Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari
Tesi di laurea
Cartoleria e cancelleria
Stampa file e fotocopie
Print on demand
Rilegature

NUMERO: 1433A - ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Vicari

MATERIA: Topografia esercitazioni, Prof.Cina

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.
Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTI E NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 40

ESERCITAZIONI TOPOGRAFIA

Prof. Alberto Cina

A.A. 2013/2014

Studente Hervé Vicari

Il testo raccoglie le esercitazioni pratiche e di laboratorio svolte nel corso di topografia. Può costituire un utile strumento sia per svolgere le esercitazioni sul campo sia per riassumere le lezioni teoriche.

Sommario

A. RELAZIONE 1 – TEODOLITE E MISURE ANGOLARI 3

1. INTRODUZIONE 3

2. STRUMENTI 3

2.1 TEODOLITE 3

2.2 DISTANZIOMETRO AD ONDE 5

2.3 TREPPIEDE 5

3. PROCEDIMENTO 5

3.1 PREMESSE 5

3.2 MESSA IN STAZIONE 5

3.3 LETTURE 6

4. MISURE 6

5. ERRORI 8

5.1 ERRORI AZIMUTALI 8

5.2 ERRORI ZENITALI 9

6. CONCLUSIONI 10

B. RELAZIONE 2 – LIVELLAZIONE ALTIMETRICA 11

1. INTRODUZIONE 11

2. STRUMENTI 11

2.1 LIVELLO 11

2.2 STADIA 12

2.3 PIASTRA 12

2.4 CAPISALDI DI LIVELLAZIONE ALTIMETRICA 13

3. PROCEDIMENTO 13

3.1 PREMESSA 13

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 5 di 40

A. RELAZIONE 1 – TEODOLITE E MISURE ANGOLARI

1. INTRODUZIONE

La prima esercitazione di topografia ha riguardato la messa in stazione di una stazione totale, composta da teodolite e edm (distanziometro ad onde), con l'obiettivo di rendere la strumentazione operativa per la misurazione di grandezze angolari e distanze. Il rilevamento dei dati è stato caratterizzato dall'applicazione della regola degli strati e della regola di Bessel. Infine, si è proceduto al calcolo della media e dello scarto quadratico medio delle grandezze angolari ottenute.

2. STRUMENTI

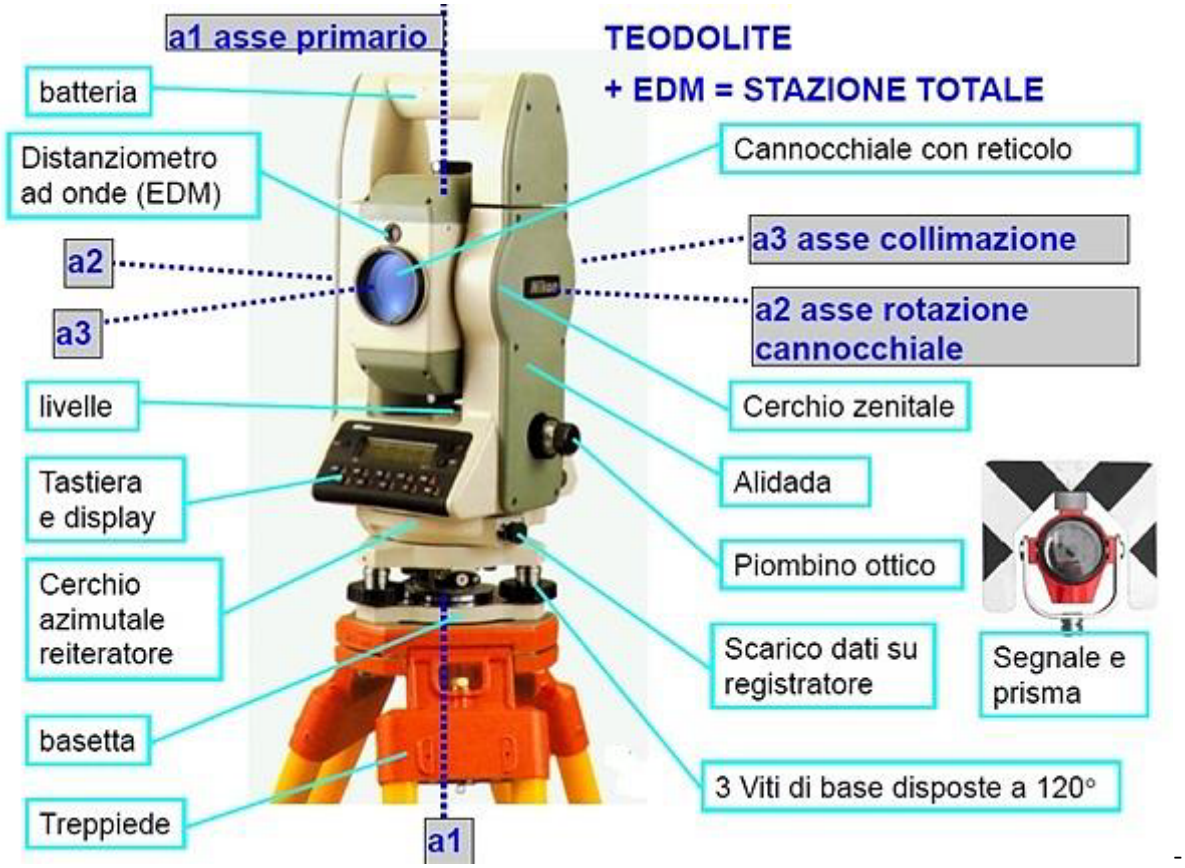


Immagine 1: struttura di una stazione totale

2.1 TEODOLITE

Il teodolite è uno strumento in grado di misurare grandezze angolari azimutali e zenitali, costituito da tre parti principali: basamento, alidada e cannocchiale.

Per basamento si intende l'insieme strutturale su cui giace l'alidada e che comprende:

- la basetta e tre viti disposte a 120° tra loro, in grado di permettere la livellazione dello strumento e la centratura rispetto al punto di stazione scelto.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 5 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 7 di 40

2.2 DISTANZIOMETRO AD ONDE

Quando un teodolite elettronico prevede anche la presenza di un distanziometro a onde (EDM), esso prende il nome di stazione totale e permette di misurare le direzioni angolari e le distanze. Tale funzionalità non è stata utilizzata nel corso di questa prima esercitazione.

2.3 TREPPIEDE

L'intera apparecchiatura è sostenuta da un treppiede regolabile, che, pur non facendo propriamente parte della stazione totale, può essere considerato come strumento indispensabile per la sua operatività.

Nella presente esperienza è stata utilizzata una catena per ancorare il treppiede alla superficie liscia.

3. PROCEDIMENTO

3.1 PREMESSE

L'esperienza è stata condotta sotto l'ipotesi di lavoro per cui lo strumento (stazione totale) fosse già stato rettificato (ovvero asse primario e asse secondario mutuamente ortogonali e quest'ultimo perpendicolare all'asse di collimazione o terziario); si è posta quindi l'attenzione solamente sull'operatività della stazione totale: verticalità asse primario e appartenenza del punto a terra a quest'ultimo.
In condizioni standard, prima di procedere alla messa in stazione, occorrerebbe fissare lo strumento alla piastra d'appoggio del treppiede, in precedenza collocato in modo che la piastra sia orientativamente orizzontale e il foro in essa circa sulla verticale del punto a terra, anch'esso già evidenziato sul terreno.

Nel caso in cui si lavori su di una superficie liscia, come nel nostro caso, si richiede inoltre l'utilizzo un organo metallico di nome "catena" atto a garantire la stabilità del treppiede.

In questa esperienza suddette operazioni erano già state tutte eseguite.

3.2 MESSA IN STAZIONE

Il lavoro vero e proprio è cominciato effettuando l'adattamento alla vista nel piombino ottico tramite l'apposita ghiera (su di esso collocata) seguito dal centramento, sempre attraverso il piombino, dell'asse primario al punto a terra utilizzando le viti. Quest'ultima operazione costituisce la prima condizione di operatività (appartenenza punto a terra all'asse dell'alidada) e deve essere condotta tramite le viti calanti assicurandosi di non arrivare a fine corsa (in ottica della futura messa in bolla con livella torica). Verificata, si è proceduto con la messa in bolla della livella sferica di prima approssimazione regolando opportunamente le gambe allungabili del treppiede (avendo cura di non alterarne la giacitura durante la regolazione) fino a quando la tangente alla bolla coincide con la tangente centrale alla livella. Il principio fisico che giustifica la suddetta procedura è il seguente: riempiendo parzialmente la livella con un liquido a basso punto di congelamento, lo spazio libero viene saturato dai suoi vapori formando una bolla d'aria che per la gravitazione tende sempre a disporsi nella parte più alta della fiala; ciò implica che quando la bolla è racchiusa nel range indicato sulla livella, il piano tangente alla livella è orizzontale ma non solo, infatti se si lavora su una livella sferica rettificata esso sarà anche parallelo al piano d'appoggio.

Si ricorda che l'operazione di orizzontalità di piani/verticalità assi eseguita con livella sferica è notevolmente approssimativa; per questa ragione si perfeziona l'assetto mediante una livella torica. Il principio di funzionamento di quest'ultima è del tutto analogo a quello descritto precedentemente con la differenza che ora il centramento della bolla nel range avviene mediante le razze di base: si posiziona l'alidada parallelamente a due di esse e mediante loro rotazioni in senso opposto (senza toccare la terza vite rimanente) si cerca una prima messa in bolla; si ruota poi l'alidada di 200 gon verificando che la bolla non si sposti a causa di errori di rettifica (infatti il non verificarsi della condizione implicherebbe il non parallelismo tra la tangente centrale alla livella e le rette d'appoggio). Infine, ruotando di altri 100 gon l'alidada, si completa la messa in bolla agendo sulla terza vite. A questo punto, l'asse primario non intersecherà più il

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 7 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 9 di 40

STRATO	59	77	
	α		$x_i = \alpha_{77} - \alpha_{59}$
1	53,9888	81,9520	27,9632
2	78,7679	106,7318	27,9639
3	103,2999	131,2458	27,9459
4	128,2637	156,2267	27,9630
5	152,9928	180,9572	27,9644
6	177,5280	205,4864	27,9584
7	203,4366	231,4155	27,9789
8	228,4551	256,4272	27,9721

Tabella 2: valori delle letture azimutali con applicazione della regola di Bessel e valore dell'angolo azimutale (x_i).

La media aritmetica tra le letture azimutali degli 8 strati fornisce un valore meno influenzato dall'errore di graduazione del cerchio. Si ottiene **M = 27,9637**.

I valori delle misure zenitali sono riportati nella seguente tabella (valori in gon).

STRATO	59		77	
	s	d	s	d
1	94,5560	305,4460	95,0094	305,0000
2	94,5576	305,4478	95,0090	304,9962
3	94,5578	305,4495	95,0082	304,9902
4	94,5552	305,4476	95,0086	304,9988
5	94,5526	305,4512	95,0102	304,9980
6	94,8944	305,4462	95,0104	304,9990
7	94,9298	305,5818	95,0120	304,9970
8	94,5636	305,4500	95,0112	304,9978

Tabella 3: valori delle letture zenitali, normali (s) e coniugate (d), dei due punti collimati (59 e 77) per i vari strati.

Applicando la seguente regola si ottiene il valore di angolo zenitale esente da errore di zenit strumentale.

$$L = \frac{L_{cs} - L_{cd} + 400}{2} = \frac{(L + z) - (400 - L + z) + 400}{2} \quad (2)$$

STRATO	59	77
	φ	
1	94,5550	95,0047
2	94,5549	95,0064
3	94,5542	95,0090
4	94,5538	95,0049
5	94,5507	95,0061
6	94,7241	95,0057
7	94,6740	95,0075
8	94,5568	95,0067

Tabella 4: valori delle letture zenitali esenti dall'errore di zenit strumentale.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 9 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 11 di 40

Strato	ε	
	59	77
1	0,0006	-0,0004
2	-0,0015	-0,0002
3	0,0049	-0,0002
4	-0,0025	-0,0033
5	-0,0062	-0,0004
6	0,0010	0,0052
7	-0,0004	-0,0005
8	-0,0025	0,0012

Tabella 6: errori azimutali eliminati con la regola di Bessel per i due punti collimati (59 e 77).

5.2 ERRORI ZENITALI

Si possono individuare tre errori influenzanti le misure zenitali. L'errore di rifrazione atmosferica dipende dalle condizioni ambientali di pressione e temperatura: si ottiene una visuale ottica curvilinea, in funzione del coefficiente di rifrazione atmosferica.

L'errore residuo di verticalità dipende dalla deviazione dell'asse primario rispetto alla verticale. Esso non è eliminabile con la regola di Bessel, poiché utilizzando il teodolite in posizione coniugata, l'errore non varia. Tuttavia, il cerchio zenitale è collegato a un pendolo che, per effetto della forza di gravità, dispone l'asse primario secondo la verticale. Tale errore è praticamente ininfluente.

L'errore di zenit strumentale deriva dal fatto che puntando verso la verticale e supponendo il teodolite in stazione, la lettura sul cerchio zenitale non è pari a zero: l'indice di lettura non appartiene alla verticale; l'errore è pertanto strumentale. Utilizzando il teodolite in posizione normale e coniugata, la posizione dello zenit strumentale è simmetrica rispetto alla verticale. Applicando tale formula, si annulla tale errore:

$$L = \frac{L_{cs} - L_{cd} + 400}{2} = \frac{(L + z) - (400 - L + z) + 400}{2} \quad (2)$$

dove L è la vera misura zenitale, z è lo zenit strumentale che si può calcolare come:

$$z = \frac{L_{cs} + L_{cd} - 400}{2} \quad (5).$$

Strato	z	
	59	77
1	0,001	0,0047
2	0,0027	0,0026
3	0,00365	-0,0008
4	0,0014	0,0037
5	0,0019	0,0041
6	0,1703	0,0047
7	0,2558	0,0045
8	0,0068	0,0045

Tabella 7: zenit strumentale eliminato per i due punti collimati (59 e 77). Si nota l'elevato errore sugli strati 6 e 7 del punto 59, regione per la quale tali misure sono state eliminate dal calcolo della media.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 11 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 13 di 40

B. RELAZIONE 2 – LIVELLAZIONE ALTIMETRICA

1. INTRODUZIONE

La presente esercitazione ha riguardato la misura diretta di dislivelli mediante livellazione geometrica; l'operazione si è svolta in piazza Duca d'Aosta, dove è ubicato un caposaldo di livellazione della rete altimetrica IGM (CS 337). Gli strumenti utilizzati sono stati un autolivello elettronico, una stadia in alluminio, una piastra per la livellazione e un treppiede di supporto al livello. È poi stato condotto il calcolo di compensazione della rete altimetrica con lo scopo di stimare le quote dei punti incogniti e la relativa barra d'errore.

2. STRUMENTI

Immagine 1: gli strumenti topografici per la misura diretta dei dislivelli: il livello a sinistra e la stadia a destra.

Gli strumenti utilizzati permettono di misurare il dislivello. Essi sono messi in condizioni operative in base alla verticalità, pertanto le misure ottenute sono riferite al geoide: le quote sono ortometriche. Il livello è uno strumento il cui asse di collimazione si dispone secondo l'orizzontale e che legge un certo valore sulla stadia. La condizione operativa di base risiede nell'orizzontalità dell'asse di collimazione del livello e nella verticalità della stadia. La somma di quota ortometrica e lunghezza misurata sulla stadia è costante in una battuta di livellazione. Ricordando che il dislivello tra un punto indietro (PI) e un punto avanti (PA) è calcolato come differenza di quota $Q_{PA} - Q_{PI}$, si ricava che il dislivello vale anche $l_{PI} - l_{PA}$, dove l è la lettura sulla stadia. Collegandosi, quindi, a punti di quota nota, è possibile determinare le quote degli altri punti.

2.1 LIVELLO

Il livello è composto da una basetta che permette l'ancoraggio al treppiede e che attraverso tre viti di base consente di disporre approssimativamente il cannocchiale in posizione orizzontale, anche grazie alla livella sferica. Sopra la basetta poggia la traversa alla quale è solidalmente incernierato il cannocchiale che rileva la lunghezza misurata sulla stadia e trasferisce il dato a un elaboratore, il quale, mediante associazione digitale, restituisce una misura di lunghezza visualizzabile su un display. Grazie a misure ottiche, è anche in grado di restituire la distanza del livello dalla stadia.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 13 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 15 di 40

Immagine 3: la stadia poggiata su un tripode.

2.4 CAPISALDI DI LIVELLAZIONE ALTIMETRICA

Per materializzare il sistema di quote l'IGM crea una monografia di punti a quota ortometrica nota, a partire dai mareografi che misurano il livello medio marino. La realizzazione pratica avviene posizionando un caposaldo a calotta semisferica in acciaio inossidabile a terra, sulle principali vie di comunicazione, e abbinandolo a un caposaldo a parete, anch'esso di quota nota nell'eventualità si perda quello a terra. Essi costituiscono la base per il rilievo altimetrico.

3. PROCEDIMENTO

3.1 PREMESSA

Quando si utilizza il metodo della livellazione geometrica è possibile scegliere di posizionare il livello in base alla conformazione del terreno, per poter eseguire con maggiore precisione e facilità le misurazioni dei dislivelli. Ci sono tre possibilità di posizionamento, che prendono il nome di livellazione geometrica in prossimità di un estremo, livellazione geometrica reciproca e livellazione geometrica dal centro. Mentre la prima non viene solitamente usata perché meno precisa, tra le altre due la scelta è unicamente dettata dalla presenza o meno di ostacoli che impediscono il posizionamento del livello ad una pari distanza tra i punti oggetto della misurazione. Nel nostro caso è stato possibile effettuare tutte le misurazioni attraverso la livellazione geometrica dal mezzo.

Il metodo della livellazione geometrica è molto usato in tutti i lavori topografici, perché richiede poche e semplici operazioni e permette di raggiungere precisioni piuttosto alte: in generale, i due punti fra cui si calcola il dislivello devono essere a distanza limitata (normalmente di 50 ÷ 60 m e al massimo di un centinaio di metri). Nel caso in cui i punti siano a distanza notevole, il dislivello si calcola come somma di dislivelli parziali fra punti intermedi, ovvero eseguendo una livellazione composta.

3.2 POSIZIONAMENTO DEL LIVELLO E MISURAZIONI

Con riferimento all'immagine "mappa di piazzale Duca d'Aosta", il primo posizionamento del livello è avvenuto tra i punti M e L, distanti tra loro meno di 100 m. È stato identificato M come punto indietro e L come punto avanti, misurando a passi la distanza e posizionando il livello nel centro così identificato. La stadia è stata perciò posta prima su M e mantenuta manualmente in verticale utilizzando le manopole e la livella sferica descritte in precedenza, operazione che è stata effettuata per ogni misurazione compiuta durante il corso dell'esercitazione. Anche il livello è stato reso operativo prima di ogni misurazione, ponendolo il più possibile in orizzontale, affidandosi alla livella sferica dello strumento e usando le apposite viti calanti. Una volta certi dell'operatività di entrambi gli strumenti, l'operatore al livello si è occupato della

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 15 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 17 di 40

PUNTO n	QUOTA	PUNTO INDIETRO	distanza	parziale	PUNTO AVANTI	distanza	QUOTA PUNTO n+1	
M	100,0000	1,3584	15,88	101,3584	1,5459	15,40	99,8125	
L	99,8125	0,8473	31,34	100,6598	1,8190	32,24	98,8408	
B	98,8408	1,5791	6,00	100,4199	1,4959	6,27	98,9240	
CS	98,9240	1,5044	6,88	100,4284	1,5876	5,48	98,8408	
B	98,8408	1,5938	22,69	100,4346	1,4942	22,11	98,9404	
C	98,9404	1,5321	21,70	100,4725	1,2956	22,04	99,1769	
D	99,1769	1,7732	21,54	100,9501	1,1067	21,98	99,8434	
E	99,8434	1,4892	18,13	101,3326	1,3325	19,46	100,0001	M

Tabella 1: Libretto di campagna dei dislivelli lungo il tragitto esterno.

Dalle tabelle soprastanti si può osservare che la quota del punto M all'inizio e alla fine della poligonale differisca solamente di 0,1mm.

Un'ulteriore verifica della precisione dell'esperienza consiste nella misurazione di due diagonali : EB - DL. Essendo queste di una lunghezza superiore ai 100 m sono state suddivise in due sotto parti ciascuna: E1 - 1B, D2 - 2L. Per la misurazione di questi singoli tratti è stato necessario l'ausilio di un tripode d'appoggio della stadia.

PUNTO n	QUOTA	PUNTO INDIETRO	distanza	parziale	PUNTO AVANTI	distanza	QUOTA PUNTO n+1	
E	99,8434	1,1598	24,69	101,0032	1,3972	23,53	99,6060	
1	99,6060	1,1867	24,50	100,7927	1,9510	27,42	98,8417	B
D	99,1769	1,8462	21,95	101,0231	1,4181	21,91	99,6050	
2	99,6050	1,4819	18,53	101,0869	1,2745	19,63	99,8124	L

Tabella 2: Valori sperimentali di dislivello relativi alle due diagonali

Le quote del punto B misurate due volte (lungo la diagonale e lungo il percorso) differiscono di 0,9 mm invece quelle del punto L differiscono di 0,1 mm.

Conoscendo la quota del caposaldo CS 337 pari a 245,4874 m abbiamo ricavato di conseguenza le quote dei vari punti del percorso.

PUNTO n	QUOTA	lettura PUNTO INDIETRO	distanza	parziale	lettura PUNTO AVANTI	distanza	QUOTA PUNTO n+1	$\Delta_{n,n+1} = l_{PI} - l_{PA}$	lunghezza battuta (l)
M	246,5634	1,3584	15,88	247,9218	1,5459	15,40	246,3759	-0,1875	31,28
L	246,3759	0,8473	31,34	247,2232	1,8190	32,24	245,4042	-0,9717	63,58
B	245,4042	1,5791	6,00	246,9833	1,4959	6,27	245,4874	0,0832	12,27
CS	245,4874	1,5044	6,88	246,9918	1,5876	5,48	245,4042	-0,0832	12,36
B	245,4042	1,5938	22,69	246,9980	1,4942	22,11	245,5038	0,0996	44,8
C	245,5038	1,5321	21,70	247,0359	1,2956	22,04	245,7403	0,2365	43,74
D	245,7403	1,7732	21,54	247,5135	1,1067	21,98	246,4068	0,6665	43,52
E	246,4068	1,4892	18,13	247,8960	1,3325	19,46	246,5635	0,1567	37,59

Tabella 3: Quote dei vari punti calcolate durante il rilievo, conoscendo la quota del CS337.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 17 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 19 di 40

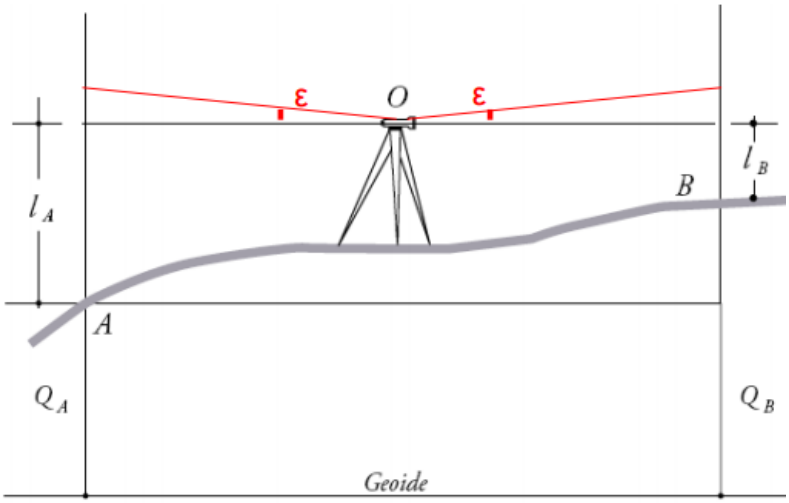


Immagine 5: schema di misura di un dislivello con lettura dal mezzo.

Il tripode d'appoggio della stadia è utile laddove non siano presenti caposaldi predisposti, poiché evita l'errore dovuto all'affondamento della stadia nel terreno: infatti questo pesante supporto in ghisa è dotato di tre punte che si conficcano al suolo.

5.3 ERRORI ACCIDENTALI

Nella livellazione geometrica le uniche grandezze misurate sono la lunghezza tra il punto d'appoggio della stadia sul caposaldo e il punto in cui l'asse di collimazione incontra la stadia, dunque la precisione del dislivello dipenderà essenzialmente dalla precisione della lettura alla stadia (σ_l).
Ricordando che il dislivello risulta dalla differenza di due lunghezze, per il teorema di propagazione della varianza si ottiene: $\sigma_{\text{battuta}} = \pm\sqrt{2}\sigma_l$. Quando la lettura si effettua a stima e la distanza tra livello e stadia è inferiore a 50 m si può considerare $\sigma_l = \pm 1$ mm; se si usa un micrometro $\sigma_l = \pm 0{,}1$ mm.
Nel caso si effettuino più battute di livellazione (n), per lo stesso teorema di propagazione si ottiene $\sigma_\Delta = \pm\sqrt{2n}\sigma_l$, con σ_Δ scarto quadratico medio delle battute. Se si considerano le lunghezze l delle singole battute costanti, si ha che la lunghezza totale della livellazione vale: L = nl. Sostituendo nell'equazione di partenza, si ricava: $\sigma_\Delta = \pm \text{emk}\sqrt{\text{L(km)}}$, con emk errore medio kilometrico.

6. COMPENSAZIONE DELLA RETE DI LIVELLAZIONE

La compensazione permette, note le misure di dislivello e fissato un grado di libertà – quota nota – di stimare le rimanenti quote, nonché una loro barra d'errore, luogo di egual probabilità di trovare un individuo estratto dalla popolazione.

Occorre anzitutto definire una matrice di pesi da applicare alle letture effettuate. Ricordando la definizione di peso: $p = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_\Delta^2}$ e sostituendo la formula di σ_Δ ricavata in precedenza, si ottiene che il peso da applicare alla battuta è inversamente proporzionale alla lunghezza l della battuta. La matrice dei pesi P è, pertanto, la seguente (l'ordine con cui sono espressi i valori è lo stesso delle misure annotate nel libretto campagna; gli ultimi due valori sono quelli riferiti alle diagonali):

0,03196	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,01572	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,0815	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,08090	0	0	0	0	0	0

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 19 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 21 di 40

Δ_{EB}	-1,0017
Δ_{DL}	0,6355

La stima $\underline{x}$ ai minimi quadrati si ottiene risolvendo l'equazione $Nx = T_n$, con $N = A^tPA$ e $T_n = A^tPl_0$:

Q_M	246,563435863
Q_L	246,375924037
Q_B	245,404200000
Q_C	245,503783063
Q_D	245,740266527
Q_E	246,406750074

Dal sistema di partenza $Ax-l_0=v$ si possono ricavare gli scarti stimati delle n=10 misure:

v Δ_{ML}	4,24244E-05
v Δ_{LB}	0,000183058
v $\Delta_{B\text{-}CS}$	0
v $\Delta_{CS\text{-}B}$	0
v Δ_{BC}	-0,00010523
v Δ_{CD}	-0,00010274
v Δ_{DE}	-0,0001685
v Δ_{EM}	5,09825E-05
v Δ_{EB}	-0,00052353
v Δ_{DL}	0,000124908

A questo punto, si calcola la stima della varianza dell'unità di peso $\sigma_0{}^2 = \frac{v^tPv}{n-r}$ = 1,8903E-11. È allora possibile esplicitare una stima della matrice di varianza covarianza C_{xx} delle 6 quote osservate indirettamente: $C_{xx} = \sigma_0^2 N^{-1}$:

6,18759E-08	4,17268E-08	7,269E-09	2,046E-08	3,33454E-08	4,17156E-08
4,17268E-08	5,01162E-08	7,269E-09	1,906E-08	3,05665E-08	3,1645E-08
7,26866E-09	7,26866E-09	7,269E-09	7,269E-09	7,26866E-09	7,26866E-09
2,04631E-08	1,90571E-08	7,269E-09	4,519E-08	3,05776E-08	2,21528E-08
3,33454E-08	3,05665E-08	7,269E-09	3,058E-08	5,3335E-08	3,66848E-08
4,17156E-08	3,1645E-08	7,269E-09	2,215E-08	3,66848E-08	5,38178E-08

Particolare importanza assumono le radici quadrate degli elementi sulla diagonale che esprimono lo scarto quadratico medio delle 6 quote. In definitiva ogni quota potrà esprimersi come $Q_i = m \pm \sigma$ (risultati espressi in metri):

Q_M	246,563174517±0,000248749
Q_L	246,375716942±0,000223866
Q_B	245,404200000±8,52564E-05
Q_C	245,503694772±0,000212576
Q_D	245,740092033±0,000230944
Q_E	246,406423535±0,000231987

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 21 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 23 di 40

```
Total      10         0.818         0.452

The Chi-Square Test at 5.00% Level Passed
     Lower/Upper Bounds (0.348/1.669)

        Adjusted Station Information
        ============================

Coordinate Changes from Entered Provisionals (Meters)

Station                dZ
CS                 -0.000000

Adjusted Elevations and Error Propagation (Meters)

Station              Elev          StdDev         95%     Description
CS                245.487400      0.000000      0.000000
B                 245.404200      0.000189      0.000370
C                 245.503695      0.000470      0.000921
D                 245.740092      0.000511      0.001001
E                 246.406424      0.000513      0.001006
M                 246.563175      0.000550      0.001078
L                 246.375717      0.000495      0.000970

                  Adjusted Observations and Residuals
                  ===================================

Adjusted Differential Level Observations (Meters)

From          To                  Elev Diff        Residual     StdErr StdRes File:Line
CS            B                   -0.083200       -0.000000   0.000267   0.0     1:2
B             C                    0.099495       -0.000105   0.000509   0.2     1:3
C             D                    0.236397       -0.000103   0.000503   0.2     1:4
D             E                    0.666332       -0.000168   0.000501   0.3     1:5
E             M                    0.156751        0.000051   0.000466   0.1     1:6
M             L                   -0.187458        0.000042   0.000425   0.1     1:7
L             B                   -0.971517        0.000183   0.000606   0.3     1:8
B             CS                   0.083200        0.000000   0.000266   0.0     1:9
E             B                   -1.002224       -0.000524   0.000760   0.7     1:10
D             L                    0.635625        0.000125   0.000688   0.2     1:11


                    Elapsed Time = 00:00:00
```

Il programma calcola un fattore di errore che permette di visualizzare l'errore complessivo sulle misure effettuate (somma dei residui standardizzati delle misure) e confronta tale valore con dei limiti prefissati: dalla compensazione risulta che il test del chi quadro è stato passato; i pesi attribuiti sono pertanto compatibili con l'accuratezza (scarto) delle misure ottenute.

Segue poi il vero scopo della compensazione, ossia determinare le quote approssimate dei punti della poligonale. Starnet calcola le quote stimate e la deviazione standard (scarto quadratico medio, StdDev) associata a ognuna di esse. Le quote stimate dal programma coincidono con quelle calcolate manualmente, mentre il valore di deviazione standard differisce da quello ottenuto in precedenza in quanto il programma utilizza una formula lievemente differente, basata sulla varianza dell'unità di peso σ_0^2 non stimata. Tuttavia i valori ottenuti sono simili: il test del chi quadro, passato, conferma la possibilità di confondere varianza dell'unità di peso stimata e non stimata. In una barra d'errore pari alla deviazione standard, nell'intorno verticale della quota, la probabilità di trovare il valore teorico è del 68%; in una barra d'errore doppia la probabilità è del 95%.

Infine, il programma calcola la stima delle misure e lo scarto associato ad esse (StdErr). Per confrontare le misure tra di loro è utile il residuo standardizzato (StdRes, rapporto tra lo scarto e StdErr). Tale parametro consente di verificare se l'ipotesi forte di partenza – misure soggette a soli errori accidentali – sia rispettata: il programma confronta lo StdRes con un intervallo di confidenza, per osservare se gli scarti seguano o meno una distribuzione normale. In questo caso non sono segnalate anomalie: le misure, con elevata probabilità, non sono caratterizzate da errori grossolani. Si può inoltre osservare che la livellazione

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 23 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 25 di 40

C. RELAZIONE 3 – RILIEVO PLANIMETRICO

1. INTRODUZIONE

La presente esercitazione ha riguardato misure planimetriche con la stazione totale. È stata rilevata una rete di 6 vertici di inquadramento con misure ridondanti. L'obiettivo è, infatti, stato quello di determinare con precisione sufficientemente elevata la posizione planimetrica di tali punti, a partire da uno dei quali è stato eseguito un rilievo di dettaglio per descrivere la geometria di una costruzione ingegneristica. Le operazioni sono state svolte in piazza Duca d'Aosta.

Il rilevamento topografico è l'insieme delle operazioni eseguite in campagna e dei calcoli sviluppati a tavolino allo scopo di risolvere problemi che interessano la superficie terrestre. I metodi di rilevamento terrestre si basano sulla misura diretta di direzioni angolari azimutali e zenitali, di distanze e dislivelli. Attraverso un'opportuna elaborazione di tali misure, è possibile determinare le coordinate dei punti del rilievo in un sistema di riferimento appropriato.

La determinazione delle proiezioni dei punti occorrenti per definire la zona da rilevare in tutti i suoi dettagli non può essere eseguita appoggiando ogni tratto da rilevare a quello precedentemente rilevato, poiché gli errori si sommerebbero progressivamente, fino ad assumere valori eccessivi. Il rilevamento si deve effettuare, perciò, passando dal generale al particolare, ovvero determinando inizialmente la posizione di un numero ristretto di punti fondamentali, ai quali si collegano i punti di dettaglio. Il rilievo terrestre si separa, dunque, in due fasi: il rilievo di inquadramento e il rilievo di dettaglio.

Il rilievo d'inquadramento costituisce l'ossatura di tutto il rilievo, formata da un numero limitato di punti da rilevare con elevata precisione, in modo da poter materializzare un sistema di riferimento univoco disponibile su tutta l'estensione del rilievo stesso. Per ottenere elevate precisioni si separa il rilievo in due parti ulteriori: la rete planimetrica (misurazione di angoli e distanze) – oggetto della presente relazione – e la rete altimetrica (livellazione geometrica) – elaborata nel capitolo precedente.

Il rilievo di dettaglio è quell'operazione che permette di individuare la posizione relativa dei punti di una determinata zona, in genere limitata, in modo da rappresentarla in tutti i suoi particolari. Questa seconda fase deve essere preceduta da una ricognizione della zona da rilevare, allo scopo di stabilire i particolari da determinare, di scegliere gli strumenti da utilizzare, di fissare i punti in cui fare stazione e di preparare l'eidotipo in una scala adeguata per potervi segnare tutte le indicazioni necessarie alla rappresentazione del terreno, attribuendo ad ogni punto caratteristico un codice (solitamente un numero progressivo). Le reti di dettaglio consentono di creare una serie di punti di coordinate note, che fungono da centri di emanazione del rilievo di dettaglio. È necessario posizionare i vertici delle reti di dettaglio in modo che essi siano visibili direttamente da tutti i punti necessari alla descrizione completa dell'oggetto.

2. STRUMENTI

Gli strumenti sono quelli già utilizzati nel corso della prima esercitazione: il teodolite e il treppiede. Tuttavia, il rilievo planimetrico oggetto del presente laboratorio ha richiesto anche la misura di distanze, ragione per la quale sono stati utilizzati anche l'EDM – componente della stazione totale insieme al teodolite – e dei prismi riflettenti.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 25 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 27 di 40

$$\sigma_D = \pm(c_0 + c_1 D) \quad (7).$$

2.2 RIFLETTORI

Si utilizzano riflettori individuabili direttamente dall'operatore e perciò aventi disegni triangolari ai bordi. Grazie all'uso di prismi, gran parte del segnale viene reindirizzato al distanziometro.

Per il rilievo d'inquadramento i riflettori sono stati posizionati su treppiedi; per il rilievo di dettaglio è stata utilizzata una palina telescopica con prisma circolare.

3. PROCEDIMENTO

La prima fase dell'esperienza è costituita dalla descrizione dei punti di inquadramento, dove ogni squadra ha eseguito le misure su un terzo della rete (2 punti). Per fare ciò, dopo avere messo in stazione il teodolite e il riflettore, ci si è adoperati per misurare angoli e distanze tra il punto in considerazione e il punto indietro (dove per convenzione si è scelto quello alla propria sinistra), eseguendo tali misure sia in posizione normale sia in posizione coniugata. Successivamente le stesse operazioni sono state svolte per il punto avanti (alla destra), il cui riflettore era stato posizionato dalla squadra vicina. Al fine di avere una precisione maggiore si è infine ripetuto le misure con un secondo strato, dopo avere ruotato il cerchio azimutale di 100 gon (regola degli strati). Per il secondo punto di stazione (dopo essersi spostati in senso orario) il procedimento è analogo.

La seconda parte è invece costituita dal rilievo dei punti di dettaglio. Scopo di questa fase non è tanto di avere misure precisissime ma di effettuare un elevato numero di operazioni; per questo motivo tali misure sono state realizzate solamente in posizione normale e con un solo strato. Si è quindi provveduto ad utilizzare un riflettore posizionato su un'asta, la quale viene tenuta in bolla dall'operatore. Scelti sulla cartina i punti, si posiziona sul terreno in corrispondenza degli stessi il riflettore e si esegue la misura della distanza e degli angoli lasciando il teodolite in corrispondenza del secondo punto di inquadramento; terminata questa operazione che, per le modalità con cui viene eseguita, richiede meno tempo rispetto a quella analoga svolta in precedenza, si sposta il riflettore sul punto successivo e si procede così per tutti i punti necessari.

4. MISURE

4.1 ANGOLI AZIMUTALI – RILIEVO D'INQUADRAMENTO

Gli angoli azimutali misurati sono presenti nella seguente tabella (l'ultima colonna è l'applicazione della regola di Bessel; valori in gon)

punti	strati	s	d	α=(s+d-200)/2
C	1	286,7074	86,706	286,7067
	2	186,2324	386,2262	186,2293
L	1	389,6872	189,682	389,6846
	2	289,1688	89,1678	289,1683
D	1	97,8316	297,8252	97,8284
	2	399,525	199,512	399,5185
B	1	239,7536	39,7462	239,7499
	2	141,4406	341,4332	141,4369

Gli angoli azimutali, per i due strati valgono:

$\alpha_{CBL} = \alpha_L - \alpha_C$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 27 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 40

4.4 RILIEVO DI DETTAGLIO

NOME PUNTO	HA [gon]			VA [gon]			D[m]
D	399	52	50				
201	162	1	44	95	77	24	5,971
202	158	9	34	98	34	98	13,465
203	152	72	58	99	24	66	25,646
204	148	11	98	99	36	16	30,573
205	144	96	34	99	48	68	36,107
206	141	32	28	99	60	88	43,007
207	133	61	96	99	62	32	56,940
208	128	92	28	99	53	2	63,771
209	124	60	14	99	50	34	70,715
210	124	32	12	99	26	48	32,430
211	120	76	32	98	82	44	23,418
212	89	29	52	97	93	80	12,157
213	19	17	54	97	79	0	14,316
214	399	95	36	98	96	24	27,637
215	381	8	74	99	22	68	43,101
216	374	25	94	99	37	32	30,599
217	369	37	88	98	94	0	21,863
218	360	77	28	98	13	16	12,847
219	309	67	38	98	69	86	19,470
220	298	3	18	99	13	48	23,504

HA = angolo azimutale
VA = angolo zenitale
D = distanza in metri

5. COMPENSAZIONE CON SOFTWARE STARNET

Le misure planimetriche effettuate sono soggette a errori: gli errori sistematici sono stati trattati mediante opportune procedure operative (regola di Bessel, metodo degli strati); gli errori accidentali vanno invece trattati statisticamente, al fine di stimare le coordinate piane e l'errore commesso. La compensazione è stata eseguita su una poligonale di 6 vertici, misurando angoli azimutali e distanze orizzontali (le distanze misurate sono state ridotte all'orizzontale). Sono stati utilizzati i dati ricavati da tre gruppi di lavoro. Sono state eseguite due compensazioni: la prima fissando le coordinate di un punto nel sistema locale e un azimuth; la seconda fissando le coordinate di tre punti nel sistema UTM-WGS84.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 31 di 40

```
Fixed Stations              E                    N       Description
B                      111.276000          143.461000

                    Number of Angle Observations (GONS) = 5

From       At         To              Angle      StdErr
D          C          B             141.919950     5.18
E          D          C             145.751500     5.24
M          E          D             101.508800     5.16
B          L          M             111.919500     5.20
B          L          D              73.397550     4.32

                  Number of Distance Observations (Meters) = 6

From       To              Distance     StdErr
B          C              44.788700   0.003439
C          D              43.709100   0.003436
D          E              43.198000   0.003434
E          M              36.282800   0.003415
M          L              31.294100   0.003402
L          B              63.636300   0.003490

                Number of Azimuth/Bearing Observations (GONS) = 1

From       To            Azimuth       StdErr
B          C             216.249600     FIXED
```

Come si può osservare dal report del programma, le coordinate fissate sono la posizione di B e l'azimuth tra B e C. Inoltre, dopo una prima compensazione, alcune misure affette da residui standardizzati troppo elevati sono state eliminate. Il report completo della prima compensazione è riportato in fondo al documento (paragrafo *6.1*).

Il software esegue, a questo punto, la compensazione mediante il procedimento dei minimi quadrati; linearizzando le equazioni e calcolando delle correzioni da apportare ai valori approssimati. In questo caso, sono state fatte due iterazioni e la ridondanza delle osservazioni è pari a 2 (il numero di osservazioni è 12 e ci sono 10 incognite). Starnet restituisce il fattore di errore (Error Factor), indice di bontà delle misure rispetto ai pesi posti inizialmente e dipendente dalle misure angolari e dalle misure di distanza. Il valore ottenuto è 0,448. Inoltre il test del chi quadro è stato passato: gli scarti ottenuti non sono affetti da errori grossolani.

```
                         Adjustment Statistical Summary
                         ==============================

                        Iterations              =      2

                        Number of Stations      =      6

                        Number of Observations  =     12
                        Number of Unknowns      =     10
                        Number of Redundant Obs =      2

            Observation   Count   Sum Squares         Error
                                    of StdRes        Factor
                 Angles       5         0.238         0.534
              Distances       6         0.164         0.406
            Az/Bearings       1         0.000         0.000

                  Total      12         0.402         0.448

                  The Chi-Square Test at 5.00% Level Passed
                       Lower/Upper Bounds (0.159/1.921)
```

Il software restituisce poi le coordinate compensate dei punti nel sistema locale:

```
                         Adjusted Coordinates (Meters)
                         =============================

Station                    E                N       Description
B                     111.276000       143.461000
C                      99.967296       100.122631
```


© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 31 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 33 di 40

From	To	Azimuth	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
B	C	216.249600	0.000000	FIXED	0.0	1:2

Avendo eliminato alcune misure affette da residuo standardizzato molto elevato, i risultati ora ottenuti hanno residui bassi, indice di assenza di errori grossolani (in particolare, tale conclusione è motivata dai residui standardizzati – StdRes: gli scarti seguono quindi una distribuzione normale).

Infine, il programma stima gli scarti quadratici medi delle coordinate delle stazioni (StdDev, deviazione standard).

Error Propagation
==========

Station Coordinate Standard Deviations (Meters)

Station	E	N
B	0.000000	0.000000
C	0.000799	0.003061
D	0.003291	0.003836
E	0.003612	0.006352
M	0.003601	0.005722
L	0.004080	0.004715

Station Coordinate Error Ellipses (Meters)
Confidence Region = 95

Station	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis
B	0.000000	0.000000	0.00
C	0.007743	0.000000	16.25
D	0.009525	0.007896	180.67
E	0.015789	0.008403	186.82
M	0.014172	0.008544	12.27
L	0.013717	0.006691	42.50

Sono inoltre individuati i semiassi delle ellissi d'errore, entro cui si ha il 95% di probabilità di trovare individui della popolazione (ellisse d'errore con semiassi 2,447 volte quelli dell'ellisse standard). Il programma consente anche una restituzione grafica (le ellissi sono state ingrandite di 400 volte):

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 33 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 35 di 40

```
Fixed Stations              E                   N       Description
B                    394811.529000      4990735.092000
D                    394759.623000      4990675.739000
M                    394735.972000      4990727.701000

                Number of Measured Angle Observations (GONS) = 7

From        At         To              Angle      StdErr     t-T
C           B          L             102.958450     3.20    0.05
D           C          B             141.919950     3.84    0.05
E           D          C             145.751500     3.94    0.00
M           E          D             101.508800     3.83   -0.05
L           M          E             195.903800     5.06   -0.05
B           L          M             111.919500     3.88   -0.00
B           L          D              73.397550     2.57   -0.05

             Number of Measured Distance Observations (Meters) = 6

From        To              Distance     StdErr  Comb Grid
B           C              44.788700   0.003439  0.9996592
C           D              43.709100   0.003436  0.9996594
D           E              43.198000   0.003434  0.9996595
E           M              36.282800   0.003415  0.9996594
M           L              31.294100   0.003402  0.9996594
L           B              63.636300   0.003490  0.9996594
```

Il risultato del test statistico è di seguito riportato:

```
                         Adjustment Statistical Summary
                         ==============================

                        Iterations              =      3

                        Number of Stations      =      6

                        Number of Observations  =     13
                        Number of Unknowns      =      6
                        Number of Redundant Obs =      7

            Observation   Count   Sum Squares         Error
                                    of StdRes        Factor
                 Angles       7     31185.658        90.960
              Distances       6     30318.589        96.873
                  Total      13     61504.247        93.735

       Warning: The Chi-Square Test at 5.00% Level Exceeded Upper Bound
                        Lower/Upper Bounds (0.491/1.512)
```

Dal risultato del fattore di errore si percepisce immediatamente che le misure, in particolare quelle sulle distanze, siano state affette da errori grossolani, il che è confermato dal test del chi quadro che eccede il limite superiore (le misure sono peggiori dei pesi attribuiti inizialmente).

COMPENSAZIONE CON ELIMINAZIONE DELLE MISURE AFFETTE DA ERRORI GROSSOLANI

Le misure che, in precedenza, erano caratterizzate dal residuo standardizzato più elevato, e che quindi non seguono la distribuzione normale, sono state eliminate. Inoltre, è stata eliminata la coordinata D vincolata, su cui probabilmente si sono concentrati i maggiori errori grossolani.

I dati in input sono:

```
                    Summary of Unadjusted Input Observations
                    ========================================

                    Number of Entered Stations (Meters) = 2

Fixed Stations              E                   N       Description
B                    394811.529000      4990735.092000
M                    394735.972000      4990727.701000

                Number of Measured Angle Observations (GONS) = 5

From        At         To              Angle      StdErr     t-T
D           C          B             141.919950     3.85    0.05
```


© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 35 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 37 di 40

Si osserva immediatamente la poca accuratezza nella stima di D, dovuta a errori grossolani; anche sulle altre coordinate l'errore è centimetrico: le misure sono state, in generale, scadenti.

Gli scarti sulle misure e il relativo scarto quadratico medio (StdErr) sono di seguito elencati:

Adjusted Observations and Residuals

Adjusted Measured Angle Observations (GONS)

From	At	To	Angle	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
D	C	B	141.915952	-0.003998	3.85	1.0	1:8
E	D	C	145.747275	-0.004225	3.93	1.1	1:9
M	E	D	101.508334	-0.000466	3.83	0.1	1:10
L	M	E	195.907780	0.003980	5.06	0.8	1:11
B	L	M	111.921645	0.002145	3.88	0.6	1:12

Adjusted Measured Distance Observations (Meters)

From	To	Distance	Residual	StdErr	StdRes	File:Line
B	C	44.785287	-0.003413	0.003439	1.0	1:15
C	D	43.703434	-0.005666	0.003436	1.6	1:16
D	E	43.194217	-0.003783	0.003434	1.1	1:17
E	M	36.286876	0.004076	0.003415	1.2	1:18
M	L	31.295724	0.001624	0.003402	0.5	1:19

Avendo eliminato alcune misure, i residui standardizzati sono ora accettabili, rimanendo pur sempre elevati; le misure sono quasi certamente caratterizzate da errori grossolani.

Infine, gli scarti quadratici medi sulle coordinate stimate e i semiassi dell'ellisse d'errore sono:

Error Propagation

Station Coordinate Standard Deviations (Meters)
NOTE - Adjustment Failed the Chi-Square Test
Standard Deviations are Scaled by Total Error Factor

Station	E	N
B	0.000000	0.000000
M	0.000000	0.000000
C	0.007264	0.006279
D	0.009672	0.006315
E	0.005136	0.007537
L	0.006560	0.005219

Station Coordinate Error Ellipses (Meters)
NOTE - Adjustment Failed the Chi-Square Test
Error Ellipses are Scaled by Total Error Factor
Confidence Region = 95

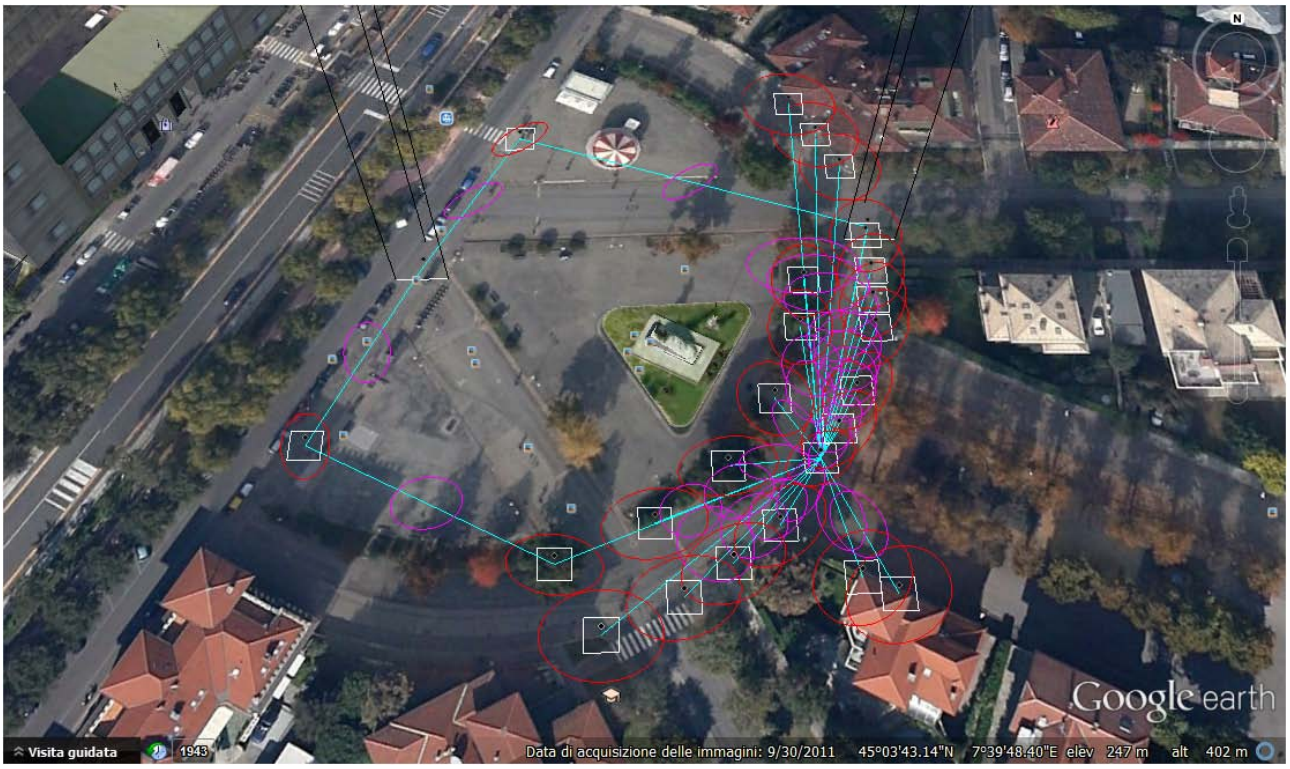
Station	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Azimuth of Major Axis
B	0.000000	0.000000	0.00
M	0.000000	0.000000	0.00
C	0.019739	0.012758	61.46
D	0.023821	0.015233	109.17
E	0.018591	0.012362	189.45
L	0.018897	0.007995	60.46

Le ellissi d'errore sono rappresentate graficamente (ingrandite di 300 volte):

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 37 di 40

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 39 di 40

La rete può inoltre essere esportata in Google Earth.



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 39 di 40