

StuDocu.com

Appunti

Geomatica (Politecnico di Torino)

Geomatica

Prof. Gabriele Garnero

Prefazione Laurea: Gestione territorio, paesaggio, ambiente, risorse naturali. Aspetti tecnici ma anche umani e sociologici.

Introduzione al corso:

È l'ex corso di cartografia, serve per darci strumenti di base che serviranno per il nostro mestiere, questi strumenti sono gli elaborati cartografici.

Il corso vale **6 CFU** (Credito Formativo Universitario), quindi dobbiamo fare 60 ore di lezione (1 CFU= 10 ore). Ogni anno dobbiamo fare tot CFU e in base alle ore gli esami valgono più o meno CFU. Per questo corso è diviso in:

- Procedimento teorico del rilievo della superficie terrestre - 2 CFU
- Cartografia disegnata e cartografia numerica - 1 CFU
- Tecniche di produzione della cartografia numerica - 3 CFU

Il corso è uno SBARRAMENTO (Insieme a Evoluzione del pensiero urbanistico e della pianificazione) non ci si può iscrivere al 2° anno se non si è superato l'esame (maggiore o = a 18) entro settembre.

Il corso NON HA obbligo di frequenza.

L'esame ha prova scritta, con domande a risposta aperta su argomenti descrittivi, la durata è 1,5 ore. Troviamo una prova d'esame online.

Testo di riferimento: G.Amadio (2012): Introduzione della Geomatica, Flaccovio Editore.

Il corso è legato ad *Analisi urbanistiche e territoriali con strumenti GIS*, che sarebbe il lato più pratico di questa materia (ha anche con ore di pratica).

Esiste il corso dell'**ECDL specialized**, legato al GIS (ECDL-GIS). Il Politecnico dà la possibilità di fare questa certificazione, perchè ha un test-center interno. *N.b: GIS: Geographic Informatic System*

Dal momento che non tutti hanno fatto cartografia si partirà in modo misto, partendo dalle basi. Il corso non è matematico ma applicativo. Il nostro obiettivo non è fare dati ma saperli utilizzare.

LARTU: E' un laboratorio cartografico che collabora con il Poli per cui alcuni tecnici vengono anche alle lezioni e a cui possiamo chiedere aiuto etc.

L'e-mail del professore: gabriele.garnero@polito.it

Sta diventando un mestiere, il *GIM: Geographic Information Manager*.

Geomatica è l'evoluzione della cartografia grazie a strumenti informatici; concetto di *Geo (=terra) e Matica (=Informatica)*, comprende attività di:

- Rilievo: come si prendono i dati, rilevare
- Rappresentazione: come mostrare i dati, rappresentare
- Gestione: dei dati e info territoriali

Si usano strumenti di misura per rilevare aree vaste (non solo cortili come facevano i geometri) che sono in continua evoluzione (es: droni, satellite). Ovviamente i vari vecchi strumenti non verranno cancellati e quindi vanno un minimo conosciuti.

Esempi: Topografia, Fotogrammetria, Geodesia Satellitare (GNSS, o GPS), Digitalizzazione che forniscono la Cartografia Numerica. Applicandoci la strutturazione topologia insieme a telerilevamento, ortofoto etc. otteniamo una superficie geometrica di riferimento (rappresentazione cartografica).

Topografia di base:

Andiamo a fare delle misure del territorio: quali? Con quali strumenti? Con che procedure? Con che precisione?

La precisione può servire o no, e fare le misurazioni può costare o non costare niente, a seconda uso a scopi professionali o no.

A quale scopo?

1. Dare una rappresentazione: di porzioni di superficie terrestre della terra (Rilievi) o dell'andamento dei fenomeni
2. Eseguire tracciamenti di opere di ingegneria (Topometria)

Cosa misuriamo:

1) Angoli: Misuriamo l'angolo azimutale (orizzontali) o angoli zenitali (verticali). Misurato con teodoliti e tacheometri.

La verticale è l'elemento fondamentale per le nostre misurazioni.

2) Distanze: distanza geometrica tra due punti. Misurato tramite distanziometri elettro-ottici, GPS, metodi indiretti.

Nelle carte le distanze sono allo stesso piano.

3) Dislivello: differenza di quota con strumenti come livellazione geometrica.

Impostiamo il problema cartografico:

Il sistema di riferimento della Terra dev'essere universale per poter unire insieme dati dei vari stati, regioni etc. La superficie fisica è complicata, abbiamo bisogno di una **superficie di riferimento**, per ora ne abbiamo due: geoidi e ellissoidi.

Abbiamo due **rappresentazioni**:

- **Planimetria**: vediamo solo un piano, per ogni punto del piano otteniamo la sua proiezione sull'ellissoide
- **Altimetria**: vediamo in modo tridimensionale, è importante saperlo per molte cose, determiniamo le quote, cioè le distanze dal geoidi

Coordinate:

- Coordinate cartesiane del piano (X e Y).
- Coordinate curvilinee: su superficie tridimensionale.

Volendo **approfondimento storico** sul sito internet, principali rivoluzioni:

- Aerei: posso vedere i luoghi con una visione d'insieme, cosa che da terra non è possibile
- Gps: sparisce la necessità di vedere da un punto ad un altro punto, com'è sempre stato.

Lezione 2

Geodesia

Grazie alle **proiezioni ortogonali** io posso descrivere un oggetto o una struttura. Ma cosa accade se l'oggetto è complesso? Potremmo usare un'ipotetica carta e avvolgerla attorno (Es: torre di Pisa), ma spesso la struttura ha più strati. Dovrò quindi fare la "scalatura", perché a seconda della misura di riferimento devo fare diversi prospetti (esterno, centrale...). Va inoltre tenuto conto che la Torre di Pisa è una superficie a **semplice curvatura** (Cilindro, cono...), detta rigata.

Se invece la superficie non è rigata? Come ad esempio la Cappella della Sindone? Possiamo dividere l'interno tra parti alte e basse, le quali sono state rappresentate "srotolate" come tanti spicchi.

Nel caso della **Terra** per fare una rappresentazione dobbiamo fare delle approssimazioni perché la complessità della superficie fisica non consente la creazione di corrispondenze esatte.

I **problemi** sono due:

- Scelta della superficie di riferimento – **Geodesia**
- Lo sviluppo sul piano di tale superficie - **Cartografia**

L'unico caso in cui non si rende in piano è il mappamondo, ma per rappresentare superfici più piccole è impossibile usarlo. Bisogna però stare attenti: qual è il sistema di riferimento? C'è un sistema di nazionale/interazione comune?

N.b: Per fare il Piemonte a 1:10'000 servono circa 800 pezzi di carta.

Com'è fatta la terra?

La Terra ha diverse densità (la cui media è 5) ed è formata da **diversi strati**:

- Crosta terrestre: tra i 17 e i 70 km di spessore
- Mantello: fino a 2900 km, è formato da mantello superiore (spesso 1000 km) e inferiore (spesso 1900 km)
- Nucleo: formato da uno strato liquido esterno e uno solido interno

La **teoria della tettonica a placche**: la crosta terrestre è divisa da placche o zolle che galleggiano su uno strato sottostante. La deriva dei continenti spiega come questi non siano fissi, ma si muovano continuamente e come negli anni abbiano cambiato posizione. Tutti derivano dalla frammentazione della **Pangea**.

Finché misuriamo localmente vediamo tutto fermo, ma se usiamo sistemi GPS 24h/24 noteremo che non è così.

Moti della Terra

- **Moto di rotazione**: Movimento della **Terra su se stessa** (sull'asse polare), il suo asse è inclinato per circa $26^{\circ} 26' 32''$.
- **Moto di rivoluzione**: Movimento **intorno al Sole** che dura un anno siderale, essa si muove in un'orbita ellittica.
- **Moto di precessione**: Rotazione dell'asse polare, molto lento.
- **Le maree**: La marea è l'oscillazione verticale del **livello del mare** causata dall'attrazione gravitazionale combinata del Sole e della Luna, ogni 6 ore. Il dislivello tra alta e bassa marea si chiama "ampiezza di marea".

Il **mareografo** è uno strumento che serve a misurare il livello medio del mare su lunghi periodi temporali, abbiamo un galleggiante collegato ad un registratore che registra le altezze del mare. E' molto importante per misurare i metri d'altezza sul livello dal mare, che sono poi usati come riferimento per le carte. In Italia quello più vecchio è quello di Genova.

La terra è tonda e liscia come una palla da biliardo: L'Everest è alto 8.848 m mentre le fosse delle Marianne sono profonde 10.994 m. Il raggio medio terrestre è 6370 km, quindi le irregolarità sono nell'ordine di 1/1000. L'appiattimento è nell'ordine di un 3/100, quindi quasi impercettibili.

Il Geoide

Il Geoide è quella superficie che è sempre perpendicolare alle linee di forza del campo gravitazionale (del livello del mare). Sarebbe la linea su cui l'acqua della Terra si disporrebbe se non ci fossero venti, terre emerse etc.

Da cosa consiste **l'attrazione gravitazionale**? Tramite la formula dell'attrazione newtoniana possiamo scoprirlo. L'attrazione gravitazionale sale man mano che i due corpi si avvicinano.

$$\vec{F} = G \frac{m * M}{l^2}$$

Va anche considerata la **rotazione terrestre** (forza centrifuga), essa varia se sono all'equatore (punto di massima forza) o ai poli (punto di forza minima).

$$\vec{g} = \vec{F} + \vec{f}$$

Noi abbiamo bisogno di conoscere "orizzontale" e "verticale", che serviranno a rappresentare l'elemento fisico che vogliamo rappresentare: la **gravità**. (Orizzontale: quando un elemento fisico è in equilibrio con la superficie).

Le **due forze** (gravità e centrifuga) sono differenziali; da questi possiamo ricavare la funzione equipotenziale che serve a descrivere la gravità.

Le **linee di forza** della gravità non sono però uguali e influiscono su superfici equipotenziali.

Spesso nella storia si è data poca importanza alla diversità dei sistemi cartografici, creando delle **deformazioni cartografiche** da stato a stato. Con il GPS ci si è dovuti adeguare e mediare, utilizzando il geoide **GRS80**.

Ellissoide

Molti studiosi dissero che la terra era una sfera schiacciata, così cercarono di rappresentare in modo matematico il geoide.

Visto che il geoide è difficile da calcolare, possiamo usare l'Ellissoide, che però differisce dal geoide (Es: a Torino c'è una differenza di circa 50 m). Questo sistema usa longitudine (paralleli) e longitudine (meridiani), le cosiddette **coordinate**.

Teoremi della geodesia operativa:

Con le formule di *Puiseaux-Weingarten* possiamo misurare sia sul geoide che sull'ellissoide **senza differenza** (o comunque con un errore talmente piccolo che non ne teniamo conto, es: su 1 km è 0,004 mm in planimetria).

La **geometria ellissoidica** è molto complicata, ma nelle piccole superfici posso **considerarle piane** e semplificare quindi la situazione. Ma fino a quando posso smettere di considerare una superficie piana e passare ad una sfera, e viceversa? Devo sapere quanto questa cosa influisce e se è maggiore o minore dell'accuratezza con la quale io misuro.

E qual è la mia **accuratezza**? E' 1×10^6 (1 mm per km).

Quindi fino ai 10-20 km posso continuare a considerare la terra piana (in planimetria). In altimetria le cose cambiano: a 0,5 km avrò un dislivello di 2 cm, a 1 km sono 7,9 cm.

Riassumendo:

- Geoide: superficie di riferimento che non sappiamo trattare, poiché molto complicata
- Ellissoide: lo utilizziamo al posto del geoide, fino a tratti di 100 km

Lezione 3

Cartografia

La cartografia è un prodotto di **sintesi** tra varie rappresentazioni, che utilizza codici per rappresentare una superficie di riferimento.

La rappresentazione cartografica non può essere ottenuta senza strappi o **deformazioni**: dal punto di vista analitico sono due funzioni matematiche che trasformano una parte di superficie da tridimensionale a piana. Queste **funzioni** trasformano una coppia di valori ("fil" e "anda", f e g) in una coppia di valori (X e Y).

Normalmente ci aspetteremmo che una carta mantenga angoli e non ci dia punti deformati, ma dato che ad **ogni punto** della superficie di riferimento corrisponde un solo punto sulla carta questo accade: nella realtà infatti non esistono carte perfette.

Come faccio quindi a passare da una superficie sferica a piana? Utilizzando i **moduli di deformazione**:

- Modulo di deformazione lineare: rapporto tra lunghezza di un segmento misurato sulla carta e il suo corrispondente misurato sulla superficie di riferimento
- Modulo di deformazione areale: rapporto tra misura misurata su carta e il corrispondente sulla superficie di riferimento
- Modulo di deformazione angolare: differenza tra un angolo misurato su carta e il corrispondente sulla superficie di riferimento

Come passo da un supporto **tridimensionale a bidimensionale**? Proietto l'immagine sferica su un foglio e poi spiano. Avrò quindi dei punti di riferimento sulla realtà che andranno successivamente proiettati sulla cartografia.

- Proiezioni: rappresentazioni con mezzi geometrici
- Rappresentazioni: fatte utilizzando mezzi analitici, elimino il concetto geometrico

Scala di una carta

Devo sapere il **rapporto** tra le grandezze della carta e quelle nella realtà (Es: 1:1.000, vedo più grande di 1:10.000).

Ovviamente non posso prendere una cartina in una scala e stamparla in un'altra scala (se stamperò più piccolo mi verrà tutto nero, viceversa mi verrà una carta povera).

Come si classificano le varie carte?

In funzione delle scale

- Geografiche: minore a 1:1.000.000
- Corografiche: tra 1:100.000 e 1:250.000
- Topografiche maggiore di 1:25.000
- Piccola scala: minore di 1:25.000
- Media scala: tra 1:25.000 e 1:10.000
- Grande scala: maggiore a 1:10.000

In funzione del contenuto

- Carta di base: riporta la maggior parte di dati possibili
- Carta tematica: riporta una serie di dati specifici

Precisione delle carte

Ovviamente le misurazioni andranno fatte in base alla scala delle carte, per esempio non ha senso misurare al centimetro in una carta 1:10.000. Se io leggo una carta utilizzando i quarti di mm, (utilizzando quindi i metri con 1:10.000) non potrò avere una grande accuratezza, dovrò usare scale inferiori.

Per esempio gli **errori di graficismo** sono:

- 1:25.000 – 5 m di errore
- 1:10.000 – 2 m di errore
- 1:5.000 – 1 m di errore
- 1:2.000 – 0,40 m di errore

L'errore è normale che ci sia, se faccio un collaudo di un 1:2.000 e mi viene un errore di 20 cm o su un 1:10.000 è di 2 m, non importa. Possiamo avere una **tolleranza** di massimo **3-4 volte** quelli scritti prima in elenco.

Esistono **più tipi di carte**:

- Regolari: carta classica, scala di riferimento corretta
- Speditive: carta derivata da una carta di scala maggiore, si utilizza quando ho zone sprovviste di regolare cartografia
- Rilevate: la carta arriva da fotografie fatte appositamente
- Derivate: derivano da più materiali diversi e uniti

Proiezioni cartografiche:

S'intende una tecnica di formazione di carta che **proietta geometricamente** i punti dell'ellissoide in una superficie sviluppabile sul piano.

Nel caso di una sfera posso utilizzare un **cilindro** che posso tenere verticale (cilindriche dirette, tangente sull'equatore) o tenerlo orizzontale (cilindriche inverse, tangente ad un meridiano).

La Francia usa utilizza delle **proiezioni coniche**, quindi in base all'orientamento saranno coniche tangenti, secanti, dirette e inverse.

Proiezione stereografica polare: è un metodo per ottenere una proiezione delle calotte polari; otterrò sulla carta le trasformate dei **paralleli** (a circonferenze concentriche) e dei **meridiani** (raggi), essi sono tra loro perpendicolari, quindi la carta può essere definita conforme.

La **deformazione** di questo tipo di carta sale man mano che si allontana dal polo.

Lezione 4

Il contenuto cartografico

N.b: Larghezza strada 1,50 m, strada 7 m, casa 15x10 m

A scala 1:1000 alcune cose non si vedrebbero, (es: pali della luce) ma a noi servono, come faccio?

Noi abbiamo varie **tipologie di rappresentazione**, non solo la classica metrica, ma anche quella **simbolica** (Simbolismo cartografico), utilizzerò quindi simboli (Es: per indicare le strade, pali della luce, chiese...) che non tengono conto della scala. Alcune cose però, come i marciapiedi, nei 1:10.000 scompaiono.

Come sapere se **mettere una cosa o no?**

Abbiamo una problematica di **soglie** di acquisizione/accuratezza: ogni oggetto è stato quindi definito da un'obbligatorietà dell'**Intesa GIS**. Questa Intesa introduce delle soglie di accuratezza posizionale.

N.B: CTC= carta tecnica comunale (P= provinciale, R= regionale. L'aggiunta della "s" alla fine sta per **speditiva**). IGM= Istituto geografico militare.

Lezione 5

Rappresentazione di Gauss

In questa **tipologia di carta** succedono tre cose:

1. L'equatore si trasforma in asse delle ascisse E

2. Il meridiano d'origine si trasforma nell'asse delle ordinate N
3. Se prendo un arco di lunghezza L sul meridiano tangente, questo deve trasformarsi in un segmento uguale sulla carta
4. Un angolo Alpha deve mantenersi uguale sulla carta

Il mondo si **deforma** e si vede sempre peggio man mano che ci si **allontana** dal meridiano tangente (man mano che aumenta la longitudine; il coefficiente di deformazione lineare). Per far funzionare meglio la carta dobbiamo **tagliarla** in tanti **fusi di 3°** ma abbiamo comunque delle deformazioni ai lati del fuso. Per ridurre questa deformazione (**Coefficiente di contrazione**) di 1,0008, invece di andare a considerare un cilindro tangente sul meridiano centrale, lo prendo un po' più piccolo e considero un cilindro secante (avrò un coefficiente di deformazione minore, 0,9996), in questo modo la deformazione si riduce e 1,0004.

Applicazioni della cartografia di Gauss in Italia

Negli anni '40 il *prof. Boaga* ha creato un sistema di cartografia nazionale usato fino all'avvento dei GPS: chiamato **Gauss-Boaga/Roma40**.

Successivamente negli anni 50, ci si mette d'accordo e si crea un sistema comune. **UTM/ED50**

Con l'avvento dei GPS, viene utilizzato il sistema **WGS84**.

Roma40

Boaga ha preso l'Ellissoide di **Heyford 1909** e l'ha orientato a **Roma Monte Mario** (all'osservatorio astronomico). Ha utilizzato due fusi: uno a Ovest da 6° a 12° e uno a Est da 12° e 18°, dal momento che non bastava si aggiunsero 30' dopo i 18° per comprendere il salentino. Metà fuso era ampio 330 km.

Aggiunge una **falsa origine** di 1500 km al fuso ovest e 2520 km al fuso est per comodità (numero cifre costante e la prima cifra indica il fuso).

N.b: Equatore terrestre è lungo circa 40'000 km

Sistema internazionale UTM

Cercando di unificare tutto il mondo si pensò di usare di dividere il mondo in **60 fusi di 6°** partendo dall'anti meridiano di Greenwich (linea di cambiamento di data). L'Italia sta tra i fusi 32 e 33, e una piccola parte del 34.

La falsa origine delle Est è di 500 km, quindi punti diversi di più fusi avranno le stesse coordinate, ma considererò *Es: E N=Fuso 32 (cioè Est, Nord: fuso 32)*.

Per evitare confusioni si creano **20 fasce** da 8° ciascuna indicate con lettere dell'alfabeto e l'intersezione tra Fusi e fasce creerà **1200 Zone** identificate da un numero e da una lettera.

Cartografia UTM/ED50

In Europa viene utilizzato lo stesso ellissoide utilizzato da *Boaga* (Heyford 1909), ma orientato a Bonn, con valore non nullo.

N.b: 1" (1 secondo) = 30 m.

N.b: 1 miglio nautico= 1500 m

EPSG (European Petroleum Survey Group)

Codifica internazionale inventata da petrolieri, **oggi diffusa**, utilizzata ad esempio ad esempio dal **GIS**.

Altre cartografie

Carta di Arno Peters

Carta del 1973, che è riuscito a rappresentare il mondo, usata spesso nei paesi anglo-sassoni. E' una carta equivalente che **rispetta le superfici** dei continenti.

Proiezione conica di Lambert

Usati per rappresentare alcuni stati, come la Francia.

Proiezione di Cassini

Vecchia proiezione, utilizzata dal **catasto**, abbastanza **semplice**, prende delle curve X e Y sull'ellissoide e le si appiattisce sul piano, utilizzando gli assi X e Y, questo va bene fino a 60-70 km. Si poteva benissimo usare perché le superfici del catasto sono ridotte e provinciali, quindi non si sono avuti problemi.

Lezione 6

Rappresentazioni isometriche "rettilinee"

Le cartografie sono tutte deformate, perciò quando si lavora su un'opera di ingegneria o infrastruttura è necessario fornire agli **operatori** coordinate il più possibili vicino a quelle "reali" e semplici. Potrò ad esempio usare delle **coordinate rettilinee**. Vengono usate false origini per non cadere in confusione.

Materializzazione del SR: la rete IGM "storica"

Prima dell'avvento dei distanziometri ad onde le **misurazioni** erano molto **lente e costose** (si usavano alcune tecniche come i fili).

La rete storica fu realizzata con un sistema di **triangolazione e trilaterazione**: avendo un lato e gli angoli (ben 20.000 vertici) posso infatti ottenere un triangolo; si presero così solo alcuni lati e si tracciarono tutti i triangoli del paese.

Oggi il sistema è **formato da**:

- Una terna cartesiana
- Un Ellissoide
- Una Realizzazione
- Un Sistema di proiezione cartografica

L'**IERS** (International Earth Rotation and Reference Service) è un sistema internazionale creato nel 1988, per mantenere l'ICRF (celeste) e l'ITRF (terrestre).

La Terna cartesiana e l'ellissoide

L'**ITRF** (International Terrestrial Reference Frame) è un set di punti che ha realizzato un sistema di riferimento **mondiale** (ITRS – International Terrestrial Reference System).

Attraverso questa convenzione ottengo un **sistema di riferimento** globale che però non funziona perché la terra gira e si muove. Il **sistema italiano (IGM95)** è agganciato all'asse di rotazione terrestre dell'84, quindi non va più bene.

Oltre a ciò dobbiamo considerare che i **continenti si muovono**, quindi le coordinate sarebbero variabili.

Che fare quindi? La soluzione si è ottenuta creando un sistema di riferimento legato alla **placca europea**, si crea perciò il **ETRS**, usato tutt'ora.

N.b: L'Europa si sposta di 3 cm all'anno

Sappiamo che **GPS** non ha una precisione di più di 8 m; per migliorarla viene perciò utilizzato un **GPS differenziale**, che è collegato a dei **ricevitori permanenti** sul territorio, passando ad una **precisione di pochi millimetri**. Queste stazioni sono accese 24h/24 da anni, questo ha permesso di utilizzare i dati per creare delle **cartine dinamiche (RDN, Rete dinamica nazionale)** e ad esempio, per prevedere i terremoti.

Rete IGS (International GNSS Service)

Per GPS s'intende solo la **rete americana**, ma altri paesi hanno i loro sistemi (Es: **Galileo** per EU), quando voglio intendere tutti i sistemi uso il **GNSS**. L'**IGS raggruppa tutti i dati** delle 200 agenzie del mondo.

EUREF

Sistema di riferimento europeo, coincide con l'**ETRF2000**. Nazionalmente abbiamo ben 2000 punti ad una distanza di 20 km (in alcune regioni, come il Piemonte, sono ogni 7 km). Circa **99** di questi punti compongono le **stazioni permanenti** GPS utilizzate per la RDN (**Rete Dinamica Nazione**), che ha lo scopo di materializzare e monitorare con precisione il **Sistema di riferimento Globale**.

La **velocità Igb08** è la velocità di spostamento dei **moduli**, in Italia, come in EU, è di 3 cm all'anno. Esistono però dei **movimenti residui** che sono nell'ordine di pochi millimetri e vanno in direzione diverse, questo può provocare terremoti.

Reti di livellazione

È una grande rete che segue le strade e che **segna le altezze**, prendendo come riferimento Genova.

Conversioni

Come passare da un sistema all'altro? Le **conversioni** da **geografico a cartografico** grazie ad alcune formule possono essere fatte senza perdita di precisione.

Il **problema** l'abbiamo per passare **da cartografico a cartografico**, nessuno ha i parametri. I vecchi metodi utilizzavano delle **tavole di differenze** fornite dall'**IGM**, mentre qualcuno ha provato ad usare delle **formule polinomiali**; *Bencini* utilizzò delle **Isotransitive**, cioè linee che indicavano le deformazioni da applicare. Anche l'**IGM95** ha provato a fornire una soluzione.

Ognuno quindi trovava una **soluzione valida per il proprio lavoro**.

L'**IGM** ha creato così dei **grigliati di trasformazione**, queste trasformazioni altimetriche vengono oggi gestite da un **software (Vertok)**, i file che però contengono i vari grigliati sono a pagamento, possiamo quindi utilizzare **VertoGIS** che è gratuito.

I vari software commerciali hanno errori millimetrici per trasformazioni all'interno dello stesso datum, ma **errori molto grandi (8-20 m) tra datum** differenti.

L'**IGM** fornisce anche i dati in formato **NTv2**, che è un **formato internazionale**, **GRx** e **GKx** invece sono formati nazionali.

Taglio di una carta

Quando vogliamo avere solo una parte di una cartografia dobbiamo decidere il **tipo di taglio**:

Taglio geografico: **seguono le trasfornate** di meridiani e paralleli, viene usato in quasi tutte le cartine stradali/commerciali e da tutte le regioni, fatta eccezione della Lombardia e Valle d'Aosta

Taglio cartografico: Sono tagli che non seguono le trasfornate. Queste cartine hanno **due reticolati**:

- **Reticolato geografico**: è una rete che troviamo sulle cartine, ai cui margini troviamo le coordinate.
- **Reticolato chilometrico UTM/Gauss-Boaga**: costituiscono una griglia che segue i chilometri. Nel primo caso non è tracciato e dovrò usare dei simboli sulla cornice. Anche il reticolato chilometrico Gauss-Boaga non è disegnato, è quindi indicato con dei simbolini sulla cornice. Abbiamo una **legenda** dove troviamo le istruzioni delle cartine, che contiene anche le indicazioni del fuso, della zona e del quadrato di 100 km.

Cartografia nazionale

L'**IGM** nasce a Torino e si sposta a Firenze con lo spostamento della capitale, dove rimarrà. L'**IGM** ha una vecchia produzione e una nuova produzione.

A) Taglio della vecchia produzione: Il foglio di 1:100.000 viene diviso in 4 parti che si chiamano "quadranti" (1:50.000), questi divisi ancora in 4 abbiamo la "tavoletta" (1:25.000). I fogli sono circa 200.

B) Taglio della nuova produzione: Il foglio è ora in 1:50.000 che viene diviso in 4 parti (a 1:25.000) I fogli sono 636.

Negli anni '70 abbiamo l'**esigenza di cartografia tecnica** e l'IGM non riesce a stare dietro a tutte le richieste civili, ogni regione si fece così la propria carta: le cosiddette CTR.

Le **CTR** sono composte da **foglio** (1:50.000) vengono divise in 16 **sezioni** (1:10.000), ognuna distinta da un numero a 3 cifre (es: 120, 130, 140, 150...), ognuna di queste può essere divisa in 4 **elementi** da 1:5.000 (numerato con decimali degli elementi: es: 121,122, 123...).

A fianco di ogni carta abbiamo una **descrizione**. Le **CTC** sono invece create dai comuni, sono strettamente urbane e disponibili in 1:2.000 e 1:500.

Carte tematiche

Le carte tematiche sono create su una cartografia di base e **mostrano delle informazioni** e dati.

Per elenco completo carte tematiche vedere slide

Carta numerica

Con la diffusione dei computer in cartografia si è passato a delle carte numeriche o digitali.

Se devo **associare** una carta ad un **insieme numerico di dati (intelligenza del dato)** posso utilizzare queste **carte digitali** (Es: ogni casa ha il numero civico). Servirà una grande **precisione** per fare in modo che i software possano utilizzare questi dati (Es: non chiudere bene un quadrato, lasciare uno spazio tra due cose che non ci dev'essere etc. provocano **errori**). Ci possono essere anche delle **eccezioni** ma vanno definite, noi prima diamo le regole, sapendo che l'eccezione può esistere.

Queste carte si **ottengono** tramite digitalizzazione delle carte tradizionali (CND), fotogrammetria (CFN) o con strumenti topografici informatizzati (CTN).

Queste carte si dividono in **Vettoriali** (utilizzano punti, linee e poligoni) o **Raster** (utilizzano i pixel).

Lezione 7

Inizio seconda parte (fine Geodesia)

Trattamento delle Osservazioni e Trasformazioni piane elementari

Quali sono i problemi che ci poniamo?

Quando andiamo a fare una **misura**, se la ripetiamo più volte, questa può variare, ci sono quindi **errori**:

- Grossolani (operatore)
- Sistematici (strumento)
- Accidentali (di natura casuale, non si possono prevedere)

Quale sarà perciò la **misura vera**?

In primis va tenuto conto che le misure possono seguire dei vincoli geometrici, queste sono dette **Misure dirette condizionate** (Es: somma angoli=180°), e questo viene in mio favore.

Gli errori **grossolani** li posso normalmente eliminare, perché sono colpa dell'operatore (di distrazione). Anche gli errori **sistematici** possono essere eliminati (normalmente errori di strumentazione).

Gli errori **accidentali** però non possono essere rimossi, ma **minimizzati e gestiti**, attraverso la **statistica**, facendo:

1. Stima del **valore** della misura
2. Stima del valore di **precisione** della misura
3. Minimizzare e redistribuire gli errori rispettando i **vincoli geometrici** (Compensazione)

Abbiamo vari **tipi di misure**:

- Misure dirette: avute grazie ad uno strumento
- Misure indirette: derivate da formule partendo da una misura diretta
- Misure dirette condizionate: devono rispettare alcuni vincoli geometrici
- Misure dirette con esuberanza di osservazioni: Ho più misure di quel che servono, analizzandole separatamente grazie a varie equazioni il valore che otterrò sarà diverso.

Statistica

La **variabile statistica** indica come i valori argomentali si distribuiscano fra gli individui di una popolazione reale.

Terminologia:

- Popolazione: insieme **finito** di individui caratterizzato da un attributo X che può assumere valori diversi
- Individui: soggetti dell'indagine
- Attributi: caratteristica discreta degli individui che analizzo (es: colore capelli, altezza, età...)
- Valore argomentale: la misura dell'attributo

(Vedo slide per formule)

Posso rappresentare queste indagini con diagrammi o con una **funzione cumulativa di frequenza**.

La frequenza può essere **Assoluta** (numero di individui con valore argomentale) o **Relativa** (percentuale di individui sul totale che possiede il valore argomentale)

Parametri sinottici di una variabile

- **Moda:** valore argomentale che compare con la massima frequenza.
- **Mediana:** valore argomentale che divide in due aree uguali l'istogramma.

Momenti

Il momento si divide in: di 1° grado (**Media**) e di 2° grado (**Valore quadratico medio**).

Scarto: lo scarto è= valore – il momento (valore - media) (Es: media altezza 1,75 m, io sono alto 1,70 cm, perciò ho uno scarto di -5 cm).

Il momento di 2° grado della variabile scarto è detto **varianza** e la sua radice è detta **scarto quadratico medio**.

La **media** degli scarti è nulla; inoltre la **media** è quel valore che rende minima la varianza e ha significato di "**valore centrale**" tra i valori argomentali.

La varianza è un **indice di "dispersione"**, più essa è minore e più si è precisi (significato fisico della varianza) e quindi più è alta e maggiore è lo scarto.

Dalla statistica alla misura

La misura è un'**estrazione casuale di valori** argomentali da una popolazione ignota (**campione**), le misure **sono quindi infinite** e io ne prenderò una a caso. Non posso applicarci la statistica perché non ho un insieme finito di individui. L'estrazione è perciò un fenomeno aleatorio.

Come posso perciò dedurre la **vera misura**?

Posso perciò prendere un campione e usare la **legge empirica del caso**. Dopo un certo periodo avrò estratto tutti i valori argomentali della popolazione e la frequenza relativa tende a stabilizzarsi. In caso di fenomeni aleatori potrò avere dei risultati solamente dopo un gran numero di estrazioni

Passiamo quindi da una variabile statistica a **Variabile casuale**. Le frequenze associate alla variabile casuale si definiscono **probabilità**.

Variabile casuale continua

Le misure nel caso di variabile statistica possono essere prese da una popolazione continua (che varia sempre) e sono un **fenomeno aleatorio**. Anche per esse valgono i **Momenti**.

- **Variabile statistica:** solo discreta (popolazione reale)
- **Variabile casuale:** discreta o continua (popolazione possibile)

Potrò definire una densità di probabilità che avrà una **definizione di frequenza**.

Misura diretta

Fare una **misura diretta** significa **confrontarla** con un l'unità campione esprimendola.

Quali valori utilizzo? Devo stimarli grazie ad un criterio di **massima verosimiglianza**: Dovrò massimizzare la **probabilità composta** ed estrarre le osservazioni. Questa funzione ci porta al principio dei **minimi quadrati**, che ci porta alla stima della **media**.

Esempio: Misuro una distanza prima con una bindella metrica e dopo con un distanziometro elettroottico. (Vedere lezione n°4, pag. 25)

Misura indiretta

Quando (ad esempio) ho un lato e due angoli di un triangolo e voglio trovare il terzo triangolo, utilizzo un metodo indiretto, faccio una **stima**.

Stima della media

Vedo slide (N°4 pag. 35)

Stima della varianza

Stimiamo la varianza di una grandezza misurata indirettamente grazie a misure dirette **non correlate o correlate** fra loro.

Lezione 8

Misura indiretta di una grandezza con misure esuberanti

Se ad esempio devo trovare un punto P avendo due punti (A e B) e gli angoli, se sbaglio non me ne accorgo. Se invece le misuro i dati AP e BP, me ne potrò accorgere.

I **problemi cartografici** infatti vengono **sempre risolti** tramite una **sovraabbondanza** di osservazioni.

La triangolazione

È possibile che facendo le misure a caso e sperare di avere 180° ? No. Va però contato che se cambio di poco non importa (es: $180^\circ 15' 18''$). Una tecnica per risolvere può essere eliminare $1/3$ da ogni lato e trovare così la soluzione.

Il problema arriva in casi complessi come la triangolazione quando facendo i calcoli e arrivando ai lati noti ci accorgiamo che non coincidono. A noi serve **una sola soluzione**: dobbiamo trovare un metodo per averla.

In una di queste reti quante misure faccio? Io (ad esempio) posso avere 2 punti noti e 22 incognite da determinare, ho quindi bisogno di almeno 22 misure. Normalmente noi misuriamo più di quanto sia necessario, che facciamo dei **punti di troppo**? Cerchiamo di farli coincidere e renderli i più vicini possibile, sapendo comunque che soddisfarli tutti è impossibile.

Grazie a varie equazioni che posso applicare agli angoli potrò avere delle **conferme**. Esistono quattro equazioni: all'angolo, all'angolo di direzione, alla distanza e al dislivello.

Noi facciamo sempre **misure sovrabbondanti**, per circa 1,5-2 volte in più di quanto mi serve.

Siamo in grado di risolvere i **sistemi** a ugual numero di incognite e equazioni, ma non siamo in grado di risolvere un sistema con:

- Più incognite che equazioni: Vorrebbe dire che dovremmo scegliere un punto in modo arbitrario, e verrebbe fuori un sistema indeterminato (infinite soluzioni).
- Più equazioni che incognite: Il sistema non è più indeterminato, ma può essere impossibile.

Noi abbiamo sempre più misure di ciò che serve, la misura è un'equazione, quindi abbiamo equazioni di troppo.

Se inseriamo equazioni ai **minimi quadrati**, risolviamo il nostro sistema. Se chiudo l'equazione con uno **scarto** (non a 0), posso risolverla (vettore degli scarti).

Alla fine del calcolo otterrò le stime delle incognite (le mie misure), le stime dell'accuratezza delle mie incognite e i residui delle equazioni (scarti), utili per trovare gli errori grossolani. Gli scarti sulle misure sono quindi gli errori di misurazioni.

Le **grandezze topografiche sono tra loro correlate** perciò non potrò trattarle singolarmente a causa dell'effetto di una sull'altra.

Le coordinate di un punto possono essere trattate come variabile bidimensionale secondo la distribuzione di Gauss.

L'ellisse d'errore

Questo ellisse permette, grazie ad alcuni indici, di avere la misura corretta, utilizzando i **triangoli**: avendo un triangolo più largo l'ellisse sarà più tonda e sarà quindi più semplice trovare le misure.

Le **misure** possono essere: (figura slide n°4, p. 54)

- Precise e accurate (corretto): tutte le misure vicine nel centro
- Precise ma non accurate: misure vicine ma spostate dal centro
- Non preciso e accurato: misure sparse
- Non preciso e non accurato: misure sparse in una zona del bersaglio

Precisione: livello d'accordo tra i vari valori di una serie ripetuta

Accuratezza: livello d'accordo tra il risultato finale e il corrispondente valore vero

In caso di **misure monodimensionali** utilizzerò delle LE (Linear Error), che è un valore che funge da indicatore di qualità. Per capire la mia precisione userò questi diversi CE (es: CE50=precisione 50%, CE90, CE95...).

Lo stesso caso può essere esteso a osservazioni composte da due valori (X e Y). per grandezze **bidimensionali**.

Sovrapposizioni cartografiche

Può capitare che i comuni non abbiano carte utilizzabili. Il problema può verificarsi quando cerchiamo **dati storici**: I dati storici sono utili per la pianificazione, per esempio per evitare di costruire su letti fluviali, come in passato è accaduto.

Ad esempio potrò sovrapporre carte tecniche e catastali. Potrò avere dei problemi e traslandole le dovrò **far coincidere**.

Devo anche tener presente che un tempo alcune rappresentazioni includevano strutture che dovevano ancora essere costruite e che magari non furono mai edificate.

Andando a sovrapporre noterò che ci sono degli scarti di alcuni punti...

Trasformazioni piane elementari

Arriviamo perciò alle **trasformazioni piane elementari**: che significa trasformare un elemento (una carta) ad un altro (Es: carta delle caccie a Google Earth).

Devo far **traslare gli elementi**, facendoli variare di luogo (**traslazione**) e di orientamento (**rototraslazione**). Per fare la rototraslazione devo avere 3 osservazioni. Potrò anche modificarne la grandezza (**variazione di scala**). Potrò anche cambiarci la forma (varierò 2 fattori di scala). Man mano che ci saranno altre deformazioni le equazioni diventeranno più complesse (come l'omografia).

Se i punti non quadrano mi metterò a spostare l'elemento finché gli scarti non si ridurranno il meno possibile.

L'**omografia** è un raddrizzamento fotografico con il quale modifico una fotogrammetria, che al tempo d'oggi si fa con software di disegno.

Ma se avrò più di 4 punti, per esempio 15? La soluzione sarà applicare i minimi quadrati così da risolvere la questione; attenzione però che questo però **vale solo per superfici piane**.

Altre trasformazioni piane

Potrò avere altre trasformazioni, non lineari, come le **bilineare o polinomiale**. Notare però che potrò avere problemi come (esempio) la demolizione di una casa e la sua ricostruzione a 2 m spostata: starò prendendo dei **riferimenti errati**. Se però userò immagini più **"mollì"** (più flessibili) potrò adattare meglio a questi problemi.

Queste trasformazioni molli però sono calcolate su ogni punto dell'immagine e hanno **validità locale**. Attenzione però che alcune deformazioni possono peggiorare la mia carta.

Triangolazione: Posso applicare queste trasformazioni alla triangolazione, sistemando i triangoli.

Rubber sheeting: Usato per le polinomiali.

Spline: Varie tipologie d'equazioni.

Thin play spline: Usato per correzioni su supporti cartografici, per esempio quando le vecchie carte sono state piegate, bagnate... Questa tecnica tiene conto della carta come se fosse una piastra alla quale applichiamo un algoritmo per minimizzare l'energia di deformazione. Si utilizzò questa tecnica anche nel catasto.

Considerazioni:

Approccio globale:

Considero una regola di deformazione e la applico a tutta la cartografia, otterrò una deformazioni più o meno molle con il quale otterrò degli scarti (errori).

Approccio locale:

Ha il vantaggio di essere molle e quindi si adatta meglio ai punti. Andrò verso un risultato che "sembra buono", con trasformazioni esatte per i punti noti e approssimate per gli altri; avrò però scarti notevoli.

A volte si fa **prima** una trasformazione **globale** (per notare errori grossolani, punti sbagliati...) e **successivamente** tratto la carta a livello **locale**, in modo da soddisfare gli obiettivi richiesti.

Lezione 9

Misure angolari

Angoli azimutali

Si rilevano grazie ai **teodoliti**. Gli angoli si chiamano **azimutali** se sono sul piano orizzontale, **zenitali** se sono sul piano verticale. Avrò il vertice nel piano di stazione e i punti sulle piastre di collimazione (punti di arrivo).

Gli angoli zenitali varieranno in base all'**altimetria**.

Tipologie di strumenti (goniometri):

- Universali – Teodoliti: misurano tutti gli angoli, i teodoliti hanno precisione più elevata, i **tacheometri** sono meno precisi.
- Azimutali - Misurano solo angoli azimutali
- Eclimetri - Misurano solo angoli zenitali

N.b: 1" (i secondo) è un angolo che a 100 m si apre di 1 mm.

Tenere in stazione: posizionare e far star fermo e in bilico lo strumento.

Dal momento che è impossibile avere le **gradazioni sugli strumenti** (servirebbero diametri di 100m), avrò perciò un sistema di lenti: è infatti impossibile avere schema diretto.

Notare che un tempo i teodoliti erano aperti e si vedevano bene le parti, oggi sono chiusi le parti sono nascoste.

Il teodolite è costituito da:

- Treppiede: è a 3 punti per avere sempre un piano stabile
- Basetta: collega il teodolite al treppiede
- Piombino ottico (un tempo il filo a piombo): usato per mettere lo strumento perfettamente verticale
- L'alidada: sono i montanti verticali che sostengono il cannocchiale
- Collimatore: cannocchiale vero e proprio, mettiamo a fuoco grazie ad una lente intermedia interna (ci fossero fessure per modificare la distanza tra le lenti entrerebbe polvere e umidità)
- Livella sferica: dà un assetto verticale approssimato
- Livella torica: è un tubo, quindi è più precisa
- Cerchi graduati: per fare le misurazioni
- Cerchio reiteratore: per far ruotare il collimatore, può essere ruotato direttamente
- Cerchio ripetitore: Può essere ruotato solo indirettamente (con levette)
- Percorso ottici di lettura: il percorso che la luce fa per arrivare ai cerchi

Abbiamo sia micrometri **a stime** (goniometri), hanno modeste precisioni, sia **a scala** (tacheometri), con media precisione.

I pionieri e grandi studiosi dei teodoliti sono *Wild e Porro*.

Condizioni di rettifica

Come devono essere le condizioni di rettifica dei nostri strumenti? Ci sono alcune **condizioni geometriche** che devono essere riprodotte nel macchinario per garantire misure corrette, alcune delle quali vanno assicurate dal costruttore (intrinseche), altre dall'operatore (operative).

Queste **condizioni sono tra i vari assi** e sono 4: se non ho gli assi corretti non avrò le giuste misure. E' difficile avere le cose perfette, perciò avrò delle tolleranze. (Vedere slide 5°, da pag. 43 per tutte le condizioni)

Come eliminare le tolleranze? Abbiamo delle condizioni che lo strumento deve mantenere, come un **giunto cardanico**. Otterrò queste condizioni grazie alla livella, dovremo ruotare alcuni assi e controllare che la livella sia ancora dritta.

Dopo aver fatto tutte le verifiche però rimarranno vari errori, detti **residui**: errore di verticalità, orizzontalità e ortogonalità.

Messa in stazione

Essa consiste in alcune operazioni:

1. Centramento approssimato
2. Centramento preciso
3. Verticalità approssimata
4. Verticalità precisa
5. Controllo

Tecniche di misura angolare

Tutte le misure angolari che farò verranno segnate in un modulo, detto **registro o libretto di campagna**, oggi elettronico.

Per eliminare le varie errori userò la **regola di Bessel** (cerchio di sinistra e cerchio di destra).

Quando voglio misurare angoli azimutali, per verificare che siano corretti, farò varie misurazioni e poi farò le somme.

Nel caso di **angoli zenitali**, dirigerò lo zero verso l'alto, ma se serve una grande precisione quando guarderò i due angoli destro e sinistro, l'errore può avvenire perché sbaglierò a **posizionare lo 0** e di questo dovrò tenerne conto.

Le misure di distanza

Quanti **tipi di distanza** abbiamo?

Distanza reale (o inclinata): Lunghezza **tra due punti collegati**, sarebbe la distanza geometrica (es: dalla punta delle mole alla punta della statua). Normalmente queste misure vengono poco utilizzate a fini pratici (da non confondere con la "distanza catenaria": nel quale uso un filo, e quindi dovrò tenere in considerazione altri fattori).

Distanza orizzontale: Passiamo a questa dalla reale moltiplicano per seno o coseno. Sarebbe la **distanza tra due punti in modo orizzontale**, cosa che nella pratica è impossibile da trovare. Va ridotta alla superficie di riferimento.

Distanza topografica: Notiamo che le due verticali da cui partono le **distanze non sono parallele**, questo capita perché sono prese in due punti della Terra, che è tonda. La distanza sarà minore della proiezione orizzontale. Dovremo perciò utilizzare una formula in cui compare **Q**, che corrisponde alla **quota media** dell'opera.

Dovrò perciò fare una **riduzione del geoide**: quando sono ad altezza di Q di 6 m l'errore relativo è trascurabile, perché sono praticamente sul geoide. Ma appena sarò a 60 m l'errore è già di 1 cm su 1

km e se sono a 600 m è già 10 cm su km: non va più bene. Notare anche che a questa distanza andrà anche applicato **ML** (modulo di deformazione lineare).

Lezione 10

Strumenti semplici per la misura di distanze

La misura diretta è fatta grazie a vari strumenti, come **nastri flessibili** (tipo metro) e **odometri** (ruota con contatore), ma vanno usati in piccole porzioni di spazio e devono essere pianeggianti e regolari. Ovviamente con questi strumenti posso avere piccoli errori.

Vecchi strumenti sono le **canne metriche**, cioè canne di bambù graduate, spesso con livella. Si parlava di **coltellazione** quando bisognava misurare le lunghezze su dislivelli con questo strumento.

La precisione di questi sistemi erano al centimetro. Per le misure più grandi si usarono altri sistemi come **l'apparato a fili di Jaederin**, difficile però da usare perché il filo andava mantenuto in tensione.

Misure indirette di distanze

Nascono nell'800 per sostituire le misurazioni dirette, utilizzavano **goniometri** con mire, ma la precisione era modesta, venivano misurati degli angoli per ottenere le distanze. Lo strumento comprendeva una **stadia graduata** sulla quale orientavo il collimatore del goniometro; dentro quest'ultimo trovavo delle tacche usate per leggere le misure sulla stadia. Queste misure erano anche più rapide e meno onerose.

Misura elettronica delle distanze

IL concetto di base consiste nel **mandare un raggio** che batte contro un prisma e torna indietro, così grazie al calcolo del tempo che ci impiega, otterrò la distanza. Furono perciò utilizzate le **onde luminose**, più rettilinee di quelle sonore.

N.b: 340 m/s è la velocità del suono nell'aria, 300.000 km/s è la velocità della luce nell'aria

A causa della velocità così elevata della luce serve un'**accuratezza molto alta**, per esempio se sbaglio di 1 millesimo di secondo avrò un errore di ben 300 km. Le onde si spostano anche in **modo ondulatorio**, ma grazie ad una certa formula potrò utilizzarle.

Come concentro un'onda? Uso delle onde più penetranti, che hanno una lunghezza d'onda più corta, perché quelle lunghe si disperdono nello spazio. Perciò per fare le misurazioni avrò bisogno di onde corte, ma non è possibile su lunghe distanze, come fare?

La soluzione si è trovata utilizzando le **lunghezze d'onda modulari** e **lunghezze d'onda portanti**: l'onda portante è quella corta che grazie all'onda modulare (lunga) viene portata lontano. Tutto ciò grazie al **modulatore d'ampiezza** (Geodimetro).

Che differenza ho tra specchio e **prismi riflettori**? Con lo specchio avrò una grande difficoltà a orientarlo per rimandare l'onda indietro, specie su lunghe distanze. Con il prisma, che ha una forma particolare, il raggio tornerà indietro sempre **parallelo a dov'è arrivato**.

Geodimetri a modulazione

L'onda in base a dove arriva cambia l'inclinazione: se arriverà a meno di **mezza lunghezza d'onda** essa cambierà il suo l'angolo. Avrò quindi uno **sfasamento** che però grazie ad alcune formule potrò misurare.

Tutte le distanze sono fatte da un numero intero di mezza lunghezza d'onda, più un pezzo di mezza lunghezza d'onda.

Ambiguità di fase

Se voglio misurare una distanza di 1 km avrò bisogno di un'onda di 2 km. Ma essendo la precisione di 1/1000 di mm avrò un'accuratezza di 2 m.

Quindi questo strumento non andrebbe bene a queste distanze; otterrò però una misura indicativa. Lo strumento perciò farà **più misurazioni** con altri valori **10 o 100 volte** più piccole, ottenendo perciò l'accuratezza che desidero (10 o 100 volte più precise).

Correzione per precisione e temperatura

La luce non è sempre uguale: la **temperatura e la pressione** la influenzano. Ad esempio avrò già una variazione di 1 mm sul km per la variazione di 1°C di temperatura.

Geodimetri a impulsi

Lo stesso discorso appena fatto vale anche per questi distanziometri a impulsi, che però non necessitano del prisma. Questo strumento utilizza **un solo impulso** per fare la misurazione e ha una distanza che arriva fino a 5 km (con prisma) e **dai 200 ai 800 m senza prisma**.

Longimetri

Esistono anche i longimetri a **ultrasuoni**, oggi spariti per le **basse portate** (15-20 m), mentre i **longimetri a laser** hanno distanze anche di 200 m e vengono comunemente utilizzati in cantieri e nell'edilizia. Visto che non sono sicuro di dove arriverà esattamente il raggio il longimetro dà la possibilità di scegliere le misurazioni minori o maggiori (per esempio per calcolare un angolo).

Apparati EDM

Sono strumenti che si sono pian piano evoluti diventando sempre più piccoli e portatili, fino a stare sul tripiede. Si è arrivati anche a questi strumenti sovrapposti ai teodoliti, per misurare sia **angoli che distanze**.

Nascono così le **Total station**, formate da teodolite, distanziometro ad onde e un registratore di dati. Si arriva così a **memorizzare i dati** e a stazioni automatizzate che seguono il prisma. Abbiamo anche un **controller remoto** per comandare le total station da lontano.

Quote e dislivello

La **quota** è la distanza di un punto P dal geode, lungo una linea rettilinea di gravità. Mentre il **dislivello** è la differenza di quota tra due punti A e B.

Ma perché a questo punto non seguire le **rette elissoidiche**, che sono più semplici? Perché **il mare non segue l'ellissoide**. Possiamo però ancora calcolare il dislivello grazie a una **linea piana** quando le **distanze sono minori di 100 m**.

La **pendenza** è la tangente dell'angolo che collega i due angoli.

Errori:

Errore di sfericità: Sono errori dati dalla sfericità della terra.

Errore di rifrazione: La luce si sposta in modo rettilineo in un materiale trasparente e isotropo, ma spesso questa condizione non c'è (l'aria è trasparente ma non isotropa) e l'atmosfera non è omogenea.

Possiamo quindi sommare sia gli errori di rifrazione che di sfericità. Viene quindi creata una **costante K**, che però varia in base alla zona, all'orario, alla pressione e temperatura; il **valore medio** di K è stato deciso a **0,13-0,14**.

Classificazione delle Livellazioni

- A visuale libera: posso muovere il mio cannocchiale
- A visuale obbligata: non posso muovere il mio cannocchiale

Ci sono anche **livellazioni non topografiche**, come le **barometriche**, che contando che la pressione varia con l'altitudine, potranno essere usate per avere una derivata di essa, attenzione però che vanno bene solo per brevi periodi.

Altra tipologia sono le **livellazioni idrostatiche**: vengono utilizzate per il monitoraggio delle strutture, perché automatizzate (es: dighe, duomo di Milano...). E' infatti un grosso problema se le strutture di muovono in maniera differente tra le sue varie parti (**cedimenti differenziali**).

Livellazioni a visuale libera: Utilizzo due punti di osservazioni, posti agli estremi, dovrò sapere la distanza in contemporanea, quindi serviranno **due teodoliti** (ovviamente se passano 5 minuti non succede nulla). Se non posso farle in contemporanea avrò più problemi; mentre se la **distanza è corta** non avrò problemi (userò la lettura di stadia o distanziometri elettronici).

A visuale obbligata: Utilizzo strumenti che non posso orientarsi e hanno visuale solamente orizzontale (il livello), hanno grande precisione.

La livellazione potrà essere **da un estremo**, ma avendo la necessità di essere in perfetta parallelismo non viene comunemente usata; avrò certo una tolleranza, ma l'errore rimarrà sempre, perché è

impossibile stare perfettamente in piano. La soluzione è **mettersi nel mezzo** (equidistante tra i due estremi) per visualizzare la misura. Posso anche essere fuori asse, l'importante è essere nel centro. Questa misurazione inoltre mi **elimina gli errori** di rifrazione e sfericità. Se sono in pendenza farò più misurazioni.

Livellazione geometrica chiusa: Per capire se ho fatto bene le misurazioni dovrei fare un **ciclo di misurazioni** (livellazioni in andate e in ritorno) e tornando al punto di partenza non dovrei avere un dislivello (oppure molto piccolo, ci sono delle tolleranze ammesse).

I livelli

I **livelli** sono gli strumenti per queste rilevazioni obbligate. Dovrò avere gli assi rettificati. Gli **autolivelli** sono degli strumenti che si mettono da soli in orizzontale, in modo meccanico o ottico. Esistono **autolivelli di precisione e da ingegneria** (usata nei cantieri).

Livelli digitali: hanno dei sistemi di **lettura automatica**, che utilizza dei sistemi di lettura ottica, essi leggono delle stadiie in cui sopra troviamo una specie di codice a barre.

Livelli laser: che possono essere fissi (come un semplice livello) o rotanti, con quest'ultimo un solo operatore potrà eseguire tante livellazioni in un raggio di cento metri intorno al livellatore.

Lezione 11

Il GPS

Il **GNSS** (Global Navigation Satellite System) è l'insieme di tutti i **sistemi GPS** del mondo dei vari paesi, come GLONASS (Russo), Galileo (EU)...

N.b: GNSS radar= applicazione che mostra i satelliti delle varie costellazioni GNSS.

Ovviamente sceglierò le **precisioni** e gli strumenti GPS in base al **prezzo**, che va da 10 euro fino a 10-12k di euro.

La **precisione va da 8 a 10 m a pochi mm**. (Fino al 2000 il segnale era distorto e quindi la precisione arrivava a 80-100 m). Già comunque quando la precisione era di 100 m fu una rivoluzione e il GPS era utilizzabile in molti ambiti. I **tempi** di rilevazione sono quasi **istantanei**.

Vantaggi del GPS:

- Condizioni atmosferiche non ostacolano il rilievo
- Non occorre collimazione: non serve la inter-visibilità dei punti
- Grande semplificazione nel trovare i punti nei rilievi cartografici
- Tempi ridotti

Il sistema GPS

E' un sistema creato dalla difesa degli USA e nel 91' si è affiancato l'uso civile. Ogni 8 anni i satelliti vengono aggiornati e cambiati. La struttura del GPS è formata da:

- Segmento spaziale
- Segmento di controllo
- Segmento di utenza

Segmento spaziale:

È formato da circa **24 satelliti su 6 piani orbitali** con 4 satelliti l'uno. L'orbita è distante dalla terra di 20'000 km, compiono perciò un'orbita ogni 12 ore (meno 4 minuti, così la configurazione della rete cambia sempre). I satelliti sono dotati di 3-4 **orologi al cesio/rubidio (orologi atomici)** ad alta stabilità e precisione.

Segmento di controllo:

Costituito da **5 basi terrestri** in varie zone della Terra, dove i satelliti vengono controllati e monitorati; Possono sapere in ogni momento la posizione dei satelliti e tenere sincronizzati tra loro gli orologi satellitari.

Segmento dell'utenza:

Formata dai **dispositivi degli utenti**, spesso sono ricevitori con un software, normalmente su cavalletto/tripide.

Il sistema Galileo

Dovrebbe contare circa **30 satelliti** ed essere terminato entro il 2015.

Dovrebbe avere una **precisione maggiore** del GPS e dare continuità di servizio in modo da essere indipendenti dagli americani.

Avrà un servizio gratuito (**Open Service**) ma è già previsto un **Commercial service**, criptato e a pagamento, per servizi professionali.

Posizionamento dei satelliti

Dovrò definire gli assi x, y e z del satellite, che sono coincidenti con gli assi del **sistema WGS84**.

Quanto vale N (**modello di ondulazione**): non lo so ma posso conoscerlo grazie all'ondulazione del geoide.

Principio di funzionamento:

Come faccio a posizionare un punto avendo due punti noti? Dovrò guardare le **due circonferenze** dei punti e guardare l'incrocio tra queste due: ma in questo modo avremo due punti, devo anche contare

che i satelliti si muovono, perciò tratto le circonferenze come **sfere**, ma così avrò ancora più soluzioni... utilizzando una terza sfera avrò la soluzione.

Tuttavia i nostri dispositivi non hanno l'orologio atomico... questo crea un **mancato sincronismo**, avrei bisogno di un orologio atomico a Terra, ma questo lo posso usare solo in casi di monitoraggio di vulcanico etc. Dovrò quindi introdurre il mio orologio come incognita (sarà la 4° incognita), e inserire perciò un quarto satellite.

N.b: i satelliti d'osservazione terrestre sono a 6-7000 km dalla terra, mentre i GPS sono a 26.000 km.

Lezione 12

Il segnale GPS

È **formato da** una portante, da codici e da un messaggio.

- Portante: L'onda di comunicazione.
- Codici digitali: Sono codici binari modulati tramite le modulanti. Abbiamo due tipologie di codici, uno più rapido e uno più lento.
- Messaggio: Mostrano informazioni sul satellite.

Modernizzazione dei GPS: Avremo un nuovo codice (**L2C** segnale civile) e una nuova portante (**L5**) che permetterà un aggancio del segnale più affidabile.

Errori nei GPS:

Quali sono i fattori che causano un **degrado del segnale** del GPS? Abbiamo **errori sistematici** e **casuali**. I primi vengono trattati tramite **modelli matematici**, mentre i casuali posso essere limitati con adeguate tecniche di posizionamento e prolungando i tracciamenti dei satelliti.

Le cause di errore possono derivare dal satellite, dal ricevitore e per propagazione.

Satellite

- Errori di orbita: l'orbita è nota con un'accuratezza di 100 m.
- Errori di sincronizzazione degli orologi: Errori che possono giungere a 1 nanosecondo, cioè un errore di 2-3 m.

Ricevitore

- Errori di sincronizzazione dell'orologio
- Errore di offset del centro di fase dell'antenna
- Errore di multipath: causati da fenomeni di riflessioni di edifici o strutture (Es: facciate di grattacieli, serre, cartelloni metallici...).

Propagazione

- **Curvatura del segnale:** la traiettoria del segnale radio è rettilinea, ma nell'atmosfera è curvilinea, questo allungamento della traiettoria dipende dall'**angolo di elevazione**, che è trascurabile se questi sono maggiori di **15°-20°** (angolo di **cut-off**).
- **Ritardo ionosferico e troposferico:** l'atmosfera rallenta il mio raggio. Notare che questa caratteristica viene usata per le previsioni metereologiche.

Dal 1 maggio 2000 gli USA tolgono la **Selective Availability**, cioè la Difesa USA elimina le distorsioni, portando ad un segnale che migliorerà molto.

Tipologie di misure GPS:

1. Tipi di misura: Codice o Fase
2. Tecniche di misura: Assoluta o Differenziale
3. Tempi di elaborazione: Post processing o Real Time
4. Tecniche d'impiego: Statico o Cinematico

1.1 Misura di codice: Basato sulle stime di differenza di tempo ottenuta valutando un codice binario, posso avere errori di valutazione del tempo

1.2 Misura di fase: Calcola la differenza di fase

2.1 Posizionamento assoluto: Viene utilizzato un solo ricevitore che deve agganciarsi ad almeno 4 satelliti. Fornisce le coordinate cartesiane assolute. Abbiamo precisioni di 8-10 m, utilizzato prevalentemente nella navigazione.

2.2 Posizionamento differenziale di codice (DGPS): utilizzato professionalmente, vengono utilizzati due ricevitori per misurare una distanza (come si faceva con il distanziometro ad onde). Abbiamo un'elevata distanza e un'elevate precisione.

3.1 In post-elaborazione (Post processing): il risultato delle misure è ottenuto in tempi differiti, acquisirò le informazioni e dopo un po' di tempo prenderò i dati e li analizzerò.

3.2 In tempo reale (Real time): otterrò le informazioni in tempo reale, la tecnica ha le stesse caratteristiche del posizionamento differenziale di codice (rimozione degli errori sistematici comuni grazie ai due ricevitori).

Posizionamento differenziale RTK: le correzioni vengono apportate in tempo reale, di consueto queste correzioni vengono trasmesse dal ricevitore base attraverso un ricevitore radio e per telefonia radio.

4.1 Tecniche statiche: la stazione rimane ferma per un certo tempo.

4.2 Tecniche cinematiche: la stazione è in continuo movimento.

N.b: Distanza= spazio x velocità

Con la **misura di fase**, il pezzo al di sotto della mezza lunghezza d'onda sarà diverso da quello di partenza, portando ad una differenza di fase.

Cycle slip: Concetto per il quale quando avrò una perdita di segnale (Es: sto facendo una misura e passa un autocarro che interrompe il segnale di uno o più satelliti), grazie alla posizione degli altri satelliti, potrò chiudere il buco di dati.

Tecniche di misura:

Rilievo statico: Avrò un punto di **coordinate note** e sposterò l'altro ricevitore per fare le misure, più ricevitori avrò e meno tempo ci impiegherò a fare le misurazioni, abbassando anche i costi (raddoppiando i ricevitori avrò un aumento dei costi di 1,5 volte). Il **tempo** che il GPS va lasciato acceso varia da vari fattori e va **da 10 minuti fino a 40 minuti**.

Il rilievo statico veloce (fast static): Usa un **algoritmo** che velocizza la misurazione a **5-10 minuti**, con una precisione leggermente minore.

Rilievo cinematico continuo: Il secondo ricevitore, che è in movimento, si chiama **rover**. Calcolerò una **baseline** tra la stazione base e la stazione rover, dopo aver stabilito un segnale io muoverò il rover ottenendo dati. Parliamo di **rilievo cinematico continuo** quando il rover fornisce dati in modo continuativo, viene utilizzato ad esempio per il **precision farming**.

Il rilievo cinematico Stop & Go: Impiega un ricevitore che viene mosso per arrivare al punto da misurare, successivamente starò fermo 4-10 secondi e poi riprenderò a muoverlo per tutti i punti che devo ottenere.

Rilievo cinematico RTK: Usato per tracciamenti, userò **segnali radio** con il **protocollo RTCM**.

Un tempo si richiedeva di avere cura della **configurazione geometrica dei satelliti** e degli **ostacoli** che possono oscurare il segnale, oggi questa tecnica non si usa quasi più, tranne in alcuni casi. Abbiamo dei **momenti** nei quali fare le misurazioni sarà meglio e momenti in cui sarà peggio (**DOP Posizione**).

Tipologie di ricevitori GPS:

A "**costo zero**": Sono i nostri **cellulari**; nonostante il **basso costo** danno comunque molte possibilità, anche per usi pubblici. E' un nuovo mondo che non ha bisogno di informazioni al cm e che dà la possibilità di intervenire anche fuori dall'ufficio.

Ricevitori GPS per GIS: Sono **piccoli strumenti** (tipo palmari con tastiera) che hanno un'antenna integrata e una **precisione di 1-3 m**, ormai poco usati per avvento smartphone.

Reti di stazioni permanenti

Sono formati da:

- **Infrastruttura fisica:** Ricevitori GNSS fissi che acquisiscono dati di continuo
- **Infrastruttura di trasmissione:** Qualcosa che colleghi le infrastrutture fisiche
- **Infrastruttura di calcolo:** Per gestire e utilizzare i dati

Molti venditori hanno utilizzato questa rete permanente per farci un **business**, anche lo Stato ha una sua rete (militare, università, regionali...), la **RDN**: Rete dinamica nazionale.

Le **regioni** hanno le proprie reti, come il **Piemonte GNSS** (www.gnss.piemonte.it), che ultimamente si sta fondendo con quello della Lombardia.

Posizionamento NRT (NearResT Station): Abbiamo il nostro rover che si collega alla stazione più vicina, fornendo la correzione differenziale.

Posizionamento VRS: La rete crea una stazione virtuale vicino a me, utilizzando le correzioni delle stazioni permanenti.

Posizionamento i-MAX (Individualized Master-Auxiliary Corrections): Il centro di controllo genera un modello di andamento degli errori in tempo reale e crea una correzione di rete che si trova sul sito.

Posizionamento FKP

Posizionamento MAC: simile alla precedente.

Ogni tecnica ha i suoi vantaggi, la regione offre tutto **gratuitamente**.

Correzioni WAAS (in USA) ed **EGNOS** (in EU): Sono correzioni su area vasta, normalmente avremo tutti gli errori possibili, ma grazie ad alcuni **satelliti** fatti apposta potremo calcolare gli errori differenziali su tutta Europa.

Oggi abbiamo dei **software** che abbattano i tempi per la localizzazione del GPS, specie dove è difficile avere il segnale, normalmente questo sistema è basato sulla telefonia cellulare.

Lezione 13

Fotogrammetria

È una **tecnica di rilievo di dettaglio**, consente di ottenere informazioni metriche utilizzando immagini **fotografiche**. È impegnato nel rilievo di **grandi dimensioni** di territorio o di oggetti che necessita di un elevato numero di punti.

La fotogrammetria tramite i **droni** ha dato una nuova giovinezza ad un mercato che stava morendo. Un tempo servivano **macchine da 900.000 euro** e un aereo, ora con i droni costano massimo 10.000 euro, ma possiamo metterci sopra apparecchiature tanto costose? E possiamo aspettarci dai droni una **precisione** come quella delle vecchie macchine?

Se facciamo foto su autostrade, fiumi etc. dovremo usare la fotogrammetria tradizionale. Ma dovremo fare rilievi di parchi cittadini, rotonde, discariche non possiamo fare decollare un aereo per fare poche foto, quindi utilizzeremo i droni.

Vantaggi rispetto ai rilievi diretti:

Non serve il contatto fisico, rapidità, possono essere fatte offline, è un rilievo simultaneo di molti punti, economicità, uniformità di precisione dei punti.

Classificazioni:

- Tipi di presa: Terrestre e Aerea (La prima usata solo per edifici, oggetti meccanici, statue, reperti etc.)
- Tipi di elaborazioni: Analogica e Analitica (che non si usano più, ormai si è passati al digitale)
- Tipi di fotografia: Classica o Digitale (si usa solo la seconda, le foto sono numerate e organizzate in un grigliato di pixel).

Oggi ci stiamo avvicinando al **telerilevamento: Remote Sensing** (da satellite).

Storia:

Queste tecniche sono nate con l'avvento della fotografia e si sono evolute durante la guerra, arrivando fino al digitale negli anni 2000.

Prospettiva:

Con la **prospettiva centrale** io non posso ottenere **nessuna misura**, l'immagine infatti si ottiene rimpicciolita e inversa vicino al punto di presa.

La prospettiva ci fa vedere gli oggetti con **dimensioni differenti** a seconda della **distanza**. Quindi una prospettiva non mi conferma i rapporti dimensionali.

N.b: Concetto di **positivo e negativo fotografico**.

L'idea della fotogrammetria è di provare a vedere cosa succede se al posto di fare una foto, ne faccio due, come accade con i nostri **occhi**, che mettendo assieme due immagini creano la visione stereoscopica degli oggetti. La **acuità stereoscopica** negli umani arriva fino a 80-100 m, dopo vedremo le cose piatte.

Se io guardo il mondo dall'alto non vedo le montagne in stereoscopia, quindi teoricamente e foto aeree non sono stereoscopiche. Ma se io avessi una **risoluzione maggiore** riuscirei a vedere in modo stereoscopico, ed è ciò che facciamo in fotogrammetria: scatteremo una foto e ne scatteremo un'altra dopo 1 km, in questo modo avremo la visione stereoscopica.

Visione stereoscopica artificiale

Se i metto due foto diverse vicine il mio cervello verrà ingannato e **fonderà l'immagine**, facendomela vedere unita, esistono perciò i **stereoscopi** che servono a questo scopo. Nella vita di tutti i giorni il principio è applicato al **cinema 3D** etc.

Principio fondamentale

Io avendo solo un fotogramma non sarò in grado di capire la dimensione e la posizione dell'oggetto, ma avendo un secondo fotogramma riuscirò a capire questi fattori.

La fotogrammetria è una **misura angolare**, quindi utilizzerò il fotogramma per fare misure angolari.

Le fasi del rilievo:

1. Piano di volo
2. Acquisizione
3. Appoggio: determinare i punti necessari per orientare e scalare la foto
4. Orientamento: determinare i parametri che consentono di posizionare i punti di presa
5. Restituzione: disegno
6. Ricognizione: per integrare ciò che non si riusciva ad interpretare dalle foto
7. Editing

Lezione 14

Collaudo in corso d'opera: i lavori fotogrammetrici si collaudano mentre vengo fatti. I pagamenti infatti vengono fatti a scaglioni man mano che le varie fasi vanno a buon fine.

Camere fotogrammetriche

Questa parte è stata rivalutata dall'avvento dei **droni**, che utilizzano **camere amatoriali**. Esse sono formate da Obiettivo, Lastra o pellicola o sensore CCD, Cono oscuro, Telaietto o cornice porta lastra. Le **focali** in queste macchine sono al **micron**.

Le camere sono **analogiche** o **digitali**, queste possono essere anche classificate come:

- Camere metriche
- Camere semimetriche
- Amatoriali

Le camere aeree sono molto grosse (pesano più di 100 kg) e sono munite di **GPS**.

Gli **obbiettivi** sono classificati per **presa**:

- Normale: 56° (ambito urbano o grande scala)
- Grandangolare: 93° (media e grande scala)
- Supergrandangolare: 125° (piccola scala)

Dal 2000 in avanti vengono create le prime **camere aeree digitali**, che hanno una **barra dei sensori** che acquisisce fotogrammi (come uno scanner), mentre l'aereo si sposta. Successivamente si creano delle macchine con un sistema come quello delle macchine digitali, queste però avevano un piccolo problema di presa; perciò i **4 sensori** vengono messi un po' inclinati (a farfalla) e poi elaborati. Una delle più recenti macchine aeree digitali ha **256 mega pixel**.

Lo **scanner fotogrammetrico** servivano a scansionare le vecchie pellicole e trasformarle in digitale.

Camere fotogrammetriche terrestri: Ormai superate, venivano montate sul teodolite. Oggi vengono usate per oggetti e animali in movimento.

Fotogramma aereo: Su questo si trovano varie indicazioni, come orario, altimetria, il numero del fotogramma o della strisciata...

Sistema di riferimento interno

L'obbiettivo dovrebbe essere perpendicolare al **punto di presa**, per capirlo usiamo il certificato di orientamento interno. La fotocamera darà comunque delle **distorsioni** alle immagini, che si cercano di ridurre grazie a opere di **calibrazione**. Le **deformazioni** saranno maggiori nei punti esterni e più alti nel centro. Riducendo la distanza tra le varie lastre si riduce la distorsione.

Abbiamo anche il problema della **calibrazione**, perché una macchina su un drone si muove. Per calibrare queste camere stamperò un'immagine a forma di scacchiera, che fotograferò più volte; un software mi individuerà il reticolato e mi troverà la deformazione.

Scala media dei fotogrammi

La scala media dei fotogrammi è il **rapporto** tra la **dimensione massima del fotogramma** e la corrispondente **dimensione reale** dell'oggetto (Dimensione fotog./dimensione oggetto). Questo però vale solo in caso di **terreno piano**.

In base a quale scala voglio fare la carta dovrò scegliere una **diversa scala** di fotogrammi. Per i fotogrammi sappiamo che **1 pixel=0,2 mm**.

Posso anche applicare **filtri** alla fotocamera, come gli **infrarossi**.

Ricoprimento

Dovrò ricoprire il terreno **sovrapponendo** i diversi pixel delle **varie foto** che contengano la stessa porzione di terreno. Il ricoprimento minimo è 60%, con i droni si arriva quasi ad 80%.

La presa dei fotogrammi è organizzata seguendo **percorsi rettilinei**, uno stesso percorso si chiama **strisciata** (mentre l'insieme di strisciate si dice **blocco**). Se facciamo meno strisciate (avanti e indietro) sarà necessario un **ricoprimento laterale** maggiore. Ovviamente fare molte foto non costerà di più, mentre fare più strisciate sì. I **modelli stereoscopici** sono a coppie di due fotogrammi. I **parametri di volo** dovranno essere decisi in base a varie formule.

Fotoindice (footprint dei fotogrammi)

Per esempio dopo l'alluvione del 2000, il Piemonte ha richiesto una fotogrammetria aerea di 15.000 fotogrammi, dando una fotografia dell'intera regione. Fu anche la prima **ripresa aerea gestita in GIS e digitalizzata**. Questo perché dare una copia costava 100.000 euro l'una. La quota di ripresa aerea era 2280 m l'abbracciamento è del 3450 m e un avanzamento di 1380 m (sarà come osservare il terreno con occhi a distanza di 1380 m).

Nell valli alpine troviamo **strisciate di fondovalle**, perché quelle normali non sarebbero andate bene.

Quando volare?

Dovrò farlo in ore di **sole**, con **meteo sereno**, con il sole ad un'altezza non inferiore ai **35°** (o 30°). Se poi lo faccio in alcuni periodi avrò il vantaggio di avere la **copertura fogliare** e dovrò decidere io se la voglio o no. Non dovranno nemmeno esserci coperture di **nuvole** o ombre di nuvole (di solito massimo il 10% di nuvolosità ammessa). Ogni tanto si chiede di non avere **neve** (ovviamente i ghiacciai non contano).

Ogni tanto volerò in emergenza (ES: alluvioni etc.), anche se le condizioni meteo non sono ottimali, perché sono **eventi unici** e i fotogrammi possono essere utili.

Gestione del volo

Oggi faccio un progetto di volo, in cui le foto vengono **scattate in automatico** in determinati punti grazie al **GPS**; un tempo veniva fatto a mano ogni tot secondi.

Deriva

La macchina fotografica è **imbullonata** sull'aereo, ma se volando mi troverò dei **venti laterali** dovrò orientare il muso in un certo modo per arrivare al punto prestabilito. Un **dispositivo di anti-deriva** ruoterà la macchina fotografica, facendomi avere le foto dritte.

Trascinamento

Le macchine fotografiche digitali hanno il problema di avere un **tempo lungo di compensazione** e in condizione di cattiva luce o di movimento la foto verrà "**mossa**". Questo problema lo abbiamo anche nell'aereo, che ha delle velocità elevate. Quindi è stato inventato l'**FMC** (Forward Motion Compensation), che muoverà un po' la lastra per dare foto più nitide, consentendo anche di volare più in alto e **risparmiare** soldi.

Lo stesso sistema è stato integrato sulle macchine digitali, il **TDI** (Time Delay Integration), sistema che quindi troviamo anche sui droni.

Restituzione

La restituzione è la **rappresentazione grafica** o **numerica** delle foto. I **restitutori** possono essere analogici, analitici o digitali.

I primi sfruttavano le due foto, luci e un grafo che disegnava la mappa. I restitutori **analitici** utilizzano coordinate ed equazioni, quindi grazie ad un PC si registrano le coordinate. I restitutori **digitali** funzionano similmente alla visione 3D grazie a schermo polarizzato e ad occhiali specifici, di quest'ultima abbiamo **varie tipologie**:

1. Anaglifica
2. Stereoscopico davanti al monitor
3. Occhiali attivi
4. Occhiali passivi

Lezione 15

Operazioni di orientamento dei fotogrammi

Ognuno dei raggi proiettanti ha un **rapporto di collinearità**, che mi dà la possibilità di trovare l'intersezione tra le due rette formate dalle mie fotografie, utilizzerò le **equazioni di collinearità**.

Come **oriento i fotogrammi**? Se sono su un **piano** ho **3 gradi di libertà** (2 traslazioni e 1 rotazione), mentre nello **spazio** ne ho **6** (3 traslazioni e 3 rotazioni).

Avendo **due corpi rigidi** nello spazio, avrò un totale di **12 gradi di libertà** (ho un problema di 12 incognite). Abbiamo perciò degli strumenti che mi permettono di individuare la posizione (GPS) e altri la rotazione (giroscopi). Questi dati saranno utilizzati come basi per poi ottenere le misure corrette.

Orientamento interno ed esterno (relativo e assoluto)

Orientamento interno: è riferito ad **un fotogramma**. Il raggio della fotocamera non è sempre nel punto 0 di presa. A me servirà la posizione ben descritta mediante parametri geometrici.

Orientamento esterno: riferito alla **coppia di fotogrammi**. Si divide in relativo, cioè del primo fotogramma riferito al secondo, e assoluto, riferito ai due fotogrammi nello spazio.

Questo **orientamento** può essere fatto in 3 modi:

- In base a due punti noti (vertice di piramide)
- Orientamento contemporaneo in due fasi (relativo e assoluto)
- Orientamento contemporaneo con un'unica operazione (con modo analitico)

Angoli di orientamento: come posso ruotare i miei due fotogrammi? La **condizione** è l'avere due rette che devono essere coincidenti. Le mie foto però avranno una **parallasse**, sia di quota che di orientamento, che non me le fa coincidere.

Orientamento relativo:

Muovo un fotogramma rispetto al primo; non è nota la **posizione spaziale** della coppia di fotogrammi, rispetto al tipo assoluto. Avendo una posizione vado ad indicare vari **punti noti** (punti di Otto Von

Gruber), in questo modo collegando le coppie di raggi dei due fotogrammi annullerò la parallasse. Secondo una regola se io riesco ad **annullare la parallasse in 5 coppie** tutte le altre saranno annullate.

Noterò che avrò una **visione in stereoscopia** ma che non saranno **orientati** e non potrò definirle nello spazio. Come lo oriento? Ho bisogno di punti noti.

Orientamento assoluto

Dovrò trovare 7 parametri incogniti. Applicando le 6 rotazioni e allontanando/avvicinando le camere potrò sistemare tutti i parametri e orientare il fotogramma. Ma se ho dei punti sbagliati? Per ogni modello dovrò mettere almeno **5 punti**, così da capire se un punto sia errato. Questo **punti**, detti **d'appoggio**, vengono scelti su manufatti esistenti o realizzandoli apposta (disegni sul pavimento). Quando facciamo il punto misureremo le sue esatte coordinate.

Mentre faccio i punti d'appoggio ne farò battere alcuni in più, in caso che quando avrò allineato i punti li andrò a verificare, così da fare una **verifica**.

Ricapitolando:

1. Orientamento interno: fotogramma è un corpo 3D con un punto principale
2. Orientamento relativo: otteniamo un modello non orientato e non in scala
3. Orientamento Assoluto: grazie ai punti di terra otteniamo un modello orientato e in scala.

Triangolazione aerea (TA):

Tra i **modelli fotogrammetrici** esistono alcuni **legami** che orientando il modello non vengono considerati. Al posto di orientare i singoli modelli **orientiamo il blocco** nel suo complesso, sfruttando l'insieme dei **collegamenti** tra i vari modelli.

Invece di restituire i modelli singoli io li lego assieme: avrò così da sistemare un blocco di fotogrammi e non ogni singolo fotogramma, semplificando l'operazione. Abbiamo quindi vari tipi di **TA**, come quello a **stelle proiettive**, nel quale metto assieme tutti i modelli e cerco i vari punti, che combaceranno tra loro.

Lezione 16

La TA può essere fatta a modelli indipendenti (collego i modelli singolarmente) o a stelle proiettive.

Fotogrammetria diretta: Anche con i droni è possibile fare fotogrammetria diretta, che non necessita di alcun **punto d'appoggio** a terra e perciò è molto utile quando serve immediatezza e rapidità (Es: in caso di terremoto). Useremo poi queste coordinate come di "**inizio ciclo**".

I droni hanno 3 **giroscopi**, che mi permettono di sapere com'era **orientata** la camera e il **GPS**, per capirne la **posizione**.

L'**output della TA** sono i **6 numeri** di orientamento del fotogramma, che servono per la **restituzione**, inoltre avrò dei **parametri statistici** per sapere con quale precisione ho misurato.

Le macchine al posto di fare solo 5 punti d'appoggio ne fanno molti di più, anche più di 100 a fotogramma. Inoltre ci verranno mostrato i vari residui dei punti e il tempo di elaborazione.

N.b: Imu= determinazione dei parametri angolari d'orientamento dei fotogrammi

Nella **fotogrammetria terrestre** ci interessano facciate di monumenti, qui anche **X, Y e Z** saranno orientate diversamente.

Ricognizione terrestre

Si fa quando non riesco a capire alcuni oggetti. Alcuni particolari possano essere nascosti dalle foglie, e quando avrò finito sarò sicuro di saper leggere tutto? Magari alcuni edifici o particolari non si vedranno bene o non riuscirò a capire dove sono i porticati etc.

L'unico modo è **andare di persona** a vedere, quando lo facciamo possiamo vedere parliamo **d'integrazione metrica**: Segnerò sulla carta dettagli non notati, nomi delle vie e tutte le informazioni da cui avrò bisogno.

Userò dei **"tablet da campagna"**, chiamati così perché molto robusti.

Editing

L'Editing grafico dovrà **descrivere tutto il terreno, segnalare** ponti, strade etc. grazie all'uso di **codici** e al controllo di essi.

Fotogrammetria digitale

Potrà una macchina riconoscere che **due particolari di due diversi fotogrammi** sono gli stessi? La macchina per farlo potrà trovare sulla foto una croce (**crocicchi**), trasformando l'immagine in una **marca fiduciale** fatta di numeri. In questo modo io troverò all'incirca l'immagine, ma devo **affinarla**, cosa che farò con i **coefficienti di autocorrelazione**. La macchina mette dei **punti** sulla carta e grazie ad una correlazione di punti omologhi li collega agli altri. Il computer tende sempre a usare tanti punti per evitare di sbagliare. Si utilizza il **principio di collimazione**.

Esistono anche procedure completamente **automatiche** che associano i fotogrammi e li legano assieme. I **principali software** sono APS, 3DFlow, Agisoft PhotoScan Pix4D, MicaMac.

Rilievo di oggetti piani

Quando un oggetto è piano tutte le **coordinate Z** possono essere considerate **nulle** o costanti. Un fotogramma avrò quindi solo **due incognite** (X e Y). Grazie al principio del banco ottico possiamo correggere il **raddrizzamento fotografico** (un tempo fatto con il banco ottico, oggi con **Photoshop**). Dal

punto di vista geometrica potrò eliminare tutte le **deformazioni** grazie ad alcune proprietà, o in modo analitico: con la **trasformazione omografia**.

Quando faccio una foto infatti non riesco a mettermi esattamente davanti all'oggetto/edificio, per cui il raddrizzamento ottico si faceva tramite una macchina, oggi con quelle digitali lo faccio grazie alle **coordinate**. Mettendo un'immagine in piano ho la possibilità di prendere le **misure** e fare le **operazioni topografiche**.

Se però sulla mia facciata ho delle sporgenze avrò degli **errori di raddrizzamento**, questo capita con superfici non perfettamente piane, l'errore sarà maggiore più il dislivello sarà lontano dal centro del fotogramma. Uso quindi il metodo delle **cadenti**, cioè utilizzo **linee fondamentali** (verticali e orizzontali).

Ma come faccio quando devo trattare una **superficie non piana**? Lo farò grazie all'**orto proiezione** (Ortofoto)

Essa consiste in una tecnica di **raddrizzamento differenziale**, che utilizza formule matematiche differenziali. Con questa tecnica suddividerò il terreno in tante **piccole aree** che possono essere raddrizzate. Un tempo si faceva con delle macchine enormi e analitiche, oggi viene tutto fatto tramite **tecniche digitali**. In questo modo potrò creare ortofoto molto rapidamente, sicuramente saranno **meno precise**, ma saranno anche **meno costose**.

L'ortofoto viene utilizzata per esempio dall'AGEA, a fine di controlli delle domande PAC. Queste ortofoto sono quindi spesso **aggiornate** e molto utili per la pianificazione.

Ortofoto storiche: la più antica ortofoto in Italia è quella del Piano Volo GAI (anni '50), che è stata ripresa per vedere gli sviluppi dell'agricoltura etc. negli anni.

Procedimento di ortoproiezione

Per farlo avrò bisogno del fotogramma orientato; prenderò le **coordinate** dei vari punti e le porterò tutti alla stessa **altitudine** (Z), dopodiché le riporterò l'immagine sulla lastra fotografica e avrò l'ortofoto.

Ci sono **due modi** di generazione dell'ortofoto digitale: **DSM** (con altezza edifici, alberi e infrastrutture) e **DEM** (solo altezza terreno).

True Orthophoto

La No-True orthophoto è quella classica usata finora, nella quale però possono essere evidenti **inesattezze**. Se uso il modello denso potrò eliminare in parte queste inesattezze, ma alcune parti rimarranno **coperte**. Perciò farò più ortofoto.

Problemi DSM/DTM

Ma chi controlla il DSM prima di fare l'ortofoto? Qual è il minimo di **qualità digitale** che dovrò usare per fare un ortoimmagine? Noi abbiamo la possibilità di capire valutare un **errore** e capire quanto ci

modifica l'ortofoto. È così uscito un **decreto** nel 2011 che fissa delle **regole tecniche** per fare le ortofoto, elaborato insieme al **CISIS**. Mi verranno date **precisioni, linee guida** etc.

Il decreto **suddivide le ortofoto** in:

- Ortofoto ordinarie (Tipo A): che si divide in ordinaria (A1) e di precisione (A2)
- Ortofoto tematiche (Tipo B), o speditive: quando non è possibile fare altrimenti (anche se ci sono nuvole etc.)

Vengono così decisi i **modelli** (DEM etc.) in base alla scala e alla macchina che uso, questi livelli dei modelli vanno **0 a 9**. Questi modelli indicano anche il "**Passo**", cioè la **finezza della griglia**.

La regione Piemonte ha dei lotti di produzioni di ortofoto.

Lezione 17

I droni

N.b: La precisione significa soldi.

Tipologie di vettori:

- Palloncini aerostatici: può essere una soluzione, perché utilizzabile in alcuni contesti nei quali non posso volare con i droni (non è stata normata). E' però **scarsamente manovrabile**.
- Aquiloni
- Aerei ad ala fissa: Sono piccoli aerei con un elica (hanno tra i loro componenti il **tubo di Pitot**, che rileva la velocità)
- Minielicotteri
- Multirotori: droni con tante eliche, più maneggevoli e possono stare fermi in aria

La **scelta** tra **ala fissa e rotore** devo farla in base al mio utilizzo del drone. Alcuni modelli sono di derivazione militare. Ci sono perfino alcuni droni gonfiabili per il trasporto.

I problemi sono: Quanto pesa? Qual è la sua **autonomia**?

La normativa ENAC

Il dibattito è molto attuale e l'**Enac** ha fatto molte **norme**; la comunità EU sta facendo un regolamento comunitario. Vanno divisi i rischi:

- Rischio: l'oggetto cade e fa danno o interferisce con il traffico aereo
- Rischio secondario: Un oggetto volando distrae un automobilista che fa un incidente.

Il regolamento vuole mettere ordine in materia e evitare problemi di **sicurezza**. Esiste una bozza di regolamento per i droni sotto i **2 Kg**.

L'ultima definizione **definisce**:

- **Aeromodelli:** per **diletto** e attività **sportiva**, non devono rispettare i regolamenti
- **SAPR:** (Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto) cioè quando si usa per **usi professionali**, va rispettata la normativa

Ci sono vari **sistemi di restrizioni** per i SAPR:

- Visual Line of Sight (VLOS): lavoro in condizioni di visibilità del drone
- V70: puoi volare in uno spazio di altezza massima di 70 m e di raggio 200 m
- V150: altezza massima di 150 m e di raggio di 500 m
- Beyond Line of Sight (BLOS): non vedo più il drone
- Extend Visual of Sight (EVILOS): Ho più persone che sono collegate con chi guida tramite radio e che seguano il drone

Le **Restrizioni** per i SAPR sono in **base al peso**:

Massa minore o uguale a 25 Kg, Sistemi con massa uguale o superiore ai 25 Kg. Ci sono procedure semplificate per i droni da meno di 2 kg e norme particolari per meno di 300 g, per i centri urbani.

Abbiamo due **tipologie di operazioni**:

1. Operazione specializzate **non critiche**: serve una **dichiarazione** dove spiego che sto facendo certi rilievi
2. Operazioni specializzate **critiche**: serve un'**autorizzazione** prima che possa alzarmi in volo

Per gli APR inferiori ai 2 Kg ci sono alcuni criteri di **basso danno** alle persone.

Per far volare i droni serve un **patentino** e bisogna fare delle **visite mediche**, l'operatore inoltre deve rispondere di un'organizzazione tecnica di **manutenzione** e aver fatto un **training** per guida del drone.

Pianificazione del lavoro

Ci sono semplici **App** o programmi da cui è possibile settare l'esatto **percorso** che il drone farà, e si arriverà a **ricoprimenti dell'80%**

Download e analisi dei dati

Il download dei dati viene fatto tramite **PC** a cui poi associo i dati del **GPS (dati EXIF= i dati salvati sul file d'immagine, come la data e la macchina di scatto, coordinate etc.)**, le immagini vengono poi **importate ed elaborate** e il **matching features**. Elaborazione di **bundle Adjustment**, che collega le coppie. C'è poi l'**import dei GCP**.

Collimazione dei punti di controllo: vedo i punti di controllo, successivamente farò l'**analisi** dei report, l'estrazione dei **DSM** e delle curve di livello. Grazie ad un software verrà creata l'**ortofoto** e potrò poi vedere la **nuvola di punti**.

Lezione 18

Valutazioni di precisione

Se per esempio devo fare una disarica e verrà data un'altezza massima, questa dovrà essere misurata come **precisione**, dato che ci sono molti problemi e interessi. Posso fare tali misurazioni con i droni? E' stato fatto alla disarica di Pianezza, dove sono stati registrati tutti i dati. Ma com'è stato fatto?

L'Arpa ha battuto molti punti, metà da usare come **GPC (Punti di controllo)** e **CP (Check point)**, verranno poi presi i punti, fatti i report e ottenuta la versione digitale, il software ci darà i vari **settori**.

Scarti sui CP: devo scegliere **quanti punti usare** come GPC e quanti farli CP. Aumentando il numero dei CP rispetto ai GPC avrò uno **scarto maggiore**.

La fotogrammetria con i droni perciò serve e funziona, ma abbiamo ancora alcuni **limiti** e serviranno alcuni passaggi aggiuntivi che magari non dobbiamo fare con la fotogrammetria tradizionale. Serviranno perciò ancora alcuni **studi sperimentali** su vari aspetti di questa nuova fotogrammetria.

Camere oblique

È un sistema che sta nascendo in questi anni e che è diventato d'interesse anche per il **catasto**; L'idea è quella di avere una **camera Nadirale** e **altre quattro** che puntano in **varie direzioni**.

Questa macchina è comunque già stata utilizzata dai comuni superiori ai 40.000 abitanti, o per tutti i centri urbani della Sardegna o la fascia costiera calabrese.

Questa tecnica dà la possibilità di vedere anche le **facciate** delle case e non solo i tetti, avendo più **informazioni**. Di una stessa casa potrò perciò vedere, oltre al tetto, tutte le quattro facciate.

N.b: Sulle slide troviamo il link alla vista di Bologna con questa modalità.

Lo stesso concetto viene usato anche su **Google Earth** o Street View o anche su Bing o Apple.

Applicazioni particolari con camere 180° o 360°

Queste immagini possono essere viste con **visori virtuali** come **Oculus Rift** e per fare questi filmati potrà usare o fotocamere apposite a "**fish eye**" (180°) o con le 7-9 go-pro (360°). Posso anche fare queste riprese al contrario, per riprodurre (al posto di un paesaggio) **oggetti tridimensionali**.

N.b: L'applicazione dei droni può anche essere usata per fotografare incidenti, per capire l'assicurazione etc., facendo un "**volo a margherita**"

Applicazioni particolari: I droni possono essere usati anche per altri usi, come per capire se ho dei pannelli fotovoltaici non funzionanti o il controllo delle antenne, linee elettriche o le ispezioni dei tetti.

Lezione 19

Cartografia catastale

La cartografia catastale è una cartografia tecnica che rappresenta il **tematismo del possesso**. Alcune informazioni posso trovarle solo qui.

Il catasto **non ha valore probatorio**, ma bensì valore esclusivamente **fiscale**. Il catasto visualizza **terreni e fabbricati**, infatti si divide in questi due rami. Il catasto un tempo era solo quello del terreno.

Nel catasto viene inserito solamente ciò che dà **reddito**, questo viene detto **domenicale** per le strutture, mentre viene denominato **reddito agrario** per i terreni.

Qualche info sul catasto:

- 300.000 mappe
- 80 milioni di particelle (65 di terreno e 15 fabbricati)

La storia del catasto:

I **Savoia** con l'unità d'Italia hanno iniziato ad inglobare i catasti dei vari stati d'Italia e li hanno accorpati. Nel **1° marzo 1886** il parlamentare *A. Messedaglia* crea un **disegno di legge** che **istituisce il catasto italiano**.

Le scale erano al 1:2000, nei centri urbani al 1:1000 e in zone montane 1:4000. Vennero messe in conservazione carte che avevano quasi cento anni.

La triangolazione catastale

Vennero perciò fatte delle **misurazioni appoggiate** ai **vertici** della rete **IGM**. Uno degli obbiettivi era rendere piccolo l'**errore relativo**. I metodi di rilievo sono vari: in maggioranza grazie a **tacheometri** (71%), seguono **allineamenti, fotogrammetria....**

Sistemi di coordinamento adottati dal catasto

Le nostre basi non possono essere troppo **deformate**, sennò andremo a far pagare in modo sbagliato. Il catasto italiano ha scelto così la **cartografia di Cassini-Soldner**.

Si usa questo modello perché utilizza uno **schema semplificato**, che ha portato a dover **lavorare in zone ristrette** (fino ad un raggio di 140 Km).

Questa cartografia Cassini fu usata al sud per creare le **mappe a nuovo**, mentre in altre zone (come in Piemonte) furono usate le vecchie mappe catastali. Abbiamo alcune mappe che non sono inquadrate in alcun **sistema di riferimento**.

Considerazioni sulla normativa catastale

Abbiamo alcune **tolleranze** che ha tenuto il catasto. Venne usata la **tecnica di andata e ritorno** (batterò alcuni punti per poi tornare a quello di partenza, che dovrei ottenere le stesse coordinate).

Un tempo, su 4 km, anche se si trovava un errore di 4 m, è sempre stato fatto andar bene. Oggi che **problemi** ne derivano? Ci sarebbero molti problemi e contenziosi...

Conservazione del catasto

Al giorno d'oggi tutto il catasto è stato **informatizzato**, con il programma **Pregeo** introdotto dalla **circolare del 1988**, che oggi approva le modifiche in modo automatico.

Il catasto dei fabbricati

I **fabbricati** vengono divisi in **più gruppi**: **A** (abitazioni), **B** (fabbricati collettivi) e **C** (commerci). Ogni gruppo ha poi le sue **categorie** in base al tipo di immobile.

Oggi si paga in base a **vani castali**, cosa che oggi non ha più molto senso (ci sono case come i loft, open space...). Abbiamo alcune situazioni per cui lo stesso edificio è metà A4 e metà A2... Andrebbe superato questo concetto così da iniziare ad usare altri sistemi, come ad esempio la **metratura**.

Grazie alle foto aeree e ai satelliti è oggi possibile individuare delle costruzioni non presenti nel catasto.

Problemi catastali:

Spesso i **confini** di due comuni **non combaciano**, oppure abbiamo una **congruenza errata** delle **mappe adiacenti**. Noterò anche molti errori se **sovrappongo la CT e le carte catastali**. C'è anche il problema che molte **linee** esistono solo più nel catasto...

Inoltre alcuni fabbricati sono **sconosciuti al catasto**.

Lezione 20

Tipologie di temi rappresentati

Il catasto è l'**inventario** dei **beni immobili** presenti nel territorio nazionale. Esso si divide in **due archivi**:

- **Nuovo catasto terreni** (NCT): la mappa catastale
- **Nuovo catasto edilizio Urbano** (NCEU): le planimetrie delle unità immobiliari, il nome aggiornato è **Catasto dei Fabbricati**.

Come già detto, il catasto ha **funzione fiscale**.

Il catasto terreni

La sua unità principale è la **particella catastale**, cioè una porzione omogenea di terreno, con unico possessore, cultura, e appartenenti ad un unico comune.

Mappa particellare

La mappa è formata da **300.000 fogli di mappa**, Gli **originali d'impianto** sono le carte rilevate: esse possono essere utili da utilizzare. I **supporti del catasto** sono ormai tutti digitalizzati.

Su un foglio di mappa abbiamo la **data di rilevazione** e sui vari lati abbiamo le **coordinate**. Troviamo anche nell'angolo, l'identificativo del comune, foglio e particella.

La **linea tratteggiata** indica una **servitù prediale**. I **circolini** indicano i **punti fiduciali**, mentre le **T** indicano un **Termine**, cioè un segno (di solito una pietra rotta a metà) che indica un **confine**, mentre la **tilde (~)** indica in quale particella si trova un **edificio**.

Ricordiamo che il catasto utilizzava la **rappresentazione Cassini-Soldner** per comodità e velocità. Il vecchio sistema di riferimento aveva **32 punti di riferimento**, che andarono unificati.

Rete dei punti fiduciali

Le mappa catastali pian piano si sono **deformate**, inoltre, va tenuto conto che un tempo non si usava una **precisione adeguata**, portando ad un **degrado** della mappa. Quando il catasto si dovette informatizzare, con il programma **Pregeo**, il catasto obbligò i proprietari e i tecnici ad **inquadrare** le rilevazioni ai **punti fiduciali (PF)**.

Questi punti sono **sicuri**, anche se non è detto per forza che questi abbiamo una **precisione** maggiore del resto della mappa. Questi punti erano scelti in punti **accessibili e visibili**, a **maglie di 300-600 m**. Quando farò un rilievo userò come base un **triangolo** formato da due punti fiduciali e un **punto ausiliario (PA)**, l'elenco di questi punti si trova in degli archivi (**TAF**), che si possono scaricare dall'**Agenzia del Territorio**.

Per ogni PF è associato ad un vertice topografici ordinari, composto da un codice che mi indentifica il posto dove si trovo il PF.

Circolare 2/1988

Spiega come se voglio lavorare in una zona devo stare attento che i vari edifici non stiano fuori più del **30% dal triangolo**, se è di più devo usare altri punti fiduciali.

N.b: i punti che batto da un PF ad un altro (seguendo un certo percorso) si chiamano con le centinaia (punto 100, 200...etc.)

Metodi di rilievo ammessi

Il catasto ammette sia **metodi moderni** come il **GPS** e **Total station**, ma anche **vecchi metodi** come le squadre, nastri, canne... Ovviamente devo **dichiarare** con che strumento misuro.

Variazioni

Quando vado ad **aggiornare** la mappa andranno **dichiarate le variazioni**, che sono:

- Frazionamento (FR)
- Nuova costruzione (TM)
- Ampliamento (TM)
- Particellare (TP)
- Frazionamento + Mappale (TF)

Le attività sono codificate in un **tabellare**. Tutte queste attività sono portate avanti dal **professionista** utilizzando una **procedura standard** con il software **Pregeo**, che utilizza un documento di testo (**libretto di misura**) che contiene tutti dati, utilizzando un particolare codice.

Il caricamento degli **aggiornamenti** poi viene elaborato dal programma che **approva automaticamente** e carica sulla mappa.

Il professionista fa la proposta di aggiornamento e successivamente c'è la conferma di esso.

Catasto dei fabbricati

N.b: studiare le **categorie catastali**, vedo slide.

Le categorie catastali dovrebbero cambiare, ma sono ancora quelle da **molti anni**.

Lezione 21

Telerilevamento

Il telerilevamento è una tecnica di osservazione della Terra che utilizza forme di osservazione senza il contatto diretto.

Si divide in due famiglie fondamentali:

- TR Passivo: Funziona con riflessione ed emissione
- TR Attivo: Utilizza la modalità eco con la quale bombarda la terra di segnali che rimbalzano e ritornano indietro dando le immagini

Posso scegliere la lunghezza d'onda dei radar.

Le componenti magnetiche ed elettriche sono tra loro perpendicolari e producono una vibrazione. Inoltre il piano di riferimento ruota, dando così una forma a "tortiglione".

Non tutte le onde elettromagnetiche sono visibili, applicando il rilevamento potremo anche vedere le onde non visibili. Sappiamo anche che i colori sono dati dalla lunghezza d'onda e va tenuto presente che tutti gli oggetti, in funzione della temperatura, emettono energia.

I raggi infrarossi perciò variano la lunghezza d'onda al variare della temperatura, e questo spiega perché gli occhi umani non vedono di notte: per farlo sono necessari dei raggi infrarossi che modificano la lunghezza d'onda.

La legge di Stefan-Boltzmann ci può indicare quanta energia emette il nostro corpo.

N.b: come si comporta il legno nei confronti delle onde elettromagnetiche? Dipende dalla lunghezza d'onda e dalle caratteristiche del legno.

Le onde possono:

- Assorbire
- Trasmettere
- Riflettere

N.b: in teoria lo specchio riflette solamente, ma se viene lasciato al sole questo scaldava e non fa solo riflessione.

Le componenti energetiche provenienti dal Sole possono attraversare il vetro, se questo è opaco però, le trattiene.

Lezione 22

Ripasso teoria degli errori

Quando facciamo una misura questa non è costante, perché gli strumenti hanno una certa accuratezza. Se ad esempio mi serve una misura precisa per questioni legali, come faccio ad essere sicuro?

Lo scopo della teoria degli errori è proprio quella di dare il valore più probabile.

Le misure possono essere:

1) Dirette: faccio tutte le misure e faccio la media tra queste, buttando via quelle troppo diverse.

L'accuratezza la posso ottenere con lo scarto quadratico medio, ottenendo un indice di dispersione che mi dice quanto è il range dei valori, infatti potrò trovare il minimo, che è più utile.

2) Indirette: Stimo misure sulla base di altre grandezze misurate direttamente. Normalmente con la risoluzione dei sistemi.

Un problema è però che avendo una sistemata di incognite non mi dice se un'equazione del sistema è sbagliata e non me ne rendo conto. Inoltre se il sistema è impossibile dovrò usare il principio generale dei minimi quadrati: se ho un'equazione, ammetto che il mio 0 sia un qualcosa di piccolo, ammettendo un residuo e risolvendo un problema.

La teoria degli errori può essere applicata alle deformazioni piane o areali. Possiamo ad esempio prendere una figura e dividerla in quadrati che dovranno essere deformati, o ci sono deformazioni globale o quelle locali, solo in alcune zone.

Non sempre la trasformazione locale può essere la soluzione corretta, posso fare quella globale e dopo applicarne altre.

Sistemi di riferimento

Abbiamo un datum e un sistema di rappresentazione. Abbiamo visto che la miglior di riferimento è l'ellissoide, e che per piccole porzioni di territorio questa poteva essere ancora semplificata.

Abbiamo però bisogno di un sistema di riferimento mondiale, soprattutto da quando esiste il GPS, prima di esso non serviva e ogni paese aveva il suo riferimento.

In Italia avevamo il sistema Gauss-Boaga: Roma40. In questo sistema abbiamo un ellissoide orientato a Roma Monte Mario.

Ad un certo punto l'Europa si mette d'accordo per fare il proprio sistema di riferimento, il WGS84. Per avere un sistema di riferimento fermo, poiché anche l'asse di rotazione terrestre si muove, fu bloccato al 1984.

Ora il problema era rappresentare il tutto sulle carte, passando ad un problema cartografico: come rendo cartografato un sistema applicato alla Terra, che è sferica? Ci sono molte tecniche, e quella attualmente usata è quella di Gauss, adattata da Boaga.

Il sistema UTM è quello usato in tutto il mondo, che parte dall'antimeridiano di greenwich, dividendo la Terra in varie zone e fusi.

Il sistema di riferimento va poi materializzato.