

Corso di Topografia e Cartografia

Prof.ing. Raffaella Cefalo

DIA – Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Università degli Studi di Trieste

Topografia

TOPOGRAFIA:

studia strumenti e metodi operativi di calcolo e disegno per determinare forma e dimensioni di un oggetto



“GEOMETRIA APPLICATA”

Basi scientifiche:

- GEOMETRIA (definizione operazioni)
- STATISTICA (uso critico risultati e misure)
- FISICA ed ELETTRONICA (principi di funzionamento strumenti)
- CALCOLO NUMERICO (soluzione complessi problemi di calcolo)

Introduzione

L'oggetto più comune del rilievo topografico è la superficie terrestre

L'ingegnere è una delle figure professionali che maggiormente interagisce con il territorio:

- Modifiche della morfologia naturale
- Costruzione infrastrutture artificiali
- Pianificazione dell'uso del territorio

Il corso vuole fornire gli elementi per mettere in condizione il futuro ingegnere di organizzare e verificare le operazioni di rilievo e di tracciamento topografico

Si dovranno affrontare diversi argomenti:

Programma

Forma della terra

GEODESIA:

Introduzione al posizionamento: sistemi di riferimento cartesiani nel piano e nello spazio; coordinate rettangolari e polari; campo gravitazionale terrestre; geoide, sferoide ed ellissoide; sezioni normali e linee geodetiche; quote ortometriche ed ellissoidiche; campo geodetico e campo topografico; trasformazione tra sistemi di riferimento; reti geodetiche di inquadramento; orientamento dell'ellissoide.

Rappresentazione piana del terreno

CARTOGRAFIA:

Proiezioni cartografiche; moduli di deformazione lineare, superficiale e angolare; rappresentazioni equivalenti, conformi ed afillattiche; carta di Gauss; cartografia italiana; coordinate UTM e Gauss-Boaga; proiezione di Cassini-Soldner e carta del Catasto; prodotti IGM; carte tecniche regionali; cartografia numerica; trasformazione di coordinate.

Programma

Affidabilità ed errori attesi nelle misure

TRATTAMENTO DELLE MISURE:

Variabili casuali; distribuzioni di probabilità; precisione e accuratezza; varianza covarianza e correlazione; propagazione della covarianza; intervalli di confidenza ed ellisse d'errore; compensazione delle misure; stime di media e varianza; criterio dei minimi quadrati.

Determinare forma del terreno

STRUMENTI E METODI DEL RILIEVO TOPOGRAFICO:

Misura di angoli azimutali e zenitali: teodolite; misura di distanze: distanziometro ad onde; misura di dislivelli: livello; intersezioni, triangolazione, trilaterazione, poligonali; livellazione trigonometrica e geometrica; posizionamento e navigazione tramite sistemi satellitari; WGS84; DGPS; reti GPS.

Programma

Applicazioni all'ingegneria

METODI TOPOGRAFICI PER L'INGEGNERIA CIVILE:

La cartografia per la progettazione; tracciamento di strade e gallerie; collaudo di viadotti; controllo di edifici, dighe, frane.

Tematiche approfondite in altri corsi specialistici

TECNICHE DI POSIZIONAMENTO SATELLITARI

FOTOGRAMMETRIA

CARTOGRAFIA NUMERICA

GIS – Sistemi Informativi Geografici

TELERILEVAMENTO

LASER A SCANSIONE

Unità di misura degli angoli

Gradi sessagesimali:

1° è definito come la novantesima parte di un angolo retto

Notazione: ### ° ## ' ##.#### ”

Angolo giro = 360°

Angolo piatto = 180°

Angolo retto = 90°

1° = 60 ‘

1 ‘ = 60 “

Gradi centesimali:

1gon è definito come la centesima parte di un angolo retto

Notazione: ### g ### c ###.### cc

##,##### g

Angolo giro = 400 gon

Angolo piatto = 200 gon

Angolo retto = 100 gon

1 gon = 100 c

1c = 100 cc

Radiani

1 rad è definito come l'angolo al centro di una circonferenza di raggio arbitrario, che sottende un arco di lunghezza eguale al suo raggio

$$\pi = 3.1415926535897932384626433832795 = 4 \cdot \tan^{-1}(1)$$

$$\text{Angolo giro} = 2\pi$$

$$\text{Angolo piatto} = \pi$$

$$\text{Angolo retto} = \pi/2$$

!!!! Se in una formula un angolo compare al di fuori di una funzione trigonometrica esso deve essere espresso sempre in radianti !!!!

(es. : $\beta * \cos(\alpha) \rightarrow \alpha$ può essere espresso in una qualsiasi unità di misura purchè corrisponda alle impostazioni della calcolatrice, mentre β deve essere espresso in radianti.

Gradi millesimali:

Angolo giro = 6400° (millesimi)

Trasformazioni fra unità di misura degli angoli:

(utilizzo delle proporzioni)

$$\#\#^\circ = \#\# \text{ g} \cdot 9/10$$

$$(\#^\circ : 360^\circ = \# \text{g} : 400 \text{g})$$

$$\#\#^\circ = \#\# \text{ rad} \cdot 180/\pi$$

$$(\#^\circ : 360^\circ = \# \text{rad} : 2\pi)$$

$$\#\# \text{ g} = \#\# \text{ rad} \cdot 200/\pi$$

$$(\# \text{g} : 400 \text{g} = \# \text{ rad} : 2\pi)$$

In una calcolatrice:

DEG → Angoli sessagesimali

GRA → Angoli centesimali

RAD → Angoli in radianti

Sviluppi in serie

In molti problemi teorici e pratici di rilievo geodetico topografico ci si avvale dei metodi del calcolo di approssimazione



Rappresentazione approssimata ma più semplice delle grandezze

La sostituzione di una formula chiusa con il suo sviluppo in serie arrestato al termine n-mo sarà lecita se è accettabile l'ordine di approssimazione conseguibile (*se i termini trascurati, di ordine superiore ad uno dato, permettono la precisione richiesta*).

Sviluppo in serie di TAYLOR

Sia $f(x)$ definita in un certo intervallo insieme alle sue derivate di ogni ordine; se x_0 è un punto interno all'intervallo di definizione:

$$f(x) = f(x_0) + (x - x_0) \cdot \left(\frac{df}{dx} \right)_0 + \frac{(x - x_0)^2}{2!} \cdot \left(\frac{d^2f}{dx^2} \right)_0 + \frac{(x - x_0)^3}{3!} \cdot \left(\frac{d^3f}{dx^3} \right)_0 + \dots + R_n$$

Sviluppi in serie

Sviluppo in serie di MAC-LAURIN

Quando il punto x_0 , nell'intorno del quale si effettua lo sviluppo, coincide con l'origine:

$$f(x) = f(x_0) + x \cdot \left(\frac{df}{dx}\right)_0 + \frac{x^2}{2!} \cdot \left(\frac{d^2f}{dx^2}\right)_0 + \frac{x^3}{3!} \cdot \left(\frac{d^3f}{dx^3}\right)_0 + \dots + R_n$$

Sviluppo in serie BINOMIALE

$$(1 \pm x)^m = 1 \pm \frac{m \cdot x}{1!} + \frac{m \cdot (m-1)}{2!} \cdot x^2 + \dots + \frac{m \cdot (m-1) \cdot \dots \cdot (m-n+1)}{n!} \cdot x^n + \dots$$

Se m è intero positivo :

$$(1 \pm x)^m = 1 \pm \binom{m}{1} \cdot x + \binom{m}{2} \cdot x^2 \pm \binom{m}{3} \cdot x^3 + \dots$$

ricordando che :

$$\binom{m}{n} = \frac{m!}{(m-n)! \cdot n!}$$

Esempio:

Si deve calcolare un'espressione analitica in cui compare la funzione $\text{sen}\alpha$, essendo il valore dell'angolo pari a 1° .

Sviluppando in serie di Mac Laurin ed arrendandosi ai termini di primo ordine:

$$\text{sen}\alpha \approx \alpha$$

Cerchiamo l'ordine di grandezza $\Delta\alpha$ delle quantità che si trascurano valutando il termine della serie immediatamente successivo a quello considerato:

$$\Delta\alpha = \frac{\alpha^3}{6} \cong \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{1 \cdot 2\pi}{360}\right)^3 = 0.9 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta\alpha \cong (0.9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5)'' = 0''.18$$

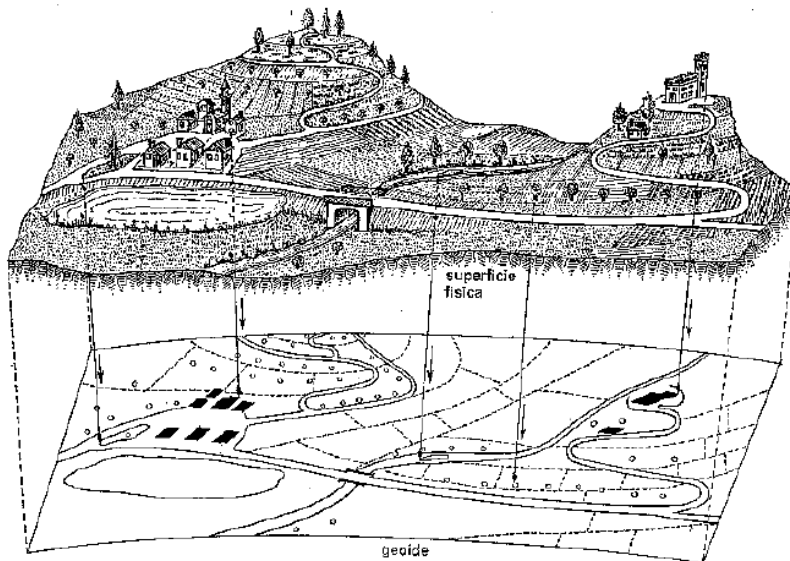
Se un valore di $0''.2$ è trascurabile per la precisione delle misure da cui deriva l'angolo α , l'approssimazione $\text{sen}\alpha = \alpha$ è pienamente accettabile.

Rappresentazione del terreno

La superficie fisica ha forma molto irregolare e discontinua



NON DEFINIBILE ANALITICAMENTE
(impossibili misure di aree, distanze e angoli)



Soluzione:

Proiettare tutti i punti del terreno, lungo la verticale, su una superficie di riferimento, che sia regolare, continua e levigata



GEOIDE

Rappresentazione del terreno

GEOIDE



Superficie normale in ogni punto alla direzione della verticale

=

Superficie dei mari, prolungata sotto le terre emerse, qualora l'acqua avesse la stessa temperatura, la stessa densità e non ci fossero perturbazioni dovute a correnti, venti e maree

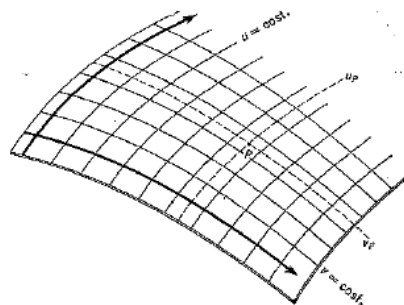
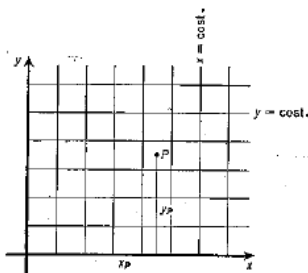
(superficie materializzata in corrispondenza di un mareografo – s.l.m.m.)

Ogni punto proiettato è univocamente determinato da:

- Coppia di COORDINATE CURVILINEE
- Distanza fra punto reale e sua proiezione → QUOTA
(*quota ortometrica o geoidica*)

Procedura di rilievo e rappresentazione

- Descrizione del terreno con un numero limitato di punti caratteristici
- Proiezione di ogni punto fisico sul geoide, lungo la verticale
- Posizione relativa dei punti sul geoide determinata tramite misure di angoli e distanze (da definire su superfici curve)
- Posizioni dei punti date da coordinate curvilinee (deve essere nota l'equazione del geoide)
- Congiungendo opportunamente i punti proiettati ed indicandone la quota si ha la descrizione completa del terreno



- E' più conveniente lavorare su di un supporto piano



$$X = X(u, v)$$

$$Y = Y(u, v)$$

Procedura di rilievo e rappresentazione

Per ottenere il rilievo e la rappresentazione della superficie fisica terrestre occorre:

- Definire l'equazione del geoide
- Definire il sistema di coordinate curvilinee u, v
- Definire angoli e distanze sul geoide
- Definire la trasformazione delle misure di angoli e distanze in u, v
- Definire la trasformazione da u, v in coordinate piane

Compiti della Geodesia:

- Definizione del geoide nella sua forma e nelle sue dimensioni
- Definizione del campo gravitazionale terrestre in ogni punto (intensità e direzione del vettore di gravità \vec{g})
- Ipotesi e conclusioni generali relative alla distribuzione interna delle masse nel globo terrestre

Geodesia geometrica → assume il fatto che il geoide possa essere semplificato con una superficie algebrica precisa (sfera, ellissoide di rotazione), studia la geometria delle superfici e insegna a sviluppare le triangolazioni e calcolare le relazioni di posizione fra i suoi punti

Geodesia dinamica → definisce il geoide come una superficie equipotenziale del campo gravitazionale, ne studia lo scostamento dalle superfici geometriche ed insegna a tenere conto delle conseguenze operative