

Slide
1

 **Università degli Studi di Roma "La Sapienza"**

MASTER DI SECONDO LIVELLO IN
SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI
Applicati Alla Pianificazione E Alla Progettazione Del
Territorio Urbano E Rurale
a.a. 2008 – 2009

Corso di Cartografia

Andrea Danzi
an.danzi@gmail.com

1

Slide
2

Programma di Oggi

VI
L
E
Z
I
O
N
E

GPS:
Cosa è
Determinazione posizione di un punto
Inquadramento altimetrico
Posizionamento
Cause errori misurazioni
(Visibilità, Multipath, Disturbi Elettromagnetici)
Il GPS in Italia
Vantaggi e svantaggi del sistema GPS
Esempio Campagna GPS

2

Slide
3

GPS

Cosa è
Determinazione posizione di un
punto
Inquadramento altimetrico
Posizionamento

Slide
4

Cosa è il GPS ?

Sistema di navigazione basato sulle emissioni di segnali radio emessi da una costellazione di satelliti artificiali.

Realizzato a partire dal 1975 circa, a cura dello U.S. Department of Defence (DoD), la denominazione completa è "NAVSTAR GPS" (Navigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System) (sistema di posizionamento globale mediante misure di tempo e distanza rispetto a satelliti per navigazione).

4

Slide
5

Scopo sistema GPS

Determinare la posizione, in un assegnato sistema di riferimento, di un qualsiasi punto della superficie terrestre a partire dai satelliti.

Il posizionamento è **tridimensionale**, quindi contemporaneamente planimetrico ed altimetrico.

Il GPS calcola le distanze tra un punto ed un certo numero di satelliti utilizzando il **tempo di percorrenza** di un radio messaggio emesso dagli stessi satelliti e captato da un ricevitore sul punto in cui si vuole misurare la posizione.

5

Slide
6

Il Sistema GPS

Con il termine GPS si intende tutto il SISTEMA RICEVITORI-SATELLITI.

Esso è suddiviso in **3 sottosistemi** definiti **segmenti**:

costellazione satellitare
(24 satelliti attivi in orbita e 2 di riserva)

segmento di controllo
(serie di stazioni a terra della NASA che possono controllare e manovrare la costellazione)

segmento di utilizzo
(ricevitori a disposizione di utenti civili e militari)

6

Slide
7

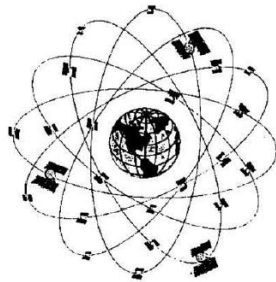
Costellazione Satellitare



7

Slide
8

Costellazione Satellitare



8

Slide
9

Segmento di Controllo



9

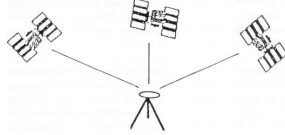
Slide
10

Determinazione della posizione di un punto

Il metodo utilizzato è quello delle tecniche classiche: la **triangolazione**. I satelliti vengono usati come punti trigonometrici.

Si deve conoscere:

- la **distanza punto-satelliti utilizzati** misurata attraverso la sincronizzazione degli orologi
- la **posizione** nello spazio di ciascuno **dei satelliti** al momento in cui emettono il segnale



10

Slide
11

Determinazione della posizione di un punto

Es.: calcoliamo la posizione di **P** sulla superficie terrestre misurando le distanze tra esso ed i satelliti A, B e C.

Es.: la distanza PA è 18.000 km (11.000 miglia) → conoscendo questa distanza si può affermare che **P** si trova sulla superficie di una sfera immaginaria il cui raggio è 18.000 km ed A è al centro di questa sfera.

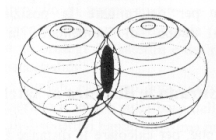


11

Slide
12

Determinazione della posizione di un punto

Es.: la distanza PB è 20.000 km → **P** si trova sulla superficie di una seconda sfera immaginaria il cui raggio è 20.000 km. Ovviamente il solo punto dello spazio che dista contemporaneamente 18.000 km da A e 20.000 da B si trova sulla circonferenza individuata dall'intersezione delle due sfere.



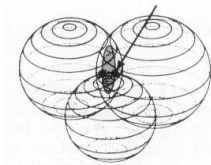
12

Slide
13

Determinazione della posizione di un punto

Es.: la distanza PC è 22.000 km → esistono solo 2 punti nello spazio per i quali le contemporanee distanze dai 3 satelliti corrispondono ai valori suddetti. Questi sono i 2 punti nei quali la sfera di raggio 22.000 km interseca le due sfere di raggi 18.000 e 20.000 km.

Per essere sicuri di individuare l'esatta localizzazione di **P** basta effettuare la misura della distanza da un quarto satellite.



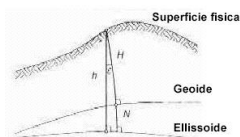
13

Slide
14

Inquadramento altimetrico

In geodesia e topografia vengono considerate 3 superfici distinte:

- **SUPERFICIE FISICA DELLA TERRA** (sulla quale vengono effettuate le misure)
- **SUPERFICIE DI RIFERIMENTO** - ellissoide (sulla quale vengono sviluppati i calcoli)
- **GEOIDE** (corrisponde alla superficie individuata dal livello medio dei mari)



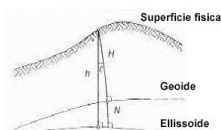
14

Slide
15

Inquadramento altimetrico

Il sistema GPS misura l'altitudine di un punto sull'ellissoide (h) → per calcolare le quote geoidiche (H) (s.l.m. - ovvero rispetto al geoide) è necessario considerare l'ondulazione del geoide (N) stesso.

$$H = h - N$$



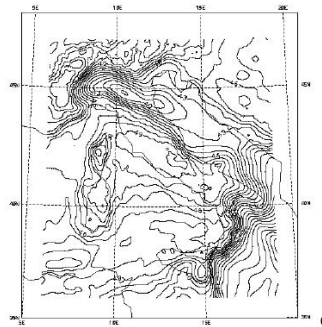
N è l'ondulazione del geoide ottenuta per elaborazione di un modello da misure di gravità

15

Slide
16

Ondulazione del Geoide

MODELLO DI
GEOIDE
GRAVIMETRICO
ITALGEO99

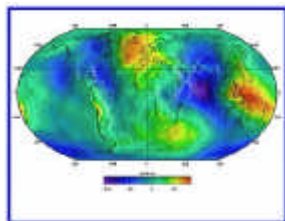


Slide
17

Ondulazione del Geoide

Modello globale **EGM96**

<http://bowie.gsfc.nasa.gov/926/>



Slide
18

Posizionamento

2 distinte possibilità operative:

A) "POINT POSITIONING": posizionamento assoluto di un punto singolo nel sistema di riferimento assegnato.

Si determina la posizione con un'incertezza dell'ordine di decine di metri.

E' una tecnica di precisione sufficiente per la navigazione o per tracciamenti speditivi, ma non per le applicazioni topografiche.

18

Slide
19

Posizionamento

B) “DIFFERENTIAL POSITIONING” o “RELATIVE POSITIONING”

Si determina la posizione di un punto rispetto a un altro punto considerato noto.

Viene determinato il vettore della posizione relativa della “linea base” (“**BASELINE**”) tra i due punti nelle sue tre componenti rispetto a una terna cartesiana assegnata.

La precisione ottenibile su queste tre coordinate relative è dell'ordine di qualche milionesimo della distanza, pari quindi, o superiore, a quella di operazioni geodetiche classiche eseguite con la massima accuratezza.

19

Slide
20

Cause errori misurazioni

Visibilità

Multipath

Disturbi Elettromagnetici

Slide
21

Visibilità dei satelliti

Una stazione GPS, per acquisire dati in maniera efficace, richiede come prima caratteristica una **buona visibilità del cielo**.

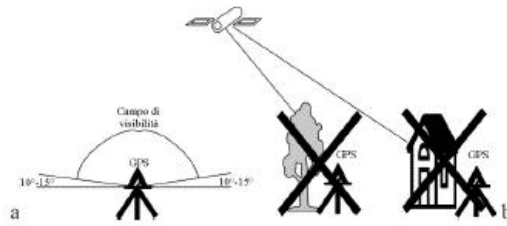
Edifici, alberi o altri oggetti possono produrre ostruzioni per una corretta ricezione del segnale GPS, essi sono elementi di disturbo.

E' buona norma non ubicare una stazione quando ci sono ostruzioni al di sopra dei 15° di elevazione.

21

Slide
22

Visibilità dei satelliti



22

Slide
23

Riflessioni multiple

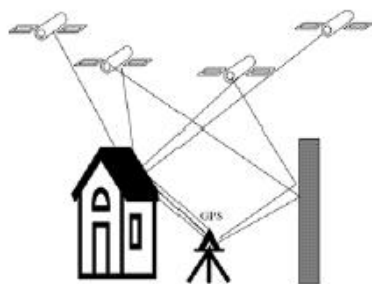
Oggetti riflettenti posti in prossimità di stazioni GPS possono causare interferenze al segnale (**MULTIPATH**).

In questo caso il segnale GPS può giungere all'antenna dopo essere stato riflesso e il dato può risultare distorto al punto di essere completamente inaffidabile. Per questo motivo è necessario scegliere siti liberi dalla presenza di tali elementi, generalmente costituiti da muri, superfici metalliche, ecc., posti a quote superiori ai 10°-15° di elevazione rispetto all'antenna.

23

Slide
24

MULTIPATH



24

Slide
25

Disturbi elettromagnetici

I disturbi elettromagnetici (**e.m.**) rappresentano un rischio maggiore per la qualità del dato acquisito.

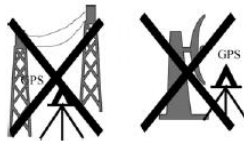
Il segnale GPS può venire danneggiato anche in modo irreparabile da sorgenti di emissione e.m., spesso abusive (antenne radio, ripetitori ecc.), che operano a frequenze prossime a quelle GPS e/o da linee ad alta tensione. In campagna è difficile rendersi conto visivamente della presenza di tali fonti di disturbo, che in alcuni casi possono trovarsi anche a diversi km di distanza. Bisogna verificare che non siano presenti a vista centri di trasmissione potenzialmente rischiosi. Per una corretta acquisizione del segnale si deve comunque procedere ad un test di qualità.

25

Slide
26

Disturbi elettromagnetici

La durata del test dovrà essere di almeno 48 ore (ma anche per più giorni quando possibile) con passo di campionamento di 30 secondi (tipico di una stazione permanente). I dati, una volta processati secondo programmi di elaborazione, consentono una valutazione della qualità del dato acquisito, suggerendo o meno lo svolgersi delle successive fasi di lavoro volte alla realizzazione della stazione.



Slide
27

Il GPS in Italia

Stazioni Permanenti
Rete IGM95

Slide
28

Stazioni Permanenti GPS in Italia



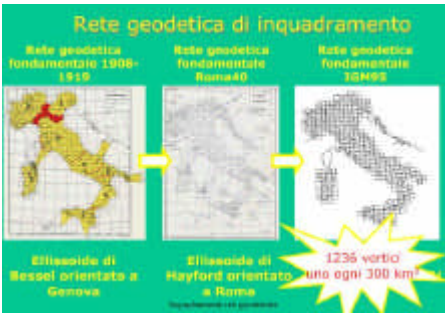
Stazioni GPS che acquisiscono in continuo dati, da un vertice di posizione nota in vari sistemi di riferimento, fornendo il dato GPS ad utenti scientifici o commerciali.

Il sistema delle SP è in rapida evoluzione (**reti regionali**).

28

Slide
29

La Rete IGM95



29

Slide
30

La Rete IGM95

La rete IGM95 include **1236 vertici** e costituisce una rete di inquadramento generale del territorio italiano.

Equivalenza al **I ordine** della rete classica, ma ha una densità 3 volte superiore rispetto ad essa (che è costituita infatti da circa 360 punti).

L'utilizzo della rete GPS è molto semplice. La densità dei vertici (uno ogni 300 Km² circa, con una distanza massima fra i punti di circa 20 Km) è infatti tale che un vertice IGM95 è disponibile, in ogni zona del territorio nazionale, ad una distanza non superiore a 10 km.

30

Slide
31

La Rete IGM95

Quindi, utilizzando 2 ricevitori, è possibile misurare una **BASE** che collega direttamente il punto da determinare ad un vertice IGM95, senza necessità di passaggi intermedi. Ciò consente, per esempio, di determinare direttamente i punti (PUNTI D'APPOGGIO per la cartografia) necessari all'inquadrimento geometrico della zona da cartografare, con vantaggi di tempi di esecuzione e di costi. I tempi di osservazione saranno più o meno lunghi a seconda del tipo di strumento utilizzato, della procedura di rilevamento adottata e della precisione desiderata.

31

Slide
32

La Rete IGM95

I **punti** della rete IGM95 sono stati tutti scelti in modo che:

- possa essere realizzata una stazione "in centro" con la strumentazione GPS
- non siano presenti ostruzioni tali da impedire o rendere difficoltosa l'acquisizione dei segnali provenienti dai satelliti
- siano posizionati in prossimità di strade e raggiungibili con autovettura, quindi pienamente sfruttabili in ogni stagione
- siano materializzati in centrini in acciaio inox, con possibilità di centramento millimetrico che garantisce il pieno sfruttamento delle precisioni raggiungibili con il GPS

32

Slide
33

La Rete IGM95

La realizzazione della rete IGM95 ha consentito, su tutto il territorio italiano, la determinazione dei parametri necessari alla trasformazione dei risultati **dal sistema WGS84** (cioè dal sistema di riferimento del GPS) **al sistema Gauss-Boaga**.

Tali parametri, validi per un'area avente un raggio di circa 10 Km intorno al punto, fanno parte integrante della monografia di ogni vertice IGM95.

33

Slide
34

La Rete IGM95

Alcuni punti sono stati posizionati su vertici della rete EUREF ed altrettanti sono stati fatti coincidere con punti di equivalenti reti geodetiche satellitari appartenenti alle nazioni confinanti con l'Italia.

Tutti i vertici sono collegati altimetricamente a capisaldi della rete di livellazione di alta precisione e possiedono quindi la quota **geoidica**.

34

Slide
35



35

Slide
36

Monografie GPS

Monografia



REGIONE REGIONE ABRUZZO	
M. C. 30000000	
C. 30000000	
P. 30000000	
R. 30000000	
I (RM) Indirizzo della nazione	
Rete geodetica del territorio	
Coordinate geografiche	
43°12' N 13°12' E	
Coordinate UTM	
431212 N 131212 E	
Altitudine	
431212 m	
Data di P. 10/10/10	
P. 10/10/10	
R. 10/10/10	
M. 10/10/10	
COSTA DI BELLER	
10/10/10	

36

Slide

37

Monografie GPS

BRONI (Bivio) Provincia: ITALIA Comune: BRONZ Pavedimento: BICOE		Programma: A.R.A.S. - Azienda Regionale Autonoma delle Strade Indirizzo: via S. Maria, 10 Comune: BRONZ Prov.: BRONZ Tel.: 02 551581 Fax: 02 551581	
Monografia GPS Controllo di tipo GPS C" (controllo sulla qualità in calcolatore della precisione quantitativa)		Geografiche (Bivio) C. N.: 48811111 E. N.: 11911111 Q. N.: 11911111 Q. E.: 11911111	
Accesso: Difficoltà "Bivio (Bivio)" per la precisione in calcolatore, assicurando la qualità e la precisione del punto. Alla fine del punto, il punto è stato controllato con il controllo GPS, in base al punto.		Geografiche (Bivio) C. N.: 48811111 E. N.: 11911111 Q. N.: 11911111 Q. E.: 11911111	
Informazioni tecniche: Verifica i collegamenti In caso di errore Coordinate di tipo GPS Differenza a zero 11911111		Parametri: T: 11911111 E: 11911111 Q: 11911111 E: 11911111	
Segnalazione: 11911111 (11911111)		Stazioni astronomiche: 11911111	

37

Slide

38

Vantaggi del Sistema GPS rispetto alle tecniche topografiche classiche

- **semplicità d'uso:** no personale esperto per le operazioni di campagna; automatizzazione della postelaborazione dei dati con programmi commerciali
- **no intervisibilità** fra i punti collegati da una "baseline"
- **no condizionamenti atmosferici e di visibilità:** si può operare con pioggia, nebbia e anche di notte
- **posizionamento relativo molto preciso:** pari a quello ottenibile con misure classiche di precisione spinta
- **tempo effettuazione rilievi inferiore** a quello dei metodi classici

38

Slide

39

Svantaggi del Sistema GPS rispetto alle tecniche topografiche classiche

- **disponibilità** contemporanea di 2 ricevitori e di 2 squadre di operatori per ogni baseline misurata
- **visibilità dei satelliti** da parte di una stazione GPS: assenza di ostacoli fisici al di sopra dell'antenna in un cono visuale ad asse verticale con un angolo al vertice di 150° circa ($15^\circ \div 20^\circ$ al di sopra dell'orizzonte)
- **fornisce la quota ellissoidica** dei punti determinati e, quindi, le differenze di quote e non i dislivelli ortometrici. La quota ellissoidica non ha significato dal punto di vista fisico ed ingegneristico; ciò che nella pratica interessa è la quota geoidica (o ortometrica)

39

Slide
40

Svantaggi del Sistema GPS rispetto alle tecniche topografiche classiche

- **richiede** una conoscenza delle ondulazioni geoidiche di precisione adeguata al tipo di livellazione richiesta. In mancanza di tale conoscenza è necessario il collegamento ad un CAPOSALDO della rete di livellazione IGM
- **costo strumentazione piuttosto elevato**, anche se la concorrenza in atto sta favorendo una certa riduzione dei prezzi

40

Slide
41

GPS - tecniche topografiche classiche

Il sistema non potrà soppiantare del tutto i metodi di rilevamento classici, sempre insostituibili quando la ricezione dei satelliti è impedita da ostacoli fisici (città, zone ricche di vegetazione, strette valli montane, ecc.). **Il futuro** è, quindi, nella integrazione fra GPS e topografia classica; integrazione perfettamente realizzabile, anche se richiederà un'evoluzione del grado di preparazione teorica dei tecnici, che dovranno tra l'altro essere in possesso di conoscenze geodetiche più approfondite che in passato.

41