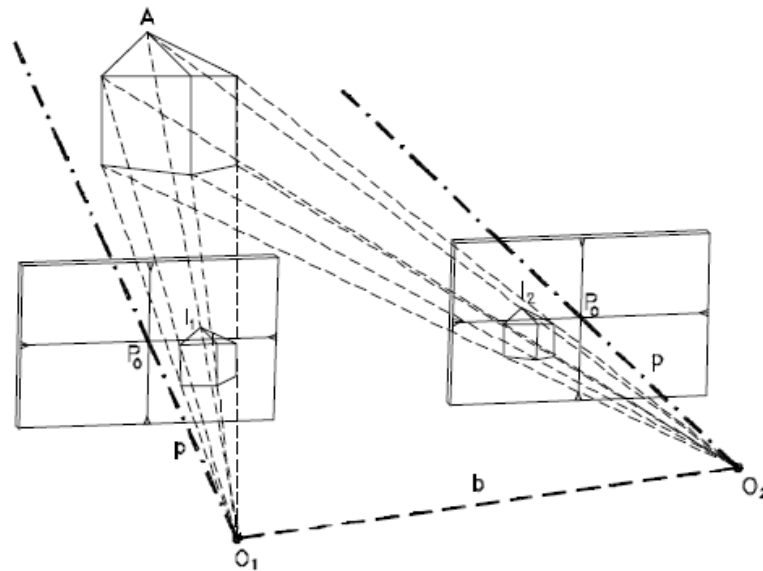
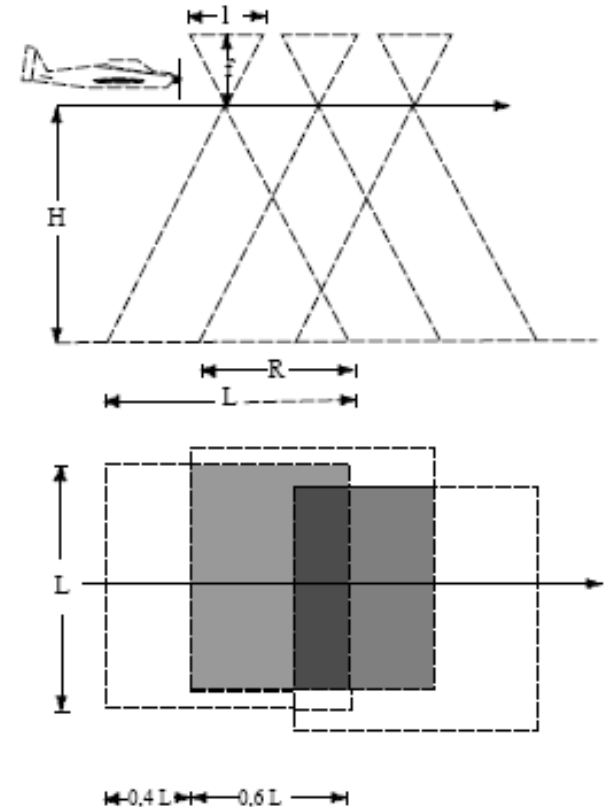


Le prese fotografometriche



La presa fotogrammetrica aerea

L'aereo sorvola il terreno ad una quota relativa H ; vengono riprese delle fotografie del terreno in modo che ogni punto del terreno compaia su due fotografie; ciò si ottiene facendo sì che ogni fotografia ricopra di una certa percentuale la parte di terreno che compare sulla precedente. Nelle figure L è il lato della zona di terreno (all'incirca quadrata) ripresa sul fotogramma; R è il ricoprimento longitudinale che dipende dall'orografia del terreno; l è il lato del fotogramma (23 cm); f è la focale della camera di ripresa.



La presa fotogrammetrica aerea

L'aereo sorvola il terreno eseguendo delle *strisciate* di fotogrammi. L'interasse i tra due strisciate viene scelto in modo che le strisciate si ricoprano per il 20% ($r =$ ricoprimento trasversale) questo sempre per garantire la totale copertura fotografica del terreno da cartografare.

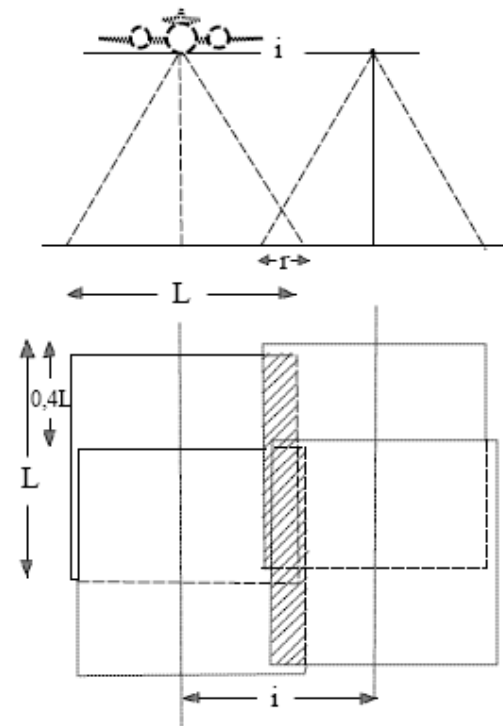
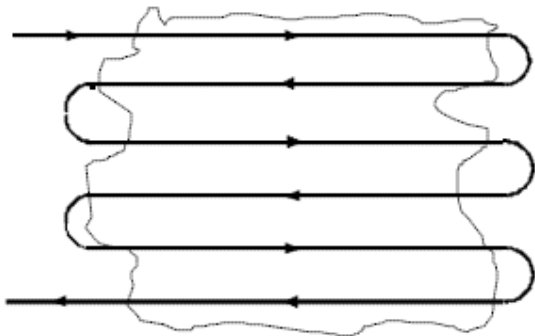


figura 12.b.

La presa aerea

Osservando un fotogramma aereo nadirale e considerando come giacenti in piani orizzontali e paralleli sia il terreno che il fotogramma, il fascio dei raggi ottici che convergono nell'obiettivo dà luogo alla relazione di similitudine:

$$\frac{c}{H} = \frac{l}{L}$$

Dividendo il primo membro per c si ottiene una frazione di numeratore pari a 1 che rappresenta la scala del fotogramma.

$$1:(H/c)=1:S$$

S è il denominatore della scala del fotogramma

$$S=H/c$$

Esempio:

c=150 mm; H= 600 m

600/0.150= 4000

Scala fotogramma 1:4000

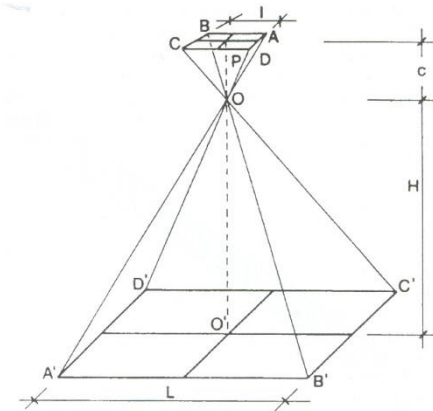


Fig. 2.50 – Superficie coperta da un fotogramma.

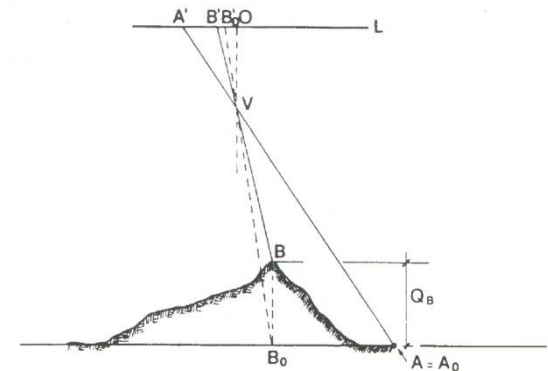


Fig. 2.51 – Influenza dell'altimetria sulla posizione del punto immagine.

L'immagine del terreno ripresa ha una **scala media** che dipende dalla distanza principale della camera da presa e dalla quota di volo; detta Q la quota di volo assoluta e q la quota media del terreno, entrambe espresse in metri, e assunta pari a 0,150 m la focale della camera da presa, la scala media del fotogramma risulta dalla relazione:

$$\mathbf{1/S=0.150/(Q - q)}$$

Si parla di **scala media di un fotogramma** e non semplicemente di scala poiché la scala alla quale il terreno è rappresentato può variare all'interno di un unico fotogramma. Si consideri infatti il caso in cui la porzione di terreno fotografata comprenda una valle incassata tra due pareti; il fondo valle sarà la zona di terreno più lontana dalla macchina da presa, e quindi la sua immagine sarà a scala più piccola delle creste dei monti che delimitano la valle, le quali, trovandosi a quota maggiore, saranno più vicine alla camera da presa e saranno pertanto a scala maggiore.

Se, ad esempio, la quota di volo assoluta Q è di 2500 metri, il fondovalle è a quota 500 metri e le creste dei monti che delimitano la valle sono a 1300 metri, si avrà per il fondovalle la seguente scala:

$$\mathbf{1/S=0.150/(2500 - 500)=1/13000}$$

mentre per le creste dei monti si avrà:

$$\mathbf{1/S=0.150/(2500 - 1300)=1/8000}$$

Relazione tra scala fotogramma e scala di restituzione della carta

Sperimentalmente sono state trovate delle relazioni tra la scala media del fotogramma e la scala della carta dipendenti dalla limitazione imposta agli errori altimetrici:

Scala carta	Rapporto	Scala fotogramma
1:1000/1:2000	4-5	1:4000/1:8000
1:5000	3	1:15000
<1:5000	2	1:20000

Relazione empirica tra scala fotogramma e scala di restituzione della carta

La scala di restituzione può essere calcolata attraverso la relazione empirica che mette in relazione la scala della carta con quella dei fotogrammi:

$$S_f = k\sqrt{(S_c)}$$

dove k è un coefficiente che dipende dalla precisione dello strumento restitutore che si utilizza:

200 per restitutori di bassa precisione

250 per restitutori di elevata precisione

Questa formula cade in difetto per le grandissime scale 1:1000 e 1:2000 per le quali occorre usare k pari a 100-200

Sovrapposizione longitudinale

La restituzione fotogrammetrica di un oggetto 3D è possibile solo se si dispone di una coppia di fotogrammi stereoscopici, ciò implica che tra i due fotogrammi successivi vi sia una sovrapposizione longitudinale. Questa dipende dalla morfologia del terreno e varia nel seguente modo:

- **Per terreni piani 55%**
- **Per terreni poco mossi ($\Delta Q \leq 20\%H$) 60% ÷ 65 %**
- **Per terreni accidentati 70% ÷ 80 %**

La sovrapposizione longitudinale la si ottiene scattando i fotogrammi a opportuni intervalli calcolati in base alla velocità nota dell'aereo e alla percentuale di ricoprimento voluta.

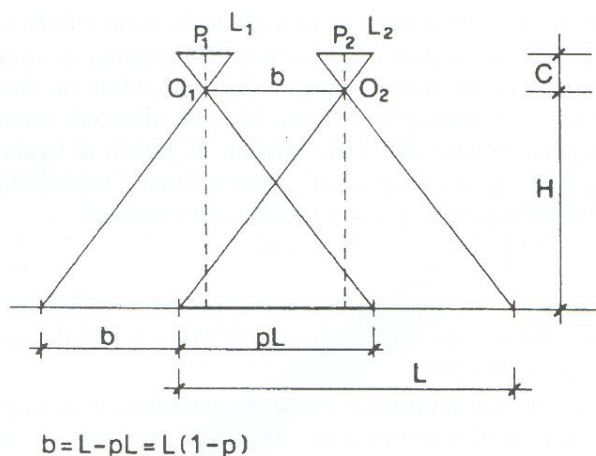


Fig. 2.53 – Ricoprimento fra due fotogrammi e base di presa.

p sovrapposizione longitudinale

b base di presa

Ma b è uguale anche a vt (velocità aereo costante, t tempo di scatto).

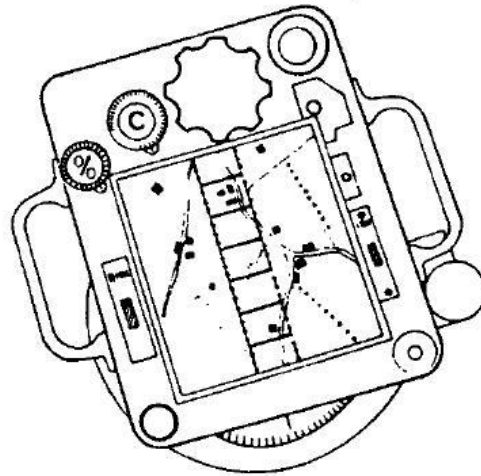
$$b = vt = L - pL = L(1-p)$$

da cui
$$t = \frac{L}{v}(1-p)$$

in luogo di L poniamo $L = \frac{l}{c}H$
e otteniamo

$$t = \frac{l.H}{c.v}(1-p)$$

Il calcolo del tempo di scatto t viene eseguito dall'intervalometro strumento connesso con la camera da presa. E' costituito essenzialmente da una camera ad asse verticale il cui obiettivo proietta su un visore l'immagine del terreno sorvolato, insieme all'immagine di una catenella che agisce da indice mobile. Con un motovariatore è possibile variare la velocità dell'indice in modo da renderla uguale alla velocità apparente del terreno; in tali condizioni il calcolatore incorporato settato in funzione del campo della camera e del ricoprimento richiesto, provoca l'apertura dell'otturatore con la cadenza voluta.



Trascinamento dell'immagine

È dovuto all'apertura dell'otturatore che, seppur piccolo, genera nell'immagine un effetto chiamato appunto trascinamento a causa dell'aereo in movimento.

Pertanto il punto A avrà diversi punti immagine presenti nel segmento A'A''. Quindi il punto immagine di A non sarà un punto ma un segmentino $\tau = A'A''$, dai triangoli simili A'A''O₂ e O₁O₂A possiamo scrivere:

$$\frac{\tau}{c} = \frac{\Delta b}{H}$$

$$\tau = \frac{c}{H} \Delta b$$

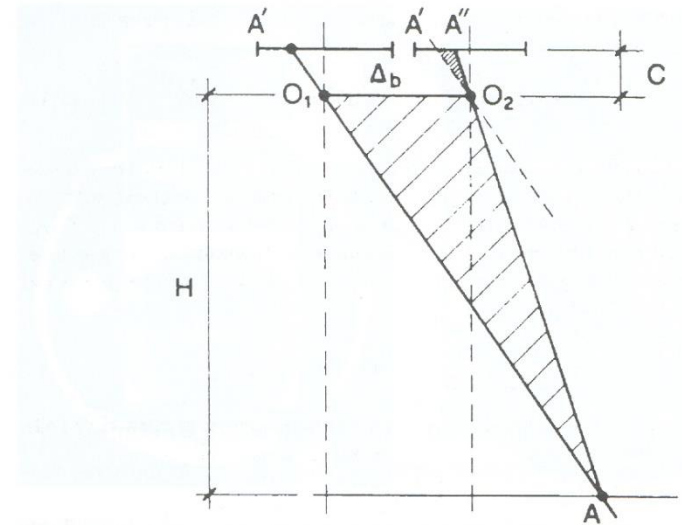


Fig. 2.57 – Effetto del trascinamento.

c/H è la scala del fotogramma, ciò vuol dire che il trascinamento è più pericoloso per grandi scale e quindi per quote basse.

Sperimentalmente si è trovato che il valore effettivo del trascinamento è la metà di quello indicato nella formula, ciò lo riporta compatibile con le dimensioni dei granuli dell'emulsione. Esistono delle camere che compensano l'effetto del trascinamento, traslando la pellicola nella direzione del volo di una quantità pari al trascinamento. Tali dispositivi sono noti come FMC (**Forward Motion Compensation**).

Sovrapposizione trasversale S_y

La sovrapposizione trasversale tra le strisciate deve essere di circa 10 % -30 % questo serve ad evitare buchi nelle strisciate.

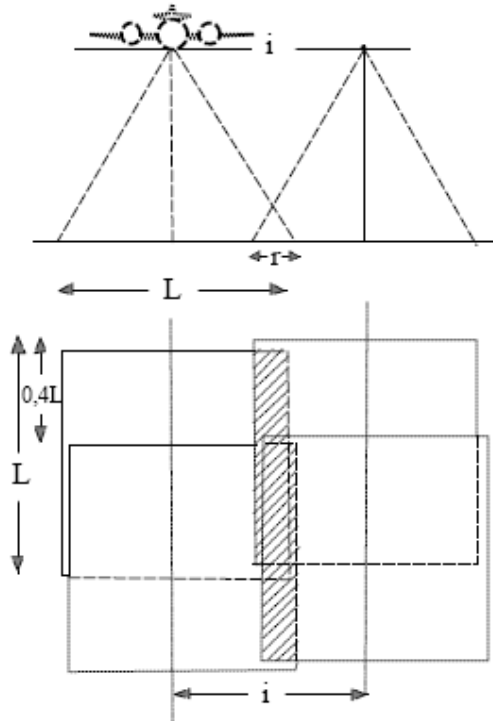


figura 12.b.

L'interasse tra le strisciate sarà dato dalla seguente relazione:

$$i = L(1 - S_y/100)$$

Progetto di volo

Assegnati:

La scala della carta da realizzare
L'estensione dell'area da cartografare

Il progettista fissa:

La scala dei fotogrammi
Il ricoprimento longitudinale S_x e trasversale S_y
Il tipo di camera (focale)

Si determinano:

La quota assoluta e relativa di volo
La direzione delle strisciate
Il ricoprimento longitudinale S_x e trasversale S_y
La base di presa
Il numero di strisciate
Il numero di fotogrammi per ciascuna strisciata

Tab. 2.6 - Tabella dei dati di una presa aerea secondo le norme della CGI

			Note
Scala della carta	$\frac{1}{5.000}$	$\frac{1}{10.000}$	$\frac{1}{n}$
1. Quota relativa di volo	m 2.000	3.000	H
2. Scala media dei fotogrammi	$\frac{1}{13.0000}$	$\frac{1}{20.000}$	$\frac{1}{nf} = \frac{c}{H}$
3. Dimensione del lato L del quadrato di terreno, fotografato in un singolo fotogramma di formato l	m 3.000	4.600	$L = nf \cdot l = \frac{2}{c} \cong 1,5 L$
4. Superficie del terreno compreso in un fotogramma	ha 900	2.100	L^2
5. Ricoprimento longitudinale	60%	60%	p
6. Ricoprimento trasversale	20%	20%	
7. Base di presa (b)	m 1.200	1.850	$b = L - pL = (1 - p) L = 0,4 \cong 1,2 H$
8. Intervallo laterale (tra gli assi di strisciate contigue) (i)	m 2.400		$i = L - pL = (1 - p) L = 0,8 L = 1,2 H$
9. Superficie della zona relativa a un modello (S)	ha 360	850	
Superficie utile (0,75S)	ha 270	640	
10. Numero di fotogrammi necessari per coprire 100 km ²	35	15	$N = \frac{100}{b \cdot i}$
11. Dimensione lineare del più piccolo particolare riconoscibile nel fotogramma	m 0,30	0,50	
12. Precisione della determinazione della quota di un punto (s.q.m. di restituzione di una quota)	$m \pm 0,30$	$\pm 0,45$	
13. Precisione della determinazione planimetrica di un punto (s.q.m. di restituzione della posizione planimetrica)	$m \pm 0,20$	$\pm 0,35$	

1. Per S_f considerare i noti rapporti tra scala carta e scala fotogrammi

2. $H=c/S_f$

3. $L = u \cdot S_f$

4. $A_f = L \cdot L$

5. Ricoprimento longitudinale S_x sulla base della morfologia del terreno

6. Ricoprimento trasversale S_y

7. $b=L(1- S_x/100)$

8. $i= L(1-S_y/100)$

9. $A_m= (S_x \cdot L) \cdot L$

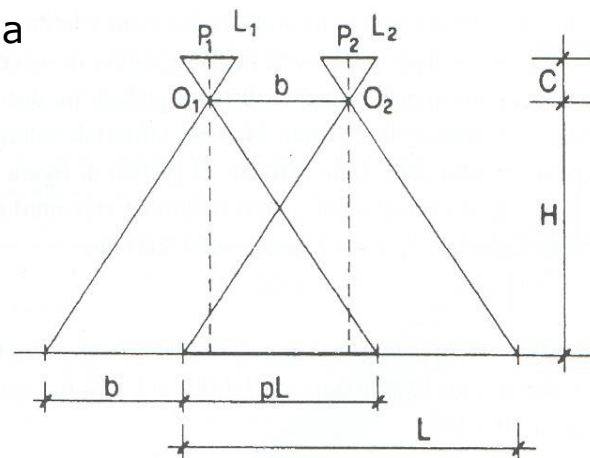
10. $N' = (L'/b)+1$

da ricoprire

11. $N'' = L''/(1-S_y/100) \cdot L$

trasversale da ricoprire

12. $A_{tot} = L' \cdot L''$



$$b = L - pL = L(1 - p)$$

Fig. 2.53 – Ricoprimento fra due fotogrammi e base di presa.

L' dimensione longitudinale

L'' dimensione

Per l'esecuzione di una ripresa aerofotogrammetrica è necessaria :

- l'assenza di nubi, che creano zone cieche se al di sotto della quota di volo, oppure di ombra se al di sopra;
- l'assenza di foschia, che impedisce la navigazione a vista e provoca un decadimento non tollerabile nella qualità dell'immagine fotografica;
- l'assenza di vento forte, che non permette di mantenere l'aereo in assetto di volo regolare;
- un'inclinazione sull'orizzonte dei raggi del sole non inferiore ai 30 ; un'inclinazione inferiore provoca ombre troppo lunghe e troppo intense che ostacolano la corretta interpretazione dei fotogrammi.

Oltre a queste condizioni meteorologiche occorre poi scartare per le zone in pianura il periodo estivo, nel quale la vegetazione è molto sviluppata e copre molti particolari del terreno, e, per quelle di montagna, il periodo dell'innevamento.