

MISURA DELLA DISTANZA DIRETTA ED INDIRETTA

6. 1 MISURA DELLA DISTANZA

Si definisce distanza, tra due punti A e B della superficie fisica della terra, la linea di minima lunghezza delle proiezioni dei due punti sopra una superficie di riferimento.

Il valore della distanza può essere conseguito con misura diretta o indiretta.

La misurazione diretta della distanza fra due punti si realizza facendo passare per A e B un piano verticale e misurando la distanza fra questi con mezzi campionati (longimetri) che si pongono allineati in successione continua ed orizzontale (fig. 1.6).

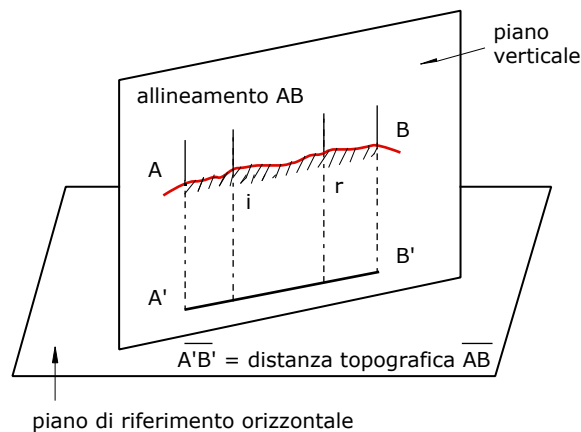


Fig. 1.6

• LONGIMETRI

I Longimetri più comunemente usati sono:

- il triplometro, o canna metrica, asta di legno stagionato a sezione circolare o quadrata, opportunamente campionata, della lunghezza di 3 m, graduata a fuoco in centimetri, protetta agli estremi con ghiera metalliche (calcioli);

- il nastro metallico d'acciaio, che si sviluppa a spirale attorno ad un perno, graduato di centimetro in centimetro e con opportuni contrasegni in metri e in decimetri (lunghezza 5-10-20-50 m) di larghezza $1 \div 2$ cm e di spessore $0,2 \div 0,4$ mm;
- la fettuccia metrica di canapa o di iuta, convenientemente intrecciata e plastificata, é avvolta attorno ad un perno dentro una custodia; ha una lunghezza di $10 \div 20$ m, graduata di centimetro in centimetro;
- la catena agrimensoria, in disuso, provvista agli estremi di maniglie e costituita di asticelle lunghe $20 \div 25$ cm, collegate fra loro con occhielli che realizzano la continuità della catena per una lunghezza di 10-20 m con indicazione ad ogni metro (particolare per i 5 m);
- il compasso agrimensorio, in disuso, asta di legno lunga in genere 2 m e graduata in decimetri, con due punte metalliche sporgenti in direzione perpendicolare alle estremità per l'appoggio sul suolo ed una impugnatura in mezzeria, per lo spostamento nelle successive posizioni contigue.

Gli errori che si commettono nelle misure con i longimetri sono piuttosto notevoli e sempre positivi (punti non perfettamente allineati, non orizzontalità...).

• MODALITÀ OPERATIVE

Per eseguire una corretta misura diretta della distanza fra A e B é opportuno seguire le seguenti indicazioni:

- a - eseguire un allineamento fra A e B;
- b - infittire i punti intermedi fra A e B dell'allineamento;
- c - misurare le distanze orizzontalmente in andata (\overline{AB}_a) ed in ritorno (\overline{BA}_r).

Nel momento in cui si eseguono più misure intermedie fra A e B la distanza in andata ossia da A verso B sarà:

$$\overline{AB}_a = d_i$$

dove d_i rappresentano le distanze parziali

Mentre per le misure in andata e ritorno si ha:

$$\overline{BA}_r = d_i$$

Quasi sicuramente sarà $\overline{AB}_a \neq \overline{BA}_r$ per cui é opportuno ricorrere alla teoria degli errori nella misura diretta della distanza topografica.

Il valore medio D rappresenterà il valore più probabile di \overline{AB} :

$$D = \frac{\overline{AB}_a + \overline{BA}_r}{2}$$

nel caso in cui gli errori commessi nelle operazioni di misura siano di natura accidentale.

• ERRORI E TOLLERANZE

Per poter decidere sulla natura degli errori commessi viene introdotto un parametro T_ℓ , che dicesi tolleranza lineare.

Il valore di T_ℓ esprime un'indicazione del valore massimo degli errori accidentali che può essere commesso nella misura delle distanze, pertanto esso sarà funzione del valore della distanza stessa e delle difficoltà operative che possono presentarsi.

Se si vuole correlare T_ℓ con la precisione m del valore della distanza si può ritenere $T_\ell = 3 m$.

In conclusione, assumendo come verso positivo la direzione da A verso B si esegue la chiusura lineare ossia:

$$\overline{AB}_a + \overline{BA}_r = \ell$$

dove ℓ è l'errore di chiusura lineare (somma degli errori accidentali, strumentali e grossolani).

La natura del tipo degli errori viene decisa dal confronto con T_ℓ e possono verificarsi i seguenti casi:

- $\ell > T_\ell$ significa che si è in presenza di errori grossolani e/o sistematici; le misure non sono state eseguite con la cura necessaria ed esse debbono essere rifiutate;
- $\ell \leq T_\ell$ significa che si è in presenza di errori accidentali: le distanze misurate due volte in andata e ritorno si possono accettare, e prendere come valore probabile della distanza fra A e B la media aritmetica fra \overline{AB}_a e \overline{BA}_r .

La tolleranza nella misura diretta della distanza topografica, detta D la distanza ottenuta dalla media delle misure fatte in andata e ritorno è data da:

$$T_\ell = h\sqrt{D} + 0,0002D$$

ove: $h\sqrt{D}$ è il termine che tiene conto degli errori accidentali,

$0,0002D$ è il termine che tiene conto degli errori sistematici.

Nella formula della tolleranza h assume i seguenti valori:

0,015	per terreno piano;
0,020	per terreno ondulato;
0,025	per terreno accidentato.

Da questa formula si deduce che per $D = 100$ m, T_ℓ risulta essere compreso fra

$$0,17 \quad T_\ell \quad 0,27 \text{ m.}$$

É importante ricordare che questa é la tolleranza del Catasto italiano per misure fatte due volte in andata e ritorno.

6.2 MISURA INDIRETTA DELLA DISTANZA

La misura della distanza dicesi indiretta quando il suo valore si ottiene con opportuni calcoli impostati sulla determinazione di parametri ottici, geometrici o fisici particolari che dipendono dalla distanza stessa.

Gli strumenti impiegati a tale scopo sono i distanziometri.

Essi possono essere ottici o ad onde elettromagnetiche.

Di conseguenza si hanno diversi metodi e strumenti per la misura indiretta della distanza.

- **MISURA DELLA DISTANZA AD ANGOLO PARALLATTICO COSTANTE.**

Per eseguire la misura della distanza con questo metodo é indispensabile l'impiego di un cannocchiale distanziometrico il quale é dotato di un particolare reticolo formato da un filo verticale e da 3 fili orizzontali e la disponibilit  di un'asta graduata : stadia (fig. 2.6).

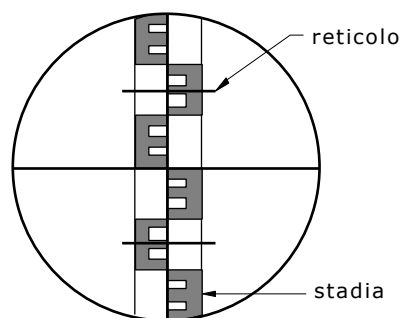


Fig. 2.6

Supponiamo di avere un cannocchiale distanziometrico montato su cavalletto ed una stadia (asta a sezione rettangolare di lunghezza 4 m gra-

duata in metri, decimetri e centimetri) tenendo conto che le immagini nel campo del cannocchiale possono essere capovolte.

Per lettura della stadia si intende la determinazione (in m, dm, cm e mm a stima) di uno o più punti della stadia in corrispondenza dei fili del reticolo e che rappresentano l'altezza di tali punti della stadia dal terreno.

La misura della distanza AB può essere fatta, se la morfologia del terreno ce lo consente, facendo stazione in nel punto A con il cannocchiale distanziometrico orizzontale e ponendo una stadia verticale nel punto B (fig. 3.6).

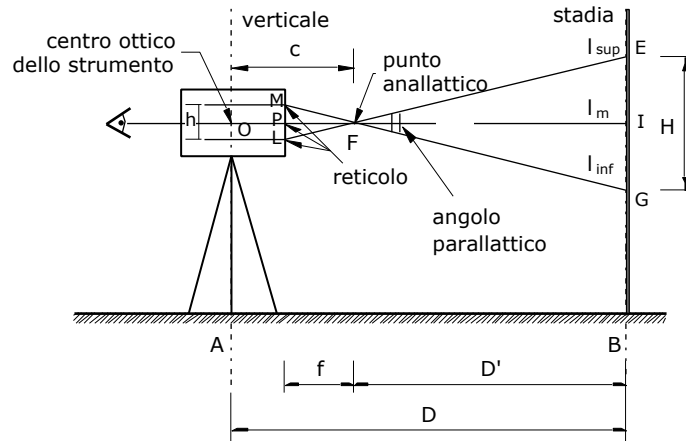


Fig. 3.6

In fig. 3.6 sono segnati i percorsi dei raggi ottici interessanti i fili del reticolo distanziometrico.

I raggi ottici paralleli all'asse, uscenti dai fili del reticolo passano per il fuoco dell'obiettivo ed incontrano la stadia.

Si constata facilmente la similitudine dei triangoli EFG ed MFL e possiamo scrivere:

$$\overline{IF} : \overline{EG} = \overline{FP} : \overline{LM}$$

dove:

$\overline{IF} = D$	distanza orizzontale parziale;
$\overline{EG} = H$	intercetta di stadia;
$\overline{FP} = f$	distanza focale;
$\overline{ML} = h$	distanza fili superiore-inferiore;
$\overline{FO} = c$	distanza punto anallattico-centro ottico.

Sostituendo nella proporzione si ha:

$$\frac{D}{H} = \frac{f}{h} = K$$

il rapporto $\frac{f}{h}$ costituisce una costante strumentale K , che chiamasi costante diastimometrica e generalmente assume il valore 100.

Pertanto per la distanza \overline{AB} sarà:

$$\overline{AB} = D + c$$

ossia:

$$\overline{AB} = D = K H + c$$

La formula rappresenta il teorema di Reichenbach o della stadia; dove la costante additiva c è anche essa dipendente dalle caratteristiche del cannocchiale.

Poiché la costante additiva c porta sempre delle complicazioni nei calcoli, i costruttori inserendo dei sistemi di lenti opportune tra reticolo e obiettivo riescono a rendere $c = 0$.

In questo caso si dice che il cannocchiale è centralmente anallattico e la relazione della distanza diventa:

$$D = K H.$$

L'impiego del cannocchiale distanziometrico in posizione orizzontale risulterebbe molto limitato in condizioni di terreno in pendenza.

Si dimostra facilmente che il cannocchiale distanziometrico può essere impiegato anche opportunamente inclinato e le formule della distanza vengono a dipendere da tale inclinazione.

Infatti supposto di impiegare il cannocchiale con angolo di inclinazione (fig. 4.6), si consideri un stadia virtuale ruotata intorno ad R dell'angolo α .

In questo modo ci troviamo nella condizione del caso precedente: visuale/asse di collimazione normale alla stadia per cui possiamo scrivere:

$$\overline{RO} = K \overline{EG} + \overline{FO}$$

ossia

$$\overline{RO} = K H + c$$

dove $H = \overline{EG} = \overline{GE} \cos \alpha = H \cos \alpha$

\overline{RO} risulta essere una distanza inclinata, pertanto riducendola o proiettandola sull'orizzonte rappresenta la distanza topografica

\overline{AB} :

$$\overline{AB} = \overline{RO} \cos \alpha = KH \cos^2 \alpha + c \cos \alpha = KH \sin^2 \alpha + c \sin \alpha$$

per strumenti centralmente anallattici:

$$\overline{AB} = D = KH \cos^2 \alpha = KH \sin^2 \alpha$$

a meno del termine trascurabile $-\frac{H \cos^2}{H K}$.

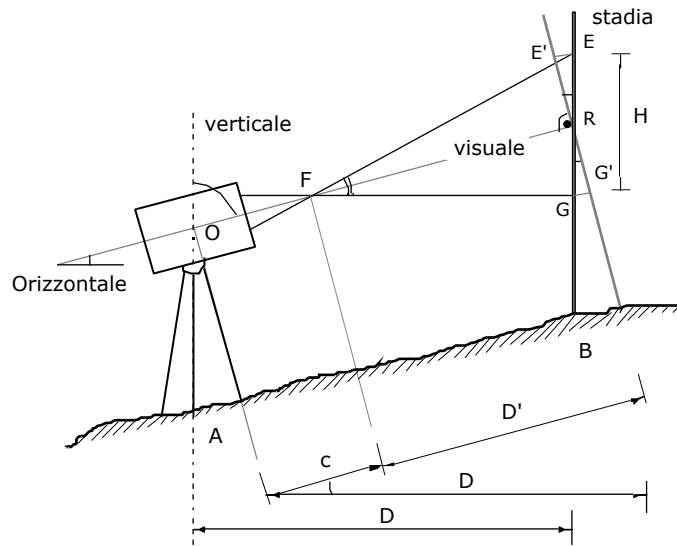


Fig. 4.6

• **MISURA DELLA DISTANZA CON IL METODO AD ANGOLO PARALLATTICO VARIABILE.**

Un qualsiasi goniometro universale (tacheometro o teodolite) centralmente anallattico o non può essere utilmente e facilmente impiegato per questo metodo insieme ad un'asta di lunghezza nota con segnali di estremità.

Se si dispone di una asta o stadia orizzontale il cannocchiale può essere impiegato indifferentemente orizzontale o inclinato (fig. 5.6).

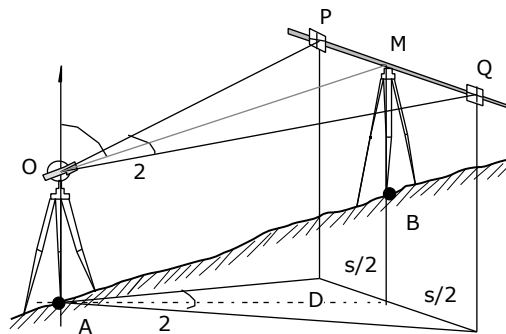


Fig. 5.6

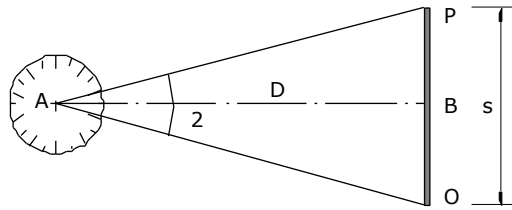


Fig. 6.6

Nel caso di fig. 5.6 la distanza topografica \overline{AB} é data da:

$$\overline{AB} = D = \frac{S}{2} \cotg w$$

dove w é il semiangolo parallattico (fig. 6.6).

La precisione s_D nella misura della distanza con il metodo ad angolo parallattico variabile e stadia orizzontale é data applicando:

$$\frac{s_D}{D} = \frac{D}{S} \frac{2}{2} + \frac{D}{S} \frac{2}{S}$$

Alla formula della distanza

$$D = \frac{S}{2} \cotg w$$

dove S é costante ed uguale a 2 m, si ha:

$$D = \frac{1}{\text{sen}^2 w} \text{ rad}$$

essendo il valore di w piuttosto piccolo si può porre:

$$\text{sen} w \approx \text{tg} w = \frac{1}{D} \frac{m}{m}$$

per cui la precedente diventa

$$D = D^2 \text{ rad}$$

+

Impiegando teodoliti di diversa precisione si ottengono per la distanza le seguenti precisioni s_D					
Goniometro	s_D (cc)	s_D (m)	s_D (mm)	s_D (m)	s_D (mm)
bassa prec.	50	50	197	100	790
media prec.	10	50	39	100	157
alta prec.	1	50	4	100	16
altissima prec.	0,1	50	0,4	100	1,6

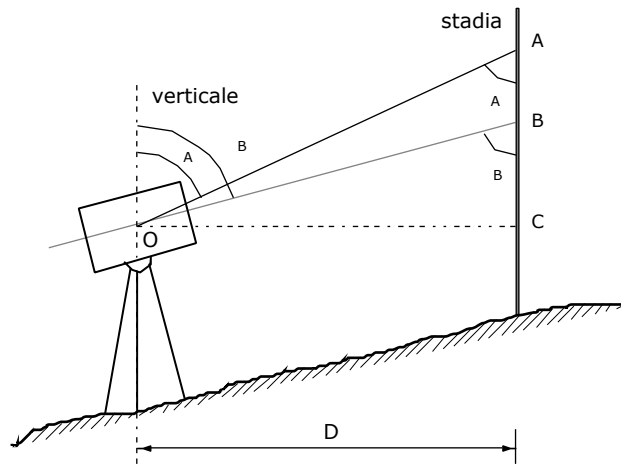


Fig. 7.6

Nel caso di impiego di una stadia verticale questo metodo é sempre applicabile (fig. 7.6) e per la distanza possiamo scrivere:

$$D = \overline{OC} = \frac{\overline{AC} - \overline{BC}}{\cotg \alpha - \cotg \beta}$$

dove:

$$L_A = \overline{AC} = \overline{OC} \cotg \alpha \quad \text{e} \quad \overline{BC} = \overline{OC} \cotg \beta$$

ma essendo anche:

$$\overline{AC} - \overline{BC} = L_A - L_B$$

si ha:

$$D = \frac{L_A - L_B}{\cotg \alpha - \cotg \beta}$$

La misura indiretta può essere eseguita anche con il telemetro, che é uno strumento che permette la misura semplice e veloce della distanza fra due punti. Il metodo presenta scarsa precisione per cui é poco usato nel campo topografico se non in casi particolari e in mezzo al traffico.

Vengono chiamati telemetri i distanziometri che non fanno uso di stadia ma necessitano di una base, generalmente fissa nello strumento di fig. 8.6.

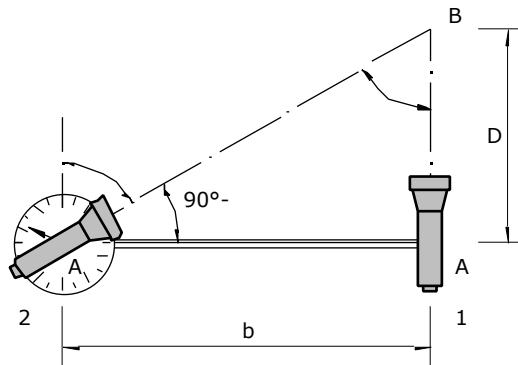


Fig. 8.6

La distanza D si ottiene collimando il punto B da A mediante il cannocchiale 1 e misurando l'angolo che il cannocchiale 2 forma con la normale alla base; in formule si ha:

$$\overline{AB} = D = b \cotg$$

• STRUMENTI OTTICI AD ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le distanze possono essere misurate anche con l'impiego di strumenti ad onde elettromagnetiche.

Il principio generale sul quale si fonda questa misura, consiste nell'inviare da una sorgente situata ad una estremità A della distanza da misurare un'onda elettromagnetica; all'altra estremità B della distanza si pone un riflettore che, ricevuto l'impulso, lo rimanda verso la sorgente ove esiste l'apposito ricevitore, formato da una cellula capace di trasformare l'impulso elettromagnetico in energia elettrica (fig. 9.6).

Con un opportuno dispositivo si misura il tempo trascorso fra l'emissione del segnale e il suo ritorno e conoscendo la velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica si può ricavare D .

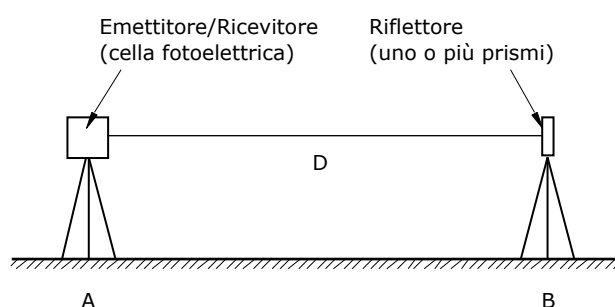


Fig. 9.6

Se il cannocchiale non è orizzontale la distanza risulta inclinata e pertanto va ridotta all'orizzonte.

Gli strumenti che si basano su questo principio sono i seguenti:

- a) il Geodimetro utilizza le onde luminose: luce, laser o raggi infrarossi ha una precisione $e = \pm (1 \text{ cm} + 0,2D)$ dove D è espresso in km. Riesce a misurare distanze minori di 10 km di giorno, mentre di notte può arrivare sino a 25 km;
- b) il Tellurometro è più preciso e pratico del Geodimetro; può essere impiegato anche in presenza di nebbia, foschia, pioggia non intensa. Consiste di due stazioni:

- una principale (master) che emette un fascio di onde elettromagnetiche mediante apparecchiature elettroniche che producono oscillazioni ad altissima frequenza;

- una seconda (remote) che riceve, amplifica e rinvia.

La portata é da 1 a 50 Km con una precisione $e = \pm (1 \text{ cm} + 3 \cdot 10^{-6} D)$.

Le stazioni sono scambiabili o reciproche.

- c) Il Distomat é costituito da un emettitore con antenna parabolica e apparecchio di comando alimentati da una batteria sulla stazione primaria e strumenti analoghi sulla stazione secondaria; le due stazioni comunicano tra di loro mediante radio telefono.

Ha una portata da 100 m sino a 50 km ed una precisione che varia:

$e = \pm (2 \text{ cm} + 10^{-5} D)$ in condizioni atmosferiche cattive;

$e = \pm (2 \text{ cm} + 10^{-6} D)$ in condizioni atmosferiche buone

- d) Il sistema RADAR (Radio Detecting and Ranging) impiega onde radio; riesce a determinare distanze di qualche centinaia di chilometri e la precisione risulta essere indipendente dalla distanza.

Il sistema Radar mediante l'utilizzo simultaneo di più stazioni consente la determinazione di un punto (aereo).