

MISURA FOTOGRAMMETRICA DI PUNTI

Scopo essenziale della fotogrammetria è la determinazione delle posizioni di punti oggetto in uno spazio tridimensionale a partire da immagini fotografiche o digitali.

La misura di punti in fotogrammetria può fornire risultati di alto livello, in termini di precisione, purché siano rispettate alcune condizioni minimali: per questo la fotogrammetria può competere con altre tecniche di rilievo.

In alcuni casi solo la fotogrammetria può giungere alla misura della posizione di punti : le più importanti applicazioni della misura di punti mediante la fotogrammetria sono:

- misura di punti di legame in triangolazione aerea
- misura di punti per la produzione di ortofoto
- raffittimento di reti geodetiche
- rilievo di punti di confini
- rilievi strutturali su edifici e opere d'arte
- misura di oggetti artistici e architettonici
- ricostruzione di punti e linee a partire da fotografie amatoriali e/o storiche
- rilievo di elevati numeri di punti per la definizione di superfici
- rilievi in tempi diversi degli stessi punti per il monitoraggio di fenomeni dinamici (alluvioni, frane, dissesti strutturali, ecc.)

SELEZIONE, DEFINIZIONE E MISURA DI PUNTI

- PUNTI NATURALI : punti già esistenti e chiaramente identificabili sull'oggetto.
- PUNTI PRE-SEGNALIZZATI : punti dell'oggetto che devono essere segnalizzati prima del rilievo
- PUNTI ARTIFICIALI : punti che possono essere segnalizzati solo sulle immagini (anziché procedere ad una loro segnalizzazione sull'immagine, i punti artificiali, possono essere univocamente definiti mediante le coordinate immagine relative).

PUNTI NATURALI

In fotogrammi a piccola scala: spigoli di fabbricati, bordi di campi, centro di alberi isolati, ecc.

In fotogrammi a grande scala: piccoli elementi lapidei, bordi di segnaletica orizzontale, ecc. e tutto ciò che ha un buon contrasto con l'immagine circostante.

I punti naturali devono essere scelti utilizzando uno stereoscopio in modo da assicurare una corretta collimazione stereoscopica durante la fase di misura dopo la scelta dei punti. (p.e. uno spigolo di fabbricato può apparire nitido su un fotogramma ma non su quello adiacente)

Evitare : punti che risultano in ombra, sui confini di zone alberate o in zone con poche variazioni radiometriche.

Utilizzati come punti di legame tra i fotogrammi di una strisciata o tra strisciate adiacenti per le operazioni di triangolazione aerea.

In questi casi può essere conveniente considerare punti solo planimetrici e punti solo altimetrici (se il metodo di triangolazione lo consente).

Una volta scelto il punto, questo viene segnalizzato su una copia in carta del fotogramma e ad esso viene associato il codice identificativo per consentire una localizzazione approssimata del punto. Segue poi la produzione di una monografia per la collimazione precisa da parte dell'operatore.

PUNTI PRE-SEGNALIZZATI

Vengono utilizzati quando si devono raggiungere elevati gradi di precisione nella misura fotogrammetrica oppure quando non esistono punti di segnalizzazione naturale sull'oggetto.

LA SEGNALIZZAZIONE VA FATTA PRIMA DELLE RIPRESE

Diametro minimo del segnale: dipende dalla scala del fotogramma e dal contrasto del segnale con l'ambiente circostante.

$$d[cm] = \frac{m_b}{300 \div 600}$$

scala fotogr. 1:30.000 → dimensione segnale 50÷100cm,
scala fotogr. 1:4000 → dimensione segnale 7÷14 cm.

Nella pratica si tende a usare la misura massima per garantire la miglior precisione durante l'operazione di misura

Dimensione del segnale sui fotogrammi > dimensione marca di collimazione (circa 20 μm) → l'immagine del segnale deve essere almeno 50 μm di diametro

segnale appoggiato sull'oggetto (non a quota diversa)

colori da dare al segnale:

- per fotogrammi in bianco e nero, il bianco è quello che fornisce risultati migliori (eventualmente contornato di nero)
- per fotogrammi a colori, i colori dei segnali preferibili sono il bianco, il giallo e il rosso.

A volte i punti possono essere presegnalizzati proiettando dei segnali sull'oggetto stesso: questa tecnica è utilizzata nelle applicazioni terrestri.

Solitamente si proiettano con lampade molto potenti dei reticoli di vetro sui quali sono incisi dei segnali, oppure delle diapositive che riproducano un grigliato di punti.

Questa tecnica di presegnalizzazione risulta molto utile nelle applicazioni di fotogrammetria digitale per consentire elevati gradi di automatismo per il rilievo di DEM su superfici a radiometria omogenea

PUNTI ARTIFICIALI

Sono materializzati eliminando l'emulsione in corrispondenza delle due immagini omologhe del punto desiderato.

Tale operazione di segnalizzazione avviene mediante strumenti detti PUNTINATORI.

In Italia questa tecnica è largamente sconsigliata.

Tutti i punti misurati possono essere considerati punti artificiali in quanto di essi si conoscono le coordinate immagine.

La loro individuazione precisa è possibile sono utilizzando stereocomparatori muniti di quattro controlli oppure restitutori analitici universali ai quali però devono essere fornite le coordinate modello o terreno del punto artificiale.

PRECISIONI NELL'ACQUISIZIONE STEREOSCOPICA DEI DATI

Ad eccezione dei fotogrammi a scala molto grande, in cui influisce negativamente il trascinarsi, la precisione delle coordinate planimetriche è direttamente proporzionale alla scala dell'immagine.

Il tipo di obiettivo utilizzato non influisce in modo sensibile sulla precisione planimetrica.

L'errore in quota, invece, dipende dalla distanza tra il punto considerato e il centro di presa o, in alcuni casi, dal quadrato di tale quantità

si possono dare **ALCUNE REGOLE PRATICHE** (basate su numerosi test empirici) per stimare in fase di progetto la precisione con cui possono essere restituite le coordinate terreno dei punti appartenenti al singolo modello stereoscopico.

(una volta eseguito il rilievo occorre applicare le formule di propagazione dell'errore per la determinazione degli scarti quadratici medi σ_x , σ_y , σ_z delle coordinate calcolate.)

PUNTI PRESEGNALIZZATI

PLANIMETRIA: $\sigma_{xy} \pm 6 \mu\text{m} \times m_b$

ALTIMETRIA: $\sigma_z \pm 0.06 \text{‰}$ della distanza di presa
(camere normali e grandangolari)

$\sigma_z \pm 0.,08 \text{‰}$ della distanza di presa
(camere supergrandangolari)

Maggiori precisioni si possono avere correggendo vari sistematismi.

PUNTI NATURALI

Si usano gli stessi valori empirici aggiungendo l'incertezza della definizione del punto

$$\sigma_{XY(nat)} = \sqrt{\sigma_{XY(seg)}^2 + \sigma_{XY(def)}^2}$$

$$\sigma_{Z(nat)} = \sqrt{\sigma_{Z(seg)}^2 + \sigma_{Z(def)}^2}$$

L'incertezza di definizione (difficoltà di collimazione) dei punti naturali è riportata nella seguente tabella:

Tipo di punto	Planimetria $\sigma_{XY(def)}$ [cm]	Quota $\sigma_{Z(def)}$ [cm]
Spigolo di casa o di recinzione	7 ÷ 12	8 ÷ 15
Spigolo o centro di tombino	4 ÷ 6	1 ÷ 3
Spigolo di bordo di coltura	20 ÷ 100	10 ÷ 20
Cespugli, alberi	20 ÷ 100	20 ÷ 100

LINEE PLANIMETRICHE

Le coordinate di punti appartenenti a linee planimetriche possono essere ricavate con precisioni sensibilmente inferiori a quelle di punti singoli.

Si trova empiricamente che vale circa :

$$\sigma_G = \pm 45 \mu m m_b$$

CURVE DI LIVELLO

Le quote dei punti appartenenti a una curva di livello possono essere determinate con precisioni che dipendono dalla pendenza del terreno (formula di Koppe)

$$\sigma_H = \sigma_Z + \sigma_G \operatorname{tg} \alpha$$

dove

$$\sigma_Z = \begin{array}{ll} 0.20 \text{ ‰ } h & (\text{N e GA}) \\ 0.25 \text{ ‰ } h & (\text{SGA}) \end{array} \quad \text{precisione in quota delle linee continue}$$

$$\sigma_G = \begin{array}{ll} 100 \mu m m_b & (\text{grande scala}) \\ 0.2 \text{ mm } m_c & (\text{piccola scala}) \end{array} \quad \text{precisione planim. delle linee continue}$$

Per pendenze del terreno non molto forti, è possibile usare la seguente regola grossolana:

$$\sigma_H = \pm 0.25 \cdot 10^{-3} h$$