



Vittorio Casella

Laboratorio di Geomatica - DIET

Università di Pavia

email: vittorio.casella@unipv.it



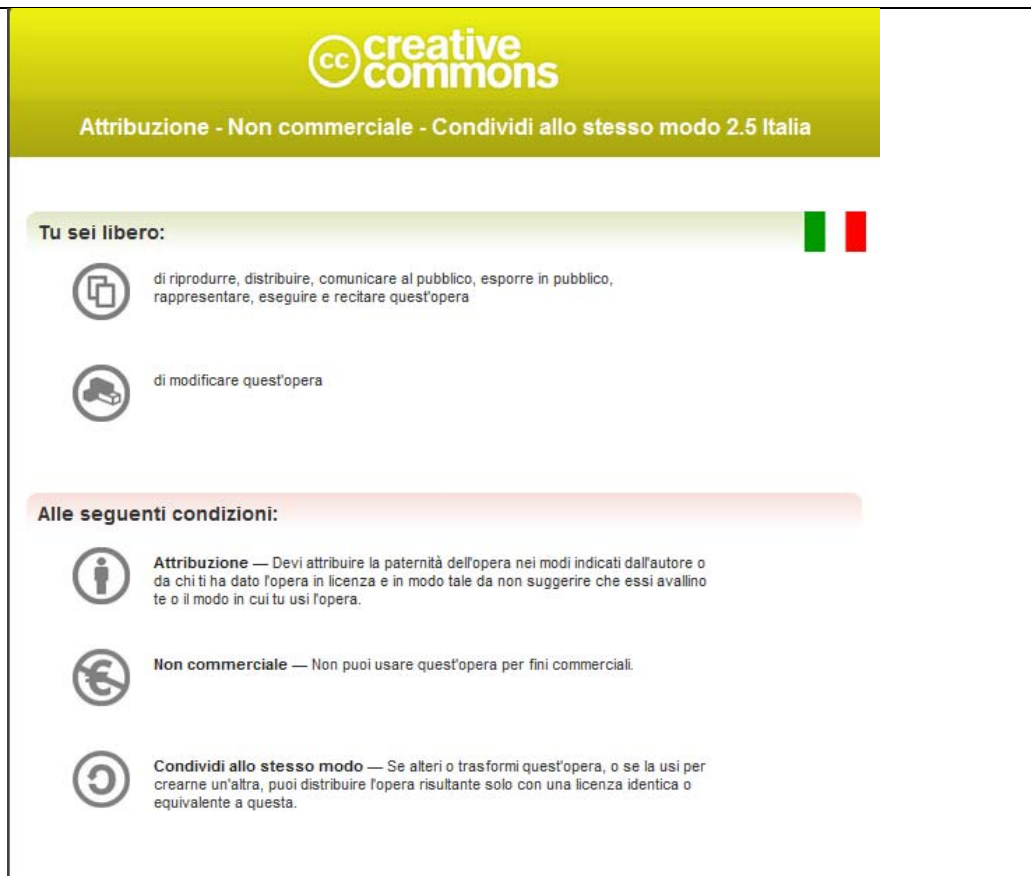
I parametri che caratterizzano un blocco fotogrammetrico

Dispense

Licenza

Questa presentazione è © 2011 Vittorio Casella (vittorio.casella@gmail.com) disponibile nella modalità **creative commons** (www.creativecommons.org)

Se usi figure o parti della presentazione all'interno di tue presentazioni, articoli o altri scritti, devi sempre citarne l'origine.



The image shows the Creative Commons license logo and text. At the top, the Creative Commons logo is displayed in white on a yellow background. Below it, the text "Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia" is written in white on a yellow background. Underneath, there is a green bar with the text "Tu sei libero:" followed by a small Italian flag. Below this, there are three icons representing the freedoms: a document icon for "di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera", a wrench icon for "di modificare quest'opera", and a circular arrow icon for "di condividere quest'opera". Below these, there is a pink bar with the text "Alle seguenti condizioni:". Underneath, there are three icons representing the conditions: a person icon for "Attribuzione", a crossed-out Euro symbol for "Non commerciale", and a circular arrow icon for "Condividi allo stesso modo".

creative commons

Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia

Tu sei libero:

- di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera
- di modificare quest'opera
- di condividere quest'opera

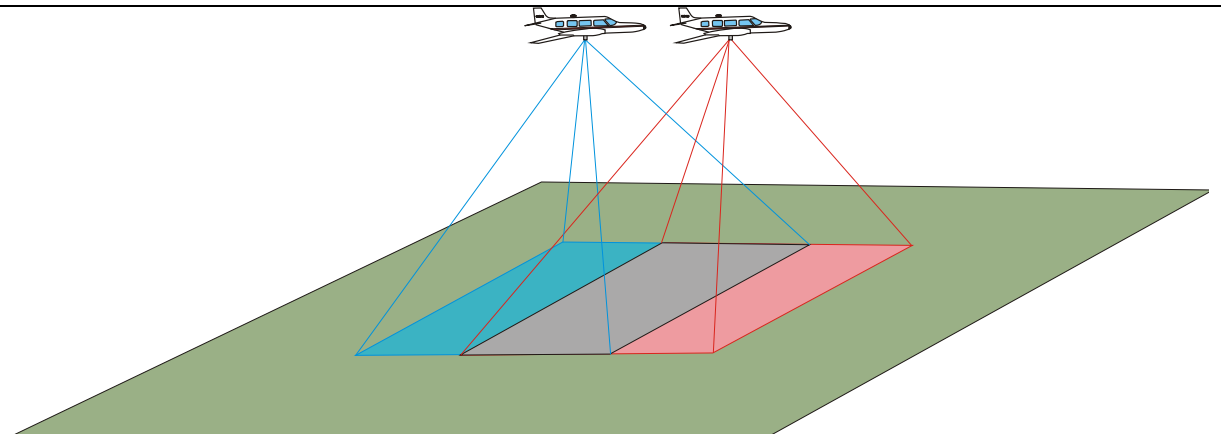
Alle seguenti condizioni:

- Attribuzione** — Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera.
- Non commerciale** — Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.
- Condividi allo stesso modo** — Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica o equivalente a questa.

Introduzione

Il volo fotogrammetrico

Si deve fare in modo che le impronte a terra (proiezione dei bordi del fotogramma sul terreno) di due fotogrammi acquisiti in successione siano sovrapposte longitudinalmente, cioè nel senso della direzione di volo.

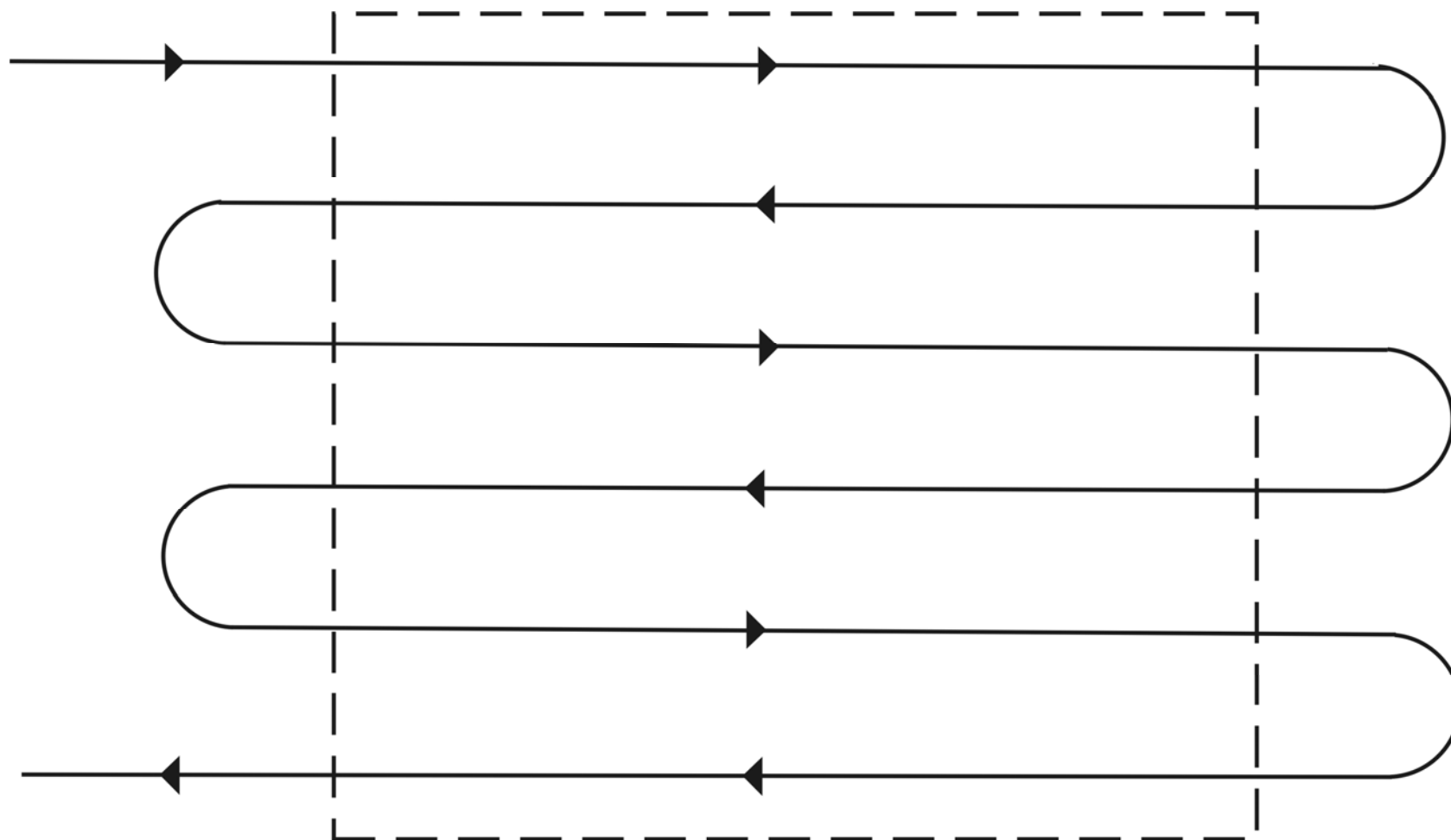


[presa_fotog_con_ricoprimenti.cdr; wmf]

In questo modo si ottiene che la parte di territorio evidenziata in grigio compaia in entrambi i fotogrammi.

Operativamente, si tratta di fissare opportunamente il tempo di scatto fra due fotogrammi successivi.

Blocco e strisciate



[schema_strisciate.cdr,wmf]

I parametri che caratterizzano un blocco fotogrammetrico - 1

Blocco: l'insieme dei fotogrammi acquisiti su un territorio a scopo fotogrammetrico

Strisciata: insieme dei fotogrammi acquisiti nella fase in cui l'aereo percorre una rotta rettilinea. In genere un blocco è costituito da diverse strisciate.

Impronta a terra del fotogramma - L : dimensione dell'impronta a terra del fotogramma: $L = l/n$

Ricoprimento longitudinale - R_l : quantifica la sovrapposizione di due fotogrammi consecutivi appartenenti alla stessa strisciata; misurato come frazione di L , dimensione della proiezione a terra del fotogramma; in genere vale 60%.

Motivo: riprendere tutti i punti del territorio in almeno due fotogrammi; 50% è il minimo, 60% per sicurezza.

I parametri che caratterizzano un blocco fotogrammetrico - 2

Ricoprimento trasversale - R_t : quantifica la sovrapposizione dei fotogrammi appartenenti a due strisciate adiacenti; misurato come frazione di L ; in genere vale 20%.

Motivo: garantire che tutti punti vengano ripresi in almeno una strisciata

Base di presa: distanza fra i centri di presa di due fotogrammi consecutivi appartenenti alla stessa strisciata: $B = (1 - R_l)L$

Interasse: distanza fra gli assi di due strisciate adiacenti: $I = (1 - R_t)L$

Velocità aereo - v : in genere 70/80 m/sec

Intervallo fra due scatti consecutivi: $\Delta t = \frac{B}{v}$

I parametri che caratterizzano un blocco fotogrammetrico - 3

Lunghezza strisciata costituita da n_f fotogrammi

$$\begin{aligned}L_s &= n_f (1 - R_l) L = \\ &= n_f B\end{aligned}$$

Larghezza di un blocco costituito da n_s strisciate

$$\begin{aligned}L_b &= n_s (1 - R_t) L = \\ &= n_s l\end{aligned}$$

Contributo in termini di area di un singolo fotogramma

$$\Delta A = L^2 (1 - R_l)(1 - R_t)$$

I parametri che caratterizzano un blocco fotogrammetrico - 4

Numero indicativo di fotogrammi necessari a coprire un'area

$$n = \frac{A}{L^2 (1 - R_l)(1 - R_t)}$$

Nota bene: il numero effettivo dei fotogrammi dipende dalla forma del territorio da sorvolare e anche dai margini di sicurezza con cui si pianifica il volo.

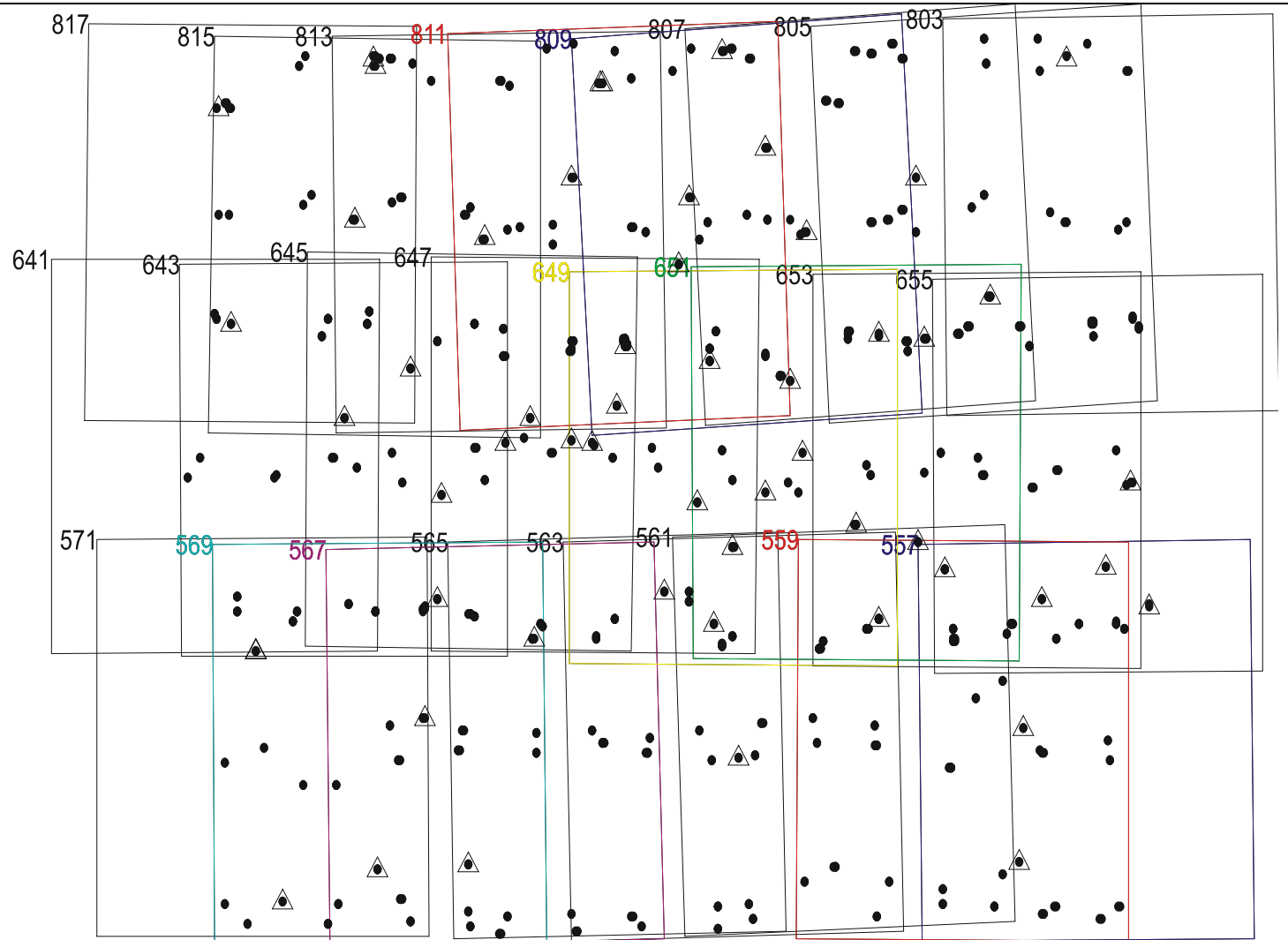
Velocità media dell'aereo, v ; in genere, 70/80 m/sec

Intervallo fra due scatti, Δt

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

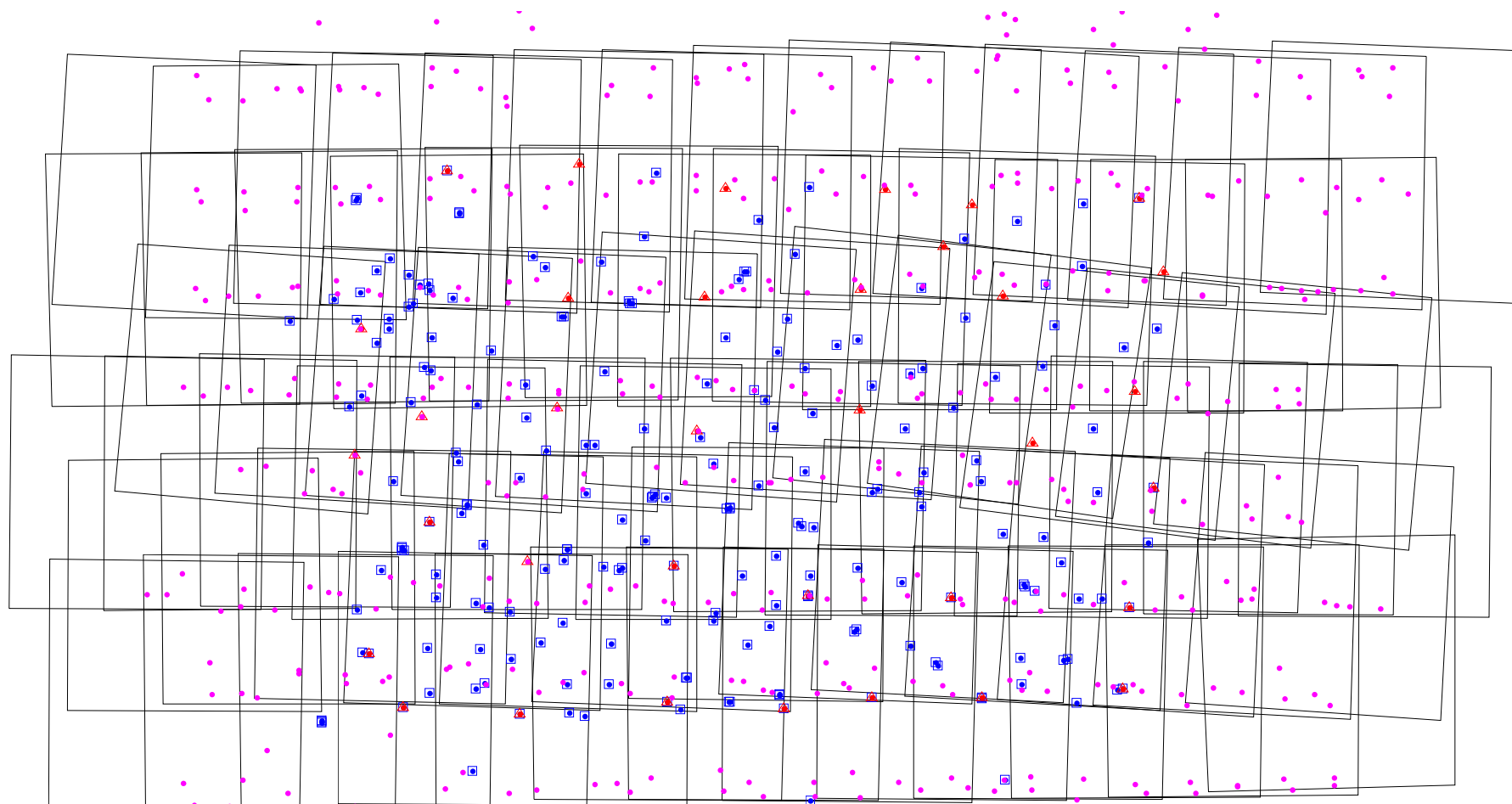
Esempio di blocco

Esempio di piccolo blocco fotogrammetrico. Sono visibili le strisciate, i singoli fotogrammi, i ricoprimenti longitudinale e trasversale, i punti di appoggio (i triangoli) e i punti di legame (punti).



Nome del blocco?

Esempio di blocco alla scala 1:8000



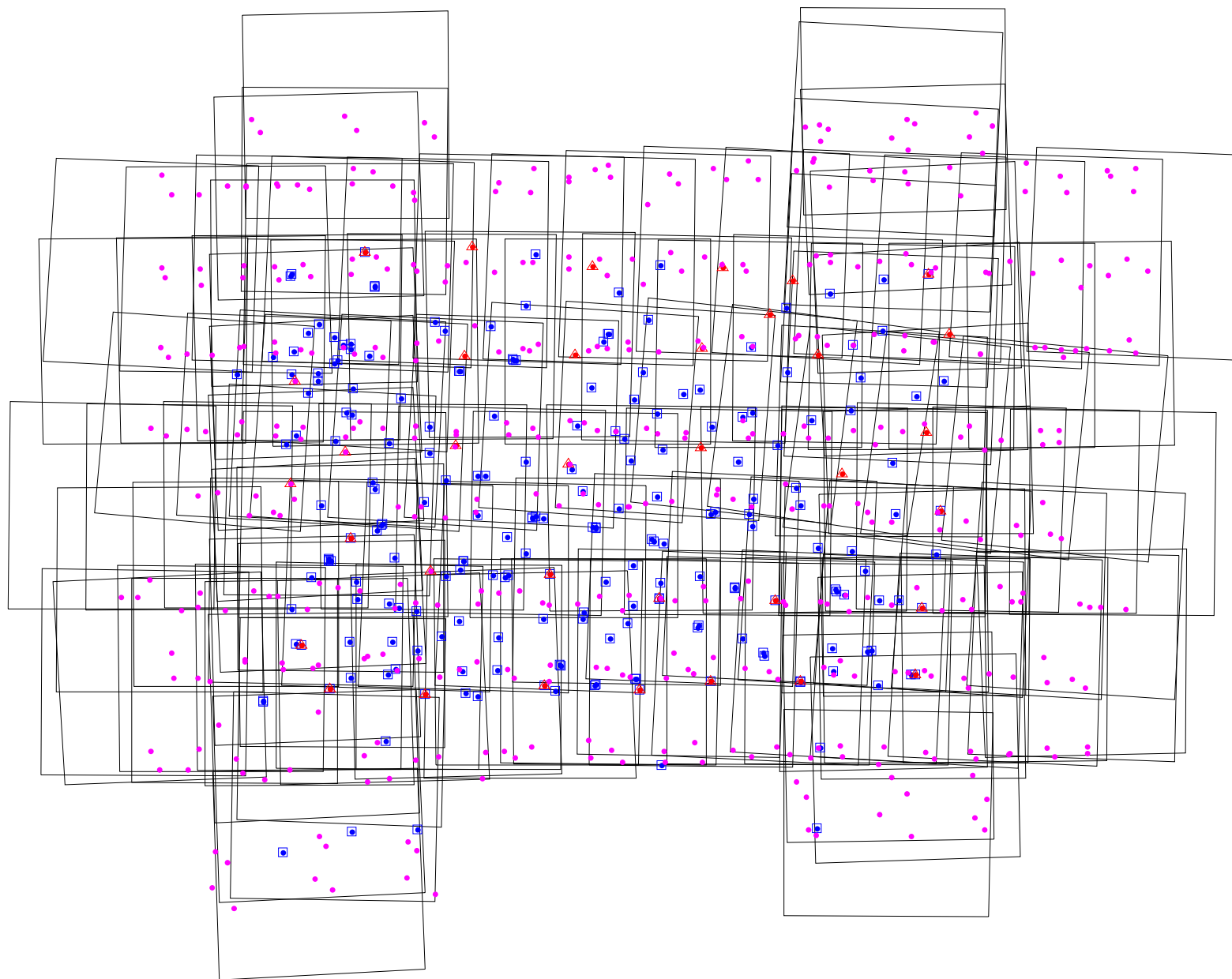
Camera Leica RC30; altezza relativa volo 1200 m; scala dei fotogrammi 1:8000.

[blocco_8000.emf]

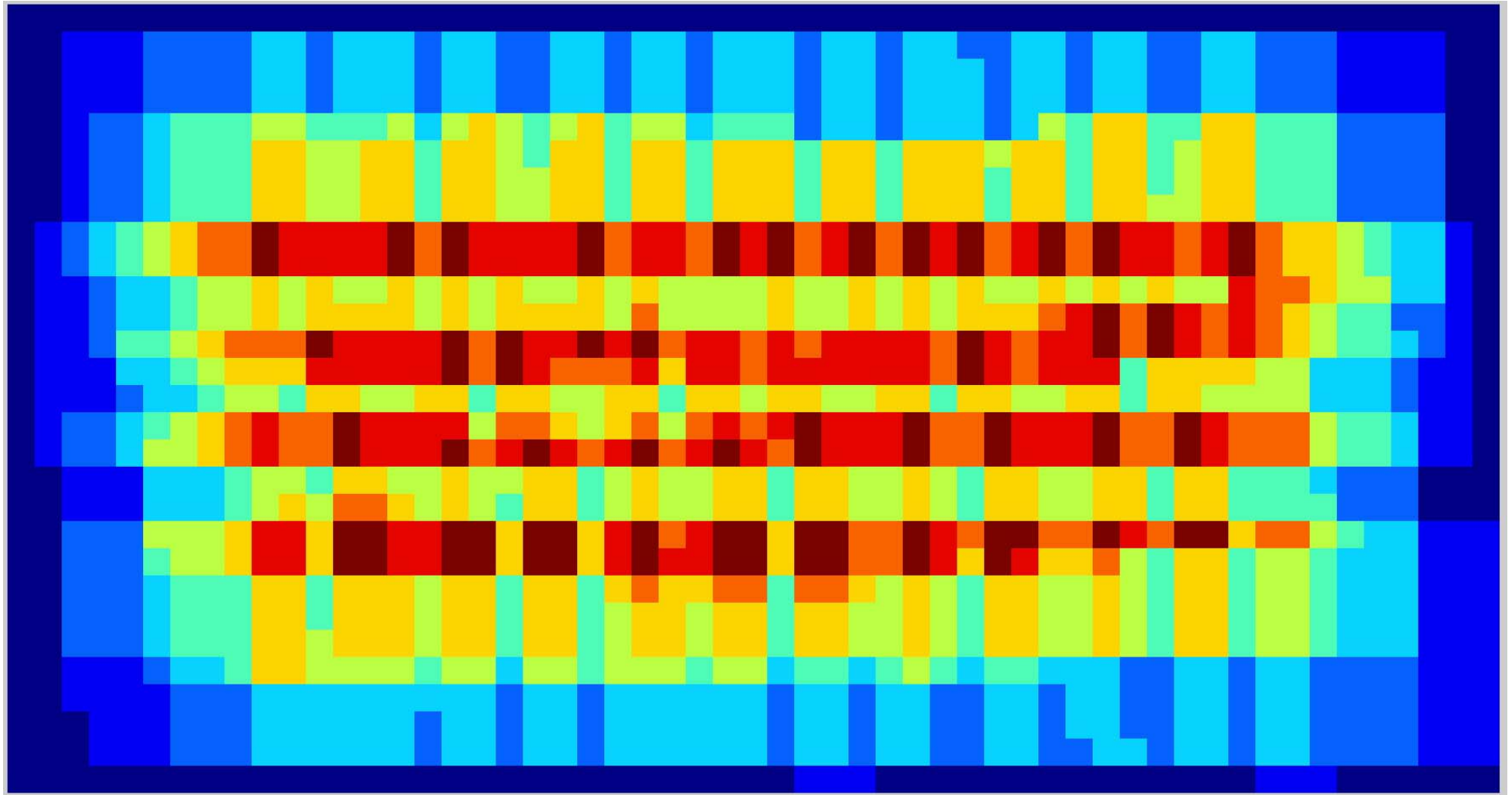
Blocco volo scala 1:8000

Lo stesso blocco,
ma completo delle
strisciate *cross*,
usate soprattutto
per scopi di ricer-
ca.

[bloc-
co_8000_all.emf]



Molteplicità dei punti



[molteplcita.jpg]

Impronta a terra e scala media dei fotogrammi – 1

Dimensione dell'immagine: l

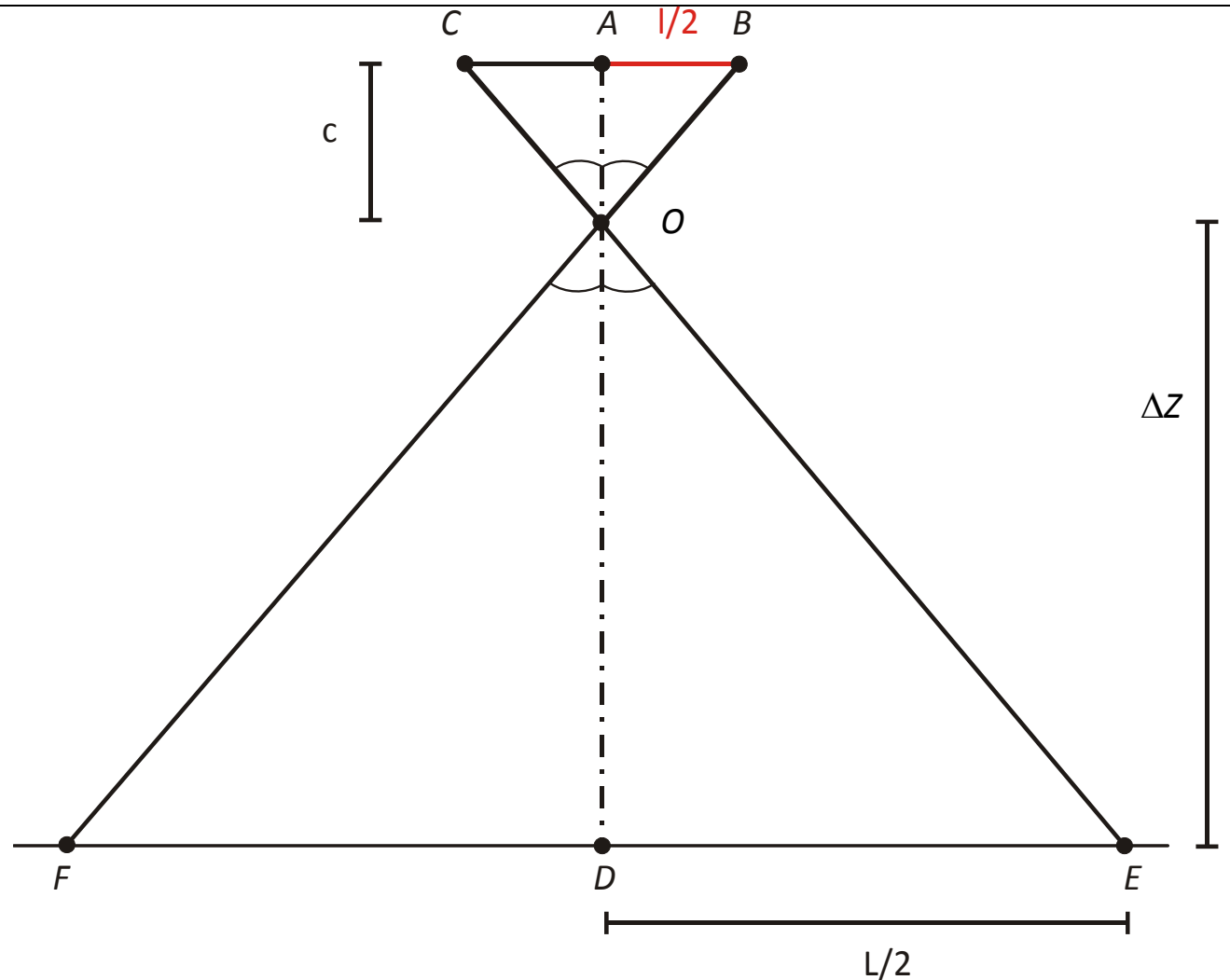
Dimensione della proiezione a terra dell'immagine (impronta o footprint): L

Lunghezza focale: c (in genere 150 mm o 300 mm)

Altezza di volo media (**altezza relativa**): ΔZ

Proporzione fra triangoli

$$\frac{l}{L} = \frac{c}{\Delta Z}$$



[rapporto_scala_fotogramma.cdr, wmf]

Impronta a terra e scala media dei fotogrammi - 2

Ma l/L è il rapporto di scala medio del fotogramma

$$\frac{1}{n} = \frac{l}{L} = \frac{c}{\Delta Z}$$

Fattore di scala medio: $n = \frac{\Delta Z}{c}$; comanda la precisione

Dimensione del fotogramma: $l = 230$ mm

Dimensione dell'impronta del fotogramma sul terreno: $L = ln = l \frac{\Delta Z}{c}$

Rapporto di scala ha un duplice significato:

- rapporto fra dimensione del fotogramma e sua impronta a terra
- rapporto fra la dimensione che un certo oggetto ha nella realtà e la dimensione che la sua immagine ha sul fotogramma

Impronta a terra e scala media dei fotogrammi – 3

Che cos'è la dimensione dell'immagine?

Se l'immagine è stampata (fotografia analogica) si potrebbe pensare che la dimensione dell'immagine sia la dimensione della stampa dell'immagine. Ciò non è del tutto vero perché, durante la stampa delle fotografie, si possono operare ingrandimenti e riduzioni.

Se l'immagine è digitale, qual è la sua dimensione?

Risposta: la dimensione / considerata è quella dell'immagine che si è formata sul piano focale, indipendentemente dal sensore con cui è stata registrata (pellicola o sensore digitale CCD).

Si ricorda inoltre che il fotogrammetria non si effettuano ingrandimenti, cioè le immagini analogiche, vengono stampate al rapporto di scala 1:1: i negativi hanno dimensione 23x23 cm e così anche per le diapositive e le positive.

Impronta a terra e scala media dei fotogrammi - 4

In generale, per i fotogrammi aerei analogici, si ha una dimensione del fotogramma $l = 230$ mm; le formule presentate hanno tuttavia, evidentemente, valore generale

Il terreno non ha in genere una altezza costante. Conseguenze:

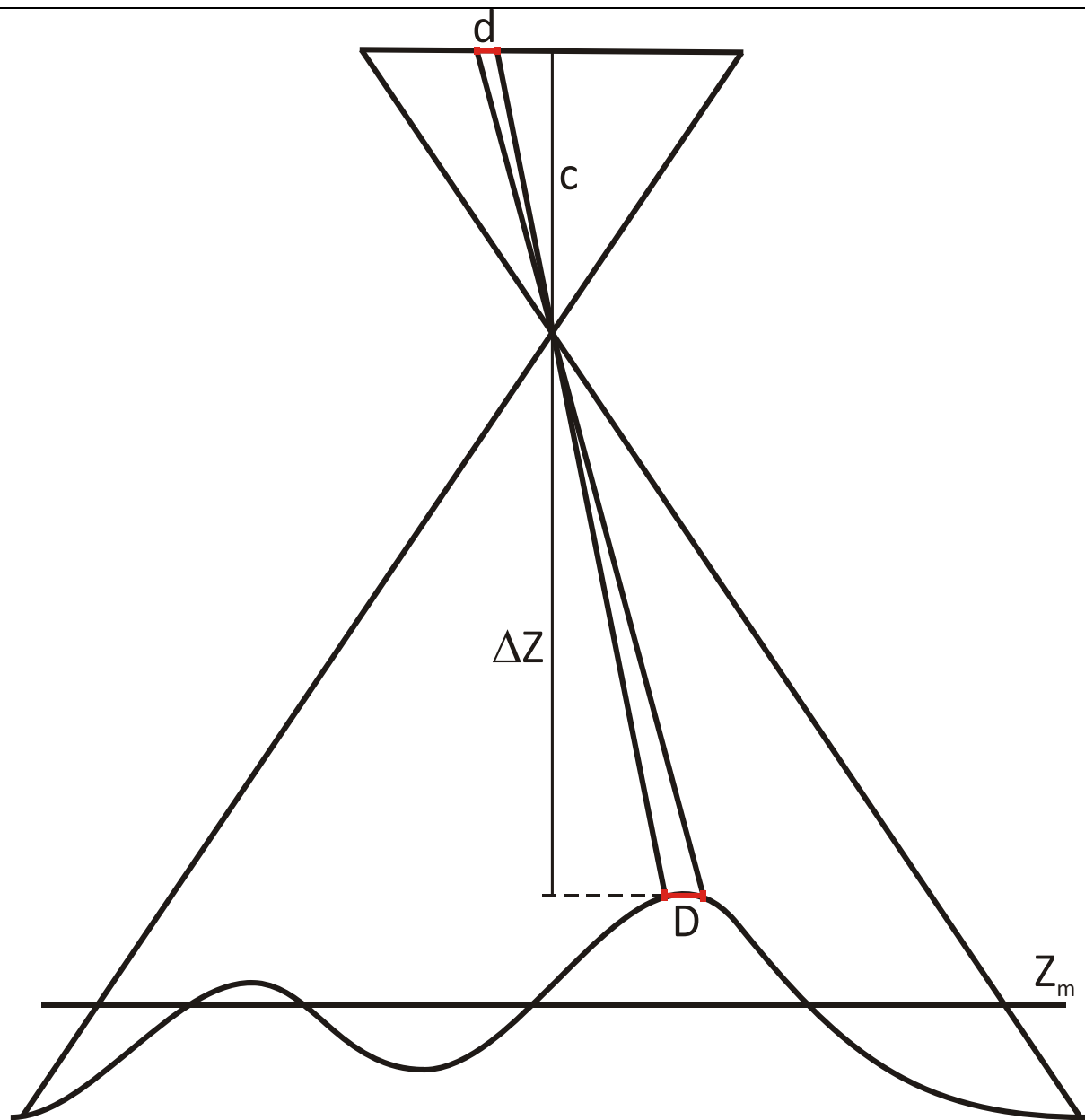
- oggetti diversi vengono proiettati sull'immagine con rapporti di scala diversi, a seconda della loro altezza: rapporto di scala funzione del posto
- si può parlare di scala del fotogramma?

In generale il range in Z del terreno è piccolo rispetto all'altezza di volo relativa. Dunque ha senso parlare di altezza media del terreno e di altezza di volo media, riferita alla quota media del terreno, e anche di scala media del fotogramma

Impronta a terra e scala media dei fotogrammi – 5

Visualizzazione del rapporto di
scala funzione del posto

[scala_fotogramma_funzione_posto.cdr;
wmf]



Esempi sulla dimensione a terra

Impronta a terra del fotogramma a varie altezze relative di volo. I parametri usati sono:

$$c = 150 \text{ mm}$$

$$l = 230 \text{ mm}$$

Altezza volo [m]	Fattore scala fotogramma	Impronta a terra [m]
750	5000	1150
1200	8000	1840
1950	13000	2990
2700	18000	4140
4500	30000	6900
6000	40000	9200

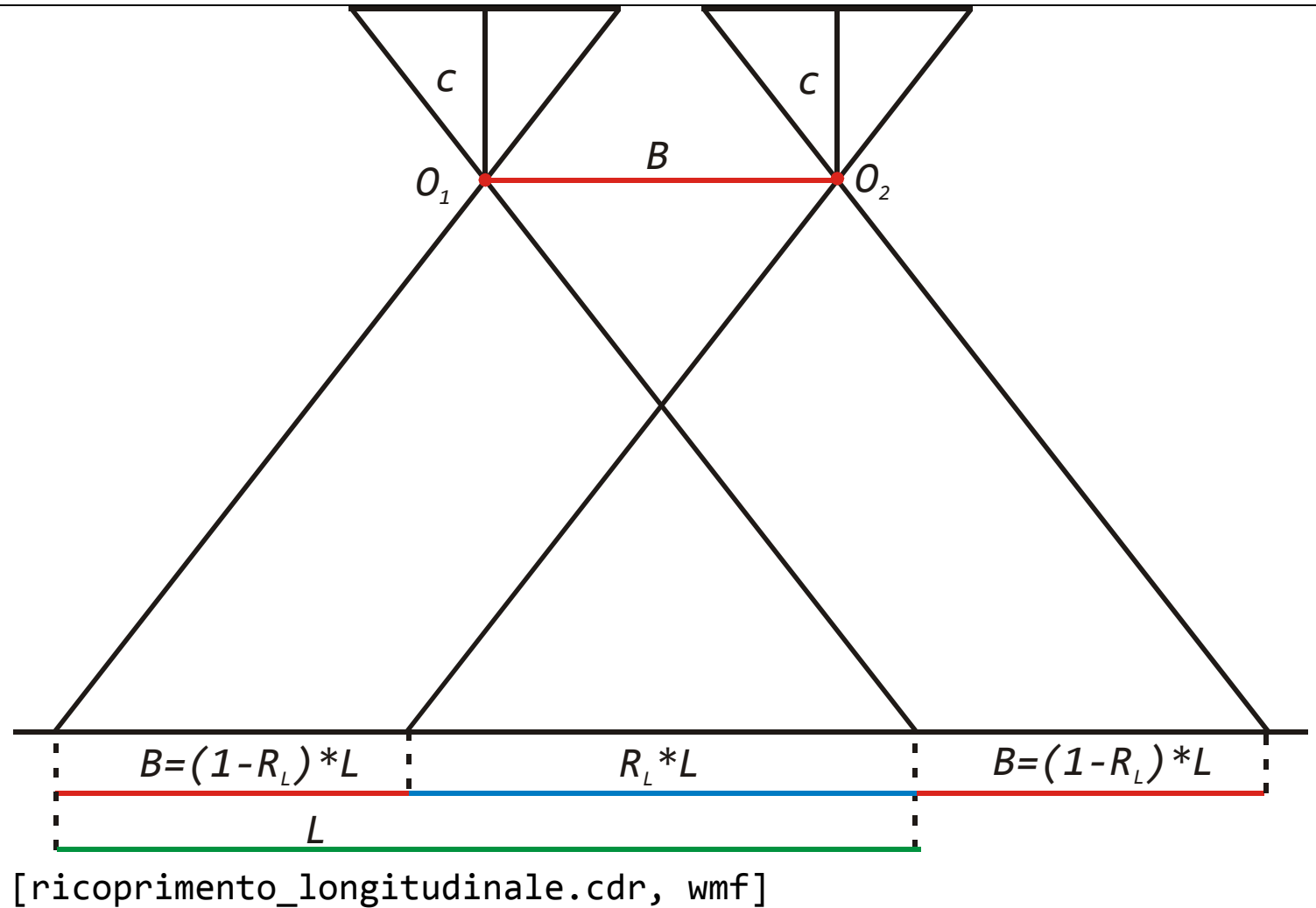
[esempi_geometria_blocco.xlsx]

Esempi sulla dimensione a terra - 2

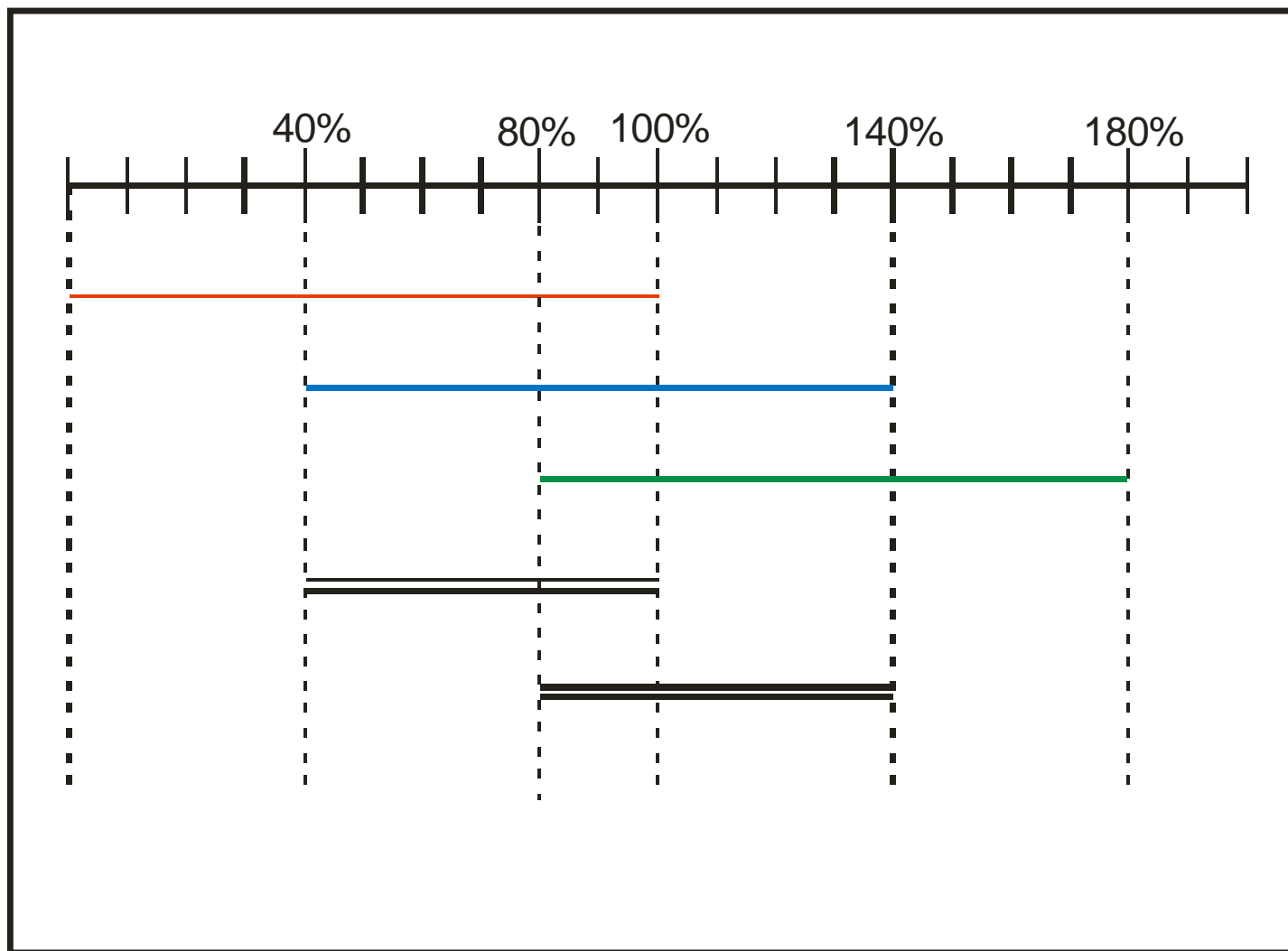
Si usano anche altri valori di lunghezza focale. Uno molto usato è $c=300$ mm.

Ricoprimento longitudinale e base di presa

Illustrazione di basi di presa B , zona di ricoprimento e zona di non ricoprimento.



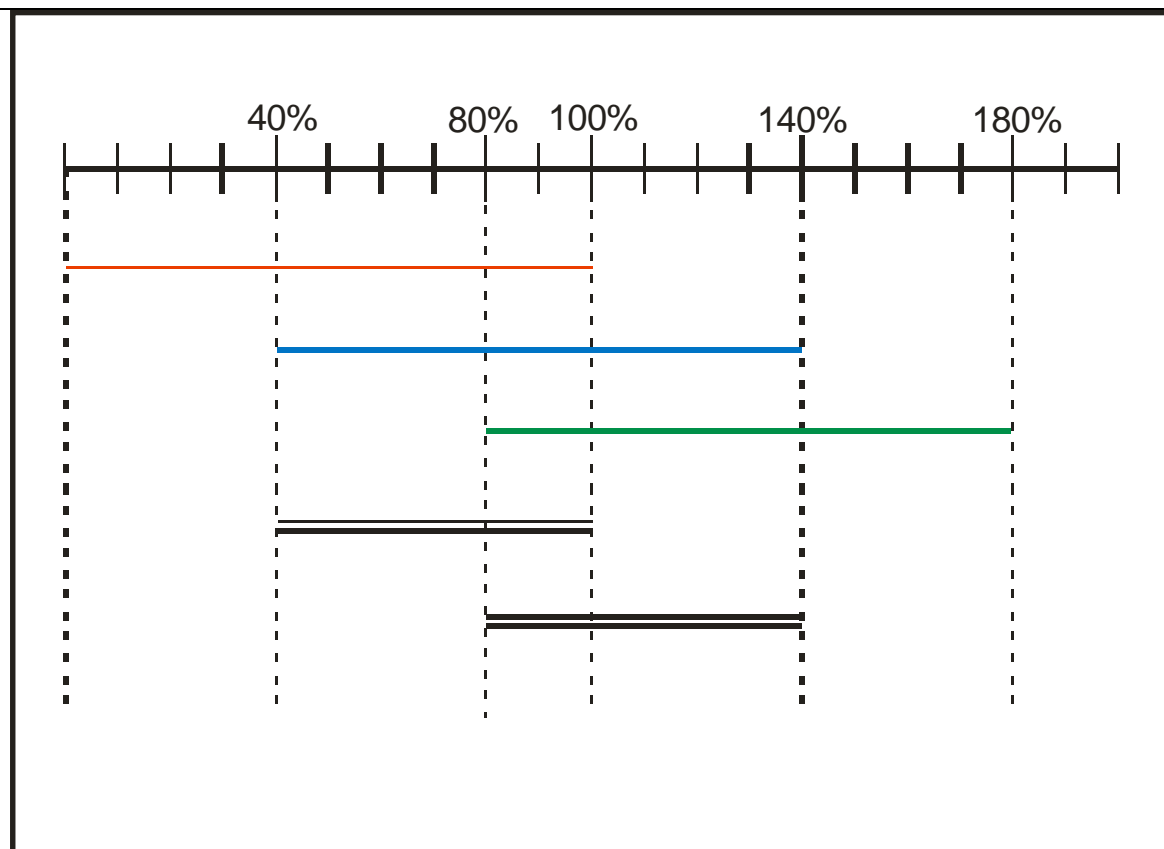
Come si compongono i fotogrammi



[computo_ricoprimenti.cdr, wmf]

Come si compongono i fotogrammi – 2

Le zone del modello, quelle in cui i due fotogrammi si sovrappongono, si sovrappongono a loro volta. Con un ricoprimento 60% si ha una sovrapposizione fra modelli consecutivi del 20%: i punti appartenenti a quelle regioni sono visibili in tre fotogrammi della strisciata



TODO: fare disegno con 80%

Come si compongono i fotogrammi – 3

Ricoprimento longitudinale: minimo 60%; nei fatti anche 65% o 70%

In certe condizioni si usa: 80% che garantisce che ogni punto sia visibile in almeno tre fotogrammi della stessa strisciata (molteplicità 3)

Ricoprimento trasversale: 20-30%. In certe condizioni si usa 60% che garantisce che ogni punto sia visibile in almeno due strisciate adiacenti

Molteplicità 3 con le frame

La molteplicità 2

$$(1 - R_L)L \leq \frac{1}{2}L \rightarrow 1 - R_L \leq \frac{1}{2} \rightarrow R_L \geq 0.5$$

da cui la regola pratica $R_L = 0.6$

La molteplicità 3

$$2(1 - R_L)L \leq \frac{2}{3}L \rightarrow 1 - R_L \leq \frac{1}{3} \rightarrow R_L \geq \frac{2}{3} = 0.66$$

Ricoprimento longitudinale necessario per garantire la molteplicità 3: 76%. Arrotondando si arriva alla regola pratica $R_L = 0.8$.

Le scale delle carte

Scale topografiche: >500 e $\leq 200\ 000$

Scale geografiche: $> 200\ 000$

Scale architettoniche: <500

Le scale topografiche sono suddivise in

Grandi e grandissime: 500, 1000 e 2000

Medie: 5000 e 10000 (per qualcuno anche il 25000)

Piccole: 25000, 50000, 100000 e forse anche 200000

Che produce cartografia in Italia

I Comuni producono la carta del loro territorio alla scala 1000 o 2000; talvolta fanno il 500 del centro storico

Le regioni fanno il 5000 o il 10000

Lo IGM (Istituto Geografico Militare) fa 25000, 50000, 100000 e 200000 di tutto il territorio nazionale

Scala fotogramma e scala carta

Una cartografia è caratterizzata da due principali aspetti:

- l'accuratezza con cui restituisce le coordinate dei punti
- il grado di dettaglio con cui descrive il territorio

Il parametro sintetico che quantifica *grosso modo* le proprietà di una carta rispetto a entrambi i parametri è il rapporto di scala. Ha un valore indicativo, nel senso che due carte aventi la stessa scala hanno le stesse caratteristiche, in prima approssimazione, ma non esattamente.

E' intuitivo che accuratezza e grado di dettaglio dei fotogrammi dipendano dalla loro scala media: più basso è il volo e maggiori sono l'accuratezza delle misure e il dettaglio leggibile.

Scala fotogramma e scala carta - 2

Evidentemente esiste un legame fra le caratteristiche della carta che si vuole produrre e quelle del volo che si deve usare allo scopo.

Perché non si fanno solo voli bassissimi? Più basso si vola e maggiore è il numero dei fotogrammi necessari a coprire un territorio assegnato. Volare più basso costa insomma di più.

Si tratta allora di trovare, come sempre, un compromesso ragionevole e, fissate le caratteristiche metriche e di dettaglio di una carta, bisogna trovare la più alta altezza relativa di volo che è compatibile.

Nel tempo sono state definite consuetudini relative ai legami fra scala carta e scala fotogramma.

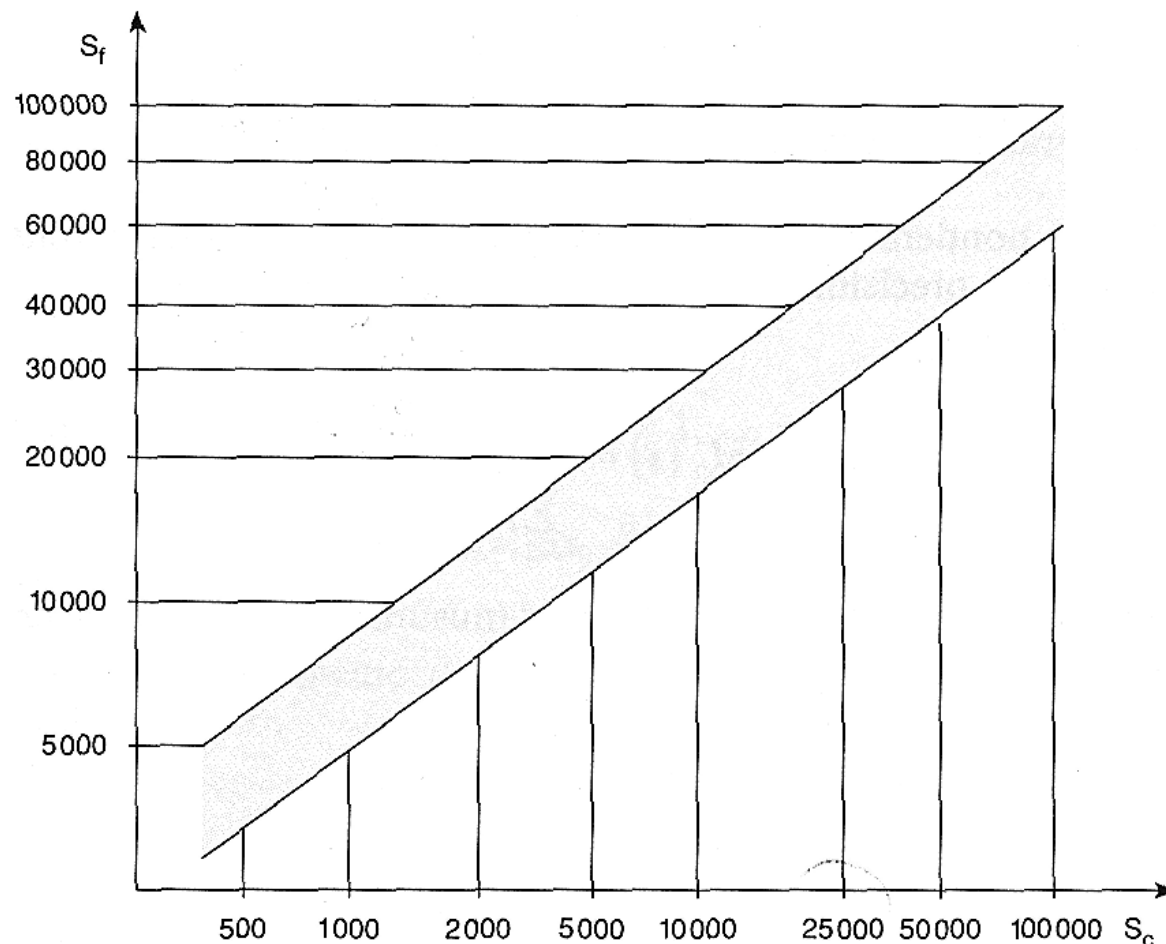
Scala fotogramma e scala carta – 3

Grafico di origine IGM che fissa il legame fra fattore di scala carta (ascissa) e fattore di scala fotogramma (ordinata).

Il legame è rappresentato da una fascia, invece che una retta, perché non esiste un legame di tipo necessario, ma una consuetudine che ammette variazioni.

NB: con *scala* si intende *fattore di scala*, ovviamente.

RELAZIONE FRA LA SCALA DEL FOTOGRAMMA E LA SCALA DELLA CARTA



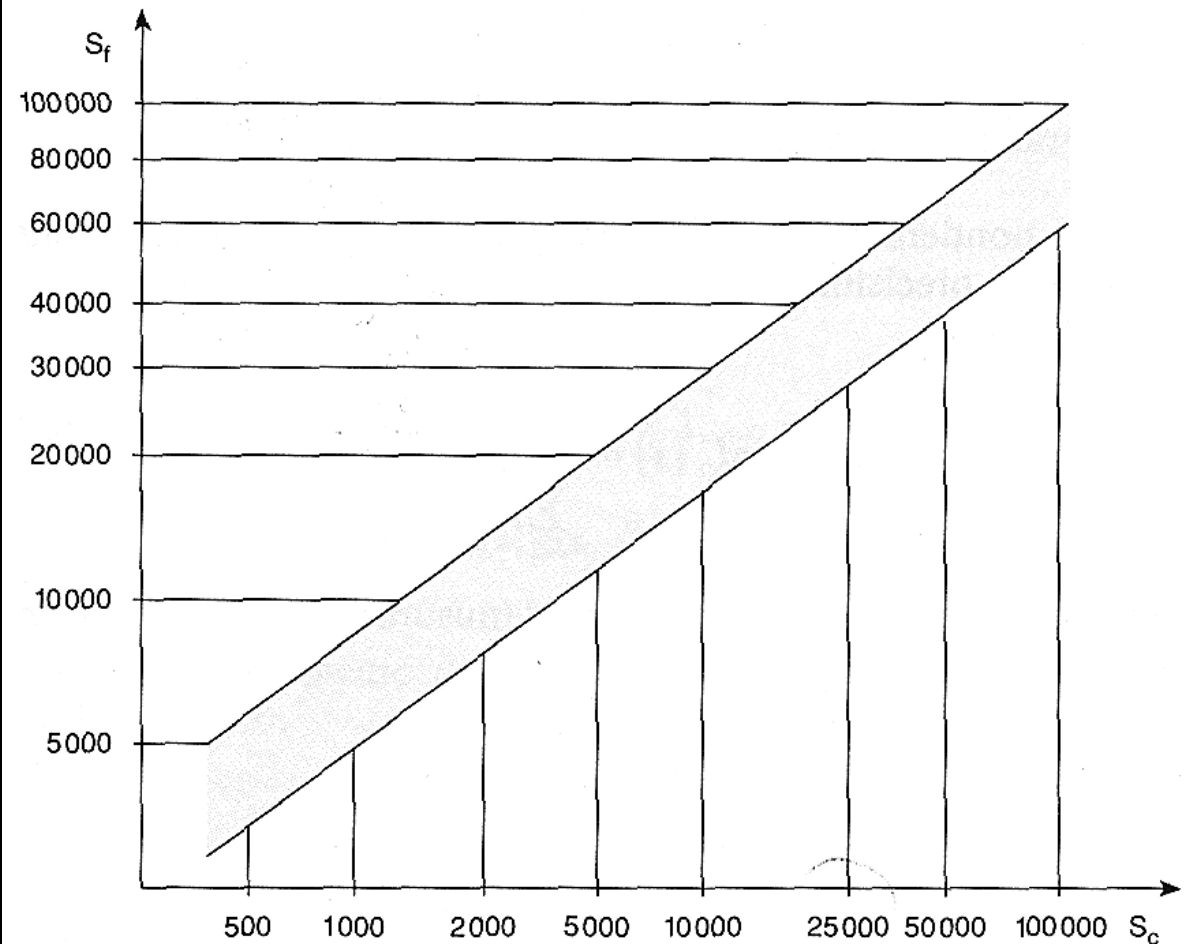
[grafico_igm_corrispondenza_scala_carta_scala_fotogramma.png]

Scala fotogramma e scala carta – 4

Fissata la scala carta, se si vuole privilegiare la qualità si sceglie la più piccola scala fotogramma fra quelle indicate.

Se si vuole privilegiare la produttività e l'economicità, viceversa, si sceglie la più grande.

RELAZIONE FRA LA SCALA DEL FOTOGRAMMA E LA SCALA DELLA CARTA



[grafico_igm_corrispondenza_scala_carta_scala_fotogramma.png]

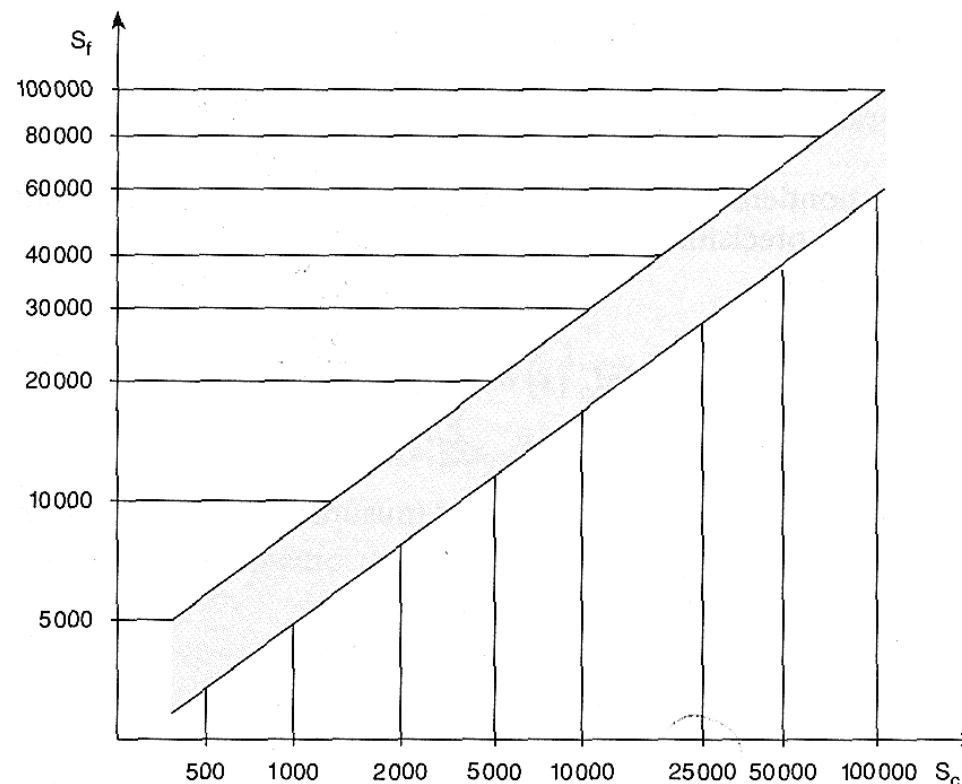
Scala fotogramma e scala carta – 5

Come mai, nella parte bassa, $S_f \ll S_c$ e nella parte alta tendono a coincidere?

Perché nella prima regione il grado di dettaglio dei fotogrammi è sovrabbondante e si sceglie la più grande scala compatibile con l'accuratezza richiesta.

Nella seconda regione si ha un rovesciamento: l'accuratezza ottenibile è persino eccessiva, e si sceglie la scala fotogramma in funzione del grado di dettaglio richiesto.

RELAZIONE FRA LA SCALA DEL FOTOGRAMMA E LA SCALA DELLA CARTA



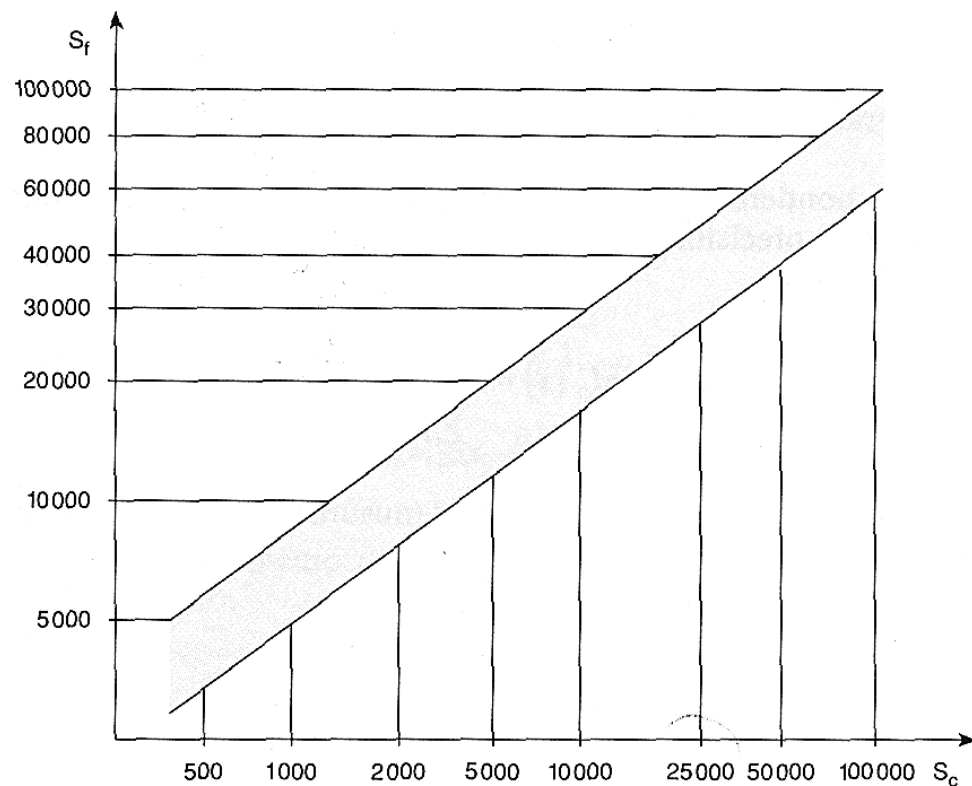
[grafico_igm_corrispondenza_scala_carta_scala_fotogramma.png]

Scala fotogramma e scala carta – 6

In altri termini: alle altezze di volo limitate si vede benissimo e comanda l'accuratezza.

Alle elevate altezze di volo si vede male ed è questo aspetto a dominare.

RELAZIONE FRA LA SCALA DEL FOTOGRAMMA E LA SCALA DELLA CARTA



[grafico_igm_corrispondenza_scala_carta_scala_fotogramma.png]

Scala fotogramma e scala carta – 7

Parametri usati in Italia

Scala carta	Scala fotogramma
1000	5000
2000	8000
5000	13000
10000	21000
25000	30000

Superfici di alcuni territori

Comune Mantova: 64 kmq

Provincia Mantova: 2340 kmq

Comune Pavia: 62 kmq

Provincia Pavia: 2960 kmq

Regione Lombardia: 24000 kmq

Fonte: Wikipedia

Produttività alle varie altezze

Altezza volo [m]	Fattore scala cartografia	Fattore scala fotogramma	Impronta a terra [m]	Base di presa [m]	Interasse [m]	Contributo singolo fotogramma [kmq]
750	1000	5000	1150	460	920	0,42
1200	2000	8000	1840	736	1472	1,08
1950	5000	13000	2990	1196	2392	2,86
3000	10000	20000	4600	1840	3680	6,77

[esempi_geometria_blocco.xlsx; numero_fotogrammi]

Produttività alle varie altezze - 2

Territorio	Fattore scala cartografia	Estensione [kmq]	Fattore scala fotogrammi	Contributo singolo fotogramma [kmq]	Numero indicativo fotogrammi
Comune di Pavia	2000	62	8000	0,42	147
Provincia di Pavia	5000	2960	13000	2,86	1035
Regione Lombardia	10000	24000	20000	6,77	3545

[esempi_geometria_blocco.xlsx; numero_fotogrammi_2]

Il numero dei fotogrammi è solo indicativo e certamente sottostimato. Il numero esatto deve tenere conto di:

- forma esatta del territorio da riprendere
- margini di sicurezza

Produttività alle varie altezze - 3

Forma esatta del territorio: a parità di superficie, forme diverse implicano una diversa struttura del blocco e un diverso numero di fotogrammi.

Margini di sicurezza: ogni strisciata deve avere alcuni fotogrammi aggiuntivi all'inizio e alla fine.

Cose analoghe valgono per la strisciata superiore ed inferiore.

Non leggere

NON LEGGERE

TODO

Nome del file a pg. 4: aggiungere pallini che indicano gli scatti

Specificare altezza di volo del blocco a pag. 9.

Migliorare estetica dei 2 blocchi successivi

Schemi dei blocchi come file autonomi

Migliorare mappa delle molteplicità; adottare passo 100 m; aggiungere legenda; salvare script e dati in un file ZIP

Illustrare con disegni il fatto che la forma del territorio determina la forma del n blocco

Illustrare con disegni i margini di sicurezza

Pag. 21: aggiungere grafico con 50% e 80%