

IL GPS NELLA REALIZZAZIONE DELLE CARTOGRAFIE TECNICHE REGIONALI

di Vittorio Grassi, Carmelo Sorce

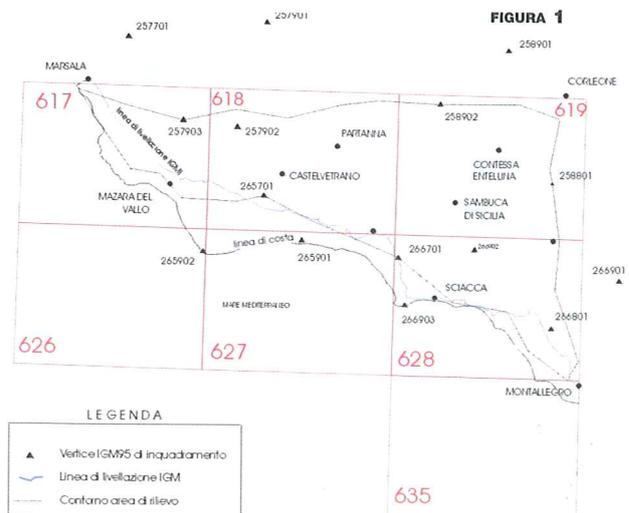
In questa relazione si espongono le scelte effettuate ed i risultati ottenuti per la realizzazione di una rete di raffittimento e una d'appoggio necessarie alla realizzazione di una Carta Tecnica Regionale il cui capitolato non prevedeva l'uso del GPS.



L'uso del GPS per la realizzazione di reti di raffittimento e d'appoggio per rilievi aerofotogrammetrici è da tempo una realtà e costituisce, forse, la soluzione più veloce, economicamente più vantaggiosa rispetto a quella tradizionale. Per quanto riguarda la precisione raggiungibile, che dipende da numerosi fattori, si può senza dubbio affermare che è alla pari con quella che si ottiene con i rilievi tradizionali se non di più. Tuttavia non tutti i capitolati d'appalto prevedono l'uso del GPS e se lo fanno sono piuttosto generici e soprattutto manca una normativa ufficiale di riferimento. Quindi l'esecutore è spesso in seria difficoltà sulle scelte tecniche da eseguire per realizzare l'opera. Un esempio recente di tale situazione è l'appalto del lotto n° 9 della Carta Tecnica Regionale Siciliana in scala 1:10000 per una superficie complessiva di 235.000 Ha. Per dare un'idea della vastità della zona interessata (fig.1) basti pensare che occupa i fogli IGM, in scala 1:50.000, nn° 617, 618, 619, 626, 627 e 628.

Il capitolato d'appalto prevedeva che:

- la rete d'inquadramento fosse costituita da vertici dei primi tre ordini IGM e quelli del IV ordine purché determinati posteriormente al 1942;
- le operazioni di misura per la determinazione delle coordinate dei vertici della rete di raffittimento dovranno essere condotte usando schemi operativi e strumenti moderni»;
- la rete dovrà contenere misure in numero esuberante rispetto a quello minimo necessario in modo da permettere controlli statisticamente validi. Da tali controlli dovrà risultare che le distanze fra i vertici contigui soddisfano la tolleranza di un settemillesimo del loro valore;
- Il calcolo delle coordinate planimetriche dei vertici della rete di raffittimento dovranno essere eseguiti in due tempi. Dapprima dovrà eseguirsi il calcolo della rete in maniera intrinseca ed autonoma, quindi l'intera rete, come corpo rigido, dovrà essere orientata, posizionata e dimensionata (rototraslazione conforme) adattandola in media senza deformarla sui vertici della rete Nazionale. L'esecuzione di questi calcoli dovrà seguire procedimenti di compensazione rigorosa;
- La tolleranza planimetrica è di 2 m, mentre quella altimetrica è di 1 m.



LE SCELTE ESEGUITE

Considerato che l'appalto non prevedeva l'uso del GPS è stato proposto l'uso di tali strumenti corredando la richiesta con un progetto di rete, redatto dopo un'accurata ricognizione del territorio da rilevare, in modo da avere la certezza di un'ottima qualità del segnale dei satelliti. In tale occasione è stata chiesta l'autorizzazione ad usare come rete d'inquadramento la rete IGM95 in sostituzione di quelle previste in capitolato. Come si può notare nella fig. 2, nell'area oggetto del rilievo e nelle sue immediate vicinanze ricadono 15 vertici trigonometrici IGM95 di cui 8 sono entrati a far parte della rete di raffittimento per la quale sono stati materializzati altri 46 vertici. Lo schema di rilievo è stato concepito per triangoli contigui o per poligoni di 4 lati il cui perimetro non ha mai superato i 40 km. I 7 trigonometrici IGM95 che non sono entrati a far parte della rete di raffittimento sono stati collegati a tale rete con bracci isolati battuti dal più vicino vertice di rete. Lo schema complessivo di rilievo è riportato nella fig. 2. Il 96 % delle linee di base presenta una lunghezza media di 6,7 km.

Utilizzando 3 ricevitori a doppia frequenza Leica mod. 9500, è stato eseguito un rilievo per basi indipendenti in modalità statica con i seguenti parametri: Cut-off 15°, baud-rate 15», durata minima della registrazione un'ora per le linee di base di lunghezza fino a 10 km e 2 ore per quelle maggiori di 10 km. In 12 giorni sono state rilevate le 93 linee di base che formano la rete di raffittimento più i collegamenti a 12 caposaldi di livellazione IGM e ai 7 trigonometrici IGM95 posti nelle immediate vicinanze dalla rete di raffittimento. Poiché era stata eseguita, come si è detto in precedenza, un'accurata ricognizione, il rilievo delle linee di base non ha creato alcuna difficoltà ed è stato possibile realizzare rigorosamente la rete presentata nel progetto iniziale. L'elaborazione delle linee di base, eseguita con i seguenti parametri con il programma SKI ver. 2.3 della Leica, non ha presentato particolari problemi e le ambiguità sono state sempre risolte con una «ratio» affidabile sempre superiore a 3.

Cut-off angle (deg):	15
Tropospheric model:	Hopfield
Ionospheric model:	No model
Solution type:	Standard
Ephemeris:	Broadcast
Data used:	Use Code and Phase
Phase Frequency:	Automatic
Code Frequency:	Automatic
Limit to resolve ambiguities (km):	20
a priori rms (mm):	10
Sampling rate for static (sec):	Use all
Phase processing:	Automatic
Cycle slip detection:	Phase check
Phase measurement rms (mm):	10
Update rate for kinematic(epoch):	1
Min. time to fix amb.-L1 only (min):	9

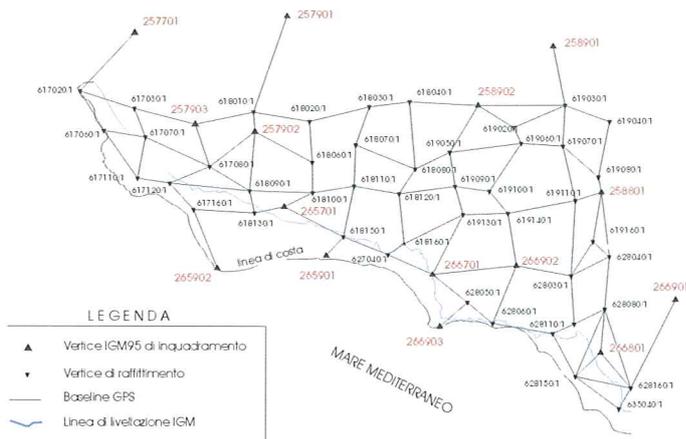


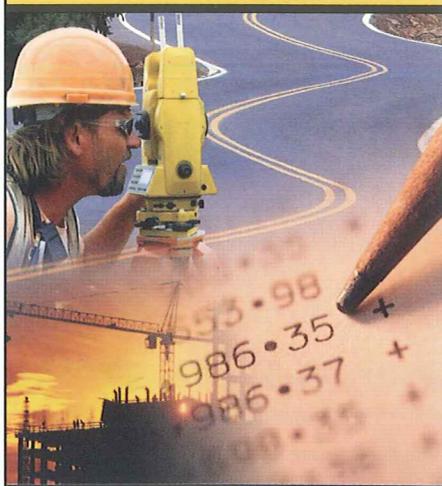
FIGURA 2

La mancata chiusura dei 40 poligoni che compongono la rete risulta compresa tra un minimo di 1 cm ed un massimo di 5 cm. Quindi è stata eseguita una compensazione in modalità rete libera in modo da mettere in evidenza eventuali incongruenze nelle misure. La rete ha 324 osservazioni, 204 incognite, 120 gradi di libertà e l'ellisse standard assoluta più grande si è avuta sul vertice 266903 con un semiasse maggiore di 0.0171 m, semiasse minore di 0.0123 m. I test statistici associati all'analisi dei residui non hanno segnalato valori anomali. Nell'appendice è riportato lo schema della rete libera con le ellissi d'errore standard ed un riassunto del relativo tabulato di calcolo. Una volta certi della bontà dei dati acquisiti è stata eseguita la compensazione vincolata della rete sui trigonometrici IGM95 e sui capisaldi di livellazione. La rete ha 342 osservazioni, 183 incognite e 159 gradi di libertà. Gli scarti ottenuti sono stati di modesta entità e tali da far ritenere una buona congruenza tra la rete di inquadramento e quella di raffittimento. A titolo di esempio si cita che l'ellisse standard assoluta più grande si è avuta sul vertice 619090/1 con un semiasse maggiore di 0.0227 m, semiasse minore di 0.0153 m. Nell'appendice è riportato lo schema della rete vincolata con le ellissi d'errore standard ed un riassunto del relativo tabulato di calcolo

PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO

Utilizzando 8 ricevitori dello stesso tipo di quelli impiegati per il rilievo della rete sono stati determinati 371 punti fotografici d'appoggio (PF). Lo schema utilizzato è stato quello « a stella» con un ricevitore posto sul più vicino vertice della rete di inquadramento o di raffittimento e l'altro ricevitore itinerante sui PF da rilevare. Questa scelta ha consentito di fare 4 squadre indipendenti che hanno rilevato i PF con i seguenti parametri: Cut-off 15°, baud-rate 15» e durata minima della registrazione mezz'ora. Poiché lo schema è isodeterminato è stata posta particolare attenzione alla misura dell'altezza strumentale per eliminare una pericolosa fonte di errori grossolani. La distribuzione dei PF è quella riportata nella fig. 3. Con queste scelte il rilievo dei PF è stato contenuto in 6 giorni lavorativi.

SierraSoft GEOMATICS



SierraSoft Geomatics Suite è costituita da una collana di prodotti espressamente progettati e realizzati per topografi, ingegneri, geometri, architetti e per chiunque operi nel settore della topografia e dell'ingegneria civile. I prodotti sono soluzioni complete, facili da utilizzare e consentono di lavorare con velocità ed efficacia. Le soluzioni comprendono: rilievo topografico, generazione modello digitale del terreno, progettazione di cave e discariche, progettazione di strade e ferrovie, progettazione idraulica, progettazione di canali, geodesia e GPS, trasformazioni di coordinate, idrologia, linee elettriche, disegno cartografico, GIS, DEM, gestione immagini raster, georeferenziazione di mappe, raddrizzamento fotografico, rilievo di interni e di facciate fabbricati, visualizzazione e rendering 3D, simulazione, e molto altro ancora. La collana include prodotti come Topko, ProSt, Rasta, Incas, Matra, Vista ed altri. I prodotti SierraSoft Geomatics sono conformi agli standard internazionali: CNR80, ICOR, AASHTO, RAS, VSS, SETRA, CETUR, FS, TAV, DB, ecc.



Topko

Topografia e modelli 3D



ProSt

Progettazione stradale, idraulica e ferroviaria



Sitio

Sistema informativo territoriale

Sierra Informatica S.r.l.

Via del Maglio, 6/C
33170 Pordenone

Tel. 0434 524414

Fax 0434 524363

E-Mail info@sierrasoft-italia.it

www.sierrasoft.com

INSERTO
GPS

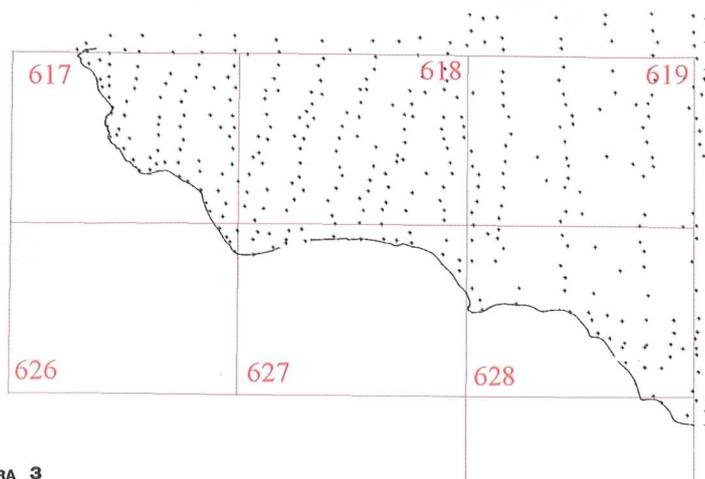


FIGURA 3

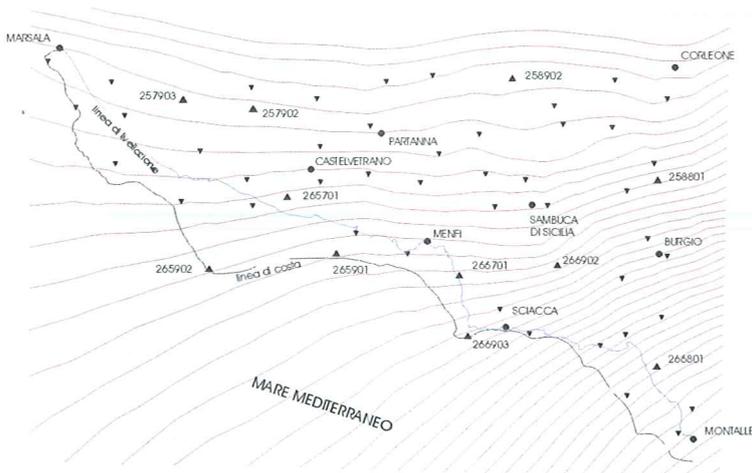
TRASFORMAZIONE DELLE COORDINATE DAL SISTEMA WGS84 AL SISTEMA NAZIONALE ROMA 40

Per la trasformazione delle coordinate da WGS84 compensate a quelle della rete nazionale Roma40 erano possibili due strade. Usare vari i parametri IGM delle monografie ciascuno applicato ai vertici della rete di raffittimento ed ai PF più vicini nel raggio di 10 km circa, oppure calcolare i 7 parametri usando le formule del Molodensky utilizzando le doppie coordinate (WGS e Nazionali) dei trigonometrici IGM95 della zona più 7 capisaldi di livellazione. Poiché sarebbero state realizzate carte in scala 1:10.000 di tipo numerico, nel timore che la prima scelta avrebbe potuto creare delle discontinuità lungo la linea che separa un gruppo di punti dall'altro, si è preferito calcolare un unico set di 7 parametri anche se i residui della trasformazione presentavano, come si può notare dalla tabella che segue, qualche scarto più elevato soprattutto in quota. Per il passaggio dalle quote ellissoidiche a quelle ortometriche ci si è serviti, del modello di scostamento geoida ellissoide Italgeo95. Tale modello è stato plottato con curve di livello ogni 10 cm (fig. 4) prima della ricognizione iniziale in modo da scegliere in campagna alcuni vertici della rete di raffittimento che oltre agli IGM95 e ad alcuni capisaldi di livellazione potessero risultare idonei per effettuare un buon inquadramento della zona ai fini dalla trasformazione delle coordinate.

TABELLA Geodetic residuals [m]

Point Id	Latitude	Longitude	Height
258701	0,072	-0,104	-0,178
257701	0,023	0,161	0,425
265901	-0,123	-0,182	-0,230
265902	0,091	-0,241	-0,542
266902	0,013	0,188	-0,084
266801	0,174	0,006	0,152
266701	-0,056	0,047	-0,030
265701	-0,019	0,024	-0,118
258902	-0,001	-0,034	-0,054
258901	-0,158	0,176	-0,070
258801	0,043	-0,001	-0,136
257903	-0,089	0,030	0,147
257902	0,029	-0,069	0,175
617160	-	-	0,071
618150	-	-	-0,083
618160	-	-	0,112
628110	-	-	-0,094
635040	-	-	-0,035
257/103/136	-	-	0,098
257/103/143	-	-	-0,101
266/103/72	-	-	0,145

FIGURA 4



CONTROLLI DI QUALITÀ

Come già detto in premessa il capitolato non prevedeva l'uso del GPS e, in assenza di una normativa ufficiale, si è stati costretti ad eseguire delle scelte operative dettate soprattutto dall'esperienza pratica e dal buon senso. A garanzia della loro bontà sono stati eseguiti i seguenti controlli di qualità. Un primo controllo è stato quello di ripetere la misura di alcune linee di base (scelte in vari punti della rete dove le ellissi relative erano più grandi). Questo controllo ha confermato la bontà della compensazione perché gli scarti sono risultati contenuti entro i 3 cm. Un altro tipo di controllo è stato quello di confrontare le coordinate planimetriche Roma40 ottenute con l'applicazione dei 7 parametri con le analoghe coordinate ottenute utilizzando i parametri esposti nella monografia del più vicino IGM95. Anche questo controllo di qualità è stato eseguito, come mostra la fig. 5, in vari punti della rete. I risultati ottenuti sono quelli riportati nelle tabelle che seguono. Come si può notare gli scarti ottenuti sono di modestissima entità e confermano la bontà delle scelte tecniche effettuate per lo svolgimento delle attività di campagna, di elaborazione dei dati e della trasformazione delle coordinate. Confermano anche il criterio secondo cui su vaste aree è possibile utilizzare più set di parametri IGM95 purché ciascuno sia applicato in un intorno del trigonometrico interessato di circa 10-15 km.

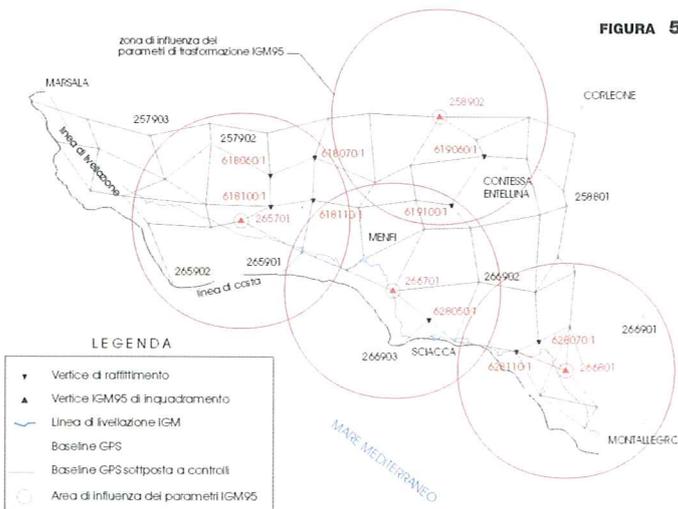
Controlli con i parametri di trasformazione del vertice:

Vertice	scarti	
	Δ Est (m)	Δ Nord (m)
IGM95 266801		
628070/1	0,052	-0,054
628110/1	0,056	-0,044
IGM95 265701		
618060/1	0,024	0,000
618070/1	-0,001	0,004
618100/1	0,040	-0,005
618110/1	0,025	0,021
IGM95 266701		
628050/1	-0,02	0,094
IGM95 258902		
619060/1	0,069	0,051
619100/1	0,085	0,051

CONCLUSIONI

Probabilmente lo standard qualitativo ottenuto è forse fin troppo buono per un appoggio che prevede la restituzione di carte aerofotogrammetriche in scala 1:10.000 e, probabilmente, si sarebbe potuto alleggerire un pò il lavoro di campagna, ma non sono da trascurare alcuni preziosi vantaggi. La rete così realizzata resta valida anche qualora si decidesse di passare alla realizzazione di carte tecniche in scala 1:5.000 risparmiando sui futuri appalti e soprattutto avendo una rete di raffittimento omogenea con le carte già realizzate. Altra applicazione molto utile è che la stessa rete può essere impiegata anche per il tracciamento di opere progettate sulle carte realizzate sempre che siano richieste maggiori precisioni. ■

FIGURA 5



Vittorio Grassi
libero professionista
Via Vallarsa, 30 - 00141 Roma
tel. 0335.7029605
vittorio.grassi@tiscalinet.it

Carmelo Sorce
libero professionista
Corso Vittorio Veneto, 46 - 92026 Favara
tel. 0335.8435025
casorce@libero.it