

RETI TOPOGRAFICHE D'INQUADRAMENTO

— Metodi operativi moderni —

dott. ing. Carmelo SENA ()*

Comunicazione ufficiale
al XIII Convegno Nazionale S.I.F.E.T.

Sorrento 11-15 ottobre 1968

1 - PREMESSA

Due fatti interessano particolarmente il topografo moderno: l'evoluzione degli strumenti di misura e l'evoluzione degli strumenti e dei metodi di calcolo. Questi fatti hanno già modificato in parte e possono vieppiù modificare, i vari metodi operativi.

Come è noto, la strumentazione topografica ha subito in questi ultimi anni, notevoli progressi e non solo come miglioramento tecnologico e di struttura di strumenti già esistenti, ma anche proprio come introduzione di nuovi strumenti; si veda ad esempio il problema della determinazione di distanze, risolto in maniera diversa e sotto certi aspetti nuova, dagli strumenti elettronici. Questi strumenti possono essere criticati a motivo del principio su cui si basano, ma un fatto è certo, che essi forniscono misure di notevole precisione con semplicità operativa. E non è detto che non si riesca, su questa strada o su principi diversi, ad ottenere misure sempre più precise. Bisognerà vedere se vale la pena arrivare a tanto; forse in alcuni casi speciali, sì (ad esempio per misure di collaudi e di deformazioni); ma la misura, sotto certi aspetti, allora dovrà complicarsi un po' di più, perché ci saranno parametri che occorrerà probabilmente determinare con una più elevata precisione: ad esempio temperatura, umidità, rifrazione atmosferica, disturbi di natura magnetica, ecc.

Anche nella misura degli angoli si sono avuti progressi: la registrazione fotografica, immediata ed automatica, delle letture, riduce il tempo operativo e la possibilità di errori grossolani. Un altro notevole problema, quello dell'orientamento al Nord geografico, è stato risolto con il teodolite cosiddetto giroscopico (con la precisione del 1').

Progressi notevolissimi sono poi avvenuti negli strumenti e nei metodi di calcolo: basti pensare alla notevole serie di macchine elettro-meccaniche, elettriche ed elettroniche che le varie Industrie pongono sul mercato; in particolare, si pensi all'evoluzione dei calcolatori che vanno dai piccoli, da tavolo, ai grandi calcolatori, con elevatissima velocità di calcolo ed elevato automatismo.

Risulta allora chiaro perché anche i Topografi pensino in termini non più tradizionali, ma un po' diversi, moderni (almeno coloro che si interessano di lavori di una certa entità). E' notevolmente sentito il bisogno di un aggiornamento continuo; ed occorrerà abituarsi a vedere il lavoro, ad esempio, in funzione di una successiva elaborazione elettronica dei vari calcoli, con possibilità di controlli numerosi e veloci. Il lavoro sul terreno dovrà essere il più breve possibile (con la necessaria ed adeguata strumentazione) e tutte le operazioni devono essere ridotte al minimo (come tempo, ma compatibilmente con i controlli necessari).

E' quindi evidente che si può ottenere in parte tutto questo, sfruttando bene

(*) Istituto di Topografia e Geodesia del Politecnico di Torino.

quanto la tecnica già mette a disposizione; ed è inoltre necessaria una ricerca, continua, di metodi e strumenti nuovi, che possano aiutare in questo cammino.

E' sotto questo punto di vista che possiamo svolgere il tema di questa relazione sui metodi operativi moderni, nell'effettuazione delle reti topografiche d'inquadramento, rispetto ai metodi tradizionali.

L'evoluzione cioè degli strumenti di misura, richiede ed impone una evoluzione dei metodi operativi, che deve altresì tenere conto della evoluzione degli strumenti e dei metodi di calcolo.

2 - RETI D'INQUADRAMENTO

Entrando nel merito specifico dell'argomento, possiamo definire come rete d'inquadramento il risultato di una serie di operazioni che permettono la determinazione delle coordinate di punti caratteristici del terreno, scelti in modo da soddisfare le esigenze di successive operazioni, vuoi di Topografia, vuoi di Fotogrammetria.

Le reti d'inquadramento sono quindi la base necessaria di ogni operazione topografica completa. Ricordiamo infatti che uno degli scopi fondamentali delle reti è quello di limitare la propagazione degli errori; tutti i risultati successivi che l'operazione di rilievo si prefigge di raggiungere, ovviamente, dipendono dalla bontà con cui si è stabilita la rete di inquadramento.

In generale, possiamo parlare di reti inquadrature su reti preesistenti, e di reti a sè stanti (sia pure dimensionate ed orientate su punti preesistenti).

Si può prevedere che nel primo caso, la precisione dei risultati dipenderà dalla precisione della rete fondamentale a cui ci siamo riferiti (Catasto, I.G.M., ecc.) e comunque, per tutte le reti, la precisione dipenderà dalla forma della rete e dai metodi operativi usati.

Si possono in generale fare le seguenti distinzioni:

2-1 - a seconda delle finalità:

2-1-a) Reti d'inquadr.	}	per rilievi tradizionali	{	a piccola scala a media scala a grande scala
		per rilievi aerofotogram.	}	a piccola scala a media scala a grande scala

2-1-b) Reti d'inquadr. per particolari lavori di ingegneria:	}	teleferiche, seggiovie, condotte forzate, linee elettriche, canali; grosse strutture: dighe, gallerie, ponti, metropolitane; rilievi interni ed esterni di miniere; controlli, collaudi e tracciamenti.
--	---	--

2-2 - a seconda dell'estensione:

2-2-a) Reti d'inquadramento:	}	geodetiche topografiche
------------------------------	---	----------------------------

2-3 - a seconda degli strumenti e dei metodi usati:

	}	triangola- zioni	}	piccole medie grandi	}	isolate legate a reti esistenti
2-3-a) Reti di tipo classico. Strumenti classici (teo- dolite, ta- cheometro)		}		poligonali		}
			intersezioni		}	
2-3-b) Reti di tipo moderno. Strumenti moderni (geodime- tro, telluometro, teodolite)				trilaterazioni		
				poligonali	}	geodimetriche telluometriche

Ci limitiamo, nel nostro caso, a prendere in considerazione le reti topografiche, reti cioè la cui estensione massima è dell'ordine di qualche decina di Km.

3 - METODI OPERATIVI

Notiamo subito che i rilievi cartografici, di tipo classico, oggi sono molto ridotti; sappiamo che per motivi economici e di tempo, si preferisce usare l'aerofotogrammetria.

Per i rilievi di piccoli appezzamenti però (al di sotto diciamo di 1.000 Ha e naturalmente a seconda della scala), il problema non si pone, perché risulta ancora vantaggioso il metodo classico (celerimetrico). Il metodo classico, presenta poi ancora un certo interesse per i rilevamenti del Catasto, a scala più grande di 1:2000. In questo caso infatti, bisogna determinare reti e sottoreti abbastanza fitte; per fare questo conviene ricorrere a triangolazioni prima, dei diversi ordini, ed infine, per la determinazione della posizione di qualche altro punto, a distanze molto brevi, dell'ordine di qualche centinaio di metri, si ricorre a poligonali.

Noi non insisteremo sul tipo di rete di inquadramento adatta a questi rilievi, anche perché attualmente non pensiamo possa usufruire di nuovi metodi operativi che risultino più vantaggiosi rispetto a quelli classici.

3-1 PROCEDIMENTI DI TIPO CLASSICO

Ci limitiamo quindi a fare un veloce cenno ai procedimenti di tipo classico: le operazioni possono susseguirsi in questo ordine:

- 1) Reperimento dei vertici trigonometrici della rete fondamentale dello Stato (I.G.M.) e Catastali, che si trovano nella zona interessata al rilievo. Si fa notare che è importante stabilire un criterio di scelta o preferenziale, anche in relazione all'ordine dei vertici che interessano. A seconda di questo ordine, diversa è la fiducia attribuibile; si approfitta di questa occasione per ricordare l'importanza del problema della conservazione dei vertici sul terreno. Si effettua quindi la ricerca delle coordinate, nelle monografie dell'I.G.M. o del Catasto.
- 2) Ricognizione e riconoscimento sul terreno dei trigonometrici e vertici di cui sopra.
- 3) Eventuali controlli, mediante operazioni di triangolazione, dei punti di ordine inferiore (anche in dipendenza della scala del rilievo), ed appoggiandosi di

preferenza ai punti di ordine più elevato, delle coordinate dei trigonometrici di cui sopra.

- 4) Progetto della rete tenendo presenti i criteri di ottimizzazione, verifica della eseguibilità e materializzazione dei punti.
- 5) Determinazione, mediante triangolazioni o intersezioni o poligonali, e livellazioni trigonometriche, dei nuovi punti.
- 6) Controllo delle quote trigonometriche di cui sopra, facendo riferimento ad un caposaldo di livellazione geometrica dell'I.G.M. o livellazione locale collegata alla rete nazionale. Il controllo può essere effettuato eseguendo una linea di livellazione geometrica ad anello chiuso e possibilmente in andata e ritorno.

Ricordiamo che i punti trigonometrici catastali sono distribuiti ad una distanza media di Km 1,8 l'uno dall'altro (vedi Istruzioni per le operazioni trigonometriche) ed insieme a quelli del 1°, 2° e 3° ordine dell'I.G.M., costituiscono maglie triangolari pressoché equilatera.

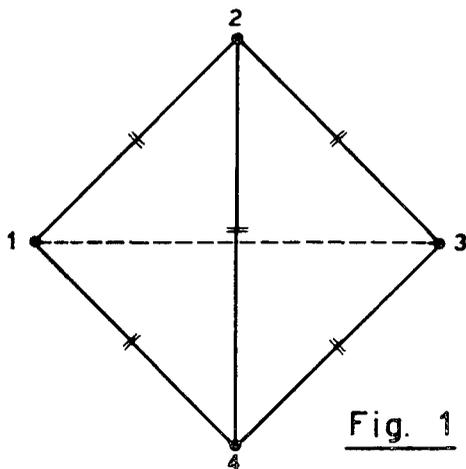
La densità corrispondente, risulta perciò di circa un vertice per ogni 220 ettari.

3-2 PROCEDIMENTI MODERNI

Oggi, con l'avvento dei nuovi strumenti, si prospetta il modo di fare in maniera diversa. In particolare la soluzione si presenta piuttosto interessante ad esempio per i rilievi aerofotogrammetrici (che costituiscono circa l'80% dei rilievi effettuati in Italia), a scala più piccola di 1:2000. In questi casi, tra l'altro, occorre notare che la rete di appoggio, per una o più strisciate, ha la caratteristica di svolgersi lungo certe direzioni preferenziali.

3-2-1 TRILATERAZIONI

Con i nuovi metodi operativi, si possono fare ancora triangolazioni, ma con misura della base, o delle basi, effettuata con il geodimetro (1); o si possono fare trilaterazioni, cioè misure di tutti e soli i lati dei triangoli della rete. Può darsi che in questo modo si acquisti in precisione, ma dal punto di vista economico, bisogna analizzare i vari costi, di volta in volta.



Mi sembra necessario ricordare che se ad esempio effettuiamo una rete trilaterata che collega i punti 1-2-3-4, come indicato in figura 1, misurando 5 lati 1-2, 2-3, 3-4, 4-1, 2-4, non v'è possibilità di effettuare compensazione.

Infatti non si hanno elementi sovrabbondanti, in quanto 3 lati sono il minimo indispensabile per la individuazione di un triangolo.

Sarà quindi necessario, se si vogliono fare delle compensazioni, effettuare anche la misura del lato 1-3. Si ottiene però così una rete più rigida delle reti di

(1) In generale, si intende parlare degli strumenti misuratori di distanze elettronici, come sono ad esempio:

- il « Geodimetro » della AGA, nei vari modelli (fino a giungere al tipo a laser);
- il « Tellurometro » della Tellurometer (U.K.) Ltd, nei vari tipi;
- i « Distomat » della Wild;
- lo « Zeiss SM 11 » della Zeiss Jena; ecc.

triangolazioni tradizionali.

3-2-2 POLIGONAZIONI

Quello che si può invece fare e che ci sembra presenti grandi vantaggi anche dal punto di vista della morfologia del nostro terreno e dal punto di vista economico, sono le poligonazioni geodimetriche o tellurometriche. Infatti in questo modo riusciamo a fare misure di lati, con distanza di qualche chilometro; ciò permette nel lavoro aerofotogrammetrico, di servire bene i vari modelli e con buona precisione. Inoltre si evitano tutte le misure, effettuate su punti di posizione difficile e di quota elevata, nei quali si verificano, con una certa frequenza, cambiamenti di condizioni atmosferiche, con formazioni improvvise di banchi di nebbia, cambiamenti dello stato di illuminazione dei segnali, raffiche di vento, ecc. Sempre che non si voglia tenere conto della difficoltà e scomodità, anche come perdita di tempo, di operare in posti di difficile accesso.

La poligonale può seguire la parte bassa della zona e si collega ai trigonometrici mediante intersezioni multiple.

Per le poligonali non si può però parlare di maggiore rigidità così come s'era detto per le reti trilaterate con schema a quadrilatero. Infatti le poligonali, sia misurate con metodi tradizionali che con metodi nuovi, presentano lo stesso schema geometrico.

Data però la notevolissima precisione delle misure delle distanze con il geodimetro, è evidente che, i risultati di una poligonale geodimetrica possono essere riportati, come precisione, a quelli di una più rigida (geometricamente) rete di triangoli.

Anche per la determinazione dei dislivelli, si possono fare livellazioni di tipo trigonometrico, ma che adesso potremmo chiamare «geodimetriche», perché le distanze si ottengono subito con il geodimetro, senza dovere risolvere triangoli.

E' sottinteso che, attualmente, la misura degli angoli bisogna farla in maniera tradizionale, usando un teodolite.

I vari momenti di cui si compone un rilevamento di rete moderna, sono ancora sostanzialmente quelli visti per i procedimenti classici, a parte l'uso di diversa strumentazione, anche in fase di controllo.

Si può sottolineare, come variante, la possibilità di stabilire una rete a se stante, ad esempio del tipo la poligonale 1-2-3-4-5-6 (fig. 2) controllabile in se stessa e quindi senza necessità di precedente rete fondamentale. Da questa rete, si possono poi determinare, ad esempio mediante intersezioni, altri punti A, B, C,...

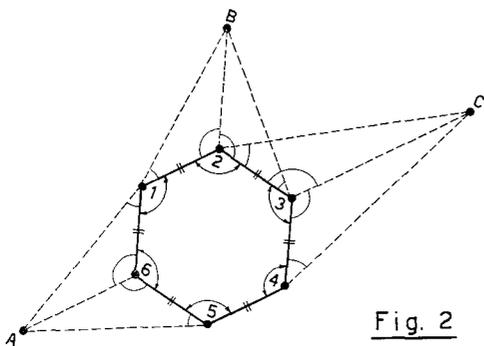


Fig. 2

4 - ORGANIZZAZIONE

L'organizzazione necessaria, potrebbe articolarsi in:

- 1) squadra ricognizione e posa segnali;
- 2) squadra geodimetro;

- 3) squadra teodolite;
- 4) squadra di calcolo.

L'attrezzatura necessaria può essere così costituita:

- geodimetro o tellurometro;
- teodolite;
- radio telefoni n. 3;
- segnali, binocolo, rotelle metriche;
- calcolatori elettronici.

Vediamo le varie funzioni a cui devono soddisfare le varie squadre.

4.1 SQUADRA RICOGNIZIONE E POSA SEGNALI

Premettiamo che il lavoro preparatorio deve essere effettuato da specialisti. La squadra ricognizione e posa segnali, ha il compito di rintracciare sul terreno i punti trigonometrici e gli altri punti che costituiranno la rete. Deve controllare se questi punti vanno bene (cioè se sono in buona posizione, se sono osservabili dagli altri punti, se sono accessibili, ecc.); in alternativa, deve scegliere nuovi punti, prossimi a quelli prima scelti, ma con caratteristiche migliori.

Deve inoltre curare la segnalizzazione di questi punti.

Questa prima fase di lavoro risulta alquanto delicata ed importante. Questi compiti dovrebbero essere svolti da topografi esperti, in grado di valutare soluzioni alternative, con criteri di ottimizzazione. Sembra convenga che chi ha fatto la segnalizzazione, lavori poi come operatore al teodolite (facilità di rintracciare i segnali, ecc.).

Il criterio di scelta dei punti segue naturalmente dalle condizioni a cui i punti stessi devono soddisfare. Se, ad esempio, devono servire per l'appoggio di modelli o di strisciate per rilievi aerofotogrammetrici, con formazione di poligonale, dovrà prevedersi tra l'altro che non siano a distanze maggiori di Km 3 (per rilievi a scala 1:10.000 e 1:5.000; se la scala è più grande, le distanze sono minori).

La portata (2) del geodimetro è infatti di Km 3÷4 di giorno, e si giunge fino

(2) Più precisamente, le portate dei vari strumenti, dalle indicazioni delle Case Costruttrici, sono le seguenti:

- Geodimetro mod. 4 (con lampada a mercurio)
- » » 6
- » » 7T
- » » 8
- Tellurometro MRA 101
- » MRA 3
- » MRA 301
- » MRA 4
- » Modlite
- » Hydrodist
- Distomat
- Distomat DI 10
- Zeiss SM 11
- Eos
- Electrotape

<i>D. maxima</i>	<i>D. minima</i>	<i>Precisione</i>
4 Km	15 mt	10 mm ± 2 ppm
2÷5 Km	15 mt	10 mm ± 2 mm/km
500 mt	15 mt	10 mm
60 Km	15 mt	6 mm ± 1 ppm
50 Km	50 mt	± 1,5 cm ± 3 ppm
80 Km	50 mt	± 1,5 cm ± 3 ppm
50 Km	50 mt	± 1,5 cm ± 3 ppm
50 Km	50 mt	± 3 mm ± 3 ppm
2 Km	15 mt	± 3 mm ± 2 ppm
200 Km		± 1,5 mt
50 Km	100 mt	
100 mt	10 mt	± 1÷2 cm
500 mt	0	± 5 mm
3 Km	15 mt	± 0,5 cm ± 2 ppm
70 Km	100 mt	± 1,5 cm ± 3 ppm