

LA GEODESIA

Introduzione

La geodesia è la scienza che si occupa della misurazione e della rappresentazione della forma e delle dimensioni della Terra.

Il termine deriva dal greco antico, dove "geo" significa terra e "daein" significa dividere.

La geodesia si occupa di misurare le dimensioni della Terra in modo accurato e di rappresentare la sua superficie in modi che riflettano fedelmente la sua forma tridimensionale.

Gli specialisti in geodesia, noti come geodesisti, utilizzano strumenti e tecniche avanzate per misurare le dimensioni, la forma e il campo gravitazionale della Terra.

Queste misurazioni sono essenziali per una varietà di applicazioni, tra cui la cartografia, la navigazione, lo studio del cambiamento del livello del mare, la progettazione di infrastrutture, la previsione del tempo e molte altre discipline scientifiche e ingegneristiche.

Uno degli aspetti fondamentali della geodesia è la determinazione del sistema di riferimento geodetico, che fornisce una base per la rappresentazione accurata delle posizioni sulla superficie terrestre.

Questi sistemi sono utilizzati in combinazione con reti di punti di controllo geodetico distribuiti in tutto il mondo per garantire una precisa georeferenziazione delle informazioni spaziali.

Le Deformazioni Cartografiche

Le superfici non sviluppabili possono essere rappresentate sul piano, solo se si accettano le conseguenti deformazioni. Esse sono tanto più forti, tanto più ampia è l'estensione considerata.

Alcuni oggetti solidi presentano le loro superfici esterne sviluppabili su di un piano come il cilindro, il cono o il cubo.

Queste superfici esterne possono essere sviluppate, dunque rappresentate sul piano, senza nessuna deformazione.

Alcuni oggetti solidi, invece, presentano le loro superfici esterne non sviluppabili su un piano, tra queste: sfera, sferoide, ellissoide.

Se consideriamo piccole estensioni della superficie esterna di tipo sferoidale, allora le deformazioni possono essere tanto piccole da poter essere giudicate trascurabili in un determinato contesto operativo.

Nel caso della Terra....

La rappresentazione grafica del territorio (la carta) è, in prima approssimazione, una proiezione ortogonale del terreno sul piano, quindi sul disegno dopo la riduzione in scala.

La complessità della superficie fisica non consente, salvo che per piccolissime estensioni, di creare direttamente la corrispondenza tra i punti di tale superficie fisica e i corrispondenti sul piano del disegno.

Nella realtà l'operazione di rappresentazione grafica del terreno si concretizza nel passaggio dalla superficie fisica del terreno alla sua proiezione su un piano, attraverso l'utilizzo di superfici di riferimento di passaggio.

Queste superfici dovranno approssimare al meglio, in un determinato contesto, la forma della terra.

Dovranno inoltre possedere un modello matematico che permetta di creare, in modo relativamente semplice, la corrispondenza biunivoca tra i punti fisici e i corrispondenti punti sul disegno.

Sulle superfici di riferimento si proiettano i punti della superficie fisica, quindi, applicando opportune formule (leggi della geometria proiettiva), si potrà passare a posizionare i corrispondenti punti sul piano della carta attraverso le rispettive coordinate cartesiane.

Quindi per quanto riguarda la terra ci dobbiamo porre 2 questioni

La geodesia è utilizzata per scegliere qual è la miglior superficie per rappresentare la terra

La cartografia serve per sviluppare la carta rappresentativa su un piano della superficie terrestre

Esiste un sistema nazionale/internazionale unico? No ogni tipo di cartografia può assumere strutture differenti.

La Posizione Spaziale Di Un Punto Sulla Terra

Per definire la posizione tridimensionale (plano-altimetrica) dei punti sulle superfici di riferimento, vengono impiegati diversi sistemi di riferimento, appartenenti a due differenti tipologie.

SISTEMI GLOBALI	SISTEMI LOCALI
Sono definiti su scala planetaria . Trovano applicazione nelle valutazioni teoriche , nei moderni rilievi satellitari e nell'ambito della navigazione.	Definiti su scala delimitata (<i>nazionale, regionale, locale</i>), sono solidali in qualche modo alla superficie terrestre .

Sistema Cartesiano Geocentrico

Sistema utilizzato nell'ambito del calcolo teorico e nelle applicazioni del rilievo satellitare (GPS e Galileo).

Costituito dalla terna di assi X,Y,Z definita come segue: Origine O nel baricentro della massa terrestre, asse Z coincidente con l'asse di rotazione terrestre, asse X collocato nel piano contenente l'asse di rotazione e un punto convenzionale (Greenwich).

Le sue coordinate non consentono di intuire la posizione reciproca dei punti considerati, non distinguendo la posizione planimetrica da quella altimetrica. Se due punti A e B presentano lo stesso valore della coordinata Z, ciò non significa che i due punti A e B sono alla stessa altezza.

Sistema Geografico

Definisce la posizione dei punti per mezzo di due angoli, detti latitudine e longitudine, e di una distanza, detta altezza, così definiti: latitudine ϕ : è l'angolo che la normale alla superficie di riferimento passante per il punto P forma con un generico piano ortogonale all'asse di rotazione terrestre (es. il piano equatoriale);

- Longitudine λ : è l'angolo che il piano contenente il
- Punto P e l'asse di rotazione terrestre forma con un
- Piano di riferimento della longitudine (piano meridiano passante per Greenwich);
- Altezza h: è la distanza tra il punto P e la superficie di riferimento misurata lungo la direttrice normale alla superficie.
- Le coordinate geografiche sono più efficaci di quelle geocentriche, anche se persistono ostacoli per valutare rapidamente la distanza tra i punti, mentre è possibile valutare molto bene la loro differenza di altezza.
- Vengono usate in cartografia e in navigazione (solo ϕ, λ)

Sistemi assoluti e Sistemi relativi

In cartografia, i concetti di "sistemi assoluti" e "sistemi relativi" si riferiscono alle modalità di posizionamento e riferimento di punti sulla superficie terrestre. Vediamo le differenze tra i due:

1. Sistema Assoluto:

Definizione: In un sistema assoluto, le posizioni sono definite in modo indipendente dalla posizione di altri oggetti o punti di riferimento. Le coordinate sono misurate rispetto a un sistema di riferimento globale, come le coordinate geografiche basate sulla latitudine e longitudine o un sistema di coordinate cartesiane globali.

Esempio: Le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) sono un esempio di un sistema assoluto, in quanto ogni punto sulla Terra è univocamente identificato dalle sue coordinate, indipendentemente dalla posizione di altri punti.

2. Sistema Relativo:

Definizione: In un sistema relativo, le posizioni sono definite rispetto ad altri oggetti o punti di riferimento nella stessa mappa o area circostante. Le coordinate di un punto sono stabilite in relazione a un punto di origine o a una serie di punti di controllo locali.

Esempio: Un sistema di coordinate cartesiane locali o un sistema di griglia di una mappa sono esempi di sistemi relativi. Le coordinate di un punto sono determinate in relazione al sistema di griglia o all'origine della mappa, e non hanno significato al di fuori di quella specifica mappa o area.

La Forma Della Terra

Nel '700, con la scoperta della legge di gravitazione universale, dovuta a Isaac Newton (1643-1727) e la definitiva accettazione dei moti terrestri, al problema della forma e delle dimensioni vennero date nuove soluzioni a cui successivamente si dedicarono numerosi scienziati: geoidi ed ellissoidi

La Struttura Della Terra

La Terra è un pianeta roccioso all'interno del sistema solare, e la sua struttura è complessa e suddivisa in diverse zone concentriche.

La sua struttura è generalmente divisa in quattro principali strati:

1. Crosta Terrestre:

Composizione: La crosta è lo strato esterno e più sottile del pianeta.

Spessore: La crosta oceanica è più sottile, mentre la crosta continentale è più spessa.

Composizione Chimica: La crosta è composta principalmente da rocce e minerali, con una composizione chimica variabile tra la crosta oceanica e continentale.

2. Manto:

Composizione: Il manto si trova sotto la crosta e si estende fino a una profondità di circa 2.900 chilometri.

Spessore: È più spesso della crosta.

Composizione Chimica: È composto principalmente da rocce silicate ricche in ferro e magnesio.

3. Nucleo Esterno:

Composizione: Il nucleo esterno è costituito principalmente da ferro liquido.

Stato: È nella forma liquida a causa delle temperature e delle pressioni elevate a queste profondità.

4. Nucleo Interno:

Composizione: Il nucleo interno è composto principalmente da ferro e nichel.

Stato: È nella forma solida a causa delle pressioni ancora più elevate rispetto al nucleo esterno.

Questi strati sono in continuo movimento e interagiscono tra loro, influenzando fenomeni come la tettonica delle placche, la convezione del mantello e la generazione del campo magnetico terrestre.

La comprensione della struttura interna della Terra è ottenuta attraverso studi sismici, dati geologici e modelli teorici. La Terra è un sistema dinamico in costante evoluzione.

Teoria Della Tettonica A Placche

Secondo questa teoria la litosfera, parte della Terra costituita dalla crosta terrestre e dal mantello, è suddivisa in placche, o zolle, che galleggiano sullo strato sottostante (astenosfera), che si comporta come un liquido molto viscoso.

La deriva dei continenti costituisce un'ipotesi, ormai confermata da numerose osservazioni, per cui i continenti non occupano posizioni fisse sulla superficie terrestre, ma si spostano continuamente gli uni rispetto agli altri e hanno cambiato radicalmente la loro posizione nel corso della storia evolutiva della Terra.

I Moti Della Terra: Giorno E Stagioni

Moto di rotazione: è il movimento di rotazione della Terra su se stessa, attorno all'asse polare.

Per completare un giro attorno a se stessa, riferendosi alle stelle fisse, la Terra impiega un giorno siderale.

L'asse polare è inclinato di $23^{\circ} 26' 32''$ sul piano dell'orbita ellittica e la rotazione avviene in senso antiorario se osservata dall'emisfero contenente il polo nord terrestre.

Moto di rivoluzione: è il movimento di rotazione della Terra attorno al Sole; avviene descrivendo un'orbita ellittica.

Per completare un giro attorno al Sole, riferendosi alle stelle fisse, la Terra impiega un anno siderale.

Il movimento di rivoluzione avviene alla velocità media di circa 30 km/s e in senso antiorario se osservato dall'emisfero contenente il polo nord terrestre.

Moto di precessione: anche l'asse polare ruota, con un periodo di circa 14.000 anni.

Le Maree

Le maree sono variazioni periodiche nel livello del mare causate principalmente dalle forze gravitazionali della Luna e del Sole sulla Terra. Le principali caratteristiche delle maree includono:

1. **Forze Gravitazionali:** La Luna e il Sole attraggono l'acqua della Terra con forze gravitazionali. La Luna ha un effetto maggiore a causa della sua vicinanza.

2. **Alte e Basse Maree:** La rotazione della Terra e le posizioni relative della Luna e del Sole generano due cicli di maree al giorno. Si verificano generalmente due alte maree e due basse maree in un periodo di circa 12 ore e 25 minuti.
3. **Maree Vive e Morte:** Le maree vive si verificano quando la Luna è in linea con il Sole, intensificando l'effetto gravitazionale. Le maree morte si verificano quando la Luna è in posizione opposta al Sole, riducendo l'effetto gravitazionale.
4. **Forza Centrifuga:** La rotazione della Terra contribuisce a una forza centrifuga che influisce sulle maree, creando un ciclo regolare di innalzamento e abbassamento delle acque.
5. **Impatto sulle Zone Costiere:** Le maree possono influenzare le zone costiere, portando a variazioni del livello del mare. Le maree di tempesta, causate da eventi meteorologici estremi, possono accentuare ulteriormente queste variazioni.

Le maree hanno un ruolo significativo nell'ecosistema marino, nella navigazione e nelle attività umane nelle zone costiere. Studi specifici, noti come studi mareografici, monitorano e registrano le variazioni del livello del mare per scopi scientifici e pratici.

Il Geoide

Il geoide è una superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre che approssima il livello medio del mare. Alcuni punti chiave riguardanti il geoide includono:

1. **Forma Approssimativa della Terra:** Il geoide rappresenta una media della superficie della Terra, considerando la distribuzione irregolare di massa all'interno del pianeta.
2. **Riferimento Altimetrico:** Serve come riferimento di base per misurare l'altitudine di punti sulla Terra. L'altitudine di un luogo è misurata in relazione al geoide.
3. **Variazioni Locali:** A causa della distribuzione non uniforme di massa, il geoide mostra variazioni locali nell'altitudine, influenzate da caratteristiche geologiche come montagne e oceani.
4. **Utilità nelle Scienze Geodetiche:** Il geoide è fondamentale per la geodesia e la cartografia di precisione, fornendo un modello di riferimento per la misurazione delle posizioni e delle altitudini sulla Terra.

Il geoide è uno strumento cruciale per comprendere e misurare la forma della Terra e serve come base di riferimento per molte applicazioni scientifiche e pratiche.

Il Geoide E La Gravità

Il geoide e la gravità sono concetti strettamente correlati e giocano un ruolo fondamentale nella comprensione della forma della Terra e delle forze che agiscono su di essa. Ecco una breve panoramica di entrambi:

1. **Gravità:** La gravità è la forza di attrazione che agisce tra le masse. Sulla Terra, la forza gravitazionale è responsabile del peso degli oggetti e delle variazioni nel livello del mare. La gravità è più intensa vicino a masse più grandi, come le montagne, e meno intensa nelle zone oceaniche.
2. **Relazione tra Geoide e Gravità:** La forma del geoide è influenzata dalla distribuzione della massa sulla Terra. Le variazioni locali nel campo gravitazionale portano a irregolarità nell'altitudine del geoide. La misura dell'altitudine di un punto sulla Terra è relativa al geoide, e queste misure tengono conto delle variazioni gravitazionali.
3. **Utilità nelle Scienze Geodetiche:** Il geoide e la gravità sono essenziali per la geodesia, che si occupa della misurazione e della rappresentazione della superficie terrestre. Gli strumenti di misurazione della gravità, come i gravimetri, sono utilizzati per mappare le variazioni nella forza gravitazionale sulla Terra.

Il geoide rappresenta la superficie di riferimento basata sulla media del livello del mare, mentre la gravità è la forza che influenza la forma e le variazioni sulla Terra, contribuendo alle irregolarità rilevate nel geoide.

I Mareografi

Mareografo: strumento che consente di misurare il livello medio del mare attraverso osservazioni statistiche protratte per lunghi periodi temporali (almeno un secolo).

È costituito da un tubo verticale provvisto di un galleggiante i cui movimenti dovuti alle variazioni di livello dell'acqua vengono trasmessi a un apposito registratore.

In Italia il mareografo più antico, dunque quello più affidabile, è quello di Genova. Nell'ambito topografico i mareografi forniscono punti di partenza per le operazioni di livellazione, in grado di fornire le quote assolute dei punti rilevati.

Linee di livellazione di alta precisione e misure gravimetriche

Le linee di livellazione di alta precisione e le misure gravimetriche sono tecniche fondamentali utilizzate nella geodesia e nella misurazione accurata della Terra. Ecco una breve panoramica:

Linee di Livellazione di Alta Precisione:

- **Obiettivo:** Misurare con estrema precisione le differenze di altitudine tra punti specifici sulla superficie terrestre.
- **Strumenti:** Si utilizzano livellatori di precisione lungo tratti di terreno noti come linee di livellazione.
- **Applicazioni:** Contribuiscono alla creazione di modelli altimetrici precisi e sono spesso integrati nelle reti geodetiche per fornire dati altimetrici affidabili.

Misure Gravimetriche:

- **Obiettivo:** Misurare la variazione locale della forza di gravità sulla Terra.
- **Strumenti:** Gravimetri sono utilizzati per rilevare piccole variazioni nella forza gravitazionale.
- **Applicazioni:** Forniscono informazioni sulla distribuzione di massa sottostante la superficie terrestre, inclusi depositi di minerali o strutture geologiche.

Interconnessione:

- Le misure gravimetriche e le linee di livellazione possono essere integrate per comprendere meglio la variazione altimetrica e le caratteristiche geologiche sottostanti.
- Le irregolarità nella forza di gravità possono influire sulle differenze altimetriche rilevate dalle linee di livellazione.

L'ellissoide di rotazione

L'ellissoide di rotazione è un modello matematico utilizzato per approssimare la forma della Terra, considerandola come un corpo rotante. Ecco una panoramica breve:

1. **Definizione:**
L'ellissoide di rotazione è una figura geometrica tridimensionale ottenuta dalla rotazione di un'ellisse attorno al suo asse minore.
Questo modello tiene conto della deformazione causata dalla rotazione della Terra, che provoca un rigonfiamento all'equatore.
2. **Forma Approssimativa:**
L'ellissoide di rotazione approssima la forma della Terra meglio di una sfera.
La Terra non è perfettamente sferica a causa della sua rotazione; l'ellissoide tiene conto della schiacciatura ai poli e del rigonfiamento all'equatore.
3. **Parametri dell'Ellissoide:**
I parametri principali dell'ellissoide includono il semiasse maggiore (raggio equatoriale) e il semiasse minore (raggio polare). Questi parametri definiscono le dimensioni e la forma dell'ellissoide.
4. **Utilizzo in Geodesia:**
Nella geodesia, l'ellissoide di rotazione è utilizzato come modello di riferimento per rappresentare la forma della Terra.
Reti geodetiche e sistemi di coordinate sono spesso basati su un particolare ellissoide di rotazione.

L'ellissoide di rotazione è un modello matematico che migliora l'approssimazione della forma della Terra rispetto a una sfera, tenendo conto della sua rotazione e deformazione.

I punti sull'ellissoide terrestre sono definiti dalle loro coordinate geodetiche, generalmente esprimendo la latitudine, la longitudine e l'altitudine rispetto al modello di riferimento ellissoidale.

Differenza tra coordinate astronomiche ed ellissoidiche

Le coordinate astronomiche sono misurate rispetto alla sfera celeste e includono la declinazione e l'ascensione retta, mentre le coordinate ellissoidiche sono misurate sulla Terra, utilizzando modelli ellissoidali come il sistema di latitudine e longitudine.

Definizione quota ellissoidica

La quota ellissoidica, o elevazione ellissoidica, rappresenta l'altitudine di un punto sulla superficie terrestre misurata rispetto a un modello ellissoidale di riferimento.

Questa misura tiene conto della variazione nella forma della Terra rispetto a un modello sferico e rappresenta la distanza verticale tra il punto e l'ellissoide di riferimento.

Definizione ondulazione del geoide

L'ondulazione del geoide si riferisce alle variazioni locali nell'altezza del geoide, che è una superficie equipotenziale del campo gravitazionale terrestre.

Queste variazioni possono essere causate da eterogeneità nella distribuzione della massa all'interno della Terra, come la presenza di masse più dense o meno dense sotto la superficie terrestre.

L'ondulazione del geoide rappresenta le irregolarità nella superficie di riferimento media del livello del mare, influenzate dalle variazioni nella distribuzione di massa sottostante.

La misurazione e la mappatura di queste ondulazioni sono importanti in geodesia per comprendere la struttura interna della Terra e migliorare la precisione delle misure altimetriche.

Orientamento dell'Ellissoide

L'orientamento dell'ellissoide terrestre è definito dalla posizione dell'asse di rotazione rispetto agli assi di un sistema di coordinate. L'ellissoide di rotazione è modellato come una figura tridimensionale generata dalla rotazione di un'ellisse intorno al suo asse minore.

L'orientamento dell'ellissoide è specificato dai seguenti elementi:

- 1) Polare (o Polo Nord): L'asse di rotazione dell'ellissoide è definito dalla linea immaginaria che congiunge il polo nord geografico al polo sud geografico. Questo asse corrisponde all'asse di minima lunghezza dell'ellissoide.
- 2) Equatoriale: L'asse equatoriale è perpendicolare all'asse polare e rappresenta l'asse di massima lunghezza dell'ellissoide.

L'orientamento dell'ellissoide può essere descritto da un sistema di coordinate angolari, come l'angolo di inclinazione e l'angolo di azimut.

L'angolo di inclinazione misura l'inclinazione dell'asse di rotazione rispetto alla normale al piano equatoriale, mentre l'angolo di azimut indica la direzione in cui l'asse di rotazione punta rispetto a un punto di riferimento.

Questi parametri di orientamento sono importanti in geodesia e nel riferimento geodetico, poiché influenzano la forma dell'ellissoide utilizzato per modellare la Terra e, di conseguenza, le coordinate geografiche e geodetiche di un punto sulla superficie terrestre.

Il Campo di Weingarten

Il campo di Weingarten è un concetto matematico utilizzato nella geometria differenziale, in particolare nello studio delle superfici. È chiamato così in onore del matematico tedesco Julius Weingarten.

Il campo di Weingarten è associato a una superficie e rappresenta il modo in cui le normali principali della superficie variano lungo la sua direzione tangente. In altre parole, il campo di Weingarten fornisce informazioni sul cambiamento della forma della superficie quando ci si sposta lungo una curva sulla superficie stessa.

Il Campo Topografico

Il campo topografico rappresenta la distribuzione spaziale delle elevazioni sulla superficie terrestre.

È una rappresentazione delle variazioni altimetriche del terreno, mostrando come l'altitudine cambia da un punto all'altro.

Questo campo è essenziale nelle scienze geografiche, nella cartografia e nella geodesia, contribuendo a modellare e descrivere la forma della superficie terrestre.

Le mappe topografiche sono spesso utilizzate per visualizzare in modo dettagliato il campo topografico, mostrando curve di livello, o isoplete, che collegano punti con la stessa altitudine, e altre informazioni relative alla morfologia del terreno.