

### 3.8 Piano di volo

In fotogrammetria aerea ci si trova sempre nel caso pseudo-nadirale (Figura 2.6-1); il caso rigorosamente nadirale non è ottenibile in pratica. Gli scostamenti dei singoli fotogrammi dall'assetto nadirale non superano, di solito,  $\Delta\omega = \pm 5$  gon,  $\Delta\phi = \pm 3$  gon e  $\Delta\kappa = \pm 15$  gon. Si ammette, di solito, una tolleranza in quota di  $\pm 2\%$ . La rotta dell'aereo, con navigazione a vista e buone informazioni di navigazione, può essere mantenuta entro  $\pm 1$  cm sul fotogramma.

Supponendo che il terreno sia perfettamente pianeggiante, in Figura 3.8-1 sono evidenziate le semplici relazioni geometriche necessarie per definire il piano di volo.

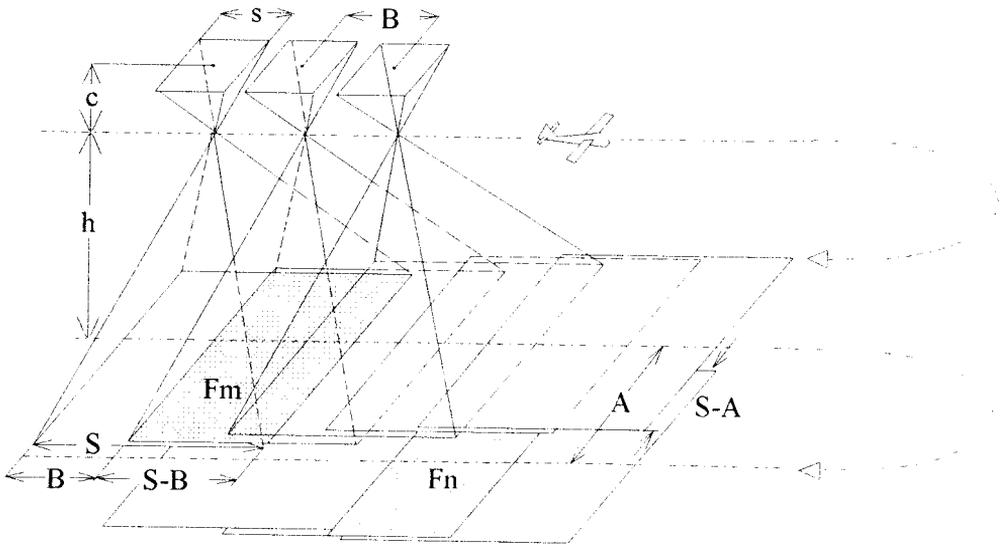


Figura 3.8-1: Geometria del piano di volo per terreno pianeggiante (da Albertz & Kreiling, Photogrammetric Guide)

$A$  = Distanza fra gli assi di volo  
 $B$  = Base  
 $c$  = Distanza principale  
 $s$  = Lato dell'immagine (al bordo)  
 $h$  = Quota relativa di volo  
 $Z$  = Quota media del terreno

$Z_0$  = Quota assoluta di volo  
 $v$  = Velocità dell'aereo al suolo  
 $L$  = Lunghezza della strisciata e del blocco  
 $Q$  = Larghezza del blocco

Si ricavano facilmente le relazioni seguenti:

Scala fotogramma	$m_b = h / c$
Lato del fotogramma sul terreno	$S = s \cdot m_b$
Base sul fotogramma	$b = B / m_b$
Quota relativa di volo	$h = c \cdot m_b$
Quota assoluta di volo	$Z_0 = h + Z$
Ricoprimento longitudinale (%)	$l = \frac{S - B}{S} \cdot 100 = \left(1 - \frac{B}{S}\right) \cdot 100$
Ricoprimento trasversale (%)	$q = \frac{S - A}{S} \cdot 100 = \left(1 - \frac{A}{S}\right) \cdot 100$
Area ricoperta da un fotogramma	$F_b = S^2 = s^2 \cdot m_b^2$
Base per un ricoprimento $l$ %	$B = S \cdot \left(1 - \frac{l}{100}\right)$
Interasse fra strisciate per ricopr. trasv. $q$ %	$A = S \cdot \left(1 - \frac{q}{100}\right)$
N. di modelli per strisciata <sup>31</sup>	$n_m = \left[\frac{L}{B} + 1\right]$
N. di fotogrammi per strisciata	$n_b = n_m + 1$
N. di strisciate per blocco <sup>31</sup>	$n_s = \left[\frac{Q}{A} + 1\right]$
Area coperta da un modello	$F_n = (S - B) \cdot S$
Incremento di area utile per modello	$F'_n = A \cdot B$
Intervallo di scatto	$\Delta t [s] = \frac{B[m]}{v[m/s]} \geq 2.0 \quad (\text{v. 3.7.2})$

<sup>31</sup> [ ] = numero intero arrotondato al valore superiore

Per il ricoprimento longitudinale  $l$  e per quello trasversale  $q$  si assumono, di solito, i valori 60% e 30% rispettivamente. Un ricoprimento trasversale del 30% consente:

- Errori nel mantenimento della rotta dell'aereo lungo l'asse della strisciata ( $\sim \pm 200$  m)
- Variazioni imprevedibili della quota di volo e della quota del terreno
- Variazioni nell'assetto trasversale  $\Delta\omega$  ( $\sim \pm 5$  gon)
- Deriva residua, non corretta ( $\sim \pm 3$  gon)
- Variazioni di sbandamento  $\kappa$  ( $\sim \pm 3$  gon)
- Piccole variazioni di quota del terreno
- Schiarimento dell'immagine ai bordi, durante il controllo elettronico del contrasto, che rende impossibile l'osservazione stereoscopica fino ai bordi stessi.

Perciò resta un ricoprimento stereoscopico utile, fra strisciate contigue, di circa il 10%, che consente di individuare punti di legame trasversale e di restituire la cartografia senza interruzioni.

Nella pratica del linguaggio aeronautico, si suole esprimere la velocità di volo in "nodi" (miglia nautiche/ora). La relazione rigorosa per trasformare nodi in m/s o km/h è:

$$1 \text{ nodo} = 0.515 \text{ m/s} = 1.852 \text{ km/h}$$

ma spesso la si può sostituire con espressioni approssimate, utili per il calcolo a mente:

$$v[m/s] = \frac{v[nodi]}{2} = v[km/h] \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) \cdot \frac{1}{4} \quad (3.8-2)$$

Per le relazioni fra scala fotogramma e scala carta, vedi Equazione (4.4-5)

Il piano di volo è strettamente legato al progetto dell'intero lavoro. In particolare bisogna tener conto di quanto segue:

- I limiti di prestazioni dell'aereo (Capitolo 3.9)

- Le caratteristiche dello strumento restitutore che si utilizzerà (Capitolo 4.3.10)
- Il tipo di prodotto: carta al tratto (Capitolo 4.5.3) o carta fotografica (Capitolo 6)
- La morfologia del terreno (Capitolo (4.2.3.4)
- Il taglio dei fogli della carta da produrre
- Le precisioni richieste (Capitoli 4.4.1, 6.2.4 e 6.3.3.2)

Per ottenere che un foglio di cartografia sia compreso entro un fotogramma o entro una strisciata, si possono adottare due metodi: **fotogrammi singoli perfettamente centrati**, oppure **forte ricoprimento**. Per ottenere fotogrammi esattamente nelle posizioni volute, è necessario disporre di dati di navigazione molto affidabili. In questo caso, può essere di grande aiuto un sistema GPS. Se si adotta il metodo del forte ricoprimento, il valore solitamente usato è il 90%: in seguito si scelgono i fotogrammi meglio centrati e le relative coppie stereoscopiche.

Parte del piano di volo è il **piano di navigazione**, ossia lo schema delle rotte e delle quote, riportato su un supporto che può essere o un fotogramma aereo ingrandito o, meglio, una buona carta topografica. In esso si evidenziano:

- L'area da cartografare, che deve essere assolutamente ricoperta da fotogrammi stereoscopici
- Tutti gli eventuali ostacoli al volo
- Tutte le aree vincolate, su cui è proibito volare, o permesso solo con precise limitazioni, quali aree militari, aree fuori dai confini nazionali, ecc.

L'area rappresentata nel piano di navigazione deve essere estesa a sufficienza, almeno per 5 km alle due estremità delle strisciate, per permettere le manovre di avvicinamento e di inversione. Queste estensioni, di solito, sono indicate con linee tratteggiate che prolungano le linee continue indicanti gli assi delle strisciate, accompagnate da note sulla quota di volo e sulla rotta (azimut in gradi sessagesimali!). Su un foglio aggiuntivo si indicano, possibilmente per ogni strisciata, le seguenti informazioni: nome del lavoro, scopo, data; scala fotogramma, focale, quota assoluta di volo, ricoprimenti longitudinale e trasversale; lunghezza minima necessaria di pellicola e tipo di emulsione; particolari organizzativi, quali convenzione nella segnalizzazione e codifica dei punti, vicinanza di confini internazionali, volo richiesto solo in condizioni di copertura nuvolosa uniforme, ecc.

**ESERCIZIO 3.8-1:** Prendete una carta topografica, alla scala 1:50000, di una regione montuosa e disegnate i contorni di una strisciata volata in direzione all'incirca perpendicolare all'andamento delle valli e delle creste. Scala fotogramma 1:30000,  $c = 150$  mm. Tracciare poi l'asse di una seconda strisciata, parallela alla prima, che abbia un ricoprimento trasversale minimo del 30%. Disegnare, in colore diverso, i contorni di questa seconda strisciata e, infine, misurare il ricoprimento trasversale massimo fra le due strisciate.

**ESERCIZIO 3.8-2:** Quale ricoprimento longitudinale si ottiene nel fondovalle, volando secondo una rotta che segue l'asse di una vallata a forma di U, quando si impone che il ricoprimento ai bordi della strisciata sia del 60%? La quota di volo relativa al fondovalle è di 1200 m, il punto più alto, fotografato al bordo, ha un dislivello di 400 m rispetto al fondovalle, e la distanza principale è di 152 mm. Come si comportano le linee mobili del cinederivometro relativamente all'immagine di un terreno così accidentato?