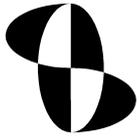


DISPENSE DI

PROGETTAZIONE OTTICA
PROGETTAZIONE DI STRUMENTI OTTICI

Cap.13 – FOTOGRAMMETRIA

Ing. Fabrizio Liberati



Cap.13 FOTOGRAMMETRIA

13.1 Generalità. L'aerofotogrammetria

La fotogrammetria è il sistema di metrologia, ossia di misura dimensionale, basato su fotogrammi. Perché sia possibile determinare analiticamente le dimensioni degli oggetti da misurare, il fotogramma deve rappresentare la scena ripresa in maniera tale che siano note le condizioni geometriche.

Per fare ciò, la fotogrammetria sfrutta il fatto che una ripresa fotografica rappresenta un sistema geometrico a *proiezione centrale*, quello cioè secondo cui ogni punto P dello spazio può essere proiettato su un piano π come intersezione della retta OP , essendo O il *centro di proiezione* distante una quantità finita e nota da π (per contro, quando il punto O è a distanza infinita da π , la proiezione si dice *parallela ortogonale* o *obliqua* a seconda che la direzione individuata da O sia ortogonale o meno a π). Nella corrispondenza tra geometria a proiezione centrale e scenario della ripresa fotografica, il piano π è rappresentato dal piano immagine, cioè dalla pellicola, il centro di proiezione O dall'obiettivo inteso come una lente semplice sottile equivalente di apertura infinitesima, il punto P dal generico punto oggetto fotografato.

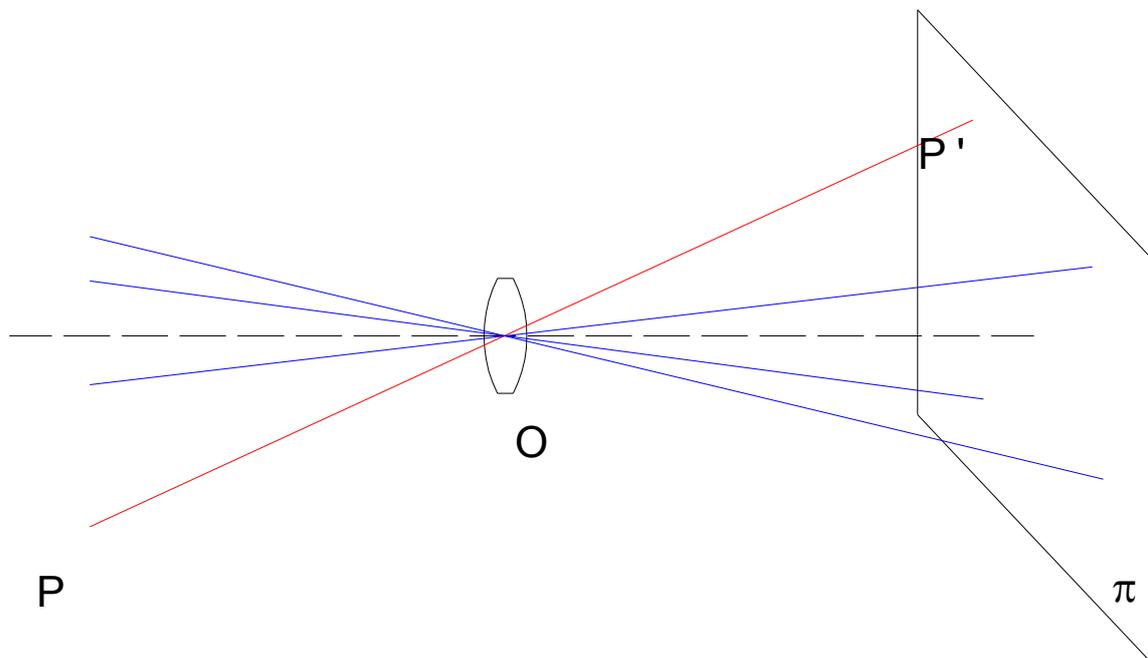


figura 13.1

Queste proprietà, insieme alla stereoscopia, consentono di risolvere il problema di rendere un oggetto tridimensionale su un supporto bidimensionale quale la pellicola fotografica.

Un esempio che riveste particolare interesse è costituito dalla fotogrammetria aerea o aerofotogrammetria. In questo caso gli oggetti da misurare sono a grande distanza dalla pellicola e dalla lente, per cui la distanza tra la lente sottile ed il piano immagine

è pari alla distanza focale della lente, che quindi è messa a fuoco all'infinito, e le distanze sul piano immagine tra i punti immagine sono misura dell'angolo che i rispettivi punti oggetto sottendono rispetto alla posizione della lente obiettivo. Il processo si divide in due fasi. Nella prima fase un aereo sorvola il territorio e ne riprende delle immagini fotografiche, nella seconda avviene la ricostruzione dello scenario in scala ridotta in laboratorio.

13.2 La ripresa

La ripresa fotografica consiste in una successione di scatti fotografici effettuati da un aereo che sorvola la zona di interesse. Occorre inquadrare ogni singola area almeno due volte durante il passaggio, cioè con una sovrapposizione di circa il 60% (si veda la figura 13.2).

Per via del diverso punto di osservazione, punti a quote diverse sottenderanno angoli diversi su due fotogrammi successivi, e quindi ne risulteranno alterate le distanze relative sul piano immagine. In figura 13.2 si può osservare come nel fotogramma scattato dall'aereo quando si trovava in a, ad esempio, i punti immagine 3 e 4 risultano più vicini nel fotogramma di quanto lo siano nel fotogramma scattato in b, in quanto, per via della pendenza del terreno, l'angolo sotteso è diverso nei due casi.

La macchina da ripresa utilizza come pellicola fotografica una diapositiva di ampio formato (ad esempio 230x230mm) ed altissima risoluzione, quindi di sensibilità molto bassa; la distorsione dell'obiettivo è estremamente contenuta e comunque viene misurata in modo da poterla sottrarre nelle successive elaborazioni.

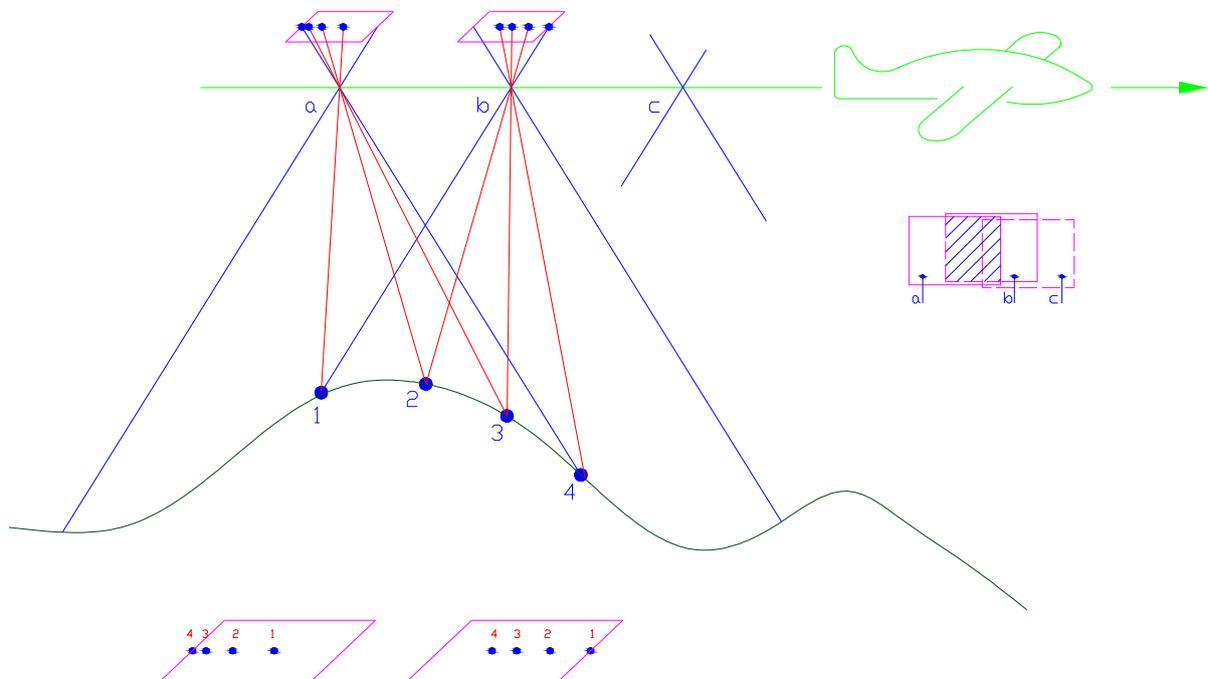


figura 13.2

13.3 La restituzione

Nella seconda fase si ricompone in laboratorio la geometria di due fotogrammi ripresi successivamente che insistono sullo stesso territorio, presentandoli all'osservatore. In questo modo si ricostruisce lo stesso scenario fotografato dalle due posizioni e chi guarda ha la sensazione di trovarsi a vedere il territorio dai due punti di ripresa distinti e separati, sostituiti dagli occhi. Questo consente la sensazione della terza dimensione in quanto il nostro cervello fonde gli elementi comuni ottenuti dalle due immagini distinte percepite e riesce a cogliere la profondità della scena. La figura 13.3 mostra la geometria della fase di ricostruzione.

Per ottenere delle misure precise, occorre conoscere esattamente i parametri riguardanti la geometria dello scenario, e cioè: focale della lente, quota di volo dell'aereo, distorsione dell'obiettivo. Inoltre devono essere limitate una grande quantità di possibili sorgenti di errore, che possono andare dalla variazione di assetto dell'aereo tra due immagini consecutive al gradiente di indice di rifrazione dell'atmosfera, alla curvatura terrestre.

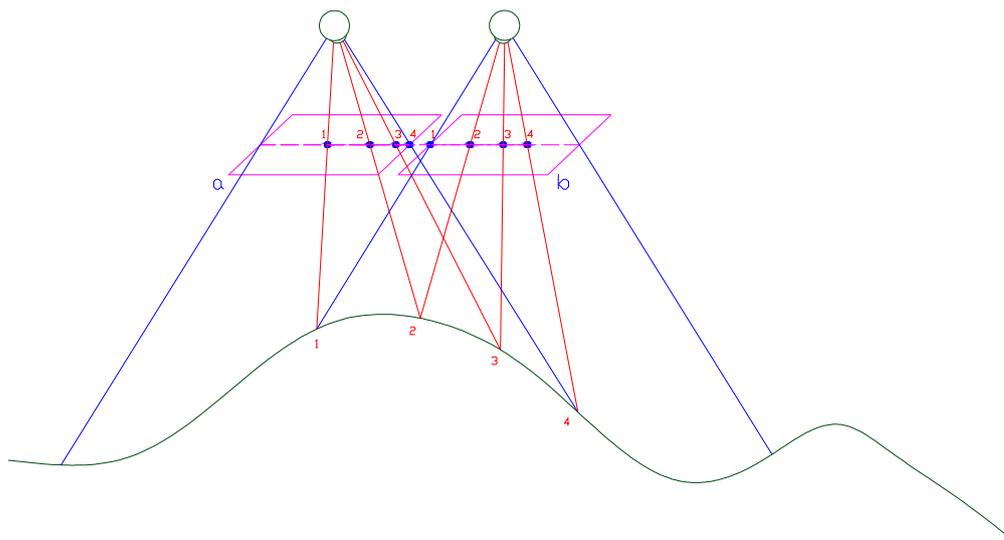


figura 13.3

E' anche necessario limitare l'insorgere di errori casuali o sistematici avendo cura ad esempio di evitare la distorsione dei fotogrammi durante lo sviluppo e l'asciugatura. Gli errori vengono comunque limitati anche grazie a punti di riferimento presenti sul terreno le cui coordinate nello spazio si conoscono con precisione.

13.4 Ricostruzione del modello stereoscopico

Lo stereorestitutore consente di riprodurre in scala le condizioni geometriche esistenti al momento della ripresa. In figura 13.□ sono riportati schematicamente i componenti ottici presenti in uno stereorestitutore.

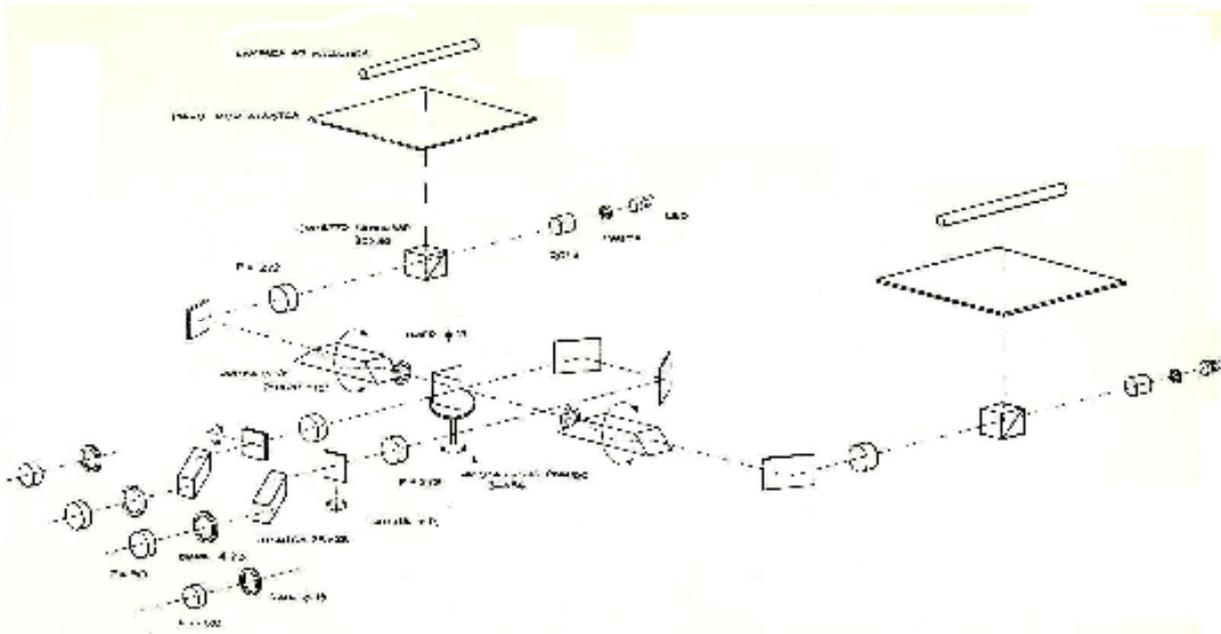
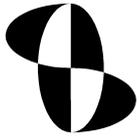


figura 13.□

Per accentuare l'effetto tridimensionale e ridurre l'errore di determinazione della quota, la 3° dimensione viene esaltata aumentando la differenza tra gli angoli di osservazione tra i due occhi. In fase di registrazione, la 3° dimensione viene resa sotto forma di curve isolivello.

Le accuratze che si riescono ad ottenere sono estremamente spinte: se tutte le fasi sono state effettuate scrupolosamente, un operatore esperto riesce ad raggiungere precisioni di misura migliori di 10cm in quota e 5cm sul piano orizzontale per riprese effettuate da 10000m.

In contrapposizione all'aerofotogrammetria, un utilizzo diverso degli stessi principi e delle stesse tecniche si ha con il cosiddetto Close Range, in cui l'oggetto da modellizzare è vicino. Applicazioni si hanno nel campo dello studio e conservazione dei beni artistici, nel reverse engineering, nell'oggettistica.

13.5 Evoluzione della fotogrammetria

Con la fotogrammetria si devono gestire grandi quantità di informazioni e perciò l'utilizzo di calcolatori è di grande aiuto in diverse fasi.

Si è passati così dalla fotogrammetria analogica (misura diretta dei fotogrammi, uscita su plotter), attraverso quella analitica (con l'avvento dei calcolatori, dai fotogrammi la restituzione è un file vettoriale), a quella digitale (il fotogramma convertito in immagine digitale o addirittura macchina fotografica digitale). Addirittura gli ultimi sistemi digitali effettuano una correlazione tra le due immagini, per cui non è più necessario l'operatore se non per funzioni di controllo o editing.