

PIANO DI VOLO

ipotesi : prese pseudo-nadirali

variazioni angolari rispetto al caso rigorosamente nadirale:

$$\Delta\omega = \pm 5 \text{ gon}$$

$$\Delta\varphi = \pm 3 \text{ gon}$$

$$\Delta\kappa = \pm 15 \text{ gon}$$

tolleranza in quota del 2%

la rotta dell'aereo può essere mantenuta entro 1 cm sul fotogramma

PROGETTO DEL PIANO DI VOLO

Progetto → stabilito l'obiettivo del rilievo fotogrammetrico occorre dare un valore ai parametri che influenzano la ripresa e occorre operare delle scelte in merito alla strumentazione ausiliaria

Obiettivo → carta fotogrammetrica

Le precisioni planimetriche e altimetriche richieste in cartografia dipendono dalla **scala della carta**.

In particolare, la precisione planimetrica è uguale all'errore di graficismo (0.2mm) per il fattore di scala della carta (denominatore m_c), mentre l'errore in quota è influenzato da altri fattori.

(n.b. : tolleranza = 2σ , corrisponde al 95% di probabilità di una distribuzione normale)

Scala	Tipo di carta	Ambito	Ente	σ_{pl}	σ_h (m)
1:50000 1:25000	Piccola sc.	nazionale	IGM	10m 5m
1:10000 1:5000	Media sc.	regionale	Regione (CTR)	2m 1m	0.9 0.6
1:2000 1:1000	Grande sc.	comunale	Comune (CTC)	40cm 20cm	0.3 0.2
1:500	Grandissima sc.	comunale	Piano Regolatore	10cm	0.1

- Nota la scala della carta, obiettivo del rilievo, si stabilisce in primo luogo la **scala** (media) del **fotogramma**.

La relazione tra scala carta e scala fotogramma può essere ricavata dalla propagazione dell'errore nel caso normale

Si usa però solitamente la relazione empirica seguente:

$$m_b = k \sqrt{m_c} \quad (\text{ASPRS})$$

$$\text{es: } k = \begin{cases} 300 & m_c = 50000 \Rightarrow m_b = 67000 \\ 150 & m_c = 1000 \Rightarrow m_b = 4700 \end{cases}$$

oppure i valori dedotti dalla tabella seguente (Comm.Geod.Italiana)

SCALA CARTA	SCALA FOTOGR.		QUOTA DI VOLO PER LE CAMERE PIU' COMUNI					
	MIN.	MAX.	c = 210 mm		c = 152 mm		c = 88 mm	
1 : 500	3000	2000	630	420	450			
1 : 1000	5000	3500	1050	740	760	530		
1 : 2000	8000	6500	1680	1370	1220	1000		
1 : 5000	18000	12000	3770	2520	1730	1830		
1 : 10000	27000	20000	5580	4200	4100	3100	2210	1770
1 : 25000	50000	40000			7600	6080	4520	3530
1 : 50000	70000	60000			10620	9130	6180	5310
1 : 100000	90000	80000					7960	7070

(ora si ha la tendenza ad aumentare i valori di m_c/m_b)

- Decisa m_b , si decide la **focale della camera**

tre tipi di focale GA (W) universale

N (N) adatto a voli a bassa quota (centri storici) e per ortofoto

SGA (SW) adatto per voli ad alta quota

- Stabilite m_b e c , si determina la **quota (relativa) di volo Z**

$$m_b = \frac{Z}{c} \Rightarrow Z = c \cdot m_b$$

osservazione : poiché i fotogrammi comunemente utilizzati hanno il lato di 23 cm (utili 21 cm), una volta fissata m_b , risulta determinato l'abbracciamento al suolo q , cioè la lunghezza della parte di terreno che viene riportata sull'immagine, infatti è :

$$m_b = \frac{Z}{c} = \frac{q}{l} \Rightarrow q = 21\text{cm} \cdot m_b$$

- Ricoprimento

Ricoprimento longitudinale (tra fotogrammi adiacenti di una stessa strisciata) $\mu = 60\%$

Ricoprimento trasversale (tra strisciate adiacenti) per aver ricoprimento tra i modelli, per poter collegare tutti i fotogrammi di un blocco in una triangolazione aerea : $\varepsilon = 20\% - 30\%$

Un ricoprimento trasversale pari al 30 % consente:

- errori nel mantenimento della rotta dell'aereo lungo l'asse della strisciata entro una tolleranza di 200 metri;
- piccole variazioni della quota di volo;
- variazioni imprevedibili della quota del terreno;
- variazioni di assetto in ω di ± 5 gon;
- variazioni di assetto in φ di ± 3 gon;
- variazioni di assetto in κ di ± 3 gon

importante soprattutto su terreni non piani : un ricoprimento longitudinale costante è garantito dal cinederivometro mentre per garantire il ricoprimento longitudinale minimo lungo tutta

la strisciata occorre tener conto delle zone con pendenze maggiori.

- Strumentazione di bordo

trascinamento : FMC

$$t_r = \frac{v}{h} \cdot c \cdot t = \frac{v}{m_b} \cdot t \quad \text{è necessario avere FMC se } t_r > 20\mu\text{m}$$

- Tipo di aereo supersonico (pressurizzato)
ordinario
- Tipo di pellicola

pellicole monocromatiche → per voli fotogrammetrici con
caratteristiche metriche

pellicole a colori → per voli per scopi fotointerpretativi

- Strumentazione ausiliaria

GPS per posizionamento centro di presa e per scopi navigazionali : fornisce la **posizione del centro di fase dell'antenna**

Scopi navigazionali : per funzionamento automatico della camera da presa in ottemperanza di un piano di volo numerico

Scopi T.A. : determinazione centri di presa: è possibile scrivere una equazione di pseudo osservazione del centro di proiezione

necessita la conoscenza (misura) della distanza tra centro di fase e centro di presa \underline{a} e della differenza Δt tra l'istante di

presa e l'istante di osservazione GPS (occorre quindi una interfaccia camera-GPS)

IMU/GPS strumentazione integrata che si sta diffondendo negli ultimi anni

INS/GPS è in grado di fornire i 6 parametri di orientamento esterno della camera (problemi di calibrazione e di affidabilità)

- Periodo di volo

È necessario che l'altezza del sole sull'orizzonte sia maggiore di 35° , (ore diverse a secondo delle stagioni)

Inoltre occorre tenere conto della stagione anche in funzione della visibilità del suolo (vegetazione spoglia, assenza di manto nevoso....)

Ovviamente per avere buona visibilità (del terreno sui fotogrammi) occorre tenere conto delle condizioni meteorologiche

Tenuto conto di tutti i fattori i giorni utili per i voli fotogrammetrici sono pochi

PIANO DI VOLO IN TERRENO PIANEGGIANTE

Scelta della direzione di volo : diversi criteri (a volte in contrasto)

- illuminazione uniforme : è preferibile la direzione E-O
- forma della zona da cartografare ('dimensione prevalente'): è opportuno cercare di inscrivere l'area in un rettangolo, e volare parallelamente a uno dei suoi lati (per minimizzare il numero di fotogrammi necessari al ricoprimento complessivo)
- è preferibile volare parallelamente alle eventuali coste
- orografia : è preferibile volare lungo le valli principali

n.b. occorre ovviamente tener conto di eventuali ostacoli al volo (anche nello spazio di manovra), e delle eventuali aree vincolate su cui è proibito volare (p.e.. aree militari, o straniere)

RELAZIONI GEOMETRICHE (CASO PIANO)

E' possibile ricavare relazioni geometriche che legano:

- lunghezza e larghezza blocco (area da fotografare) ,
- base B e interasse tra strisciate A,
- ricoprimenti (longitudinale e trasversale),
- numero fotogrammi per strisciata, numero strisciate,

Dalla quota di volo si determina il valore della **base di presa B** e dell'**interasse fra le strisciate A**

$$B = q \left(1 - \frac{\mu}{100} \right)$$

$$A = q \left(1 - \frac{\varepsilon}{100} \right)$$

inoltre tra intervallo di scatto Δt , base di presa B e velocità dell'aereo v vale la relazione :

$$\Delta t = \frac{B}{v}$$

(deve essere $\Delta t > 2$ sec = tempo per eseguire il ciclo di presa)

esempio: si vuole cartografare un'area di area di 10Km x 5Km in scala 1:2000 , calcoliamo il numero di strisciate e il numero di fotogrammi per strisciata necessari (con ricoprimenti pari a : $\mu = 60\%$, $\varepsilon = 20\%$)

$$L_1 = 10 \text{ Km} \quad L_2 = 5 \text{ Km}$$

$$m_c = 2000 \rightarrow m_b = 8000 \rightarrow q = 1680 \text{ m}$$

$$n_{\text{fot}} = \text{int} \left[\frac{L_1}{0.4q} + 1 \right] + 1 = 16$$

$$n_{\text{stt}} = \text{int} \left[\frac{L_2}{0.8q} \right] + 1 = 4$$