algoritmi e test finali" pubblicato sul Bollettino SIFET n° 4 del 2004 da pag. 29 a pag. 44 dal quale si evince che Gemini non usa le triple differenze ma il teorema di Techebycheff nella forma N-dimensionale che viene usato in due fasi distinte sia nella ricerca dei valori interi delle ambiguità che nella valutazione dei vettori calcolati con le ambiguità intere con una serie di processi iterativi di cui l'ultimo è uno esclusivo chiamato convenzionalmente "bootstrap". Dal punto di vista pratico il programma presenta, al termine dell'elaborazione, la fig. 11 nella quale bisogna far caso che sia accettato il test del chi quadro e che lo stato delle ambiguità sia sempre FIX.

In particolare un bollino colorato appare, nella colonna del "chi quadro", solo se la soluzione trovata è fix e può essere *rosso*, se il risultato del test eccede il valore di riferimento teorico al 98%, *giallo*, se compreso fra la soglia al 98% e quella al 95%, *verde* se inferiore alla soglia teorica al 95%.

La successiva colonna "Stato" ci possono essere, invece, 3 diverse informazioni: due in forma iconica ed una di tipo testuale. Le icone appaiono sempre nella stessa posizione e quindi lo spazio loro destinato resta vuoto se non ricorrono le condizioni perché debbano essere mostrate. Le icone possono essere:

- L'icona che indica un vettore per il quale è stato fissato un "peso" inferiore al 100% per le operazioni di compensazione. Il valore del peso può essere fissato nel dialogo di proprietà dei vettori ed interviene sulla matrice di varianza-covarianza usata nella compensazione della rete
- L'icona che indica un vettore al quale è stata applicata una riduzione della estensione temporale escludendo dal calcolo della base un gruppo di epoche poste all'inizio e/o alla fine del periodo di sovrapposizione comune ai due estremi della base. Come per il peso anche la riduzione temporale del vettore può essere attuata agendo sul dialogo di proprietà del vettore. La riduzione temporale comporta l'emissione di una richiesta di ricalcolo delle basi interessate, se già calcolate

La terza informazione presente nella colonna stato è di tipo testuale: viene indicata infatti la natura della soluzione trovata con il calcolo differenziale: FIX o FLOAT.

Per le linee di base che non rispecchiassero tali requisiti bisogna tornare ad eseguire le elaborazioni dopo aver capito che tipo di intervento si possa eseguire sui dati.

## Intervento sui dati

Circa l'intervento che l'operatore può fare sui dati grezzi il programma prevede le seguenti possibilità:

- Eseguire delle finestre sui tempi di acquisizione utilizzati per linee di base
- Abilitare e disabilitare le acquisizioni dai satellitari che possono essere sia parziali che totali
- Modificare l'angolo di elevazione dei satelliti (cut-off)

## Il modulo di compensazione

Con la compensazione delle coordinate dei punti si concludono le fasi di calcolo di Gemini. Il modulo di compensazione della rete calcolata lavora secondo il principio dei minimi quadrati per variazione di coordinate ed ha le seguenti funzioni:

All'avvio della compensazione devono già essere stati definiti uno più vincoli così da consentire l'orientamento corretto del rilievo.

Sulla importanza di una corretta attribuzione dei punti di vincolo e sul fatto che questi sono rilevanti anche al fine di "orientare" il calcolo delle basi si ricordi che i punti di vincolo hanno la precedenza sui punti considerati puri poli di emanazione nella determinazione della sequenza di calcolo delle basi, oltre a determinare, già in quella fase, la "traslazione" del rilievo.

Qualora l'avvio del calcolo avvenga senza la definizione di un vincolo Gemini ne individua uno scegliendolo in modo che risulti più o meno nel baricentro del rilievo: è *chiaro che questo caso sarebbe sempre da scongiurare in quanto il rilievo risulterebbe solo intrinsecamente orientato*.

I punti compensati sono rappresentati, nella finestra grafica, con un quadratino blue pieno.

Nella documentazione del calcolo di compensazione l'utilizzatore può scegliere di visualizzare tutte o parte delle seguenti informazioni:

- i dati riguardanti informazioni di carattere generale sul calcolo di compensazione (numero di equazioni, di incognite, ridondanza della rete, parametri di conversione del datum);
- i dati riguardanti i vincoli assoluti imposti;
- i dati sui punti sottoposti alla compensazione. Se non sono stati fissati i parametri di rototraslazione con variazione di scala (sette parametri) (Preferenze, Sistema Riferimento), saranno documentate solamente le coordinate nel sistema WGS84. Inoltre per ottenere la quota ortometrica dei punti deve essere disponibile un valore per l'ondulazione del geoid;
- i dati sulle basi indipendenti e sui punti fissati dall'utente come coordinate e relativi elementi della matrice di varianza-covarianza.

Quello che segue è uno stralcio del file di compensazione: come si può notare le informazioni fornite sono complete ed esaurienti.

## Dati generali

(a)# Punti che formano la rete.....:	10
(b)# Basi indipendenti.....:	10
(-)# Equazioni di osservazione totali.....:	30
(c) equazioni da basi.....:	30
(d) equazioni da punti osservati.....:	0
(e)# Incognite.....:	27
(f)# Numero di vincoli totali.....:	3
(h)# Gradi di liberta (ridondanza rete).....:	3

Totale punti vincolo (parz. e/o tot.).....: 1

Varianza totale del sistema	: 45.56713
Chi Quadro empirico della rete	: 136.701
Chi Quadro teorico al 95%	: 7.814
Chi Quadro teorico al 99%	: 11.345
Indice di affidabilità di Baarda	: 99669850.190

=====  
 Parametri di riferimento per la valutazione dei residui standardizzati resi.

Livello teorico della distribuzione Tau di Thompson.

Valore di riferimento	VTT = 1.697
Livello alfa	LAL = 1
Potenza (1-BETA)	PBE = 99
Numero gradi di liberta	GLI = 3

NOTA: Residui standardizzati superiori a quello teorico qui indicato possono evidenziare anomalie nell'equazione (probabilmente un outlier).  
 Queste situazioni sono segnalate con la sigla (>VTT).

\*Base n° 1

idBase	File di osservazione	File nav.	Inizi	Durata
1-8	1_3431.03o - 8_3430.03o	1_3431.03n	09/12/03 - 15:17:32	00:23:15
Status della base				
Status = Fix				
Componenti prima del calcolo di compensazione [m]				
DX = 15.9871	DY = -196.0791	DZ = 32.4920		
Peso della base [%]				
peso = 100				
Elementi matrice varianza-covarianza pesata, usata in compensazione [m <sup>2</sup> ]				
xx = 4.04468e-007	yy = 1.32016e-007	zz = 2.53309e-007		
xy = 9.60780e-008	yz = 6.28136e-008			
xz = 1.98969e-007				
Componenti stimate [m] ± [mm]				
DX = 15.9891 ± 1.372	DY = -196.0777 ± 0.975	DZ = 32.4931 ± 1.026		
Lunghezza della base [m] ± [mm]				
L = 199.394 ± 0.909				
Residui componenti calcolate [mm]				
eX = 1.9913	eY = 1.3790	eZ = 1.1615		
Residui standardizzati [-]				
sx = 1.4509	sy = 1.4136	sz = 1.1318		
PPM Residui [-] calcolato come ABS((cX/1000) / DX * 1E6)				
ppm X = 124	ppm Y = 7	ppm Z = 35		
Ridondanza locale della equazione				
rX = 0.09	rY = 0.17	rZ = 0.08		
Affidabilità della base [m]				
aX = 0.069	aY = 0.029	aZ = 0.060		

## Conclusioni

Gemini è un programma semplice da usare e fortemente innovativo nei concetti e negli algoritmi di calcolo utilizzati specialmente per la risoluzione delle ambiguità. Come già detto in precedenza, per il momento, elabora solo dati GPS sulla prima frequenza e solo su dati RINEX, ma presto sarà incrementato su dati proprietari, con la seconda frequenza e per l'elaborazione dei dati in cinematico.

Il programma è dotato di un modulo "Esporta in Pregeo 8" (fig. 12) accessibile dal menu "FILE" che, nel modo più semplice ed in modo automatico e veloce, crea un file pronto per essere importato in Pregeo.



Figura 12 Quello che segue è uno stralcio della stampa del file che si ottiene da "Esporta su Pregeo 8".

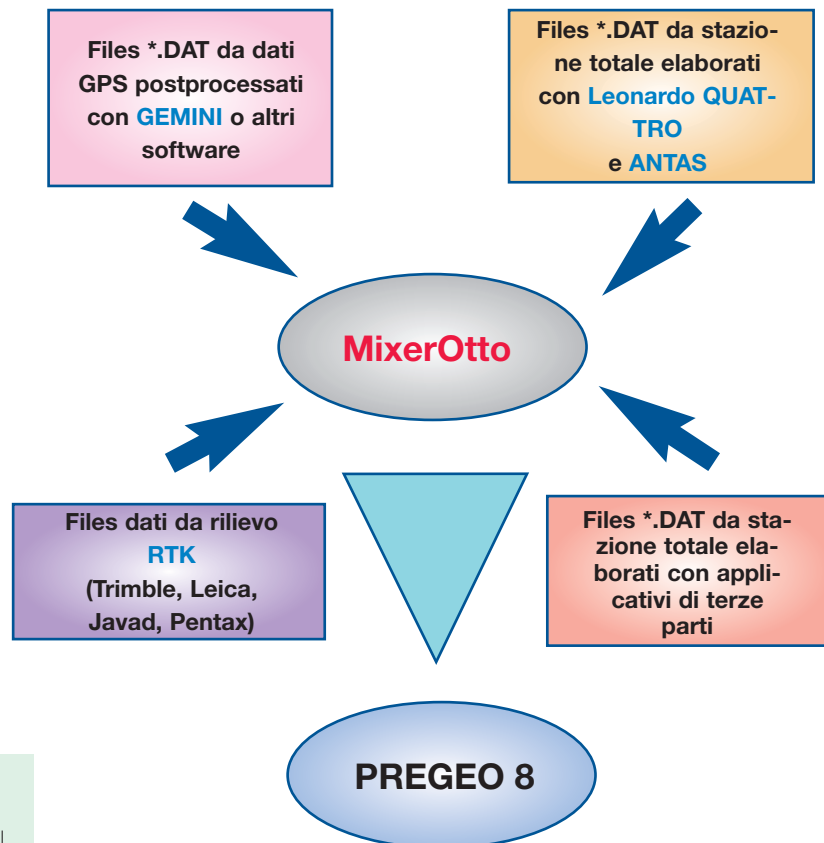
```
0|090804|1|CG546|123|12|VG|GEOMETRA|CAGLIARI|
9|60|10|20|1245678|8.00-G|FR|Nota:|
1|158701|4661922.43,1071318.14,4204877.77|0.000|158701|
6|L1|09122003-12:47|09122003-13:03|BAS|GDOP=4|
2|1|-659.999,568.571,582.649|0.000001525,0.000000111,-
0.000000081,0.000000685,0.000001125,0.000003433|GDOP=4|0.00
0|1|
1|158701|4661922.43,1071318.14,4204877.77|0.000|158701|
6|L1|09122003-12:47|09122003-13:03|BAS|GDOP=4|
2|2|-663.744,652.825,565.247|0.000003725,0.00000028,-
0.000000172,0.000001665,0.000002732,0.000008426|GDOP=4|0.00
0|2|
.....
```

Se, invece, i dati fossero di tipo misto e cioè mescolando misure GPS e terrestri è disponibile un particolare programma chiamato *Mixerotto* (sviluppato dalla Leonardo Software House) che non è un semplice assemblatore di rilievi misti ma è dotato di alcune funzioni di elaborazione dei dati acquisiti dai file provenienti anche dai rilievi RTK che permettono di risolvere i problemi di un punto non stazionabile con il GPS o la scrittura di veri e propri files di "picchettamento GPS".

Come si intuisce dallo schema riportato, lo scopo ultimo di Mixerotto è la produzione di un file .dat per il Pregeo 8. Ma non è tutto: si possono produrre anche files nel

formato .esv di punti di coordinate UTM-WGS84 a partire dal file RTK così da permettere la visualizzazione del rilievo anche su altri applicativi.

Inoltre il programma è dotato di altre varie funzionalità che esulano, però, dallo scopo del presente articolo.



Il programma, molto semplice da usare, è corredato di un ottimo ed esauriente manuale in italiano scritto in forma corretta e ricco di figure e consigli.

Inoltre, in un'apposita appendice, vengono riportate le istruzioni relative all'acquisizione dei dati in formato proprietario dalle strumentazioni Trimble, Topcon e Leica.

### Autore

VITTORIO GRASSI  
Email: vittorio\_grassi@fastwebnet.it