



Laboratorio di cartografia numerica e GIS



- 1. Elementi di geodesia e cartografia**
- 2. I sistemi di riferimento e loro conversione**
- 3. La cartografia numerica**
- 4. I formati raster e loro georeferenziazione**
- 5. I modelli digitali**
- 6. Principi generali sui SIT Sistemi Informativi Geografici**
- 7. Le funzioni GIS**
- 8. Progettazione e realizzazione di un GIS**



Giuseppina Vacca
tel. 0706755442
vaccag@unica.it

Monica Deidda
mdeidda@unica.it

Antonio Pala
apala@unica.it



Elementi di geodesia e cartografia

1. La cartografia per la rappresentazione della terra
2. Le superfici di riferimento
3. I sistemi di riferimento
4. I sistemi di coordinate
5. La rappresentazione sul piano
6. La cartografia ufficiale italiana



Definizione di geodesia

Con il termine **geodesia** si intende la scienza che studia:

- la forma e la dimensione della terra;
- la definizione di modelli semplificati della terra;
- la determinazione della posizione dei punti sulla superficie terrestre;



Raggio Equatoriale (a) Km 6.378,4

Raggio Polare (b) Km 6.356,9

Schiacciamento ($\alpha = [a - b]/a$) 1/297

Circonferenza equatoriale Km 40.076,6

Lunghezza del Meridiano Km 40.008,9

Superficie Km² 509.950,414

Volume Km³ 1.083.000.000

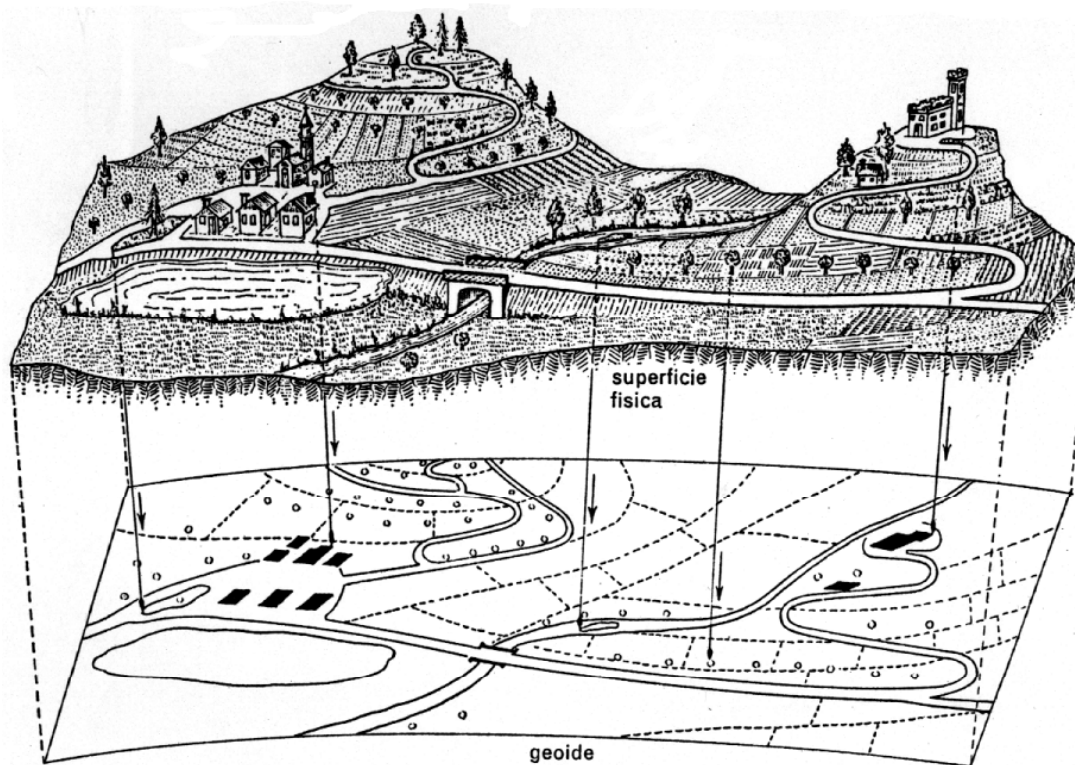
Monte Everest m 8.882

Fossa di Emden m -10.793



Definizione di cartografia

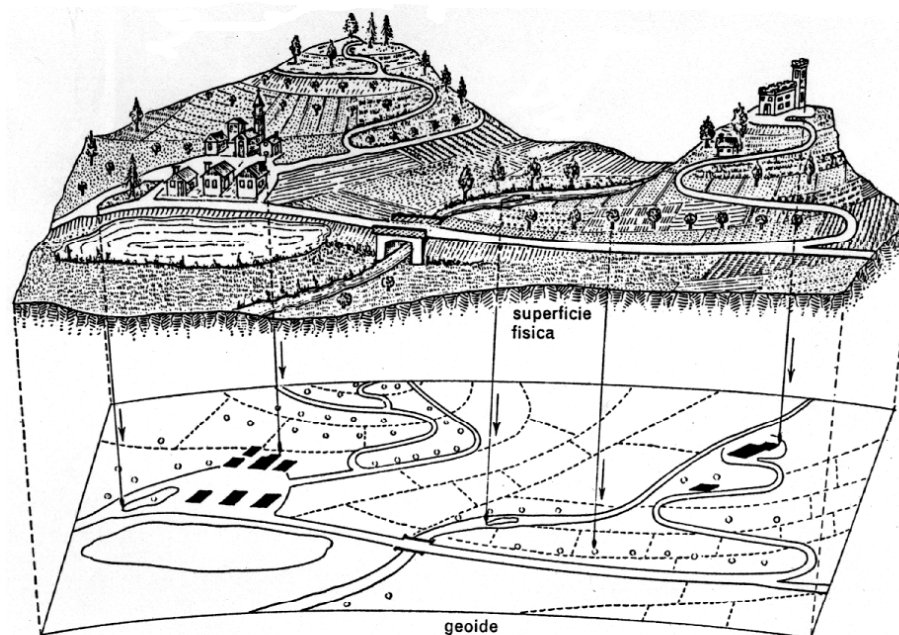
Con il termine **cartografia** si esprime il concetto della rappresentazione convenzionale della superficie fisica della Terra su un piano, ad una determinata scala.



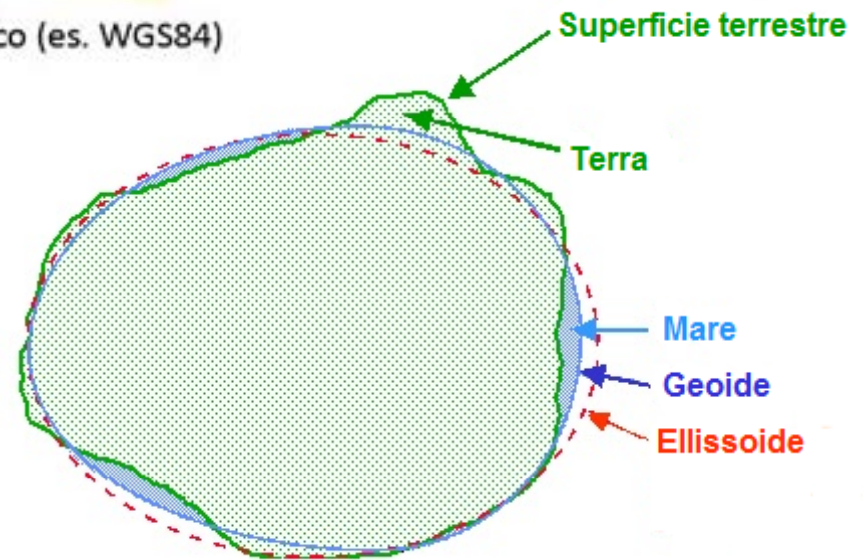
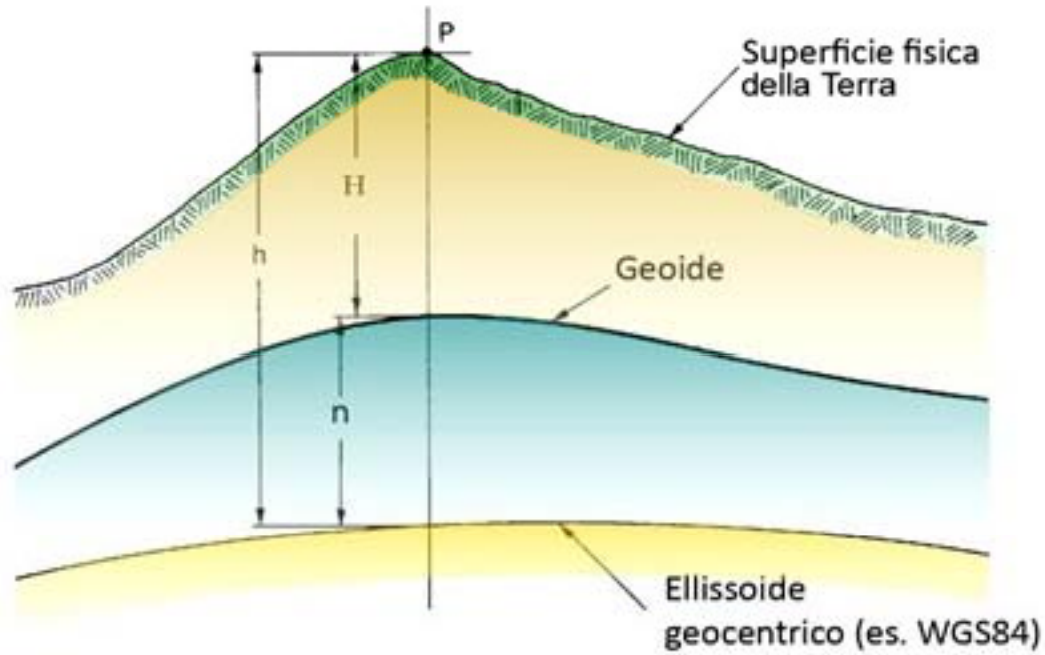
È necessario puntualizzare che per realizzare una rappresentazione metrica del terreno sono inapplicabili tutta una serie di semplificazioni concettuali ed operative che rendono facile la rappresentazione di un oggetto di piccole dimensioni e di forma geometricamente semplice.

Infatti:

- la superficie fisica del terreno, con i manufatti costruiti dall'uomo ha una forma molto irregolare,*
- la superficie su cui sarebbe naturale rappresentare il terreno non è piana,*
- la dimensione del terreno eccede in maniera decisa le dimensioni dell'uomo e ciò rende complesse e raffinate le operazioni di misura che necessariamente sono alla base della rappresentazione metrica.*



La superficie su cui il terreno dovrebbe essere rappresentato è il **geoida**; questa superficie è normale in ogni punto della terra alla direzione della *verticale*, ossia alla direzione della forza di gravità.

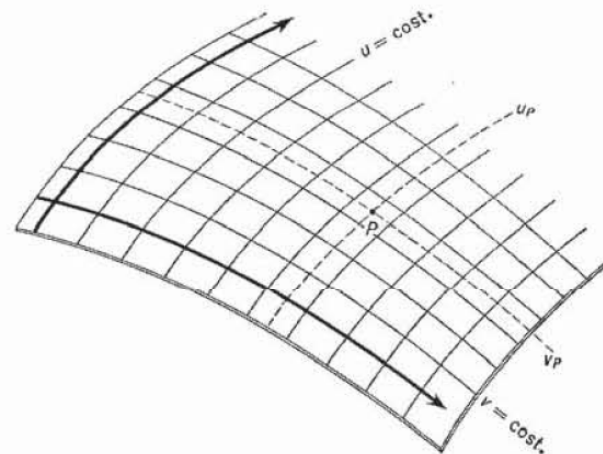
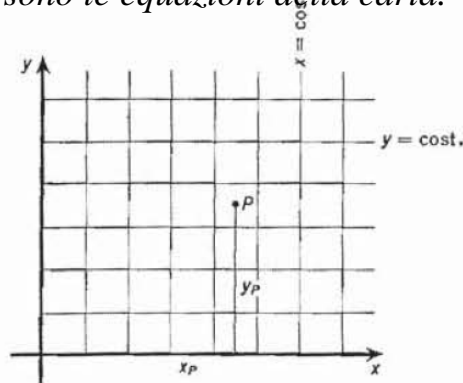


- a) data la complessità della forma il terreno va individuato mediante determinazione della posizione di un sufficiente numero di punti, numero che è anche in relazione con la scala della rappresentazione
- b) ogni punto andrebbe proiettato, secondo la direzione della verticale, sul geoide ed ogni proiezione andrebbe segnalata; la distanza fra ogni punto ed il geoide, chiamata *quota*, va determinata;
- c) percorrendo il geoide si dovrebbero misurare angoli e distanze fra le proiezioni dei punti in modo da determinarne la posizione relativa i tipi di angoli e distanze che si dovrebbero misurare vanno pertanto definiti;
- d) sulla base degli elementi misurati occorre determinare la posizione dei punti proiettati mediante coordinate curvilinee sulla superficie di riferimento u e v ;
- f) la rappresentazione del terreno così ricavata risulta disegnata su un supporto curvo, mentre per gli usi pratici è più adatto un supporto piano; a questo scopo occorre ricorrere ad una *rappresentazione cartografica*: poiché ogni punto è definito mediante le due coordinate curvilinee u e v , e la quota Q , si può stabilire una corrispondenza biunivoca

$$x = f(u, v)$$

$$y = g(u, v)$$

le relazioni sono le equazioni della carta.



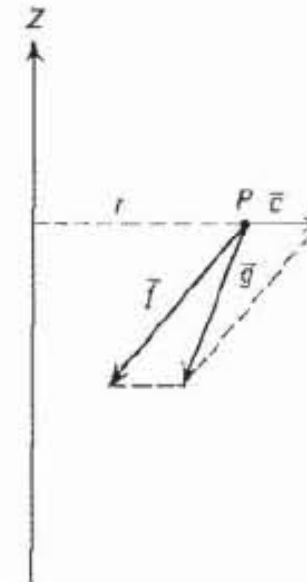
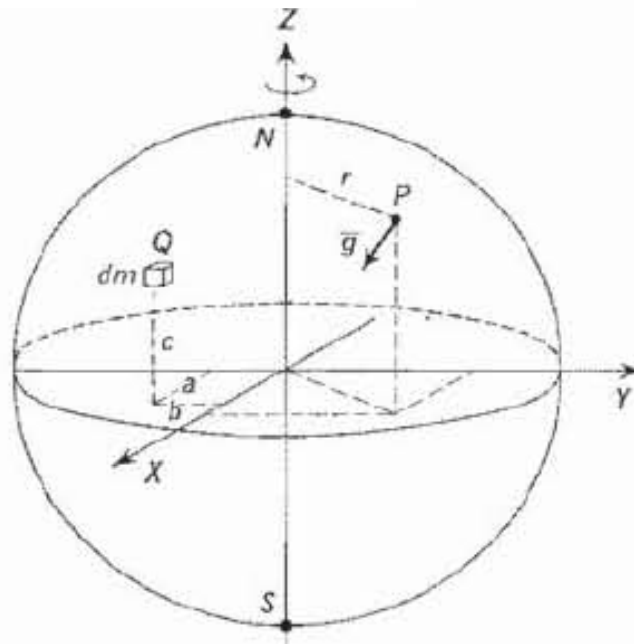


Il geoide viene definito come la superficie equipotenziale della gravità che passa per un *determinato punto della superficie terrestre*; questo punto, a cui ovviamente si deve attribuire una quota nulla, è individuato determinando il livello medio del mare in un punto di posizione planimetrica stabilita. L'equazione del geoide è data dalla somma del potenziale dovuto alla forza di attrazione newtoniana con quello dovuto alla forza centrifuga:

$$V(X, Y, Z) + v(X, Y) = cost$$

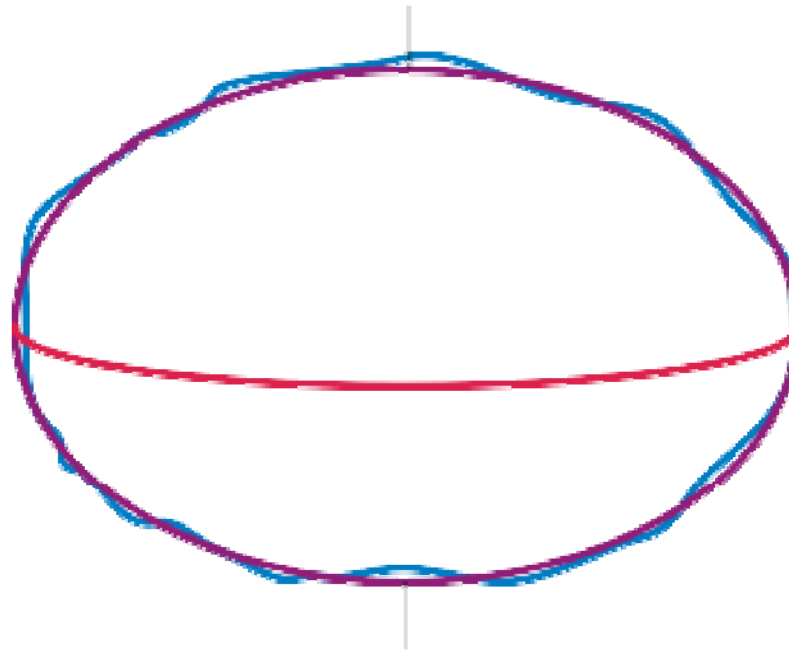
$$V(X, Y, Z) = G \iiint \frac{dm}{l}$$

$$v(X, Y) = \frac{1}{2} \omega^2 r^2 = \frac{1}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2)$$





Geoide → Ellissoide



geoide

ellissoide

$$\frac{X^2 + Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{c^2} = 1$$

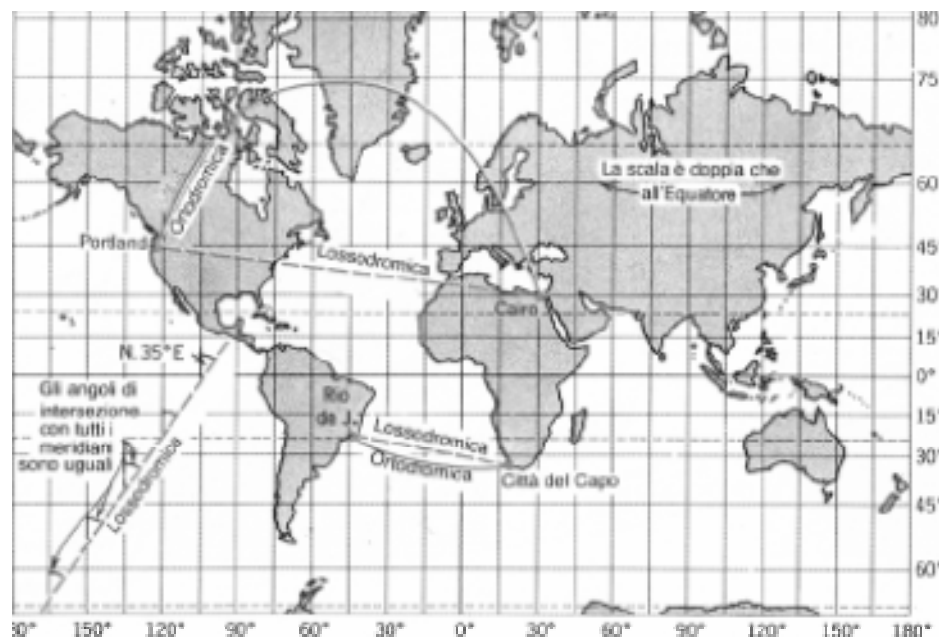
$$c = a(1 - \alpha)$$



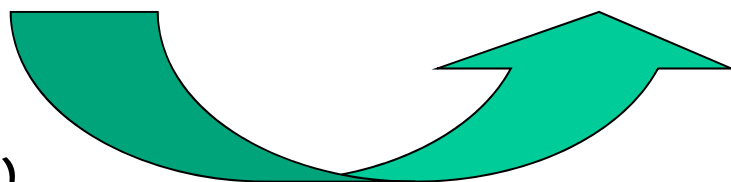
Ellissoide	Semiassse maggiore a	Schiacciamento a
EVEREST (1830)	6.377.276 m	1/300.8
BESSEL (1841)	6.377.397 m	1/299.2
CLARKE (1866)	6.378.206 m	1/294.9
CLARKE (1880)	6.378.301 m	1/293.5
HELMERT (1906)	6.378.140 m	1/298.3
HAYFORD (1909)	6.378.388 m	1/297.0
KRASSOVSKY (1942)	6.378.245 m	1/298.3
FISCHER (1960)	6.378.160 m	1/298.3
WGS84 (1987)	6.378.137 m	1/298.3



Ellissoide \longrightarrow Carta



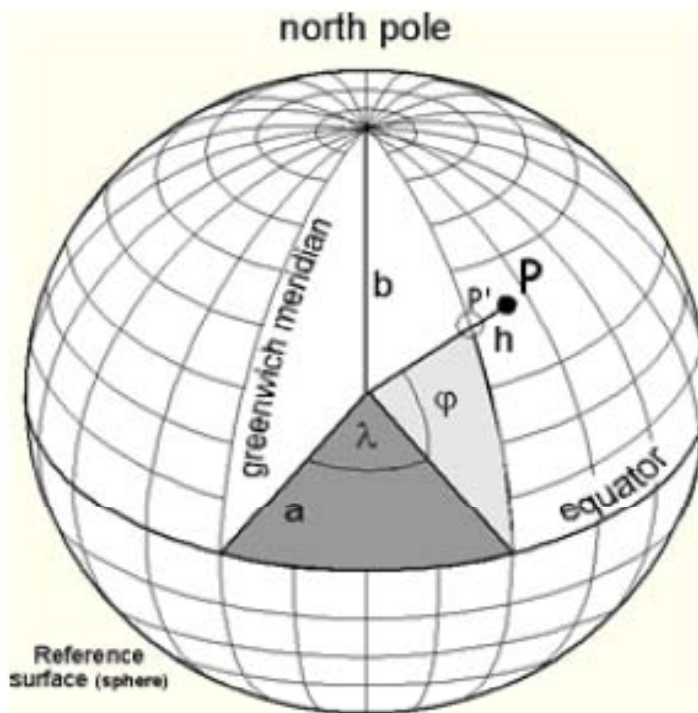
$$x = f(u, v)$$
$$y = g(u, v)$$





I sistemi di coordinate

Le coordinate geografiche

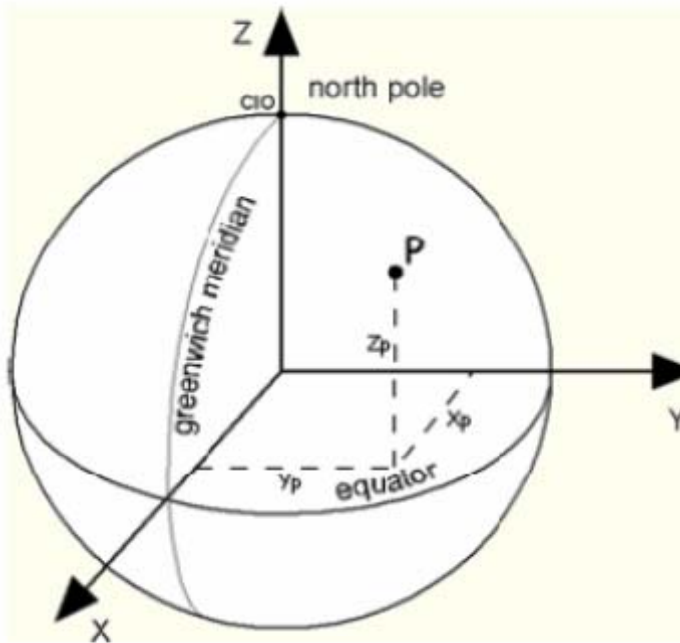


- **latitudine ellissoidica** ϕ è l'angolo acuto che la normale n all'ellissoide nel punto P forma con il piano equatoriale

- **longitudine ellissoidica** λ è l'angolo minore di 180° che il semipiano meridiano passante per P forma con un semipiano origine, assunto come il semipiano passante per la planimetria sull'ellissoide di un punto G (*osservatorio di Greenwich*) della superficie terrestre

Alle linee $\lambda = cost.$ corrispondono i *meridiani*, luogo dei punti che hanno la stessa longitudine; alle linee $\phi = cost.$ corrispondono i *paralleli*, luogo dei punti che hanno la stessa latitudine.

Le coordinate cartesiane geocentriche



Origine: centro di massa della terra

Asse Z: diretto come l'asse polare medio terrestre

Asse X: definito dall'intersezione fra piano meridiano di riferimento e piano equatoriale

Asse Y: scelto in modo che (O, x, y, z) costituiscano una terna destra.

Un punto **P** è **individuato dalla terna** di coordinate cartesiane (X_p, Y_p, Z_p)

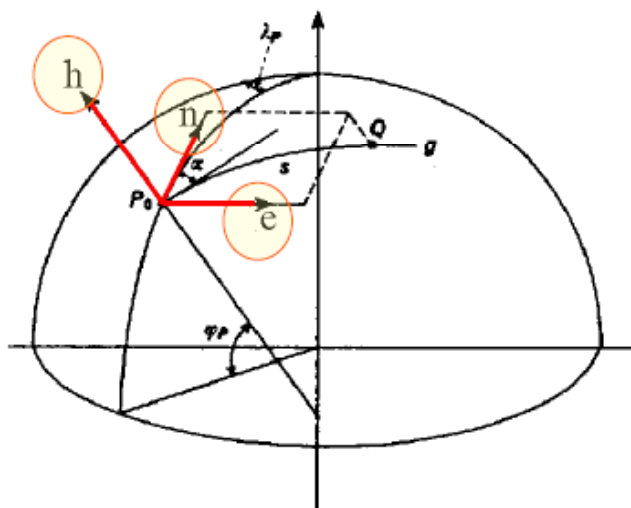


3 - Coordinate Cartesiane Locali (o Euleriane)

Sono le coordinate cartesiane (e, n, h) riferite a una **terna euleriana** avente:

- *Origine* in un punto P_0 dell'ellissoide
- *Asse h* diretto secondo la normale ellissoidica per P_0 (N.B.: h non coincide con l'altezza ellissoidica ma è la distanza del punto dal piano ne)
- *Assi e ed n* sul piano tangente all'ellissoide in P_0 con n diretto secondo la tangente al meridiano verso N ed e secondo la tangente al parallelo verso E

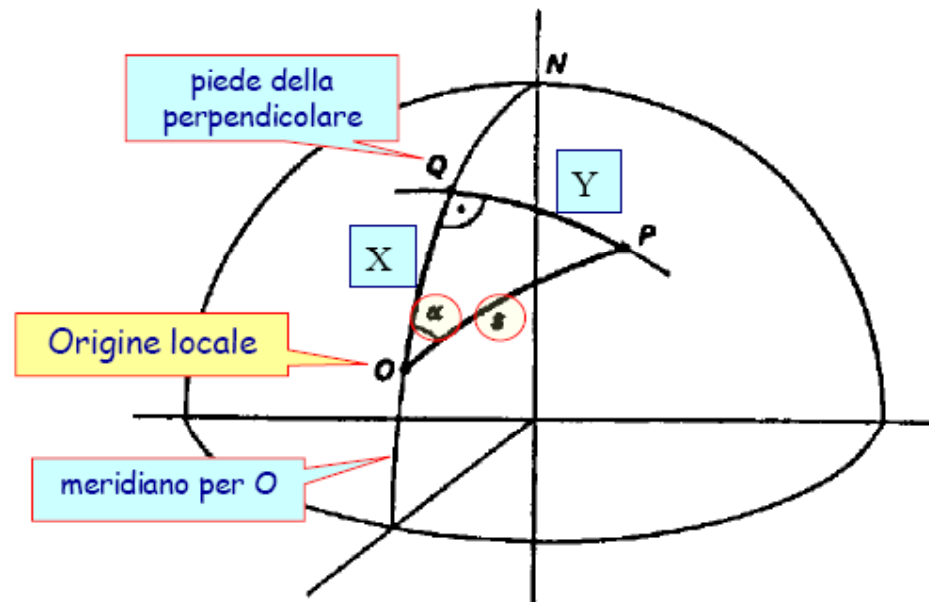
La **terna di coordinate (e, n, h)** definisce una posizione 3D equivalente a una posizione planoaltimetrica



UTILIZZO: geodesia satellitare, rilievi locali

Per loro natura queste coordinate sono adatte solo a un utilizzo locale in ambiti di qualche centinaio di km al massimo

4 - Coordinate Geodetiche Polari
5 - Coordinate Geodetiche Ortogonali



Coordinate Geodetiche Polari (s, α)

s distanza polare = lunghezza dell'arco di geodetica OP
 α azimuth = azimuth in O della geodetica OP

Coordinate Geodetiche Ortogonali o Rettangolari (X, Y)

X = lunghezza dell'arco di meridiano OQ
 Y = lunghezza dell'arco di geodetica QP ortogonale in Q al meridiano per O

La coppia di coordinate (s, α) oppure (X, Y) definisce una posizione 2D (solo planimetrica)

UTILIZZO: calcoli geodetici locali, reti geodetiche classiche (s, α), Coordinate cartografia catastale (X, Y)

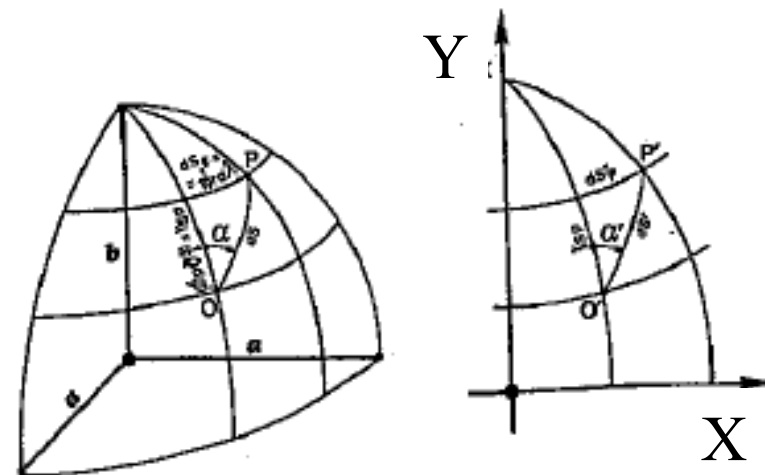
Rappresentazioni cartografiche

Sul piano della rappresentazione si sceglie come riferimento un sistema cartesiano x, y . Le formule di corrispondenza sono:

$$X = X(\phi, \lambda)$$

$$Y = Y(\phi, \lambda)$$

(ϕ, λ) sistema di coordinate curvilinee sulla superficie di riferimento



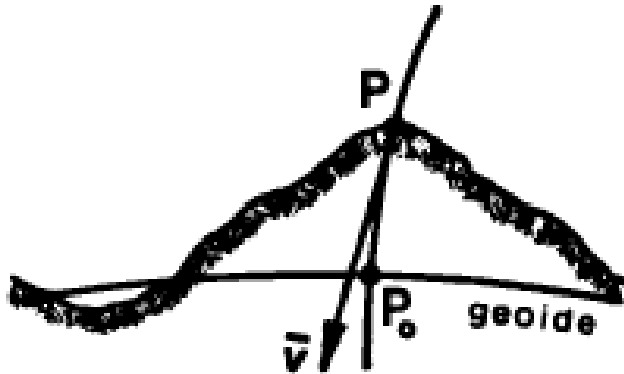


Definizione di quota

La distanza di P da P_o , misurata lungo la linea di forza viene detta *quota ortometrica di P* .

L'arco PP_o è in generale molto piccolo rispetto al raggio terrestre per cui si ritiene lecito considerare tale arco coincidente con la verticale passante per P (che gli è tangente in P) e che questa coincida con la normale al geoide passante per P_o .

In tal senso la planimetria di P risulta come la proiezione di P sul geoide ed il segmento PP_o , considerato come tratto di verticale, rappresenta la quota ortometrica di P ed è indicata come QP .

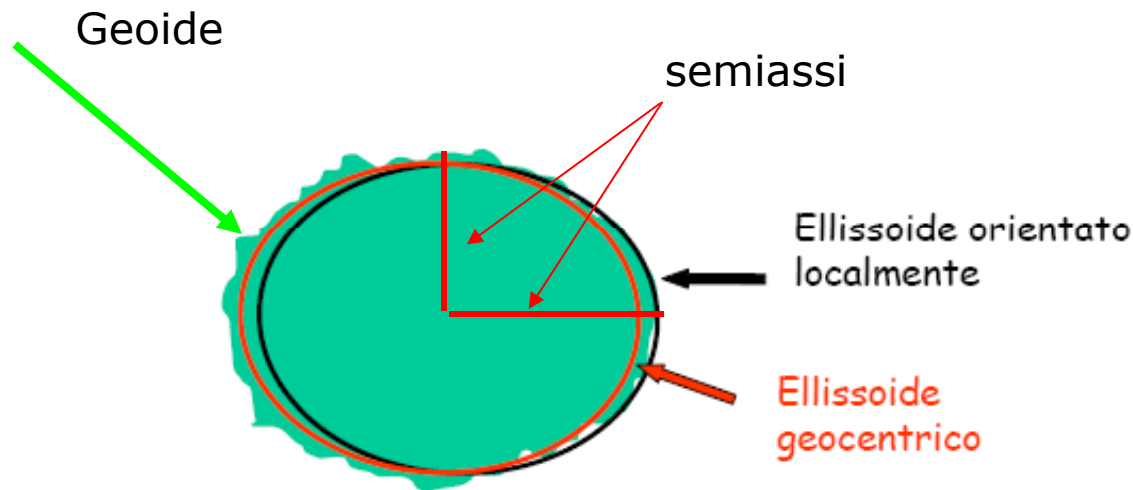


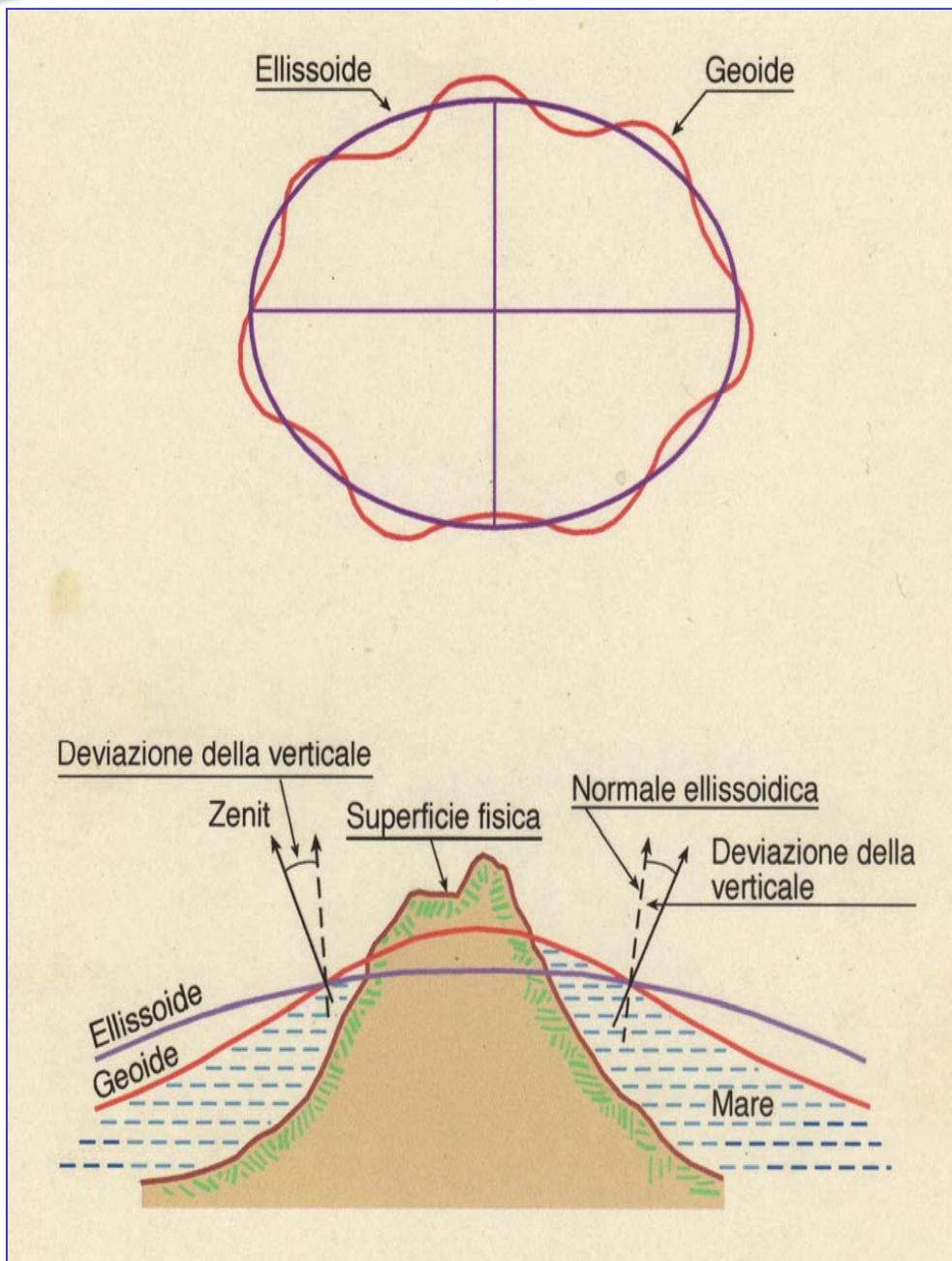


I sistemi di riferimento

Definire un sistema di riferimento consiste nel fissare:

- Una **superficie di riferimento** (ellissoide o sfera) che approssimi il geoide, e quindi i suoi **parametri geometrici**, semiassi o raggio
- il suo **orientamento** rispetto alla superficie terrestre (locale, globale-geocentrico)
- rete compensata di punti che lo materializzino sulla superficie terrestre o sull'area di interesse

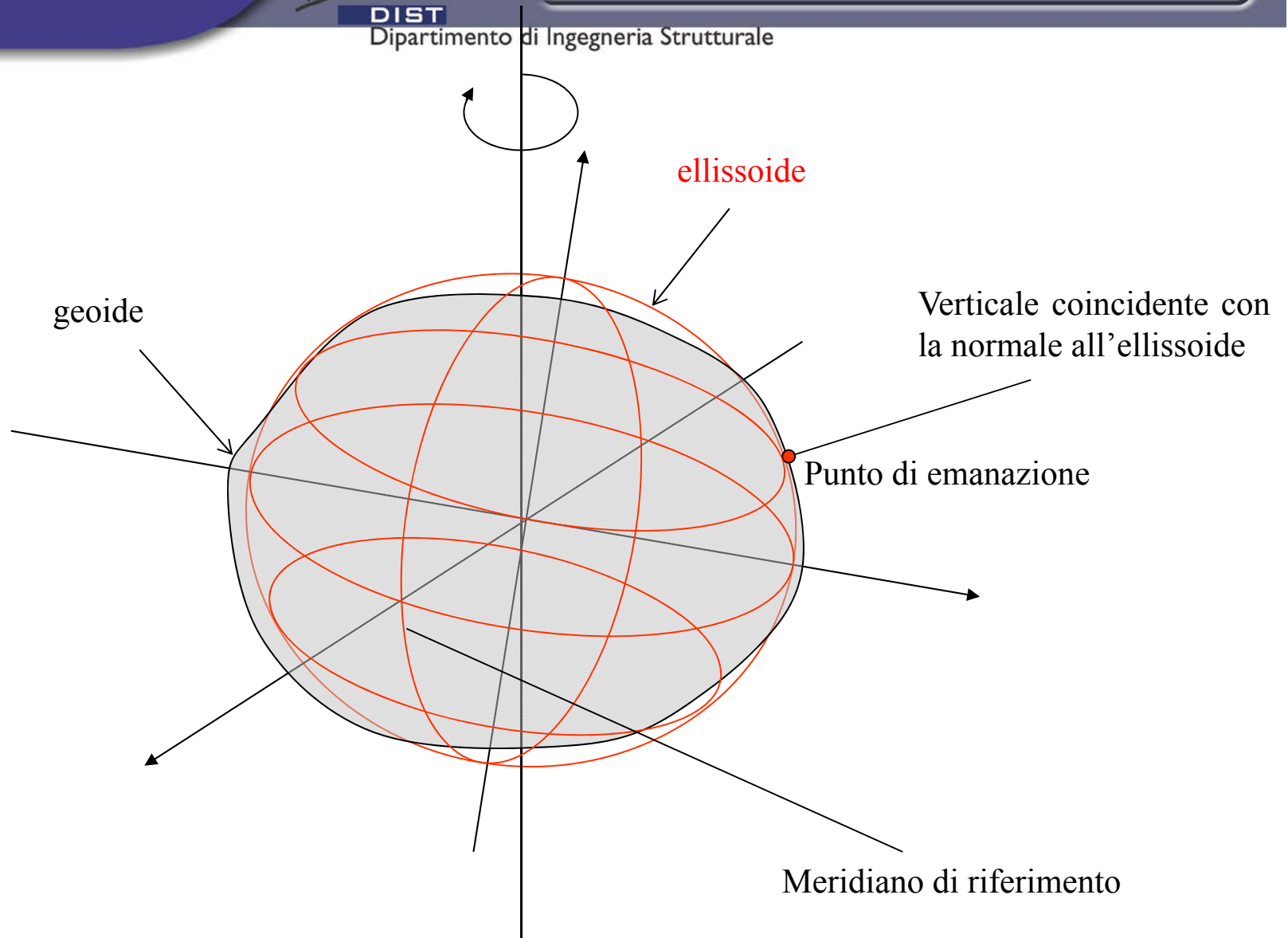






Un **datum planimetrico o sistema di riferimento** è il modello matematico della Terra che usiamo per calcolare le coordinate geografiche dei punti.

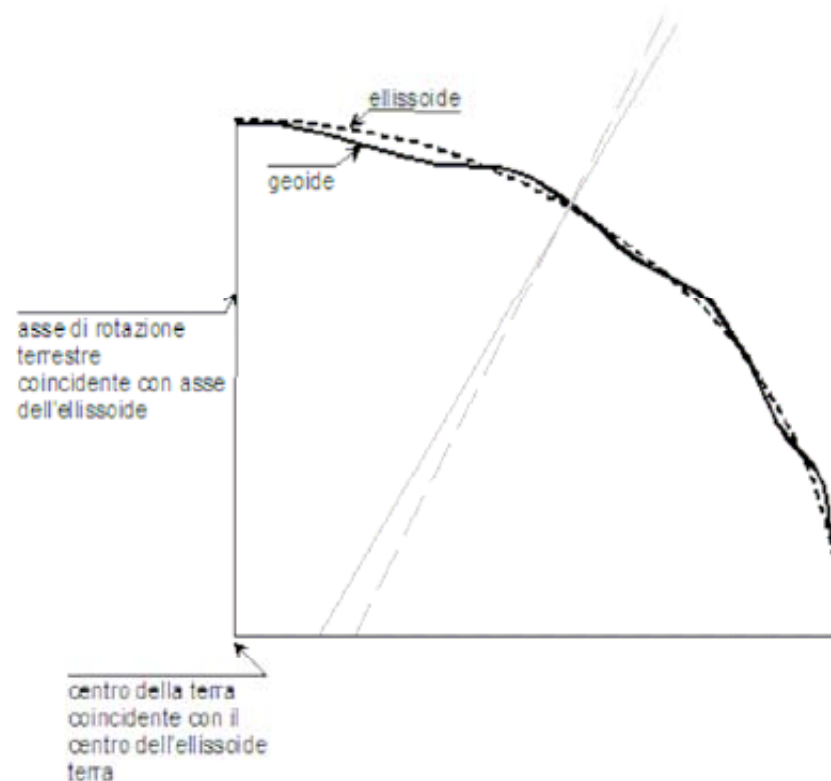
I **sistemi di riferimento** si suddividono in **globali** (validi in qualunque parte del mondo) e **locali** (destinati ad un uso regionale come quello delle singole nazioni). Sono sistemi globali il **WGS84**, impiegato nella rete di satelliti di posizione GPS, il **PZ90**, impiegato nella rete di satelliti artificiali russi GLONASS, gli ITRFnn, calcolati annualmente per tener conto delle deformazioni della crosta terrestre. Sono sistemi di riferimento locali l'**ED50**, il **Roma40**, il **Cassini-Soldner** (catasto).



Nel **sistema locale** l'ellissoide viene ruotato e traslato per adattarlo alle ondulazioni locali del geoide



Nel **sistema globale** l'ellissoide viene orientato rispetto al geoide in modo che vi sia coincidenza tra il centro dell'ellissoide ed il centro di massa convenzionale della terra, asse di rotazione dell'ellissoide coincidente con l'asse di rotazione convenzionale della terra e l'asse x che passa per un determinato punto della terra.





Sistemi di riferimento utilizzati in Italia

1. Sistema "Roma ante 1940" e catastale (ellissoide di Bessel, orientamento Genova, Roma, Castanea delle Furie)
2. Sistema nazionale Roma 1940 (ellissoide internazionale, orientamento forte Monte Mario)
3. Sistema europeo European Datum 1950 (ellissoide internazionale, orientamento debole Potsdam)
4. Sistema globale World Geodetic System WGS1984 (ellissoide geocentrico)
5. Sistemi dinamici ITRS e ETRS (ellissoide geocentrico, realizzazione basata su stazioni permanenti con coordinate variabili nel tempo) – ETRF2000

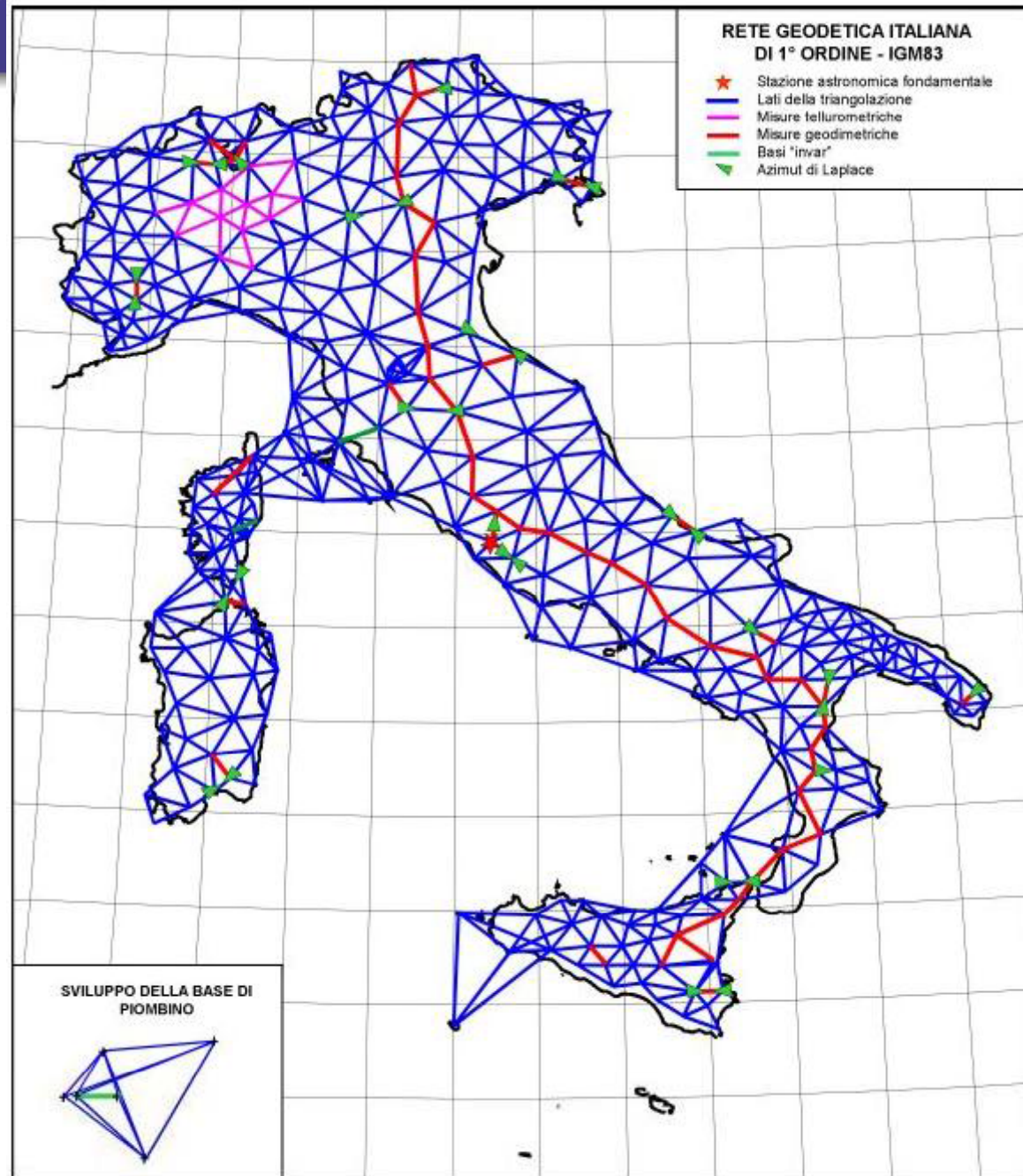


DATUM Roma40

Roma40 è un sistema di riferimento locale adottato in Italia per la georeferenziazione del territorio nazionale. L'ellissoide è quello di Hayford orientato a Roma Monte Mario (azimut su Monte Soratte); questo punto è anche l'origine delle longitudini.

La materializzazione è affidata ad una rete di triangolazione fondamentale e reti di raffittimento.

Al sistema di riferimento Roma40 è associata una rappresentazione conforme di Gauss. Il territorio nazionale è compreso praticamente in due fusi, denominati rispettivamente OVEST e EST, con meridiani centrali a 9° e 15° di longitudine da Greenwich. A tutte le coordinate è applicato un fattore di contrazione pari a 0.9996 per limitare le deformazioni ai bordi di ciascun fuso.







DATUM Roma40

Coordinate

Punto Cagliari S. Pancrazio

Geografiche φ 39°13'15,036''
 λ -3° 20' 06,314''

Gauss Boaga N 4341364.27 m
E 1510121.37 m



DATUM ED50

L'ED50 è un sistema locale orientato secondo un "orientamento medio europeo" (European Datum 1950). L'ellissoide è quello di Hayford e l'origine delle longitudini è posta a Greenwich. L'ED50 non ha una materializzazione sul terreno, essendo nato esclusivamente allo scopo di omogeneizzare la cartografia a piccola e media scala, ma si basa su una selezione delle reti del I° ordine europee per le quali si procedette nel 1950 alla ricompensazione in blocco. Tale sistema può essere usato per scopi pratici, di tipo cartografico, ma non per quelli geodetici, né operativi né tantomeno scientifici.

All'ED50 è associata la rappresentazione UTM (Universal Transverse Mercator).

La cartografia ufficiale italiana IGM si basa su questo Datum

DATUM WGS84

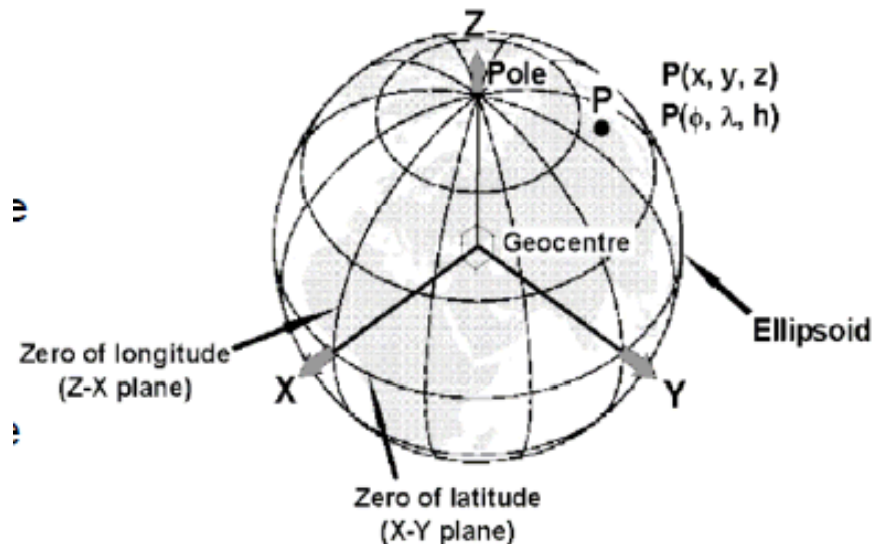
Il WGS84 è un sistema globale costituito da una terna cartesiana con origine nel centro di massa convenzionale della terra ed asse Z diretto secondo l'asse di rotazione convenzionale terrestre e asse X orientato sul meridiano di Greenwich.

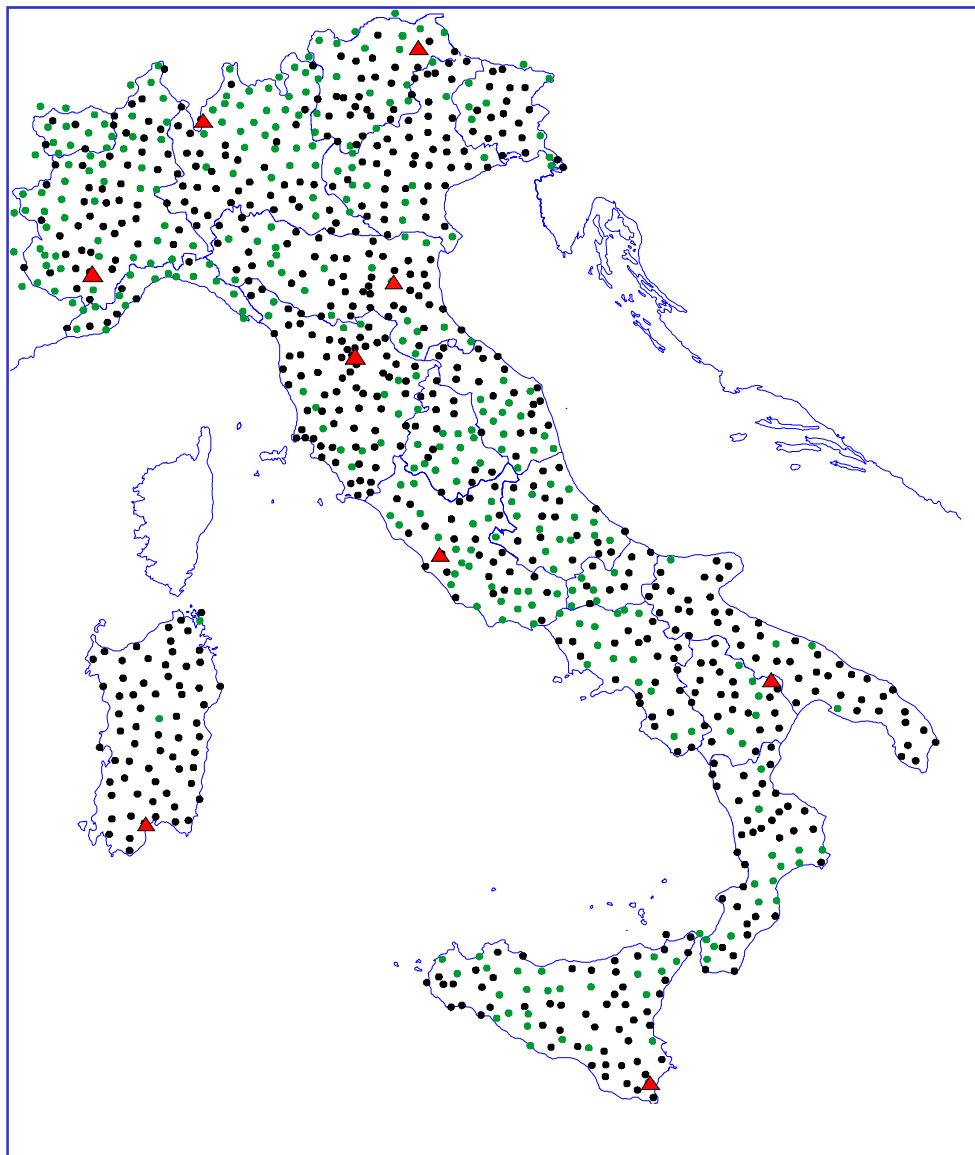
Alla terna è associato un ellissoide (WGS84) di rotazione geocentrico ed assi coincidenti con quelli della terna stessa. I semiassi dell'ellissoide hanno valori:

$$a=6378137.0000 \text{ m}$$

$$b=6356752.3142 \text{ m}$$

La materializzazione mondiale è affidata ad una rete di stazioni gestite dal DoD (Department of Defence) americano e dalla costellazione di satelliti NAVSTAR. In Italia alla rete IGM95





Rete IGM95



La Terra non è un corpo rigido e quindi la sua superficie si modifica continuamente, per questo motivo si devono periodicamente rideterminare le reti che materializzano un sistema di riferimento.

Per alcune applicazioni questo è molto importante. Ad esempio:

- nel periodo 1984 - 1998 il centro di massa terrestre si è spostato di circa 2 m (rispetto al sist. di rif. delle stelle fisse)
- nel sistema IERS (International Terrestrial Reference System) il continente europeo si sposta di circa 3 cm all'anno in direzione nord-est



L'ETRS89 è materializzato dalla sottorete europea delle stazioni dell'ITRF determinate nel 1989 (ETRF89).

Vengono pubblicate realizzazioni annuali chiamate ETRFXX, dove XX indica l'anno in cui è eseguito il calcolo delle coordinate dei punti, es. ETRF90, ETRF2001, ecc..



ITRFyy: SR Globale

realizzazione: reti permanenti per il controllo della geodinamica

precisione: centimetrica o migliore

ITRF89: realizzazione ITRF del 1989, $t_0=1988.0$

ITRF2000: realizzazione ITRF corrente $t_0=1997.0$

ETRF89: raffittimento europeo dell'ITRF, $t_0=1989.0$

ETRF2000: raffittimento europeo dell'ITRF, $t_0=2008.0$

IGM95: raffittimento italiano dell'ETRF89 (riferimento geodetico/cartografico italiano)

WGS84: SR Globale

realizzazione: stazioni di controllo del NIMA precisione: decimetrica (WGS84(G1150))

Roma40: SR locale Italiano

realizzazione: rete di ordine zero, riferimento storico e ufficiale

precisione: elevata localmente, distorto su scala nazionale



ETRF2000 (Decreto 10 novembre 2011)

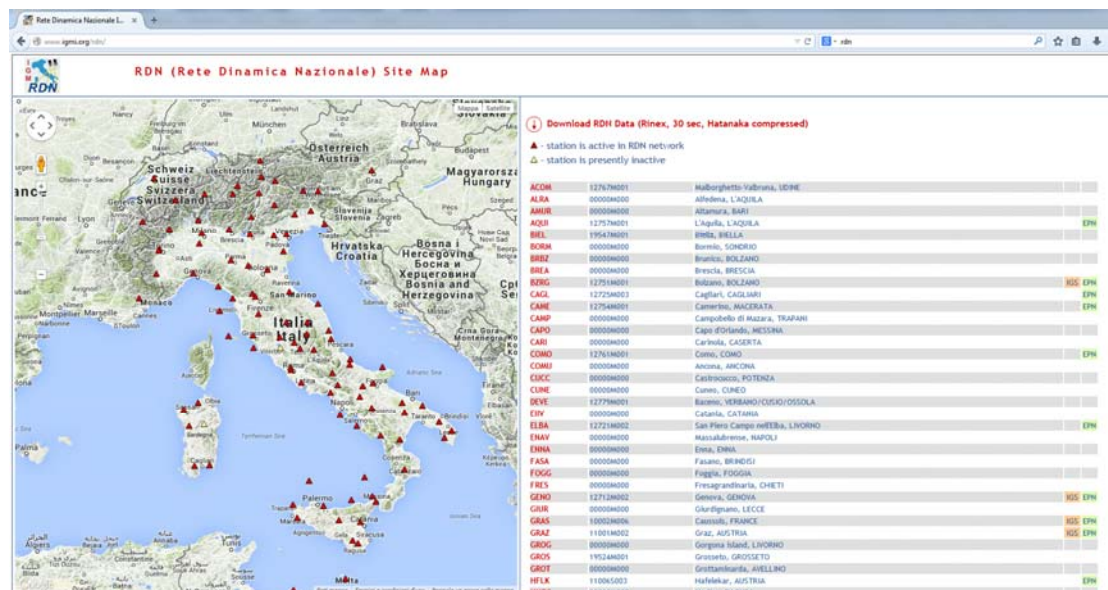
Per il continente europeo è stato definito il sistema European Terrestrial ReferenceSystem (ETRS). Si tratta di un datum dinamico ed è solidale alla piattaforma continentale europea (della quale segue il movimento di deriva).

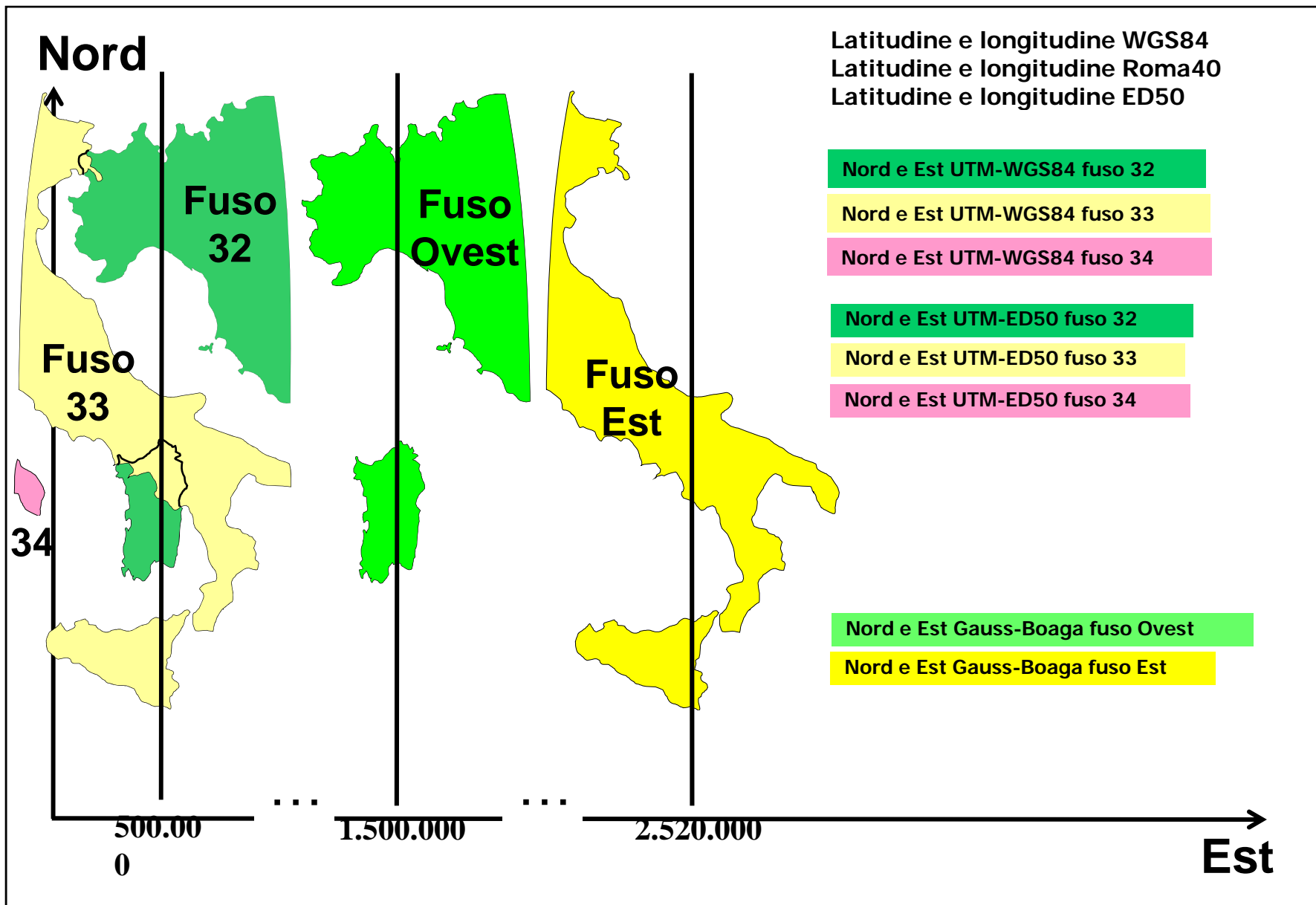
Le coordinate delle stazioni ETRS sono pertanto molto più stabili nel tempo in quanto sono considerati soltanto i movimenti relativi tra un punto e l'altro all'interno del continente europeo.

Ogni realizzazione (frame), denominata ETRFanno(es.ETRF89), costituisce una soluzione del sistema riferita ad un'epoca determinata; le più importanti sono ETRF89 ed ETRF2000.

La realizzazione italiana dell'ETRF2000 è costituita dalla rete Rete Dinamica Nazionale.

Al sistema ETRF2000 è associata la rappresentazione cartografica UTM in analogia alla UTM-ED50.







Il sistema di riferimento per il Catasto

Il sistema di riferimento catastale è adottato in Italia per la rappresentazione delle proprietà dei terreni e degli immobili. L'ellissoide è quello di Bessel orientato a Genova IIM con azimut su Monte del Telegrafo.

La materializzazione è assicurata dalla rete trigonometrica del I°, II° e III° ordine, raffittita con la triangolazione catastale di rete, sottorete e dettaglio.

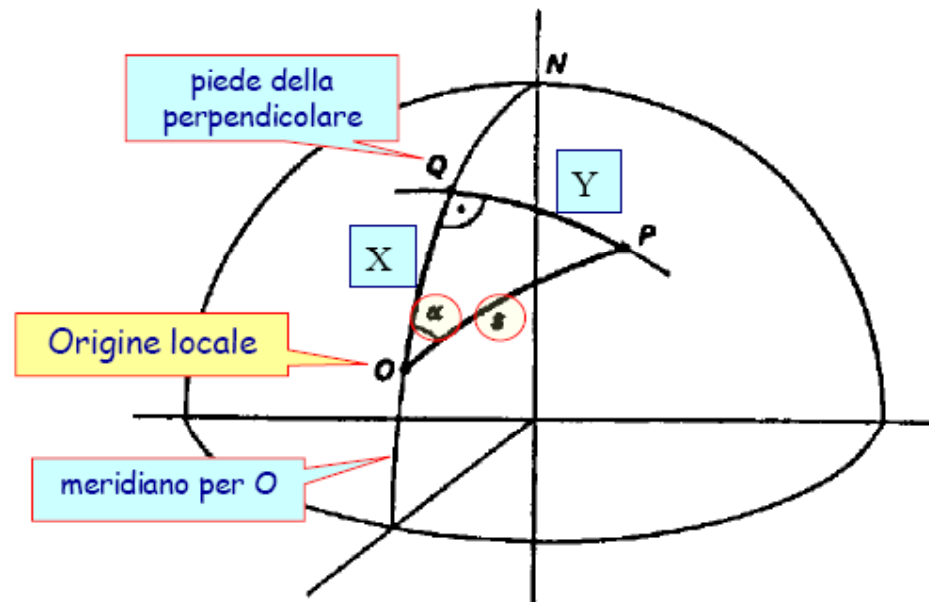
Al sistema di riferimento catastale è associata la rappresentazione di Cassini-Soldner, con suddivisione del territorio nazionale in zone, riferita ciascuna ad una diversa origine (centro di sviluppo).

Centro sviluppo Sardegna intersezione parallelo 40° con il meridiano che passa per la Torre di S. Pancrazio Cagliari

- $3^\circ 20' 06,314''$



4 - Coordinate Geodetiche Polari
5 - Coordinate Geodetiche Ortogonali



Coordinate Geodetiche Polari (s, α)

s distanza polare = lunghezza dell'arco di geodetica OP
 α azimuth = azimuth in O della geodetica OP

Coordinate Geodetiche Ortogonali o Rettangolari (X, Y)

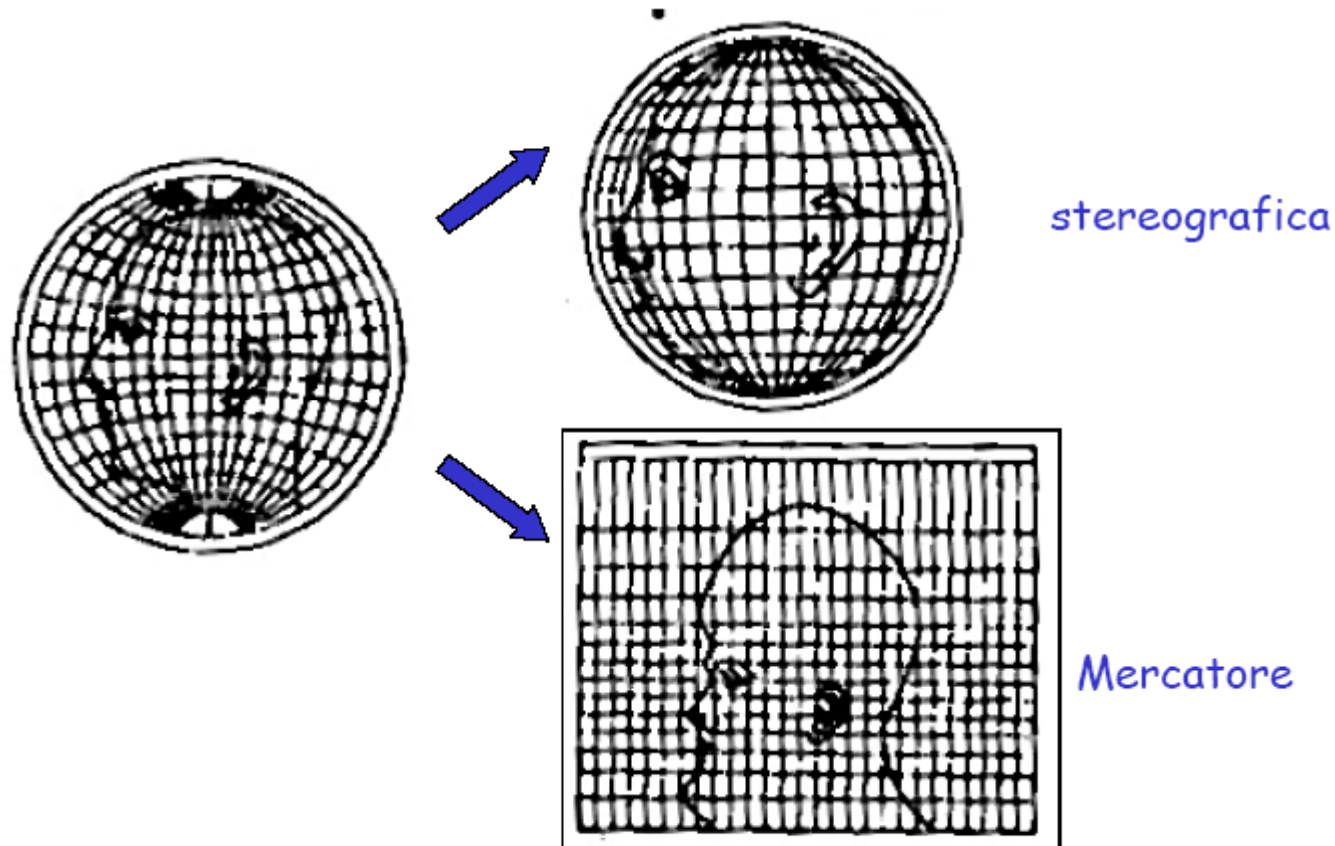
X = lunghezza dell'arco di meridiano OQ
 Y = lunghezza dell'arco di geodetica QP ortogonale in Q al meridiano per O

La coppia di coordinate (s, α) oppure (X, Y) definisce una posizione 2D (solo planimetrica)

UTILIZZO: calcoli geodetici locali, reti geodetiche classiche (s, α), Coordinate cartografia catastale (X, Y)



Deformazioni nel passaggio superficie di riferimento e carta





Classificazione delle carte dovute alle deformazioni

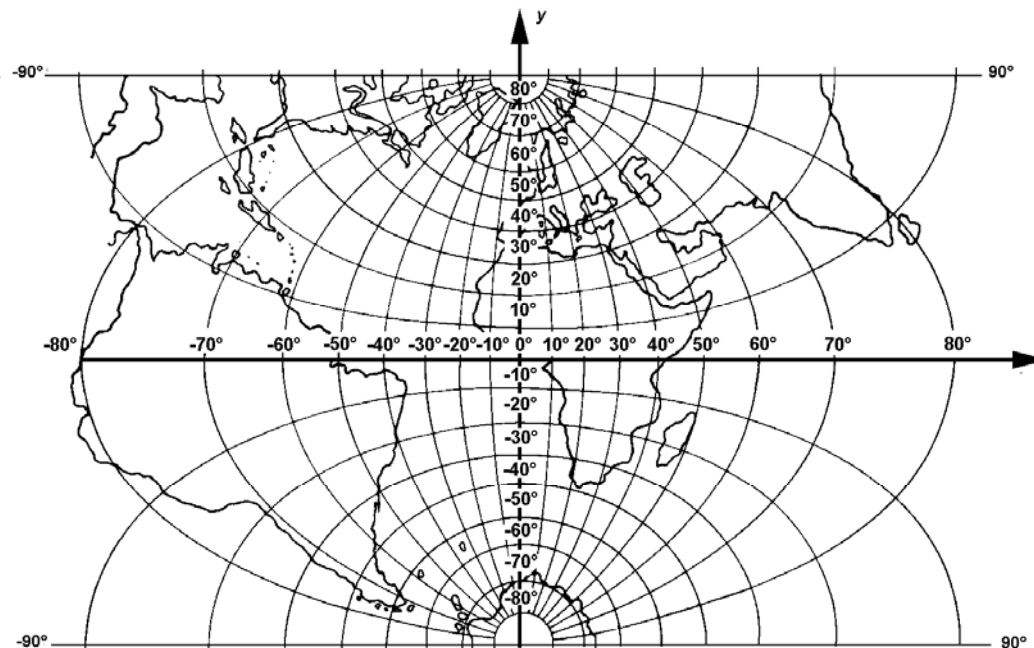
Sulla base delle deformazioni geometriche le carte si distinguono in:

- **carte isogone o conformi**, quando gli angoli tra le direzioni risultano inalterati e, per conseguenza, viene conservata la similitudine tra le corrispondenti figure infinitesime della superficie di riferimento e del piano;
- **carte equivalenti**, quando vengono conservate le aree;
- **carte equidistanti**, quando il rapporto tra le lunghezze viene conservato costante in alcune direzioni della carta. Non esistono carte equidistanti.
- **carte afillattiche**, quando non vengono conservate né aree né angoli. Esse non rappresentano comunque una classe ben definita, poiché includono di fatto anche le rappresentazioni che presentano deformazioni molto contenute.

La rappresentazione di Gauss

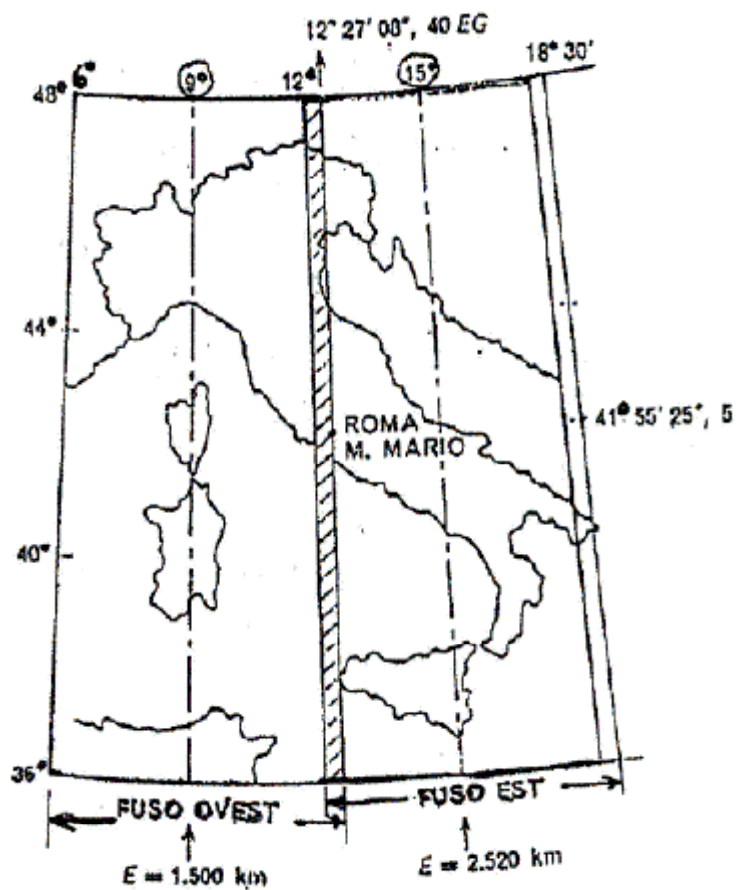
Gauss la formulò con l'assunto che fossero rispettate le seguenti condizioni:

1. la carta doveva essere *conforme*;
2. le immagini di un meridiano, detto *meridiano centrale*, e dell'equatore fossero rette (assi N ed E della rappresentazione);
3. la rappresentazione fosse *equidistante* sul meridiano centrale.
4. La rappresentazione del globo terrestre ivise la terra in 60 fusi di 6 gradi di longitudine ciascuno





Rappresentazione GAUSS in ITALIA Datum ROMA40





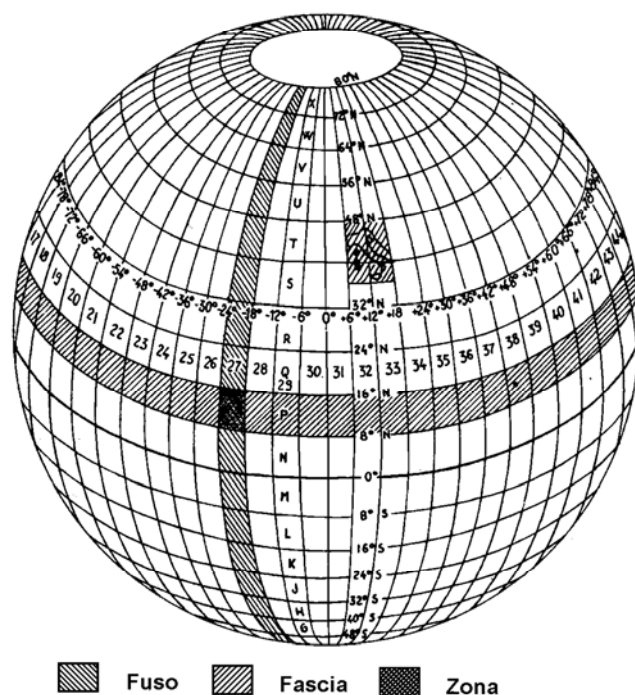
Rappresentazione GAUSS in ITALIA Datum ROMA40

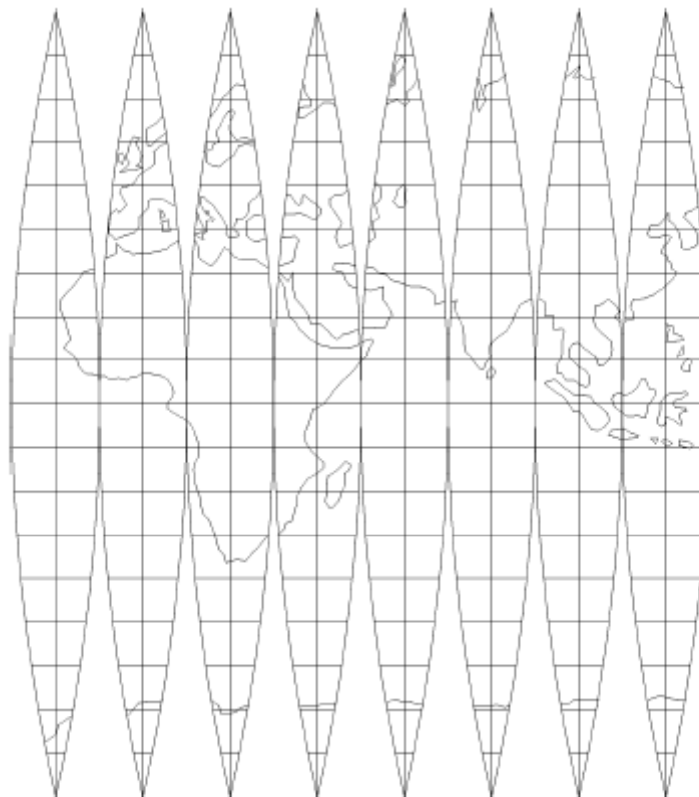
- 2 fusi ovest ed est (ampliati di 30')
- Falso est 1500 per il fuso ovest e 2520 per il fuso est
- Fattore di contrazione pari a 0,9996 per il quale sono state moltiplicate tutte le coordinate N, E

Cartografia UTM

Rappresentazione conforme di Gauss tra -80° e $+80^\circ$ di latitudine e la proiezione stereografica polare per le calotte polari ed adottando come ellissoide quello di Hayford, da allora indicato come ellissoide internazionale.

Nel sistema UTM la Terra è divisa in 60 fusi di 6° di longitudine numerati da 1 a 60 procedendo da Ovest verso Est e dando il numero 01 al fuso compreso fra 180° e 174° ovest da Greenwich; con tale numerazione il fuso 31 è compreso tra 0° e 6° est di Greenwich, il 32 tra 6° e 12° ed il 33 tra 12° e 18° (questi due ultimi sono quelli interessanti l'Italia che sborda anche nel 34 fuso per parte della penisola salentina).

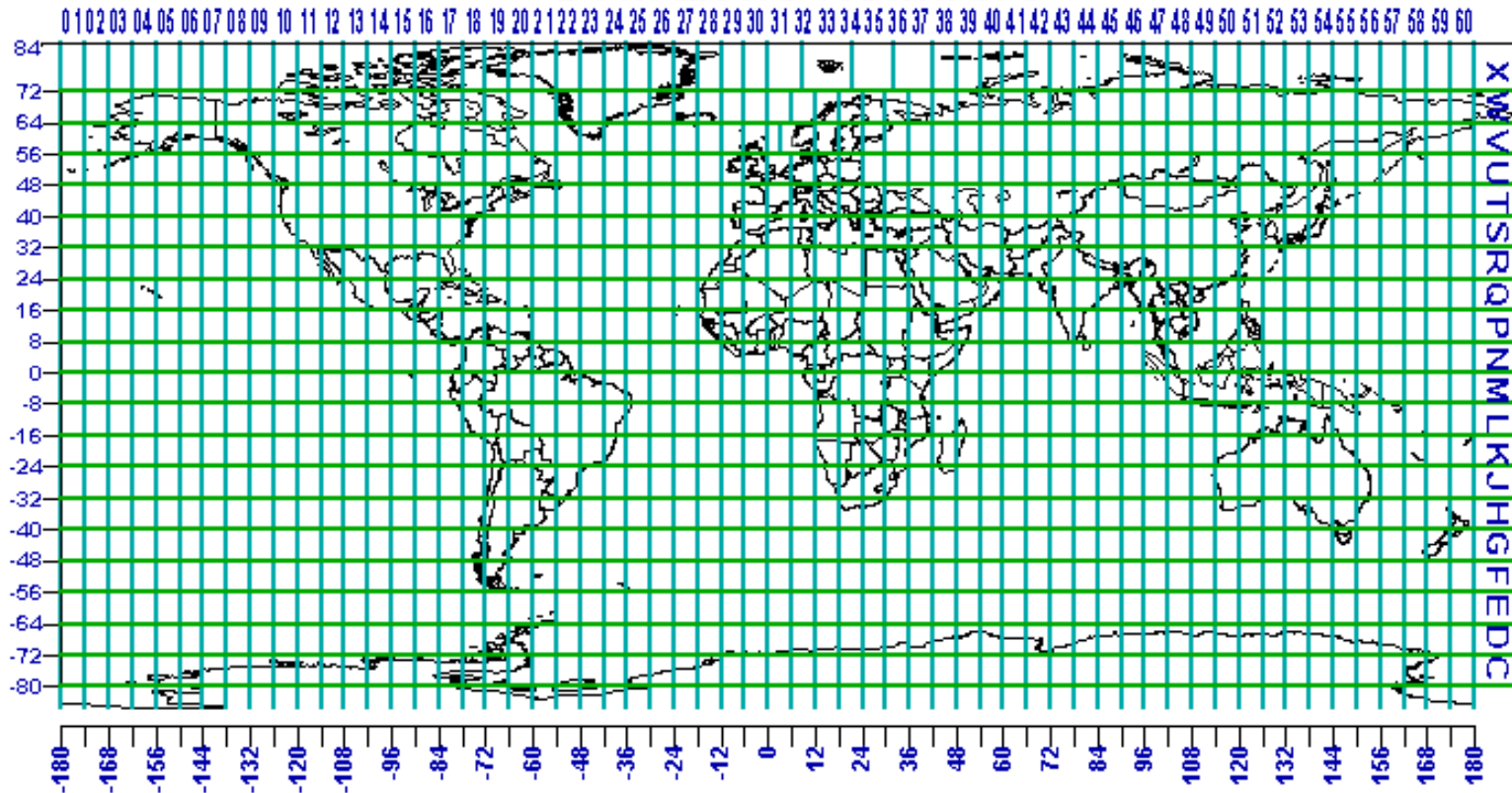




Fusi UTM



UTM Zone Numbers



UTM Zone Designators

Universal Transverse Mercator (UTM) System



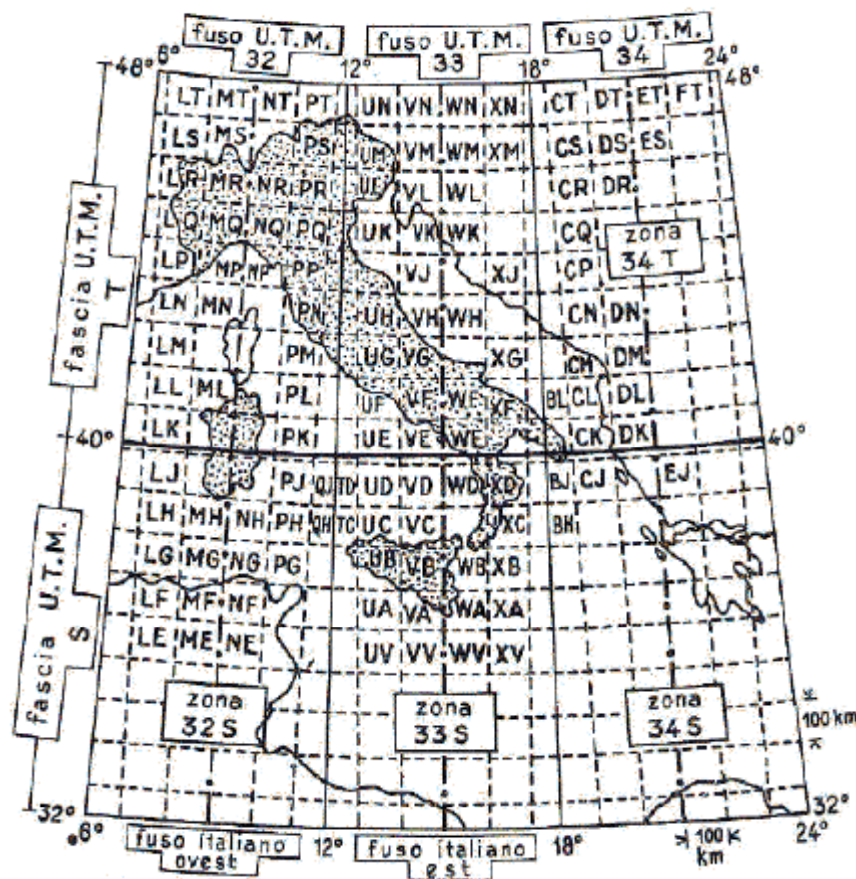
Secondo tale sistema la superficie terrestre è stata divisa in 60 fusi di 6° di ampiezza, numerati da 1 a 60 partendo dall'antimeridiano di Greenwich e procedendo verso Est. Si ha inoltre una suddivisione in 20 fasce di 8° ciascuna in latitudine partendo da $\varphi = -80^\circ$ fino a $\varphi = 80^\circ$. Le fasce sono individuate da lettere dell'alfabeto dalla C fino alla X a partire da Sud, escludendo le lettere I e O.

Le intersezioni tra fusi e fasce individuano le zone; l'Italia è compresa nelle zone 32T, 33T, 32S, 33S salvo una parte della penisola salentina che appartiene alle 34T e 34S (si noti che il numero designa il fuso e la lettera indica la fascia).

Questi numeri andranno riportati a fianco delle coordinate N e E

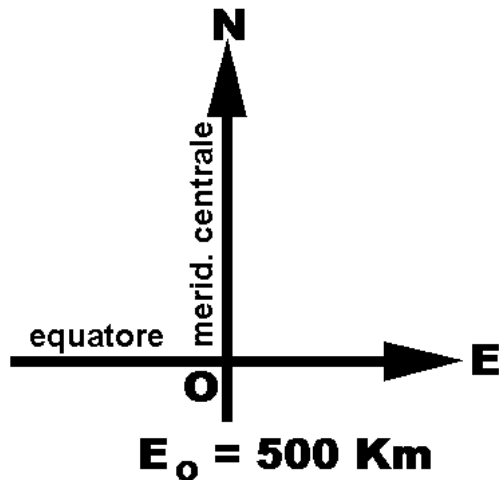


Cartografia UTM in ITALIA Datum ED50, ETRF89, ETRF 2000





Cartografia UTM



Nella cartografia *UTM* la coordinata *N* ha origine dall'equatore mentre alla coordinata *E* si aggiunge sempre la quantità di *500 km* per renderla positiva all'interno del fuso; in pratica ciò equivale a far corrispondere al meridiano centrale la coordinata $E_0 = 500 \text{ km}$, come suol dirsi, ad avere un *false Est* pari a *500 km*.

In Italia si sono utilizzati diversi datum, attualmente questa rappresentazione è associata al datum ETRF2000 e precedentemente all'ETRF89 e all'ED50.



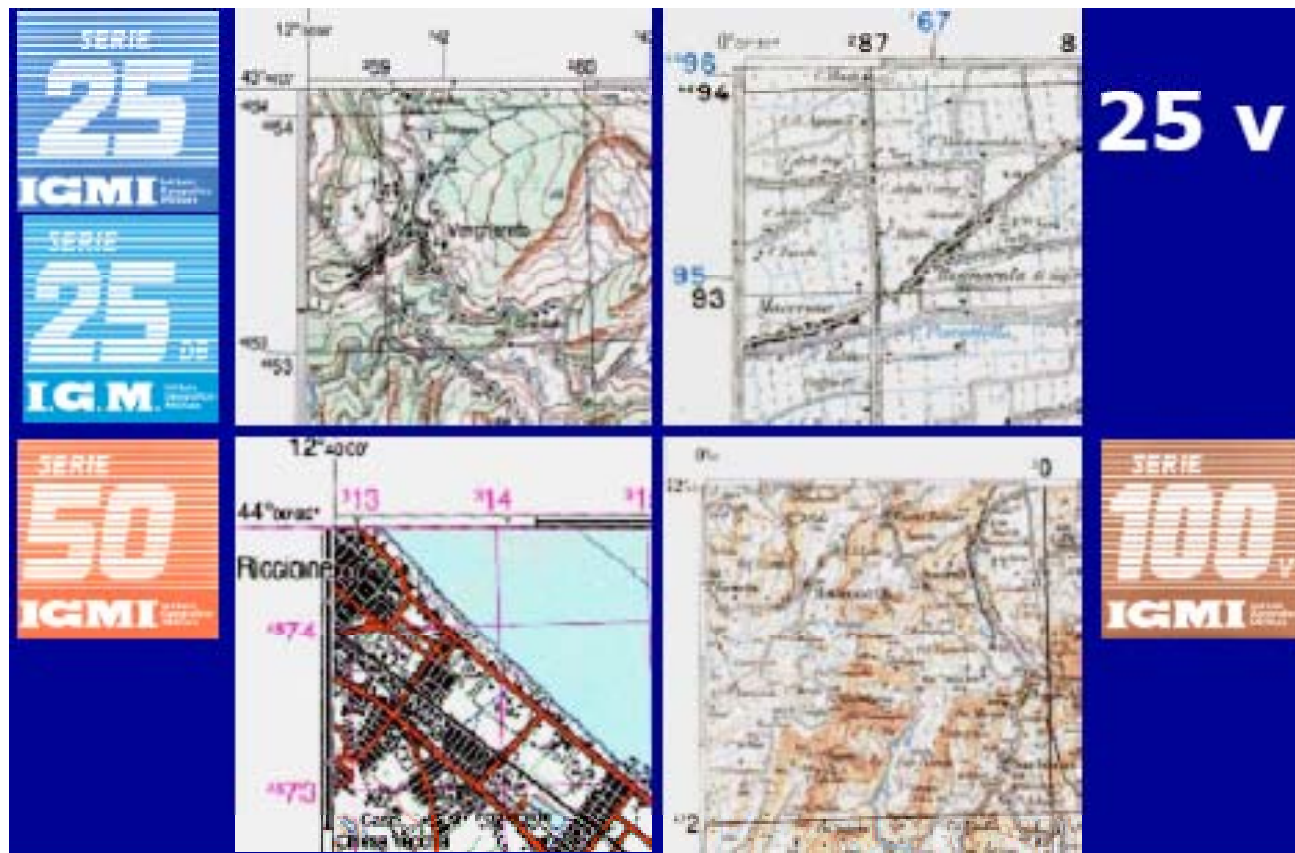
GLI ENTI CARTOGRAFICI UFFICIALI

Legge n.68 del 2 febbraio 1969 (art. 1):

- **Istituto Geografico Militare (IGMI)**;
- **Istituto Idrografico della Marina**: si occupa di rilievi batimetrici e oceanici, rilievi geodetici lungo le coste, produce carte nautiche necessarie per la navigazione;
- Sezione Fotocarta dello Stato Maggiore dell'Aeronautica, diventato **Centro di Informazioni Geotopografiche dell'Aeronautica (CIGA)**;
- **Servizio Geologico (ISPRA)**, che così come il CIGA, non esegue rilievi topografici, e utilizza carte dell'IGMI riportando su queste solo le informazioni relative al rilievo geologico e gravimetrico (o alla navigazione aerea nel caso del CIGA);
- Amministrazione del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali (ora **Agenzia delle Entrate**), che rileva mappe alle scale da 1:5000 a 1:500 partendo dalla rete Trigonometrica dell'IGMI, per scopi fiscali.



IGM Istituto Geografico Militare





ALTRI ENTI

Regioni:

Carte Tecniche Regionali scale 1:5.000, 1:10.000 per il supporto alla pianificazione a livello regionale.

Province, Consorzi, Comunità Montane: 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 per il supporto ad una pianificazione con maggiore dettaglio e per la progettazione.

Comuni: 1:2.000, 1:1.000, 1:500 per la progettazione, pianificazione e gestione del territorio e dell'urbano.



IGM Istituto Geografico Militare

Scale cartografiche adottate:

- 1:100.000
- 1:50.000
- 1:25.000

Si tratta di carte topografiche, regolari, generali.

La carta in scala 1:25.000 è rilevata, mentre le altre sono derivate dalla scala 1:25.000.

TAGLIO GEOGRAFICO CARTE (B)

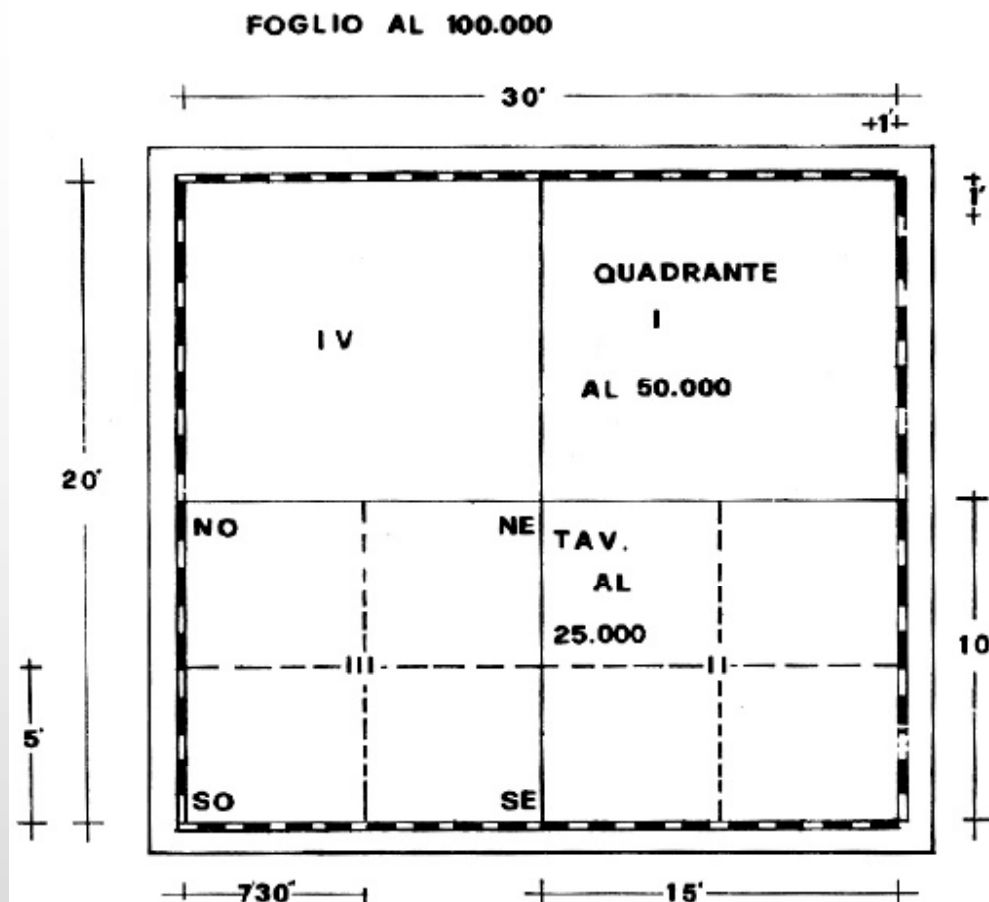
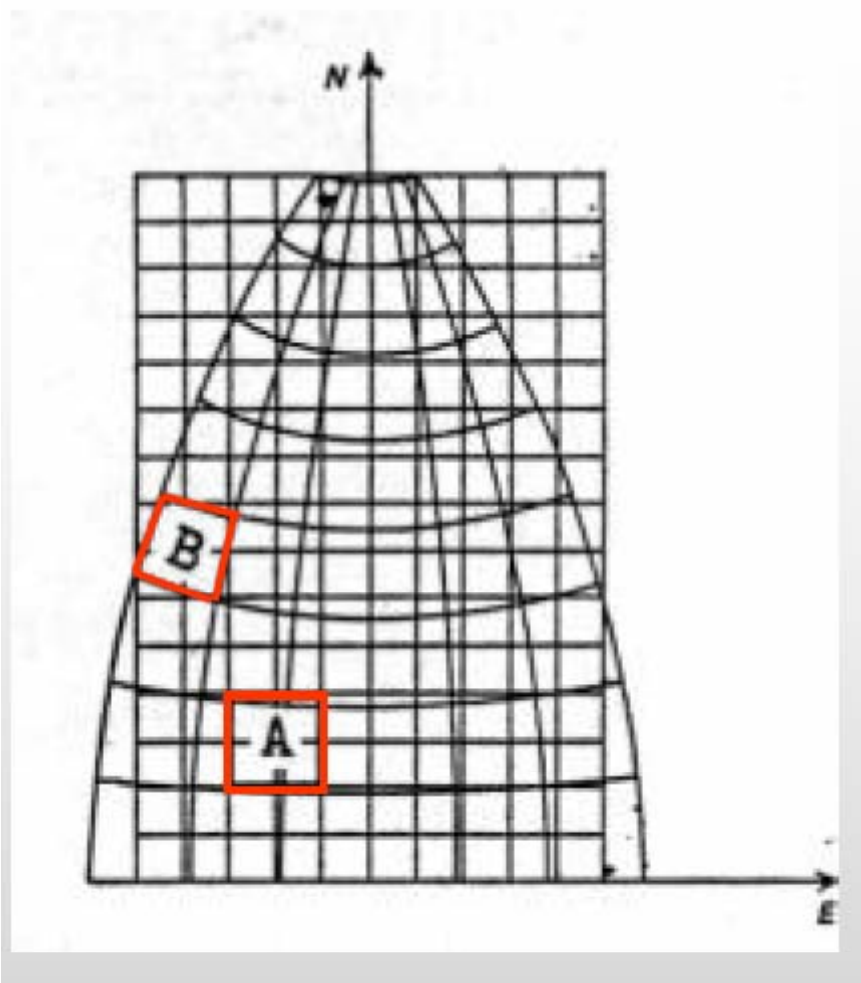
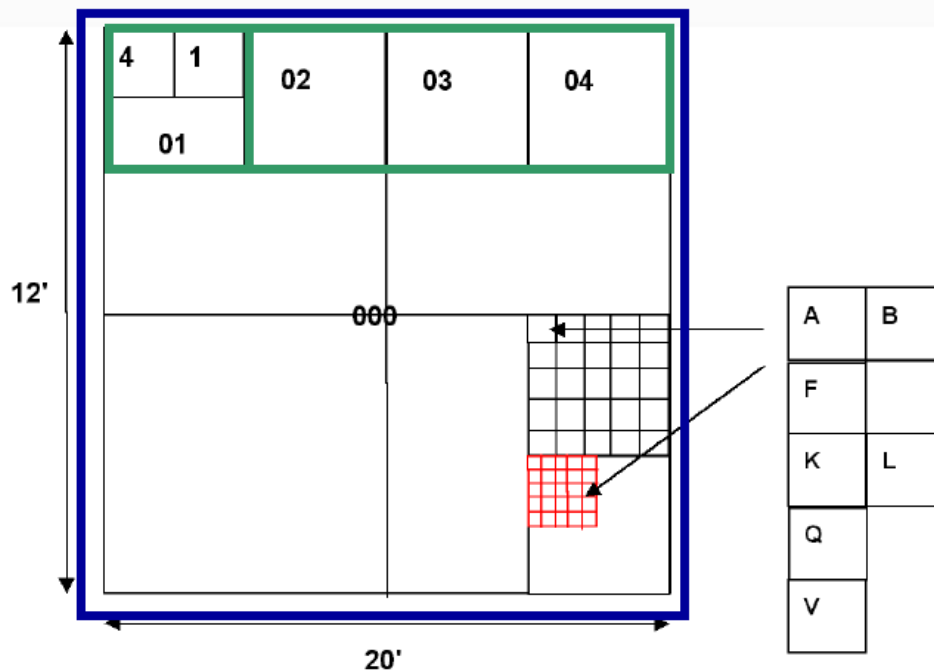


Fig. 2 – Suddivisione dei fogli in quadranti e tavolette.



IGMI serie nuova

Il taglio delle carte è effettuato sul sistema UTM



Fogli

12' x 20' 1:50.000

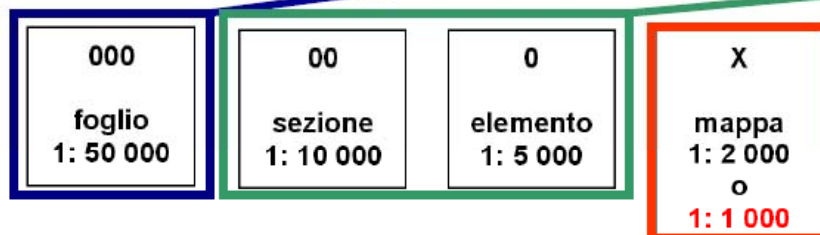
Sezioni IGM (1/4 Foglio 1:50.000)

6' x 10' 1:25.000

Cartografia IGMI

Carta Tecnica Regionale

Cartografia comunale



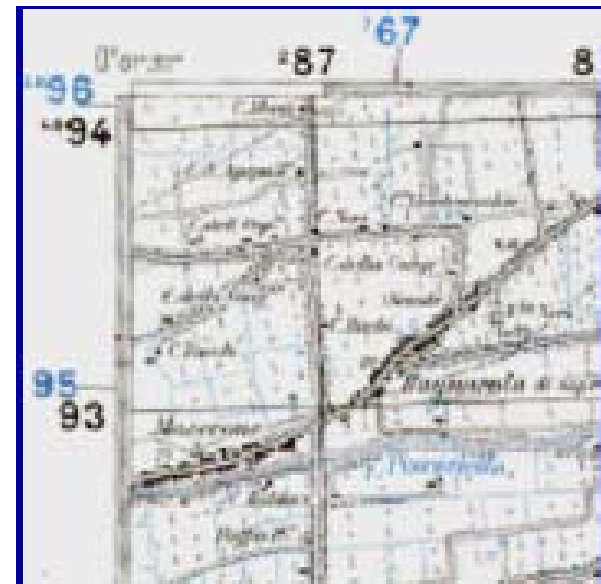
IGM Istituto Geografico Militare

Carta 25K/V

Si compone di 3545 carte in scala 1:25.000 chiamate "Tavolette". Hanno un taglio geografico pari a 7'30" in longitudine e 5' in latitudine.

È realizzata secondo la **rappresentazione conforme di Gauss**, inquadrata nel sistema di riferimento **ROMA40** (ellissoide internazionale con orientamento a Roma M. Mario). Sistemi di coordinate geografiche (origine longitudine Roma M. Mario) e coordinate piane Gauss-Boaga.

L'altimetria è rappresentata con curve di livello a 25 m.



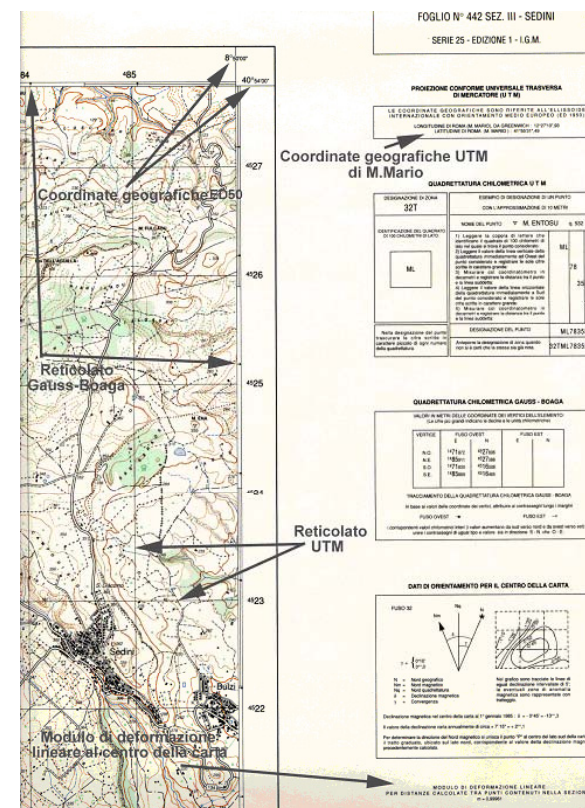
IGM Istituto Geografico Militare

Carta 25K

Le carte in scala 1:25.000 sono chiamate "Sezioni". Hanno un taglio geografico pari a 10' in longitudine e 6' in latitudine.

È realizzata secondo la rappresentazione conforme di Gauss, inquadrata nel sistema di riferimento ED50 (ellissoide internazionale con orientamento medio europeo). Sistemi di coordinate geografiche (origine longitudine Greenwich) e coordinate piane UTM (è stato sovrapposto anche il reticolato chilometrico Gauss-Boaga).

L'altimetria è rappresentata con curve di livello a 25 m.





IGM Istituto Geografico Militare

Carta 50K

Le carte in scala 1:50.000 sono chiamate “**Fogli**”. Hanno un taglio geografico pari a 20' in longitudine e 12' in latitudine.

È realizzata secondo la **rappresentazione conforme di Gauss**, inquadrata nel sistema di riferimento **ED50** (ellissoide internazionale con orientamento medio europeo). Sistemi di coordinate geografiche (origine longitudine Greenwich) e coordinate piane UTM (è sovrapposto il reticolato chilometrico Gauss-Boaga).



IGM Istituto Geografico Militare

Carta 100K/V

Si compone di 278 carte in scala 1:100.000 chiamate "fogli". Hanno un taglio geografico pari a 30' in longitudine e 20' in latitudine

È realizzata secondo la **rappresentazione conforme di Gauss**, inquadrata nel sistema di riferimento **ROMA40** (ellissoide internazionale con orientamento a Roma M. Mario). Sistemi di coordinate geografiche (origine longitudine Roma M. Mario) e coordinate piane Gauss-Boaga.

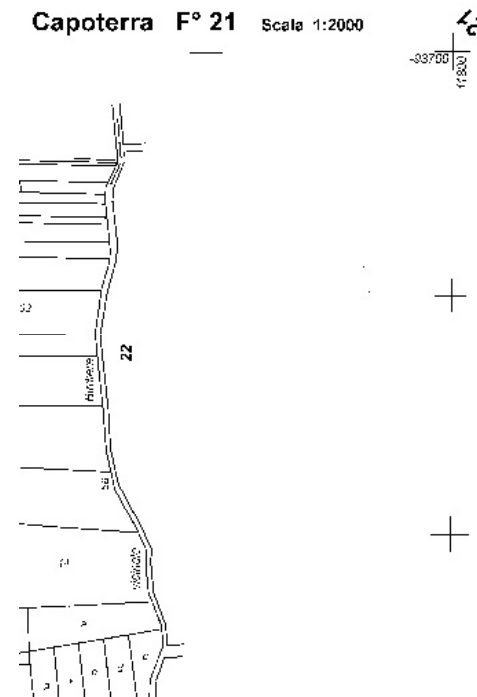
Catasto

Scale cartografiche adottate:

- 1:4.000
- 1:2.000
- 1:1.000
- 1:500

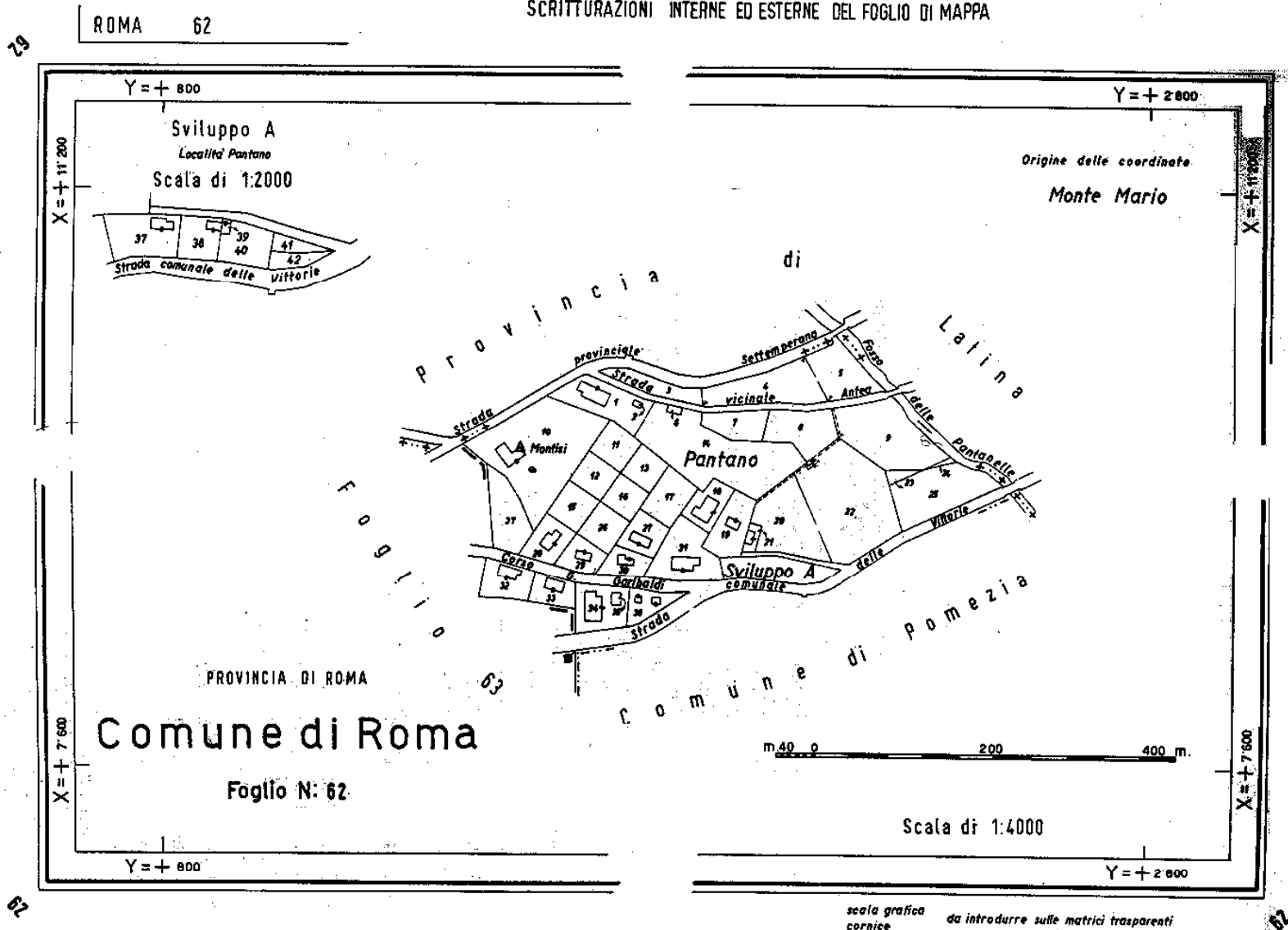
E' una carta solo planimetrica, finalizzata a scopi fiscali.

E' realizzata secondo la **rappresentazione di Cassini-Soldner** (Ellissoide di Bessel orientato a Genova). E' policentrica con estensione di circa 70 km (all'interno della zona la carta è praticamente equivalente).





SCRITTURAZIONI INTERNE ED ESTERNE DEL FOGLIO DI MAPPA



scala grafica da introdurre sulle matrici trasparenti cornice.



TRASFORMAZIONI DI COORDINATE ALL'INTERNO DI UN DATUM

E' opportuno sottolineare la **differenza** fra trasformazioni di coordinate (nell'ambito di uno stesso datum) e trasformazioni di datum (passaggio da un datum ad un altro). Si tratta di due operazioni concettualmente ben distinte:

- Le **trasformazioni di coordinate** sono generalmente risolubili in forma analitica chiusa, o comunque con operazioni geometrico-matematiche ben definibili teoricamente, che nella maggior parte dei casi non comportano in pratica alcuna perdita di precisione dei dati originari se non per gli arrotondamenti di calcolo.
- Le **trasformazioni di datum**, essendo i datum "realizzati" da reti geodetiche affette da errori, si basano necessariamente sull'utilizzo di parametri determinati statisticamente in base alla conoscenza delle coordinate in entrambi i datum per un certo numero di punti. Di conseguenza, questo secondo tipo di passaggi comporta quasi sempre indeterminazioni di uno o più ordini di grandezza superiori a quelle derivanti da una trasformazione di coordinate.



TRASFORMAZIONI DI DATUM

Si tratta in questo caso di passare da un sistema di riferimento ad un altro. Le differenze possono essere notevoli. Ad esempio, le coordinate geografiche del vertice trigonometrico di Castiglion del Lago (appartenente alla rete IGM 95) espresse in diversi datum sono le seguenti:

Roma 40: $\phi = 43^{\circ} 07' 37,250''$ $\lambda = - 0^{\circ} 23' 47,323''$ E
(M.Mario $\lambda = 12^{\circ} 03' 21,077''$ E)

WGS 84: $\phi = 43^{\circ} 07' 39,584''$ $\lambda = 12^{\circ} 03' 20,248''$ E

Catastale: $\phi = 43^{\circ} 07' 36,766''$ $\lambda = 12^{\circ} 03' 19,399''$ E

La massima differenza in latitudine è di quasi 3", che corrispondono a circa 90 metri. L'esempio fa capire come sia indispensabile precisare il datum a cui si fa riferimento.



Problema: come passare dal sistema di riferimento ETRF89/2000 al sistema Roma40 o viceversa?

Ricordiamo che un qualsiasi ellissoide orientato localmente si discosta in modo notevole da quello geocentrico, non solo per i diversi parametri ma soprattutto per la posizione del centro e l'orientamento degli assi.

Conoscendo un sufficiente numero di punti nei due sistemi di riferimento è possibile stimare parametri di una possibile rototraslazione con cambiamento di scala (trasformazione conforme di scala Helmert a 7 parametri) che permetta di passare dall'uno all'altro.



Nel passato, l'IGM, forniva, per la trasformazione di Helmert un set di parametri per ogni vertice (validità in un raggio di circa 10 km).

Oggi è in uso una procedura di trasformazione continua attraverso un grigliato regolare di parametri di trasformazione che copre l'intero territorio nazionale. Attraverso il programma VERTO (realizzato dall'IGM) è possibile realizzare il passaggio di datum.



Esempio di monografia di un punto IGM95

	BRONI (Bivio) 059701	
	Nazione: ITALIA Provincia: PAVIA Comune: BRONI Carabinieri: BRONI	Proprietà: A.N.A.S. - Azienda Nazionale Autonoma delle Strade Indirizzo: Via G.B. Cassinis, 66 Comune: MILANO Cap: 20100 Tel: 02 55212801 Fax: Provincia: MILANO
Materializzazione: Centrifino di tipo "GPS C" fissato sulla soletta in calcestruzzo della piazzola spartitraffico.	Geografiche (Roma40) φ: 45°03'25,451" λ: -03°12'11,521" Geografiche (Gauss-Boaga) N: 4.989.413,26 E: 1.519.616,91 Geografiche (WGS84) φ: 45°03'27,844" λ: 09°14'55,685" Plane (UTM-WG384) N: 4.989.364,09 E: 519.549,65 Quota s.l.m.: 84,96 Quota ell.: 125,42	
Accesso: Dall'uscita "Broni-Stradella" prendere per Broni percorrendo la statale, lasciando a sinistra il centro del paese. Alla fine del paese stesso davanti alla concessionaria auto OPEL si trova il punto.		
Informazioni ausiliarie:	Vertici collegati: R 0002 ### 042# Contrassegno di tipo Cso Bullone a muro ΔH: -0,47	Parametri: Tx: 305,98 Rx: -0,234" Ty: 31,51 Ry: 4,269" K: 10,53 Tz: -111,70" Rz: -1,567" Stazioni astronomiche:
Segnalizzato: 24/03/93 G1A93 Marco Bocci		

Mod. IGM66/SM

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE - Divisione Geodetica - via Di Novati, 93 - 50127 FIRENZE - Tel: 055/2775442 Fax: 055/417909



Per la Sardegna si è trovato che è sufficiente un unico set di parametri, ovvero:

$$T_x = 158.8874$$

$$T_y = -106.411$$

$$T_z = -9.6648$$

$$R_x = 2.6642$$

$$R_y = -1.5872$$

$$R_z = -4.782$$

$$K = 10.21$$

Relativi al passaggio

ETRF89 \longrightarrow Roma40

Da Roma40 a ETRF89 cambiare tutti i segni



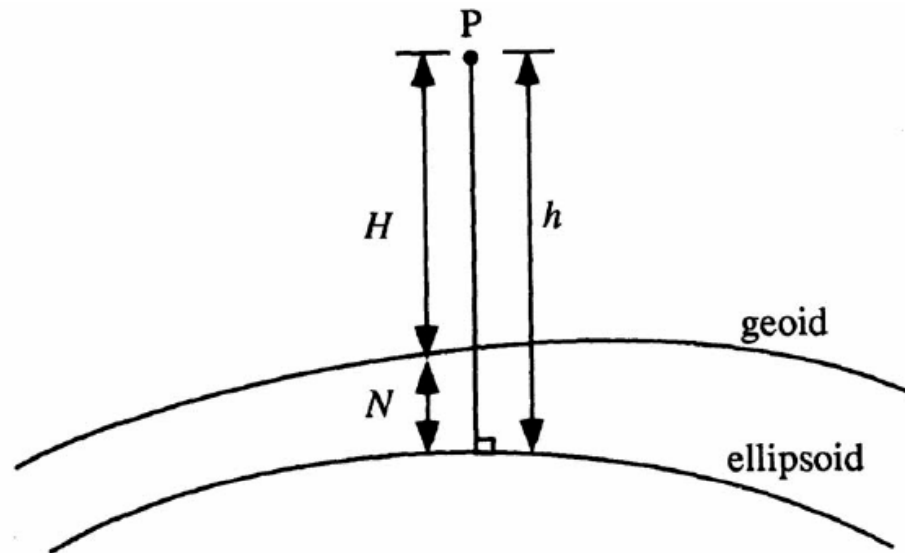
Il problema altimetrico

$$h = H + N$$

h altezza ellissoidica

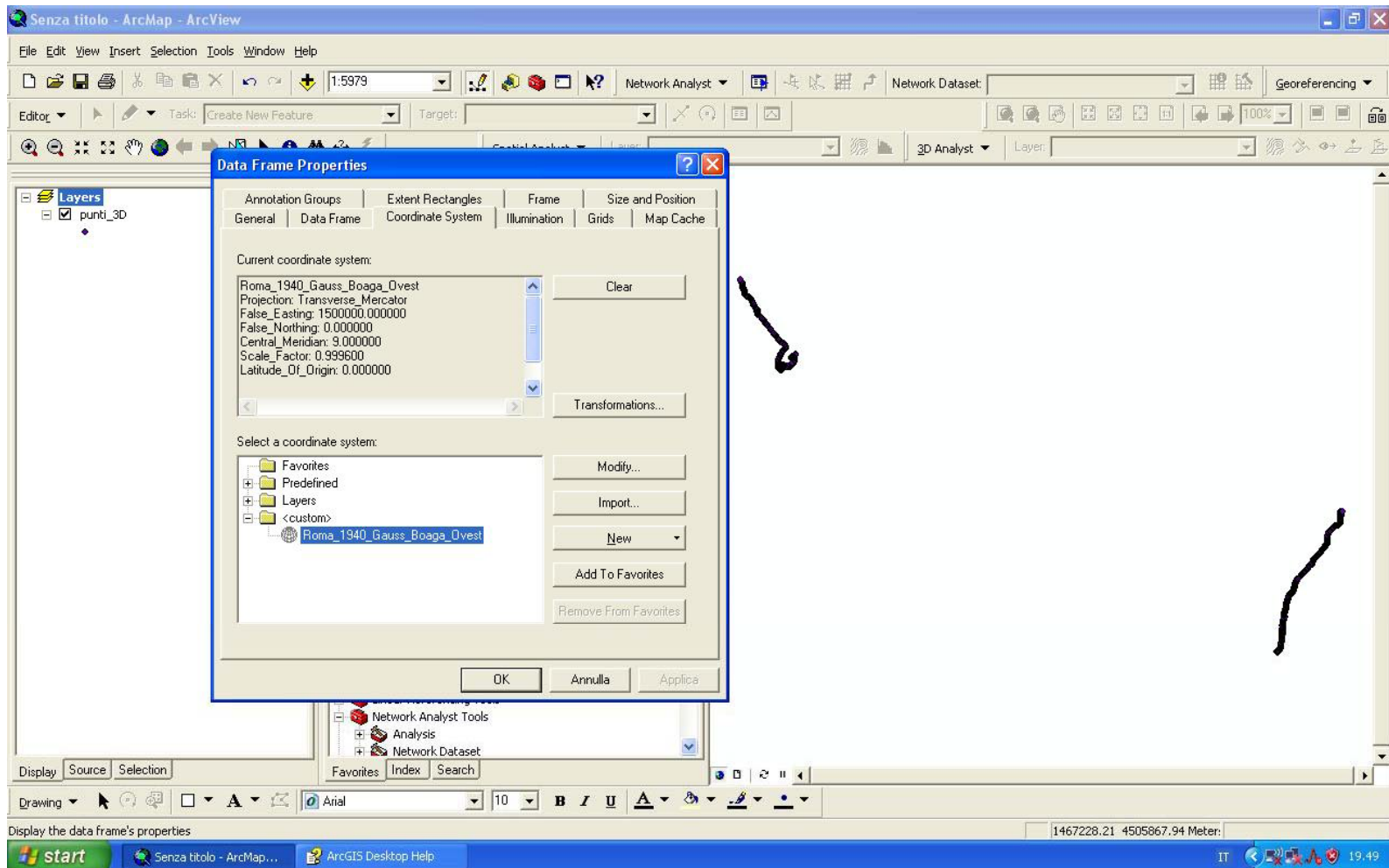
H quota ortometrica

N ondulazione del geoide



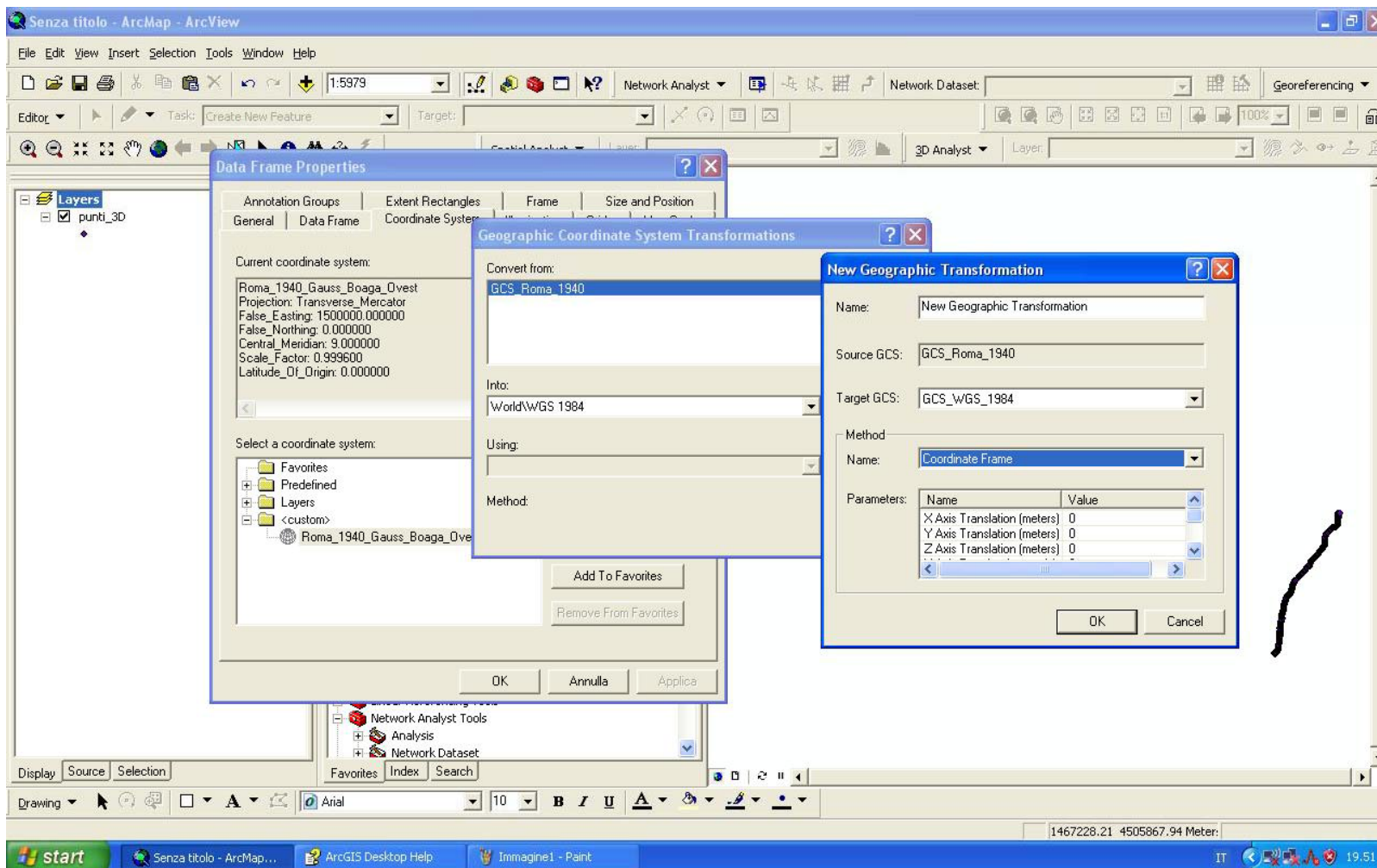


ARCGIS





ARCGIS





Traspunto

Interfaccia per l'applicativo TRASPUNTO

DATO INGRESSO

Sistema-Datum

Gauss Boaga - Roma 40

UTM - ED 50

UTM - WGS 84

Fuso

32 - OVEST 33 - EST

Coordinate

Piane Geografiche

DATO USCITA

Sistema-Datum

Gauss Boaga - Roma 40

UTM - ED 50

UTM - WGS 84

Fuso

32 - OVEST 33 - EST

Coordinate

Piane Geografiche

FORMATO DATI

Formato Coord. Geografiche

Gradi.PrimiSecondi

GradiPrimiSecondi

Gradi Primi Secondi

Gradi° Primi' Secondi"

Radianti

Ordine Coordinate

Piane

Nord - Est Est - Nord

Geografiche

fi - lambda lambda - fi

Informazioni sulla trasformazione usata

PUNTO

Coordinate Ingresso

Nord Est

COPIA INCOLLA

Coordinate Uscita

Nord Est

COPIA

PUNTO FILE ELENCO FILE DXF FILE SHP-SHX-DBF FILE BMP-BPW DTM ? TRASFORMA



Verto

Software ufficiale IGM

Conversione Sistemi

Dal Sistema
WGS84
Coordinate: Piane
Proiezione: UTM 32

Al Sistema
ROMA40
Coordinate: Geografiche
Proiezione: A quote geoidiche

Da quote ellissoidiche → A quote geoidiche

Trasforma le quote

Input/Output
Da tastiera | Da file

Scelta dei file
Tipo di file: MS-Excel | Ascii | Esempio file dati
File dei dati: C:\... \Documenti\Baccu Locci\DM006\DM006a_GB.xls
File dei risultati: C:\... \Documenti\Baccu Locci\DM006\DM006a+GIS_GB.xls

Zona di lavoro
c: [VAIO] | Documents and Settings | Giuseppina | Documents | grigliati | 443.gr1 | 466.gr1 | 482.gr1 | 531.gr1 | 538.gr1 | 539.gr1 | 540.gr1

Foglio al 50.000 : 538
fuso 32

437 km | 474 km
4 409 km | 4 376 km

Limiti approssimativi della zona in cui è possibile operare

Griglia ROMA40-ED50 2002 | Griglia ROMA40-WGS84 2002 | Griglia Geoida 1999 V.1

Esegui | Esci

IGM - Servizio Geodetico - Renzo Maseroli

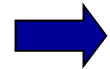


La cartografia numerica



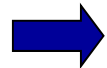
Funzioni dei prodotti cartografici numerica

- ➔ Fornire informazioni di tipo qualitativo
- ➔ Fornire informazioni di tipo metrico
- ➔ Costituire la base topografica per cartografie tematiche
- ➔ Costituire il telaio topografico dei GIS
- ➔ Fungere da supporto di base per la pianificazione, la progettazione e la gestione del territorio



La precisione

deve essere **uniforme** e **inferiore ad una tolleranza predefinita**



Il rapporto di scala 1:n

dove n è il numero di volte per cui risulta ridotta sulla carta la distanza topografica tra due punti. Il rapporto di scala determina il grado di dettaglio della carta, la sua precisione, l'equidistanza delle curve di livello (1/1000 della scala) e la tipologia dei segni convenzionali adottati.



Il contenuto metrico delle carte tradizionali

Nella cartografia tradizionale un parametro che individua il contenuto metrico e qualitativo di una carta è il fattore di scala. In particolare si deve parlare del cosiddetto

errore di graficismo ϵ

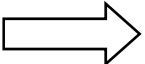
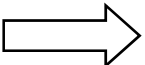
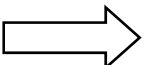
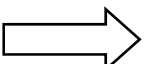
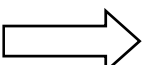
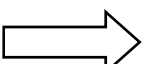
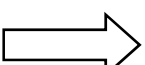
che è pari a ± 0.2 mm. Questo valore non è altro che la dimensione del tratto grafico (costante) in ogni carta.



Il contenuto metrico delle carte tradizionali



$$\varepsilon = \pm 0.2 \text{ mm}$$

100.000 x ε		$\pm 20 \text{ m}$
50.000 x ε		$\pm 10 \text{ m}$
10.000 x ε		$\pm 2 \text{ m}$
5.000 x ε		$\pm 1 \text{ m}$
2.000 x ε		$\pm 0.4 \text{ m}$
1.000 x ε		$\pm 0.2 \text{ m}$
500 x ε		$\pm 0.1 \text{ m}$

Il graficismo definisce quindi **la precisione** che ci dobbiamo aspettare da una cartografia e ne definisce il contenuto metrico



Il processo cartografico

Il processo cartografico consiste ne:

- **la scelta del sistema di riferimento** (approssimazione della superficie terrestre e del campo della gravità, scelta del sistema di coordinate)
- **la scelta della rappresentazione cartografica**, cioè delle equazioni matematiche che consentono di "proiettare" la superficie terrestre nel piano della carta o sullo schermo.
- **l'acquisizione del dato**: osservazioni dirette sul terreno o su immagini del terreno (fotogrammetria, topografia, telerilevamento); in questa fase devono essere archiviate informazioni sul posizionamento dei punti e sulla codifica degli oggetti archiviati.



L'output del processo cartografico

Generalmente l'output di un processo cartografico è una **carta** del territorio realizzato in un **sistema di coordinate piane**; i punti sono in corrispondenza biunivoca con quelli della superficie fisica del territorio rappresentato.

La **corrispondenza** tra superficie di riferimento e superficie di proiezione è stabilita quando è fissato il modo di calcolare, per ogni punto dell'ellissoide, la posizione corrispondente sul piano della rappresentazione. Essa è data quindi in base a precise relazioni di tipo geometrico e/o matematico, che definiscono le equazioni della carta.

La **superficie fisica** è approssimata con delle opportune superfici di riferimento (in generale ellissoide o sfera).



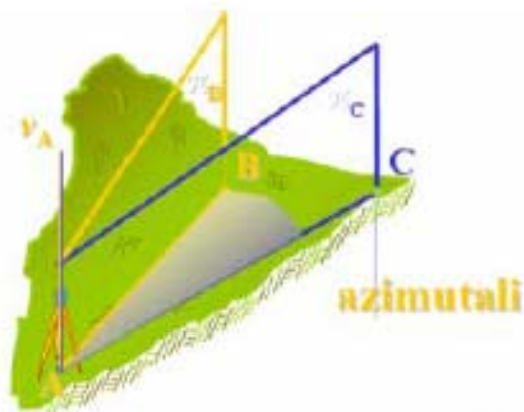
L'acquisizione del dato

- Topografia
- Fotogrammetria
- Telerilevamento
- Laser scanner

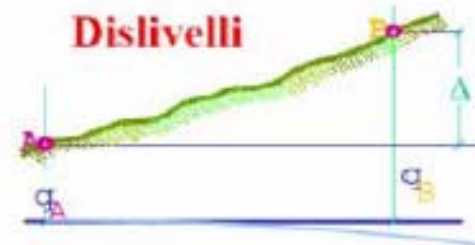
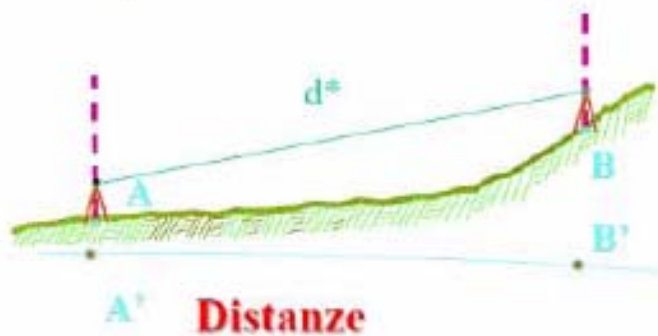
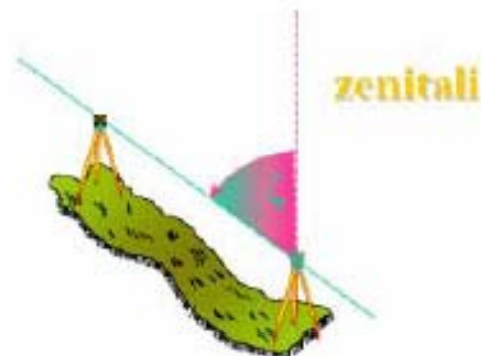


RILIEVO TOPOGRAFICO

Grandezze che si possono misurare in Topografia



Angoli

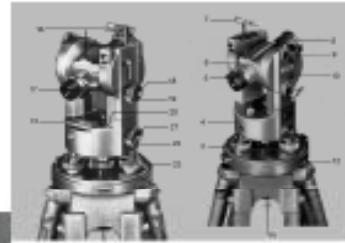




RILIEVO TOPOGRAFICO



Teodolite

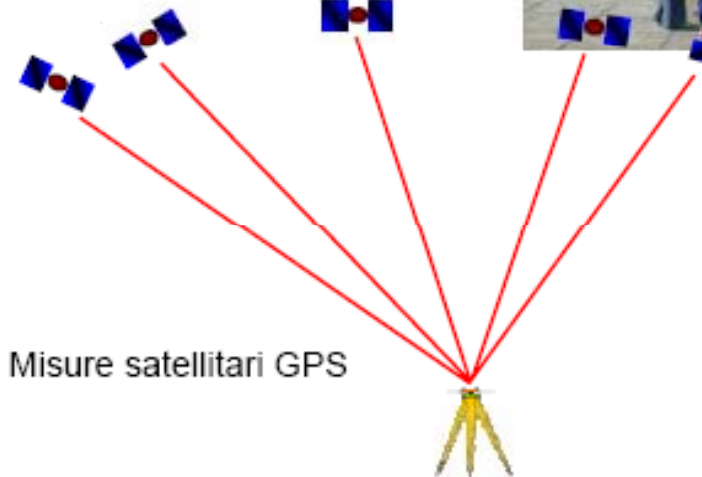
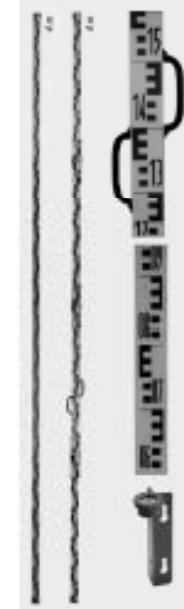


- 1. Vite di bloccaggio orizzontale
- 2. Vite di bloccaggio verticale
- 3. Vite di regolazione del livello
- 4. Vite di regolazione del reticolo
- 5. Vite di regolazione del cerchio
- 6. Vite di regolazione del cerchio
- 7. Vite di regolazione del cerchio
- 8. Vite di regolazione del cerchio
- 9. Vite di regolazione del cerchio
- 10. Vite di regolazione del cerchio
- 11. Vite di regolazione del cerchio
- 12. Vite di regolazione del cerchio
- 13. Vite di regolazione del cerchio
- 14. Vite di regolazione del cerchio
- 15. Vite di regolazione del cerchio
- 16. Vite di regolazione del cerchio
- 17. Vite di regolazione del cerchio
- 18. Vite di regolazione del cerchio
- 19. Vite di regolazione del cerchio
- 20. Vite di regolazione del cerchio



Stazione Totale

Stadia



Livello



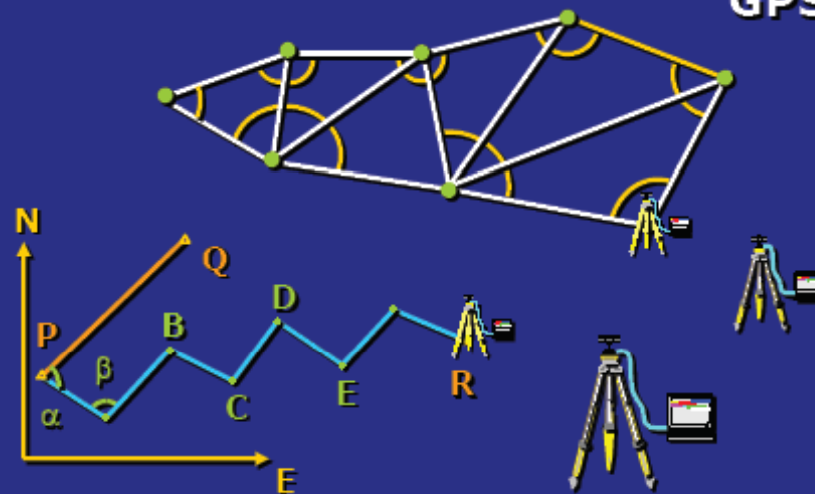
RILIEVO GPS

Il sistema GPS restituisce le coordinate dei punti nel sistema **ETRF2000**. Occorre pertanto una trasformazione a 7 parametri per passare da questo sistema al ROMA40 e quindi alle coordinate Gauss-Boaga.



Schemi analoghi

Tecnologia GPS

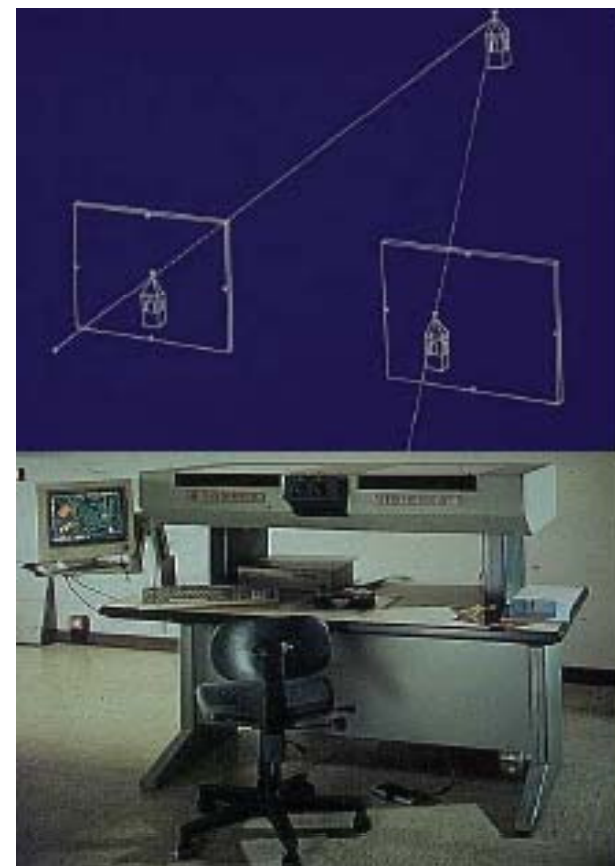




RILIEVO FOTOGRAMMETRICO

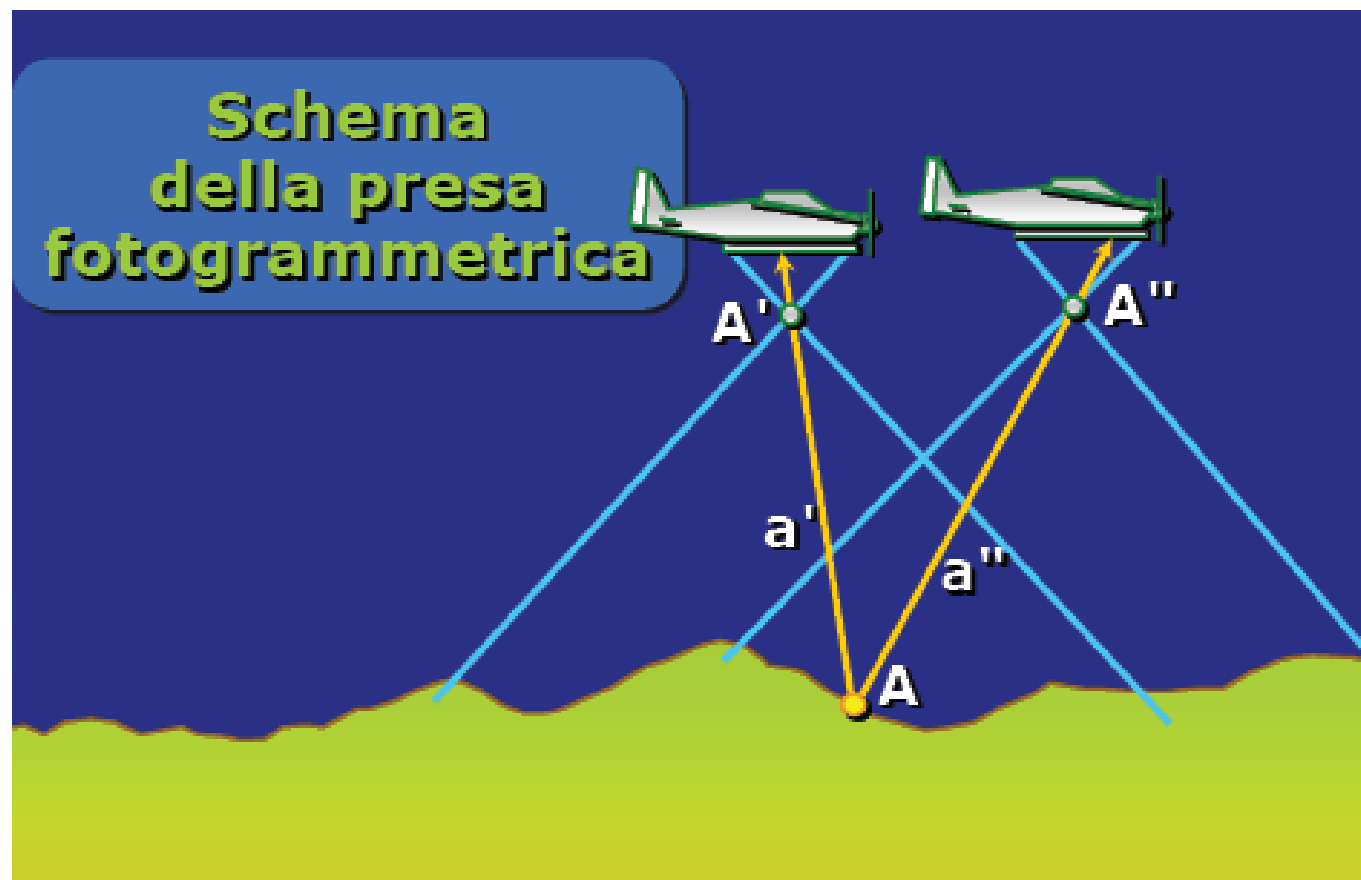
Il principio fotogrammetrico

Due fotografie di uno stesso oggetto, riprese secondo schemi opportuni, inserite in opportuni strumenti visualizzatori, consentono di ricostruire un modello tridimensionale, metrico, dell'oggetto.



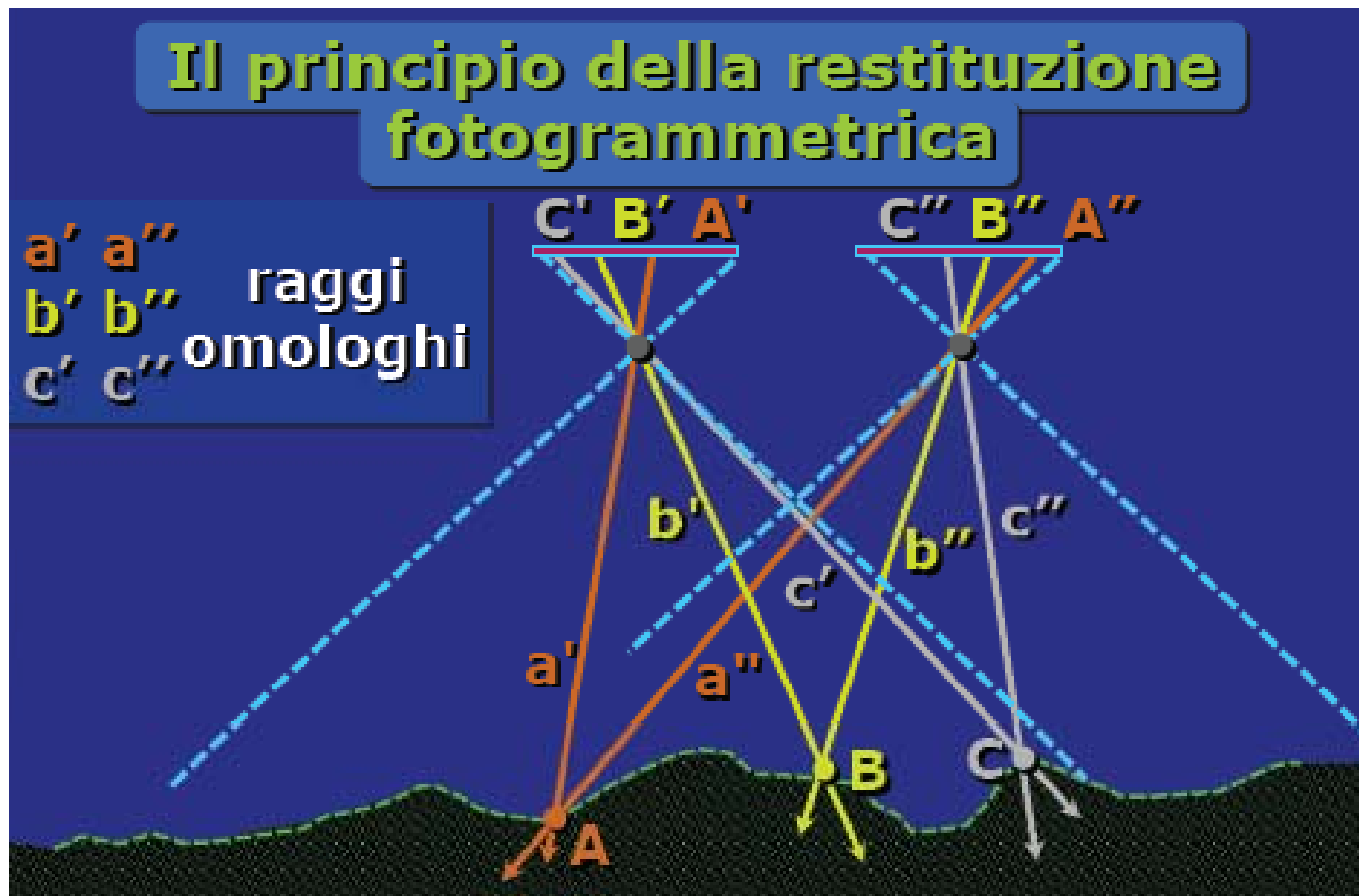


RILIEVO FOTOGRAMMETRICO





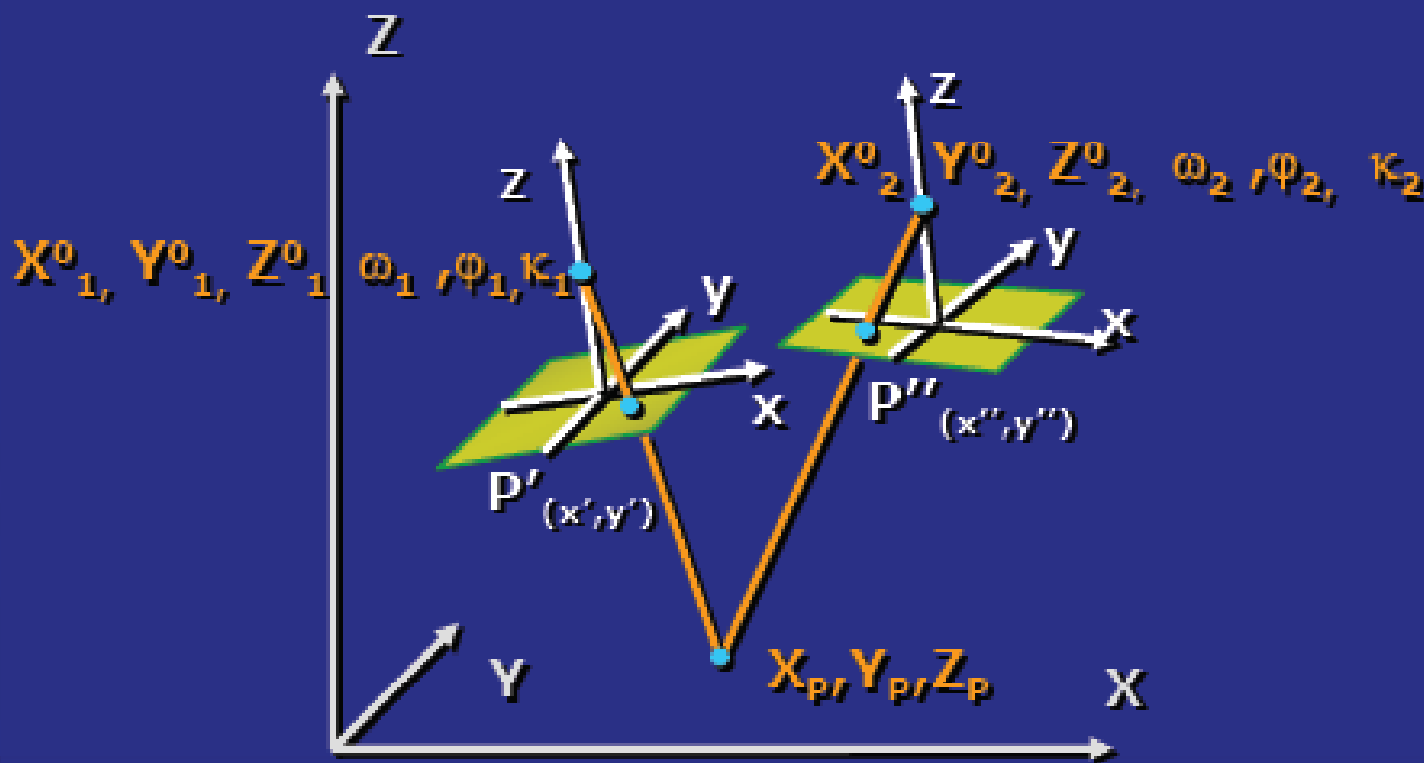
RILIEVO FOTOGRAMMETRICO





RILIEVO FOTOGRAMMETRICO

Il principio della restituzione nella fotogrammetria analitica





RILIEVO FOTOGRAMMETRICO



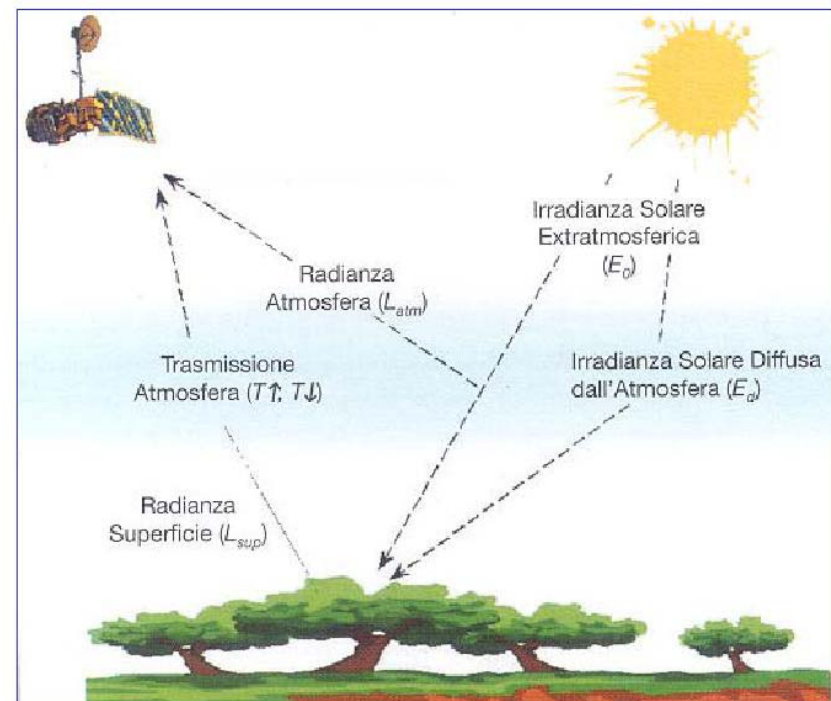
RILIEVO DA IMMAGINI SATELLITARI

Principio di funzionamento

rilevazione e registrazione della **energia elettromagnetica**

riflessa dalla superficie terrestre e dagli oggetti posti su di essa.

- **Tecnologia fotografica** dati di posizione
- **Tecnologia non fotografica** dati tematici
 - scanner multispettrali
 - radar





RILIEVO DA IMMAGINI SATELLITARI

Fasi di Processo del Telerilevamento





RILIEVO DA IMMAGINI SATELLITARI

Satelliti e sensori per telerilevamento

Sensore	Piattaforma	Bande spettrali ¹	N. bande ²	Risoluzione (m)	Dimens. immagine (km)	Data lancio	Obiettivo di osservazione	Origine
HRV-XS HRV-P	SPOT 1,2,3	Visibile, NIR Pancro./stereo	3 1	20 10	60	1986-	Terra	CNES
Thematic Mapper	Landsat 4,5	Visibile, NIR, MIR, infrarosso termico	6 1	30 120	180	1982-	Terra	NASA
MSS	Landsat 1,2,3,4,5	Visibile, NIR	4	80	180	1972-	Terra	NASA
AVHRR	NOAA (varie missioni)	Visibile, NIR, MIR, infrarosso termico	5	1100	2400	1982-	Atmosfera, oceani, terra	ESA
SAR	ERS-1 ERS-2	Microonde	C(1)	30	100	1991-1995	Oceani, terra	ESA
SAR	JERS-1	Microonde	L(1)	18	75	1992	Oceani, terra	Japan
ASAR	ENVISAT 1	Microonde	C(2)	da 13.5 a 30	da 55 a 400	1988	Coste, oceani, terra	ESA
VEGETATION	SPOT-4 SPOR-5	Dal visibile al medio infrarosso	5	1100	2200	1996 1999	Biosfera continentale	CNES
ETM	Landsat-7	Visibile, MIR, NIR Infrarosso termico Pancromatico	6 1 1	30 120 15	180	1998	Terra	NASA
SAR	RADARSAT	Microonde	C,X(5)	da 6 a 20	da 18 a 63	1995	Neve, ghiacci, terra, oceani	Canada
MOMS-2	Space shuttle	Visibile/stereo Dal visibile al NIR	3 4	4.5/13.5 13.5	78	1993	Terra in zone tropicali	Germania
SIR-A SIR-B SIR-C		Microonde	L(1) X,C,L (3)	40 30 30	50 da 20 a 50 da 15 a 65	1981 1984 1992 1993 1995	Terra, mare	NASA



RILIEVO DA IMMAGINI SATELLITARI

	EROS A1	IKONOS	QUICKBIRD	SPOT 5
Altitudine dell'Orbita	480 Km	681 Km	450 Km	832 km
Sensore pancromatico	Sì	Sì	Sì	Sì
Sensore multispettrale (bande)	(a)	Sì (3)	Sì (4)	Sì (4)
Ampiezza della traccia di osservazione	13,5 Km al nadir (b)	11 Km al nadir	16,5 Km al nadir	60 Km (120 Km per il sensore pan HRS)
Scanning	Asincrono	Sincrono	Sincrono	Sincrono
Dimensione Scena	169 Km ²	120 Km ²	272 Km ²	3600 Km ²
Risoluzione max del pancromatico	1 m al nadir	0,82 m al nadir	0,61 m al nadir	5 m
Risoluzione max del multispettrale	(a)	3,2 m al nadir	2,44 al nadir	10 m
Ampiezza della Dinamica	11 bit per pixel	8 o 11 bit per pixel	11 bit per pixel	8 bit per pixel
Massimo angolo a nadir	0° - 45°	0° - 26°	0° - 25°	0° - 31°
Medio angolo a nadir	0° - 15°	0° - 10°	0° - 15°	0° - 15°
Periodo di Rivisitazione	2,5 giorni da 0° a 30°	2,9 giorni a 1 m di risoluzione; 1,5 giorni a 4 m di risoluzione (i)	Da 2 a 5 giorni per acquisizioni 0° - 25°	<26 giorni secondo l'angolo di ripresa
Periodo di Rivisitazione a nadir	1-7 giorni	14 giorni	Dipendente dalla latitudine	26 giorni per ciascun satellite
Prezzo per nuove acquisizioni (pancromatico prodotto base)	10 US \$/Km ²	30 US \$/Km ²	22,5 US\$/km ² (m)	0,75 €/km ² (o)
Prezzo per immagini da archivio (pancromatico prodotto base)	5 US \$/Km ²	24 US \$/Km ² (l)	22,5 US\$/km ² (m)	(p)
Dimensione minima acquistabile (nuove acquisizioni)	1 scena di qualsiasi tipo	100 km ²	64 km ²	1/8 di scena (400 km ²)
Dimensione minima acquistabile (immagini d'archivio)	5 km ²	80 km ²	25 km ²	1/8 di scena (400 km ²)
Tempo minimo per richiesta acquisizione	24-48 ore	24-48 ore	24-48 ore	24-48 ore
Tempo minimo di risposta dall'ordine	3-5 gg. (c)	50 gg. (c)	90 giorni (n)	30 gg.
Tempi di consegna dall'acquisizione	Da 30 min. a 48 ore (d)	10 gg. (d)	10 gg.	10 gg.
Copertura nuvolosa	20 % (e)	20% (h)	20%	10%

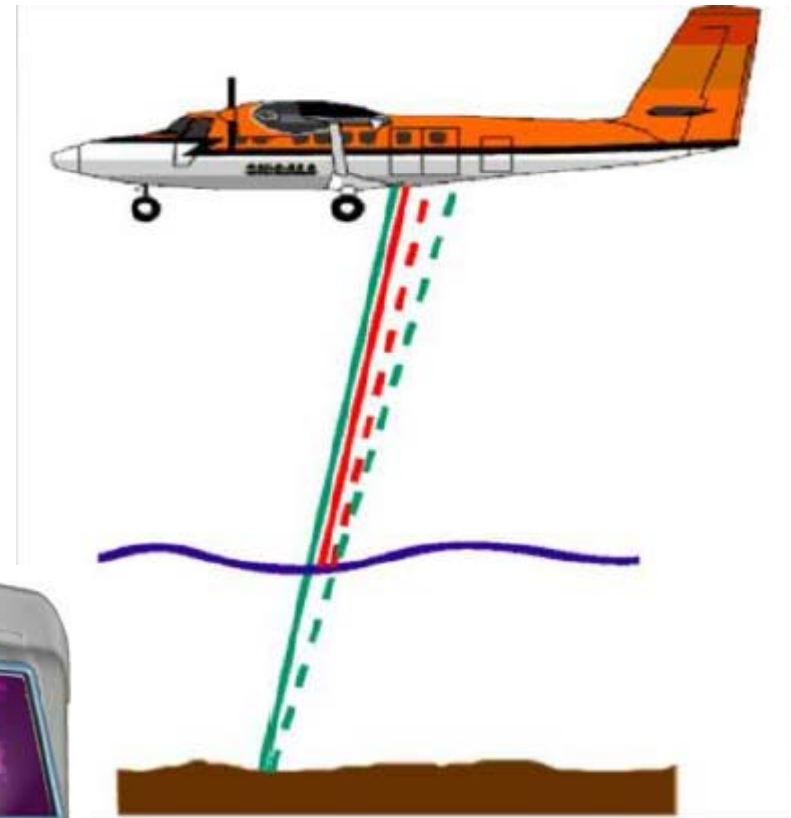


RILIEVO CON LASER SCANNER

Sono strumenti che sono in grado di acquisire le coordinate tridimensionali di punti (XYZ) di una superficie fisica in modo automatico con elevata densità e in tempo reale.

Si suddividono in :

- laser aviotrasportati
- laser terrestri





Il risultato del processo di misurazione è la posizione tridimensionale x,y,z , di un gran numero di punti (nuvola di punti) che descrive la superficie dell'oggetto osservato





I prodotti cartografici

La cartografia, che può essere **tradizionale** (tavole scale 1:25.000 o minori), la si trova in forma cartacea o in forma raster; oppure **numerica** (CTR o comunali) ovvero in formato vettoriale visualizzabile da software di tipo CAD, GIS.



Che cos'è la cartografia numerica

la cartografia numerica consiste in **un insieme di dati numerici e alfanumerici** memorizzati, con un'opportuna struttura informatica, su supporti elaborabili dal calcolatore elettronico; su tali dati possono essere eseguiti elaborazioni mediante programmi di calcolo e da essi possono essere ottenute visualizzazioni su computer.

E' un prodotto di tipo vettoriale



Quando si dice **memorizzare con un criterio opportuno** significa che bisogna adottare un metodo di memorizzazione che consenta all'utente di ricostruire l'oggetto rilevato attraverso le sue coordinate e di capire di che oggetto si tratta.

Esempio EDIFICIO

Occorre elencare le coordinate degli spigoli dell'edificio in modo che esse si susseguano come se si percorresse il perimetro dell'edificio uno spigolo dopo l'altro, ad esempio in senso orario;

E1, N1, q1 - E2, N2, q2 - E3, N3, q3 - E4, N4, q4 - E5, N5, q5

Ma la semplice lista delle coordinate non ci dice di che oggetto si tratta; quindi essa dovrà essere preceduta da un elemento di codifica che dichiari la natura dell'oggetto; la lista di dati alfanumerici che descrive l'edificio potrebbe dunque essere:

ED999 - E1, N1, q1 - E2, N2, q2 - E3, N3, q3 - E4, N4, q4 - E5, N5, q5

Questa sequenza di dati deve essere memorizzata in un file. Il formato poi dipenderà dal tipo di software che utilizziamo per acquisire la cartografia (dxf, dwg, gcd, shp ecc.)



Scala nominale di una cartografia numerica

Si intende il rapporto di scala che avrebbe una carta tradizionale di corrispondente precisione metrica e contenuto qualitativo della cartografia numerica in oggetto.

Una carta numerica in scala nominale 1:2000 ha la stessa precisione di una carta tradizionale in scala 1:2000

La scala nominale definisce quindi sia l'accuratezza metrica sia quella semantica



Accuratezza di una cartografia numerica

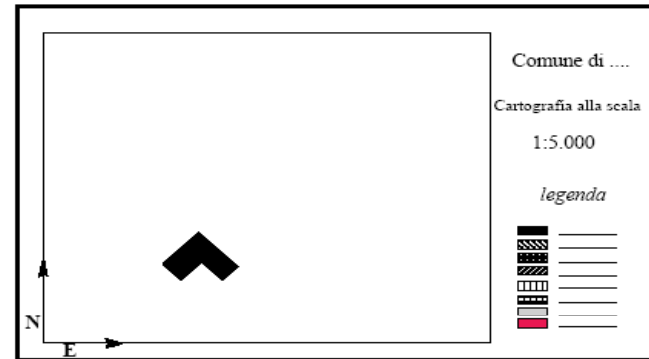
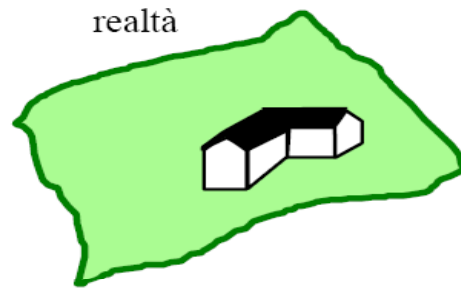
Dipende dall'errore di graficismo 0.2-0.4 mm alla scala della carta

es. scala 1:1000

$0.3 \times 1000 = 300$ mm **30 cm**

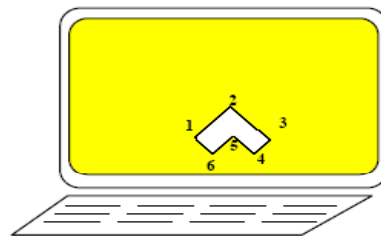
Per le quote si usa un'accuratezza leggermente inferiore.

Nei Capitolati Speciali d'Appalto (CSA) vengono riportate tutte le accuratezze e tolleranze per le diverse tipologie di punti.



cartografia tradizionale

cartografia numerica



CODICE, E1, N1, Q1,, E6, N6, Q6

Nella cartografia numerica la sequenze di dati composta dal codice e dalle coordinate prende il nome di **entità**. Si dice cioè che un oggetto reale viene tradotto nella cartografia numerica in un'entità.



Le primitive

- **PUNTI:** sono gli elementi a cui non è possibile associare alcuna dimensione planimetrica o a causa dell'essenza stessa dell'elemento (es. punto quotato) o a causa della scala nominale della carta che non consente una rappresentazione planimetrica dell'elemento stesso (palo illuminazione alla scala 1:2000). In questo ultimo caso ad essi verranno successivamente associati opportuni simboli grafici.
- **POLILINEE:** Sono gli elementi che, in funzione della scala nominale della carta, hanno uno sviluppo lineare: curve di livello, elettrodotti ecc..
- **AREE:** Sono gli elementi che hanno un effettivo ingombro planimetrico ad una certa scala nominale



Sistemi di codifica

codifica	definizione	rappresentazione grafica
03*****	EDIFICI E COSTRUZIONI	
0305****	<i>costruzioni speciali</i>	
030505**	areoporti	
03050501	perimetro di aeroporto	
03050502	edifici aeroportuali	
03050503	piste di decollo	
03050504	assi delle piste di decollo	

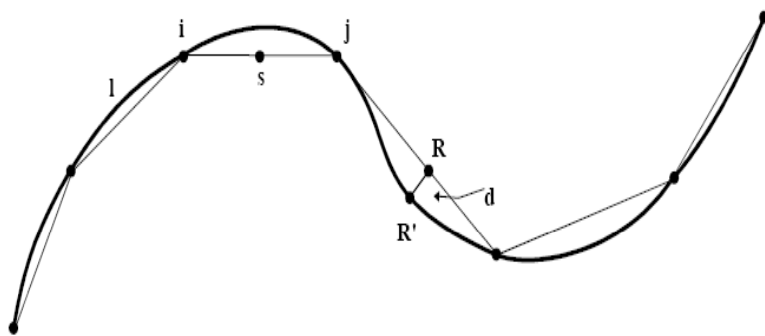
Stabilire l'elenco degli oggetti che si vogliono differenziare nell'ambito della cartografia.

I codici possono essere di tipo alfanumerico con lunghezza fissa o variabile (in genere 8 caratteri).

Articolazione ad albero.

La discretizzazione delle linee curve

Nella cartografia numerica il concetto di linea curva non esiste e viene sostituito da quello di spezzata. Questo fatto implica che la spezzata, che rappresenta una linea che nella realtà è curva, deve avere un sufficiente numero di vertici, opportunamente scelti, in modo che, se si riporta sul terreno il tracciato S della spezzata, la distanza d tra un suo generico punto R e il corrispondente punto R' della linea curva l che essa rappresenta sulla cartografia sia sempre inferiore alla accuratezza planimetrica.





Congruenze geometriche

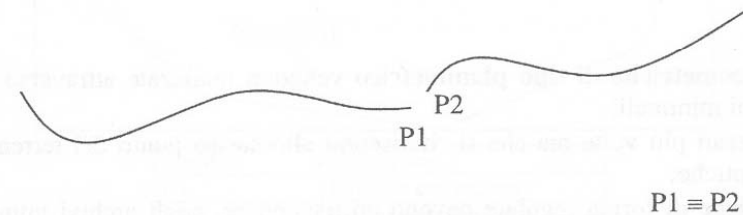
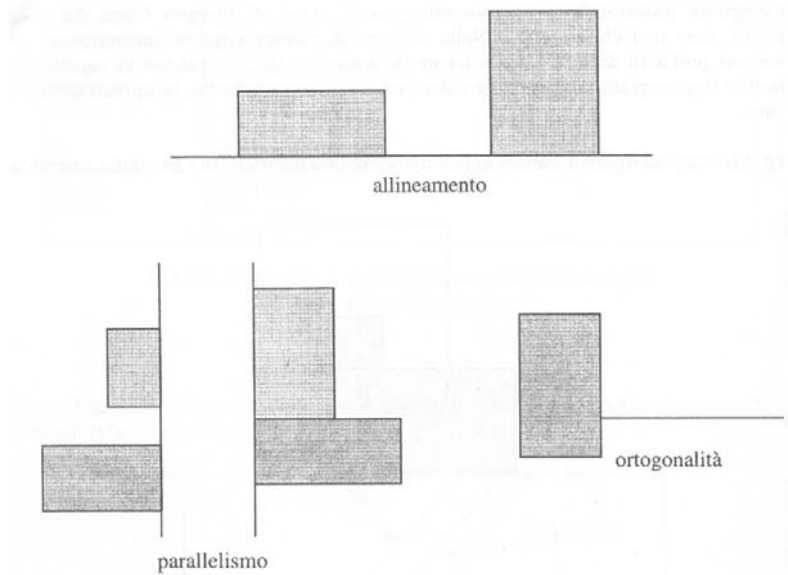
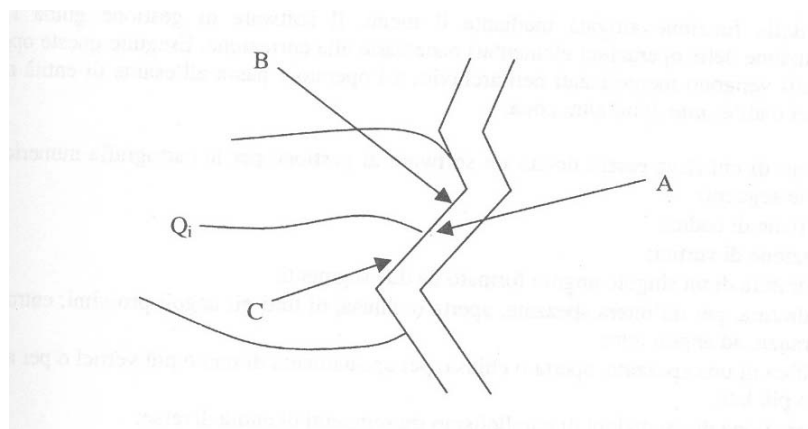
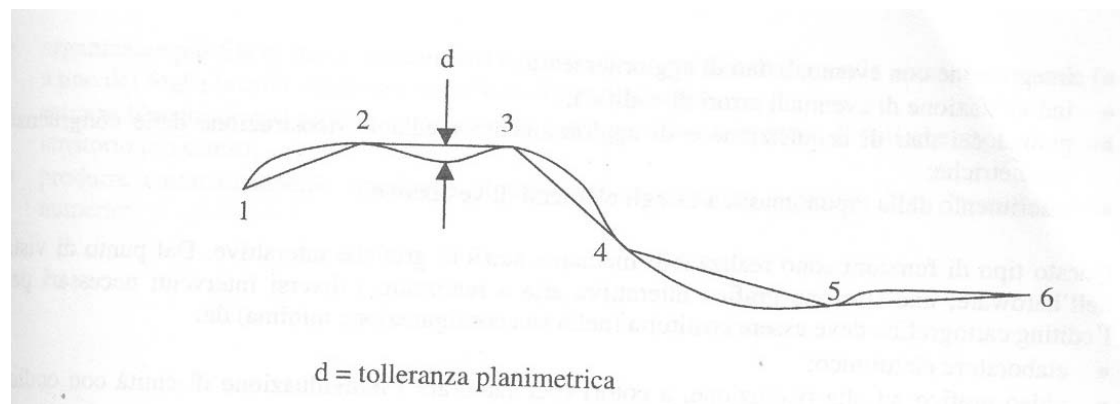


Fig. 7.8 Caratteristiche di continuità

Congruenze planimetriche

Congruenze geometriche



Congruenze altimetriche:

- per punti coincidenti
- per interpolazione, la quota del punto A desunta dalla curva di livello e dall'interpolazione tra le quote B e C devono coincidere



PRODOTTI FOTOGRAMMETRICI

Modelli digitali del terreno

(DTM-DSM)

Ortofoto



Modelli digitali del terreno (DTM-DSM)

DSM – Digital surface model è il modello digitale di una superficie, ovvero una “rappresentazione numerica e tridimensionale di una qualsiasi porzione della superficie stessa”.

Per DTM si intende invece il **modello digitale del terreno** ovvero la rappresentazione digitale della superficie terrestre.



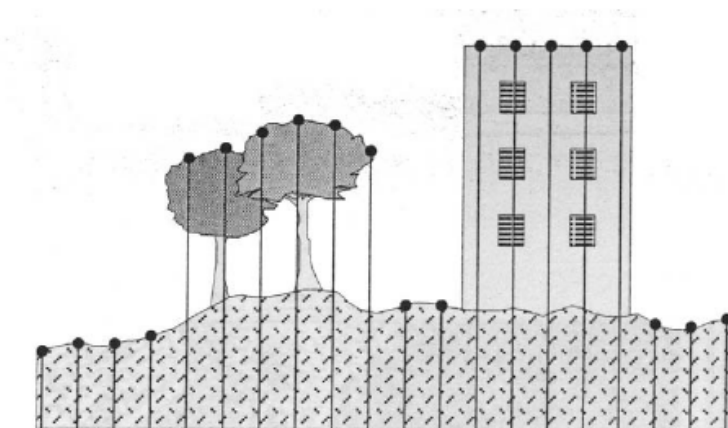
Modelli digitali del terreno (DTM-DSM)

Il modello digitale del terreno può essere definito anche come “un insieme di dati che permette il calcolo per interpolazione della quota di un punto arbitrario con precisione assegnata”.

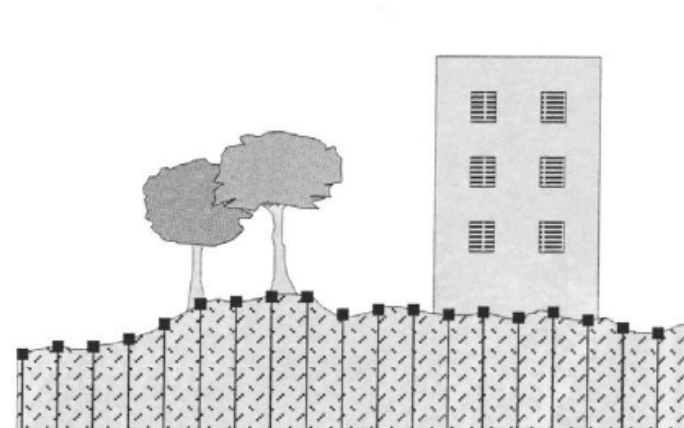


Modelli digitali del terreno (DTM-DSM)

DSM



DTM





Modelli digitali del terreno (DTM-DSM)

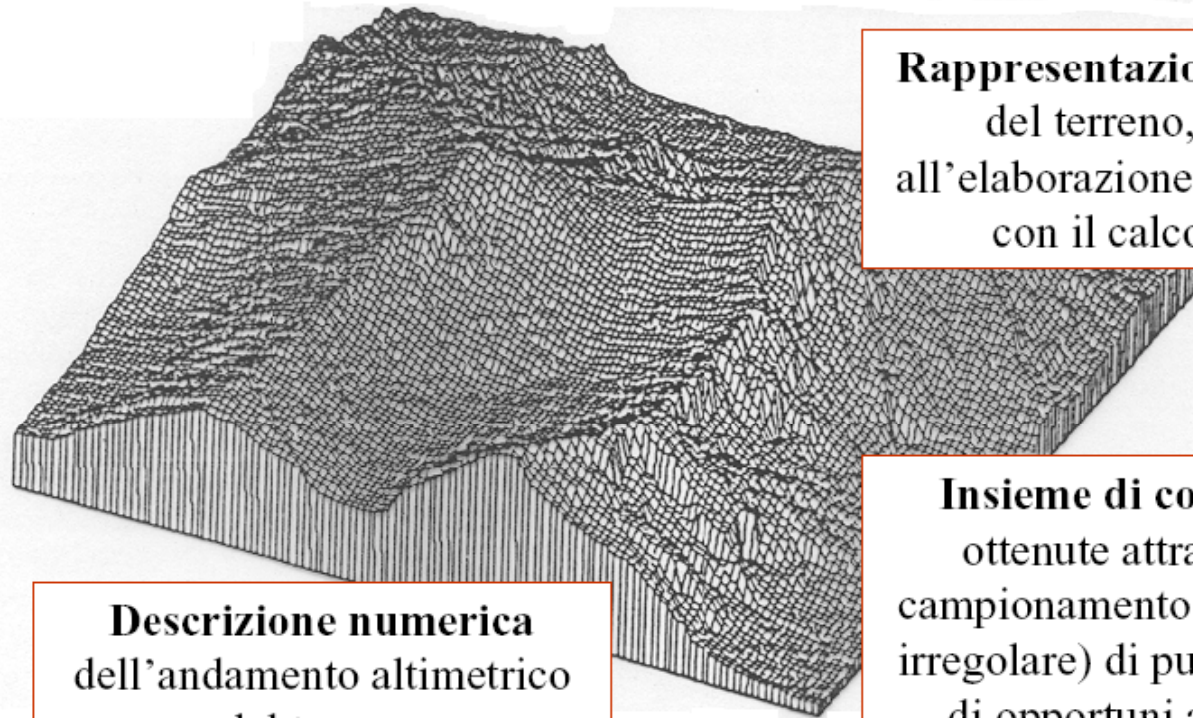
Dati

I dati necessari per produrre un modello digitale del terreno sono in genere costituiti da:

- un numero, anche molto elevato, di punti di coordinate x,y,z note in un dato sistema di riferimento
- da linee caratteristiche del terreno che uniscono i punti caratterizzati da brusche variazioni di quota o di pendenza (breaklines)
- da linee di “struttura” (creste, impluvi)
- da delimitazioni dell’area rappresentata e di aree interne non incluse nel modello (specchi d’acqua)



Modelli Digitali del Terreno (DTM)



Rappresentazione digitale
del terreno, adatta
all'elaborazione automatica
con il calcolatore

Descrizione numerica
dell'andamento altimetrico
del terreno

Insieme di coordinate
ottenute attraverso il
campionamento (regolare o
irregolare) di punti da parte
di opportuni algoritmi



Costruzione di un DTM

- Acquisizione dati (e riduzione ad un unico sistema di riferimento)
- Definizione del modello di DTM (e algoritmi di interpolazione)
- Presentazione dei dati elaborati in funzione dei prodotti voluti

- Modello a griglia regolare
- Modello TIN (Triangulated Irregular Network)



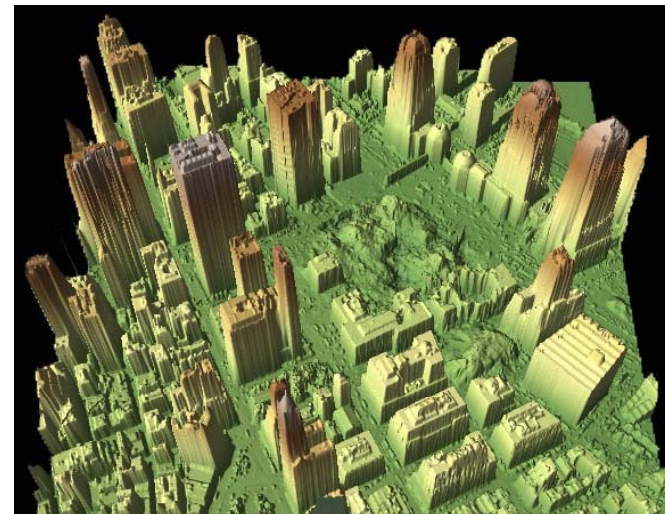
Acquisizione dati per DTM

	Metodologia	Strumentazione impiegata	Quantità misurabile di dati	Automazione Del metodo	Accuratezza del metodo
Misura della Cartografia	Scansione	Scanner	Elevata	Buona (in modalità semiautomatica)	Media (in funzione di qualità/scala della carta e solo se in modalità semiautomatica)
	Digitalizzazione	Tavolo digitalizzatore	Elevata	Scarsa	Media (in funzione di qualità/scala della carta)
Rilievo Topografico	Topografia Classica	Stazione totale	Media	Nulla	Elevata
	Geodesia Spaziale	GPS	Media	Nulla	Elevata
Rilievo Fotogrammetrico	Approccio Analitico	Stereocomp. analitico	Elevata	Scarsa	Buona/elevata
	Approccio Digitale	Stazione digitale	Molto elevata	Ottima	Buona/elevata
Telerilevamento	Ripresa Spaziale	Elaborazione digitale delle immagini	Elevata	Ottima	Media

LASER A SCANSIONE

LiDAR (Light Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento “attivo” per l’esecuzione di rilievi topografici di alta risoluzione e di elevata accuratezza.

Il rilievo viene effettuato con un mezzo aereo sul quale è installato un laser scanner composto da un trasmettitore (essenzialmente un laser), di un ricevitore (costituito da un telescopio) e di un sistema di acquisizione dati. La peculiarità del sistema è l’altissima velocità di acquisizione dei dati abbinata ad

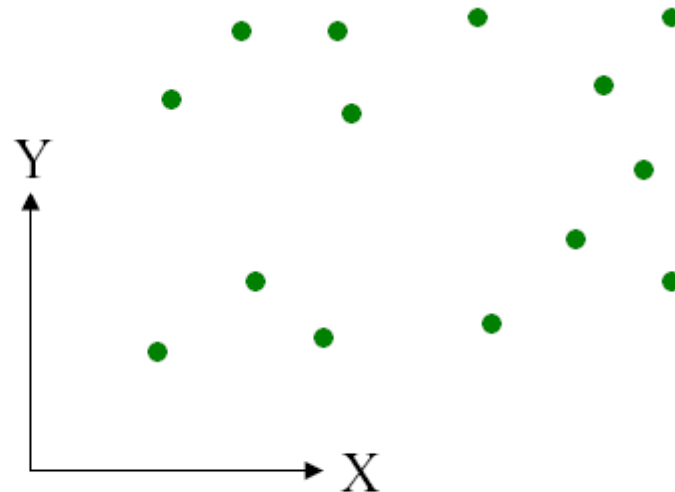




Calcolo del DTM

DTM a griglia regolare (a matrice)

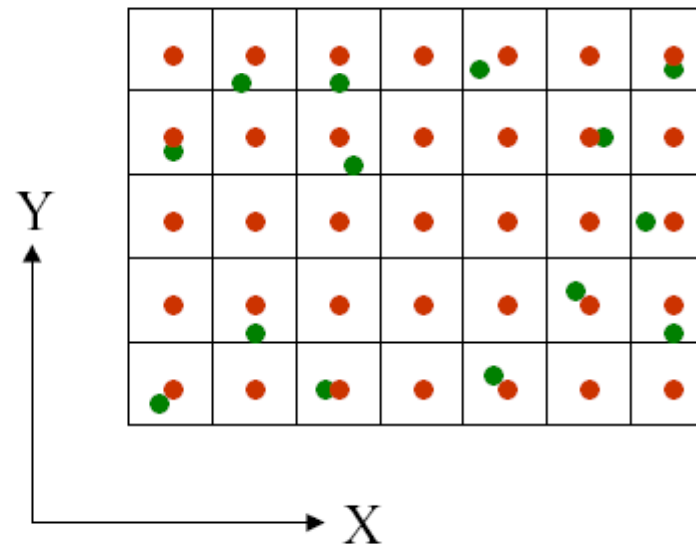
- I dati (quote terreno) sono acquisiti in modo irregolare



DTM a griglia regolare (a matrice)

● I dati (quote terreno) sono acquisiti in modo irregolare

● I valori delle quote del terreno vanno determinati secondo una griglia regolare: ciò è possibile grazie ad **algoritmi di interpolazione**



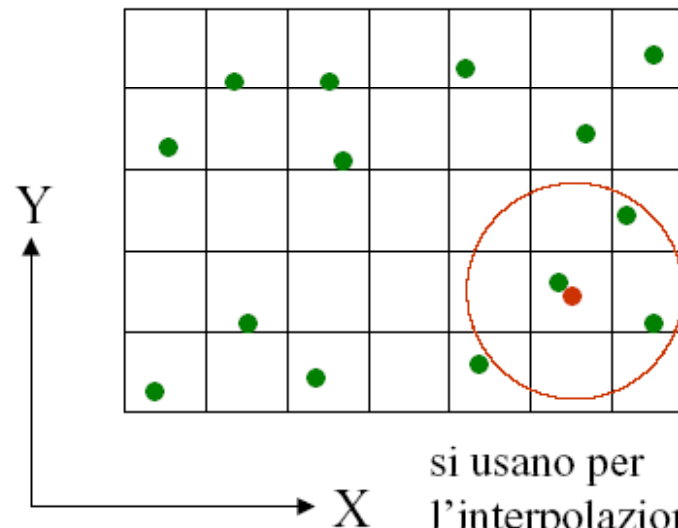
DTM a griglia regolare (a matrice)

Media pesata delle quote dei punti prossimi a quello incognito.

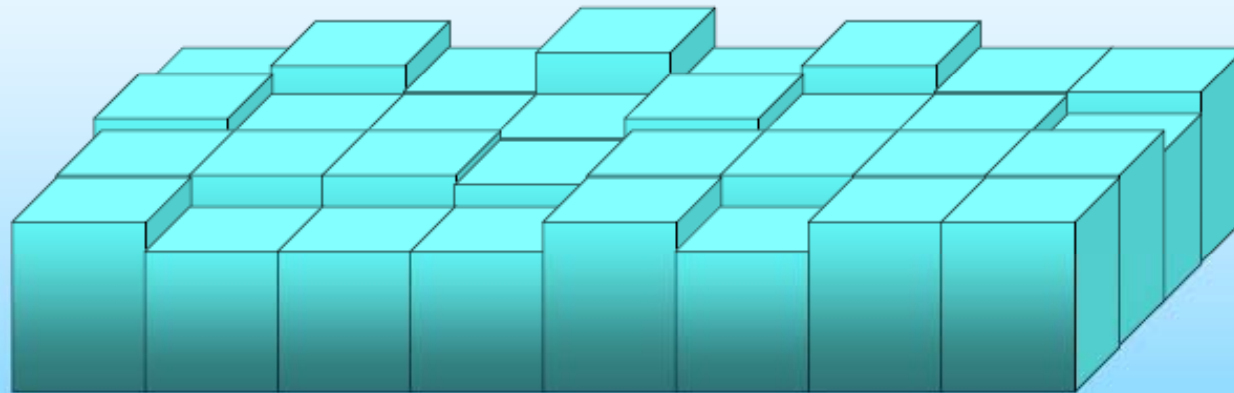
Peso pari all'**inverso della distanza** dal punto di quota incognita:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{d_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i} \right)}$$

Interpolazione



si usano per l'interpolazione solo i dati entro un raggio massimo fissato



Maglia regolare di punti con passo
determinato
aventi *3 coordinate* (x,y,z)



DTM a griglia regolare Vantaggi

- L'organizzazione dei dati è molto semplice, basta fissare:
 - **origine** (coordinate tipo X, Y)
 - **passo della griglia** (solitamente $\Delta X = \Delta Y$)e registrare la quota dei punti posizionati al centro delle celle della griglia
- Le elaborazioni del modello sono piuttosto facili
- E' facile eseguire confronti fra diversi DTM



DTM a griglia regolare Svantaggi

- Gli algoritmi di interpolazione presentano comportamenti “anomali” in corrispondenza dei bordi della griglia
- Occorre fare attenzione alla ricerca del passo ottimale della griglia
- Nel caso di terreno uniforme i dati possono rivelarsi ridondanti (“oversampling”) e viceversa



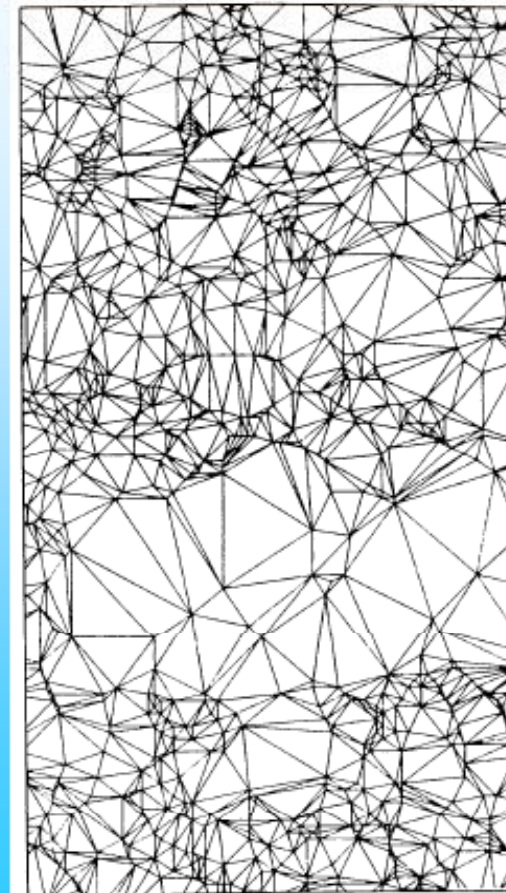
Soluzione: griglia a passo variabile
(campionamento progressivo)
il passo della griglia varia a seconda della **variabilità locale** del terreno

Per ogni punto del modello si registrano le coordinate X, Y, h



Modello Vettoriale

- *Triangulated Irregular Network (TIN)*: set punti distribuiti irregolarmente connessi a forma di un set di triangoli
o meglio,
suddivisione in triangoli irregolari i cui vertici rappresentano punti di caratteristiche note





Costruzione di un TIN

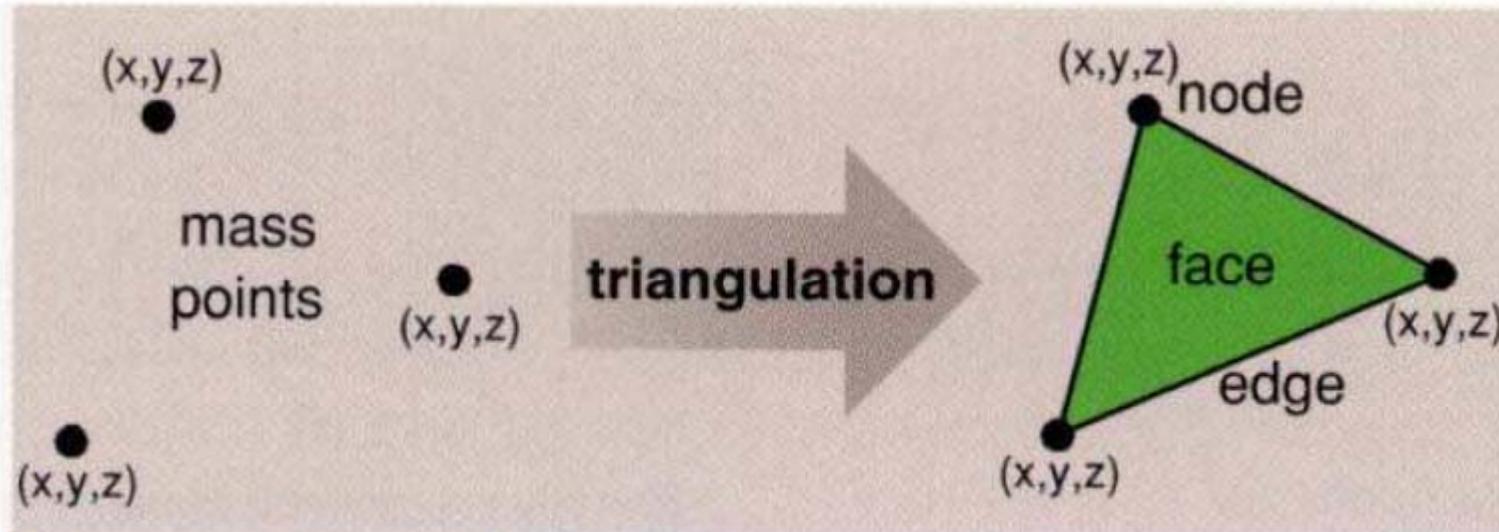
- Si **codifica** ogni vertice di triangolo
- Se ne **registra la posizione** in planimetria (X, Y) e quota (h)
- I punti che fanno parte di un TIN sono:
 - **punti originariamente rilevati**,
 - altri **punti significativi** del terreno, scelti da una preesistente rappresentazione (es. grigliato regolare)

Vantaggi

- L'insieme delle osservazioni originali fa parte dei dati
- La densità dei punti corrisponde ai dati originariamente osservati

Svantaggi

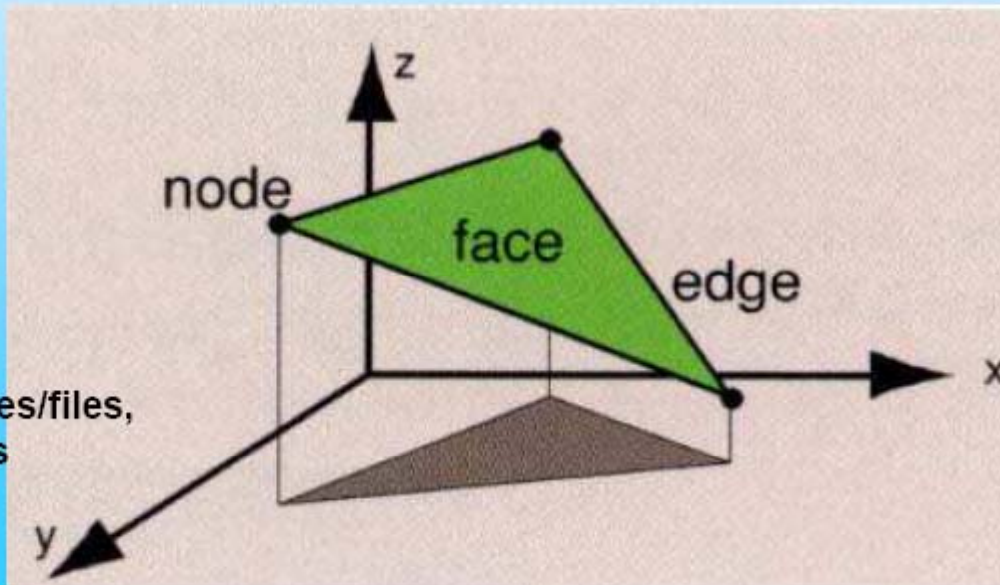
- Struttura dati non semplice
- Complessità degli algoritmi di triangolazione

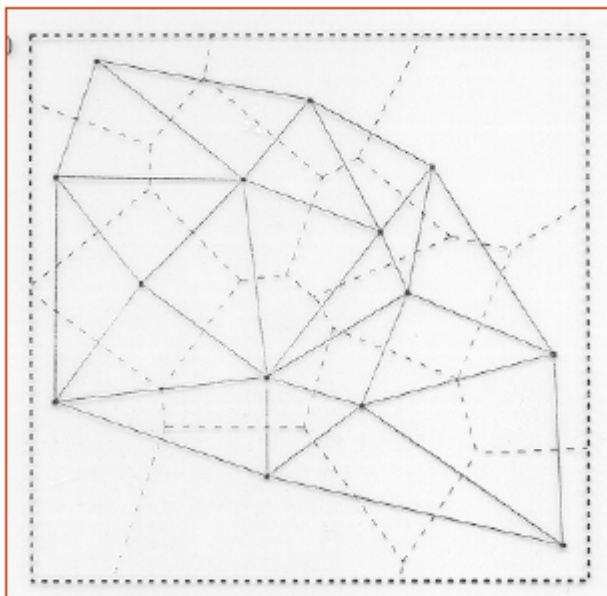


Creating TINs

Sources:

photogrammetry,
survey data,
digitized contours,
rasters with z-values,
pointsets in other databases/files,
& operations on other TINs





Triangolazione di Delauney
si ottiene unendo i punti
interni dei poligoni adiacenti

Creazione di una rete irregolare di triangoli

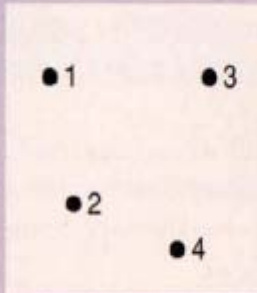
- La triangolazione di Delauney è **unica**, indipendentemente dal punto di partenza
- I triangoli che ne risultano hanno la caratteristica di essere il più possibile **equiangoli**
- Una circonferenza passante per i tre vertici di un triangolo non contiene nessun altro vertice della triangolazione



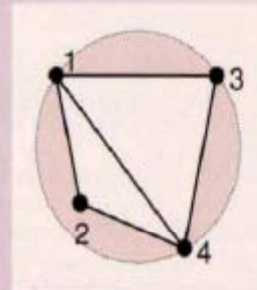
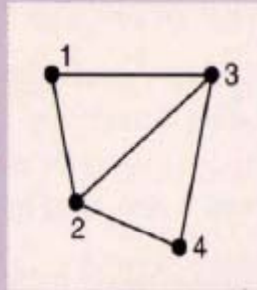
Topology and triangulation

The Delaunay Triangulation

A Delaunay triangulation uses an algorithm to optimize the surface representation.

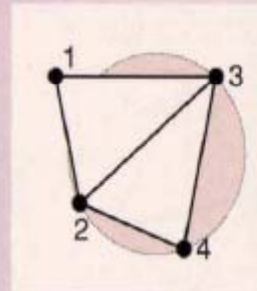
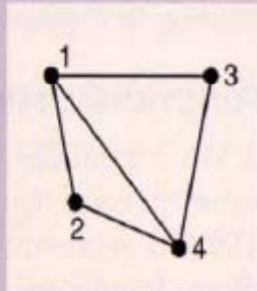


From a simple case of four mass points, two triangulations are possible. Which is the valid TIN?



This triangulation fails the Delaunay test because the circle bounding nodes 1, 3, and 4 includes node 2.

The definition of the Delaunay triangulation specifies that any circle around three nodes in a triangle will not include any other node.

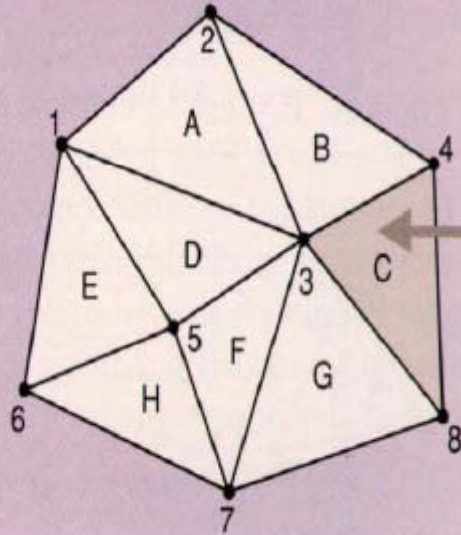


This triangulation satisfies the Delaunay test because a circle around each triangle contains no other nodes. This is the valid triangulation.



Topology in a TIN

A TIN is a topological data structure that manages information about the nodes that comprise each triangle and the neighbors to each triangle.

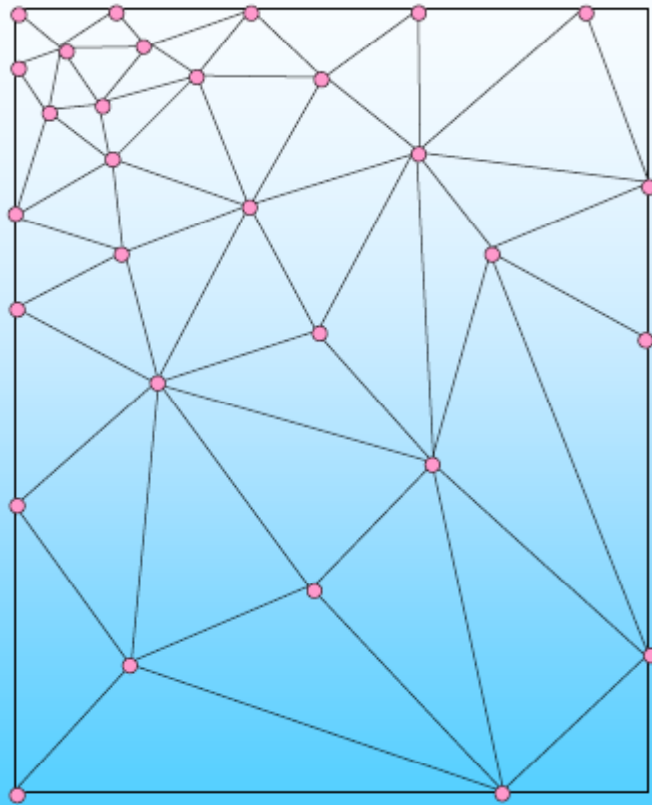


Triangle	Node list	Neighbors
A	1, 2, 3	-, B, D
B	2, 4, 3	-, C, A
C	4, 8, 3	-, G, B
D	1, 3, 5	A, F, E
E	1, 5, 6	D, H, -
F	3, 7, 5	G, H, D
G	3, 8, 7	C, -, F
H	5, 7, 6	F, -, E

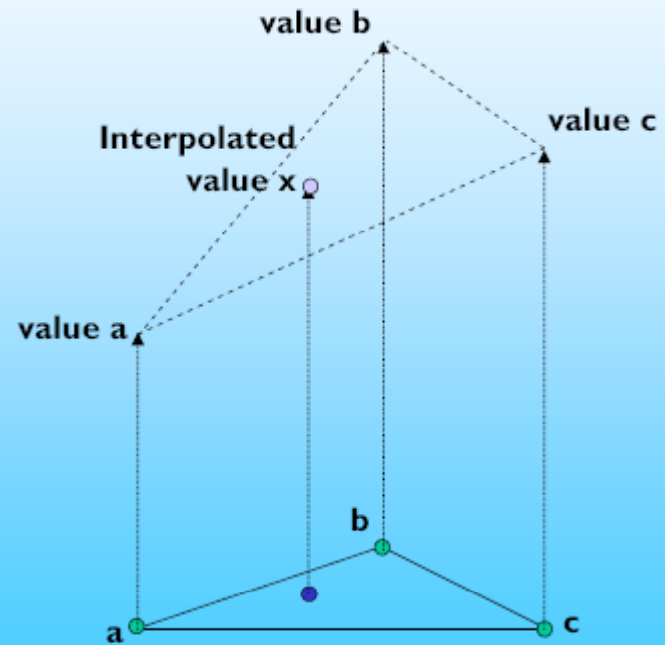
Triangles always have three nodes and usually have three neighboring triangles. Triangles on the periphery of the TIN can have one or two neighbors.



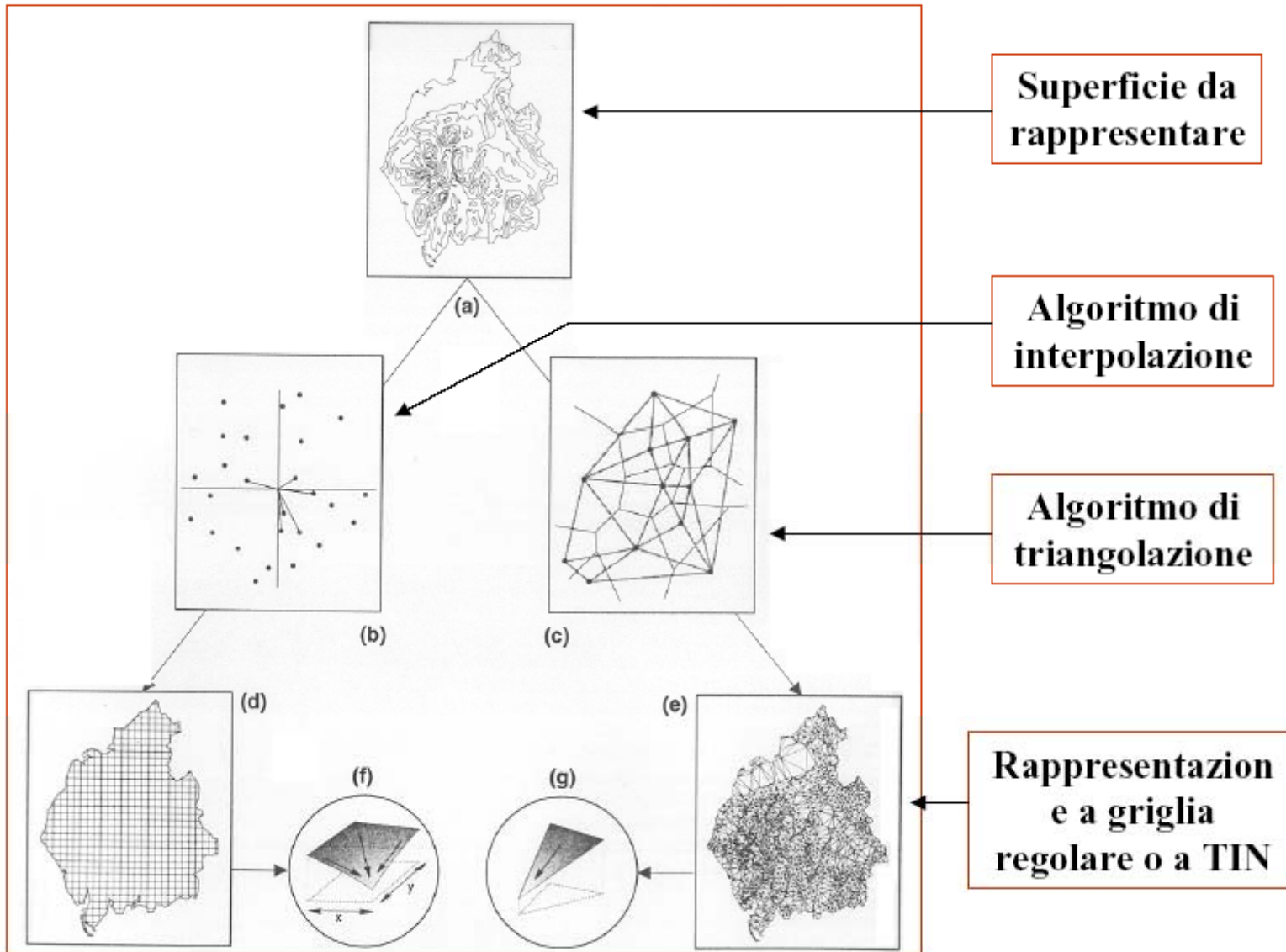
TIN construction



Plan view



Isometric view





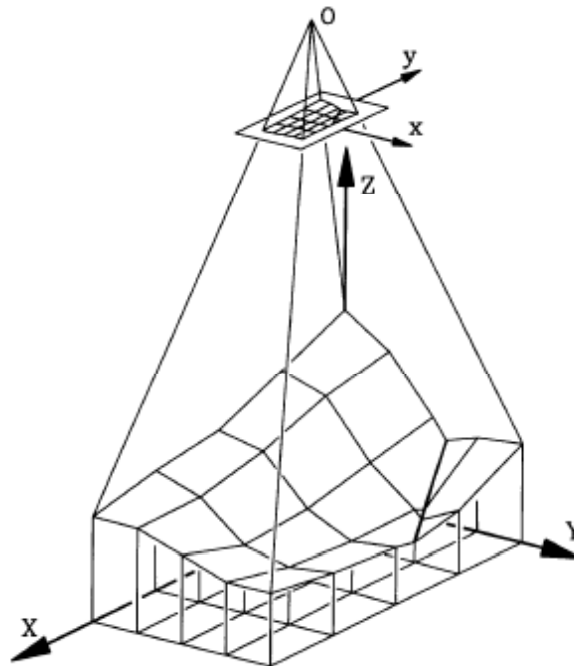
ORTOFOTOPROIEZIONE



L'ortofotoproiezione si utilizza per ortorettificare immagini di oggetti che non possono essere considerati piani.

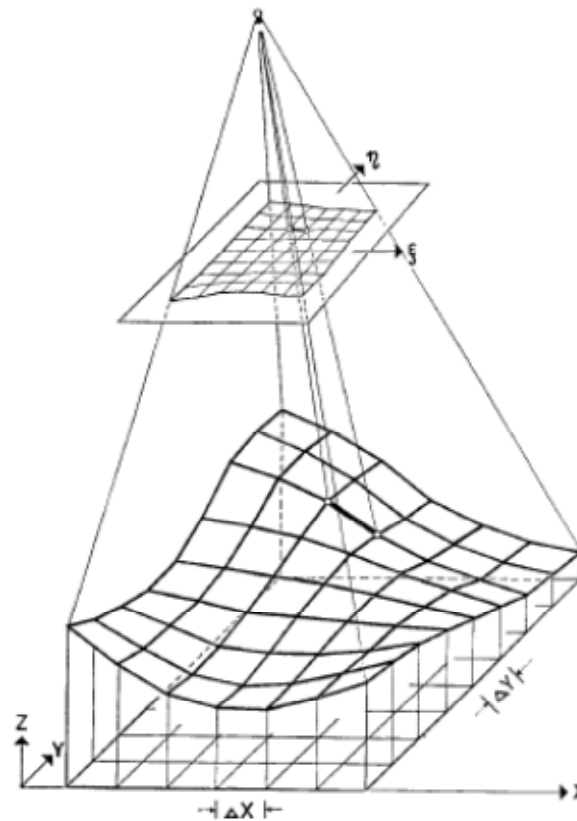
Si procede con un raddrizzamento applicato a piccole porzioni dell'immagine che possono essere, a loro volta, considerate piane.

Su ognuna di queste porzioni si esegue un raddrizzamento differenziale e le immagini risultanti vengono mosaicate in un'unica immagine che viene a coincidere con la proiezione ortogonale dell'oggetto ripreso





Le deformazioni presenti in un fotogramma possono essere descritte utilizzando un grigliato di punti discreti noti in X,Y,Z.



$$n\Delta s / \Delta q = s / c$$

$$\Delta s = s \Delta q / H$$

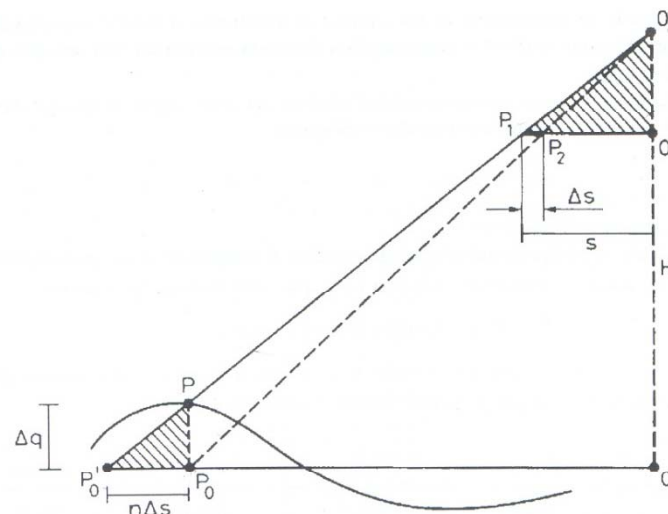


Fig. 4.1 – Scostamenti altimetrici accettabili ai fini del raddrizzamento globale di un intero fotogramma.

È quindi conveniente usare per il raddrizzamento camere a piccolo campo (per es. con focale da 30 cm) oppure utilizzare solo la parte centrale di fotogrammi presi con camere grandangolari. I valori di Δs al bordo dei fotogrammi per due focali (150 e 350 mm) e per alcune quote di volo sono contenuti in tabella 4.1.

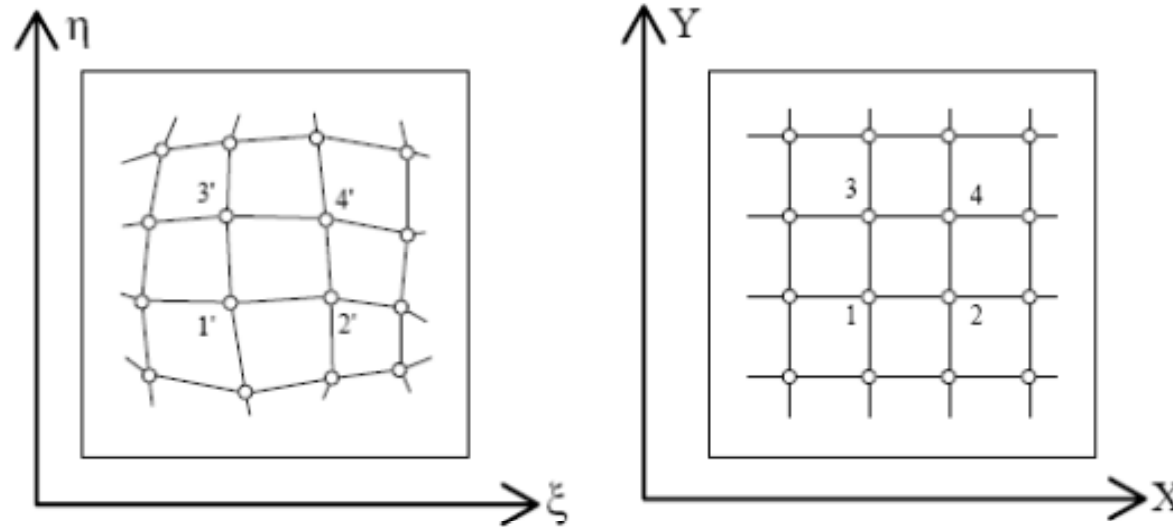
Tab. 4.1

Δs (mm)	s (m)	Δq (m)	H (m)	c (m)	n
1,1	0,105	12	1200	0,150	8000
1,1	0,105	25	2300	0,150	15333
1,1	0,105	35	3500	0,150	23333
1,1	0,105	25	2400	0,305	7870
1,1	0,105	50	4600	0,305	15080
1,1	0,105	70	7000	0,305	22950

Nella rappresentazione cartografica (“proiezione ortogonale”) un grigliato XY a maglia quadrata costituisce l’immagine non distorta della superficie del terreno.

La prospettiva centrale di un grigliato di punti regolare produce un grigliato irregolare e deformato.

La proiezione ortogonale di un grigliato di punti regolare produce un grigliato regolare.





Lo scopo dell'ortoproiezione è quello di ottenere una riproduzione planimetrica a scala costante.

Per l'esecuzione delle operazioni di ortoproiezione è necessario

- la conoscenza dell'andamento altimetrico della superficie dell'oggetto che consente di mantenere costante la scala delle singole porzioni di immagini.
- determinare i parametri di orientamento esterno del fotogramma attraverso le operazioni di orientamento assoluto.



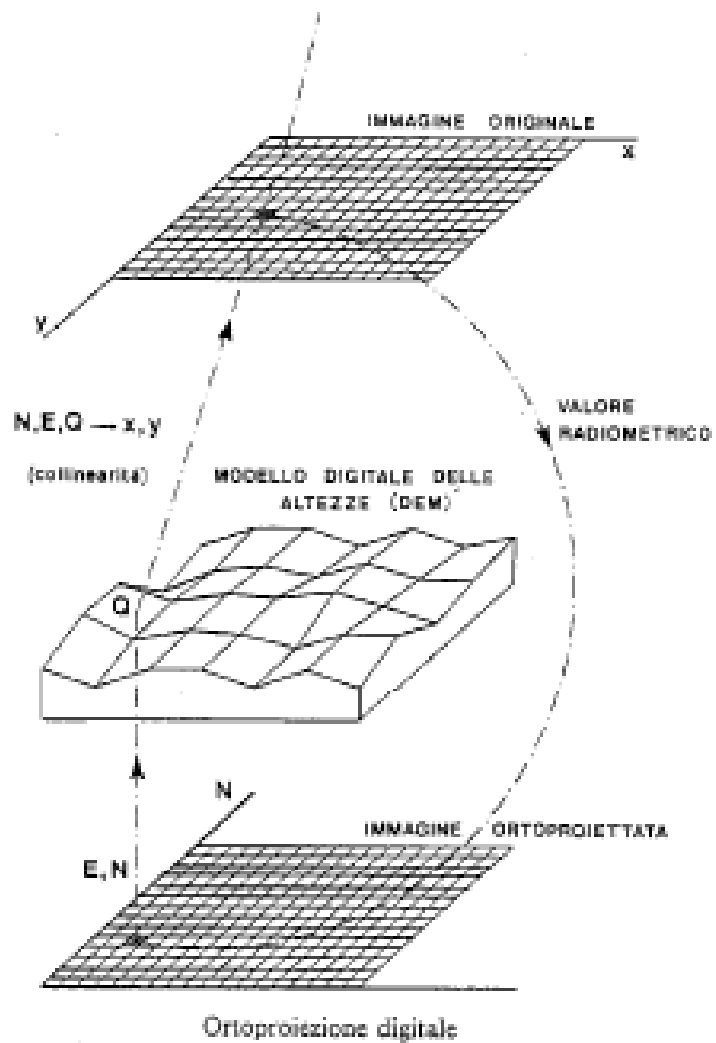
Ortoproiezione digitale

Per generare un'ortofoto digitale è necessario considerare l'immagine originaria e proiettare ciascun pixel tramite le equazioni di collinearità sul DTM della zona.

Si procede secondo il seguente schema operativo:

- si scompone l'area dell'ortoproiezione in pixel di dimensioni opportune;
- determinate le coordinate terreno X , Y del baricentro del primo pixel si determina la quota Z a esso associata mediante un'interpolazione sul DTM;
- le coordinate X , Y , Z vengono prospettivizzate utilizzando le equazioni di collinearità e quindi si determinano i numeri di riga e colonna corrispondenti sull'immagine originale;
- il valore radiometrico del pixel individuato sull'immagine originale viene attribuito al pixel considerato sull'immagine ortoproiettata.

Ripetendo tale ciclo per ogni pixel dell'immagine finale si ottiene il risultato voluto.





La precisione dell'ortofoto digitale dipende da diversi fattori:

- precisione dell'orientamento esterno dei fotogrammi;
- caratteristiche del DTM utilizzato
- qualità dell'immagine originaria (radiometria)

Gli errori di posizione dei punti sull'ortofoto dipendono, per fotogrammi quasi nadirali come quelli aerei, dalla distanza rispetto al centro del fotogramma \Rightarrow gli errori più consistenti si verificano nelle zone corrispondenti al bordo del fotogramma



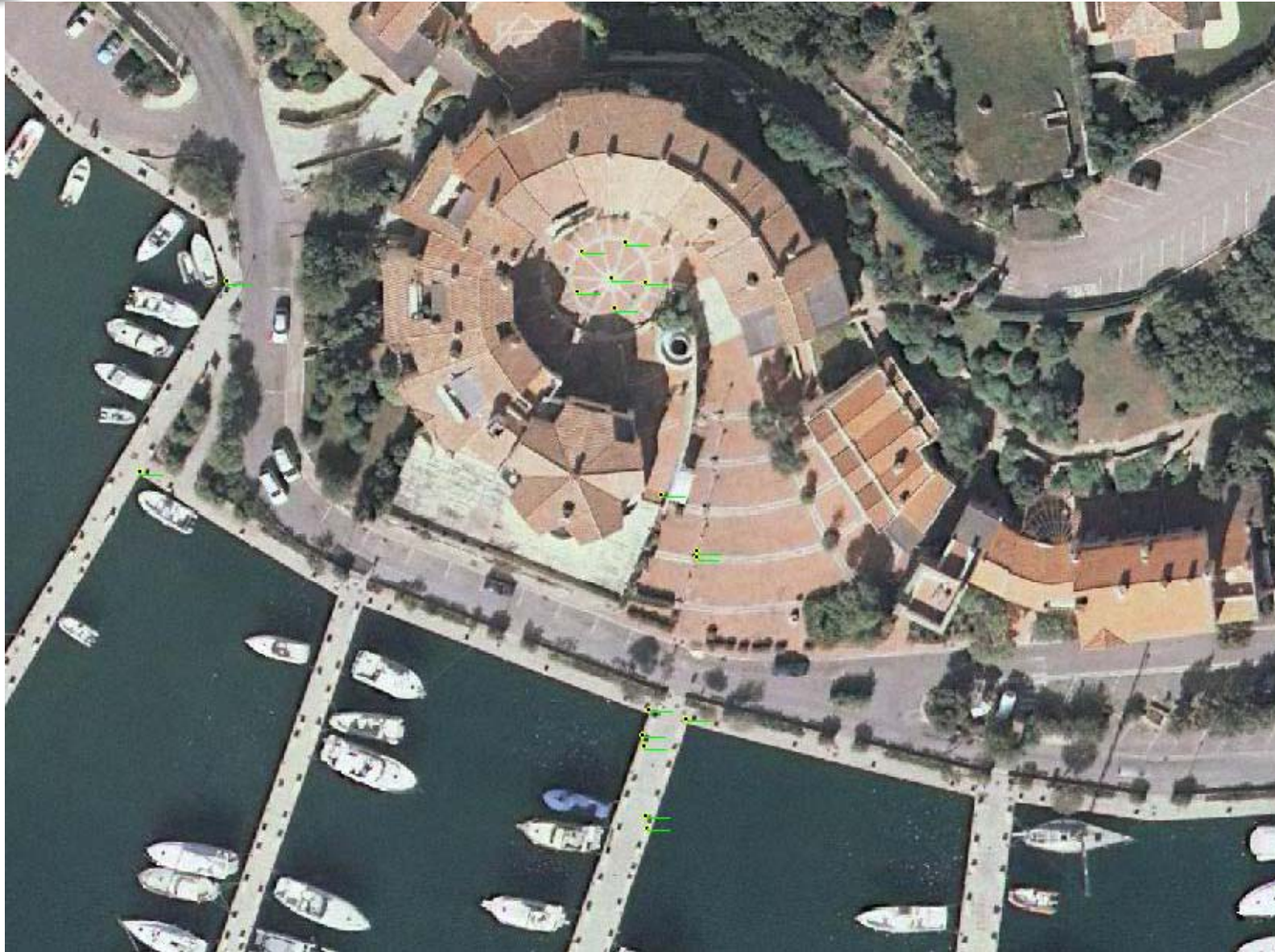


Laboratorio di Cartografia Numerica e GIS





Laboratorio di Cartografia Numerica e GIS





Normal Orthophoto with vectormap overlaid



True Orthophoto with vectormap overlaid





RADDRIZZAMENTO

Per utilizzare ai fini di misura un solo fotogramma è necessario che l'oggetto in esso rappresentato sia definito tutto su un piano e che l'asse ottico della camera da presa sia, all'istante della presa stessa, ad esso perfettamente perpendicolare.

In caso diverso, la presenza degli effetti prospettici rende inaffidabili le misure.

Questa circostanza tende ad aggravarsi quando l'oggetto rappresentato comporta anche delle differenze di profondità o di altezza che si manifestano con spostamenti e ribaltamenti radiali di entità crescente verso i bordi, indicati generalmente come spostamenti di altezza, non sempre del tutto trascurabili.

Per il raddrizzamento corretto e completo di tutto il contenuto del fotogramma è indispensabile ricorrere a una sua **trasformazione proiettiva** che, **correggendo gli effetti prospettici, consenta di**



Gli effetti prospettici, caratteristici nelle prese inclinate, modificano infatti la geometria dell'immagine variandone progressivamente il rapporto di scala rispetto all'oggetto interessato.

Appare tuttavia opportuno rilevare che la trasformazione proiettiva che determina il raddrizzamento non può effettuarsi che nel caso della rappresentazione di un oggetto piano o che si discosta poco da questo.

Il **fotoraddrizzamento** è essenzialmente una elaborazione di un'immagine fotografica **prospettica**, che viene trasformata in un'immagine di tipo **ortogonale**, come fosse una fotografia presa dall'infinito perciò coi raggi proiettanti paralleli fra di loro e ortogonali al piano dell'immagine correggendo l'effetto prospettico indotto dalla non normalità della presa e riportandola alla scala voluta e costante.



OGGETTO PIANO

Nel caso ci troviamo di fronte ad un oggetto piano si ha

$Z=0$ per tutti i punti

e le equazioni di collinearità si trasformano come segue:

$$X_P = X_0 + Z_0 \frac{a_{11}x' + a_{12}y' - a_{13}c}{a_{31}x' + a_{32}y' - a_{33}c}$$

$$Y_P = Y_0 + Z_0 \frac{a_{21}x' + a_{22}y' - a_{23}c}{a_{31}x' + a_{32}y' - a_{33}c}$$

Con semplici operazioni possiamo arrivare a queste equazioni:

$$X = \frac{a_1x + b_1y + c_1}{ux + vy + 1}$$

$$Y = \frac{a_2x + b_2y + c_2}{ux + vy + 1}$$

dove i termini $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, u, v$ sono le 8 nuove incognite del problema. In questo caso abbiamo considerato incogniti anche i parametri di orientamento interno.



dove

$$a_1 = \frac{r_{31}}{-r_{33}c} X_0 - \frac{r_{11}}{-r_{33}c} Z_0$$

$$b_1 = \frac{r_{32}}{-r_{33}c} X_0 - \frac{r_{12}}{-r_{33}c} Z_0$$

$$c_1 = \frac{r_{13}}{r_{33}} Z_0$$

$$a_2 = \frac{r_{31}}{-r_{33}c} Y_0 - \frac{r_{21}}{-r_{33}c} Z_0$$

$$b_2 = \frac{r_{32}}{-r_{33}c} Y_0 - \frac{r_{22}}{-r_{33}c} Z_0$$

$$c_2 = \frac{r_{23}}{r_{33}} Z_0$$

$$X = \frac{a_1 x + b_1 y + c_1}{u x + v y + 1}$$

$$Y = \frac{a_2 x + b_2 y + c_2}{u x + v y + 1}$$

$$u = \frac{r_{31}}{-r_{33}c}$$

$$v = \frac{r_{32}}{-r_{33}c}$$

Nel caso in cui i parametri di O.I. fossero noti, le incognite del problema sarebbero 6 e basterebbero 3 punti per risolvere il problema. Se inoltre il piano del fotogramma fosse parallelo al piano di proiezione avremmo $\varphi = \omega = 0$ si hanno 4 incognite X_0 , Y_0 , Z_0 e k e quindi occorrono 2 soli punti noti.

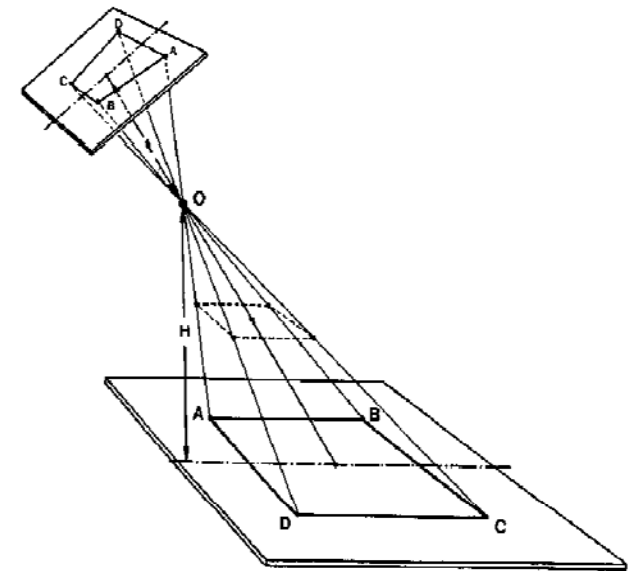


Le relazioni proiettive tra due piani diversi mostrano, nel caso del raddrizzamento, la necessità di conoscere la posizione di almeno quattro punti non allineati dell'oggetto interessato.

Un numero maggiore porta ad una risoluzione del sistema attraverso il metodo di compensazione a minimi quadrati.

I punti localizzati nelle zone centrali dell'immagine hanno uno scarso significato nel procedimento di raddrizzamento.

Infatti, ipotizzando che tali punti definiscano i vertici di un quadrato inscritto nell'oggetto medesimo, effettuando la presa fotografica con asse comunque orientato, l'immagine risultante sarà evidentemente quella di un quadrilatero.

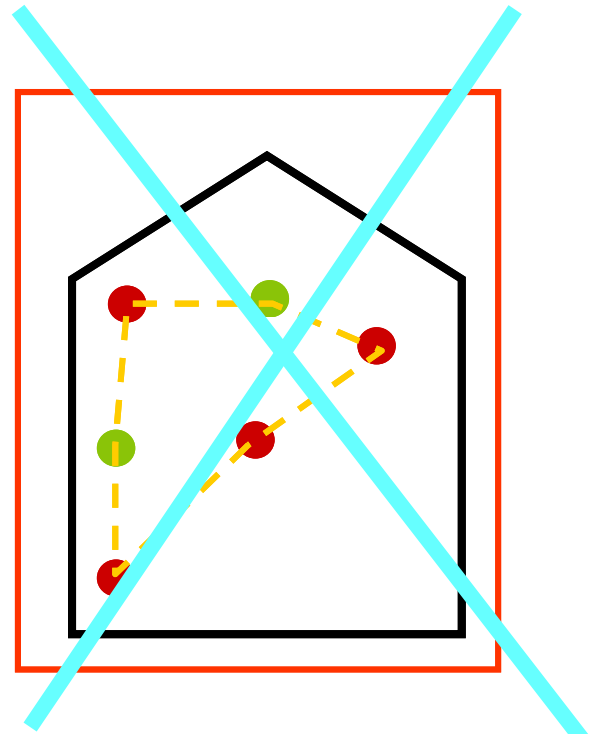
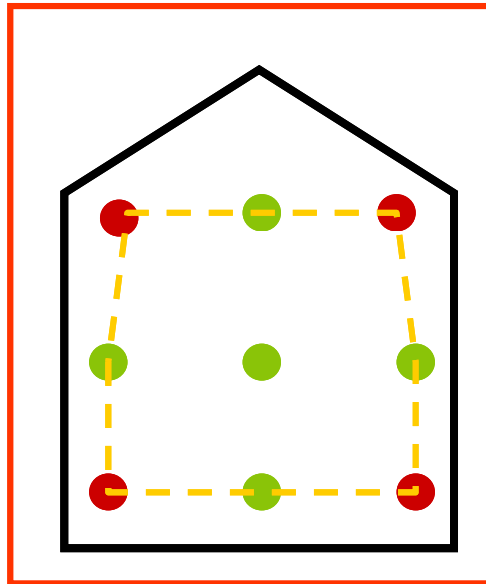




Gli 8 parametri incogniti sono determinabili se si conoscono le coordinate immagine e oggetto di almeno 4 punti (punti di appoggio).

Con 4 punti d'appoggio si possono scrivere 8 equazioni (2 equazioni di omografia per ogni punto d'appoggio) in 8 incognite (i parametri della trasformazione) => è quindi possibile determinare gli 8 parametri.

Laboratorio di Cartografia Numerica e GIS



distribuzione dei punti di appoggio

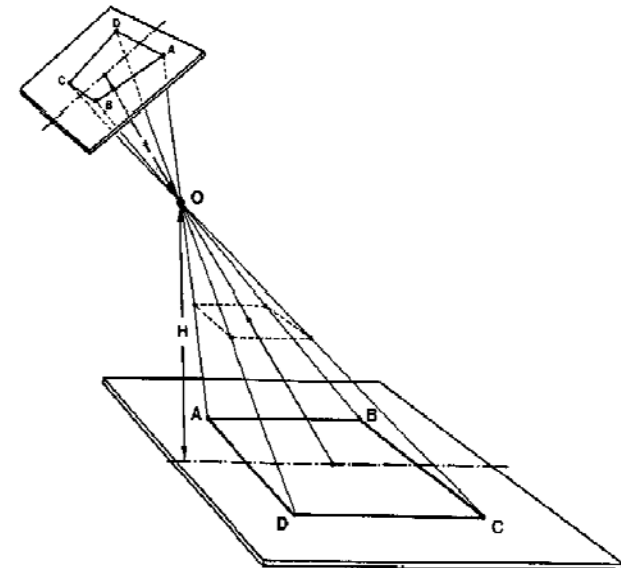




Scopo del raddrizzamento sarà quello di ripristinare il primitivo quadrato che risulta inequivocabilmente determinato dalle coordinate dei quattro vertici, o dall'insieme dei suoi quattro lati e della diagonale.

Una volta compiuto il raddrizzamento, l'immagine trasformata, se relativa ad un oggetto o a un terreno piano, risulterà rappresentata tutta in un rapporto di scala costante, e offrirà di conseguenza la possibilità di effettuare delle corrette misure.

Analoga possibilità può essere assicurata dal raddrizzamento differenziale (ortofoto), nel caso di oggetti morfologicamente diversi dal piano, sviluppati cioè in profondità o altezza, quando lo spostamento d'altezza risulti nel suo complesso trascurabile.





Nel caso in cui per ricostruire l'immagine completa dell'oggetto sia stato necessario riprendere più fotogrammi, è necessario procedere al raddrizzamento di ciascuna di queste immagini e successivamente alla “**mosaicatura**” delle stesse per ricomporre un'unica rappresentazione ortogonale dell'oggetto stesso.

Tale fase deve essere poi seguita da un lavoro di fotoritocco per eliminare eventuali repentine variazioni di luminosità e contrasto che si colgono sui profili di giunzione di immagini diverse.

È facile intuire l'utilità di questa tecnica che per oggetti piani, o riconducibili a piani, consente di produrre come risultato ancora un'immagine dell'oggetto, quindi una sua rappresentazione completa bidimensionale.

Le principali applicazioni di questa tecnica sono indirizzate al rilievo di prospetti di edifici e più in generale di superfici che, nell'ambito di certe tolleranze, possono essere considerate piane.



ERRORI NEL RADDRIZZAMENTO

La superficie piana su cui si esegue l'omografia è quella media rispetto ai punti di controllo (punti d'appoggio fotografici):

in tal senso tutto ciò che non appartiene ad essa (aggetti e sfondati) viene riportato in posizione non corretta, cioè differente da quella che avrebbe se appartenesse al piano dell'oggetto.

Nella proiezione dei punti del fotogramma sul piano di raddrizzamento, questo errore presente sul fotogramma, tramite l'operazione di proiezione del punto, viene riportato sul piano di raddrizzamento.

Per decidere se sia possibile applicare o meno ad un certo oggetto la pratica del raddrizzamento è necessario calcolare l'errore in metri sul terreno che si commette nel trascurare la sua non planarità.

Indichiamo con Dq lo scostamento del punto P dal piano medio (ad es. aggetto di una cornice, ...) e con s il semiformato della camera.

L'immagine del punto P cade in P_1 mentre se P si fosse trovato in P_0 sul piano di riferimento l'immagine si sarebbe formata in P_2 .

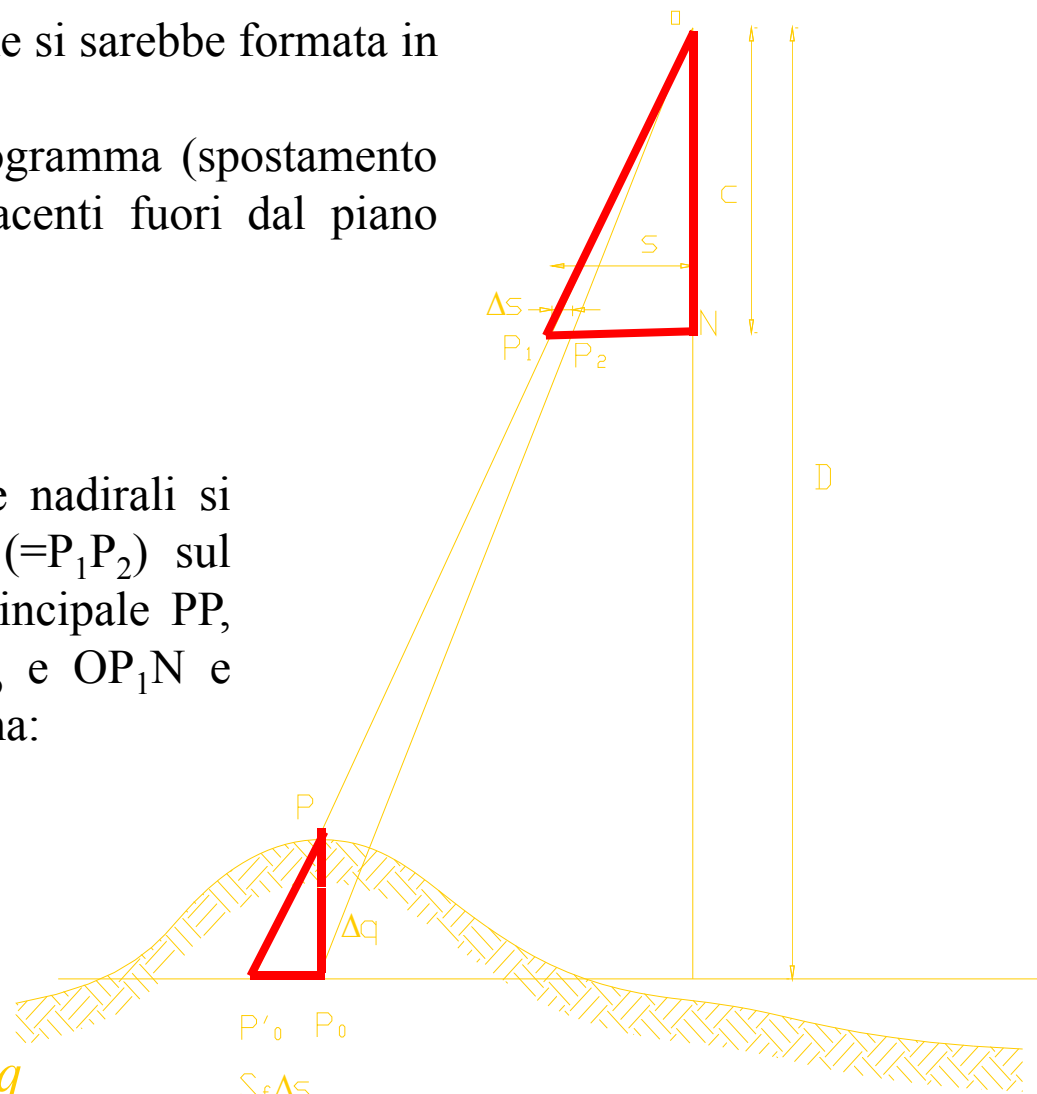
D_s è quindi l'errore sul piano del fotogramma (spostamento radiale D_s dell'immagine di punti giacenti fuori dal piano assunto come piano oggetto).

Nel caso di fotogrammi perfettamente nadirali si valuta l'entità dello spostamento D_s ($=P_1P_2$) sul fotogramma in direzione del punto principale PP , considerando i triangoli simili $PP_0P'_0$ e OP_1N e indicando con S_f la scala del fotogramma:

$$P_0P_0 : P_0P = P_1N : ON$$

$$S_f D_s : Dq = s : c$$

$$\Delta s = \frac{s \Delta q}{c S_f}$$





$$\Delta s = \frac{s \Delta q}{c S_f}$$

Ma $\frac{1}{S_f} = \frac{c}{d} \Rightarrow c S_f = D$ $\Delta s = s \frac{\Delta q}{D}$

dove con D_s si è indicata la distanza $P_1 N$ sul fotogramma del particolare dal centro del fotogramma (o dal punto nadirale dell'ortofoto).

L'errore dovuto allo scostamento degli oggetti dal piano medio di proiezione è:

- proporzionale alla distanza dell'immagine del particolare dal centro del fotogramma (s);
- proporzionale alla distanza del punto dal piano di riferimento (sporgenze, aggetti, altimetria) cioè all'entità stessa della sporgenza (Dq);
- inversamente proporzionale alla focale (c) e alla distanza media di presa (D).

L'errore sul terreno sarà:

$$e = S_f D_s$$




Tale errore, $e = S_f D_s$, è accettabile metricamente soltanto se risulta inferiore ai valori della tolleranza planimetrica (in genere $t=0.2-0.4\text{mm}$ alla scala di rappresentazione $(1:S_f)$).

Esempio:

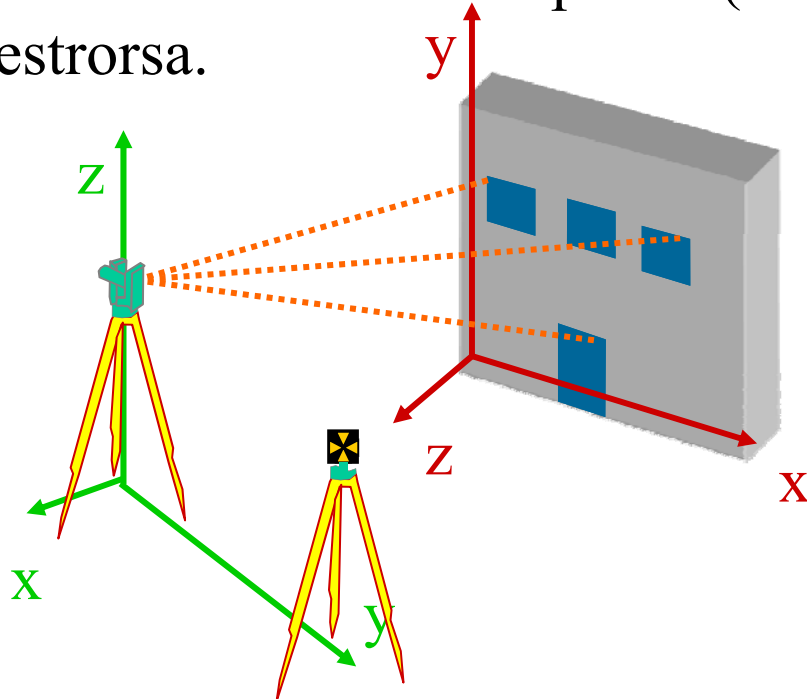
Supponiamo che il semiformato valga 20 cm e ipotizziamo di volere al massimo un errore di 1 mm sull'immagine raddrizzata (alla scala fotogramma):

$$20 Dq/D \leq 0.1 \quad \Rightarrow \quad Dq/D \leq 1/200$$

Il rapporto tra scostamento dal piano di proiezione e distanza di presa deve essere minore o uguale a $1/200$: $\Delta q_s = \frac{\Delta q}{D}$  cioè significa che si può ritenere piana una facciata con sporgenze di 10 cm riprese da 20 m di distanza oppure un terreno ripreso da una quota di 2000 metri, con edifici, canali o altre rugosità di ± 10 m nella terza dimensione.

Vengono determinate le coordinate di alcuni punti sulla facciata di un edificio per intersezione multipla. Il sistema di riferimento di partenza è quello solidale ai punti di stazione dell'intersezione.

Si inquadrano i punti di appoggio in un nuovo sistema di riferimento con origine su un punto della facciata (es. n.11), asse y lungo la verticale per il punto di origine, asse x sull'orizzontale contenente la proiezione di un altro punto (es. n.18) e asse z che chiude la terna destrorsa.



nome	E	N	Q
100	0,000	0,000	0,000
200	54,229	0,000	10,167
300	32,677	-29,167	9,557
11	22,949	86,753	34,112
12	22,960	86,736	35,832
13	22,785	86,716	37,924
14	22,223	86,702	40,138
15	24,666	84,715	40,329
16	24,858	84,940	38,199
17	24,949	84,779	34,141
18	26,761	86,515	33,563
19	26,715	86,511	34,877
20	26,644	86,129	38,993



Laboratorio di Cartografia Numerica e GIS





Fig.44: Facciata veneziana: fotografia e raddrizzamento



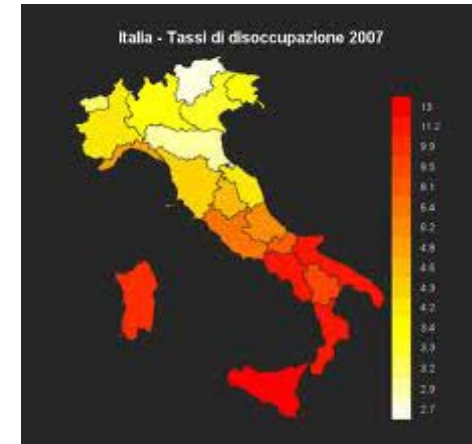
I sistemi informativi territoriali
Geographic Information System



I SIT

I Sistemi Informativi Territoriali (SIT) o Geographic Information System (GIS) sono dei sistemi che sono nati dalla necessità di automatizzare la produzione di mappe del territorio a partire da dati geografici quali cartografie vettoriali, raster, DTM ecc.

Il primo GIS nasce nei primi anni '60 in Canada e nel 1987 nasce la prima rivista dedicata ai GIS l'International Journal of Geographic Information System





I SIT

SISTEMA



Insieme di parti che interagiscono tra loro

INFORMATIVO



Produce informazioni/ dati e si basa su sistemi informatici

TERRITORIALE

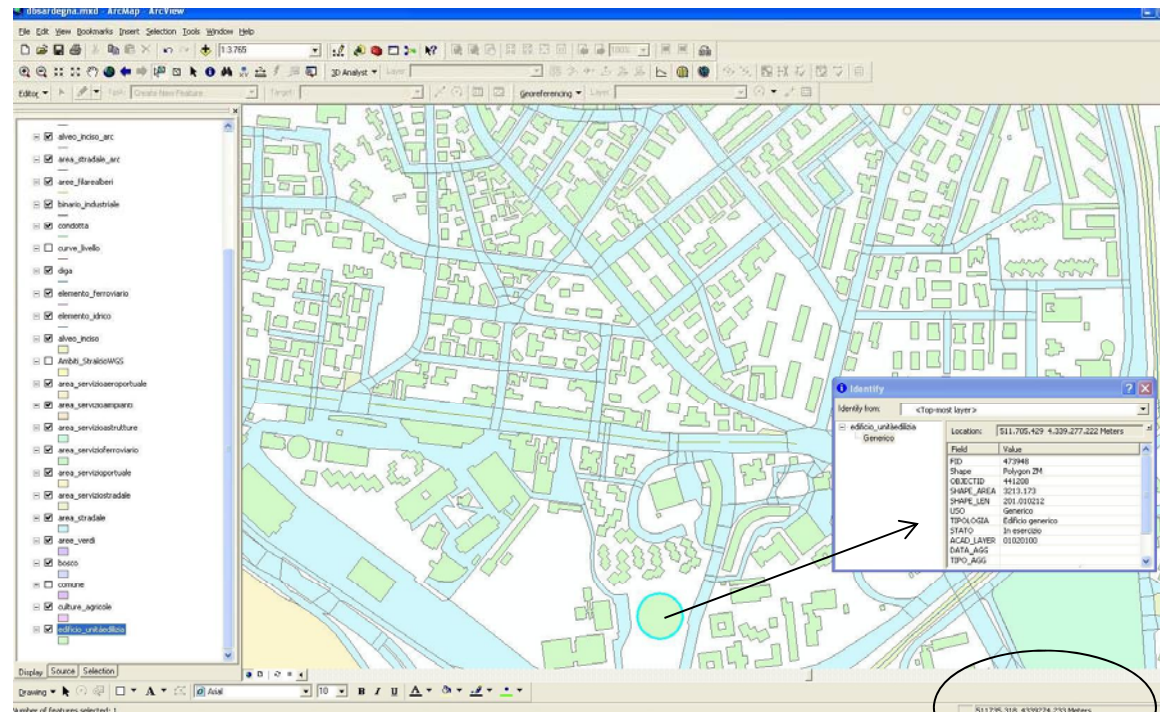


E' strettamente legato al territorio, ovvero le informazioni sono riferite spazialmente



Che cosa sono i SIT

Un SIT è un sistema composto da una serie di strumenti software ed hardware per acquisire, memorizzare, estrarre, trasformare e visualizzare dati spaziali del mondo reale. E' in grado di produrre, gestire e analizzare questi dati associando a ciascun elemento geografico una o più descrizioni alfanumeriche.





I dati utilizzati in un Sistema Informativo Territoriale sono caratterizzati da:

- Posizione nello spazio rispetto a un sistema di riferimento e ad un sistema di coordinate
- Attributi anche non spaziali (colore, temperatura, ecc);
- Mutue relazioni spaziali (topologia, relazioni tra distanze ecc)

La definizione di un SIT richiede contestualmente la definizione di obiettivi e di metodi

- gli **obiettivi** sono i risultati attesi dal SIT
- i **metodi** sono il set di operatori, algoritmi che permettono il raggiungimento degli obiettivi



Dato georeferenziato

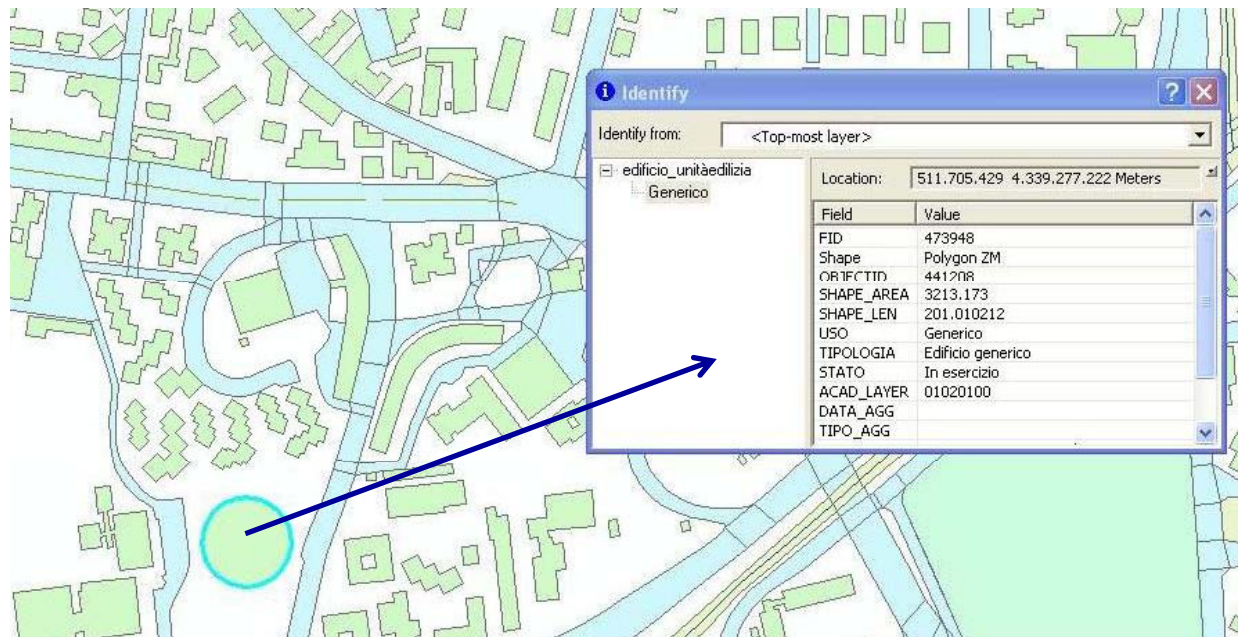
E' un qualsiasi elemento a cui può essere associata una posizione nello spazio attraverso un sistema di riferimento e delle coordinate o attraverso un indirizzo.





Attributi non spaziali

Sono i dati che vengono collegati attraverso una banca dati ai dati spaziali. Riguardano le informazioni che si vogliono attribuire alle entità.





Mutue relazioni

Possono essere di tipo direzionali, topologiche e di vicinanza

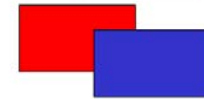
Direzionali: dipendono dall'orientamento della carta (nord, sud, ecc)

Topologiche

Equivalenza



Equivalenza parziale



Contenimento



Adiacenza



Separatezza

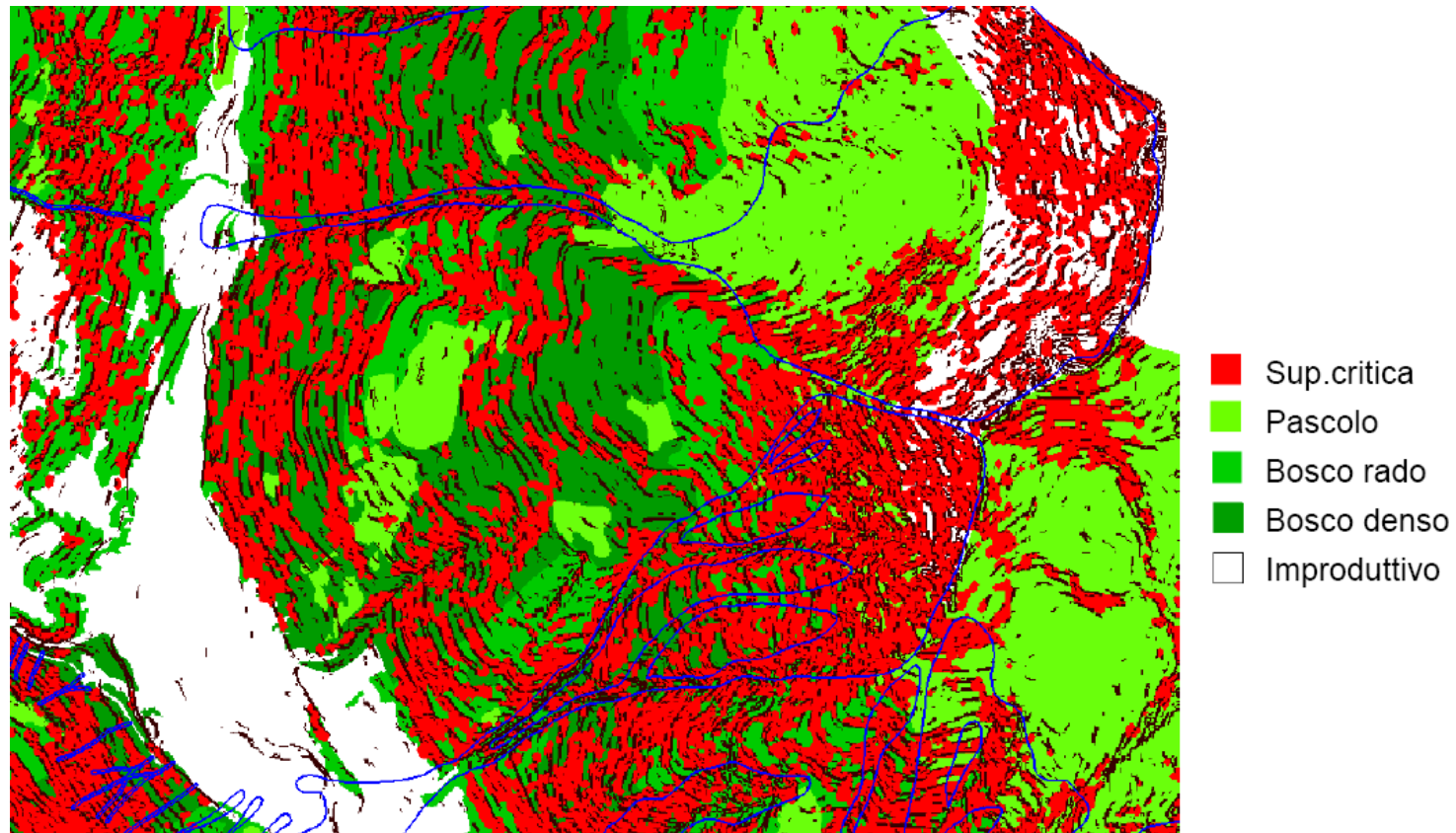


Di vicinanza: Qualitativo (vicino, lontano), Quantitativo (1 km)

Uso dei SIT

In campo ambientale gli impieghi principali sono:

- Produrre carte tematiche per visualizzare la distribuzione spaziale di fenomeni ad esempio la localizzazione di frane, la distribuzione di popolazione ecc.
- Realizzare modelli di fenomeni che interessano il territorio come ad esempio il modello di rischio di distacco di valanghe o il modello di distribuzione della fauna.





Le componenti di un SIT

Hardware

- Computer
- Plotter
- CD/DVD

Software

- Commerciali
- Open Source e Free

Dati e Metadati

Operatori e Utenti





HARDWARE

L'hardware e' rappresentato dal computer su cui opera il software GIS. Un software GIS è in grado di essere supportato su un'ampia gamma di piattaforme hardware, dal server al desktop usato sia in configurazione stand-alone sia in rete.





SOFTWARE

Il software fornisce le funzioni e gli strumenti per memorizzare, analizzare, elaborare e visualizzare informazioni geografiche. Le componenti-chiave del software sono:

- Strumenti per l'inserimento e la manipolazione delle informazioni geografiche
- Sistema per la gestione del database
- Strumenti per la ricerca, l'analisi e la visualizzazione
- Interfaccia grafica di facile accesso agli strumenti

Data Input**Trasformazioni****DB geografico****Interfaccia utente****Procedure e algoritmi****Display e report**



SOFTWARE

- **Open Source/Free**



- Grass



- GVSig



QGIS



- **Commerciali**

- ArcGIS



- AutoCadMap

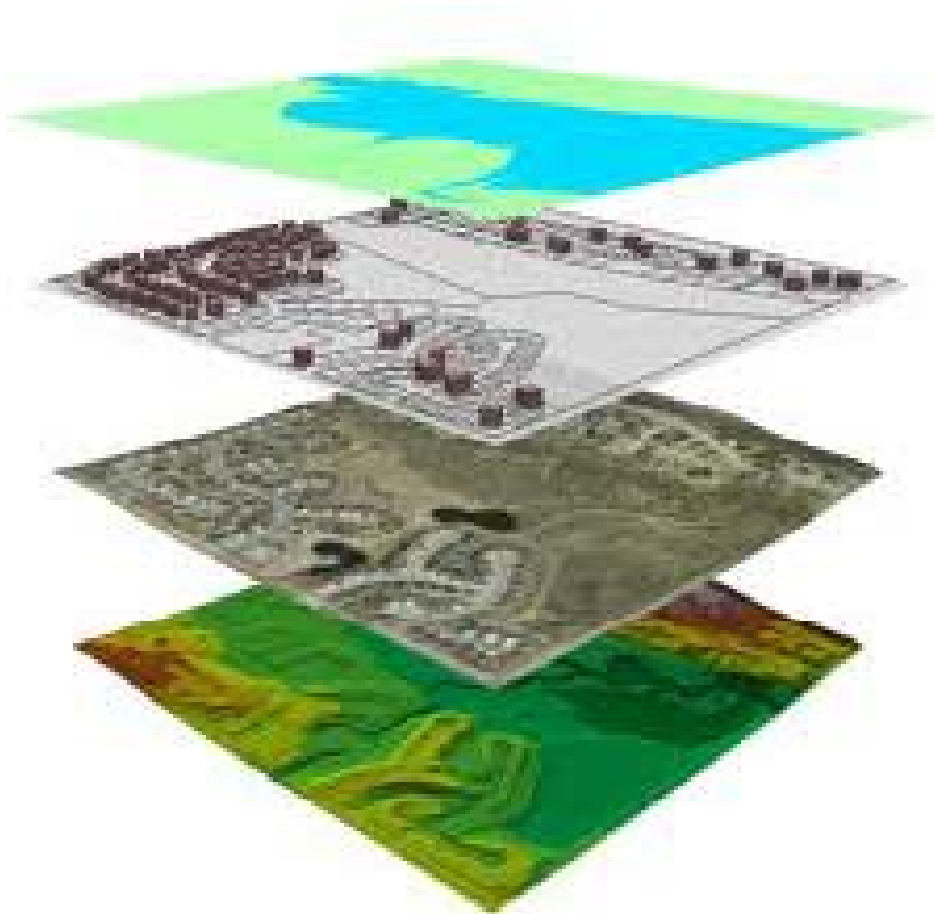


- MapInfo



- Geomedia



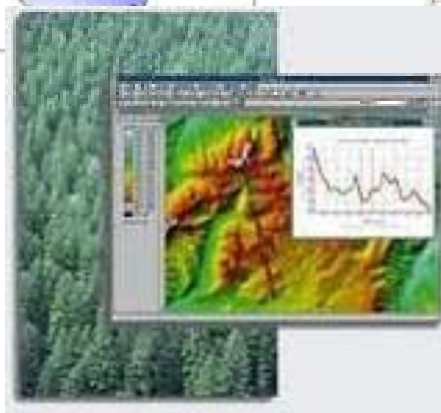
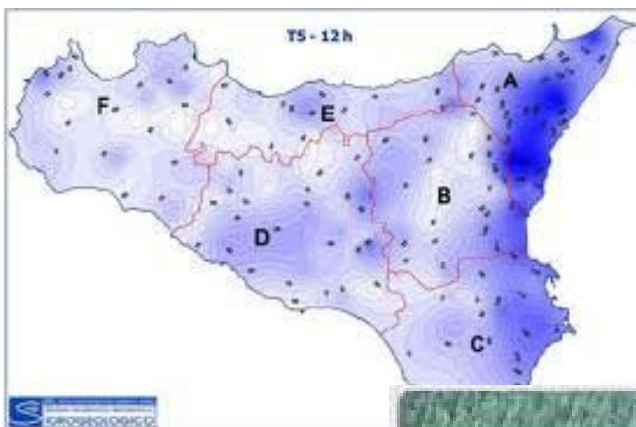


In un SIT i dati spaziali vengono inseriti per strati secondo le diverse tipologie geometriche e di formato



Dati di Output

Riguarda la modalità su come sono visualizzati i dati e i risultati delle analisi: Mappe; Grafici; Analisi; Tabelle





Metadati

I metadati rappresentano l'informazione di base associata ai dati e ai servizi di dati. Contengono diverse informazioni tra le quali:

- descrizione del contenuto informativo e nome identificativo del servizio;
- riferimenti sull'Ente che gestisce e pubblica il dato;
- caratteristiche della risoluzione sia per i dati vettoriali sia raster;
- sistema di riferimento;
- provenienza/acquisizione dato
- riferimenti del redattore dei metadati;
- limiti spaziali dell'informazione geografica;
- caratteristiche della gestione (manutenzione e aggiornamento) del dato
- ecc



Utenti e operatori

Sono le persone che gestiscono il sistema e sviluppano progetti per la risoluzione di problemi del mondo reale. Gli utenti sono coloro che utilizzano il sistema per adempiere al loro lavoro.



Qualità e standard dei dati

Durante il trasferimento dati in un SIT sono presenti 2 tipi di problemi:

- I dati devono essere formattati in modo standardizzato e riconoscibile;
- occorre fornire informazioni all'utente affinché possa giudicare se i dati sono davvero utili ai suoi scopi e hanno la qualità che li rende tali (metadati)

Stime dei costi di acquisizione dei dati per un SIT:

- più del doppio del costo di hardware e software, oppure
- 70% del costo totale di implementazione di un intero GIS

Ciò significa che quando si acquisiscono dati per un SIT è fondamentale verificare che essi rispondano ai requisiti richiesti per la base di dati che si intende organizzare. Si deve cioè verificare qual è la qualità dei dati.



La qualità viene valutata secondo i seguenti parametri:

- Accuratezza
- Precisione
- Risoluzione (spaziale)
- Scala
- Consistenza logica
- Completezza



Accuratezza

E' la discrepanza fra il valore registrato nella base di dati e il valore "vero"(per quanto lo si può conoscere) o accettato come tale. La valutazione dell'accuratezza di una osservazione (misura) può essere fatta solo per confronto con la misura più accurata che sarebbe possibile ottenere. L'accuratezza (e quindi la conoscenza fornita da una misura) si distingue in

- **accuratezza nelle posizioni**, in questo caso i valori sono di tipo numerico (scala per intervalli o scala per rapporti). Le misure dei valori comportano incertezze numeriche (ERRORI e modellizzazione degli errori)
- **accuratezza negli attributi** (a. tematica). Qui tratta solitamente di classificazioni (es. tipi di suolo o di vegetazione) (scala nominale e scala ordinale). La misura di un valore comporta la definizione di appartenenza a una categoria (classe).



• **Accuratezza nelle posizioni**

• *Errori nelle coordinate*

- Nei dati di posizione (dati di tipo "coordinate cartografiche") gli errori numerici sono indicatori dell'accuratezza. Poiché l'accuratezza è la discrepanza fra il valore registrato nella base di dati e il valore "vero" si deve trovare un valore "vero" che funga da valore di confronto, in base al quale determinare l'errore. L'errore va visto come un concetto di tipo statistico, il che richiede che sia nota la natura del procedimento di misura (esperimenti con numerose ripetizioni delle misure).
- Ad ESEMPIO: se si sa che il procedimento di misura è tale da dar luogo ad osservazioni distribuite secondo una curva normale (gaussiana), il valore più probabile è rappresentato dalla media e la dispersione dei dati attorno alla media è indicata da σ (scarto quadratico medio).







• **Accuratezza negli attributi**

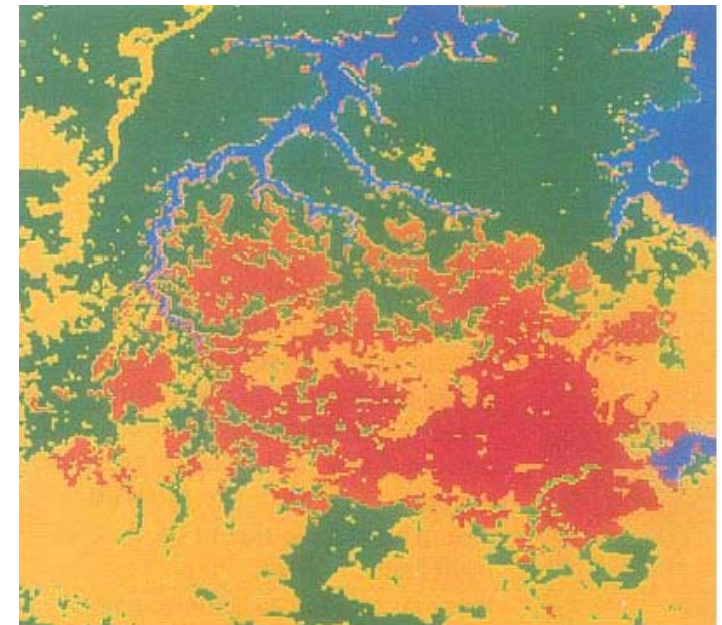
• *Errori nei dati tematici (classificazioni)*

- Per i dati di tipo non numerico (di solito, classificazioni) si possono valutare gli errori tramite la matrice dell'errore di classificazione.

- ESEMPIO: carta di copertura del suolo, derivata da immagini da satellite. In formato digitale si tratta di una mappa in formato raster: ogni pixel corrisponde a un tipo di copertura del suolo

- acqua 
- vegetazione 
- vegetazione incendiata 
- urbanizzato 

- Come valuto l'accuratezza tematica di questa mappa?





La **matrice dell'errore di classificazione** si costruisce svolgendo un controllo su un campione significativo di pixel.

Per ogni pixel si verifica quale sia la "verità al suolo", cioè se il pixel corrisponde oppure no a quello che c'è in corrispondenza al suolo.

Il numero di campioni interpretati **correttamente** risulta sulla **diagonale** della matrice.

E' così possibile valutare:

- **errore di omissione**(percentuale di una certa classe che non è stato classificato come tale);
- **errore di commissione**(percentuale che è stata classificata in una certa classe, ma in realtà non è stata verificata essere tale).



Esempio di **matrice dell'errore di classificazione** (il campione per il controllo è di 10000 pixel)

Interpreted classes	Ground observations					Totals
	Buildings	Crops	Grassland	Woodland	Water	
Buildings	1850	150	100		200	2 300 4 200 1 200 1 350 950
Crops		3800	100	300		
Grassland		700	300	200		
Woodland		250	100	1000		
Water	350				600	
Totals	2200	4900	600	1500	800	10 000

Percentuale di terreno coltivato interpretato correttamente:

$$p = 3800/4900 = 78 \%$$

dati interpretati in modo corretto

totali dei valori osservati al suolo

valori interpretati nelle diverse classi

Errore di omissione = 22 %

Errore di commissione = $(4200 - 3800)/4200 = 10 \%$

$$(4900 - 3800)/4900 * 100$$

Non sono state interpretate come aree coltivate

Non sono state verificate nella categoria aree coltivate



Precisione:

è il grado di dettaglio con cui si registra un valore (per esempio, se si tratta di dati numerici è il numero di cifre significative).

Si deve porre attenzione al fatto che non ha nessun significato registrare un certo valore con più cifre decimali di quante ne occorrono a definire l'accuratezza del dato a cui tale valore è riferito.

Risoluzione spaziale:

questo parametro indica la più piccola differenza distinguibile fra due valori misurabili. Su una carta leggibile, ad occhi umani, è il minimo spessore di una linea (~ 0.1 mm)

Scala:

la scala di una carta contiene implicitamente informazioni sulla risoluzione spaziale (dettaglio) dei dati.



CONSISTENZA LOGICA

La consistenza logica si riferisce al fatto che non ci siano dati in contraddizione fra di loro.

TEST di consistenza logica:

- controllo degli eventuali vincoli matematici o logici (relazioni matematiche o logiche fra i dati)
- controllo dei vincoli topologici, per individuare ad es. bordi (di poligoni) mancanti, poligoni non codificati



COMPLETEZZA

E' un parametro relativo alla mancanza di errori di omissione all'interno della base di dati, e si riferisce ai criteri usati per selezionare le informazioni da inserire fra i dati. La valutazione della completezza dei dati si basa su:

- verifiche relative all'inclusione fra i dati di oggetti appartenenti a liste note;
- verifiche relative all'inclusione fra i dati di oggetti di dimensioni (area o spessore) minime.



Standard di trasferimento dati

Nell'ambito della gestione dei dati di un SIT in maniera condivisa e per facilitare lo scambio di dati fra diverse applicazioni (interoperabilità), gli standard svolgono un ruolo cruciale: il loro utilizzo dovrebbe aumentare quanto più i SIT diventano un ambiente di lavoro utile per scambiare informazioni.



Organismi di standardizzazione a livello internazionale e standard per la qualità dei dati geografici

**CEN = COMITATO EUROPEO DI NORMALIZZAZIONE
CEN/TC 287 (Comitato Tecnico 287)**

Istituito nel 1991 su proposta dell'AFNOR (Association Française de Normalisation).

Terminò i suoi lavori nel 1999, con un insieme di "Standard europei sperimentali" (ENV) nel campo dell'Informazione Geografica.

Gli standard relativi alla qualità dei dati e ai metadati sono: 12656 e 12657. Tali standard sono stati recentemente ritirati e sostituiti da corrispondenti standard EN ISO.



Organismi di standardizzazione a livello internazionale e standard per la qualità dei dati geografici

ISO = Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione

ISO/TC 211 (Comitato Tecnico 211: Informazione Geografica)

Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (International Organisation for Standardisation), fondata nella primavera del 1995.

“ISO” deriva dalla parola greca che significa “uguale”, per indicare la cooperazione di diversi partner che utilizzano standard.

ISO/TC 211 e CEN/TC 287 si accordarono perché CEN/TC

Numero ISO	Nome	Tipo
ISO 19113	Geographic information - Quality principles	Standard Internazionale
ISO 19114	Geographic information - Quality evaluation procedures	Standard Internazionale
ISO 19115	Geographic information - Metadata	Standard Internazionale



Organismi di standardizzazione a livello internazionale e standard per la qualità dei dati geografici

Open GIS Consortium

Fondato per iniziativa di aziende, enti ed università. Nel 1998 fu steso un accordo di cooperazione con il Comitato ISO/TC 211. In seguito ad esso, l'OGC ha adottato gli standard ISO come specifiche astratte e ha sviluppato specifiche di implementazione che vengono presentate all'ISO e possono poi diventare standard internazionali. L'OGC non sviluppa propri standard di qualità.



Intesa Gis: Intesa tra Stato, Regioni ed Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici

L'Intesa tra Stato, Regioni ed Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici, stipulata nel 1996, rappresenta a tutt'oggi il tentativo più organico di modificare in termini positivi la situazione dell'Informazione Geografica in Italia, per creare uno stimolo verso una partecipazione più ampia delle istituzioni, delle imprese e del mondo scientifico.

Il sito **www.intesagis.it** riguarda le informazioni relative al protocollo d'Intesa Stato-Regioni-Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informativi geografici.

L'Intesa è stata approvata dalla Conferenza Stato regioni e Province Autonome nella seduta del 26 settembre 1996 e coinvolge le diverse Amministrazioni Centrali ed organismi statali, compreso il CNIPA (Centro Nazionale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione), le Regioni e Province Autonome, i Comuni (ANCI), le Province (UPI), le Comunità Montane (UNCEM) e le Aziende per la gestione di pubblici servizi (Confservizi).

Obiettivo dell'Intesa è lo sviluppo di interventi coordinati per realizzare in Italia entro 6-8 anni le basi informative territoriali gestite su elaboratore a copertura dell'intero territorio nazionale necessarie per l'esercizio delle funzioni di interesse locale, regionale e nazionale.

Per la realizzazione dell'Intesa e degli Accordi ad essa collegati è stato costituito un Comitato Tecnico di Coordinamento che deve elaborare indirizzi, specifiche comuni e le proposte che favoriscono la definizione nelle diverse aree del Paese di accordi di programma tra gli Enti interessati alla realizzazione delle basi informative territoriali, a partire dai Database topografici e dal collegamento di questi con archivi catastali aggiornati.

La realizzazione dell'Intesa richiede il massimo della circolazione dell'informazione in merito sugli obiettivi, sugli strumenti, sulle esperienze già realizzate e su quelle in corso, ed anche sugli aspetti tecnici collegati e sulle risorse economiche comunitarie e nazionali utilizzabili ad integrazione delle risorse regionali e locali disponibili.



WEB-GIS e Geoservizi

- Le applicazioni WEBGIS permettono la distribuzione di dati geospaziali, in reti internet e intranet, sfruttando le analisi derivanti dai software GIS e per mezzo di classiche funzionalità di applicazioni web-based pubblicano informazioni geografiche nel World Wide Web.
- Un sistema webgis si basa su normali funzionalità Client-server, come una classica architettura Web. Il client è un qualsiasi browser(Mozilla Firefox, Exporer) il lato server consiste in Web-Server (ad esempio Apache) e un software webGIS (ad esempio UMN Mapserver) che si occupa di fornire le funzionalità di visualizzazione/interrogazione per l' interpretazione di dati georeferenziati.



Possiamo schematizzare il processo di funzionamento di un WebGIS nel seguente modo:

- l'utente, tramite un'apposita interfaccia web, invia dal proprio client mediante un generico browser una richiesta nella quale è definita l'area di interesse e i contenuti a cui si vuole accedere (elenco dei layer di interesse);
- in base ai dati ricevuti il motore del WebGIS accede ricerca nel proprio archivio le informazioni richieste (shape, TIFF, ...; effettuando una connessione a database, oppure mediante l'accesso ad altri server cartografici, ad esempio OGC Web Services) estraendo la porzione di territorio specificata;
- sono quindi generate una o più immagini che saranno inviate al client.



Geoservizi

Un Geoservizio è un interfaccia in grado di ricevere una richiesta via Internet, processare le informazioni e restituire il risultato tramite protocolli di rete standard (e.g. *HTTP*, *SMTP*...).

L'applicazione che fa la richiesta è chiamato Web service client mentre l'applicazione che riceve la richiesta, la processa e fornisce la risposta è chiamato Web service server.

Quindi un geoservizio serve per accedere ad informazioni che risiedono su un server remoto e offrire funzionalità che possono essere invocate da altre applicazioni.



WEBGIS

E' un Sistema Informativo Territoriale (GIS) distribuito attraverso una rete per la distribuzione, l'interconnessione e l'integrazione di informazioni territoriali in modo grafico su Word Wide Web in Internet.

Un sistema webgis si basa su normali funzionalità client-server, come una classica architettura Web. Il client è un qualsiasi browser (Mozilla Firefox, Explorer), il lato server è costituito da un Web-Server (ad esempio Apache) e un software webGIS (ad esempio UMN Mapserver) che si occupa di fornire le funzionalità di visualizzazione/interrogazione per l'interpretazione di dati georeferenziati.



Architetture client/server

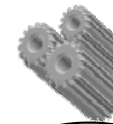
In un modello client/server, l'elemento che fa la richiesta è detto CLIENT, quello che la evade è detto SERVER.

Una qualsiasi applicazione in genere include tre livelli fondamentali:

-livello di presentazione: interfaccia utente



-livello logico (business logic): elaborazione



-livello dati: database o DBMS





Il client:

- presenta un'interfaccia utente
- permette la richiesta di dati e/o servizi al server
- mostra dati e risultati delle richieste fatte, ricevuti dal server

Il server:

- attende richieste dai client e le evade
- elabora tali richieste (si possono avere anche più richieste contemporaneamente)
- adempie ad altri compiti, come controlli di sicurezza, assegnazioni di priorità,...

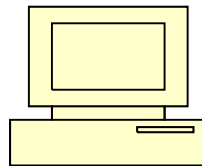


Digita nel browser l'URL della pagina da visualizzare



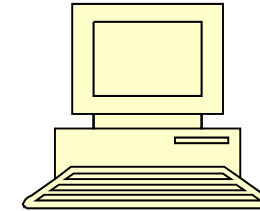
UTENTE

Invia al server una richiesta HTTP per poter prelevare la pagina voluta



Riceve la pagina HTML, la interpreta e la visualizza

CLIENT



Preleva la pagina dal suo disco e la invia al browser mediante protocollo HTTP:
PAGINA STATICA

Interroga un database, riceve i dati, confeziona la pagina e la invia al browser:
PAGINA DINAMICA

SERVER



Le mappe create da un WebGIS possono essere divise in:

mappe statiche:

- la realtà rappresentata e le componenti della carta sono fisse;
- corrispondono alle mappe tradizionali (cartacee);
- sono facilmente incorporabili in ipertesti sul Web.

mappe dinamiche:

- rappresentano una realtà dinamica attraverso animazioni;
- sono **automaticamente** aggiornate al cambiare dei dati (esempio carte metereologiche);
- sono poco usate nei WebGIS.



mappe in sola visualizzazione:

- non è possibile alcun tipo di interazione;
- sono immagini incluse in ipertesti in diversi formati Gif/Jpeg/Pdf;
- sono in genere meno fruibili dell'equivalente cartaceo.

mappe interattive:

- permettono di modificare la visualizzazione (zoom, colori, ecc.);
- permettono di modificare il contenuto di una mappa (layer, ecc.);
- permettono di collegare gli elementi grafici ad altre informazioni (tabelle, immagini, ecc.).



La mappa prodotta da un WebGIS può permettere all'utente di:

- controllare la visualizzazione (zoom e panning);
- conoscere la posizione (coordinate) ed il significato degli oggetti visualizzati (legenda);
- interrogare la mappa ed il database associato (query);
- combinare dati a scala e dettaglio diversi;
- creare mappe tematiche personalizzate;
- linkare gli elementi di una mappa ad altri dati (mappe, tabelle, ecc.) e viceversa, cioè creare link ad una vista prestabilita di una data mappa.



Sono possibili diversi approcci per distribuire il carico computazionale

Tutte le informazioni sono elaborate sul server:

- risposta veloce;
- ogni interazione dell'utente richiede il nuovo invio della mappa da parte del server.

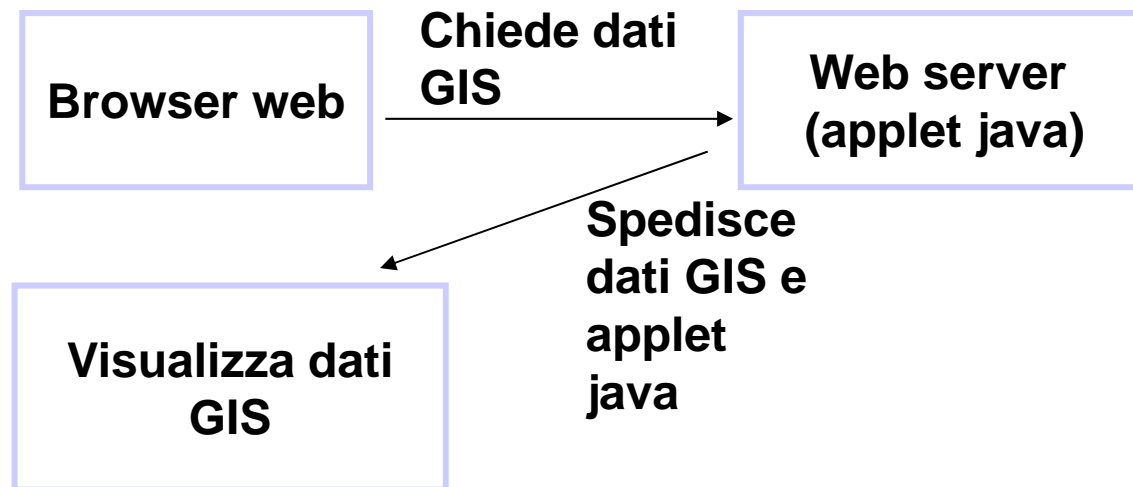
Una parte delle elaborazioni sono effettuate dal client, con funzioni o intere applicazioni realizzate da plug-in o applet Java:

- il client deve scaricare il plug-in (pesante ma si scarica una sola volta) o l'applet;
- si possono inviare dati più complessi e "intelligenti" con alcune operazioni effettuate direttamente sul client;
- è possibile integrare i dati del server con dati locali.



Visualizzatori java applet

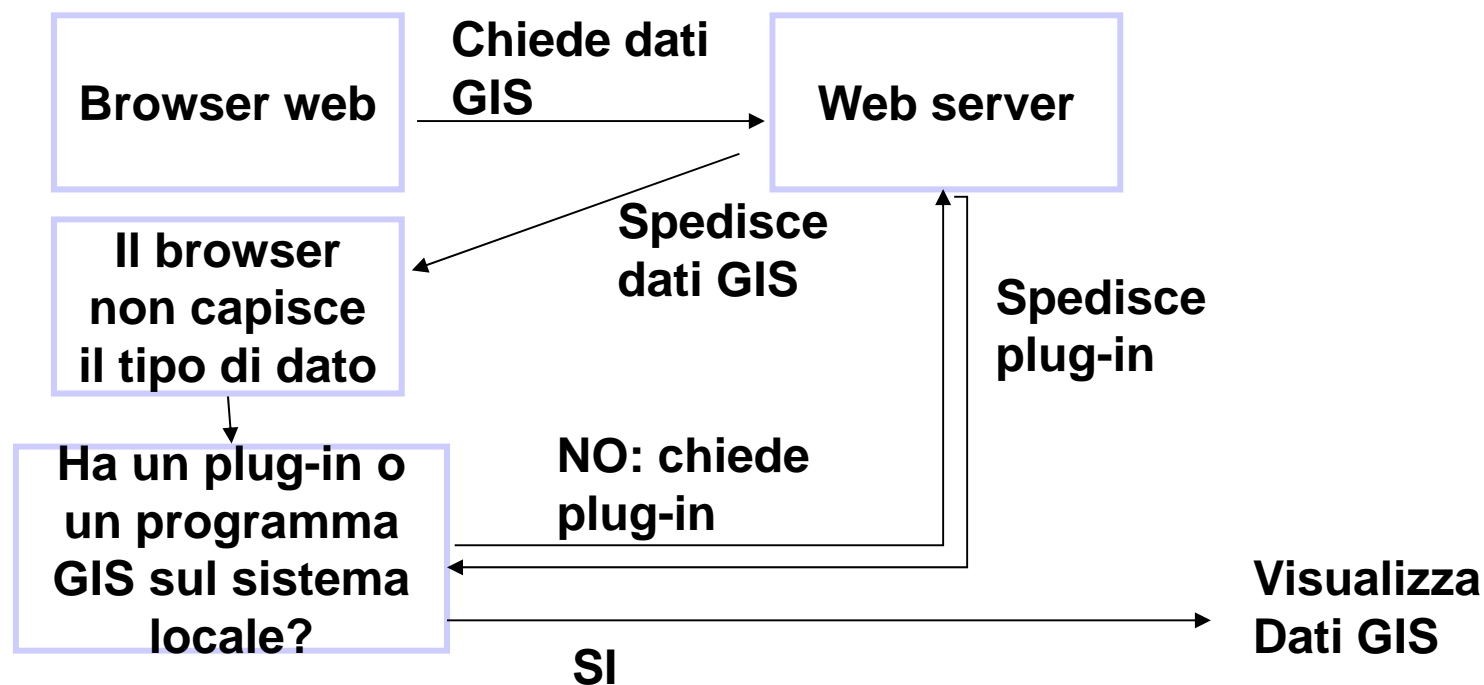
- Codici eseguibili java che sono scaricabili dal server e vengono eseguiti sulla macchina del client. Sono scaricati ed eseguiti quando un utente si connette al sito Web e invoca il documento che contiene il riferimento all'applet java (forniti "on demand" ovvero ad ogni richiesta del client vengono inviati come risposta dal server).





Visualizzatori plug-in

- Un plug-in è un software accessorio che gira sul browser e ne estende le capacità. I plug-in possono supportare sia dati vettoriali che immagini raster. Oltre ai plug-in si potrebbero utilizzare anche dei programmi GIS installati sulla macchina dell'utente.





Open Geospatial Consortium (OGC, in precedenza OpenGIS Consortium) è un'organizzazione internazionale no-profit, basata sul consenso volontario, che si occupa di definire specifiche tecniche per i servizi geospaziali e di localizzazione (location based). OGC è formato da oltre 280 membri (governi, industria privata, università) con l'obiettivo di sviluppare ed implementare standard per il contenuto, i servizi e l'interscambio di dati geografici (GIS - Sistema informativo geografico) che siano "aperti ed estensibili". Le specifiche definite da OGC sono pubbliche (PAS) e disponibili gratuitamente.

Le più importanti sono:

WMS - Web Map Service

WFS - Web Feature Service

WCS - Web Coverage Service

GML - Geography Markup Language

CAT - Catalog Service

CAT - Coordinate Transformation

SFS - Simple Features - SQL



WMS - Web Map Service

Questo standard internazionale definisce una "mappa" come rappresentazione di informazioni geografiche restituendo un'immagine.

Generalmente le mappe prodotte da un servizio WMS sono rese in un formato immagine quale PNG, GIF o JPEG.

Lo standard definisce tre operazioni:

1. restituisce metadati a livello di servizio;
2. restituisce una mappa dai parametri geografici e dimensionali definiti;
3. restituisce informazioni sugli oggetti della cartografia visualizzata (opzionale).

Le operazioni del Web Map Service vengono invocate usando un client che supporti il protocollo HTTP

WMS - Web Map Service

•La specifica OGC descrive la struttura delle query da inviare al server e il modo in cui il server rinvia la risposta:

•**GetCapabilities**

•ottenere informazioni sul tipo di mappe che il server può produrre

•**GetMap**

•produrre delle mappe

•**GetFeatureInfo**

•interrogare degli oggetti sulla map





WFS - Web Feature Service

- L'Interfaccia Standard OpenGIS **Web Feature Service (WFS)** permette la richiesta e l'importazione da parte di un client di oggetti geografici attraverso il Web, usando chiamate indipendenti dalla piattaforma.
- Gli oggetti geografici possono essere definiti come il 'codice sorgente' dietro una mappa, dove una interfaccia WMS o un portale geografico come Google Maps restituisce solo un'immagine che non può essere modificata o analizzata spazialmente. La codifica standard è il GML, basata su XML, ma anche altri formati quali lo Shapefile possono essere usati per il trasporto delle informazioni.



WFS - Web Feature Service

- Un servizio WFS si distingue tra:
- Servizio WFS di **base** che garantisce la selezione e l'importazione di oggetti;
- Servizio WFS **transazionale** (WFS-T) permette anche la creazione, la cancellazione e la modifica/aggiornamento degli oggetti.



WCS - Web Coverage Service

La specifica WCS descrive l'interfaccia che consente la richiesta di coverages geografici (immagini p.es. GeoTiff) attraverso il Web indipendentemente dalla piattaforma chiamata.

Il WCS fornisce tre funzioni:

GetCapabilities

informazioni sulle capacità del servizio (dati, ecc.)

DescribeCoverage

informazioni sull'immagine (Coverage)

GetCoverage

restituisce l'immagine



Direttiva INSPIRE



INSPIRE INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe.

Obiettivi

- Promuovere lo sviluppo di un'infrastruttura di dati spaziali che permetta grazie a dei geoservizi di distribuire dati geografici integrati a più utenti .
- I servizi devono permettere l'accesso ad informazioni provenienti da più sorgenti di dati, sia di livello locale che di livello globale, grazie all'interoperabilità.
- Gli utenti finali a cui INSPIRE si indirizza includono responsabili di decisioni politiche, pianificatori, gestori a livello europeo, nazionale e locale, i cittadini e loro organizzazioni.
- I possibili servizi disponibili dovranno permettere la visualizzazione, l'interrogazione di layer, la sovrapposizione di layer provenienti da più fonti, analisi spaziali, ecc.



Componenti di INSPIRE

- Direttiva INSPIRE: definisce i requisiti
- Architettura tecnica INSPIRE: definisce l'architettura del sistema
- Architettura dei servizi di rete INSPIRE: definisce l'architettura per la rete di servizi definendone le regole
- IR (Implementing Rules) INSPIRE: definiscono le regole su come gli Stati Membri devono implementare ogni tipo di servizio.



Direttiva INSPIRE

Ogni Stato dell'UE deve implementare una sua Infrastruttura nazionale, coordinando quelle di livello sub-nazionale

Le Infrastrutture nazionali saranno "nodi" dell'Infrastruttura europea, e dovranno mettere a disposizione

dati: vedi direttiva

metadati su dati e servizi

servizi: di ricerca di dati, consultazione dati, download, conversione, e servizi per richiamare altri servizi

(chain)

Servizi di ricerca e navigazione gratuiti (Stati possono legiferare altrimenti applicando tariffe per i servizi di navigazione)

Accesso ai servizi tramite il geoportale INSPIRE ed ev. propri geoportali

Implementing Rules INSPIRE (specifiche) non sono degli standard a sé ma fanno riferimento allo standard ISO19100, e le specifiche OGC e W3C



WEBGIS Regione Sardegna

- <http://www.sardegnameoportale.it/webgis/sardegname/mappa.html>
- <http://www.sitr.regione.sicilia.it/webgisportal>