



Vittorio Casella

Laboratorio di Geomatica - DIET

Università di Pavia

email: vittorio.casella@unipv.it



I parametri che caratterizzano
un blocco fotogrammetrico

Dispense



This document is © 2013 **Vittorio Casella, University of Pavia, vittorio.casella@unipt.it**, available under the **creative commons 3.0 license**.

You are free:

to Share — to copy, distribute and transmit the work

to Remix — to adapt the work

to make commercial use of the work.

Under the following conditions:

Attribution — You must attribute the work in the manner specified by the author (see the red text above) or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work).

Share Alike — If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one.

See <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/> for details.



Questo documento è ©2013 **Vittorio Casella, Università di Pavia, vittorio.casella@unipv.it**, disponibile sotto la **licenza creative commons 3.0**.

Tu sei libero:

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

di modificare quest'opera

di usare quest'opera per fini commerciali

Alle seguenti condizioni:

Attribuzione — Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore (vedo testo in rosso sopra) 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.

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.

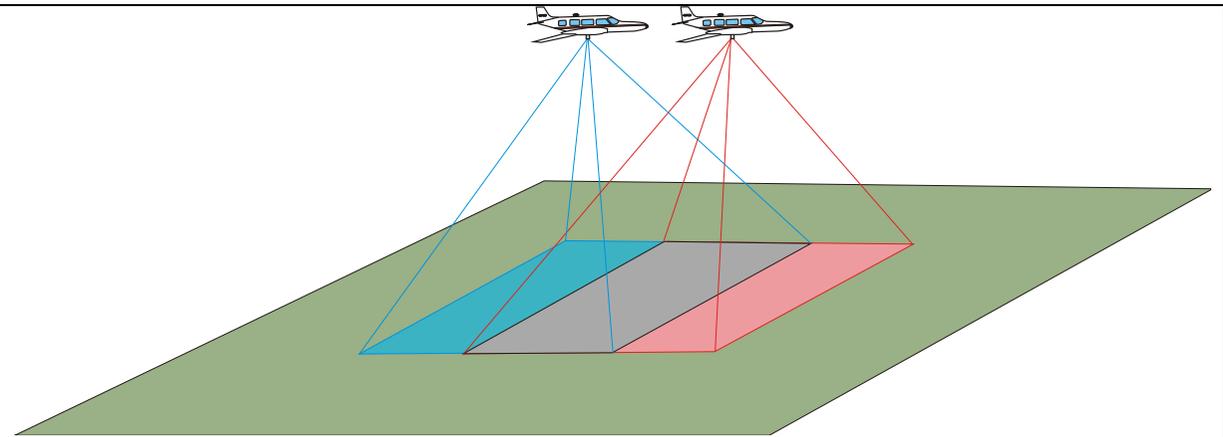
Per dettagli: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.it>

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.

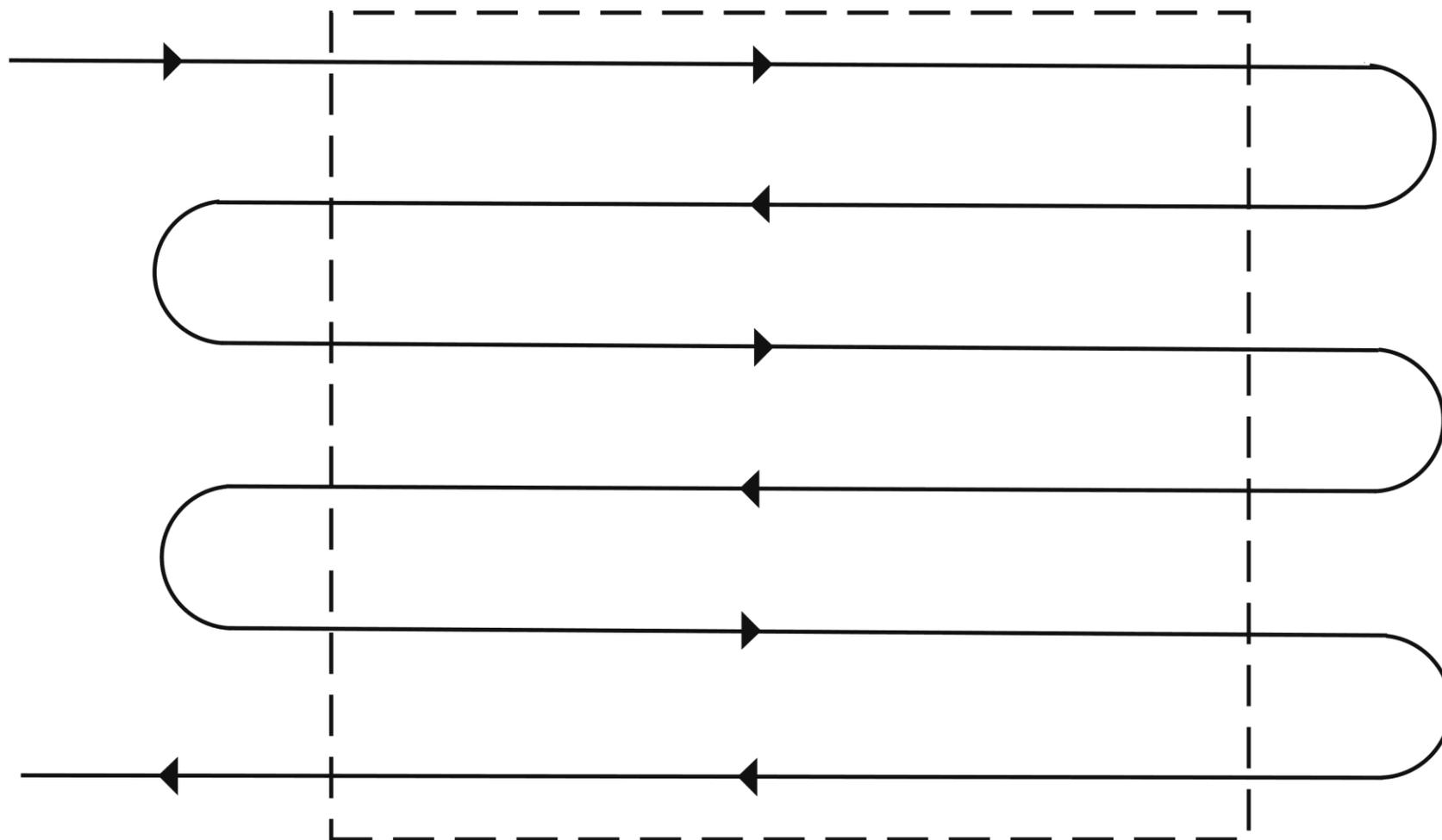


[presa_fotog_con_ricoprimenti.cdr; wmf]

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.

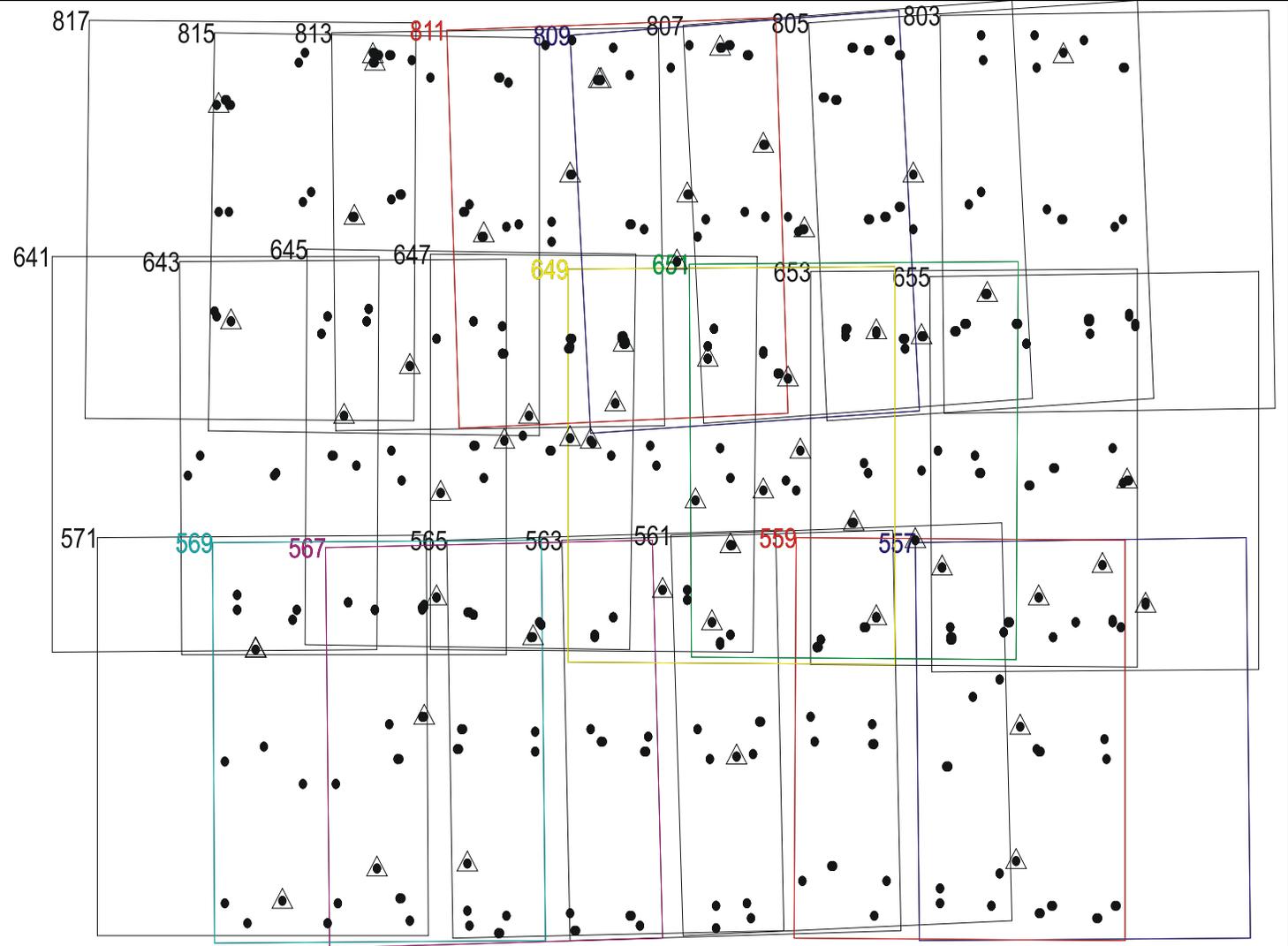
Velocità media dell'aereo, v ; in genere, 70/80 m/sec

Intervallo fra due scatti, Δt

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

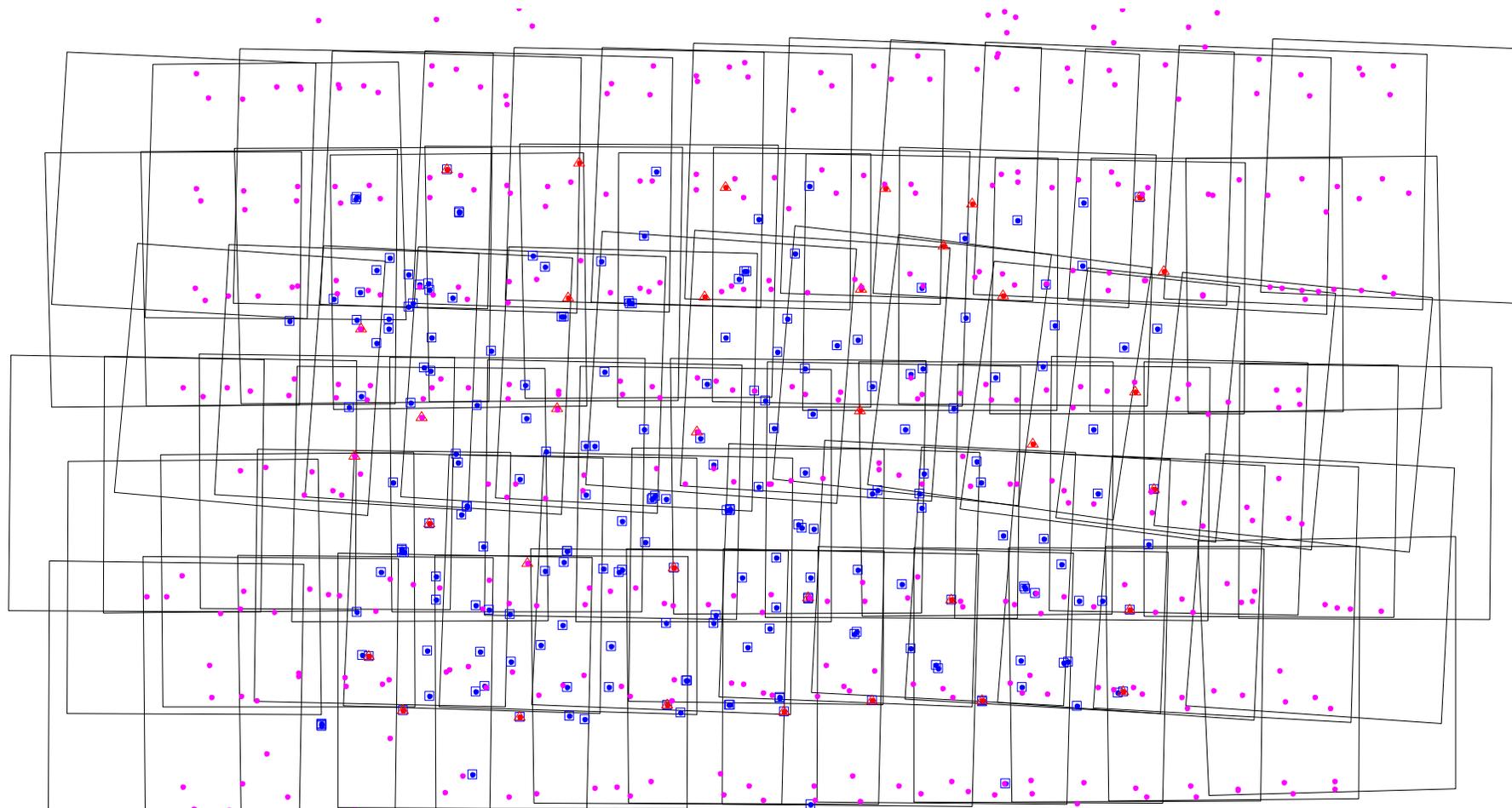
Esempio di blocco

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



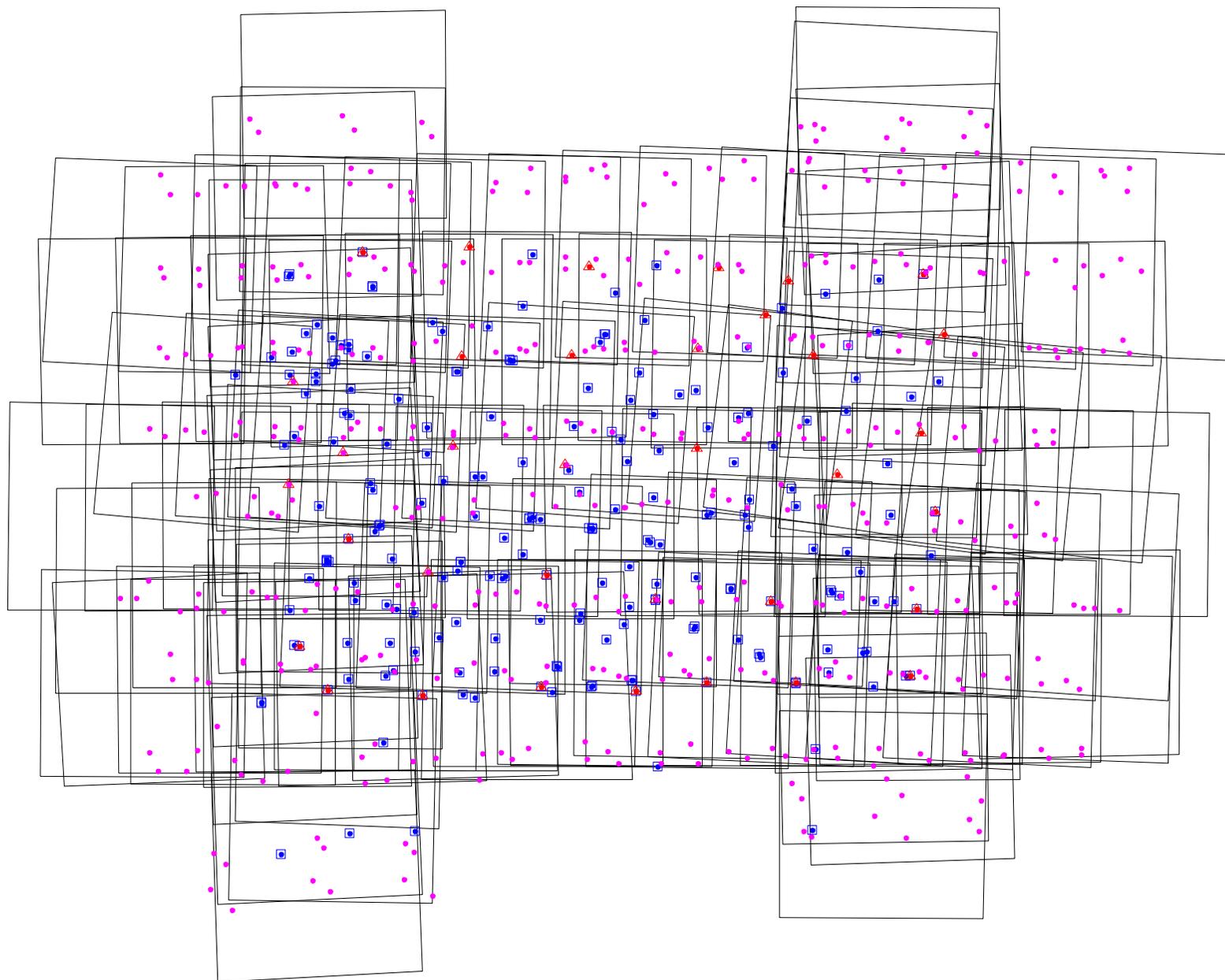
Camera Leica RC30; altezza relativa volo 1200 m; scala dei fotogrammi 1:8000.

[blocco_8000.emf]

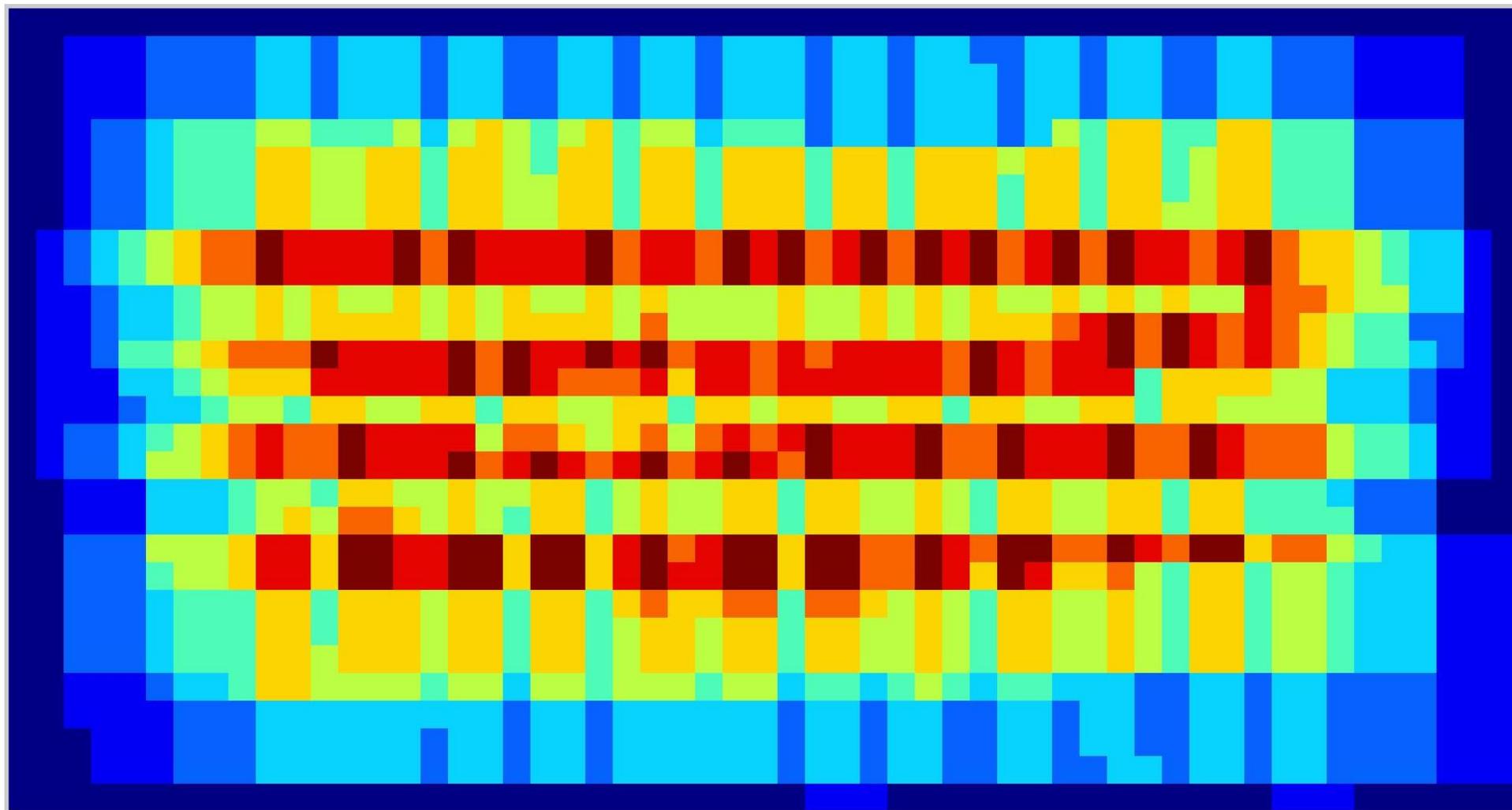
Blocco volo scala 1:8000

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

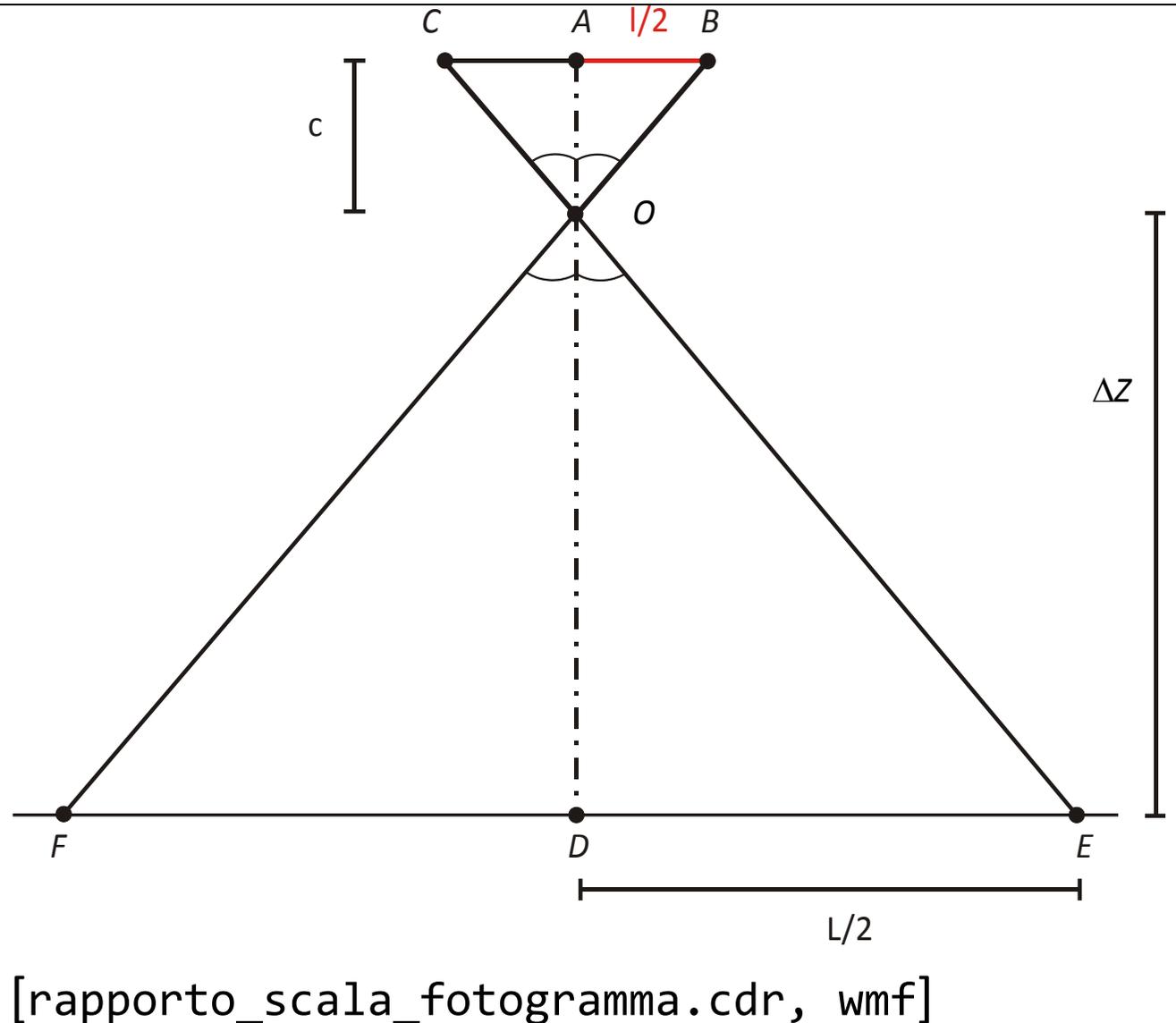
Dimensione della proiezione a terra dell'immagine (impronta o footprint): L

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

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

Proporzione fra triangoli

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



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:

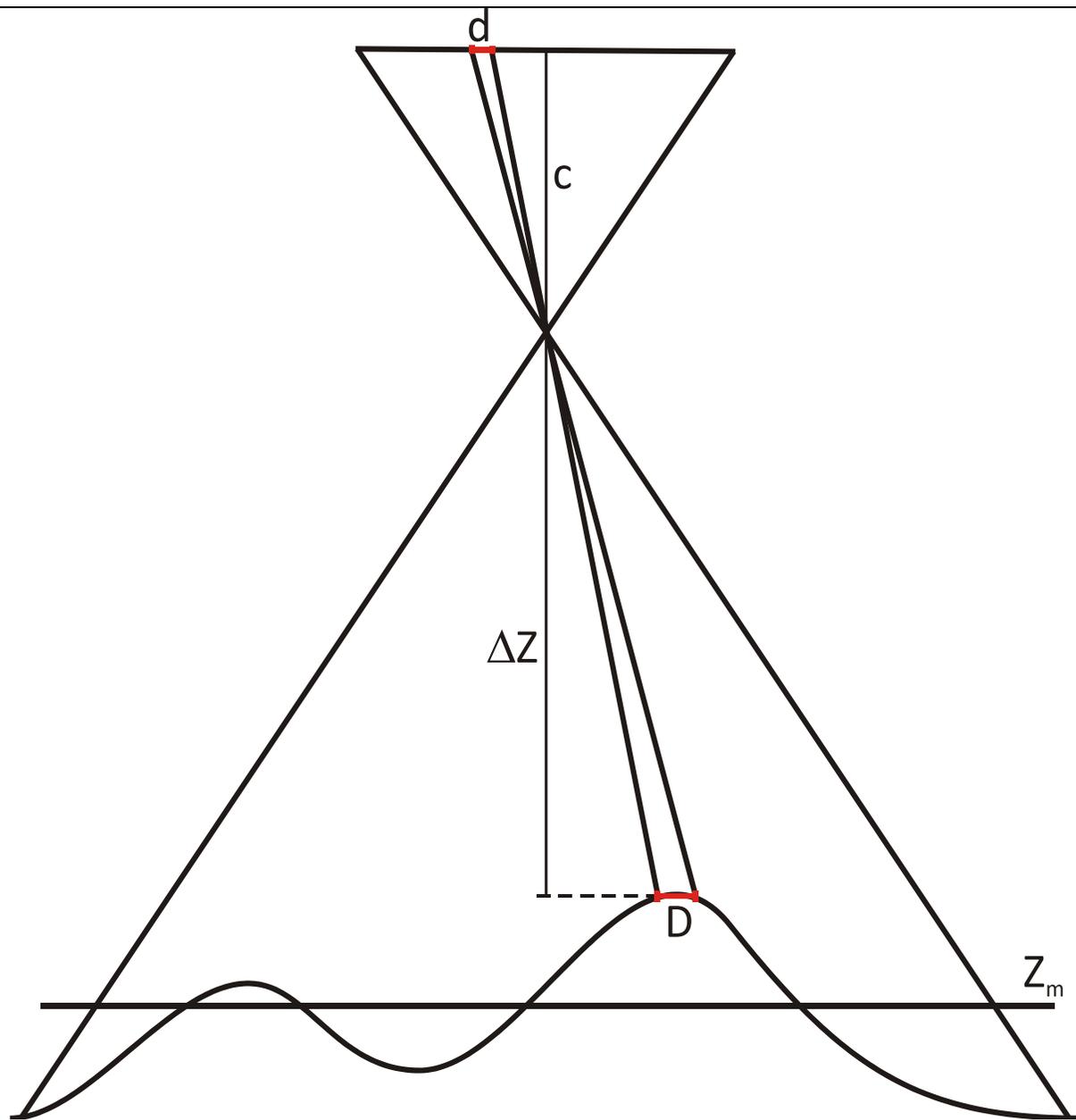
- oggetti diversi vengono proiettati sull'immagine con rapporti di scala diversi, a seconda della loro altezza: rapporto di scala funzione del posto
- si può parlare di scala del fotogramma?

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

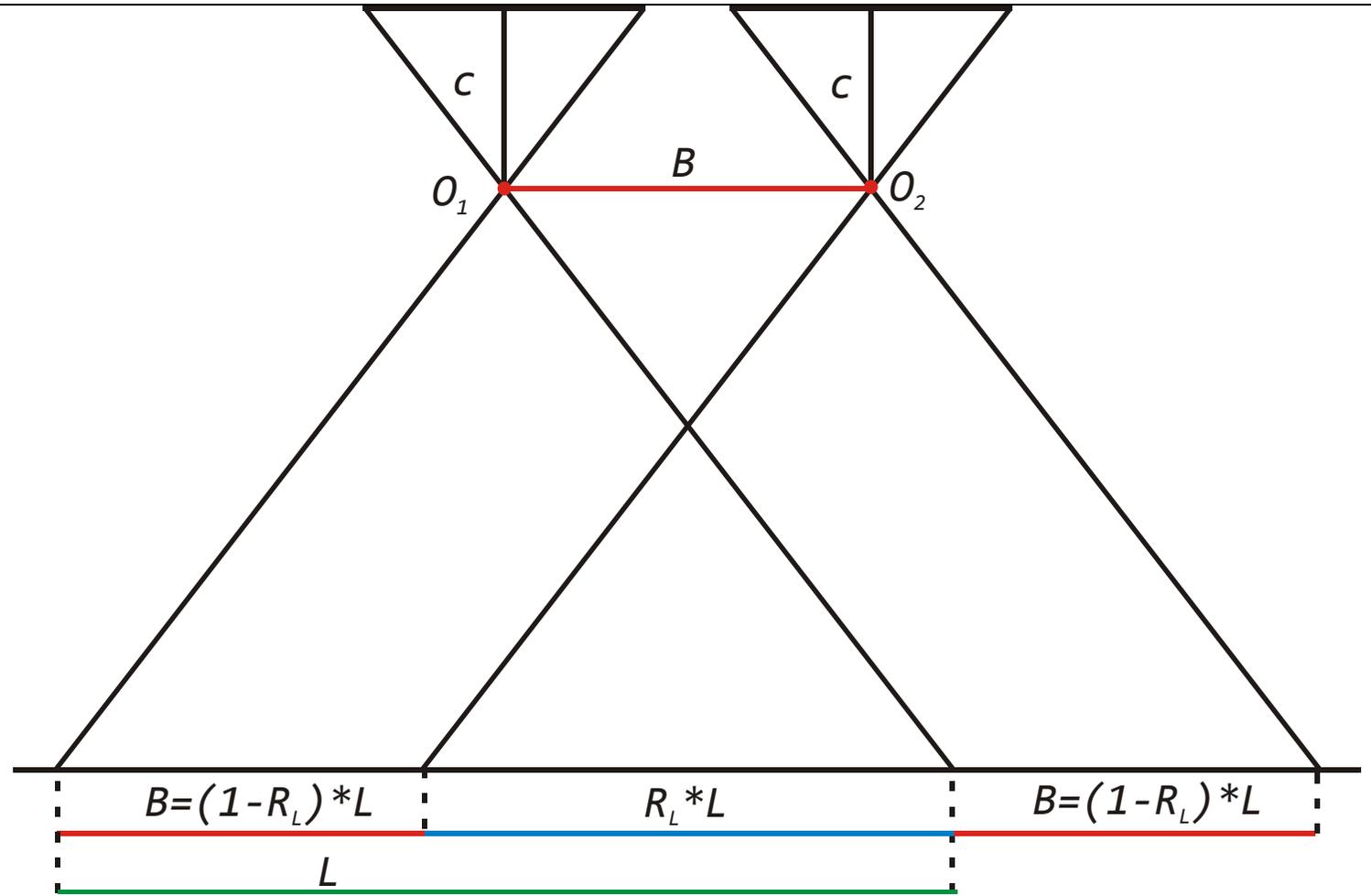
[esempi_geometria_blocco.xlsx]

Esempi sulla dimensione a terra - 2

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

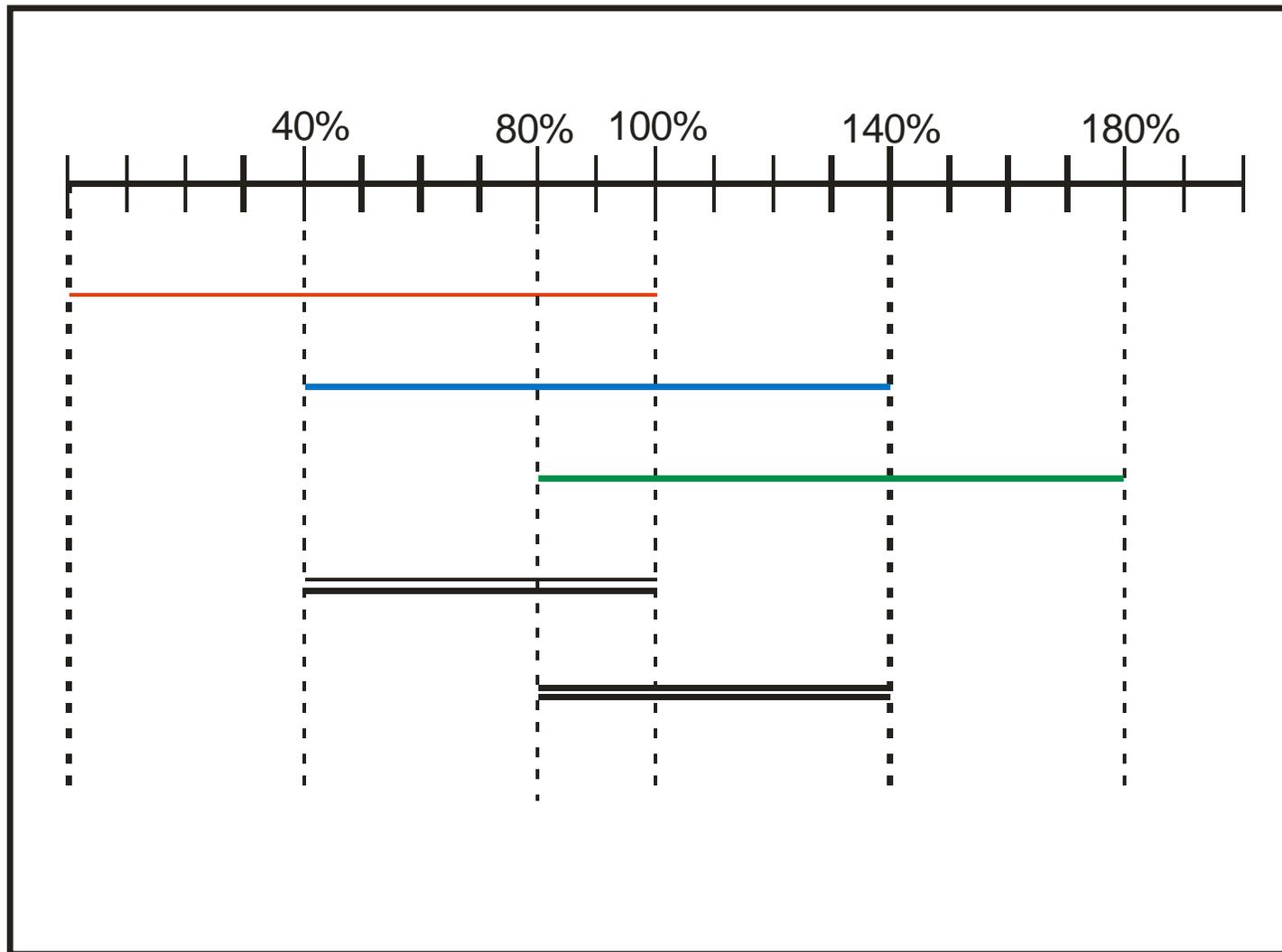
Ricoprimento longitudinale e base di presa

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



[ricoprimento_longitudinale.cdr, wmf]

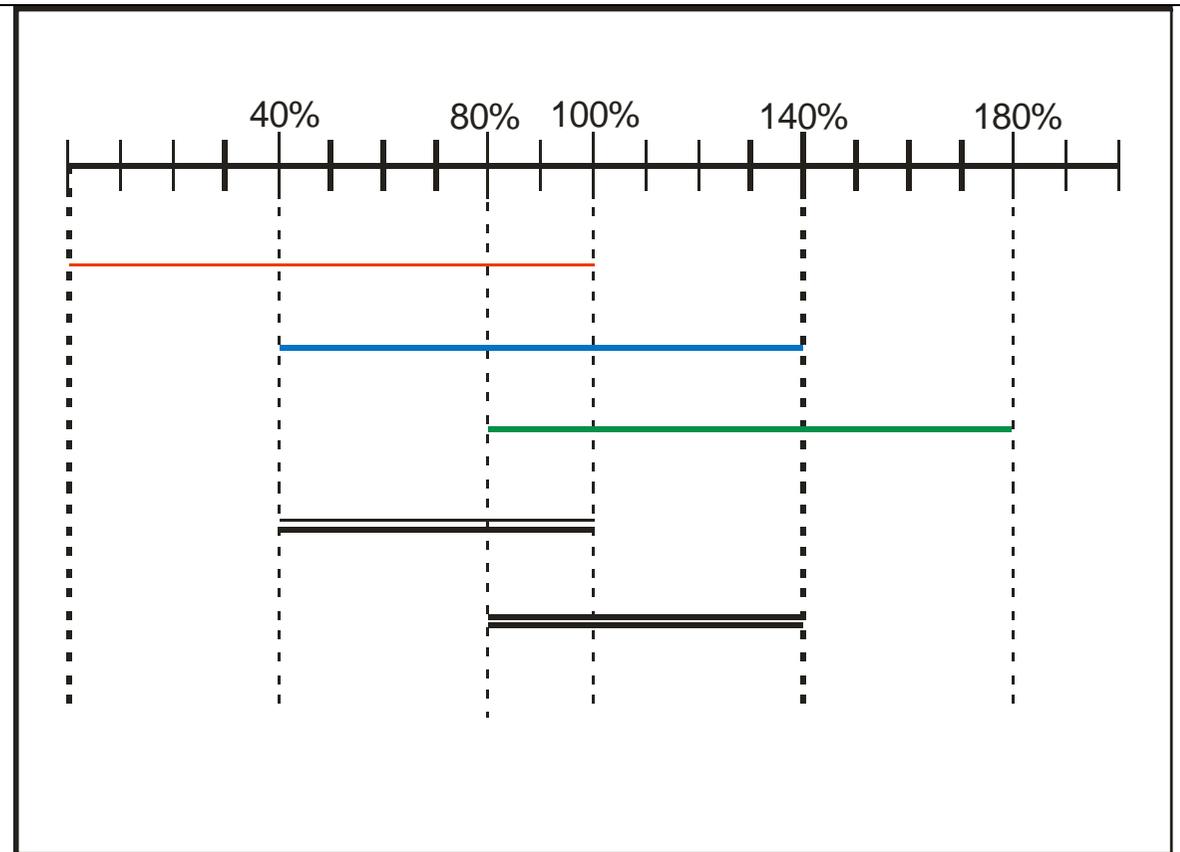
Come si compongono i fotogrammi



[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

Chi 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.

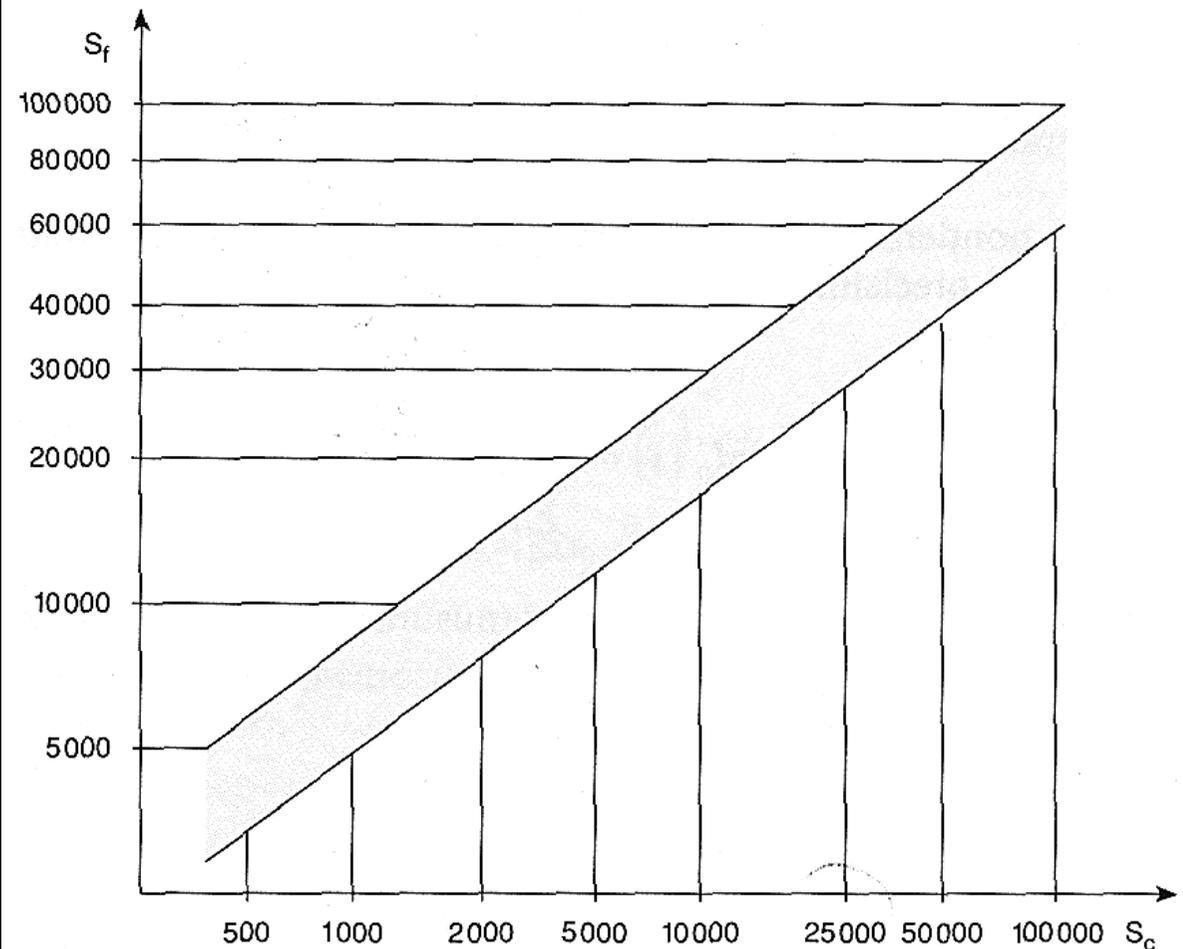
Scala fotogramma e scala carta – 3

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



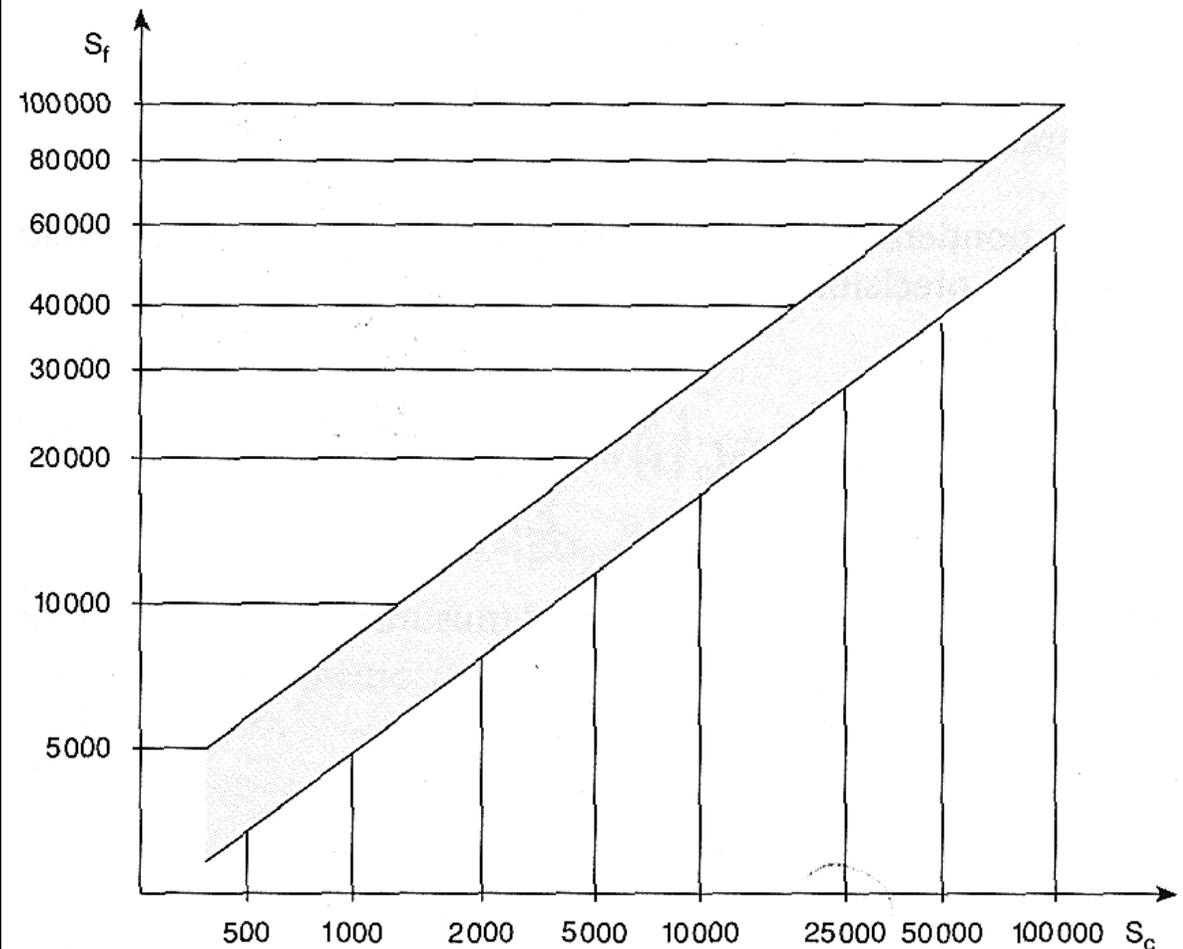
[grafico_igm_corrispondenza_scala_carta_scala_fotogramma.png]

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]

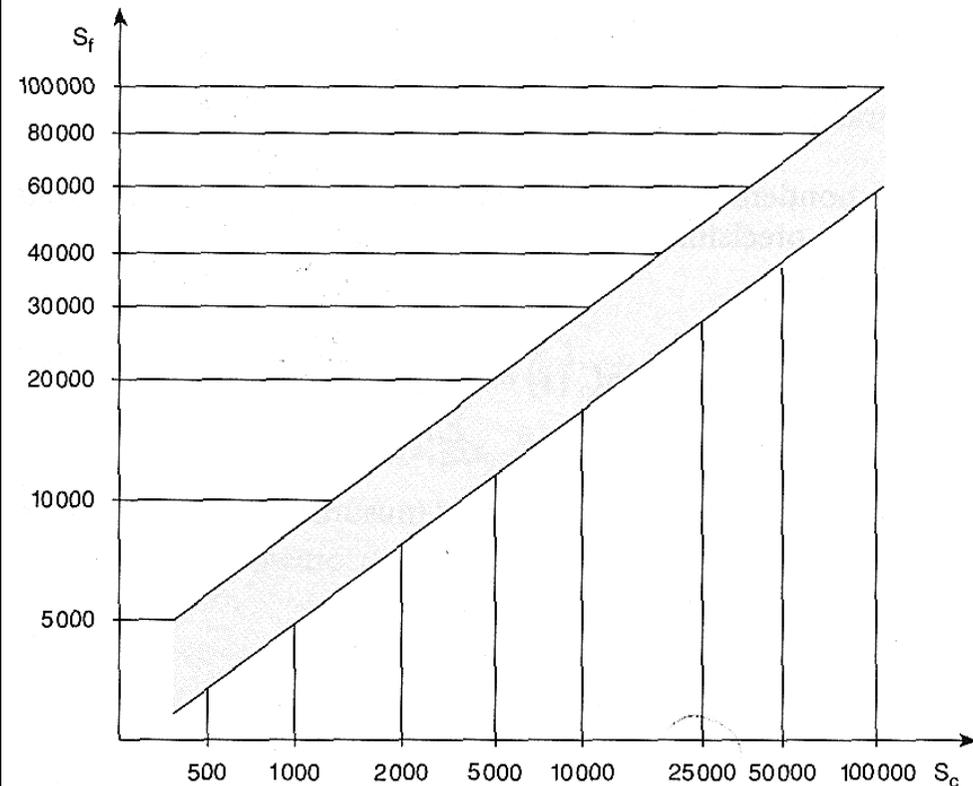
Scala fotogramma e scala carta – 5

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

Perché nella prima regione il gra-
do 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 ot-
tenibile 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



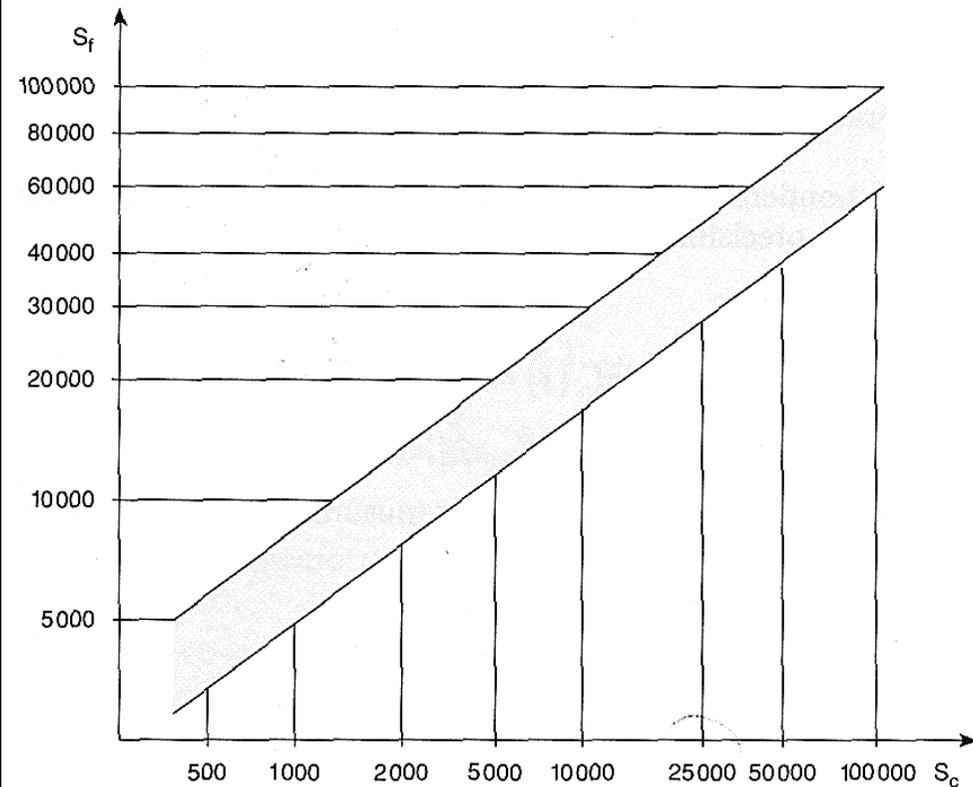
[grafico_igm_corrispondenza_scala_carta_scala_fotogramma.png]

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%

Nelle tabelle, indicare ricoprimenti e parametri vari