GEODESIA

Oltre il libro II

Alfonso Bosellini, Tano Cavattoni, Fabio Fantini - Corso di **Scienze del Cielo e della Terra**

Orientamento e posizione sulla superfcie terrestre

Punti cardinali e orientamento
Paralleli e meridiani
Coordinate geografiche
Per saperne di più ***L'arco di meridiano***
Documento ***Il primo meridiano***
Coordinate polari
Il GPS

A cura di:
Marcella Di Stefano
Simona Pederzoli

Italo Bovolenta editore

Copyright © 2009 Italo Bovolenta editore s.r.l. Ferrara

Questo documento è strettamente riservato ai docenti che adottano l'opera Corso di Scienze del Cielo e della Terra di Alfonso Bosellini, Tano Cavattoni, Fabio Fantini.

Il corso si compone di:
ISBN 978.88.08.04857.8 Volume A - Il cielo sopra di noi (di Tano Cavattoni) (pag. 232)
ISBN 978.88.08.06707.4 Volume B - La Terra dinamica e Storia geologica dell'Italia (di Alfonso Bosellini) (pag. 344)
ISBN 978.88.08.14856.8 Volume C - La dinamica esterna della Terra. Capire il paesaggio (di Alfonso Bosellini e Fabio Fantini) (pag. 208)
ISBN 978.88.08.12662.7 Volume A+B - Il cielo sopra di noi e La Terra dinamica (di Alfonso Bosellini, Tano Cavattoni) (pag. 564)
ISBN 978.88.08.10199.0 Volume A+B+C - Il cielo sopra di noi e La Terra dinamica e La dinamica esterna della Terra. Capire i paesaggio (di Alfonso Bosellini, Tano Cavattoni, Fabio Fantini) (pag. 696)

Realizzazione editoriale:

- Coordinamento redazionale: Andrea Pizzirani
- Progetto grafico: Chialab, Bologna
- Impaginazione: Pragma Media, Ferrara
- Disegni e ricerca iconografica: Andrea Pizzirani

Contributi:

- Redazione dei testi e stesura degli esercizi: Marcella Di Stefano, Simona Pederzoli
- Revisioni: Fabio Fantini, Stefano Piazzini

Copertina:

- Progetto grafico: Chialab, Bologna
- Realizzazione: Christian Magagni

La riproduzione, la copia e la diffusione dell'intero documento, o di sue parti, è autorizzata ai soli fini dell'utilizzo nell'attività didattica degli studenti delle classi che hanno adottato il testo.

Per segnalazioni o suggerimenti scrivere all'indirizzo:

Italo Bovolenta editore
Via Della Ginestra, 227/1
44020 Ferrara
tel. 0532/259386 - fax 0532/259387
e-mail bovolenta@iol.it
sito web: www.bovolentaeditore.it

II

Orientamento e posizione sulla superficie terrestre

II.1 Punti cardinali e orientamento

Orientarsi significa trovare la posizione dei punti cardinali (nord, est, sud, ovest) sul piano dell'orizzonte. Il termine **orientamento** significa, infatti, rintracciare l'oriente, ossia l'est.

L'insieme delle direzioni definite dai punti cardinali e di quelle intermedie tra essi è rappresentato dalla **rosa dei venti** (figura II.1), nella quale ad ogni direzione corrisponde il nome del vento che da essa proviene.

▶ *Le posizioni dell'est (oriente) e dell'ovest (occidente) sono indicate nei giorni di equinozio, rispettivamente dal punto in cui il Sole sorge e dal punto in cui il Sole tramonta. Nord (settentrione) si trova 90° a sinistra dell'est; sud (meridione) si trova 90° a destra dell'est.*

Durante il dì, il riferimento per determinare i punti cardinali è il moto apparente del Sole. Per buona parte dell'emisfero boreale compresa l'Italia, il punto cardinale più facilmente individuabile è il sud. In tutti i giorni dell'anno, infatti, il sud corrisponde al punto in cui il Sole culmina, cioè raggiunge il punto più alto della propria traiettoria apparente (figura II.2). In buona parte dell'emisfero australe la culminazione del Sole indica invece il nord.

Durante la notte, per gran parte dell'emisfero boreale, il punto più facilmente individuabile è il nord che è indicato dalla *stella Polare*. In buona parte dell'emisfero Sud si utilizza come punto di riferimento la costellazione della *Croce del Sud*, non perfettamente allineata con il sud, ma agevolmente riconoscibile a occhio nudo.

Per orientarsi in qualsiasi condizione si può utilizzare la **bussola**, che è costituita essenzialmente da un ago magnetizzato libero di ruotare attorno ad un perno. L'ago magnetizzato si dispone secondo le linee di forza del campo magnetico terrestre indicando la direzione dei poli magnetici, che si trovano in prossimità dei poli geografici (cfr. La Terra dinamica, § 5.8). Dato che i poli magnetici non coincidono con quelli geografici, le indicazioni fornite dalla bussola sono attendibili per le aree non troppo vicine ai poli.

La stella Polare è l'unica stella a mantenere inalterata la propria posizione durante la notte dato che l'asse di rotazione terrestre punta proprio nella sua direzione. Per questa ragione è stata scelta per indicare il nord.

I poli magnetici sono i punti della superficie terrestre in cui l'ago magnetico, perfettamente libero di muoversi, si dispone in verticale, secondo le linee di forza del campo magnetico terrestre. L'ago punta verso il basso in corrispondenza del polo magnetico sud e verso l'alto in corrispondenza di quello nord. Il polo magnetico sud si trova nell'area dell'arcipelago artico americano (latitudine 75° N, longitudine 100° W circa); il polo magnetico nord è in Antartide (latitudine 68° S, longitudine 140° E circa). La loro localizzazione dimostra che non si trovano agli antipodi come quelli geografici; un altro aspetto che li distingue dai poli geografici è che non sono punti ma porzioni di superficie che variano per estensione e posizione nel corso del tempo.

FIGURA II.1 Nella rosa dei venti, ognuna delle direzioni principali definite dai punti cardinali è anche identificata con il nome del vento che da essa proviene. I nomi dei venti vennero attribuiti dai veneziani che li riferirono al Mar Ionio. Per chi naviga in questo mare, infatti, il vento di NE spira dalla Grecia, quello di SE dalla Siria, quello di SW, dalla Libia.

FIGURA II.2 Moto apparente del Sole a media latitudine nel giorno degli equinozi.

Nel 1793 la misura della lunghezza del meridiano terrestre fu presa come riferimento per l'unità di misura della lunghezza, il **metro**, che è stato definito come la quarantamilionesima parte del meridiano terrestre. Più recentemente il metro è stato definito con modalità differenti e più precise: il metro è la distanza percorsa nel vuoto dalla luce in un intervallo di tempo pari a 1/299292458 di secondo.

La direzione indicata dalla bussola e la direzione del nord geografico possono non coincidere e formare un angolo chiamato **angolo di declinazione magnetica** (figura II.3). Le linee che congiungono i punti che hanno uguale valore di declinazione magnetica si chiamano **isogone**. La conoscenza dell'angolo di declinazione magnetica nel punto di stazionamento (luogo in cui si trova l'osservatore) permette di stabilire con notevole precisione i punti cardinali a partire dalle direzioni indicate dalla bussola.

La declinazione magnetica assume valori diversi a seconda della località: in Italia, ad esempio, l'ago della bussola declina di qualche grado verso ovest. Da testimonianze raccolte a partire dal Trecento si ricava che la declinazione varia gradualmente nel tempo su tutto il globo. Il valore della declinazione magnetica per ogni luogo è riportato in determinate carte di dettaglio (*vedi* § V.5), nelle quali è indicato anche il valore della sua variazione media annua. Annualmente in Italia la declinazione subisce una variazione verso ovest di circa 8′.

II.2 Paralleli e meridiani

Per definire la posizione di un punto sulla superficie terrestre occorre fissare un sistema di riferimento.

FIGURA II.3 I poli magnetici non coincidono con quelli geografici, quindi la direzione del nord, indicata dall'ago della bussola, può non coincidere con quella del meridiano locale (linea passante per il luogo, congiungente polo nord e polo sud).

In precedenza abbiamo individuato sulla superficie terrestre i poli e l'equatore, riferimenti sulla base dei quali sono state tracciate delle linee immaginarie: i meridiani e i paralleli geografici. L'insieme di queste linee rappresenta il sistema di riferimento per localizzare la posizione di un punto sulla superficie terrestre e, come vedremo nel prossimo capitolo, per disegnare carte geografiche.

▶ *È definito* **parallelo geografico** *la circonferenza derivante dall'intersezione tra la superficie terrestre e un piano perpendicolare all'asse di rotazione terrestre* (figura II.4 A).

I paralleli sono di lunghezza variabile, l'equatore è l'unico corrispondente a un cerchio massimo. I paralleli hanno lunghezza minore man mano che si avvicinano ai poli, tanto che, in corrispondenza dei poli, i paralleli non sono delle circonferenze, bensì dei punti.

Teoricamente i paralleli sarebbero infiniti, ma ne vengono tracciati 180 oltre all'equatore, distanziati tra loro di 1°. I paralleli sono quindi 90 a nord e 90 a sud dell'equatore.

▶ *È definito* **circolo meridiano** *o* **meridiano terrestre** *la circonferenza corrispondente all'intersezione tra la superficie terrestre e un piano contenente l'asse di rotazione terrestre* (figura II.4 B). *La semicirconferenza, compresa tra un polo e l'altro, è invece definita* **meridiano geografico**.

Ogni meridiano geografico ha il suo corrispondente **antimeridiano**, con il quale forma un circolo meridiano. A differenza dei paralleli, i meridiani geografici hanno tutti la stessa lunghezza. Anche i meridiani sarebbero infiniti, ma ne vengono tracciati 360, distanziati tra loro di 1°.

▶ *La rete dei paralleli e dei meridiani costituisce il* **reticolato geografico**.

FIGURA II.4 (A), i paralleli sono circonferenze che rappresentano le intersezioni tra i piani perpendicolari all'asse di rotazione e la superficie terrestre. (B), i circoli meridiani sono circonferenze (ellissi se consideriamo lo schiacciamento polare) che rappresentano le intersezioni tra i piani passanti per l'asse di rotazione e la superficie terrestre. I circoli meridiani sono divisi in corrispondenza dei poli in due semicerchi, chiamati meridiano e antimeridiano.

Copyright © 2009 Italo Bovolenta Editore

Data la forma della Terra, le maglie del reticolato geografico sono trapezi sferici, tranne quelle disegnate ai poli che sono dei triangoli sferici.

II.3 Coordinate geografiche

Per definire in modo univoco la posizione di ciascun punto della superficie terrestre si utilizzano le **coordinate geografiche**: latitudine e longitudine. A ogni punto della superficie terrestre corrisponde una sola coppia di coordinate; viceversa, a ogni coppia di coordinate corrisponde un solo punto della superficie terrestre. Si tratta, quindi, di coordinate assolute, indipendenti dalla posizione di un osservatore.

▶ *La* **latitudine** (σ) *di un punto P è data dall'angolo che si forma tra il raggio terrestre passante per il punto P e il piano dell'equatore* (figura II.5 A).

In altre parole, la latitudine è la distanza angolare di un punto della superficie terrestre dall'equatore, che rappresenta il parallelo di riferimento e ha perciò latitudine pari a 0°. Il valore della latitudine, espresso in gradi, primi e secondi, è seguito dalla indicazione N (nord) o S (sud). La latitudine può variare fra 0° e 90° N e fra 0° e 90°S.

La latitudine di un luogo, si può determinare misurando l'angolo formato dalla direzione della stella Polare con il piano dell'orizzonte oppure, con calcoli matematici, a partire dall'altezza del Sole in culminazione (cfr. Il cielo sopra di noi, § 2.3).

▶ *La* **longitudine** (λ) *è data dall'angolo che si forma tra il piano del meridiano passante per il punto P e il piano del meridiano di riferimento* (figura II.5 B).

In altre parole, la longitudine è la distanza angolare di un punto dal meridiano di riferimento, misurata lungo l'arco di parallelo passante per il punto considerato. A differenza di quanto accade per i paralleli, i meridiani sono tutti uguali tra loro, quindi la scelta del meridiano di riferimento è del tutto convenzionale. Il meridiano di riferimento, o fondamentale, è il meridiano passante per l'osservatorio di Greenwich, presso Londra, la cui longitudine è pari a 0°. Il valore della longitudine, espresso in gradi, primi e secondi, è seguito dalla indicazione E (est) o W (ovest) a seconda che il punto si trovi a est o a ovest di Greenwich. La longitudine può variare fra 0° e 180° E e fra 0° e 180° W.

La latitudine e la longitudine permettono di definire la posizione di un qualsiasi punto della superficie terrestre all'interno del reticolato geografico. Possiamo paragonare il reticolato geografico a un sistema di assi cartesiani e le coppie di latitudine e longitudine alle coppie di ascissa e ordinata di un punto. Il reticolato geografico è generalmente riprodotto sulle carte scegliendo paralleli e meridiani di valore prefissato, ad esempio ogni grado, oppure ogni 10 gradi, ecc. Grazie al reticolato geografico possono essere individuate la latitudine e la longitudine di un punto per interpolazione, riferendosi ai meridiani e ai paralleli segnati sulla carta. Oltre a conoscere latitudine e longitudine, per individuare correttamente la posizione di un punto, occorre indicarne la quota, cioè la sua altezza sul livello medio del mare.

Bisogna precisare che i valori di latitudine e longitudine di un determinato punto dipendono dal Sistema Geodetico di Riferimento utilizzato per approssimare la superficie terrestre (cfr tabella I.3). Come anticipato nel § I.5, in Datum differenti, a uno stesso punto della superficie terrestre possono corrispondere coordinate geografiche diverse, così come punti aventi le stesse coordinate possono non coincidere. Conoscendo il sistema di riferimento nell'ambito del quale vengono definite le coordinate di un punto, è possibile, tramite appositi software, trasformarle nelle corrispondenti coordinate relative a un altro Datum.

FIGURA II.5 (A), la latitudine di un punto P è l'angolo formato dal raggio terrestre passante per P con il piano dell'equatore. (B), la longitudine di un punto P è l'angolo compreso fra il piano del meridiano passante per P e il piano del meridiano di riferimento.

Per saperne di più II.1

L'arco di meridiano

L'arco di meridiano corrispondente a un grado di latitudine misura all'equatore 110,56 km e al polo 111,68 km. La lunghezza media dell'arco di meridiano corrispondente a un grado di latitudine è 111,12 km. L'arco di parallelo corrispondente a un grado di longitudine misura 112,32 km all'equatore, circa 78 km a latitudine intermedia e ha lunghezza nulla ai poli.

La distanza tra due meridiani corrisponde alla lunghezza dell'arco di parallelo compreso tra i due meridiani. La lunghezza dell'arco di parallelo corrispondente a un grado di longitudine diminuisce dall'equatore ai poli, poiché diminuisce la lunghezza dei paralleli (figura a lato), e misura 112,32 km all'equatore, circa 78 km a latitudine intermedia e ha lunghezza nulla ai poli.

Analogamente, la distanza tra due paralleli corrisponde alla lunghezza dell'arco di meridiano compreso tra i due paralleli. Se la forma della Terra fosse perfettamente sferica, l'arco di meridiano corrispondente a un grado di latitudine avrebbe sempre la stessa misura. La forma ellissoidica della Terra, però, fa sì che la lunghezza dell'arco di meridiano corrispondente a un grado di latitudine aumenti dall'equatore verso i poli (cfr. § I.3). L'arco di meridiano corrispondente a un grado di latitudine misura all'equatore 110,56 km e ai poli 111,68 km, mentre la lunghezza media è 111,12 km. La sessantesima parte della lunghezza media dell'arco di meridiano corrispondente a un angolo di 1′ di latitudine è pari a 1.852 m e costituisce il miglio marino.

DOCUMENTO II.1 ▸ Il Primo Meridiano

Il Primo Meridiano di cui abbiamo notizie storiche è quello definito da Ipparco di Nicea (185-127 a.C.) e passante per l'isola di Rodi. Tale meridiano viene poco utilizzato poiché si preferisce, ai fini della navigazione, calcolare le distanze basandosi sulle giornate di viaggio.

In seguito, nel II sec. d.C., Tolomeo (100-170 d.C.) propone come meridiano di riferimento quello passante per le isole Fortunate (arcipelago delle Canarie) e precisamente per l'estremità occidentale dell'isola di Ferro. Questa scelta era particolarmente pratica poiché l'isola di Ferro rappresentava il limite più occidentale delle terre allora conosciute e ciò permetteva di ottenere valori di longitudine solo positivi.

La linea del meridiano di riferimento tracciata davanti alla facciata dell'osservatorio di Greenwich.

Nel Medioevo la cartografia regredisce anche a causa dell'interpretazione letterale delle Sacre Scritture che negano la sfericità della Terra; di conseguenza il concetto di longitudine e la necessità di definire un Primo Meridiano decadono.

Con le nuove scoperte geografiche, alla fine del XV sec., si ripropone l'importanza della definizione di un Primo Meridiano per ragioni sostanzialmente politiche e commerciali. Nel 1493 papa Alessandro VI (1431-1503) definisce un Primo Meridiano, chiamato Raya, a 100 leghe (circa 600 km) ad ovest delle isole di Capo Verde. Lo scopo era quello di ripartire i possedimenti delle due grandi potenze dell'epoca, Spagna e Portogallo, stabilendo che le terre a est fossero portoghesi e quelle a ovest di pertinenza spagnola. L'anno successivo il meridiano Raya viene spostato fino ad attraversare il Brasile a causa di proteste dei Portoghesi.

In seguito vengono proposti numerosi Primi Meridiani e molte nazioni fanno riferimento a meridiani nazionali. Ricordiamo, in particolare, il meridiano fondamentale proposto da Mercatore (1512-1596), il primo a tentare di definire il meridiano fondamentale basandosi su caratteristiche naturali del pianeta. La caratteristica presa in considerazione da Mercatore è la declinazione magnetica, all'epoca nulla lungo il meridiano passante per le isole Azzorre, che viene quindi scelto come riferimento.

L'esigenza di definire un Primo Meridiano valido in tutto il mondo è sentita nel 1643, quando Luigi XIII (1610-1643) convoca una conferenza di studiosi durante la quale si decreta l'adozione del meridiano passante per l'isola di Ferro. Tale Primo Meridiano viene utilizzato da molte nazioni fino al 1884, anno in cui viene scelto universalmente Greenwich.

L'adozione del meridiano di Greenwich è piuttosto travagliata. Il primo a definirlo è Flamsteed (1646-1719) nel 1676 per calcolare la posizione di numerose stelle. Successivamente la posizione del meridiano di Greenwich viene leggermente modificata e il suo utilizzo è sempre più diffuso soprattutto per disegnare carte nautiche. Nella seconda metà del XIX sec., il meridiano di Greenwich è il più adottato per le carte nautiche, mentre per la cartografia terrestre vengono impiegati Primi Meridiani nazionali.

Nel 1884 si apre a Washington la Conferenza del Meridiano alla quale partecipano 25 Paesi. Viene designato come meridiano fondamentale da 22 Paesi, tra cui l'Italia, il meridiano di Greenwich. La scelta è dettata dal fatto che, già all'epoca, per gli USA il meridiano di Greenwich era il riferimento per i fusi orari e che i due terzi del commercio mondiale utilizzavano carte nautiche riferite a Greenwich.

 Copyright © 2009 Italo Bovolenta Editore

II.4 Coordinate polari

Per definire la posizione di un punto sulla Terra si possono utilizzare, oltre che le coordinate geografiche, le coordinate polari. Mentre le coordinate geografiche sono assolute, quelle polari sono coordinate relative, cioè variano a seconda della posizione dell'osservatore.

Le **coordinate polari** si adottano per descrivere la posizione di un qualsiasi punto P rispetto al punto di stazionamento O in cui si trova l'osservatore. Il punto O è considerato il centro dell'orizzonte visivo per questo tipo di misurazione.

Le coordinate polari sono l'azimut e la distanza.

▶ *L'**azimut** è l'angolo compreso tra il meridiano (congiungente nord-sud) passante per O e la direzione di P. Tale angolo è misurato a partire dal nord in senso orario* (figura II.6).

▶ *La **distanza** è la lunghezza del segmento di retta congiungente i punti O e P.*

Se sono note le coordinate assolute del punto di stazionamento O, si possono ricavare facilmente latitudine e longitudine di qualsiasi altro punto di cui siano note le coordinate polari rispetto a O.

FIGURA II.6 *Coordinate polari dei punti P e P′.* Rispetto al punto di stazionamento O, le coordinate polari di P sono: distanza = 10 m; azimut = 50°. Le coordinate polari di P′ sono: distanza = 20 m; azimut = 250°.

II.5 Il GPS

▶ *Il **GPS** (Global Positioning System) è un sistema di posizionamento e navigazione che si basa sulla ricezione di segnali radio emessi da una «costellazione» di satelliti artificiali.*

Il GPS ha lo scopo principale di far conoscere a chi si trova sulla superficie terrestre o nella sua prossimità la propria posizione geografica e l'altitudine sul livello del mare.

Il sistema, chiamato per esteso NAVSTAR/GPS (*Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System*), è stato messo a punto dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti d'America negli anni Settanta del secolo scorso, per scopi militari. Infatti esso rispondeva all'esigenza di seguire il percorso di mezzi militari «24 ore su 24» e in qualsiasi condizione atmosferica.

L'intero sistema può essere suddiviso in tre parti o segmenti.

1 Segmento spaziale, costituito da una costellazione di 24 satelliti (più tre di scorta) dotati di orologi atomici e pannelli solari, che ruotano attorno alla Terra ad una quota di 20.200 km. Sono disposti su orbite inclinate di 55° (figura II.7) rispetto al piano equatoriale e il loro moto è organizzato in modo che, se si escludono le regioni polari, sono sempre visibili simultaneamente, da qualsiasi parte della Terra, da 4 a 10 satelliti.

FIGURA II.7 *Costellazione dei satelliti del GPS.* (A), I 24 satelliti orbitano a distanza di 20.200 km dalla superficie terrestre. (B), I satelliti sono disposti su 6 orbite, ciascuna delle quali contiene 4 satelliti. Ogni orbita è inclinata di 55° rispetto al piano equatoriale.

2 Segmento di controllo, costituito da cinque stazioni di controllo, dislocate in varie zone della Terra lungo l'equatore (Colorado Springs, Ascension, Diego Garcia, Kwajalein e Hawaii), che hanno, come funzione principale, il tracciamento continuo delle orbite dei satelliti, ma anche il mantenimento della sincronizzazione degli orologi atomici dei satelliti.

3 Segmento di utilizzo, consiste di ricevitori GPS, dispositivi mobili e portatili che captano il segnale dei satelliti e forniscono all'utente le informazioni sulla sua posizione in tempo reale. Sempre più maneggevoli ed economici, alcuni sono così piccoli da essere integrati nei moderni cellulari e palmari. I satelliti comunicano con i segmenti di utilizzo, impiegando frequenze comprese fra 300 MHz e 3 GHz.

FIGURA II.8 *I tre segmenti del GPS*. Il segmento di controllo è formato dalle stazioni di controllo a terra. Il segmento spaziale è costituito dai satelliti. Il segmento di utilizzo è il ricevitore GPS.

Il funzionamento integrato dei tre segmenti garantisce la determinazione corretta delle posizioni degli utenti sulla superficie terrestre (figura II.8).

Vediamo ora in che modo il ricevitore GPS è in grado di determinare la propria posizione sulla superficie terrestre. Ogni satellite invia dati al ricevitore in base ai quali quest'ultimo calcola la posizione del satellite in un sistema di riferimento cartesiano avente origine nel centro della Terra. Il ricevitore determina, inoltre, la distanza fra sé e i satelliti a partire dal tempo di percorrenza del segnale inviato da ciascun satellite. Se si conoscono le distanze rispetto a tre satelliti è possibile disegnare tre sfere di raggio pari alle distanze e centrate nei tre satelliti. Dalla intersezione di queste tre sfere si ricava la posizione del ricevitore (figura II.9). In genere un ricevitore utilizza quattro satelliti per determinare con precisione la propria posizione, quota compresa, con un margine di errore di circa una decina di metri.

Poiché la misura delle distanze richiede la conoscenza precisa del tempo di percorrenza del segnale, è necessario che l'orologio del satellite e quello del ricevitore siano il più possibile sincronizzati. Infatti, se anche vi fosse un'imprecisione di un millesimo di secondo sulla misura temporale, questa si tradurrebbe in un'imprecisione della distanza ricavata di quasi 300 kilometri. I satelliti perciò sono dotati di orologi atomici molto precisi, che però non possono essere inseriti nei ricevitori. I ricevitori contengono orologi al quarzo meno precisi, ma che vengono costantemente corretti sulla base dei dati ricevuti dai satelliti.

Un orologio atomico al Cesio ha una precisione valutabile in 1 secondo ogni milione di anni.

FIGURA II.9 Posizionamento del ricevitore in base all'intersezione di tre sfere aventi raggio pari alle distanze dei satelliti dal ricevitore e centrate nei satelliti. Dall'intersezione delle tre sfere si ottengono due punti, dei quali il più distante dalla superficie terrestre viene scartato.

Le misurazioni tengono conto, inoltre, di alcuni fattori di correzione legati al fatto che parte del percorso delle onde radio si compie nella ionosfera e nella troposfera dove le onde subiscono fenomeni di rifrazione.

Le funzioni del GPS sono molteplici:

- posizionamento di veicoli o persone (nella navigazione aerea, terrestre e nautica);
- misura del tempo (sincronizzazione di TV, telefoni cellulari, reti di computer, sincronizzazione di semafori, ecc.);
- misurazioni geodetiche e topografiche (misura della deriva dei continenti, altezza dei monti, misurazioni topografiche di alta precisione, ecc.);

Copyright © 2009 Italo Bovolenta Editore

– tracciamento di veicoli o di persone (a scopo di soccorso, antifurto o di controllo a distanza in genere);
– controllo geologico del territorio (controllo di frane, alluvioni, ecc.);
– usi scientifici vari (rilevamenti ambientali di qualsiasi tipo come migrazioni di animali, andamento delle correnti marine, ecc.).

Il GPS è un dispositivo che presenta però due importanti limiti di utilizzo. La precisione della localizzazione di un punto è variabile a seconda dell'ora del giorno in un dato luogo, perché la costellazione dei satelliti continua a cambiare posizione, determinando un cambiamento nelle condizioni di «visibilità» dei satelliti. Un ulteriore limite è rappresentato dal fatto che i segnali tra segmento di utilizzo e satelliti sono schermati dalla presenza di montagne e altri ostacoli (ad esempio palazzi).

Attualmente, oltre al sistema GPS statunitense, esistono due sistemi alternativi: GLONASS russo, non pienamente operativo, e GALILEO, gestito dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA).

La rete GALILEO entrerà in servizio, secondo le previsioni, nel 2013 e conterà su 30 satelliti (figura II.10), il primo dei quali è stato lanciato nel 2005. A differenza del GPS, il cui servizio può essere ridotto o sospeso dagli USA in qualsiasi momento, GALILEO è stato concepito per scopi civili e commerciali e sarà sempre disponibile. GALILEO fornirà, inoltre, dati più accurati e offrirà una maggiore copertura del territorio anche alle elevate latitudini.

FIGURA II.10 L'illustrazione raffigura uno dei satelliti della rete Galileo, il sistema di posizionamento e navigazione satellitare ideato e gestito dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA).

Mettiamoci alla prova

1 Da dove deriva il termine orientamento?
2 Come si determinano i punti cardinali sull'orizzonte in base al moto apparente del Sole?
3 Perché si utilizza la stella polare per individuare il nord in parte dell'emisfero boreale? Qual è l'equivalente della stella Polare nell'emisfero sud?
4 Su quale principio si basa l'orientamento mediante la bussola?
5 Cosa distingue i poli magnetici dai poli geografici?
6 Che cosa si intende per declinazione magnetica? Essa è costante nel tempo per un dato punto della Terra?
7 Che cosa sono le isogone?
8 Fornisci la definizione di parallelo. Quanti sono i paralleli? Qual è il parallelo di riferimento?
9 Fornisci la definizione di circolo meridiano, di meridiano geografico e di antimeridiano.
10 Qual è la forma dei meridiani e dei paralleli su un ellissoide di rotazione? Motiva la tua risposta.
11 Da che cosa è costituito il reticolato geografico?
12 Cos'è la latitudine? Entro quali valori può variare?
13 Come si può determinare la latitudine?
14 Cos'è la longitudine? Entro quali valori può variare?
15 Indica quali fra queste coppie di coordinate contengono un errore: 181° E, 25° N; 35° W, 45° S; 92° S, 80° W; 40° W; 23° E. Motiva le tue risposte.
16 Qual è la relazione fra reticolato geografico e coordinate geografiche?
17 Le coordinate geografiche espresse in Datum differenti coincidono sempre? Spiega la tua risposta.
18 Cosa sono l'azimut e la distanza? A cosa servono?
19 In cosa si differenziano le coordinate polari da quelle geografiche?
20 Che cos'è e da quali segmenti è composto il GPS?
21 Spiega brevemente i principi in base ai quali il ricevitore GPS è in grado di determinare la propria posizione.
22 Perché a bordo dei satelliti del GPS sono presenti orologi atomici?
23 Quali sono i principali impieghi del GPS?
24 Spiega perché il sistema GPS ha alcuni limiti di utilizzo.

FACCIAMO IL PUNTO

Sommario

Cosa si intende per orientamento? L'orientamento consiste nell'individuare i punti cardinali sul piano dell'orizzonte. L'orientamento si può effettuare, durante il dì, osservando il moto apparente del Sole oppure, durante la notte, a partire dalla posizione di determinate stelle, come la stella Polare nell'emisfero boreale. Un altro metodo consiste nell'impiego della bussola.

Com'è possibile determinare la posizioni assoluta di un punto sulla superficie terrestre? Per determinare la posizione assoluta di un punto si utilizza un sistema di riferimento costituito da meridiani e paralleli che si intersecano formando il reticolato geografico. Ogni punto sulla superficie terrestre è individuato dalle due coordinate geografiche latitudine e longitudine. La latitudine è la distanza angolare del punto rispetto all'equatore e la longitudine è la distanza angolare del punto rispetto al meridiano di Greenwich.

Com'è possibile determinare la posizioni relativa di un punto sulla superficie terrestre? Da un dato punto di stazionamento è possibile stabilire delle coordinate relative definite coordinate polari: azimut e distanza. Tali coordinate variano al variare della posizione dell'osservatore.

Che cos'è il GPS? Il GPS è un sistema di rilevamento della posizione assoluta di un punto sulla superficie terrestre. Esso si avvale di una costellazione di satelliti monitorati da stazioni di controllo a terra. I segnali dei satelliti vengono captati da ricevitori mobili che forniscono in tempo reale le coordinate geografiche del punto in cui si trova il ricevitore. Gli impieghi sono molteplici, ad esempio in ambito militare, per la navigazione aerea, terrestre e nautica, ecc.

VERIFICA LE CONOSCENZE

Domande a scelta multipla
(scegli il/i completamento/i corretto/i)

1 Il numero dei paralleli distanziati tra loro di 1° è:
A 180; B 360;
C infiniti; D 181.

2 Le coordinate polari:
A sono un sistema di riferimento assoluto;
B variano a seconda della posizione dell'osservatore;
C sono zenit e azimut;
D si possono ricavare dalle coordinate geografiche del punto.

3 La longitudine di un punto P è:
A l'arco di parallelo compreso fra P e il meridiano di riferimento;
B l'angolo orizzontale compreso tra la congiungente l'osservatore con P e la direzione del nord;
C la distanza angolare di P dall'equatore;
D la distanza angolare di P dal meridiano di riferimento.

4 La latitudine di un punto P è:
A la distanza angolare di P dal meridiano di riferimento;
B la distanza angolare di P dall'equatore;
C l'angolo orizzontale compreso tra la congiungente l'osservatore con P e la direzione del nord;
D l'arco di meridiano compreso tra P e l'equatore.

5 I valori di latitudine possono variare tra:
A 0° W-180° W e 0° E-180° E;
B 0° E-90° E e 0° W-90° W;
C 0° N-180° N e 0° S-180° S;
D 0° N-90° N e 0° S- 90° S.

6 I valori di longitudine possono variare tra:
A 0° W-180° W e 0° E-180° E;
B 0° E-90° E e 0° W-90° W;
C 0° N-180° N e 0° S-180° S;
D 0° N-90° N e 0° S-90° S.

7 Il GPS:
A si basa sulla ricezione di segnali radio emessi da una costellazione di satelliti;
B è stato sviluppato in Europa dall'ESA;
C è l'acronimo di Global Positioning Station;
D è formato da un segmento spaziale e da un segmento di utilizzo.

VERIFICA LE COMPETENZE

Quesiti ed esercizi

8 Spiega quali sono le analogie fra i sistemi di coordinate adottati per indicare la posizione di un punto sulla superficie terrestre e di una stella sulla sfera celeste.

9 Quale può essere una causa del fatto che durante recenti guerre sono stati bombardati per errore edifici civili al posto di obiettivi militari?

NB *Per la soluzione degli esercizi, come lunghezza dell'arco di meridiano di 1° di latitudine, si consideri il valore medio riportato nel testo.*

10 Un osservatore si trova sull'arco di meridiano compreso tra il polo nord geografico e il polo nord magnetico. Qual è l'angolo di declinazione magnetica per questo osservatore?

11 La città di Rovigo si trova alla latitudine con buona approssimazione di 45° N. Assumendo la lunghezza del circolo meridiano della Terra pari a 40009,152 km, calcola in km la distanza di Rovigo dall'equatore, dal polo nord e dal polo sud.

12 Due punti che si trovano sull'equatore sono distanziati di 5°30′ di longitudine. Assumendo la circonferenza equatoriale terrestre pari a 40076,594 km, calcola la distanza in km fra i suddetti punti.

13 Calcola le coordinate polari di una località L situata sullo stesso meridiano dell'osservatore e posta a una latitudine di 5′ più a sud.

14 Calcola la velocità lineare di rotazione della Terra all'equatore, espressa in m/s.

15 Un punto O ha coordinate pari a 12° N e 20° W. Calcola le coordinate geografiche di un punto P, sapendo che le coordinate polari di P rispetto al punto O sono le seguenti: azimut 0°; distanza 111,12 km.

16 Considera il punto O dell'esercizio precedente. Calcola le coordinate geografiche di un punto P le cui coordinate polari sono (rispetto a O): azimut 180°; distanza 55,56 km.

 Copyright © 2009 Italo Bovolenta Editore