



Domande Geomatica - prof. Chiabrand

Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura (Politecnico di Torino)



Scan to open on Studocu

DOMANDE GEOMATICA

PROF. Chiabrando

Studente: Blanco Ludovica

TEORIA DELLE MISURE

1. Quali sono gli errori che possono influenzare il risultato di una misura?

Gli errori che possono influenzare il risultato di una misura sono di tre tipi diversi: errori grossolani, errori sistematici ed errori accidentali. Gli errori **grossolani** vengono commessi per colpa delle distrazioni dell'operatore oppure di un uso scorretto dello strumento di misura, detti errori notevoli e facilmente eliminabili con verifiche periodiche e con ripetizioni delle misure stesse. Gli errori **sistematici** sono causati dalle rettifiche degli strumenti di misura e si eliminano in tre modi. Tarando e rettificando gli strumenti con precisione maggiore di quella richiesta, utilizzando particolari procedure per l'eliminazione automatica; cercando di rendere variabili valore e segno, modificando le condizioni di misura. Gli errori **accidentali** sono l'effetto di una serie indefinita di cause che provocano errori sulle misure non prevedibili e di limitata entità, anche chiamata "legge empirica del caso" ad esempio, operatore, strumento, condizioni operative, modalità di materializzazione della grandezza.

2. A quali condizioni la distribuzione di probabilità gaussiana può essere utilizzata per l'interpretazione dei risultati di un'operazione di misura?

La distribuzione di probabilità gaussiana è una distribuzione simmetrica che dipende da due parametri, ovvero la media (m) e lo scarto quadratico medio (σ). Essa rappresenta la **distribuzione di probabilità degli errori** ed è un'approssimazione della distribuzione di Bernoulli. Questa si utilizza quando il numero di variabili casuali n è troppo elevato e non permette di calcolare i coefficienti binomiali. Se la distribuzione risultante viene considerata continua e se n è grande, allora non si commettono errori apprezzabili. La distribuzione della probabilità dei risultati del fenomeno casuale tende orientativamente ad una distribuzione gaussiana.

3. Quali sono i metodi che si possono adottare per eliminare gli errori grossolani?

Gli errori grossolani sono quelli che devono sempre essere eliminati, vengono commessi per colpa delle distrazioni dell'operatore oppure di un uso scorretto dello strumento di misura, essi sono detti errori notevoli e sono facilmente eliminabili con verifiche periodiche e con ripetizione delle misure stesse.

4. Quali sono i metodi che si possono adottare per eliminare gli errori sistematici?

Gli errori sistematici sono causati dalle rettifiche degli strumenti di misura e si eliminano in tre modi diversi. Tarando e rettificando gli strumenti con precisione maggiore di quella richiesta, utilizzando particolari procedure per l'eliminazione automatica; stimando il valore dell'errore depurando le misure da quest'ultimo.

5. Quali sono i significati della media e dello scarto quadratico medio di una distribuzione gaussiana?

La **media** e lo **scarto quadratico medio** sono i due parametri da cui dipende la distribuzione gaussiana; il valore della media è quello a cui compete la massima probabilità e perciò è il valore più significativo della famiglia dei valori possibili e

viene utilizzata come "unità di misura"; mentre il valore dello scarto quadratico medio rappresenta il **grado di dispersione dei valori possibili attorno al valore della media** ovvero la precisione dell'operazione di misura. ($L=m \pm \sigma$)

6. Quali sono i parametri che influenzano i risultati di un'operazione di misura?

I parametri che influenzano i risultati di un'operazione di misura sono precisione, accuratezza e la legge empirica del caso:

- operatore
- strumento
- condizioni operative
- modalità di materializzazione della grandezza

7. Descrivere la differenza tra precisione e accuratezza di una misura

La **precisione** definisce il grado di attendibilità di una misura in relazione alle caratteristiche dello strumento e a quelle dell'insieme di misure effettuate. La precisione può essere definita sia in termini di precisione strumentale, ovvero la sensibilità di uno strumento, che in termini statistici, ovvero la stima del grado di dispersione delle misure rispetto al loro centro. È l'indice di dispersione delle misure eseguite interno al loro valore medio e si quantifica con lo scarto quadratico medio. L'**accuratezza** definisce lo scarto tra una misura effettuata e un'altra più precisa assunta come riferimento, si definisce a posteriori effettuando verifiche a campione. Una misura affetta da errori grossolani, sistematici e accidentali non è una misura né precisa né accurata. Una misura affetta solo da errori sistematici può essere precisa ma non accurata. Una misura affetta solo da errori accidentali invece è accurata e può essere precisa in funzione della loro distribuzione. Si quantifica con la tolleranza.

8. Descrivere la legge di propagazione della varianza.

Nel caso di misure dirette vale la legge di propagazione degli errori, anche detta legge di propagazione della varianza. Se una grandezza x è combinazione lineare di più grandezze (Y_1, Y_2) che seguono la legge di Gauss, allora anche la grandezza x seguirà tale legge e il quadrato del suo errore quadratico medio m^2 (varianza σ^2 , ovvero il quadrato dello scarto quadratico medio) sarà combinazione lineare dei quadrati degli errori quadratici medi m_1, m_2 e delle grandezze x_1, x_2

9. Il principio dei minimi quadrati: descriverne la genesi e le pratiche applicate nell'ambito del rilievo metrico.

Il principio dei minimi quadrati è un metodo che consente di **garantire una corretta stima dei parametri della variabile gaussiana associata all'operazione di misura**. Esso deriva dal principio di massima verosimiglianza, il quale afferma che le misure usate per la stima dei parametri di media e sqm sono le migliori, quindi quelle più probabili. Tale principio viene applicato nella procedura di correttezza degli errori

10. Quali sono gli accorgimenti da prendere per aumentare la precisione delle misure dirette?

Gli accorgimenti da prendere per aumentare la precisione delle misure dirette sono diversi. Bisogna innanzitutto scegliere degli operatori che garantiscono la loro esperienza e la loro manualità con gli strumenti scelti, poi bisogna utilizzare strumenti che calcolino con elevata precisione, cercando di lavorare in giorni in cui le

condizioni ambientali siano favorevoli. Successivamente bisogna far sì che la grandezza da misurare sia correttamente materializzata e infine aumentare le misure da effettuare al fine da ridurre lo scarto quadratico medio, senza mai scendere sotto il livello dello sqm strumentale

11. Quali sono gli accorgimenti da prendere per aumentare la precisione delle misure indirette delle coordinate di una serie di punti?

Gli accorgimenti da prendere sono: **stimare al meglio la media delle misure indirette** a partire dalla stima delle misure dirette, applicare il **principio dei minimi quadrati**, ovvero cercare quei valori delle coordinate che rendono minima la sommatoria dei quadrati degli scarti delle equazioni.

RILIEVO METRICO

1. Perché il rilievo metrico viene progettato ed eseguito generalmente integrando metodi e tecniche di misura? Che cos'è il rilievo metrico?

Il rilievo metrico ha lo scopo di **costruire un modello discreto del manufatto** attraverso il rilevamento della posizione nello spazio di punti dell'oggetto ritenuti significativi. In base agli strumenti utilizzati si divide in diretto, strumentale e indiretto. Il rilievo **diretto** -longimetrico- viene effettuato dall'operatore con l'ausilio di strumenti di misura, come metro, filo a piombo etc. Questo tipo di rilievo è sfruttato nella maggior parte dei rilievi architettonici. Il rilievo **strumentale** -o topografico- è invece effettuato con l'ausilio di strumentazioni topografiche, stazioni totali, livelli, distanziometri etc., e si basa sulla collimazione visiva di punti. E' usato come complemento al rilievo diretto e indiretto per rilevamenti di precisione, andamenti planimetrici di grande estensione e punti inaccessibili. Infine, il rilievo **indiretto** -anche detto fotogrammetrico- è effettuato con macchine da ripresa e strumenti che permettono di estrarre dai fotogrammi informazioni utili per la costruzione diretta di un modello geometrico dell'oggetto.

2. Come si arriva alla decisione di eseguire un rilievo metrico?

Dopo aver terminato le indagini preliminari come la definizione degli scopi, delle tecniche di rappresentazione, della tolleranza del rilievo si è in grado di decidere qualora proseguire con un rilievo metrico. La decisione di eseguire un rilievo metrico deriva dalla **necessità di comprendere un oggetto architettonico in riferimento tridimensionale** da cui ricavare poi, attraverso vari software rappresentazioni bidimensionali -di piante, sezioni e prospetti- e tridimensionali

3. La selezione dei punti da misurare viene fatta prima o dopo la scelta della tecnica di rilievo da adottare?

La selezione dei punti da analizzare viene svolta **prima** della scelta della tecnica di misurazione in quanto verrà in primis eseguita un'analisi critica dell'oggetto e solo in seguito verrà definito lo strumento di analisi del rilievo.

4. Le tipologie di elaborati da produrre al termine del rilievo influiscono sulle tecniche di misura utilizzate?

Sì, gli elaborati da produrre influiscono sulle tecniche di misure che si adotteranno in quanto gli elaborati da produrre vengono scelti già nella prima fase del rilievo metrico -ovvero quella in cui sono definiti gli obiettivi da raggiungere-.

5. Come si progetta un rilievo metrico?

Un progetto di rilievo metrico ha diverse fasi:

- la definizione degli obiettivi
- il recupero e la validazione dei rilievi già eseguiti
- l'analisi dell'oggetto e la selezione dei punti da rilevare
- l'organizzazione delle fasi operative e individuazione delle tecniche da utilizzare
- infine si decide l'entità del rilievo

6. Quali sono le fasi fondamentali di un rilievo metrico?

Il rilievo metrico si sviluppa in una serie di operazioni che hanno come scopo principale, oltre all'acquisizione della posizione dei punti di interesse, il **contenimento degli errori di misura** al di sotto delle tolleranze fissate dal progetto.

Per ottenere questo fine il rilievo viene organizzato in una serie di fasi a precisione via via crescente:

- rilievo di inquadramento
- rilievo di raffittimento
- rilievo di dettaglio

Il rilievo di **inquadramento** e di **raffittimento** hanno come scopo rispettivamente la materializzazione del sistema di coordinate che dovrà supportare tutta l'operazione di misura e la sua diffusione all'interno dello spazio da rilevare, mentre con il termine di rilievo di **dettaglio** si intende la vera e propria misura delle coordinate dei punti oggetto del rilievo metrico.

7. Definire gli scopi di una rete di inquadramento.

La definizione del sistema di riferimento avviene mediante la **materializzazione** e/o **individuazione** di una serie di punti necessari alla individuazione univoca di un sistema di riferimento 3D cartesiano che formerà il sistema di riferimento unico di tutta l'operazione di rilievo. Per definire tale sistema occorre individuare almeno due punti. Tali punti costituiscono la struttura minima di una rete di inquadramento alla quale si dovranno appoggiare le successive misure di dettaglio.

Il rilievo di inquadramento ha due scopi:

1. definire e materializzare il sistema di coordinate unico all'interno del quale si svilupperanno le operazioni di misura
2. contenere la propagazione degli errori in modo da garantire il non superamento della tolleranza prefissata durante le operazioni di misura delle coordinate dei punti di interesse.

La rete di inquadramento deve risultare **accessibile e visibile per tutta la durata delle operazioni di rilievo** e possibilmente conservata per successivi interventi di completamento, rifacimento e/o ripetizione di misure. La precisione dei vertici delle reti di inquadramento deve essere di almeno un ordine di grandezza superiore a quella richiesta dai punti di dettaglio.

8. Definire gli scopi di una rete di raffittimento.

Il rilievo di raffittimento ha come scopo quello di **materializzare il sistema di coordinate definito dalla rete inquadramento nei posti e con le modalità richieste dalla particolare tecnica di rilievo di dettaglio**. Ad esempio, quando, successivamente ad una prima commissione del rilievo esterno di un oggetto, viene commissionato il rilievo interno la rete di raffittimento servirà a collegare l'esterno, e quindi la vecchia rete di inquadramento, all'interno.

9. Definire le precisioni dei vertici di una rete di inquadramento rispetto alla tolleranza finale del rilievo e giustificare la scelta.

La precisione che deve caratterizzare i vertici delle reti di inquadramento deve essere di un ordine di grandezza superiore a quella che dovrà caratterizzare i punti finali dei rilievi. Es. Scala normale 1:100, la tolleranza è pari a 3cm, le precisioni dei vertici delle reti di inquadramento sono dell'ordine di alcuni mm

10. Quali sono le tecniche utilizzate per il rilievo delle reti di inquadramento?

Le tecniche con cui si realizzano le reti di inquadramento sono:

- triangolazioni
- trilaterazioni
- intersezioni
- poligonazioni
- sistema satellitare GPS

Si distinguono due principali tecniche di misura delle reti di inquadramento, a seconda che:

- le reti si sviluppano in esterno: rilievo satellitare gps, tecnica che consente la realizzazione di reti meglio configurate in quanto non pone vincoli ulteriori sulla posizione reciproca dei vertici
- le reti si sviluppano in luoghi coperti: tecnica topografica terrestre pone il vincolo che da ogni vertice della rete se ne debbano vedere almeno altri due

11. Quali sono le tecniche utilizzate per il rilievo delle reti di raffittimento?

Le tecniche normalmente utilizzate per un rilievo di raffittimento sono:

- poligonali
- metodi di intersezioni o riattacco

Poiché i **vertici delle reti di raffittimento derivano dai vertici delle reti di inquadramento con successive misure**, si possono adottare tecniche più spedite di quelle usate per la rete di inquadramento, quali: tecniche celerimetriche, che prevedono l'uso di strumenti come la stazione totale.

12. Quali sono le tecniche che si possono utilizzare per il rilievo di dettaglio?

Il rilievo di dettaglio ha come scopo la **determinazione delle coordinate dei punti selezionati come indispensabili per lo scopo del rilievo**. La loro precisione finale deve rispettare la tolleranza finale del rilievo metrico così come definita nelle fasi precedenti. La scelta di una o più tecniche dipende dall'accessibilità dello spazio del rilievo oltre che dal numero e dalla tipologia di punti da ricavare.

- **RILIEVO DISTANZIOMETRICO**: Con questo termine si intende il tradizionale metodo di rilievo di punti mediante la misura di sole distanze. STRUMENTI: distanziometro, bindella, metro

- RILIEVO CELERIMETRICO: Viene oggi applicato con efficacia mediante l'utilizzo delle stazioni totali che consentono la registrazione automatica delle misure eseguite. Le precisioni che oggi si possono raggiungere sono centimetriche purché si utilizzi al meglio il supporto delle reti di inquadramento e raffittimento.
- RILIEVO FOTOGRAMMETRICO: La vera misura avviene con la ripresa delle immagini e con la determinazione dei parametri utili per conoscere la posizione che la camera da presa aveva nello spazio nel momento in cui sono state riprese
- RILIEVO LiDAR: Acquisisce senza alcun criterio logico i punti dove molti sono inutili o dove nessuno può risultare necessario - lungo le linee di discontinuità-. Nel rilievo architettonico e urbanistico i problemi da affrontare sono più complessi: le discontinuità (break lines) sono la regola e il fattore economico è fondamentale.

13. Definire vantaggi e svantaggi delle misure manuali distanziometriche.

Con questo termine si intende il tradizionale metodo di rilievo di punti mediante la misura di sole distanze (trilaterazione). E' senz'altro il metodo di misura più antico ed oggi si eseguono tali misurazione tramite distanziometri manuali. Tra i **vantaggi** dell'impiego di questo metodo di rilievo troviamo la possibilità di compiere misurazioni sia in 2D che in 3D nonostante sia necessaria una buona capacità da parte dell'operatore nell' individuazione del piano su cui giacciono le distanze misurate, nel caso di un campo bidimensionale, e della determinazione di ogni punto da almeno tre distanze rispetto a tre punti di posizione nota, nel caso di un campo tridimensionale. Lo **svantaggio** che può scaturire nel caso di un rilievo in 2D è senz'altro l'esposizione a rischi di errori sistematici legati alla non corretta individuazione dei piani sui quali si effettua l'intersezione delle distanze misurate. A favore del rilievo manuale troviamo soprattutto il costo trascurabile delle attrezature mentre tra gli svantaggi si evidenzia un livello di accuratezza e precisione delle misurazioni che varia da 1.5 mm a 5 mm comportando alla necessità di avere una rete di raffittimento molto densa. Inoltre, la registrazione dei dati manuale e la lunghezza del metodo di rilievo stesso caratterizzano altri due svantaggi della tipologia di misurazione. Nonostante tutte queste perplessità il metodo distanziometrico è insostituibile nel rilievo di piccoli dettagli e viene utilizzato quando tutte le altre tecniche non possono operare o per mancanza di spazi liberi sufficienti o a causa delle limitate illuminazioni degli ambienti.

14. Definire vantaggi e svantaggi delle misure eseguite con stazione totale.

Il rilievo celerimetrico viene oggi applicato con efficacia mediante l'utilizzo delle stazioni totali e presenta numerosi **vantaggi** che consentono la registrazione automatica delle misure eseguite (due angoli e una distanza per ogni punto rilevato), il calcolo automatico delle coordinate nel sistema di coordinate liberamente scelto dall'operatore nonché l'attribuzione ad ogni punto di codici alfanumerici per una classificazione automatica dei punti rilevati. Lo scarico dei dati in ambiente CAD garantisce il passaggio automatico dal numero alla sua resa grafica senza alcun intervento umano, operazione che è spesso **causa di errori grossolani** di interpretazione e trascrizione. Il metodo celerimetrico è per sua natura 3D e i moderni strumenti possono rilevare anche punti non accessibili. Le precisioni che oggi si possono raggiungere sono centimetriche purché si utilizzi al meglio il supporto delle reti di inquadramento e di raffittimento. Le difficoltà insite nell'utilizzo di questo metodo stanno nella necessità di operare in **spazi piuttosto ampi** e con buona illuminazione oltre al fatto di occupare lo spazio del rilievo per **lunghi periodi**.

15. Definire vantaggi e svantaggi delle misure fotogrammetriche.

La misurazione dei punti tramite rilievo fotogrammetrico avviene con la ripresa delle immagini (fotografiche o digitali) e con la determinazione dei parametri utili per conoscere la posizione che la camera da presa aveva nello spazio nel momento in cui sono state riprese (parametri di orientamento esterno).

Tra i **vantaggi** troviamo:

- La presenza di una fase di acquisizione dei dati molto breve che comporta ad una riduzione dei disagi degli operatori che con i metodi visti in precedenza devono trascorrere molto tempo a diretto contatto con l'oggetto in condizioni a volte non agevoli
- Rilievo virtuale di tutte le coordinate dei punti ripresi dalle due immagini
- La fase di estrazione delle posizioni spaziali dei punti, detta restituzione, avviene in laboratorio in tempi e modalità consequenziali
- Elevata precisione della misurazione

Lo **svantaggio** nell'utilizzo di questa tecnica consiste nella relativa complessità del metodo rispetto al rilievo distanziometrico e a quello celerimetrico, per cui risulta economicamente conveniente solo quando il numero di punti da rilevare è elevato o quando ci sono effettive difficoltà nell'accedere e nell'occupare per lungo tempo lo spazio del rilievo.

16. Definire vantaggi e svantaggi delle misure LiDAR

L'introduzione di questa tecnica nel rilievo degli oggetti architettonici è recente anche se il principio di funzionamento è quello delle stazioni totali. Gli strumenti LIDAR dirigono un raggio laser lungo un numero elevato di direzioni nello spazio secondo incrementi di angolo azimutale e zenitale prefissati e misurano la distanza tra il centro strumentale e il punto intercettato dal raggio laser.

Svantaggi:

- Rilievo privo di intelligenza, i punti utili al rilievo spesso non misurati bensì ricavati dai punti numerosi rilevati nel loro intorno complesse operazioni di modellazione di nuvole di punti
- Limiti applicativi di tale tecnica sono legati al notevole costo delle attrezzature e alla difficoltà di post-processamento dei dati acquisiti.

Vantaggi:

- Le precisioni raggiungibili sono dell'ordine del centimetro ed è possibile orientare automaticamente i punti rilevati nel sistema di coordinate prescelto
- Le potenzialità si esaltano se viene integrata con la tecnica della fotogrammetria digitale che consente di associare al modello 3D geometrico dell'oggetto anche la sua descrizione radiometrica per la produzione di modelli 3D realistici e ortofoto.

STAZIONE TOTALE

1. Elenicare le componenti ottico-meccaniche di una stazione totale e le loro principali funzioni.

La stazione totale è composta da tre parti ottico/meccaniche e da una serie di componenti elettroniche.

Le componenti ottico/meccaniche sono:

1. **BASAMENTO**: è una struttura meccanica che racchiude al suo interno un cerchio graduato (cerchio azimutale) disposto parallelamente al piano di appoggio del basamento stesso. Nella parte inferiore del basamento vi sono

tre perni che consentono di bloccare lo strumento alla basetta topografica, o al dispositivo di centramento forzato.

2. **ALIDADA:** è una struttura meccanica che ruota attorno a un asse perpendicolare al basamento. Sull'alidada si trovano gli indici di lettura del cerchio azimutale (solidali all'alidada) e gli indici di lettura di un secondo cerchio graduato (il cerchio zenitale). Sull'alidada si trova una livella torica che serve a rendere verticale l'asse di rotazione dell'alidada stessa
3. **CANNOCCHIALE:** è montato sull'alidada in modo da poter ruotare liberamente attorno a un asse parallelo al piano di appoggio del basamento. Tali rotazioni sono controllate da una coppia di viti del tutto identiche a quelle poste al controllo delle rotazioni dell'alidada. Agendo opportunamente attorno al cerchio strumentale (inserzione fra l'asse di rotazione del cannocchiale e l'asse di rotazione dell'alidada) in qualsiasi direzione e quindi collimare un qualsiasi punto nello spazio circostante.

2. **Definire le condizioni di rettifica di una stazione totale.**

Le condizioni di rettifica di una stazione totale si suddividono in **strumentali** e **in fase di misura**. Per quanto riguarda le condizioni strumentali è necessario considerare che nel teodolite si possono individuare tre assi fondamentali: primario (o di rotazione dell'alidada a1), secondario (o di rotazione del cannocchiale a2) e terziario (o di collimazione del cannocchiale a3). Le tre parti che compongono il teodolite (basamento, alidada e cannocchiale) devono essere assemblate in modo tale che si realizzino le seguenti condizioni geometriche, dette condizioni di rettifica del teodolite:

1. i tre assi fondamentali devono avere come unico punto di intersezione il centro strumentale
2. l'asse a2 deve essere perpendicolare all'asse a1
3. l'asse a3 deve essere perpendicolare all'asse a2

In fase di misura è invece necessario constatare che la verticale passante per il punto di stazione coincide con l'asse primario. Poiché il verificarsi di tali condizioni dipende esclusivamente dalle tecniche costruttive realizzate (meccaniche e ottiche) è verosimile che esse siano verificate a meno di inevitabili errori. Gli **errori di rettifica** (classificabili come errori **sistematici**) che possono influenzare in modo non trascurabile le misure angolari sono:

1. **ERRORE DI INCLINAZIONE:** angolo i che la nominale all'asse a1 forma con l'asse a2
2. **ERRORE DI COLLIMAZIONE:** angolo c che la normale all'asse a2 forma con l'asse a3

Altri tipi di errore, che dipendono dalla buona riuscita o meno delle parti ottico meccaniche del teodolite e che possono influire in modo non trascurabile sulla precisione di misura sono:

3. **ERRORE DI ECCENTRICITA' DEI CERCHI:** distanza tra il centro della graduazione dei cerchi azimutale e zenitale e l'intersezione rispettivamente degli assi a1 e a2
4. **ERRORE DI GRADUAZIONE DEI CERCHI:** non corretto tracciamento o codifica delle graduazioni

3. Descrivere le condizioni operative di una stazione totale.

Per far sì che il teodolite possa misurare correttamente gli angoli azimutali e zenithali è necessario che l'asse **a1 sia verticale**. In questa situazione, infatti, se lo strumento è rettificato, si realizzano le seguenti condizioni:

1. il cerchio azimutale giace su un piano orizzontale
2. il cerchio zenithale giace su un piano verticale
3. l'asse a2 è orizzontale
4. l'asse a3 descrive piani verticali passanti per il centro strumentale

Anche la condizione operativa del teodolite può essere realizzata a meno di un errore di verticalità v, definito come l'angolo che la verticale passante per il centro strumentale forma con l'asse a1 del teodolite.

4. Elencare gli errori sistematici che influenzano la misura di una direzione azimutale.

Nella misura di una direzione azimutale il non rispetto delle condizioni di rettifica della stazione totale comporta la comparsa di **ERROTI SISTEMATICI** che devono essere eliminati qualora di entità superiore alla precisione che si intende raggiungere nella misura. Gli errori sistematici che influenzano la misura della direzione azimutale sono:

1. errore di **verticalità**: a1 non è perfettamente verticale
2. errore di **inclinazione** (eliminabile con la *regola di Bessel*): a2 non è perpendicolare ad a1
3. errore di **collimazione** (eliminabile con la *regola di Bessel*): a3 non è perpendicolare ad a2
4. errore di **eccentricità**: a1 non interseca il cerchio azimutale nell'origine della graduazione
5. errore di **graduazione**: la graduazione del cerchio presenta intervalli di ampiezza diversa.

Se l'insieme di questi errori è inferiore a 5' si possono trascurare le correlazioni tra i vari errori sistematici e quindi considerare l'effetto di ognuno di essi nell'ipotesi che gli altri non esistano.

La regola di Bessel è una procedura che consente l'eliminazione dell'influenza degli errori di inclinazione e di collimazione nella misura di una direzione azimutale e prevede due fasi:

1. si misura la direzione azimutale di un punto con lo strumento in 1° posizione (LCS)
2. si misura la direzione azimutale con lo strumento in 2° posizione (LCD)

5. Elencare gli errori sistematici che influenzano la misura di un angolo zenitale.

Anche nel caso della misura di un angolo zenithale il non rispetto delle condizioni di rettifica della stazione totale comporta la comparsa di **ERROTI SISTEMATICI** che devono essere eliminati qualora di entità superiore alla precisione consentita. Gli errori sistematici che influenzano la misura di un angolo zenithale sono:

1. errori di **verticalità**: a1 non è perfettamente verticale
2. errore di **eccentricità**: a1 non interseca il cerchio nell'origine della graduazione

3. errore di **graduazione**: la graduazione del cerchio presenta intervalli di ampiezza diversa
 4. errore di **zenit strumentale**: quando l'asse a1 è verticale e la sua lettura dell'intersezione col cerchio zenithale non è 0 gon
 5. errore di **rifrazione**: a causa della densità dell'atmosfera l'asse di collimazione non si dispone sulla retta congiungente il punto collimato e il centro strumentale
- 6. Nella misura di una direzione azimutale come si elimina l'errore di verticalità?**
- Quando la stazione totale viene montata sulla basetta, l'asse a1 si dispone lungo la verticale passante per il punto di stazione con la precisione della livella sferica utilizzata per disporre su un piano orizzontale la piastra basculante della basetta stessa. Tale precisione non è sufficiente per garantire una corretta misura delle direzioni azimutali. Tutte le stazioni totali sono dotate di due livelle elettroniche aventi una precisione di un ordine di grandezza superiore a quella della livella sferica, disposte ortogonalmente l'una rispetto all'altra in grado di misurare l'errore di verticalità. A livello operativo **l'unico accorgimento da prendere è di verificare e garantire il corretto funzionamento delle livelle elettroniche.**
- IMPORTANTE: Dato che l'influenza dell'errore di verticalità sulle letture mantiene sempre lo stesso segno e poiché non si conosce a priori la direzione spaziale di a1 e quindi l'angolo A, l'influenza di tale errore non si può eliminare. Tale errore è quindi sistematico ma rifacendo la messa in stazione, ritoccando le viti calanti, si può supporre che l'errore residuo di verticalità sia cambiato in modulo e verso, per cui influenza in modo differente le misure azimutali che, mediate con le precedenti, appaiono soggette ad un errore di tipo accidentale
- 7. Nella misura di una direzione azimutale come si elimina l'errore di eccentricità del cerchio azimutale?**
- L'errore di eccentricità del cerchio azimutale impiegando gli indici di lettura al cerchio di posizionamento uno diametralmente opposto all'alto, ovvero facendo **due letture coniugate e facendone la media.**

- 8. Nella misura di una direzione azimutale come si elimina l'errore di graduazione del cerchio azimutale?**
- Per ridurre l'effetto dell'errore di graduazione del cerchio azimutale, si adottano due metodi: la **reiterazione** e la **ripetizione**. La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende esclusivamente dal tipo di teodolite disponibile: entrambe le procedure perseguono lo scopo di effettuare la misura dell'angolo in parti diverse della graduazione. I **teodoliti reiteratori** (metodo della reiterazione) sono dotati di dispositivi che consentono la rotazione del cerchio azimutale indipendentemente dal basamento e dall'alidada dello strumento.
- Operativamente si procede nel seguente modo:
1. si misura l'angolo azimutale con la regola di Bessel
 2. prima di ogni ulteriore misura si ruota il cerchio azimutale di una quantità π/n , dove n rappresenta il numero di misure che si vogliono eseguire (numero di reiterazioni)
- I **teodoliti ripetitori** (metodo della ripetizione) sono dotati di dispositivi che consentono di bloccare rigidamente il cerchio azimutale alternativamente all'alidada e al basamento. Le modalità operative per la misura dell'angolo azimutale ASB con il metodo della ripetizione sono le seguenti:

1. con il cerchio bloccato al basamento, si misura l'angolo azimutale con la regola di Bessel
2. per ogni ulteriore misura si blocca il cerchio all'alidada, si ritorna a collimare il primo punto, si blocca il cerchio al basamento e si ripete la misura

Anche se gli errori di graduazione nell'ultima generazione di teodoliti ottico meccanici sono di entità molto limitata, l'esecuzione di più misure di uno stesso angolo consente di mediare efficacemente agli errori insiti nei processi di collimazione e lettura ai cerchi.

9. *Nella misura di una direzione azimutale come si eliminano gli errori di inclinazione e di collimazione?*

Gli errori di inclinazione e di collimazione provocano errori nella misura di direzioni azimutali che assumono valore uguale ma segno opposto quando la direzione azimutale di un punto viene misurata nelle due posizioni dello strumento che vedono il cerchio zenitale alla sinistra (I posizione) oppure a destra (II posizione) dell'osservatore. Queste due diverse posizioni dello strumento vengono chiamate **POSIZIONI CONIUGATE**.

10. *Nella misura di un angolo zenitale come si elimina l'errore di verticalità?*

Anche la misura di una direzione zenitale è affetta dagli errori derivanti dalle mancate rettifiche del teodolite (inclinazione, collimazione, verticalità, eccentricità del cerchio zenitale e graduazione del cerchio zenitale). In aggiunta occorre anche considerare l'effetto della non perfetta coincidenza dell'origine della graduazione del cerchio con l'asse di rotazione dell'alidada e l'effetto sistematico che l'atmosfera può generare durante la misura di una direzione zenitale. L'errore di verticalità, che influisce direttamente sulla misura, è dell'ordine di grandezza della sensibilità della livella torica servita per la messa in stazione del teodolite ($10''$ - $30''$), per cui è necessario predisporre una procedura che riduca l'effetto di v.

Dei **sensori permettono di correggere l'effetto di errori residui di verticalità dell'asse principale di un teodolite digitale**. Tali sensori agiscono su uno o due assi, e sono indipendenti dalla lettura dei cerchi; le correzioni sono apportate automaticamente alle letture, ma l'operazione può anche scegliere di escludere i compensatori. L'errore di verticalità si può scomporre in due parti: una giacente nel piano di collimazione, l'altra nel piano normale a quello di collimazione. Il compensatore biassiale agisce su entrambe le componenti eliminando il relativo errore nelle misure angolari. Il compensatore monoassiale agisce sulla componente giacente nel piano di collimazione.

11. *Nella misura di un angolo zenitale come si elimina l'errore di eccentricità del cerchio zenitale?*

Anche la misura di una direzione zenitale è affetta dagli errori derivanti dalle mancate rettifiche del teodolite (inclinazione, collimazione, verticalità, eccentricità del cerchio zenitale e graduazione del cerchio zenitale). In aggiunta occorre anche considerare l'effetto della non perfetta coincidenza dell'origine della graduazione del cerchio con l'asse di rotazione dell'alidada e l'effetto sistematico che l'atmosfera può generare durante la misura di una direzione zenitale. Può nascere dunque anche in questo caso l'errore di eccentricità del cerchio zenitale, negli stessi termini dell'analogo errore di eccentricità del cerchio azimutale. Può presentarsi quindi il **fenomeno di non coincidenza tra il centro del cerchio zenitale e il punto di intersezione**

dell'asse di rotazione del cannocchiale con quest'ultimo. La soluzione adottata è quindi quella di dotare i teodoliti di una coppia di indici di lettura diametralmente opposti.

12. Nella misura di un angolo zenitale come si elimina l'errore di graduazione del cerchio zenitale?

Anche la misura di una direzione zenitale è affetta dagli errori derivanti dalle mancate rettifiche del teodolite (inclinazione, collimazione, verticalità, eccentricità del cerchio zenitale e graduazione del cerchio zenitale). In aggiunta occorre anche considerare l'effetto della non perfetta coincidenza dell'origine della graduazione del cerchio con l'asse di rotazione dell'alidada e l'effetto sistematico che l'atmosfera può generare durante la misura di una direzione zenitale. Gli errori di graduazione vengono solitamente **trascurati** in quanto di un ordine di **grandezza inferiore rispetto agli effetti residui che la rifrazione atmosferica introduce nella misura degli angoli zenithali**.

13. Qual è la funzione del treppiede nell'uso della stazione totale?

Il treppiede è un idoneo **supporto di sostegno** che, una volta situato lo strumento ad una opportuna altezza da terra, consente all'operatore l'esecuzione delle diverse operazioni di rilievo. Esso è costituito da tre gambe a lunghezza regolabile o fissa. Le gambe del treppiede sono incernierate alla piastra di appoggio. La piastra di appoggio ha la forma di un triangolo equilatero a spigoli arrotondati ed è provvista di un foro centrale attraverso il quale passa la vite di fissaggio che serve a vincolare rigidamente al treppiede uno strumento (la bussola topografica) che collega il treppiede allo strumento. L'operazione di messa in stazione del treppiede consiste nel far sì che il centro della piastra sia all'incirca sulla verticale del punto a terra (vertice degli angoli da misurare o estremo della distanza) e che la piastra di appoggio sia orizzontale. Per far ciò, si sfrutta l'azione combinata di un filo a piombo collegato alla vite di fissaggio e, ove possibile, la possibilità di variare in modo indipendente le lunghezze delle tre gambe del treppiede.

14. Qual è la funzione della bussola nell'uso della stazione totale?

La bussola è un dispositivo che si interpone fra il treppiede e lo strumento e permette il corretto funzionamento del "sistema" stazione totale. Il piano di base è fissato mediante il vitone al treppiede. Le viti calanti permettono il basculamento rispetto al piano di base del treppiede al fine di posizionare orizzontalmente e correttamente lo strumento di misura.

15. Descrivere in che modo gli angoli misurati da una stazione totale possono essere convertiti in radianti.

Esiste una relazione che consente di convertire gli angoli misurati da una stazione totale, ovvero con unità di misura "gon", in radianti e, all'occorrenza, anche in gradi: $\text{agon}/100 = \alpha^\circ/90 = \text{arad}/\pi/2$.

Formula:

$\text{asessAD} / 1800 = \text{acent} / 200g = \text{arad} / \pi$ (sessadecimale -> centesimale -> matematico)

16. Definire la direzione azimutale.

La direzione azimutale è la collimazione dal punto di stazione a, al punto b; leggeremo quindi la direzione ab. Così anche come se dal punto di stazione a collimiamo il punto c, leggeremo la direzione ac

17. Definire l'angolo azimutale

L'angolo azimutale α è l'angolo diedro definito dai due piani π_B e π_C che ha per costola la verticale V. Si ottiene dalla sottrazione di due distanze azimutali.

18. Definire l'angolo di direzione.

Si consideri una semiretta orientata AB definita in un piano cartesiano XY. Si definisce angolo di direzione della direzione AB l'angolo di cui la parallela all'asse X condotta per A deve ruotare in senso orario per sovrapporsi alla direzione orientata AB e si indica con la notazione (AB). Analogamente si può definire l'angolo di direzione (BA). La differenza tra (AB) e (BA) è pari a 200 gon

19. Definire l'angolo zenitale.

Dato un punto A ed un punto C, l'angolo zenitale φ è l'angolo formato dalla verticale per il punto A e dalla congiungente i punti A e C.

GNSS

1. Cosa significa l'acronimo GNSS e di cosa si tratta?

L'acronimo GNSS significa **Global Navigation Satellite System**, si tratta di un sistema di georadiolocalizzazione e navigazione terrestre, marittima o aerea che utilizza una rete di satelliti in orbita per fornire un servizio di posizionamento geo-spaziale a copertura globale, che consente di determinare le coordinate geografiche di un punto sulla superficie terrestre con un errore di pochi metri o centimetri. Esistono due generazioni di GNSS: la prima è formata dai sistemi GPS e GLONASS, mentre la seconda generazione utilizza versioni più attuali di sistemi GPS (30 satelliti) e GLONASS (24 satelliti), insieme ai 24 satelliti GALILEO (attualmente in fase di testing), i 35 satelliti BEIDOU.

2. Qual è il principio di funzionamento e la precisione media raggiungibile del posizionamento assoluto nei GNSS?

Le coordinate del vertice sul quale è posto il ricevitore sono stimate esclusivamente elaborando le osservazioni che ha eseguito rispetto ai satelliti acquistati, il ricevitore opera quindi singolarmente. Si eseguono solo misure in codice:

- determina in tempo reale la posizione assoluta del ricevitore con misure di distanza dai satelliti utilizzando il codice
- non è adatto per ricicli topografici di revisione

Essendoci un solo ricevente l'accuratezza dei risultati non potrà essere elevata.

Infatti la precisione media raggiungibile sarà compresa tra i 5 e i 10 m. Ad oggi esiste una tecnica chiamata "Precise Point Positioning" o PPP che ha un'accuratezza nei risultati di 1-2 cm ma richiede tempi di acquisizione molto lunghi e un'elaborazione post-acquisizione molto complessa.

3. Qual è il principio di funzionamento e la precisione media raggiungibile del posizionamento relativo nei GNSS?

Due o più ricevitori sono posti in contemporanea acquisizione delle osservazioni di satelliti comuni, vengono stimate le componenti del vettore che unisce i due vettori. Questa tecnica permette di raggiungere precisioni migliori perché vengono **eliminati**

o ridotti gli errori sistematici che intervengono nelle misure, perciò si impiegano solo misure di fase:

- si ottengono misure ad alta precisione -precisione raggiungibile varia dai 0.5 a 1 cm-
- si utilizzano sia il segnale in codice sia in fase

4. Qual è il principio di funzionamento e la precisione media raggiungibile del posizionamento differenziale nei GNSS?

E' un tipo di posizionamento a livello tecnico più impegnativo, un ricevitore singolo posto sul vertice da rilevare stima le proprie coordinate in posizionamento assoluto, ma queste vengono corrette da una correzione differenziale calcolata da una stazione base da una rete di stazioni permanenti e inviata al Rover. A seconda dei segnali ricevuti si hanno due tecniche: DGPS con accuratezza dell'ordine di 0,5-1m e RTK con accuratezza minori di 5cm.

5. Quali sono i principali errori sistematici nella misura delle distanze nei GNSS?

Essendo il GNSS un sistema basato sulla misura del tempo il principale errore nella quale si può incorrere è quello del “**time-bias**” ovvero quando l'orologio presente nel ricevente ha uno scarto di secondi o addirittura minuti rispetto a quello installato all'interno dei satelliti. Questo errore ne genera un altro ovvero il “**pseudo range**” (pseudo distanza), dovute al calcolo errato del tempo impiegato dall'onda radio per percorrere la distanza satellite-ricevitore, ciò rappresenta errori nelle coordinate finali:

- time bias (errore grossolano)
- errori derivati dall'attraversamento della ionosfera e della troposfera
- errori derivanti dalle effemeridi (rotte satelliti)
- multipath code
- noise del codice - controllo di fase

6. Quali sono le modalità di misura con il sistema GNSS ?

- Modalità **statica** acquisizione contemporanea su due o più ricevitori per lunghi periodi di osservazioni (>1 ora)
- Modalità **rapido statica** acquisizione contemporanea su due o più ricevitori per medi bassi periodi di osservazione (< 1 ora)
- Modalità **cinematica** sempre due ricevitori ma uno in movimento, quello fisso trasmette le correzioni differenziali ai ricevitori in movimento (RealTimeKinematik RTK)
- **Trattamento dei dati** in tempo reale o in post processing

7. Con quale principio si misurano le distanze tra satellite e ricevitore a terra ?

Il principio di funzionamento del GPS si basa essenzialmente sulla misura della **distanza tra osservatore e tra satelliti** la cui posizione nello spazio è nota con precisione. Ogni satellite emette i dati sulla posizione e sull'ora esatta al momento della trasmissione. Conoscendo la posizione del satellite ricevente potrà stabilire un intervallo di tempo impiegato dall'onda radio per arrivare fino ad essa e di conseguenza la distanza tra trasmittente e trasmittanza. Il ricevitore è in grado di riconoscere da che satellite sta ricevendo in quanto ogni satellite emette dei codici univoci che il ricevitore ha memorizzati ed esegue il confronto tra questi e l'onda ricevuta.

8. Quanti satelliti sono necessari per definire la posizione piano altimetrica di un punto sul terreno e perché?

Sono necessari come minimo **quattro** satelliti, tre relativi alle dimensioni dello spazio xyz e una relativa al tempo.

9. Cosa è il rilievo RTK ?

La cinematica in tempo reale è una tecnica specifica per il posizionamento satellitare in grado di produrre risultati precisi al **centimetro**.

FOTOGRAFIA - RADDRIZZAMENTO FOTOGRAFICO

1. Descrivere il principio della fotogrammetria

2. Definire i parametri di orientamento interno di una immagine fotografica.

3. Definire i parametri di orientamento esterno di una immagine fotografica.

4. Definire le differenze tra una prospettiva centrale e una immagine fotografica

La differenza è negli errori introdotti dall'obiettivo della camera fotografica e del fotogramma stesso.

Differenze:

- Obiettivo e quindi individuazione del centro di proiezione in quanto il diaframma non è al centro dell'obiettivo
- L'asse ottico non contiene i centri di curvatura di tutte le lenti ma un asse calibr perpendicolare, nello spazio oggetto, al piano del fotogramma passante per il centro della pupilla d'ingresso
- Gli angoli di incidenza dei raggi sono definiti nel centro della pupilla d'ingresso che non giace sul piano principale, quindi gli angoli di diffrazione non sono uguali a quelli incidenti
- La distanza principale effettiva non coincide con la distanza principale ottica
- Il piano di immagine non è perpendicolare all'asse ottico

5. Quanti punti di coordinate note sono necessari per l'esecuzione di un raddrizzamento fotografico con il metodo analitico e perché?

Per calcolare gli 8 parametri che definiscono la trasformazione omografica è necessario conoscere le **coordinate di almeno 4 punti dell'oggetto**, espresse nel sistema di riferimento oggetto e individuabili nel sistema di riferimento immagine. Tali punti devono essere opportunamente distribuiti sull'immagine. Avendo a disposizione quattro punti di cui siano note le coordinate immagine e oggetto si possono determinare gli otto coefficienti e successivamente calcolare le coordinate X e Y di qualsiasi punto oggetto a partire dalle coordinate x e y dell'immagine.

6. Se, durante l'esecuzione di un raddrizzamento analitico, viene utilizzato un numero maggiore di punti rispetto a quelli necessari da un punto di vista geometrico cosa è possibile valutare?

Utilizzando un numero di punti maggiore di quello richiesto, è possibile **valutare la precisione del raddrizzamento analizzando gli scarti sui punti utilizzati**. Infatti,

quando il numero di punti utilizzati è superiore a 4, la stima dei parametri dell'omografia avviene mediante il metodo dei minimi quadrati che soddisfa le equazioni risolventi.

7. Quali caratteristiche devono avere i punti necessari per un raddrizzamento fotografico analitico?

Il raddrizzamento analitico utilizza le equazioni della omografia che dipendono da 8 parametri. Per poter stimare i parametri dell'omografia occorre conoscere le coordinate immagine e oggetto di almeno **4 punti** (minimo geometrico) con le quali è possibile scrivere 8 equazioni nelle 8 incognite del problema. Poiché però si tratta di un problema di stima, la **migliore soluzione si ottiene utilizzando un minimo di 5 punti e un massimo di 8** (punti di appoggio). Questi punti devono essere **omogeneamente distribuiti nella zona di interesse** dell'immagine fotografica.

8. E' possibile raddrizzare la fotografia di una superficie curva (es. absidi di chiese, ecc). Perchè?

No perchè i punti presi in esame per il raddrizzamento devono giacere sullo stesso piano.

9. Che cosa è l'omografia e a cosa serve ?

L'omografia è una trasformazione piana tra due spazi che consente di **traslare la prospettiva centrale da un piano in proiezione ortogonale**. Ciò avviene grazie alle equazioni dell'omografia generale ovvero la relazione matematica tra i punti terreno e i punti dell'immagine. Per calcolare gli 8 parametri che definiscono la traslazione omografica è necessario conoscere le coordinate di almeno 4 punti dell'oggetto, espresse nel sistema di riferimento oggetto e individuabili nel sistema di riferimento immagine. Tali punti devono essere opportunamente distribuiti sull'immagine.

10. Quali sono le informazioni metriche necessarie per un raddrizzamento fotografico con metodo geometrico?

Il raddrizzamento geometrico utilizza la **teoria dei punti di fuga**. Occorre quindi conoscere solo due distanze tra le loro perpendicolari.

11. L'immagine raddrizzata può essere considerata una proiezione ortogonale?

Si perchè il raddrizzamento fotografico è una tecnica che trasforma la prospettiva centrale in una che ha il piano di proiezione parallelo ad un piano prospettico. Tra il piano di raddrizzamento e il piano prescelto esiste una relazione di simulazione.

12. Definire l'orientamento relativo

Determina la **posizione relativa di due fotogrammi**, realizzando l'intersezione dei raggi proiettanti del modello tridimensionale dell'oggetto, ma in una scala arbitraria e con giacitura spaziale generica

13. Definire l'orientamento assoluto

Il modello è **rototraslato e scalato**, in modo da ottenere un riferimento al sistema di riferimento assoluto e dimensionato nella scala esatta

14. Si possono ottenere informazioni tridimensionali con il metodo del raddrizzamento analitico o geometrico?

No, in quanto il raddrizzamento, analitico e geometrico, si basa sull'acquisizione di punti giacenti tutti sullo stesso piano

15. Quante immagini sono necessarie per stabilire la posizione nello spazio 3D e la posizione di un punto ? Perché ?

La condizione necessaria per stabilire la posizione nello spazio 3d di qualsiasi punto oggetto a partire dalle sue coordinate immagine usando un metodo fotogrammetrico è avere **almeno due immagini con punti di vista differenti**. Questo perché utilizzandone una sola ad ogni punto immagine corrisponderanno infiniti punti appartenenti alla retta proiettante punto immagine-centro presa, mentre introducendone una seconda, presa da due diverse posizioni del centro di proiezione, qualsiasi punto oggetto coinciderà con l'intersezione di due raggi proiettati che passano attraverso i corrispondenti punti dell'immagine e quindi ad un unico punto.

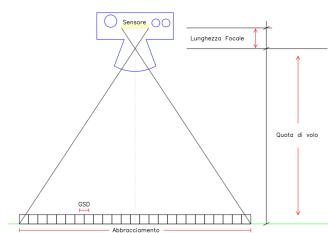
16. Cosa sono le equazioni di collinearità ?

Le equazioni di collinearità sono una serie di equazioni che hanno lo scopo di **allineare il centro di proiezione, il punto immagine e il punto oggetto**; ne consegue che le grandezze che compongono tali equazioni sono: coordinate dell'immagine, coordinate del punto principale, coordinate del punto oggetto, coordinate del centro di proiezione, distanza principale e parametri di trasformazione; ovvero i parametri di orientamento interno ed esterno

17. Cosa è e come si calcola il GSD?

Il GSD (Ground Sampling Distance) è la **distanza fra i centri di due pixel consecutivi**

La formula è: QUOTA DI VOLO x LARGHEZZA DEL PIXEL / LUNGHEZZA FOCALE



18. Cosa è l'image matching ?

Nel processo fotogrammetrico, una volta individuati e filtrati i punti caratteristici per ogni fotogramma, si procede con la **ricerca di punti omologhi**. Questa ricerca prende il nome di Image Matching e avviene attraverso l'utilizzo di algoritmi di calcolo. L'individuazione si basa sul **confronto fra i punti caratteristici di tutte le immagini**. Questi punti di ogni foto vengono confrontati con punti caratteristici delle altre immagini al fine di trovare una corrispondenza.

19. Cos'è il DSM ?

Il DSM (digital surface models) è un modello digitale di superficie topografica che va a **rappresentare tutti gli elementi di un determinato territorio** (naturali e antropici)

che possono derivare o da acquisizioni attive tridimensionali o attraverso la fotogrammetria con drone

20. Cosa è il DTM ?

Il DTM è il **modello della sola superficie terrestre**, filtrata da vegetazione, costruzioni etc. Questo strumento utilizzato anche in applicazioni ingegneristiche grazie anche allo sviluppo di una grafica tridimensionale veloce

21. Quale è la differenza tra DSM e DTM ?

La principale differenza fra DSM e DTM è che i primi mantengono nel modello creato sia la vegetazione che gli elementi antropici di costruzioni mentre i secondi (DTM) li filtrano, creando il modello della sola superficie terrestre

22. Quali sono i principali prodotti metrici che si ottengono alla fine del processo fotogrammetrico (processo seguito con l'uso di Metashape) ? In che ordine vengono generati?

I principali prodotti metrici in ordine di generazione sono: **nuvola di punti sparsa, nuvola densa, mesh, texture, DEM e ortofoto**

23. Perché è importante eliminare il geotag nel software Metashape prima di elaborare i dati?

Poichè si vuole rapportare il modello ad un sistema di riferimento assoluto ricavato tramite operazioni di celerimensura e **non** si vuole **influenzare l'allineamento delle immagini** si eliminano i dati riferiti alla geolocalizzazione delle singole immagini, dati acquisiti da apparati di ricezione satellitare inseriti all'interno degli apparecchi fotografici (sempre presenti negli UAV)

24. Cosa è l'ortofoto e quale è il principio dell'ortofotoproiezione

L'**ortofoto** è una **fotografia aerea che è stata geometricamente corretta** con il processo di ortorettifica e georeferenziata in modo tale che la scala di rappresentazione della foto sia unita. Si può anche usare per misurare le distanze reali. L'ortofotoproiezione è un'operazione che ha il fine di trasformare geometricamente un'immagine, approssimabile a prospettiva centrale, che ritrae un oggetto non piano, quindi con differenze di profondità lungo il suo sviluppo, in proiezione ortogonale, applicando le dovute correzioni prospettiche.

25. Cosa sono i GCPs, TPs e CPs ?

- **GCPs** (Ground Control Point) → punti di **appoggio**, punti di coordinate note nel sistema di riferimento immagine e nel sistema di riferimento oggetto utilizzati per l'allineamento esterno assoluto
- **TPs** (Tie Points) → punti di **legame**, punti omologhi (su immagini diverse) di coordinate note nel s.r. immagine usati per l'orientamento esterno relativo
- **CPs** (Check Points) → punti di **controllo**, punti di coordinate note nel s.r. immagine e nel s.r. oggetto non utilizzati per l'orientamento esterno assoluto ma per valutarne l'accuratezza

26. Qual'è la differenza tra Key points e Tie points? Cosa sono?

Tie Points sono punti di legame e si utilizzano per l'orientamento esterno mentre i **Key Points** invece rappresentano il prodotto finale dopo una prima correlazione tra le immagini necessaria ad allineare queste ultime.

27. Perché in fotogrammetria è importante utilizzare obiettivi con focale fissa?

Un obiettivo con **focale fissa**, è un obiettivo nel quale la lunghezza focale non può essere modificata, non c'è quindi lo zoom. La lunghezza focale è uno dei parametri fondamentali per il calcolo del GSD (Ground Sampling Distance) che influenza l'accuratezza del rilievo rispetto ai pixel dell'immagine; se la focale cambia di immagine in immagine ciò porterebbe ad accuratezze differenti per ogni singola immagine che si ripercuoterebbe sulla precisione complessiva del prodotto finale. Inoltre, nelle camere utilizzate per la fotogrammetria al variare della lunghezza focale variano anche i parametri di calibrazione del sensore (CCD) e ciò porterebbe ad ulteriori calcoli.

28. Perché è necessario effettuare un rilievo di dettaglio prima del rilievo fotogrammetrico?

Il rilievo di dettaglio permette di acquisire le coordinate di una serie di punti che potranno poi essere utilizzati per effettuare l'orientamento esterno assoluto e relativo e/o il fotoraddrizzamento di un'immagine

29. Cosa sono i punti di appoggio in un volo fotogrammetrico?

I **punti di appoggio** sono punti posizionati sul terreno di coordinate spaziali note che servono per orientare ed allineare con maggiore precisione.

30. Su quali principi si basa la visione stereoscopica?

La stereoscopia si basa sull'**acquisizione di un punto da almeno due angolazioni**, ciò consente di determinare la sua posizione nello spazio; la visione stereoscopica utilizza lo stesso principio ovvero si sottopone all'osservatore due immagini della stessa scena ma con angolature differenti, tramite l'utilizzo di occhiali appositi. La mente umana sovrapporre due immagini ricavandone una visione tridimensionale d'insieme.

La stereoscopia trasmette quindi l'illusione di tridimensionalità, i principi sono:

- punto di fissazione
- stereopsi

31. Cosa vuol dire SfM e in che modo viene impiegata in fotogrammetria?

SfM (structure from motion) ha l'obiettivo di **ricostruire la struttura 3d attraverso un insieme di misurazioni proiettive rappresentate da un insieme di immagini 2d mediante la stima del movimento della camera** che ha acquisito immagini. Comprende tre fasi principali:

- estrazione delle immagini
- stima del movimento della camera mediante la posizione delle foto
- generazione della struttura tridimensionale dell'oggetto

32. Qual'è la differenza tra camere metriche e camere amatoriali? In che modo è possibile impiegare queste ultime in fotogrammetria?

Le **camere metriche** sono apparecchi fotografici studiati specificatamente per scopi fotogrammetrici, esse sono già corredate al momento dell'acquisto di tutti i parametri di orientamento interno e calibrate dalla casa costruttrice. Inoltre vengono anche forniti i parametri necessari per la modellazione degli errori; le **camere amatoriali** non sono dotate di queste caratteristiche in quanto non pensate per un utilizzo fotogrammetrico specifico, nonostante ciò è comunque possibile impiegarle per rilievi fotogrammetrici attraverso una stima dei parametri che regolano le deformazioni, attraverso la calibrazione della camera, con il fine di correggere le coordinate immagine; tale procedimento richiede però la conoscenza di alcuni punti omologhi.

33. Qual è l'ordine di grandezza dell'errore che possiamo accettare su Metashape per i GCPs CPs in un rilievo dell'architettura eseguito con drone e stazione totale?

L'ordine di grandezza dell'errore che possiamo accettare su Metashape per i GCP e i CP in un rilievo architettonico eseguito con drone e stazione totale è pari a **1,7-2 cm**

34. Quale è la condizione di collinearità?

La condizione di collinearità indica che il punto oggetto **P**, il centro di proiezione **O** e il punto dell'immagine giacciono sulla stessa retta

35. Quali sono le distorsioni che si possono avere in una camera utilizzata per fotogrammetria ?

36. Definire la calibrazione della camera

37. Differenza tra orientamento relativo ed orientamento assoluto

Inizialmente si determina la posizione reciproca dei fotogrammi adiacenti che consente la visione stereoscopica (orientamento relativo), poi tutto l'**insieme** dei fotogrammi che definiscono il modello viene orientato rispetto al sistema di riferimento cartesiano adottato in fase di rilievo (orientamento assoluto)

38. Qual'è la precisione di un elaborato grafico in scala 1:50 ?

La precisione di un elaborato grafico in scala 1:50 deve essere nell'ordine del centimetro ($50 \times 0,2 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$)

39. Quale è il rapporto tra la scala di rappresentazione ed il GSD?

GSD = **3m/pix**: significa che ogni pixel dell'immagine rappresenta/contiene 3 metri di oggetto reale rilevato. Il pixel può essere pensato come unità di misura dell'immagine e, per il calcolo GSD tale unità di misura è espressa in metri

40. Cosa è il ricoprimento longitudinale ?

Il ricoprimento longitudinale è la sovrapposizione tra un fotogramma e il successivo della strisciata e deve essere almeno pari al **60%**

41. Cosa è il ricoprimento trasversale?

Sovrapposizione tra un fotogramma e il successivo della strisciata, deve essere pari al **30%**

COMPENSAZIONE RIGOROSA: il software STARNET

1. A cosa serve il software STARNET?

StarNet è un software per **compensazione di misure topografiche** funzionale all'elaborazione di dati acquisiti tramite stazione totale. Il programma STARNET permette di compensare ai "minimi quadrati" la più generale rete topografica

2. Quali valori devono essere inseriti per ogni punto collimato in una compensazione 2D con il software STARNET?

Per la compensazione 2D planimetrica i dati da inserire per ogni punto collimato sono:

- **DB** che indica il punto di stazione seguiti dal nome del punto di stazione
- **DN** che indica il punto collimato seguito dal punto collimato e la direzione azimutale

Questa cosa viene fatta per ogni punto, alla fine di ogni stazione si inserisce **DE**, ed è necessario inserire la distanza orizzontale tra il punto e la stazione totale.

3. Quali valori devono essere inseriti per ogni punto collimato in una compensazione altimetrica con il software STARNET?

I dati da inserire per la compensazione altimetrica sono:

- **QUOTA NOTA DEL PUNTO DI ORIGINE;**
- **DISLIVELLI** tra il punto di stazione e il punto collimato;
- **DISTANZE** medie tra le distanze inclinate approssimate al metro

4. Come si definisce un sistema di coordinate 3D in STARNET?

Per definire un sistema di coordinate tridimensionale in STarNet bisogna immettere i dati relativi a: **coordinate del punto di stazione** e relativa **altezza strumentale**, punto di **orientamento** e relativa **altezza del prisma, letture azimutali e zenithali, distanze inclinate**

5. Per quale motivo abbiamo eseguito la compensazione planimetrica e la compensazione altimetrica separatamente?

La compensazione planimetrica viene eseguita separatamente dalla compensazione altimetrica perché la **compensazione planimetrica ha precisioni superiori** rispetto alla compensazione altimetrica, se venissero eseguite insieme le due compensazioni, la compensazione planimetrica avrebbe dei risultati peggiori.

6. Quali sono i valori da inserire all'interno di STARNET per l'esecuzione della compensazione planimetrica?

I valori per la compensazione planimetrica sono:

- **COORDINATE APPROXIMATE** per capire all'incirca come sarà la geometria della rete
- **ORIENTAMENTO**

- **DISTANZE ORIZZONTALI** estratte dal libretto di campagna e vengono calcolate utilizzando la media delle distanze per il seno dell'angolo verticale
- **DIREZIONE VERTICALE** estratte dal libretto di campagna e vengono calcolate tramite la regola di Bessel

7. Quali sono i valori da inserire all'interno di STARNET per l'esecuzione del calcolo celerimetrico?

I valori da inserire per l'esecuzione del calcolo celerimetrico sono:

- **COORDINATE** relative al punto di stazione e al punto di orientamento
- **LETTURE AZIMUTALI** di tutti i punti collimati
- **LETTURE VERTICALI** con annessa altezza strumentale e del prisma
- **DISTANZE**

8. Per quale motivo devono essere inserite delle coordinate approssimate prima del calcolo in STARNET?

Prima del calcolo in starnet devono essere inserite delle coordinate approssimate perché si deve far capire al programma qual è all'incirca la geometria della rete

9. Quale indicatore utilizzo per comprendere la precisione con la quale sono state calcolate le coordinate dei punti nella compensazione planimetrica e altimetrica?

Al termine della compensazione è possibile **calcolare e disegnare l'ellisse d'errore** standard che rappresenta graficamente:

- La precisione del punto su cui è incentrata
- L'entità delle deviazioni standard delle coordinate
- La correlazione tra le coordinate e le direzioni privilegiate di propagazione dell'errore
- L'area entro cui ricade il punto con una determinata probabilità

Più l'ellisse d'errore è schiacciata, più la rete d'inquadramento porta errori, meno l'ellisse d'errore sarà schiacciata meno porterà errori

LiDAR

1. Elenicare e definire brevemente le fasi di trattamento dei dati acquisiti con tecnica laser.

Le fasi di rilievo con laser sono le seguenti:

- **PIANIFICAZIONE**: il rilievo LiDAR deve essere pianificato per permettere di rispondere all'esigenza di precisione e completezza, essere il più rapido ed economico possibile e fornire degli elaborati il più soddisfacenti possibile
- **ACQUISIZIONE**: l'acquisizione deve essere effettuata sempre insieme ad uno strumento per il rilievo topografico. Bisogna fare attenzione a non lasciare che ci siano all'interno della nuvola di punti delle zone d'ombra causate dalle debolezze degli strumenti, che, ad esempio, non riesce ad acquisire abbastanza punti nelle zone che presentano discontinuità. È importante nella fase di acquisizione, qualore dovranno essere acquisite più nuvole di punti, inserire dei target nella zona in cui avverrà il rilievo

Dopo aver pianificato il rilievo e acquisito i dati, le fasi di trattamento sono:

- **REGISTRAZIONE:** le diverse scansioni laser vengono registrate e successivamente unite, grazie ai target quadrati bianchi e neri che sono stati posti su vari oggetti in fase di rilievo. Essi servono per unire tra di loro le nuvole di punti che, anche se effettuate nello stesso luogo e nello stesso oggetto, non parlano tra di loro
- **ELABORAZIONE:** in fase di elaborazione avviene l'allineamento tra le varie nuvole di punti e la referenziazione ad un sistema di riferimento, che può essere sia rappresentato da una nuvola di punti (cloud on cloud) oppure da dei punti topografici presi con la stazione totale. In questa fase avviene anche la creazione della texture, delle mesh e di altri prodotti tipici
- **ESTRAZIONE:** in questa fase vengono "estratti" gli elaborati e i prodotti finali dalle misurazioni e dalle nuvole di punti create

2. In che modo una serie di scansioni laser può essere riferita a un sistema di coordinate preesistente? (es. definito da una rete di inquadramento)

Una serie di scansioni laser possono essere riferite ad un sistema di coordinate preesistente attraverso la georeferenziazione dei punti topografici. Si tratta di eseguire una **rototraslazione di ogni nuvola nel sistema di riferimento globale**.

Le fasi operative per fare ciò sono 3:

- Riconoscimento dei punti omologhi sulle nuvole e sui file dei punti topografici acquisiti
- Rototraslazione delle nuvole sul sistema topografico
- Unione delle nuvole tramite target

3. Quali differenze sostanziali esistono tra la strumentazione topografica tradizionale (stazione totale) e la strumentazione laser scanner?

Le differenze sostanziali tra strumentazione topografica tradizionale e la strumentazione laser scanner sta nella **velocità** e nella **quantità di acquisizione dei punti**. Il **laser scan** acquisisce moltissimi punti in pochissimo tempo, ma questi purtroppo hanno il difetto di trovarsi principalmente su superfici piane e raramente nei punti di discontinuità degli oggetti rilevati. La **stazione totale** invece permette di acquisire relativamente pochi punti rispetto a quelli del laser scan, ma almeno questi possono essere quelli fondamentali per descrivere al meglio l'oggetto. Inoltre, il **laser scan** permette, al contrario della stazione totale, di generare delle nuvole di punti. Entrambi gli strumenti sono molto validi ma nessuno dei due sostituisce l'altro. La soluzione si trova nell'integrazione delle due tecniche di rilievo.

4. In cosa consiste e come si comporta il raggio laser in uno strumento laser scanner?

Il **raggio laser** di un laser scan non è altro che un'**energia che viene trasformata in un fascio monocromatico di radiazioni elettromagnetiche**. Quando il raggio laser colpisce una superficie di un corpo reale (che viene detto anche corpo grigio) esso è **in parte riflesso, in parte assorbito e in parte trasmesso in funzione della lunghezza d'onda e in funzione della superficie che viene colpita**, perchè ogni superficie si comporta in modo diverso: quelle lisce riflettono il raggio in modo speculare, quelle rugose riflettono il raggio in modo casuale (superficie lambertiane) e le superfici retroriflettenti fanno tornare indietro il raggio sullo stesso percorso dell'andata

5. Quali tipologie di laser scanner sono disponibili ?

Sostanzialmente esistono tre tipologie di laser scan:

- Sistemi a scansioni **triangolari**: molto piccoli e maneggevoli, funzionano con la tecnica dell'intersezione in avanti. Questi vengono utilizzati solo per oggetti di piccole dimensioni perché necessitano di distanze dall'oggetto molto ridotte. Hanno un funzionamento simile a quello della fotogrammetria. Non possono essere usati in presenza di forte luce solare perché il risultato del rilievo sarebbe influenzato da essa
- Sistemi a **tempo di volo**: si basano sulla misura della distanza tramite il delta di tempo che impiega un raggio luminoso per andare dal distanziometro al riflettore e viceversa
- Sistemi a **differenza di fase**: si basano sul fatto che l'onda emessa avrà una fase diversa rispetto a quella ricevuta, e questo dipende dalla distanza tra emettitore e ricevitore. Questo tipo di laser scan ha un range di distanza più piccolo ma è più veloce rispetto ai sistemi a tempo di volo

6. Definire il laser scanner a triangolazione

Molto piccoli e maneggevoli, funzionano con la tecnica dell'intersezione in avanti. Questi vengono **utilizzati solo per oggetti di piccole dimensioni** perché necessitano di distanze dall'oggetto molto ridotte. hanno un funzionamento simile a quello della fotogrammetria. Non possono essere usati in presenza di forte luce solare perché il risultato del rilievo sarebbe influenzato da essa

7. Definire il laser scanner basato sul tempo di volo

Si basano sulla misura della distanza tramite il delta di tempo che impiega un raggio luminoso per andare dal distanziometro al riflettore e viceversa

8. Definire il laser scanner a differenza di fase

Si basano sul fatto che l'onda emessa avrà una fase diversa rispetto a quella ricevuta, e dipende dalla distanza tra emettitore e ricevitore. Questo tipo di laser scan ha un range di distanza più piccolo ma è più veloce rispetto ai sistemi a tempo di volo

9. Cosa sono i sistemi MMS

I sistemi di Mobile Mapping System (MMS) sono strumenti innovativi che integrano diversi sensori per l'acquisizione di dati 3D. Nascono per **rilevare aree urbane in tempo reale**. Di solito sono basati sull'uso di Laser Scanner integrati con camere digitali e sistemi di proporzionamento. Oggi tali sensori possono essere utilizzati su diverse piattaforme con autovetture, droni zaini o sistemi mobili manuali. Da qualche anno tali sistemi hanno raggiunto dimensioni molto contenute e possono essere utilizzati per il rilievo di fabbricati e beni culturali

10. Cosa significa SLAM ?

Simultaneous Localization And Mapping. E' un sistema che deriva dalla robotica e per unire nuvole di punti si utilizzano degli algoritmi

SISTEMI AEREI A PILOTAGGIO REMOTO

1. Cos'è un UAV e in quale modo può essere utilizzato in rilievo metrico?

Unmanned Aircraft System, apparecchio aereo pilotato da remoto. Esso può essere utilizzato per rilevare territori avendo una vista dall'alto. Si può usare questo strumento dell'ambito della fotogrammetria

2. Quali sono i parametri minimi di una presa fotogrammetrica aerea (ricoprimenti, rapporti base/distanza di presa)

Prima di effettuare il volo aereo fotogrammetrico è necessario definire alcuni parametri, la definizione di questi si basa sulla conoscenza di:

- **H**: altezza di volo rispetto al terreno
- **n**: ricoprimento longitudinale (in generale 0,6)
- **f**: ricoprimento laterale (in generale 0,2)
- **I**: formato effettivo utile del fotogramma (approssimativamente 230 mm)
- **p**: distanza principale della camera
- **v**: velocità di crociera ottimale dell'aereo in m/s

I parametri minimi di una presa fotogrammetrica aerea seguono i "canoni" della fotogrammetria e sono: la scala di fotogrammi costante (la quota di volo è uguale per tutte le acquisizioni), i ricoprimenti longitudinali e trasversali sono rispettivamente pari al 60% e al 20/30%, la base di presa deve essere $\frac{1}{3}$ della quota di volo

3. A quali quote può volare un UAV?

A seconda del modello uno UAV può volare da un'altezza che va dai **100 ai 3000m**

4. Quali precisioni può raggiungere un rilievo fotogrammetrico che utilizza le immagini acquisite con UAV?

Le precisioni sono quelle tipiche della fotogrammetria, quindi, arriva ad essere molto elevata con un **margine di errore sotto i 2m**

5. Come si possono classificare gli UAV e a quali sensori possono essere loro associati?

6. Quale potenzialità hanno i sistemi UAV nel campo del rilievo metrico architettonico?