



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 944

DATA: 28/04/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Caviggioli

MATERIA: Cartografia e Gis

Prof. Lingua

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

1/10/2013

INTRODUZIONE AI GIS e ALLA CARTOGRAFIA NUMERICA

Si parte dalla definizione di SISTEMA INFORMATIVO: insieme di strumenti informatici con la capacità di raccogliere, memorizzare, gestire e rendere disponibili (distribuire) informazioni utili per l'organizzazione territoriale (enti territoriali, comunità scientifiche e quant'altro) a cui è legato. È costituito da:

- insiemi di dati: contenuti in un database e dal ^{suo} software di gestione (Data Base Management System)
- strumenti software per specifiche necessità (application software)
- personale che interagisce con il sistema
- periferiche che permettono l'input/output dei dati
- procedure di presentazione in forma multimediale dei dati o delle analisi sui dati

Il GIS (Geographical Information System) = SIT (sistema informativo territoriale) aggiungono specifiche funzionalità ad un generico sistema informativo. In particolare un SIT è un sistema informativo basato su tecniche informatiche in grado di acquisire, memorizzare, aggiornare, modellizzare, manipolare, estrarre, analizzare e presentare in forma multimediale dati a referenza geografica (GEOREFERENZIATI).

Il GIS possono essere di diverso tipo, ^{in funzione delle finalità} per esempio agli estremi ho:

- carattere DESCRITTIVO: sistemi che svolgono attività di programmazione o di pianificazione del territorio. Forniscono informazioni utili per orientare le decisioni che devono venire prese per attuare una politica di governo (aiutano nelle pianificazioni)
- Il dati provengono dall'esterno dell'ente cui il SIT appartiene, lo

3/10/2013

I dati contenuti in un GIS possono essere:

- GEOMETRICA: rappresentano oggetti sul territorio (contorni case, linee per recinzioni, ecc.) derivano dalla cartografia numerica (CN)
- DESCRITTIVI (o ALFANUMERICI): come il colore, m² piani, superficie, ecc. (DB)
- DESCRITTORI: dati che descrivono i dati (METADATI)

Il GIS mette insieme i primi due dati attraverso la georeferenziazione.

DATI GEOMETRICI possono essere file:

- VETTORIALI: linee, ad es. CAD o punti e aree (perciò no archi, cerchi, ecc.). Si chiamano così ^{perché} per essere disegnati e tracciati hanno la necessità di tracciare dei vertici e dai vertici si hanno le coordinate. Queste informazioni le carico da una cartografia numerica.
- RASTER: immagini digitali. Per rappresentare le figure ci pongo sopra tante piccole celledette, una di fianco all'altra (1 cella = 1 pixel); ogni pixel viene rappresentato da un indice numerico che rappresenta fila e colonna. Ad ogni colore di pixel è associato un numero. Il computer vede l'immagine come un insieme di numeri nella matrice. In teoria per rappresentare un colore a tre colori bisogna di almeno 3 numeri. Dai numeri non posso però capire com'è fatto l'oggetto, distinguendosi così dai file vettoriali. Un esempio di dato raster è l'ortofoto

DATI DESCRITTIVI: sono i primi a nascere, per descrivere gli oggetti con relazioni testuali.

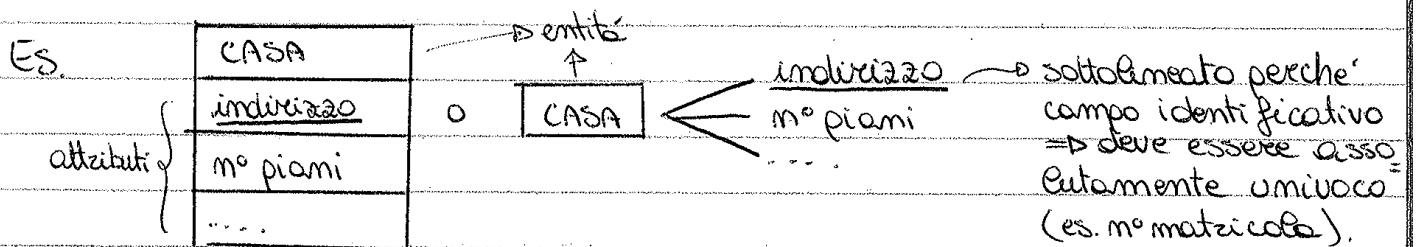
liti di memorizzazione (numeri, stringhe, identificatori) e come collegare fra loro i vari dati (link)

- modello interno: trasparente all'operatore, traduzione del modello logico in linguaggio macchina (file, numeri, stringhe, bytes, bits): migliori prestazioni, utilizzo ottimale.

Il modello concettuale si rappresenta attraverso ER (entità-relazione) serve per rappresentare la realtà con una rappresentazione grafica. Si basa essenzialmente sulla percezione di tre elementi:

- gli oggetti → ENTITÀ
- le loro proprietà → ATRIBUTI
- le relazioni tra tali oggetti → ASSOCIAZIONI

ENTITÀ: è la rappresentazione di un oggetto del mondo reale, di cui si vogliono registrare delle informazioni



L'entità rappresenta tutti gli oggetti; la singola casa^{• molto specifico} si chiama OCCORRENZA.

ASSOCIAZIONE: rappresenta il legame tra più entità. Un'associazione ha delle caratteristiche che si chiamano CARDINALITÀ; per ogni entità sono specificate due cardinalità che esprimono il minimo e il massimo numero di occorrenze possibili (es. auto: deve essere posseduta da ^{almeno} una persona e può essere posseduta da una persona e una soltanto (1,1); nella relazione inversa: una persona

zioni di tutte le sue relazioni.

Nel database sono ammessi solo gli attributi semplici e monovalore, quindi eventuali attributi complessi e multivalore devono essere scomposti.

- **ATRIBUTO COMPLESSO**: insieme di attributi semplici.

Es. indirizzo: formato da tante parti che possono essere scritte in maniera differente. È bene che si separino le varie parti in attributi semplici: es. campo per nome via, uno per n° civico, ecc. lo rappresento quindi con tanti campi differenti.

- **ATRIBUTO MULTIPLO**: es. persone: stesso cognome e più nomi: -vevo più colonne con i nomi → devo scegliere i numeri di campi nome in funzione di una certa classe. Rischio di avere nella tabella un sacco di spazi vuoti che occupano memoria. Per risolvere questo problema spezzo in più tabelle: cognome associato a matricola e nomi associati a matricola

COGNOME	n° matz.	nome - stu	n° matz.	nome
Rossi	1111		1111	Giorgio
Bianchi	2222		1111	Antonio
...			2222	Mario

la cartografia automatica: non è una carta numerica, ma una carta rivolta alla stampa, e' quindi un insieme di linee da disegnare in un plotter (per cui evita la fase di disegno e porta al tracciamento automatico della carta) e non un insieme di oggetti che devono rappresentare la realtà (es. dati, codifiche, ecc.)

la cartografia numerica^(CN) è la rappresentazione della realtà che fornisce informazioni metriche e qualitative sotto due aspetti:

- in forma di dati numerici: punti noti nelle loro coordinate (x, y, z) associati ad una codifica, che ne indicano la tipologia memorizzati su un supporto magnetico
- ^{in forma di} visualizzazione: su video-grafico o su supporto cartaceo; ho bisogno di punti che, collegati, danno linee e aree per individuare il territorio

la CN costituisce un'immagine speculare della cartografia tradizionale, in quanto quest'ultima è un prodotto cartografico in forma di disegno che contiene in forma implicita gli stessi dati sotto forma di coordinate; mentre la CN è costituita da un archivio di coordinate che contiene in forma implicita la sua visualizzazione sotto forma di disegno.

la CN sostituisce la CT e ne deve mantenere i requisiti principali, deve possedere almeno tutti i contenuti, e deve assolvere almeno alle stesse funzioni di base.

Terminologia CN:

- OGGETTO: rappresenta la realtà; è qualunque elemento naturale o artificiale che non sia divisibile ulteriormente (es. lago, casa, ecc.)
- ENTITÀ: è la rappresentazione cartografica dell'oggetto. Può essere formata da uno o più elementi geometrici. Le entità possono

procedure di costruzione della carta stessa: rilievi fotografici, con GPS, ecc, ma ogni strumento fotografico di rilievo ha dei limiti di precisione che sono espressi tramite scala nominale. La **SCALA NOMINALE** è la massima scala alla quale si può "ecitamente" riprodurre la CU mediante un plotter o un video-grafico.

Il rapporto di scala definisce quindi il grado di precisione metrica e il contenuto qualitativo: 0,2 mm alla scala nominale.

Es. $1:1000 \Rightarrow 0,2 \cdot 1000 = 20$ cm di precisione

$1:2000 \Rightarrow 0,2 \cdot 2000 = 40$ cm " " e 80 cm di tolleranza

za

La scala nominale riprende i contenuti qualitativi della CT. La visualizzazione a scala maggiore va vista come un'ulteriore possibilità offerta dalla CU per leggere non più di quello che essa contiene, ma per leggere meglio.

DISCRETIZZAZIONE LINEE CURVE.

Nella CT l'elemento geometrico principale è la linea che è costituita da un numero infinito di punti. L'utilizzatore estrae da questa infinità di dati gli elementi essenziali che sono funzionali al tipo di informazione che vuole acquisire (discretizzazione dell'utente).

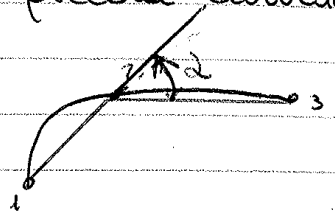
Sm CU l'operazione di discretizzare, cioè di ridurre gli elementi geometrici curvilinei del terreno ad un numero finito di punti, è sempre necessaria e deve essere fatta non dall'utente ma da chi produce la carta.

Tutti gli elementi geometrici vengono rappresentati mediante le coordinate di un numero di punti, che deve essere il più piccolo possibile, compatibilmente con il livello di dettaglio e il grado di precisione che la cartografia numerica deve avere.

Non esiste più il concetto di linea curva sostituito dalla spezza

- a vettore: consente di realizzare una discretizzazione in modo più oggettivo; uso pochi punti per descrivere i tratti rettilinei e molti punti per descrivere i raggi di piccola curvatura. Si stabiliscono:

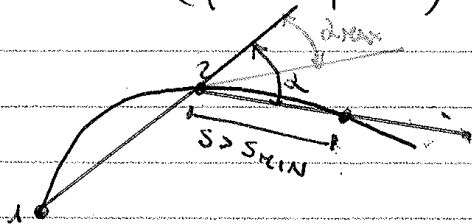
- d_{MAX} variazione di direzione massima
- S_{MIN} spostamento minimo
- S_{MAX} " " " " massimo



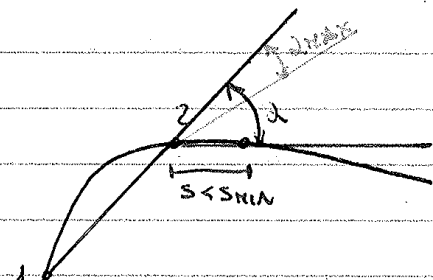
α in curva è grande, mentre in rettilineo tende a zero. S_{MIN} evita di considerare gli spostamenti dovuti al movimento della mano durante la digitalizzazione.

La registrazione avviene se:

- $\alpha > \alpha_{MAX}$ e $S > S_{MIN}$
- $S > S_{MAX}$ (qualunque α)



REGISTRA !!



NON REGISTRA !!

IL CONTENUTO PLANIMETRICO DELLA CN:

Se leggo una CT individuo tutte le entità riportate (es. aree chiuse sono edifici, linee sono marciapiedi) ma posso anche desumere informazioni non direttamente disegnate (es. spazio vuoto largo è una piazza) attraverso il potere di aggregazione logica.

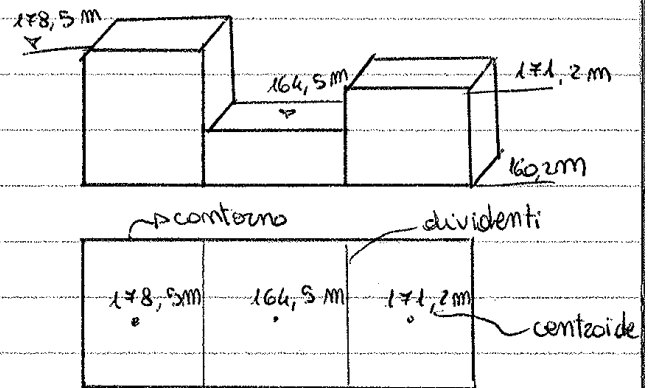
Nella CN la lettura non deve essere lasciata all'utente ma deve essere esplicitata in maniera oggettiva (oggetto), descritta (elemento geometrico) e rappresentata (entità e codifica). Occorre anche descrivere gli spazi bianchi, non può esistere una superficie non codificata. Bisogna associare una codifica diversa

Quota delle unità volumetriche: si rappresenta l'edificio tridimensionalmente per evidenziare la volumetria; oltre alle ~~modeste~~ coordinate dei punti che definiscono il "contorno" dell'edificio è necessario definire le modalità di memorizzazione dell'informazione della sua altezza.

Questa informazione deve valere per le singole parti di uguale altezza chiamate "unità volumetriche". Ad ogni unità volumetrica sarà attribuita la quota della gronda.

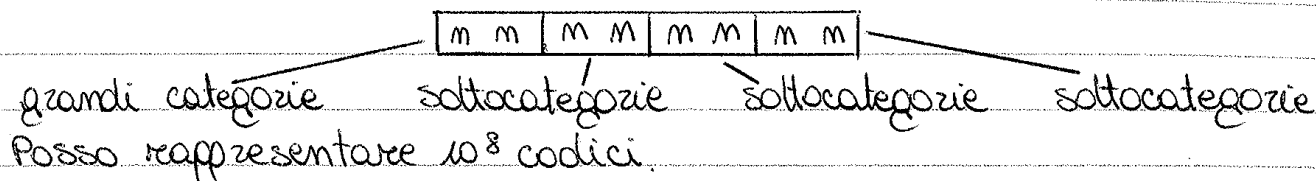
Ho un edificio con 3 quote di gronda diverse, per rappresentarlo ~~devo~~ uso:

- il contorno con la quota al piede
- le dividenti di volume (taglia l'edificio dove ho quote diverse) con la loro quota in gronda
- i centroidi (punto interno all'unità volumetrica al quale viene associata la quota uguale alla quota della linea di gronda)



CONCLUSIONI

- I GIS sono sistemi complessi utili per modellizzare la realtà in funzione di un'applicazione
- I dati a referenza spaziale costituiscono il cuore dei GIS che ne permettono la raccolta, la gestione, l'aggiornamento e l'analisi
- la cartografia numerica è il principale dato a referenza spaziale su cui si innestano i sistemi informativi territoriali
- la cartografia numerica riprende le caratteristiche della cartografia tradizionale estendendone i contenuti planimetrici ed altimetrici.



Ho 8 grandi categorie:

- comunicazioni ferroviarie (01)
- viabilità (02)
- edifici e costruzioni (03)
- idrografia (04)
- vegetazione (05)
- orografia (06)
- limiti amministrativi (07)
- punti dei quali è stata rilevata direttamente la posizione planimetrica o la quota (08)

Es. articolazione ferroviaria (01) → ha 4 sottocategorie; ciascuna di queste è a sua volta suddivisa in sottocategorie. Alcune di quest'ultime sono a loro volta suddivise in sottocategorie.

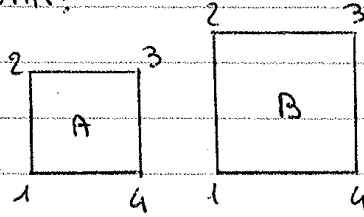
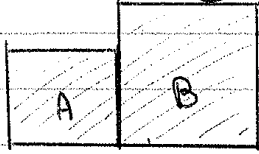
Pregi della codifica gerarchica:

- individuazione selettiva che permette di arrivare a un elevato livello di codifica
- possibilità tecnica di definire e di poter distinguere entità diverse in base al codice elevato
- scale di codifica coerenti tra loro
- aggiornabilità, in quanto il sistema può essere modificato con l'aggiunta di nuove categorie dato che ho ancora spazio.

Sfatti della codifica gerarchica:

- scarsa intellegibilità del codice, non è intuitivamente collegato con l'oggetto, ma serve una tabella di decodifica.

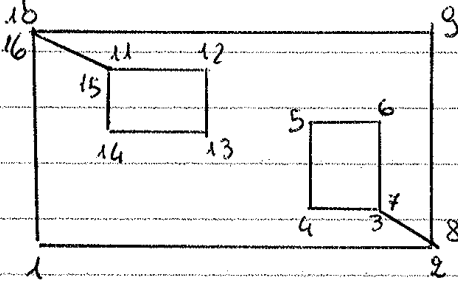
Es. ho 2 oggetti adiacenti:



2 oggetti (A e B)
 2 entità
 2 elem. geom. → polilinea
 di contorno

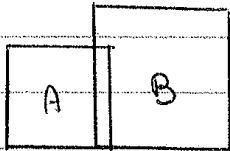
È la struttura più vicina a come interpretiamo gli oggetti. Questa struttura ha però dei problemi quando:

- ho a che fare con edifici complessi: es. casa con corte interna; da definizione posso usare una polilinea sola, devo perciò inserire dei tagli fittizi per collegare il contorno esterno con quello interno.

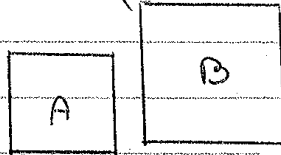


Devo scegliere un modo per far capire se ho parte piena (positiva) o vuota (negativa). Proseguo in senso orario per la positività e antiorario per la negatività: otterrò dei punti duplicati (3-7, 2-8, 11-15, 10-16). Il verso da seguire l'ho scelto io.

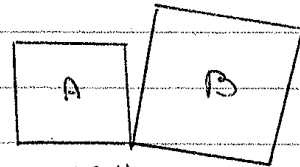
- problemi di congruenza: si verificano quando gli edifici adiacenti hanno una rappresentazione geometrica diversa. Possono essere causati da rilievi fatti in momenti diversi, anche se gli errori che ho sono compresi nella tolleranza.



1° difetto: edifici sovrapposti



2° difetto: edifici distanti



3° difetto: ~~due~~ edifici con un punto in comune e l'altro staccato

Sono tutti difetti compresi nella tolleranza ma che generano incongruenze perché chi legge la carta non vede come sono gli edifici nella realtà.

Memorizzazione dei dati nel calcolatore: tutti i dati che definiscono una CV (codici e coordinate) devono essere memorizzati in un file (insieme di righe scritte in un formato che il calcolatore sa leggere). Ogni riga assume il nome di RECORD.

3 file possono essere:

- sequenziali: con record memorizzati uno dopo l'altro, in sequenza, a lunghezza variabile (limite: lentezza nell'accesso dei dati, devo leggere tutto per arrivare alla 1000esima entità)
- ad accesso diretto: record di lunghezza fissa (pregio: se voglio leggere ~~un~~ il 1000esimo record vado a leggere in una posizione all'interno del file che sono in grado di calcolare facilmente. Se il record è più corto dello spazio lascio lo spazio restante vuoto: le righe hanno lunghezza massima pari alla lunghezza della riga più lunga che ho; limite: spreco spazio).

Devo utilizzare file ad accesso diretto ma con una struttura che risparmi spazio.

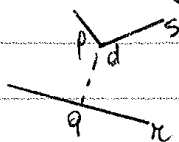
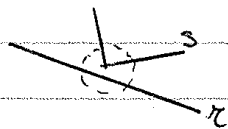
Organizzazione dei file per struttura geometrica: ho due file:

- file delle coordinate (aspetti comuni): memorizzo tutte le coordinate delle entità nell'ordine in cui traccio le strutture geometriche; il primo codice è detto di penna su e penna giù: è pensato per un plotter; in -1 tiro su la penna e disegno il vertice, in $+1$ tiro giù la penna per tracciare l'entità
- file di descrizione delle entità (quelle più comuni escluse le coordinate): il n° di punti serve per rappresentare le entità (es. è descritto in 5 vertici), il puntatore al file delle coordinate serve per individuare posizione nel file del primo vertice delle entità (es. a partire dalla posizione 1).

Organizzazione dei file per struttura topologica: ho 4 file: en

- entità
- archi: nome modo iniziale e finale, n° punti intermedi, puntatore file coord.
- nodi: contiene coordinate del modo iniziale e finale
- coordinate: solo vertici intermedi

- mancata tangenza: il vertice è distante dalla retta r ; calcolata la distanza (deve essere inferiore all'errore cartografico)



Tutte queste operazioni richiedono uno spostamento di vertice

• la CONGRUENZA ALTIMETRICA: esiste solo quando la cartografia è 3D. Deve essere verificata quando i vertici hanno diverse entità ma stessa posizione planimetrica, ^{in questo caso} la condizione di congruenza geometrica è rispettata se:

- i punti hanno diversa entità ma stessa quota: i punti in planimetria hanno la stessa quota

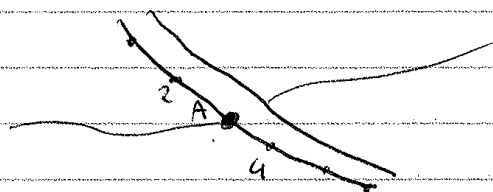
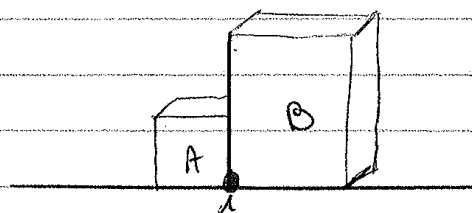
- per punti che appartengono alla stessa posizione planimetrica l'intervallo di oscillazione della quota deve essere pari alla tolleranza altimetrica moltiplicata per $\sqrt{2}$

Es. Q_A, Q_B

$$\Delta = Q_A - Q_B$$

$$\sigma_A^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 = 2\sigma_A^2 \rightarrow \sigma_A = \sqrt{2}\sigma_A$$

legge di propagazione della varianza



la tolleranza deve essere soddisfatta anche per il punto A: deve avere un'interpolazione tra 2 e 4 pari alla tolleranza per $\sqrt{2}$

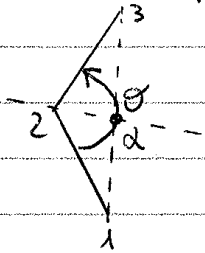
• MAKE UP: incongruenze rivolte sia alla planimetria che all'altimetria. Per azione della precisione di misura non è detto che ciò che c'è nella realtà sia riportato corretto.

angolo descritto avrà una distanza diversa.

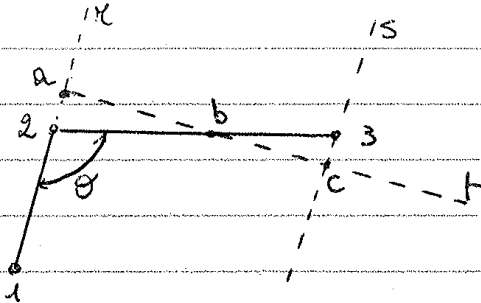


- di squadratura: consiste nel rendere retti gli angoli che si approssimano entro una certa tolleranza ai 90° o 270° e nel rendere piatti gli angoli prossimi ai 180° (valore angolare limite α al di sotto del quale l'angolo viene rettificato $5^\circ-10^\circ$). Ho 2 casi:

1- se $\Delta = |\theta - 180^\circ| < \alpha \rightarrow$ soglia massima (fino a 5°)



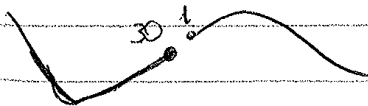
Se la condizione è soddisfatta si ferma l'allineamento dei vertici: 2 si sposta in a solo se la distanza è minore della precisione cartografica.



se $\Delta = |\theta - 90^\circ| < \alpha$ o
 $\Delta = |\theta - 270^\circ| < \alpha$
 $2 \rightarrow a \quad 3 \rightarrow c$

minimizza gli spostamenti dei vertici: spostato solo 2-3 calcolando il baricentro b, si fa passare la retta l al segmento 1-2, 2 si sposta in a e 3 si sposta in c.

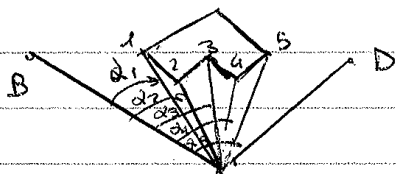
- di continuità: deve essere imposto lungo tutto gli elementi geometrici che rappresentano entità lunghe (curve di livello, elementi lineari, ecc.) in cui ho interruzione della misura che riprende dopo a una posizione diversa. Il punto 30 deve coincidere con il punto 1 rigenerando un elemento geometrico continuo.



I GENERAZIONE

TECNICA CENRIMETRICA:

Lo strumento utilizzato è la stazione totale. È necessario collegarsi a vertici della rete di inguadrimento. Per arrivare alla descrizione di tutto il territorio è necessario effettuare diverse stazioni.



Esecuzione misure

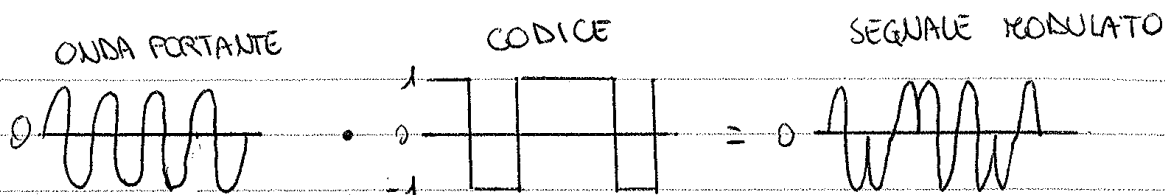
Con strumentazioni moderne è possibile associare ad ogni vertice una CODIFICA e tracciare direttamente sul campo unendo i vertici. Gli strumenti memorizzano:

- nome vertice
- codice
- misure fatte con relative coordinate.

Esempio: produzione catasto in Trentino Alto Adige. È una cartografia catastale probatoria cioè ha valore di legge. È interamente rilevato a terra (220.000 ettari) 16%. Si fa una rete geodetica di circa un vertice ogni 1000 ettari. Per fare questo sono stati scelti i formati di trasferimento partendo da dati descrittivi come nomi informazioni (file di testa). Ho file di misura formati da RECORD (determinato dalla lunghezza di ognuno):

- record di testa determinato dal carattere "T"
- record di stazione (necessarie misure a distanza per pressione e temperatura) determinato dal carattere "S"
- record di rete determinato dal carattere "R"
- record di dettaglio determinato dal carattere "D"

Il rilievo di rete a terra è conveniente per piccole zone perché a livello economico è molto caro (circa 1000-2000 € all'ettaro).



Il principio di funzionamento del GPS:

ho 3 coordinate e quindi 3 distanze e conosco la posizione dei satelliti. Devo determinare la distanza tra il satellite e il ricevitore a terra e per fare ciò confronto due segnali:

- quello inviato dal satellite che ha un proprio codice: il ricevitore è in grado di ricevere e riprodurre il codice in un determinato tempo, quindi a terra lo riceviamo dopo un Δt . Il ricevitore deve quindi estrarre il codice dall'onda satellitare, rigenerarlo e confrontarlo con scala GPS e determinare Δt . Attraverso questa stima di tempo posso determinare la distanza $d = c \Delta t$

Il ricevitore a terra e il satellite devono essere sincronizzati, ma ciò difficilmente avviene perché:

- si perde 10^{-6} di secondo ogni milione di secondi
- sul satellite ho orologi ATOMICI che hanno una stabilità di $10^{-16} \cdot 10^{15}$ quindi avrà sempre un minimo di asincronismo. Il ricevitore a terra, oltre alla posizione, ha un'incognita che tiene conto di questo asincronismo: per far ciò servono 4 satelliti.

Le misure possono essere affette da errori di diverso tipo:

- atmosfera: i segnali emessi dai satelliti devono attraversare la ionosfera (500 km), in cui si sono delle particelle cariche che deviano la traiettoria, poi la troposfera (10 km) in cui avrà comportamenti variabili a seconda della temperatura

- errori di orologio

- orbita dei satelliti: viene misurata intorno all'Equatore, quindi nelle nostre zone ho problema di estrapolazione.

- posizione dei satelliti: dipende dalla precisione con cui si misura

- instabilità delle misure: essendo un'onda elettromagnetica us

e vado a tracciare una rete bidimensionale. Questo SR viene continuamente trasmesso in maniera tale da ottenere sempre la misura corretta. Questa tecnica prende il nome di RTK (Real Time kinematic) e si applica per cartografie a grandissima scala.

Tutte le tecniche GPS hanno però dei limiti:

- devo essere in una posizione in cui ricevo il segnale
- schermatura del segnale in prossimità di spigoli di edifici per cui è necessario il rilievo

Uso perciò delle tecniche integrate: ho una stazione permanente, con sopra, in posizione calibrata, un ricevitore satellitare con cellule che riceve correzioni RTK. Posiziono la stazione dove prendo il segnale in maniera tale da conoscere e rendere la posizione del ricevitore nota; in seguito, con tecnica celerimetrica, tratto i dettagli che mi servono (es. n. civici, spigoli case, ecc.)

III GENERAZIONE:

DIGITALIZZAZIONE DI CARTOGRAFIA ESISTENTE

È più veloce ed economica (50/100 € per foglio di mappa), si ha però un degrado della precisione rispetto al documento cartaceo. Per la digitalizzazione ho bisogno di una cartografia su un supporto che non deve avere caratteristiche di deformabilità nel tempo (sono quindi meglio i lucidi della carta) per poter conservare in maniera ottimale la scala digitalizzata deve essere coerente con quella che viene prodotta e deve essere sufficientemente aggiornata. In genere le cartografie sono planimetriche o plano-altimetriche (non ho 3D).

Posso utilizzare due metodi di digitalizzazione:

- digitalizzazione manuale: ho un sistema composto da DIGITIZER (tavolo di lavoro), su cui poggia la carta da digitalizzare, con un'interfaccia di collegamento con il computer con un

29/10/2013

• attraverso un rullo trascina un foglio da $40\mu\text{m}$ lato, ci sono sotto delle telecamerine che, grazie ad un impianto d'illuminazione, acquisiscono le immagini e analogicamente le riproducono in maniera digitale sullo schermo.

le caratteristiche delle immagini acquisite sono:

- pixel: elemento più piccolo che lo compone
- dpi (dot per inch = punti per pollice) indicano la risoluzione. Per ottenere le dimensioni di un pixel faccio:

$$\Delta \xi = \frac{25.400 \mu\text{m}}{\text{dpi}}$$

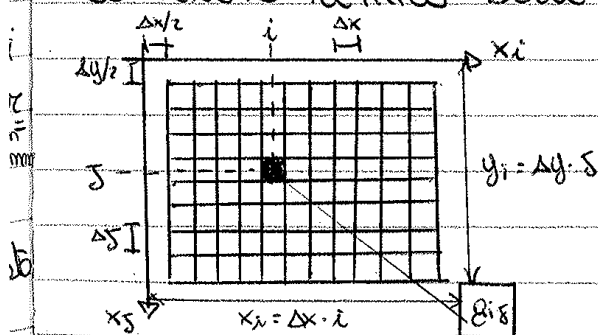
• n° di informazioni che caratterizza l'immagine per pixel:

- per immagine in B/N (la maggior parte) ho informazioni binarie da 1 bit
- per immagine grigia uso 8 bit per pixel (ho 256 livelli di grigio)
- per immagini ~~colorate~~ ^{colorate} uso 8 bit in cui ho 256 colori indicizzati. Al giorno d'oggi vengono preferiti i 24 bit composti da 2^{24} colori

Es. foglio A4

RISOLUZIONE (dpi)	DIMENSIONE DEL FILE DATI 1 bit (Mb)	DIMENSIONI DEL FILE DATI 4 bit (Mb)	DIMENSIONI DEL FILE DATI 8 bit (Mb)
400	1,8	7,5	15
1200	17	68	136

CONTENUTO METRICO DELLE IMMAGINI DIGITALI



Posso digitalizzare in base a indici di colonna e di riga i, j (non ho ancora coordinate effettive). Suppongo che la posizione del pixel coincide col suo baricentro. Assumo assi di riferimento x_i e y_j : spostato di mezzo pixel sopra e verso sx (e' simistrato perche' y va verso il basso)

24/10/2013

SISTEMI DI RIFERIMENTO E LORO TRASFORMAZIONE

RILIEVO e RAPPRESENTAZIONE DELLA TERRA.

Per arrivare alla cartografia devo fare un procedimento che porti dalla realtà alla rappresentazione. In questo passaggio è importante la scelta del SISTEMA DI RIFERIMENTO.

Il sistema di riferimento (SR) deve essere solido alla Terra cioè se siamo fermi le coordinate del punto non devono cambiare nel tempo: si usa il sistema di riferimento (ECEF) Earth Centred Earth Fixed detto anche GEOCENTRICO.

Il sistema di riferimento serve a capire dove si trova un punto e quando è avvenuto un certo evento. Ogni evento deve essere posizionato nel tempo perché la Terra si muove quindi la distinzione tra SR nello spazio e nel tempo tradizionalmente scissa, non ha più senso a causa:

- degli strumenti: le osservazioni fornite dai moderni strumenti geodetici sono osservazioni di tempo, (differenza di tempi), nella trasmissione di segnali elettromagnetici e solo dopo una conversazione divengono osservazioni metriche; la definizione di scala dei tempi è quindi imprescindibilmente legata alla definizione di scala delle lunghezze.

- dalla natura fisica dei nostri problemi

la Terra compie dei moti ad es. rivoluzione attorno al sole, rotazione attorno al proprio asse, ecc. (moti rigidi). Ho poi dei moti periodici, come il fenomeno delle maree, che vanno a modificare la crosta terrestre. Infine esistono fenomeni progressivi di cui conosco motivazioni ma non ho modelli fisici che li rappresentino: fenomeno delle placche tettoniche.

Per realizzare un sistema di riferimento si devono:

- stimare le coordinate di un catalogo di punti fondamentali

• SR GLOBALI

Il SR ITRS (International Terrestrial Reference System) viene realizzato attraverso un insieme di punti (FRAME). Il frame dà la possibilità di capire la posizione dei punti nel tempo (intervalli annuali).

• SR LOCALI

Gli Europei hanno cercato di rendere un po' più stabile il sistema internazionale creando un sistema locale comprendente l'Europa: ETRS 89; è stato realizzato attraverso un insieme di punti (frame ETRS); i punti compresi nel territorio italiano prendono il nome di ETRF89-IGM 95 (quindi ETRF89-IGM 95 è un raffittamento nazionale di ETRF89, distribuito attraverso le mappe di IGM → Istituto Geografico Militare "Stefano"). Dal 2000 l'Italia ha adottato un sistema dinamico (ETRF 2000) composto da un centinaio di punti circa. Attualmente la cartografia fa riferimento a ETRF 2000.

Il problema della cartografia è quello di trasportare un ellissoide su un piano perché anzi sempre delle deformazioni:

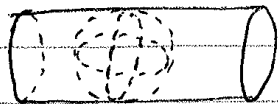
- triangolo preso su ellissoide si trasforma su carta con lati, angoli e Area diversi

- triangoli uguali su ellissoide ma localizzati in posizione diversa, su carta saranno diversi

le deformazioni devono essere contenute entro certi limiti

Carta di Gauss (interpretazione geometrica):

rappresentazione su carta di un ellissoide mediante proiezione cilindrica inversa del cilindro tangente al meridiano scelto



↳ meridiano tg al cilindro

(il 32 e il 33 coincidono con fuso 0 e E di Gauss-Bogota)

- usa false origini: la stessa per tutti i fusi pari a 500 km per cui bisogna sempre specificare il fuso in cui si è.

È necessario disporre di reti geodetiche nazionali che permettano di accedere ai sistemi di riferimenti cartografici: in Italia uso IGM-55 che è statica e fatta attraverso GPS. Per il geode sono state fatte reti di livellazione geometriche.

TRASFORMAZIONI TRA SR

Per trasformazioni tra sistema di rappresentazione legati a sistema di riferimento diversi non esistono formule, ma si lavora in ambito locale con piccole porzioni di territorio. Per i problemi di trasformazione di coordinate che prevedono la separazione della planimetria dall'altimetria si possono risolvere con delle trasformazioni piane (es. rototraslazione piana, in cui uso trasformazione conforme).

Uso procedura UERTO: permette di trasformare i 3 sistemi di riferimento presenti in Italia (non considerato il sistema catostole). Le trasformazioni si fanno per foglio che sono suddivisi in maniera tale per garantire continuità.

Ho 422 punti doppi tra ROMA 40 - ED 50

Ho 829 punti doppi tra ROMA 40 - WGS 84

Per passare da ED50 a WGS 84 devo trasformare prima in ROMA 40

Grazie alle coordinate dei punti ho latitudine e longitudine; l'IGM calcola per ogni punto $\Delta\phi$ e $\Delta\lambda$ cioè la differenza tra latitudine e longitudine. Per trovare la superficie continua per tutto il territorio italiano interpolo $\Delta\phi$ e $\Delta\lambda$. Questa superficie è stata calcolata in punti di coordinate note secondo una maglia regolare di $7'30''$ e $5'$: sono state così

29/10/2013

LE TECNICHE DI PRODUZIONE: LA FOTOGRAMMETRIA (1)

II GENERAZIONE: tecnica fotogrammetrica (es. Bing, Google Maps).
 È la scienza che consente di ottenere informazioni affidabili di oggetti fisici e dell'ambiente circostante mediante processi di registrazione, misura e interpretazione delle immagini fotografiche e digitali formate dall'energia elettromagnetica radiante e da altri fenomeni fisici.

La fotogrammetria è la scienza che consente di estrarre informazioni da immagini e di presentarle all'utente in modo efficace.

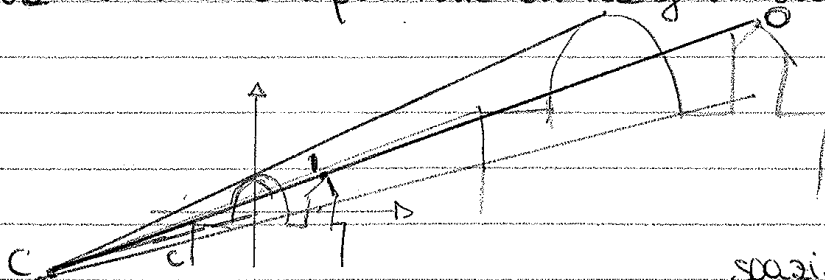
Si applica nel rilevamento di oggetti di qualsiasi forma e dimensione che necessitano di un elevato numero di punti per una descrizione di forma completa.

Posso estrarre informazioni:

- metriche (misure)
- radiometriche

PRINCIPI FOTOGRAMMETRIA:

ci permette di fare misure con fotogrammi; questo può essere considerato come il centro di proiezione dell'oggetto: ho una prospettiva centrale che permette di trasformare lo spazio 3D in 2D



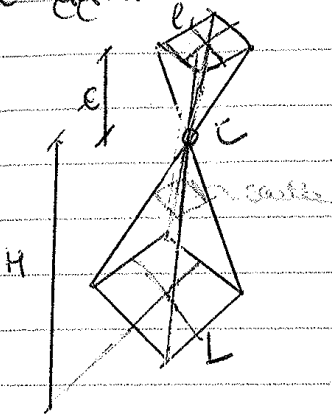
Il punto immagine I e il centro di proiezione e sono allineati. Ho descritto una retta nello

spazio perciò ho infiniti punti oggetto

Il punto immagine si può determinare in base alle coordinate date dal sistema immagine. Per misurare le coordinate si usa il teodolite trovando così l'angolo azimutale e l'angolo d'inclinazione.

31/10/2013

- fotogramma: ho oggetto posto a distanza media H dal centro di proiezione C . La pellicola acquisisce immagine negativa sia come posizione che come forma. Tra il piano del fotogramma e l'oggetto ho relazione di proporzionalità diretta $L:e = H:c$

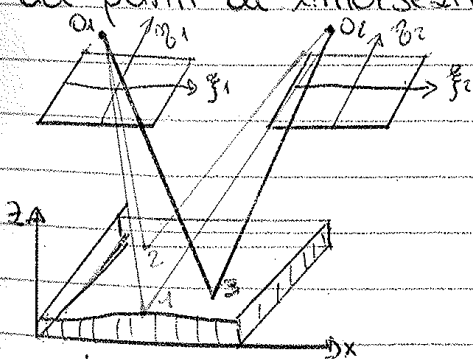


$\frac{L}{L} = \frac{e}{H}$ si rappresenta attraverso il rapporto di scala medio del fotogramma $\frac{1}{m}$

Se mi pongo dal lato dell'oggetto con il fotogramma, vedo che è in tutto e per tutto una rappresentazione dell'oggetto in scala. Se moltiplico la distanza prin-

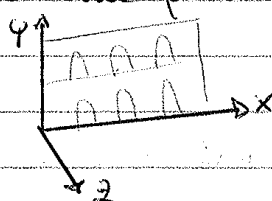
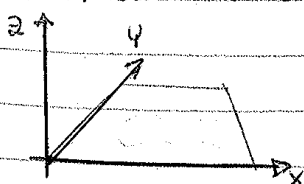
cipale per un numero maggiore di zero ottengo un fotogramma più grande, modifico perciò la scala: la fotogrammetria vale sempre, sia per il fotogramma positivo che per quelli ingranditi o ridotti.

- modello stereoscopico: base per fare misure dato dall'insieme dei punti di intersezione delle infinite coppie di raggi omologhi



Punti su due immagini che riprendono lo stesso oggetto sono detti PUNTI OMOLOGHI. Le immagini che riprendono lo stesso punto si dicono ~~omologhe~~ IMMAGINI OMOLOGHE

- sistemi di coordinate: lo passo applicare sia in planimetria che in casi architettonici: hanno due ipotetiche disposizioni:



sulla parete

Queste tecniche vennero usate nella pittura: si osservava l'oggetto da riprendere attraverso una sbavata con un buco per avere una proiezione centrale

Nel 1600 venne poi studiata da Keplero che ha sviluppato una visione stereoscopica.

Col tempo la camera oscura venne compattata in piccole scatole, cioè viene resa trasportabile.

Grazie ai disegni ottenuti da questi metodi il Lambert e il Bouzée hanno creato cartografie.

Il passo in avanti è stato fatto quando il disegno venne sostituito dai fotogrammi: gli studi paretici sono dall'utilizzo del mirino o cleruio. Le camere oscure vennero poi montate su mongolfiere, aerei, ecc. dai cui scattarono foto del territorio per poi fare carte geografiche. Queste tecniche vennero poi unite a tecniche analitiche che permettono di calcolare le coordinate oggetto.

Nell'800 si nascono le tecniche digitali: il supporto non è più fisico ma virtuale.

FONDAMENTI ANALITICI

Devo individuare:

- posizione nello spazio
- rotazioni nello spazio
- equazioni di collinearità

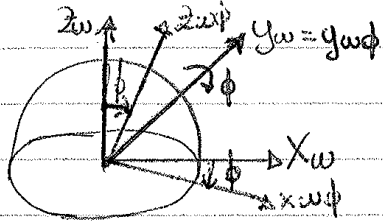
• Rotazione nello spazio: mette in relazione due sistemi di coordinate diverse (x, y, z) e (X, Y, Z) . Devo passare dal 1° al 2°:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha_X) & \cos(\beta_X) & \cos(\gamma_X) \\ \cos(\alpha_Y) & \cos(\beta_Y) & \cos(\gamma_Y) \\ \cos(\alpha_Z) & \cos(\beta_Z) & \cos(\gamma_Z) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$\begin{matrix} i & j & k \end{matrix}$

↳ colonne con coseni direttori che definiscono le direzioni degli assi piccoli rispetto alla direzione degli assi grandi

- rotazione secondaria: parto da un sistema che è già stato ruotato

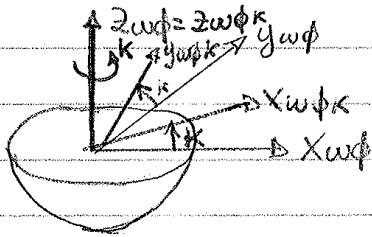


$$\begin{aligned} X_w &= X_{w\phi} \cos \phi + Z_{w\phi} \sin \phi \\ Y_w &= Y_{w\phi} \\ Z_w &= -X_{w\phi} \sin \phi + Z_{w\phi} \cos \phi \end{aligned}$$

$$X_w = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{w\phi} \\ Y_{w\phi} \\ Z_{w\phi} \end{pmatrix} = R_\phi X_{w\phi}$$

Compongo con relazione precedente sostituendo $X_w \Rightarrow X = R_w R_\phi X_{w\phi}$

- rotazione terziaria



$$\begin{aligned} X_{w\phi} &= X_{w\phi k} \cos k - Y_{w\phi k} \sin k \\ Y_{w\phi} &= X_{w\phi k} \sin k + Y_{w\phi k} \cos k \\ Z_{w\phi} &= Z_{w\phi k} \end{aligned}$$

$$X_{w\phi} = \begin{pmatrix} \cos k & -\sin k & 0 \\ \sin k & \cos k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{w\phi k} \\ Y_{w\phi k} \\ Z_{w\phi k} \end{pmatrix} = R_k X_{w\phi k}$$

\Rightarrow Al termine delle rotazioni ho:

$$X = R_w R_\phi R_k X_{w\phi k} = R_w R_\phi R_k X$$

Se si cambia l'ordine delle rotazioni bisogna cambiare di conseguenza la sequenza delle moltiplicazioni delle matrici parziali

ESTRAZIONE DEGLI ANGOLI DI ROTAZIONE

• Calcolo ϕ

$\sin \phi = r_{13}$ posso fare il calcolo con \arcsin ma anzi 1 sol. e non 2 (se ho sol. $\alpha \in \pi - \alpha$, se ho sol. $-\alpha \in |\pi - \alpha|$) vale anche per tg, ecc

$\log w = -\frac{r_{23}}{r_{33}}$ per $w = r_{23} = -\sin w \cos \phi$ $r_{33} = \cos w \cos \phi$

$\log k = -\frac{r_{12}}{r_{11}}$ per $k = r_{12} = -\cos \phi \sin k$ $r_{11} = \cos \phi \cos k$

Grazie alla matrice di rotazione sono in grado di esprimere una rotazione nello spazio

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} X' - X'_0 \\ Y' - Y'_0 \\ Z' - Z'_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \kappa_{11} & \kappa_{21} & \kappa_{31} \\ \kappa_{12} & \kappa_{22} & \kappa_{32} \\ \kappa_{13} & \kappa_{23} & \kappa_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix}$$

Trovo equazioni di collinearità con prospettiva (da oggetto ho punto immagine)

$$\xi = \xi_0 - c \frac{\kappa_{11}(X - X_0) + \kappa_{21}(Y - Y_0) + \kappa_{31}(Z - Z_0)}{\kappa_{13}(X - X_0) + \kappa_{23}(Y - Y_0) + \kappa_{33}(Z - Z_0)} = \xi_0 - c \frac{Z}{N}$$

$$\eta = \eta_0 - c \frac{\kappa_{12}(X - X_0) + \kappa_{22}(Y - Y_0) + \kappa_{32}(Z - Z_0)}{\kappa_{13}(X - X_0) + \kappa_{23}(Y - Y_0) + \kappa_{33}(Z - Z_0)} = \eta_0 - c \frac{Z}{N}$$

Il sistema X', Y', Z' è parallelo al sistema immagine ξ, η, ζ quindi termini κ_{ik} rappresentano:

- i coseni degli angoli fra gli assi del sistema immagine e del sistema terreno

- le funzioni degli angoli ω, ϕ, κ di cui il fotogramma era ruotato rispetto al sistema terreno, all'atto della presa.

Se invece utilizzo la forma per restituzione (da immagine trovo ^{infinito punto} oggetto)

le equazioni di collinearità sono:

$$X = X_0 + (Z - Z_0) \frac{\kappa_{11}(\xi - \xi_0) + \kappa_{12}(\eta - \eta_0) - \kappa_{13}c}{\kappa_{31}(\xi - \xi_0) + \kappa_{32}(\eta - \eta_0) - \kappa_{33}c}$$

$$Y = Y_0 + (Z - Z_0) \frac{\kappa_{21}(\xi - \xi_0) + \kappa_{22}(\eta - \eta_0) - \kappa_{23}c}{\kappa_{31}(\xi - \xi_0) + \kappa_{32}(\eta - \eta_0) - \kappa_{33}c}$$

Tutte queste equazioni NON SONO LINEARI cioè comporta dei problemi quindi daranno essere lineariizzate:

- penso all'equazione come a una funzione
- scelgo un intorno dei parametri

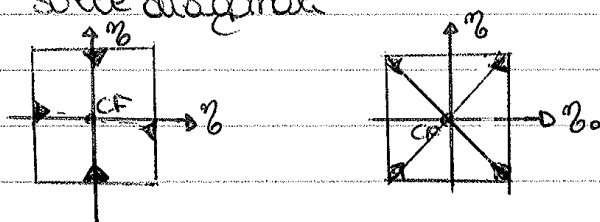
• uso lo sviluppo di Taylor da cui trovo una serie di derivate che sono già state calcolate e danno dei numeri $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{10})$

Tutte le incognite saranno uguali a una parte nota approssimata

I parametri di orientamento interno sono:

- le coordinate immagine del punto principale $PP (f_0, m_0)$
- la distanza principale c

Se sono a metà dell'immagine faccio passare gli assi per la marca a metà del foto. L'immagine però potrebbe non essere a metà e quindi un asse non passerebbe per la marca. È meglio usare marche sulle diagonali

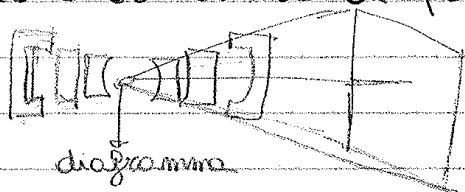


Usa una camera diversa dal modello ideale perciò il punto teorico non coincide col punto immagine: avrò una distorsione. (La proiezione di P sarà in I' e non I).

Per convergenza devo trovare un modello fisico che permetta di trovare le relazioni analitiche e un modello matematico quando l'effetto distorsivo dipende da numerosi fattori non determinabili con precisione.

LE CAMERE METRICHE

Nelle camere fotogrammetriche l'obiettivo è un complesso sistema di lenti per emulare le aberrazioni del diaframma non è al centro dell'obiettivo, per cui il primo problema consiste nell'individuazione del centro di proiezione.



L'obiettivo avrà centri di proiezione e i parametri di orientamento interno ^{stabile} nel tempo.

In ogni sistema ottico esistano due piani principali che intersecano

14/11/2013

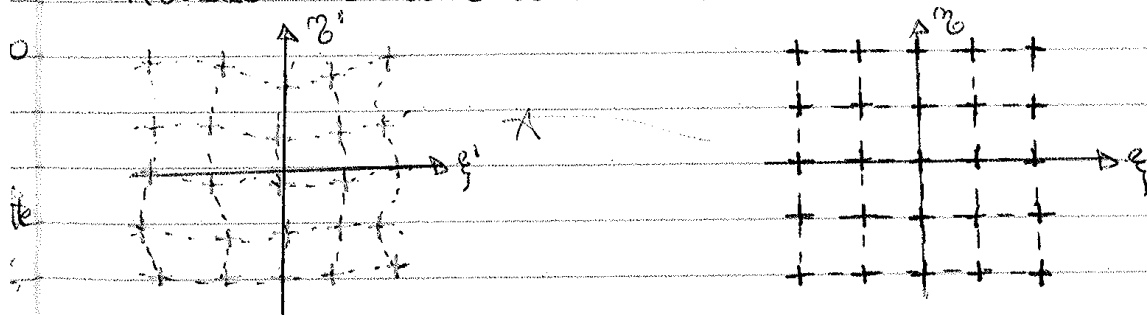
• CALIBRAZIONE CAMERE SEMIMETRICHE

Si usano soprattutto in ambito architettonico. Si tratta di camere quasi metriche ma diverse perché:

- nonostante abbiano parametri interni di orientamento noti, non hanno dispositivo per spianare la pellicola; si avranno distorsioni differenti. Sul piano della pellicola si dispone un reticolo calibrato di $0,1 \mu\text{m}$ con croci che vengono impresse nella fotografia. La posizione delle croci è nota e permette di recuperare le distorsioni. Dato che a ogni foto la pellicola si muove, ogni immagine deve essere calibrata in modo a se' stante.

Alcuni esempi di camere semimetriche sono la Hasselblad e la Rollei flex in cui c'è un'ottica fissa che viene calibrata per scatti discreti.

• UTILIZZO DEL RETICOLO NELL'ORIENTAMENTO INTERNO ANALITICO



Il reticolo viola perfetto diventa quello verde deformato quando si scatta la foto. Bisogna perciò conoscere la geometria dell'oggetto.

- sovrapponendo i due reticoli per vedere le distorsioni
- recupero poi le distorsioni tramite un modello matematico: calcolo i parametri quadratico per quadratico perché sono tutti diversi.
- ho quattro vertici della cella a disposizione e conosco la posizione sia di viola che di verde allora quindi una trasformazione bilineare o omografica. Si preferisce la bilineare perché mantiene la continuità tra oggetti adiacenti.

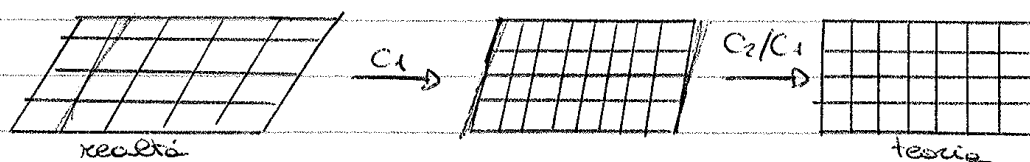
Il costo di ogni camera è di circa 60.000 €

e unisce poi le informazioni. Facendo i conti con i pixel vicini trova il colore definitivo. Il sensore funziona meglio se più grande. Le camere digitali semplificano la vita perché:

- non ho più distorsioni della pellicola
- non ho più sollecitazioni meccaniche
- non ho più sollecitazioni chimiche

Il sensore è prodotto su un wafer di silicio sostanzialmente stabile nel tempo in termini geometrici. Non presenta per motivi costruttivi problemi di non planarità significativi, ma subisce sollecitazioni chimiche. Può subire delle sollecitazioni meccaniche (dispositivi di pulizia del sensore). Se si usa tale camera per scopi fotogrammetrici questa funzione deve essere disabilitata.

Esistono altri effetti legati alla geometria del sensore: questo non è come nella teoria, cioè perfettamente rettangolare con pixel quadrati, ma è un parallelepipedo con pixel con dimensioni diverse nelle due direzioni. Per passare dalla ~~teoria~~^{realtà} alla teoria devo tener conto di due distorsioni.



Faccio un'operazione in una sola delle due coordinate (ξ):

- c_1 trasformo il pixel
- c_2/c_1 trasformo il parallelepipedo.

Ho parametri di distorsione uguali per tutte le immagini perciò posso calibrare una volta all'anno.

Posso fare una classificazione delle camere digitali in base alla funzione:

- camere metriche: orientamento interno noto e costante nel tempo;

due fotogrammi: su ciascuno dei due individui dei punti analoghi cioè due punti sulle due immagini che corrispondono allo stesso punto oggetto.

PROCEDURE ANALITICHE: per ogni fotogramma devo conoscere:

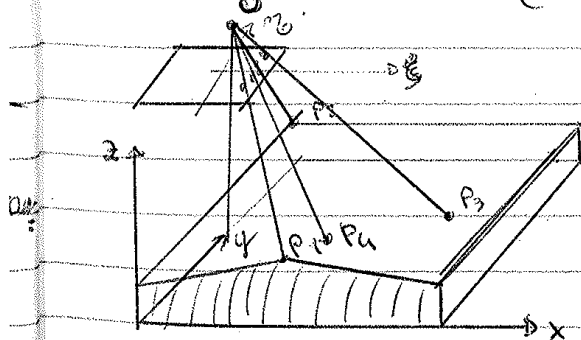
- le posizioni del centro di presa (x_0, y_0, z_0) e i tre angoli (ω, ϕ, k) (con la prima tecnica, avendo un solo fotogramma, ho 6 incognite; con la seconda e la terza, avendo due fotogrammi, ho 12 incognite)

È possibile spezzare il problema in due fasi:

- 1° - ORIENTAMENTO RELATIVO che determinerà 8 parametri su 12: prevede di orientare un fotogramma rispetto all'altro, quindi un fotogramma rimane fermo e si muove solo l'altro, per fare sì che si formi il MODELLO STEREOSCOPICO (3D)
- 2° - ORIENTAMENTO ASSOLUTO: prendere il modello, spostarlo e traslarlo per farlo coincidere con i punti a terra (si retribuisce il modello).

1° TECNICA: ORIENTAMENTO DI UN SOLO FOTOGRAMMA

Utilizzo le equazioni di collinearità (6 incognite). Si utilizzano dei punti d'appoggio P_1, P_2, P_3, P_4 per ciascuno dei quali misuro le coordinate immagine ξ, η . Per ogni punto scrivo le equazioni di collinearità (min. 3 punti). I punti devono sempre essere noti nelle 3 direzioni.



I punti devono sempre essere noti nelle 3 direzioni (x_p, y_p, z_p) . Le equazioni di collinearità devono essere linearizzate nell'intorno dei parametri di orientamento esterno approssimati che posso ricavare:

- dal grafico di volo (presa aerea)
- dal progetto di presa (prese terrestri)
- DLT riformulazione equazioni di collinearità in forma lineare in cui non ci saranno i punti perché sono noti.

Ho 5 incognite: $b_y, b_z, w_1, \phi_1, k_1$

1b) ORIENTAMENTO RELATIVO SIMMETRICO

È basato solo sulle rotazioni, il sistema modello si definisce come asse x che passa per i due centri di proiezione. Rispetto ai due centri di proiezione i due fotogrammi possono ~~essere~~ ^{scattare} in $w_1, \phi_1, k_1, w_2, \phi_2, k_2$.

Per fissare y è necessario imporre una condizione sulle sei rotazioni: asse y // all'asse z quindi $w_1 = 0$, posso ora fissare il sistema di coordinate e ho 5 incognite.

Due rette si intersecano quando non sono sghembe. Per impostare la condizione le rette dovranno essere complanari. Condizione di complanarità scritta in termini vettoriali: $\vec{b} \wedge \vec{p}_{1i} \wedge \vec{p}_{2i} = 0$ il prodotto misto tra i tre vettori deve essere nullo. Si ottiene un valore p_{12} che indica un ordine di grandezza cioè la PARALLASSE DI ALTEZZA: distanza che hanno due rette che non sono complanari, ma sghembe. Si scrive un'eq. $p_{12} \neq 0$ punto in cui ho 5 incognite (lineari) perché ho 5 punti. Non si ha bisogno di parametri approssimati per risolvere l'orientamento relativo, non serve nessun punto d'appoggio.

2- ORIENTAMENTO ASSOLUTO

Prendo il sistema modello e lo giro fino a farlo coincidere con il terreno. È una rototraslazione con variazione isotropa di scala che lega le coordinate oggetto con le coordinate del modello.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_u \\ Y_u \\ Z_u \end{pmatrix} + m \cdot R_\Omega \phi K \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

← coord. oggetto ↓ coord. oggetto dell'origine del sistema (3) ↗ fattore di scala (1) ← coordinate modello
 ↘ matrice di rotazione: non sono le rotazioni del fotogramma, ma sono le rotazioni del sistema modello (3)

Ho 7 incognite che rappresentano i parametri di orientamento assoluto e si ricavano in base ai punti d'appoggio.

21/11/2013

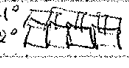
TRIANGOLAZIONE FOTOGRAMMETRICA

Quando faccio un'acquisizione fotogrammetrica seguo delle regole che derivano dal fatto che faccio acquisizioni da un aereo che vola a quota costante e segue traiettorie più rettilinee possibili.

STRISCIA: insieme di fotogrammi acquisiti lungo una traiettoria rettilinea.

Devo impostare la distanza (**BASE DI PRESA**) tra due fotogrammi successivi della striscia che deve garantire una copertura stereoscopica (cioè due ^{almeno} fotogrammi ~~per~~ per una porzione di territorio). La base di presa come situazione minimale è uguale a $l/2$; più la base di presa è stretta più ho maggiore copertura. Se la base è $l/2$ il ricoprimento è del 50%, se la base è $< l/2$ il ricoprimento è $> 50\%$.

Es. se ho il 60% di ricoprimento tra tre fotogrammi successivi avrò sempre una piccola zona comune alle 3 foto.

Con una sola striscia è difficile ricoprire il territorio; faccio più striscie parallele tra loro ; la situazione limite è quando sono perfettamente adiacenti, ma è sempre meglio avere anche una sovrapposizione trasversale del 20% al 5%. Per ogni punto del territorio ho 4 punti che lo riprendono: quadro

Con 8 punti d'appoggio posso orientare un blocco di 18 fotogrammi. Per far ciò posso usare due modi:

- a stelle proiettive
- orientamento assoluto (analitico) a modelli indipendenti

In entrambi i casi occorre procedere ad un'opportuna preparazione del materiale prima di iniziare l'operazione di misura:

- Devo usare punti che danno rigidità perché sono posizionati nelle posizioni più ottimali

- COMPENSAZIONE A STELLE PROIETTIVE

L'elemento fondamentale è il fotogramma e il modello analitico è costituito dalle equazioni di collinearità; le incognite sono i parametri di orientamento esterno dei fotogrammi

I dati di partenza sono le coordinate immagine dei punti d'appoggio e di legame e le coordinate oggetto dei punti di appoggio

Il problema deriva dal fatto che i parametri approssimati devono essere noti per poter linearizzare le eq. di collinearità

- faccio prima la triangolazione a modelli indipendenti (con coord. modello) oppure

- uso modello approssimato delle equazioni di collinearità DLT (Direct Linear Transformation)

Ho 11 parametri (Li) che sono in funzione dei parametri di orientamento interno ed esterno; sono determinabili mediante relazioni lineari. Posso introdurre le distorsioni come incognite: se serve posso orientare la camera.

CONFRONTO TRA I DUE METODI:

- Stessa precisione e stessi modelli d'appoggio
- Le stelle proiettive hanno una soluzione più rigorosa e sono migliori perché permettono di fare la calibrazione delle camere. Permette di risolvere anche ciò che non richiede un modello fotogrammetrico e di calcolare subito modelli di orientamento esterno.
- Le stelle proiettive hanno lo svantaggio di non essere lineari, e occorrono calcolatori potenti e il 3D può creare problemi.

Esempio: ho 1000 fotogrammi, per ognuno ho $\left. \begin{array}{l} 3 \text{ punti di legame} \\ 3 \text{ fotogrammi} \\ 2 \text{ equaz./fotogr.} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 3 \times 3 \times 2 \times 1000 \\ \approx 18'000 \text{ equaz.} \end{array}$

18'000 + 30% di punti oggetto \Rightarrow 24'000 eq. totale

Ho 1000 fotogrammi e 6 equaz./fotogr. = $1000 \times 6 = 6'000$ parametri +
+ 3000 punti di legame $\times 3 = 9000$ incognite \Rightarrow 15'000 incognite totali

- ci circonda sotto un certo angolo. Ho condizioni per visione stereoscopica:
- le condizioni di presa sono quasi normali (non ho parallassi verticale)
 - le 2 immagini devono circa avere la stessa scala (<14%)
 - le parallassi di quota angolari devono essere inferiori a 1,3 gon

3/12/2013

RESTITUZIONE STEREOSCOPICA

Per fare le misure ho bisogno di due punti omologhi (nell'ambito di un modello collimato) che individuino tramite visione stereoscopica. Tramite questi due punti trovo le coordinate immagine da cui devo calcolare le coordinate oggetto (3D): uso le equazioni di collimazione scritte nella forma di RESTITUZIONE.

Avendo sempre a disposizione due immagini posso sempre avere due equazioni per immagine (in x e in y): ho 4 equazioni a meno nelle tre incognite x, y, z ; uguagliando la prima con la terza ottengo la $z = \frac{x_{02} - 2z_0 k_{x2} + z_0 k_{x1} - x_{01}}{k_{x1} - k_{x2}}$; infine dalla prima o dalla terza relazione si ricava x e dalla seconda e dalla quarta si può ricavare y . Se due valori di y , se risultano leggermente diversi, vengono mediati.

Posso risolvere il sistema statico per avere una soluzione con un ordine di grandezza preciso; scrivo le quattro equazioni alle osservazioni ($\xi_1, \eta_1, \xi_2, \eta_2$) (gli apici nelle formule non sono potenze al quadrato ma indicano il quadrante di rotazione). Queste equazioni vengono linearizzate nelle tre incognite x, y, z , utilizzando come valori approssimati quelli ottenuti con il procedimento prima descritto. Quindi si risolve il sistema con il metodo dei minimi quadrati, ottenendo, oltre alla stima corretta delle medie delle coordinate del punto P anche una stima puntuale delle precisioni.

LA PRECISIONE FOTOGRAFOMETRICA

Per analizzarla mi dispongo nel caso normale cioè quello che cerco di realizzare quando faccio una presa fotografometrica. È una semplificazione che permette di fare dei conti. Ho assi di presa paralleli tra loro e perpendicolari alla base di presa. Scelgo il sistema oggetto in modo che l'origine

$$W = w(x_1, x_2, \dots, x_m) \Rightarrow x_1 = \bar{x}_1 \pm \bar{\sigma}_1$$

$$\bar{W} = w(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m) \quad x_2 = \bar{x}_2 \pm \bar{\sigma}_2 \quad \bar{x}_3 \dots$$

$$\bar{\sigma}_W^2 = \left(\frac{\partial w}{\partial x_1}\right)^2 \bar{\sigma}_1^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x_2}\right)^2 \bar{\sigma}_2^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x_m}\right)^2 \bar{\sigma}_m^2 \dots$$

Z è una funzione della parallasse in ξ , la derivo rispetto a questa e ottengo la legge di propagazione della varianza all'eq. 2

$$\sigma_z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial p_f}\right)^2 \sigma_{p_f}^2} = \sqrt{\left(\frac{CB}{p_f^2}\right)^2 \sigma_{p_f}^2} = \frac{CB}{p_f^2} \sigma_{p_f} = \frac{z}{p_f} \cdot \sigma_{p_f} = \frac{z}{c} \cdot \frac{z}{B} \cdot \sigma_{p_f}$$

$\frac{B}{z}$ rapporto di base che esprime come è confermato il modello (se è grande funziona bene perché utilizzando come proporzione inversa il σ_z diventa più piccolo)

$\frac{z}{c}$ fattore di scala (mm) ed esprime il denominatore della scala media del fotogramma.

Dato un certo valore di base posso arrivare a una precisione qualunque. È necessario però scegliere la scala giusta; se il rapporto di base diminuisce le precisioni tendono a peggiorare in modo lineare in XP, invece in quota la variazione è più grande e dipende dal quadrato della distanza (di solito 1/3 e 1/4). Da un punto di vista pratico le variazioni determinate sono indipendenti dai parametri di orientamento interno ed esterno, dov'è tener conto dei dettagli trascurati \Rightarrow ho σ più grandi.

Dagli studi hanno determinato delle regole empiriche utili per stimare la precisione relativa nella collimazione di punti isolati:

- ho suddiviso i punti in 2 famiglie: i punti saranno presegnati e che cioè riesco a collimare nel miglior modo possibile;
- ho precisione di 6 μ m nel fotogramma; per calcolarla:

• in planimetria:

es. $m_b = 1000 \quad \sigma_{xy} = 6 \cdot 1000 = 6 \text{ mm}$

$m_b = 1:300 \quad \sigma_{xy} = 6 \cdot 300 = 1,8 \text{ mm}$

• in altimetria dipende dalla distanza (meglio se vicini)

0,06‰ della distanza di presa $\Rightarrow \frac{6}{10000} \cdot H$

5/12/2013

gli strumenti usati per misurare sono:

- restitutori analitici: il supporto utilizzato erano i fotogrammi analitici. Si trattava di una scatola con dentro uno stereocomparatore che permette di misurare una coppia di punti omologhi. Questa scatola è legata a due manovelle che permettono gli spostamenti del sistema sull'asse x e y . Tutto è interfacciato con un calcolatore che si occupa di fare i conti e memorizzare i dati in archivio. Inoltre vi è un software di gestione: programma di inizializzazione utile all'assolimento delle funzioni del restitutore.

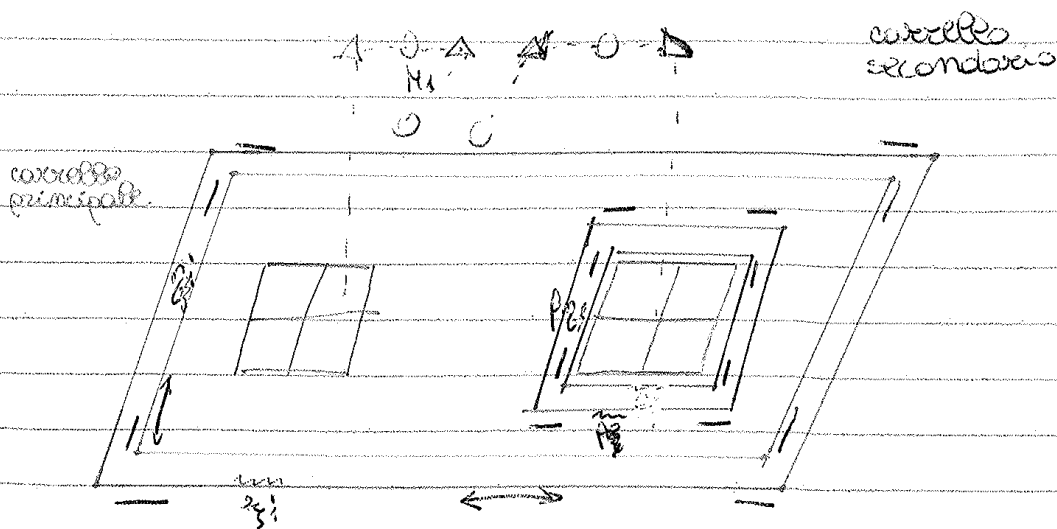
Posso avere due modalità di funzionamento diverse:

- a 4 controlli cioè dei restitutori analitici universali; si dice a 4 controlli perché 4 sono le coordinate immagine dei fotogrammi analizzati (2 per quello a destra e 2 per quello a sinistra).

Una volta fatto l'orientamento relativo uno spostamento sparisce

- a 2 controlli cioè dei restitutori analitici semplificati. Ho 2 controlli e quindi ho una strumentazione meno costosa.

Nella prima tipologia il cuore di tutto è lo stereocomparatore:



la quota del terreno.

• Nel restitutore analitico semplificato lo spostamento del carrello principale avviene a mano o, per quelle di precisione, si sposta un pantografo meccanico; gli spostamenti vanno letti con encoder appositi, solo gli spostamenti dei carrelli secondari sono servo assistiti. Se ho già fatto l'orientamento relativo p_2 lo controlla il computer e devo solo impostare p_1 .

• Imposto coordinate immagine: con la rotella trovo p_1 e il computer trova p_2 e la trasmette al motore che si occupa dello spostamento. Con le 4 coordinate immagine sono in grado di calcolare le coordinate oggetto.

• Per restituire le curve di livello è più complicato: l'operatore inserisce la quota di riferimento, ha la possibilità di controllare il controllo di sinistra; posso muovere solo il carrello principale. Il calcolatore trova ξ_1 e η_1 e, grazie a queste più 2, trovo le coordinate x, y . Il calcolatore trova le coordinate immagine sulla seconda immagine e trovo poi p_1 e p_2 ; il carrello di destra viene solo controllato.

• Confronto tra i due metodi: la 4 è più complessa meccanicamente ed è più costosa; i semplificato costavano dalle 4 alle 5 volte in meno, erano più semplici e garantivano le stesse precisioni. (Noi usiamo quello a 4 controlli).

• Restitutore digitale è costituito solo dal software perché tutte le misure sono state fatte quando l'immagine digitale è stata acquisita, non è più un misuratore di coordinate. Devono essere dotati di apparati per la visione stereoscopica. La tradizionale misura di coordinate è sostituita dalla individuazione del pixel all'interno della matrice immagine.

10/12/2013

IMAGE PROCESSING

Le immagini digitali sono comprese dal calcolatore che può sostituire il lavoro umano.

Le tecniche di acquisizione sono:

- image restoration: restaurazione, toglie rumore ^{derivato da fase di acquisizione}
- image enhancement: incrementa contrasto, evidenzia i bordi radiometrici

Queste tecniche vengono attuate tramite algoritmi di filtraggio (insieme di procedure che permettono di elaborare le immagini digitali come se fossero segnali elettromagnetici) la gran parte si basa sulla trasformata di Fourier: esprime l'immagine con spettri di frequenza (più il colore è basso più ha frequenze). Possiamo usare una versione semplificata: convoluzioni definite tramite immagine digitale G e immagine filtrata \bar{G} .

$$\bar{G} = G \cdot W \rightarrow \text{matrice di convoluzione}$$

Non è una moltiplicazione matriciale.

L'imm. di ricerca è reso uguale all'imm. sorgente con uno spostamento in x .

$$q_1(x, y) = q_2(x, y)$$

Possono essere + complicate:

a questa idea di obiettivo assumendo 2 tipi di transf:
 = trasf. radiometrica (shift) } transf. radiometrica
 = guadagno radiom. (gain)

Ho anche transf. geometriche $u(x, y)$ e $v(x, y)$ che x mettono di trasformare bidimen. q_1 x rendendo simile a q_2

Transf. geometriche:

- traslazione x $\begin{cases} u = x + tx \\ v = y \end{cases}$ (cost) posso usare queste trasform. quando ho già fatto l'orient. relativo

$$q_1(x, y) = c \cdot q_2(x + tx, y) + b$$

Dato che tx è all'interno di q_2 ^{incognite} non sono in un caso lineare. \Rightarrow ricerca di minimi quadrati, ho bisogno di parametri approssimati:

$$X = \begin{pmatrix} c \\ b \\ tx \end{pmatrix} \quad x_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{ho nuove imag. } x \begin{pmatrix} \Delta c \\ b \\ tx \end{pmatrix}$$

1 slide \Rightarrow ho tutti i termini noti insieme c, b, tx
 \Rightarrow non conosco ancora q_2 quindi faccio le derivate e lo calcolo in maniera numerica.

In alternativa posso scegliere ~~questa~~ transf. geom. ^{raffini} + complicate
 x ho + parametri da stimare

$$u = ax + by + c$$

per arrivare alla soluzione finale faccio delle iterazioni con il match. del min. quadr. ovvero a determinare 1/3 di decimo di pixel.

Se uso variat. affini posso avere variat. di scala max 30% e rotat. inferiori ai 25°.

Ho + modi x applicate; ogni punto significativo viene caratterizzato da un insieme di parametri che definiscono l'intorno del punto \Rightarrow ^{uso} numeri (descrittori). Se ho un insieme di feature con descrittore x e dx scelgo la migliore associazione facendo \Rightarrow che abbia dei descrittori simili (?) con distanza euclidea ^{intende} somma dei quadrati delle differenze dei descrittori

Ho quadrato con 3 punti: (immagine 1)

1 (ξ_1, η_1)	li caratterizzo con dei descrittore (4 m ² x comune)	1, 4, 4, 2
2 (ξ_2, η_2)		3, 2, 1, 1
3 (ξ_3, η_3)		1, 0, 2, 4

Ho un 2^o sim. 2

1 (ξ_1, η_1)	0, 1, 1, 2
2 (ξ_2, η_2)	1, 4, 3, 2
3 (ξ_3, η_3)	

Devo capire come associare mettendo il 1° punto in relazione con gli altri 2 \Rightarrow calcolo distanza euclidea

$$D_{11} = \sqrt{(1-0)^2 + (4-1)^2 + (4-1)^2 + (2-2)^2} = \sqrt{1+36+9} = \sqrt{46} \approx 7$$

$$D_{12} = \sqrt{(1-1)^2 + (4-4)^2 + (4-3)^2 + (2-2)^2} = \sqrt{9+1} = \sqrt{10} \approx 3$$

Scego la coppia di punti simile 1-2 xk e la distanza minore

I descrittori si calcolano sfruttando dei calcoli vettoriali sulle derivate delle immagini. Il metodo è geometrico e quello di SIFT: suddivido il quadrato in 64 quadratini di cui determino la direz. principale del gradiente dell'immagine ho 64 vettori e ho (?) 128 punti che descrivono i quadratini. Faccio la media dei vettori e trovo la direzione principale \Rightarrow vado a cambiare la direz. dei vettori \rightarrow lunghezza e inclinazione

La fotogram. ci aiuta nel

- pretrattamento immagine in modo automatico
- fasi di orientamento interno ed esterno
- estrazione tie points
- triangolazione aerea
- parte della restituzione.

Parlando di tecniche automatiche ho bisogno di avvicinarsi alla soluzione finale ma devo eliminare i grossolani, ho bisogno di un parametro finale x la diagnostica.

Il vantaggio è che uso punti reali.

- Superficie regolare: punti con spaziatura uniforme; non deve portare dietro le coordinate di tutti i punti \rightarrow basta sapere la prima e il passo \rightarrow calcolo per tutti i punti di cui x o devo sapere la quota altimetrica k è variabile. Devo avere un numero suff. \times ricavare la pizigola. Il resto

3 delle linee guida \times :

- * Utile a grande scala \rightarrow S
- * modelli altimetrici a grande scala (es. quelli standard richiesti in funzione della scala usata). \rightarrow anche a scale medie e correlate a scale molto grandi. Sono specificate le tolleranze altimetriche e planimetriche. \times fare uno studio di massima passo usare modello 2, se voglio fare un'ortofoto di precisione uso S.

\times generare i modelli altimetrici ho varie tecniche:

- 1 - Laser-scanner
- 2 - approccio fotogrammetrico

Sono tutte tecniche iterative:

\rightarrow uso piramidi d'immagine e \times successive iterazioni ricavo modello o terzo delle 2 immagini

\rightarrow ~~per~~ UV: fisso uno z di un punto e proiezione eg. dell'immagine \rightarrow lo spazio sulla immagine; se ho caso z sbagliato ho 2 coperti diversi tra s_x e $s_y \rightarrow$ itero spostando z . lavoro su coppia di immagini.

o M.A.C.3: lavoro con 3 o 4 immagini contemporaneamente: a coppie di immagini stimo un coeff. di correzione (come prima) \rightarrow stimo 3 coeff. che unisco \times vedere la correzione tra quelle definite prima così trovo il picco \times la definizione del pixel.

Estrazione geometrie primitive (assi stradali, fiumi, ecc.): ci sono operatori e software che estraggono almeno qualcosa come il bordo che divide b/m \times anche software \times estrarre in auto modo ciclo stradale: un po' si può fare ma non è così semplice infatti funziona solo con radiografie uniformi (quindi si sbaglia facilmente). Anche l'estrazione di edifici \times complesso. monostrato si usano geometrie semplici.

Partendo dai modelli altim. posso produrre nuovi prodotti:

(slide russ.)

Parto da matrice vuota di cui conosco dimens. del pixel e lo posiz. del foto? (di qui conosco modello interno ed esterno) il modello ultim. con procedura di interfaccia individuo un punto in 3D. vado sulle imm. con le eq. di collineazione leggo il digital number e lo scrivo all'interno della matrice (facisco la procedura x tutti i pixel dell'ortho foto).

Ho 3 tipi di ortho foto:

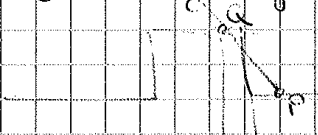
- speditiva: rappresenta foto con tecniche rapide ed economiche
- ortometriche: norme di precisione legate a rappres. cartograf. tradiz.
- di precisione: si correggono tutte le deformaz. prospettiche

applicaz. ambientali e tematiche

Se uso un DSM

si proz. l'orthorect. di P funz. se lo faccio delle spigole sono parallele con uno spostamento

⇒ devo usare tecniche + raffinate + es. DSM (faccio sopra all'edificio): avrò una duplicazione dell'immagine



Quando proietto P e Q sulle foto, sono trovati un punto coincidente P' avrò poi lo sb. posiz. (P') ma con il colore di Q

si è ideato un altro metodo: ortho foto di proiez. radi slide

X tutti gli oggetti ho precisione cartografica. Devo cercare un buon modello di forma corretto (vedi slide) (correggere ultima parentesi DEM → DSM) Devo usare tante immagini + poter descrivere anche le zone nascoste.

Ho 2 imm. I_1 e I_2 e uso un'immagine aggiuntiva flag image che all'inizio è tutto spento e sulla quale faccio una bandierina "ogni pixel usato in modo da non poterlo + usare la procedura avviene dalla quota + alta alla + bassa

Da R^3 proietto su I_1 (xk e la + vicina). Trovo il punto e dalle imm. flag vedo che posso usare quel pixel e nella flag metto la quota. La proietto poi R su I_2 e procedo =. Proietto poi S e agisco nello stesso modo. Quando arrivo su P lo proietto sulle I_1 , ma il pixel è già stato usato. La proiez. non è più facile: provo a cercare l'immagine in I_2 . Il punto x ha il pixel già flaggato su I_1 e I_2 ⇒ non posso decidere di una foto che ⇒ è una zona nascosta quindi scelgo lo il colore fittizio (es. bianco).

x è eliminata di oggetti non voluti e utente deve segnare il contorno e poi si elimina tramite immagine flag.

Esempio x trovare pixel da dpi

dpi = 254

$$dpi = \frac{25.400 \mu m}{d_{pixel} [\mu m]}$$

$$d_{pixel} = \frac{25.400}{254} = 100 \mu m$$

100 μm = 0,1 mm

Metadati: dati che descrivono i dati stessi (es. anno di
presa, sist. di refer. utilizzata, come e stato fatto la carta,
la qualità, ecc.)

Lo stile \times \rightarrow precisione

I metadati sono scritti in forma di modello concettuale.
 \times Le inform. di identif. ha un'etichetta con un
insieme di dati

Tecniche innovative \times aggancio e orientamento.

Uso individuale in modo diretto: parametri di orientamento
esterni:

- determino centro di presa: posso usare GPS su aereo
e faccio misurazione anemometrica \rightarrow individuo traiettorie
del mezzo (prob. GPS deve passare al centro di presa
 \times non è nella giusta posizione)
Grazie al CP posso smettere il blocco fotografico.

- determino angoli: utilizzo tecnica di integrazione tra
differenti sensori con INS (piattaforme angolate)

\Rightarrow con questo posso diretti da presa e restituzione

Considerazioni operative:

- se uso fotograf. diretta non ho bisogno di aggancio a
terra ma faccio cmq triangolazione