



Vittorio Casella

Laboratorio di Geomatica - DICAR

Università di Pavia

email: vittorio.casella@unipv.it



La Fotogrammetria moderna

Dispense

License/Licenza



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>

Argomenti

Arretrati

Ortofoto

automazione

GPS/IMU

Camere digitali

Droni

1 - Arretrati

Argomenti

Scansione dei fotogrammi

GSD

Restitutori analogici, analitici e digitali

La scansione dei fotogrammi

Molto spesso i fotogrammi vengono rasterizzati con appositi scanner fotografometrici



La risoluzione geometrica

Rasterizzare significa discretizzare la geometria e la radiometria

Nel primo caso significa scomporre l'immagine in tanti quadretti detti pixel

La risoluzione si misura in genere in micron, intendendo la dimensione del pixel

Le risoluzioni più usate sono 14 e 21 micron. Negli esempi assumeremo il primo valore

A quanti DPI corrisponde?

$$r = \frac{25.4 \times 1000}{14} = 1814 \quad \text{DPI}$$

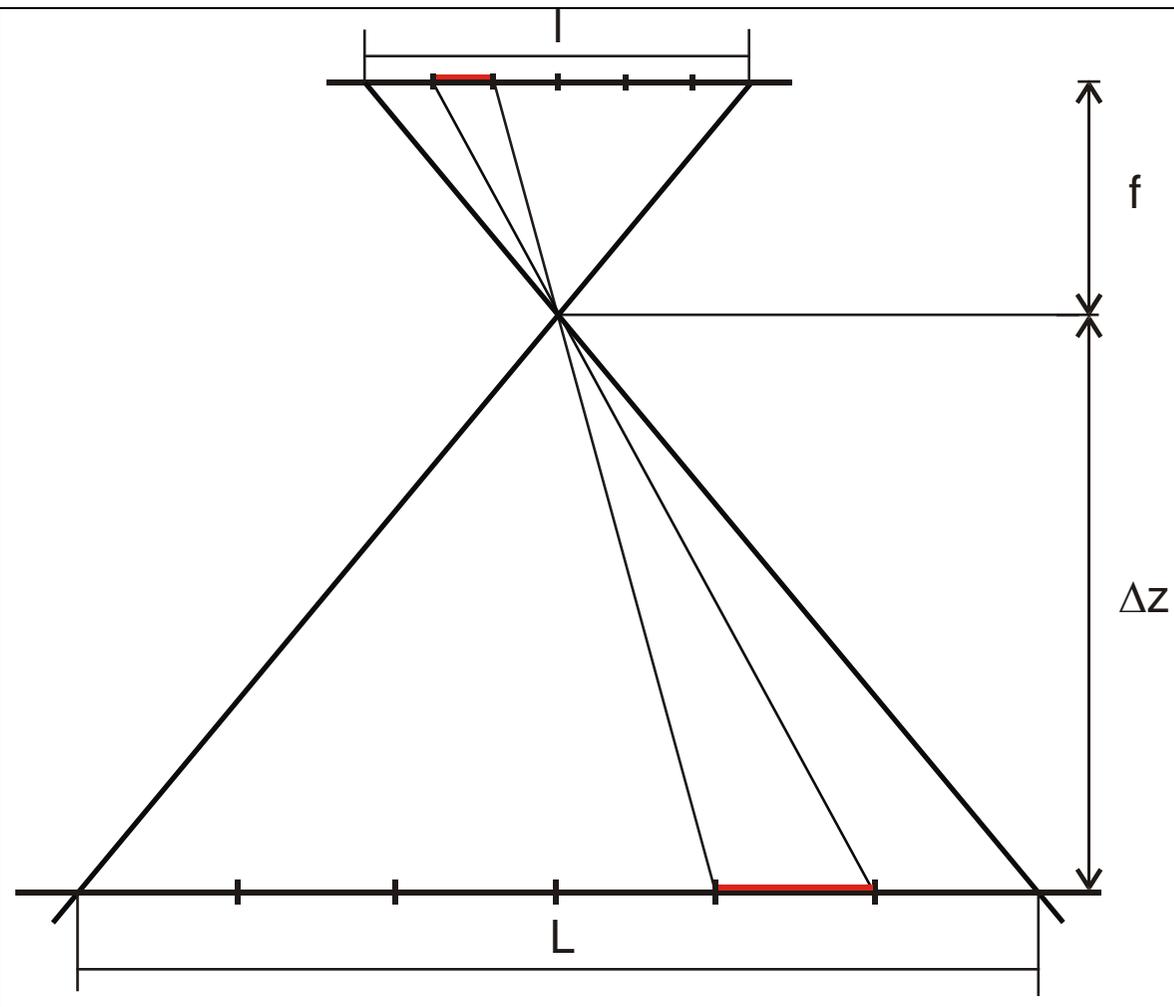
GSD: dimensione della proiezione a terra di un pixel

$$D = nd$$

Risoluzione al suolo

GSD: dimensione della proiezione
a terra di un pixel

$$D = nd$$



La risoluzione radiometrica

Il tono continuo fra il nero e il bianco viene suddiviso in 256 livelli:

Nero=0

Bianco=255

Adatto per le scansione delle foto (anche a colori)

Per ogni pixel è necessario 1 byte

Un qualunque colore C viene descritto e ottenuto come somma di opportune dosi di rosso, verde, blu. E' la codifica RGB, Red, Green, Blu

$$C = xR + yG + zB$$

$$0 \leq x, y, z \leq 255$$

Adatto per le scansione delle foto a colori

Per ogni pixel sono necessari 3 byte

Occupazione in memoria di un fotogramma scansito

Numero dei pixel sul lato

$$n = \frac{23 \times 10000}{14} = 16428$$

Numero dei pixel sull'immagine

$$n^2 \cong 270 \text{ milioni}$$

Per immagini BW l'occupazione è di 270 MB

Per immagini a colori è di 810 MB

Esempi

Fattore di scala del fotogramma, GSD e abbracciamento per alcune tipiche altezze di volo

Frame analogica				
Scala carta	<i>Dz</i> [m]	<i>n</i>	<i>GSD</i> [m]	<i>L</i> [m]
1:1000	750	5000	0,07	1150
1:2000	1200	8000	0,11	1840
1:5000	1800	12000	0,17	2760
1:10000	2700	18000	0,25	4140

Il flusso delle misure fotogrammetriche

Pianificazione ed esecuzione dei voli

Fase preliminare: ricostruzione posizione e assetto dei fotogrammi

Misure: un operatore individua un punto omologo, visibile su due fotogrammi

Misura la posizione sui due fotogrammi

Un programma calcola la posizione del punto-oggetto corrispondente

La produttività è elevatissima: un punto si misura in pochissimi secondi

Le camere con cui si fa fotogrammetria aerea

Camera Zeiss(*) RMK Top 15

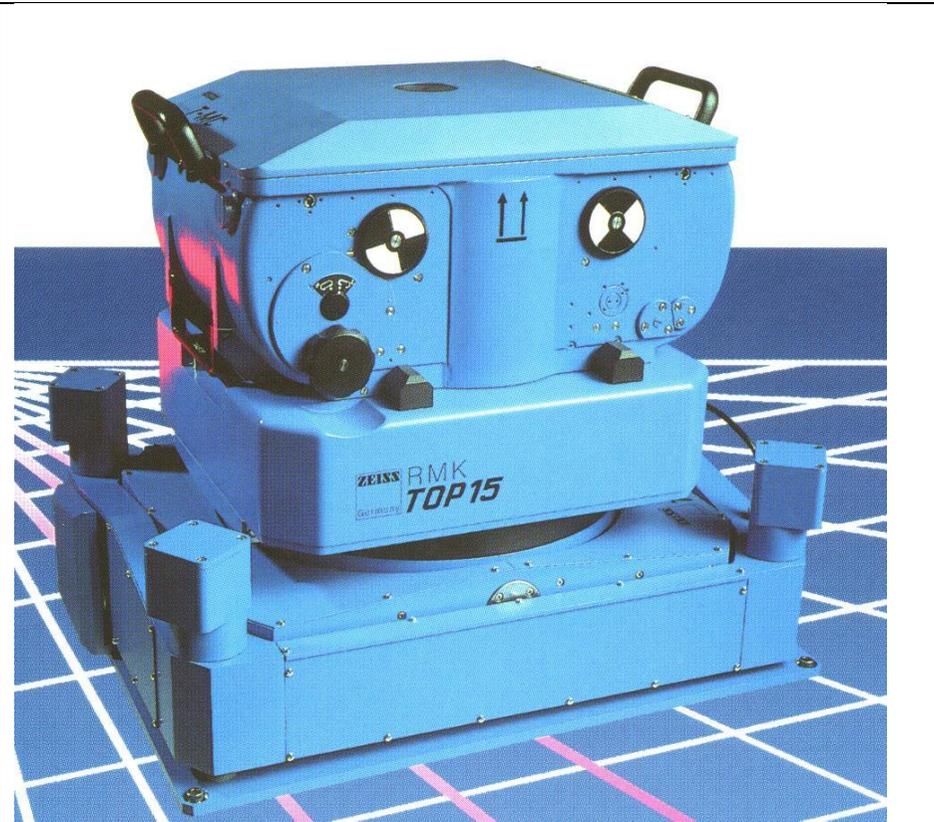
Lunghezza focale 150 mm
(300mm)

Formato pellicola: 23x23 cm

Peso: 150-200 Kg

Costo: dell'ordine di 0.8M€ (con
tutti gli accessori)

* Ora Intergraph Z/I



Gli strumenti con cui si fanno misure fotogrammetriche - 1

Restitutore analogico: è una macchina ottico-meccanica che consente di misurare le coordinate lastra (posizione dei punti-immagine sulle lastre) con precisione di pochi micron. Usa immagini analogiche.

Le coordinate oggetto vengono determinate ancora con metodologia ottico-meccanica.

Si tratta di strumenti oramai caduti in disuso, in sostanza.

Restitutore analitico: è una macchina ottico-meccanica-elettronica che consente di misurare le coordinate lastra (posizione dei punti-immagine sulle lastre) con precisione di pochi micron. Usa immagini analogiche.

Le coordinate oggetto vengono determinate con il calcolo da un computer.

Il termine inglese per restitutore fotogrammetrico è *stereoplotter*.

Gli strumenti con cui si fanno misure fotogrammetriche - 2

Restitutore digitale: è un computer dotato di apposito programma. Usa immagini digitali.

Le coordinate oggetto vengono determinate con il calcolo da un computer.

1.1 - Restitutori fotogrammetrici analogici

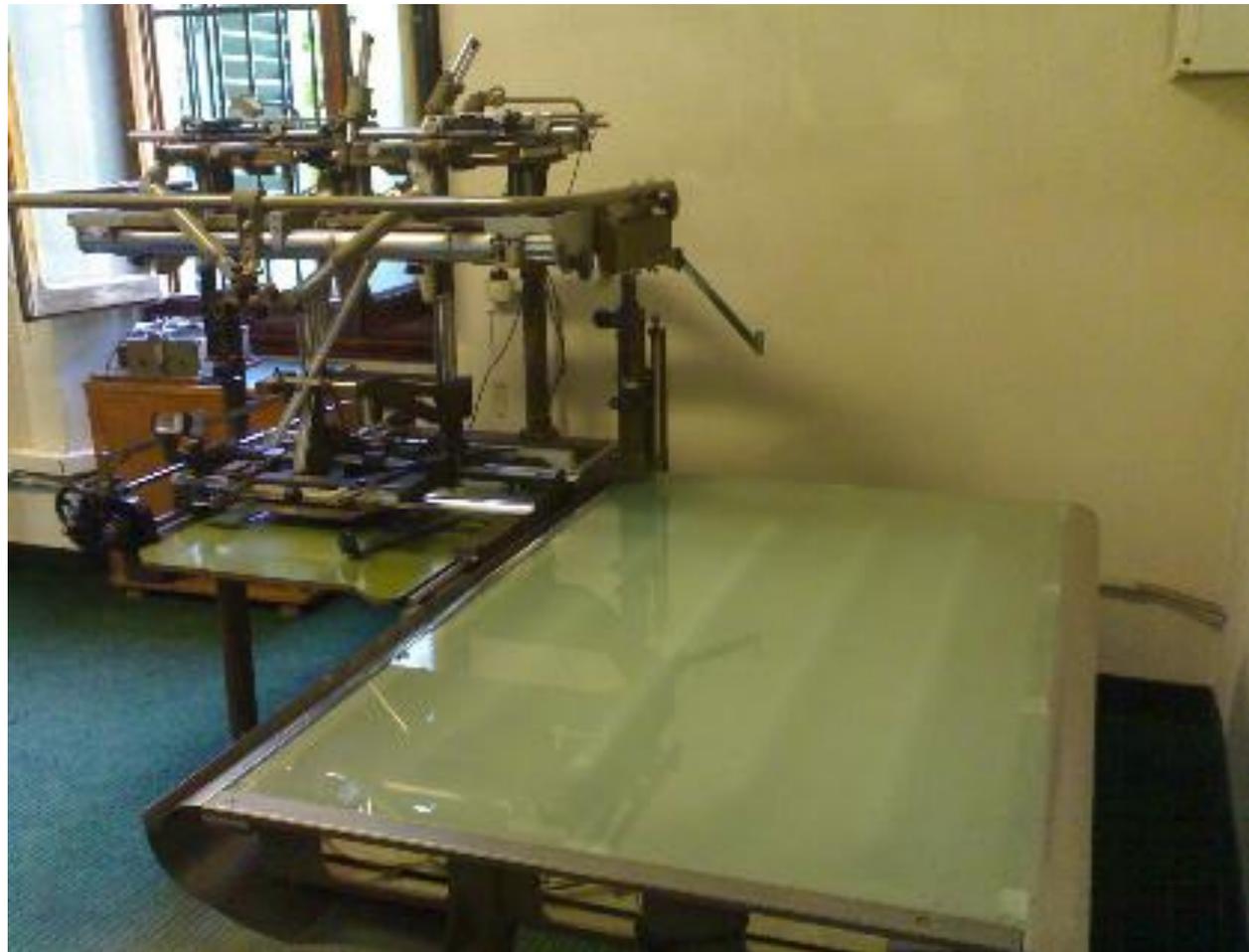
Restitutore analogico Wild B8 S



Restitutore Wild A10



Restitutore Galileo Stereosimplex II D



1.2 - Restitutori fotogrammetrici analitici

Restitutore Zeiss Planicomp P3



Restitutore Zeiss Planicomp P3 - 2



Restitutore Alpha2000



Restitutore Galileo-Siscam Stereobit 20



Restitutore Galileo-Siscam Stereocart



Galileo Digicart 40



Gli strumenti con cui si fanno misure fotogrammetriche - 3



Galileo Digicart 40



Zeiss Planicomp P3

1.3 - Restitutori fotogrammetrici digitali

Gli strumenti con cui si fanno misure fotogrammetriche - 4



Intergraph Image Station

2 - GPS/IMU

L'orientamento esterno dei fotogrammi

Per effettuare misure fotogrammetriche è necessario conoscere posizione e assetto della camera nell'istante in cui ha acquisito ogni fotogramma:

la posizione del centro di presa: 3 coordinate

l'orientamento della camera: 3 angoli

All'insieme dei 6 parametri si dà il nome di **orientamento esterno**

Come si calcola OE? In generale non si può misurare direttamente

Il metodo tradizionale, la TA - 1

Problema inverso.

Punti di appoggio (GCP): punti di coordinate oggetto note, visibili sui fotogrammi

Punti di legame (TP): punti visibili su almeno due fotogrammi

Si scrive un sistema di equazioni che lega le coordinate-immagine dei vari GCP e TP, le coordinate oggetto dei GCP (note) e gli OE (incogniti), che vengono in questo modo ricavati

E' necessario procurarsi i GCP con misure topografiche

- uscire sul terreno
- tempi/costi
- problemi di accessibilità
- interferenze con traffico
-

Il metodo tradizionale, la TA - 2

Problemi con strisciate singole, come quelle acquisite sorvolando una strada

Quali dettagli sono distinguibili

Dipende dal GSD

Regole empiriche

perché un oggetto sia certamente individuabile deve essere grande circa $3/4$ GSD (per ogni dimensione)

perché un oggetto sia riconoscibile deve essere grande almeno $8/10$ pixel

3 - Sensori GPS/IMU

I sensori integrati GPS/IMU - 1

Sono disponibili sul mercato da alcuni anni. Esempio

Sistema Applanix POS/AV 510

Sqm di
X,Y,Z

5-30 cm

Sqm di ω ,
 ϕ

0.005 deg

Sqm di k

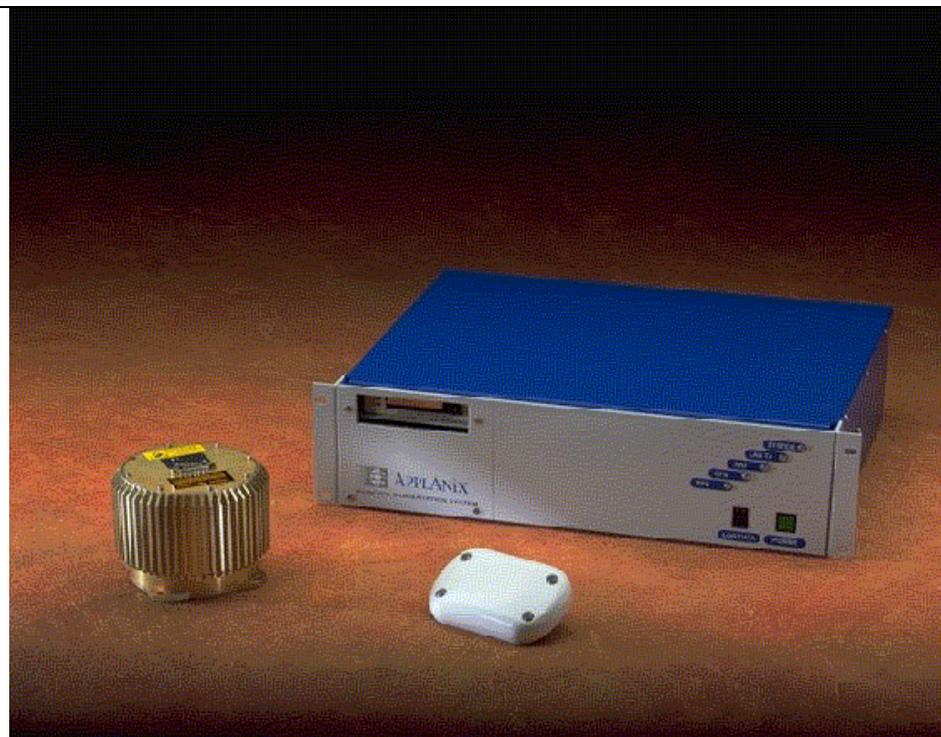
0.008 deg

Frequenza
misure

200 hz

Peso sen-
sore

1.6 Kg



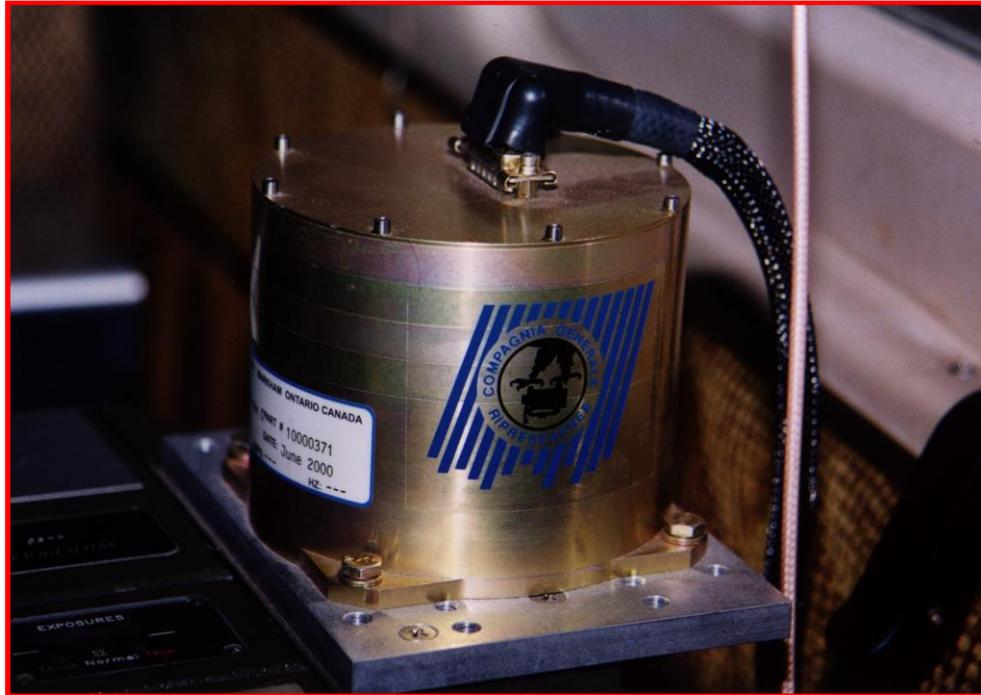
I sensori integrati GPS/IMU - 2

Vi sono due ditte attive in questo mercato: la canadese Applanix (<http://www.applanix.com>), recentemente acquistata da Trimble, e l'europea IGI (<http://www.igi-systems.com/>).

Esempi di sensori applicati - 1



Esempi di sensori applicati - 2



...

Che cosa fa un GPS/IMU

Misura direttamente, con elevata precisione, posizione e assetto della camera a cui è applicato: viene meno, in linea teorica, il bisogno della TA.

Direct georeferencing

Acronimi:

IMU – Inertial Measuring Unit

INS – Inertial Navigation System

Si possono acquisire strisciate uniche lunghe anche centinaia di km senza troppi problemi: ideale per le strade

Ottimo anche per terreni inospitali

I SR coinvolti

c - camera

b - body

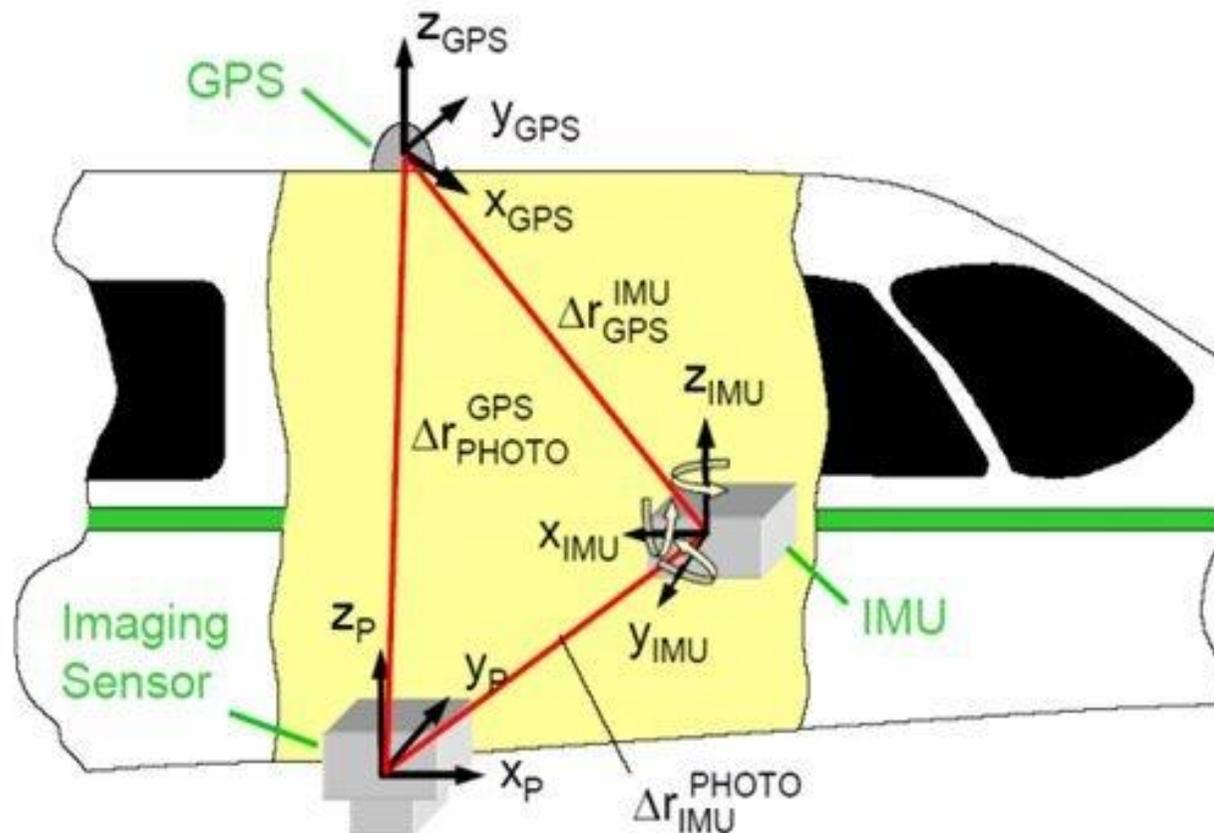
n - navigation

g - global

l - local, SR oggetto

Il sistema c

La camera materializza un SR



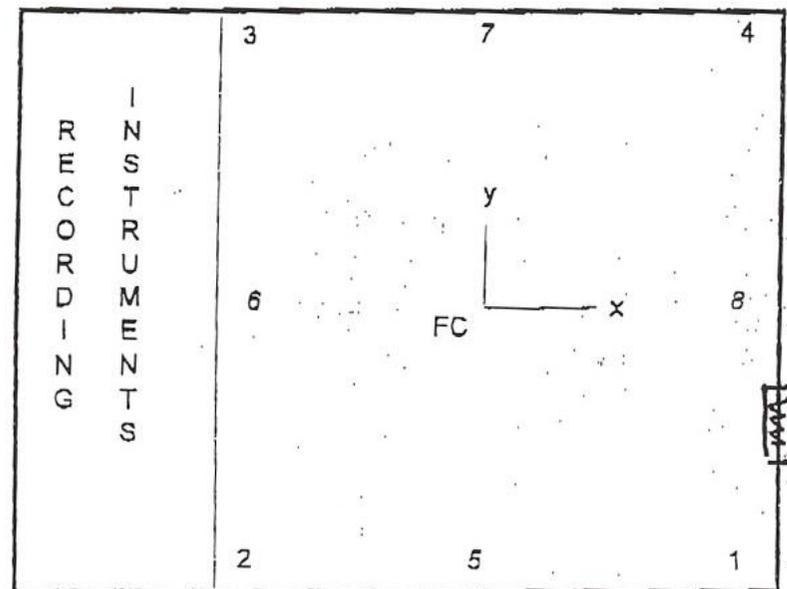
Le coordinate immagine – XY

Si possono leggere sul certificato di taratura della camera

Da notare che la posizione della marche nel disegno non è la stessa dell'immagine: effetto della rotazione durante la scansione.

Fiducial marks, referred to central cross (FC)

	x (mm)	y (mm)		x (mm)	y (mm)
1	106.001	-106.001	5	0.000	-111.997
2	-106.001	-106.000	6	-111.998	0.002
3	-106.002	106.002	7	-0.003	112.000
4	106.001	106.000	8	111.999	0.000



as seen on focal plane frame

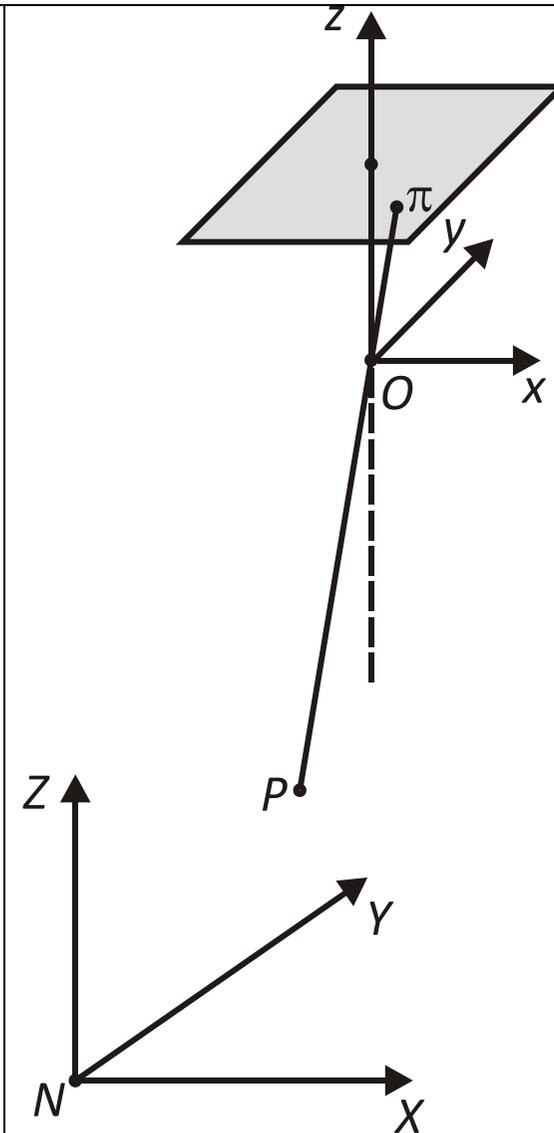
I SR coinvolti

Il SR oggetto (N, X, Y, Z) : il SR nel quale si vogliono avere le coordinate dei punti misurati

Il SR di riferimento immagine (O, x, y, z) : il SR tridimensionale che ha origine nel centro di presa, l'asse z diretto come l'asse della camera, il piano (x, y) conseguentemente parallelo al piano focale

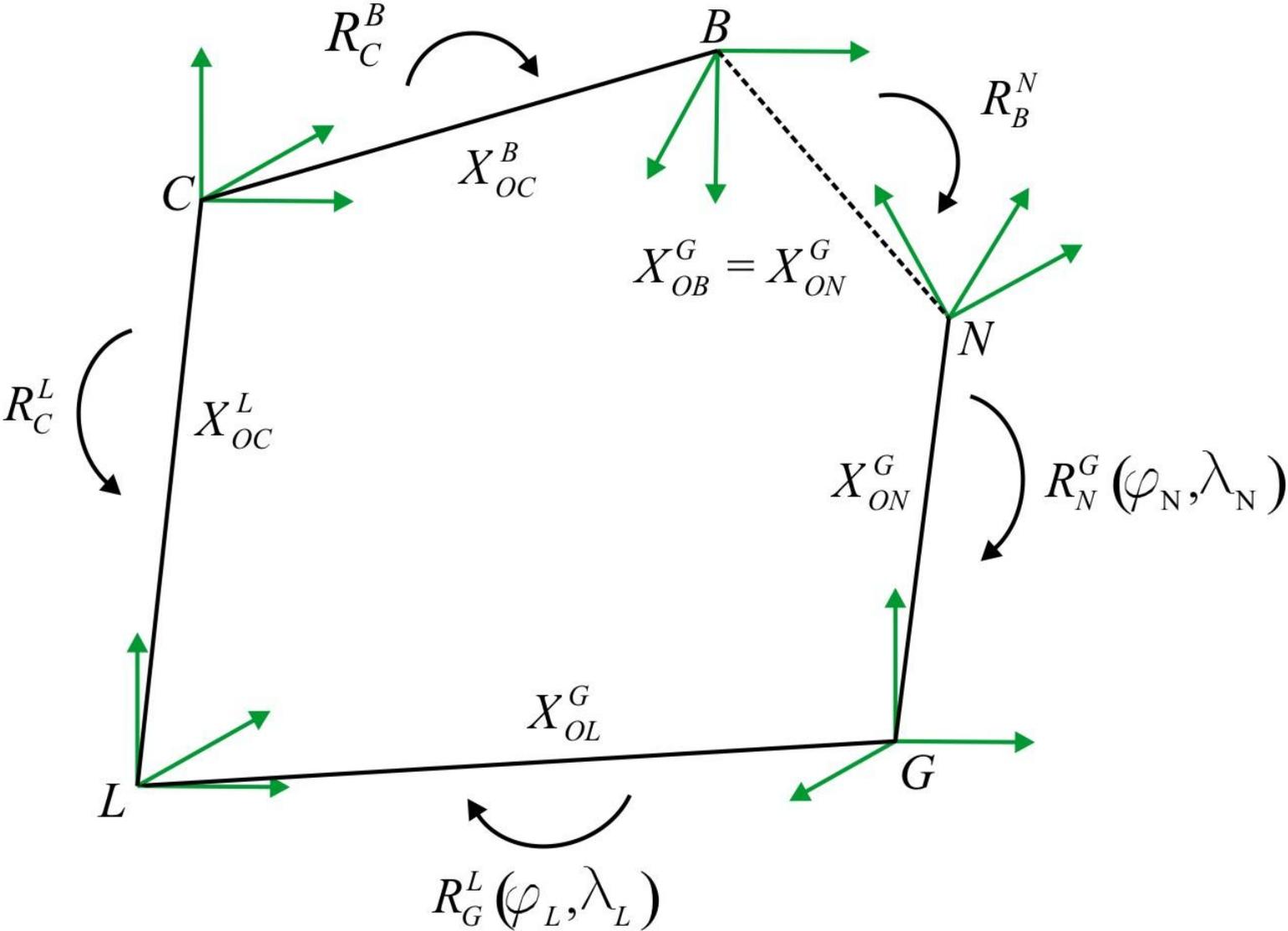
I due sistemi sono roto-traslati.

Illustrazione del SR oggetto (N, X, Y, Z) e di quello immagine (O, x, y, z) . Viene anche mostrato il piano focale dell'immagine negativa.



[sr_oggetto_sr_immagine_2.cdr,wmf]

La calibrazione



4 - Automazione

La misura di un DTM con Fotogrammetria

La fotogrammetria consente di misurare la coordinate 3D di tutti i punti visibili in almeno due fotogrammi

Si possono misurare punti appartenenti al terreno e tendenzialmente per distribuiti: essi costituiranno i punti sparsi con cui calcolare un DTM

L'automazione in Fotogrammetria

Da quando la fotogrammetria è digitale, la ricerca si è messa al lavoro per automatizzare il processo fotogrammetrico.

Il punto di partenza è la capacità di misurare la similitudine fra due sotto-immagini.

Se per l'intero processo l'obiettivo è tutt'altro che raggiunto, per alcuni passi l'automazione è pressoché realizzata.

Consideriamo due esempi:

- la restituzione di un edificio
- la generazione di un DTM

Restituzione di un edificio

Individuazione sul fotogramma SX del punto esatto (MAN)

Individuazione della posizione approssimativa dello stesso punto sul fotogramma DX (AUT)

Collimazione precisa sul fotogramma DX (AUT)

Generazione DTM

Individuazione sul fotogramma SX di una semina di punti ben distribuiti (AUT nel senso che non è importante un punto a un altro, ma la semina))

Individuazione della posizione approssimativa dello stesso punto sul fotogramma DX (AUT)

Collimazione precisa sul fotogramma DX (AUT)

Misure della similitudine

Consideriamo due sottoimmagini $A = [a_{ij}]$ e $B = [b_{ij}]$ della stessa dimensione.

Una misura della loro similitudine può essere definita (non è l'unica)

$$d = \sqrt{\frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (a_{ij} - b_{ij})^2}$$

Una volta scelto un punto sull'immagine di SX (una sottoimmagine avente come centro il particolare individuato e costituita da $n \times m$ pixel) posso scorrere l'immagine di DX per vedere se abbia qualche porzione abbastanza simile (d minore di una soglia) a quella prescelta.

5 - Camere digitali

Scansione dei fotogrammi

Dimensione fotogramma 230 x 230 mm²

Risoluzione standard 14 micron

$$\text{Numero di pixel} \frac{230 \text{ mm}}{0.014 \text{ mm}} = 16429$$

Esiste un array CCD a matrice di 16000 x 16000? Se sì, siamo a posto

5.1 - Camere aeree digitali

Elementi

Basate su compromessi

La filosofia a linea

La filosofia a matrice

Maggiore risoluzione radiometrica

Mercato vivacissimo

Applanix DSS 439



•

Frame camera con un unico cono (obiettivo e sensore), acquisisce a colori con Bayer pattern

•

Applanix DSS 439 - 2



- Ha unico CCD di 7216 (across track) x 5412 (along track), 39MP
- Dimensione pixel: 6,8 micron
- Lunghezza focale: 60 mm (40 e 250 mm opzionale)
- **In alternativa**, acquisisce immagini CIR (si inserisce un filtro, operazione semplice)
-
- L'immagine PAN è ottenuta per sintesi delle tre componenti RGB
- No FMC

Applanix DSS 439 Wide-angle



- Ha unico CCD di 8924 (across track) x 6732 (along track), 60MP
- Dimensione pixel: 6 micron
- Lunghezza focale: 35 mm (50 mm opzionale)
- **In alternativa**, acquisisce immagini CIR (si inserisce un filtro, operazione semplice)
-
- L'immagine PAN è ottenuta per sintesi delle tre componenti RGB
- No FMC

Applanix DSS 439 Wide-angle - 2



Vexcel Ultracam-X



Seconda generazione! Frame camera con 8 coni e 13 array di CCD.

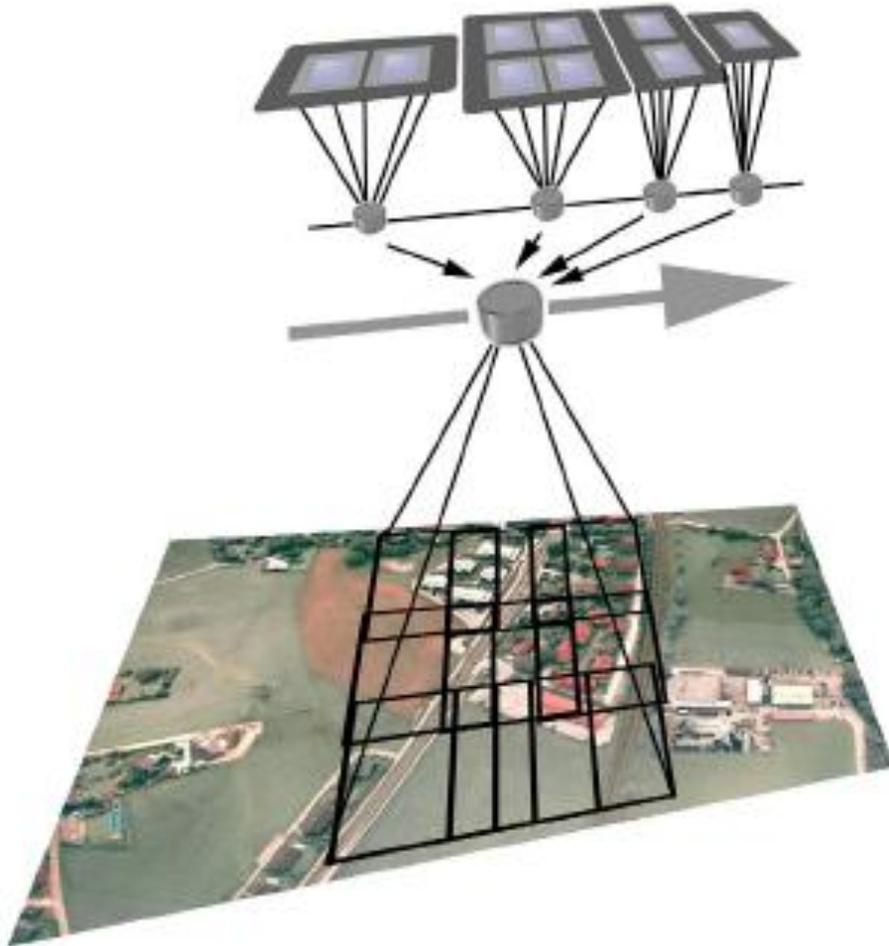
Vexcel Ultracam-X – 2



- Quattro camere PAN parallele, con 9 array CCD
- Quattro camere parallele che acquisiscono R,G,B e NIR a bassa risoluzione
- Le immagini a colori e CIR ad alta risoluzione sono ottenute con pan-sharpening
- FMC basata su TDI

Acquisita da Microsoft nel 2006

Vexcel Ultracam-X – 3



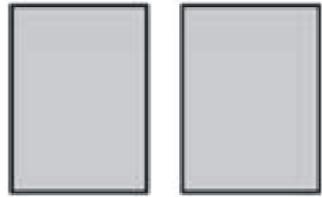
- Le quattro camere PAN sono parallele e sintopiche (*syntopic*, neologismo creato da Leberl): non acquisiscono allo stesso momento, ma dallo stesso punto (in istanti diversi)



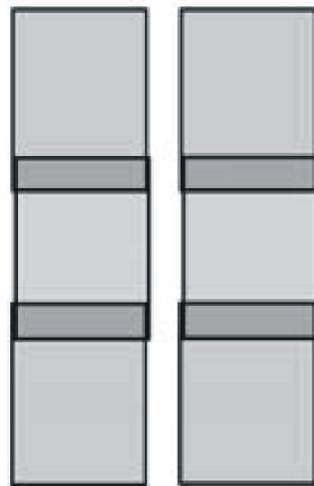
Vexcel Ultracam-X – 4



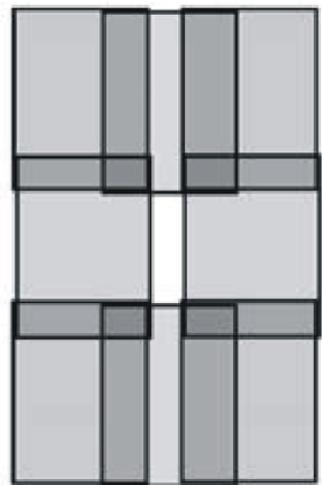
Acquisizione della PAN per frammenti



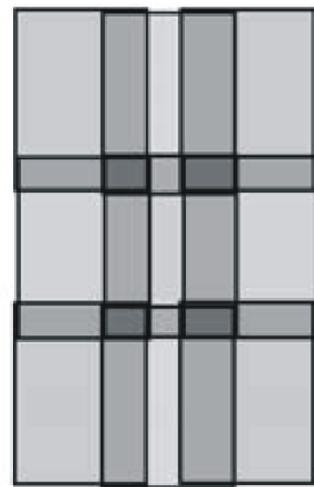
1



1+2



1+2+3



1+2+3+4

- **Scopo della sovrapposizione:** stimare con il matching la posizione relativa delle camere componenti: evidentemente si muovono e non si può assumere che il loro orientamento resti esattamente quello determinato in laboratorio
- **Aspetti notevoli:**
- i 4 coni acquisiscono dallo stesso punto
- le sotto-immagini acquisite dagli altri cono sono tutte mosaicate con riferimento alla master

Comparazione fra UltracamD e UltracamX

● Ultracam-D	● UltraCam-X
<ul style="list-style-type: none">● Risoluzione della PAN e delle PAN-SHARPENED: 11500 (across) x 7500 (along) pixel● Risoluzione delle COLOR e del frammento PAN: 4008 x 2672● Pixel: 9 micron● Focale per la PAN e pan-sharpened: 100 mm (virtuale)● 12/14 bit● Risoluzione del singolo array: 4008 x 2672● Rapporto 3:1 nella risoluzione fra PAN e COLOR	<ul style="list-style-type: none">● Risoluzione della PAN e delle PAN-SHARPENED: 14430 (across) x 9420 (along) pixel● Pixel: 7.2 micron● Focale per la PAN e pan-sharpened: 100 mm (virtuale)● 12/14 bit● Risoluzione delle COLOR e del frammento PAN: 4992 x 3328●

Comparazione fra UltracamD e UltracamX – 2

Altezza relativa di volo; ultima riga: UcD e UcX con lo stesso GSD

GSD in metri: risoluzione

Interasse:produttività

Rapporto base/altezza: geometria di presa

Camera	DZ [m]	R1/R2	p1/p2	l1/l2 [mm]	d [mm]	f [mm]	L1/L2 [m]	D [m]	B/l [m]	B/H
Analogica	2000	60%	16429	230	0,014	150	3067	0,19	1227	0,61
		20%	16429	230			3067		2453	
Ultracam-D	2100	60%	7500	68	0,009	100	1418	0,19	567	0,27
		20%	11500	104			2174		1739	
Ultracam-X	2100	60%	9420	68	0,0072	100	1424	0,15	570	0,27
		20%	14430	104			2182		1745	
Ultracam-X	2600	60%	9420	68	0,0072	100	1763	0,19	705	0,27
		20%	14430	104			2701		2161	

Vexcel UltracamXp – terza generazione

Presentata a Beijing 2008



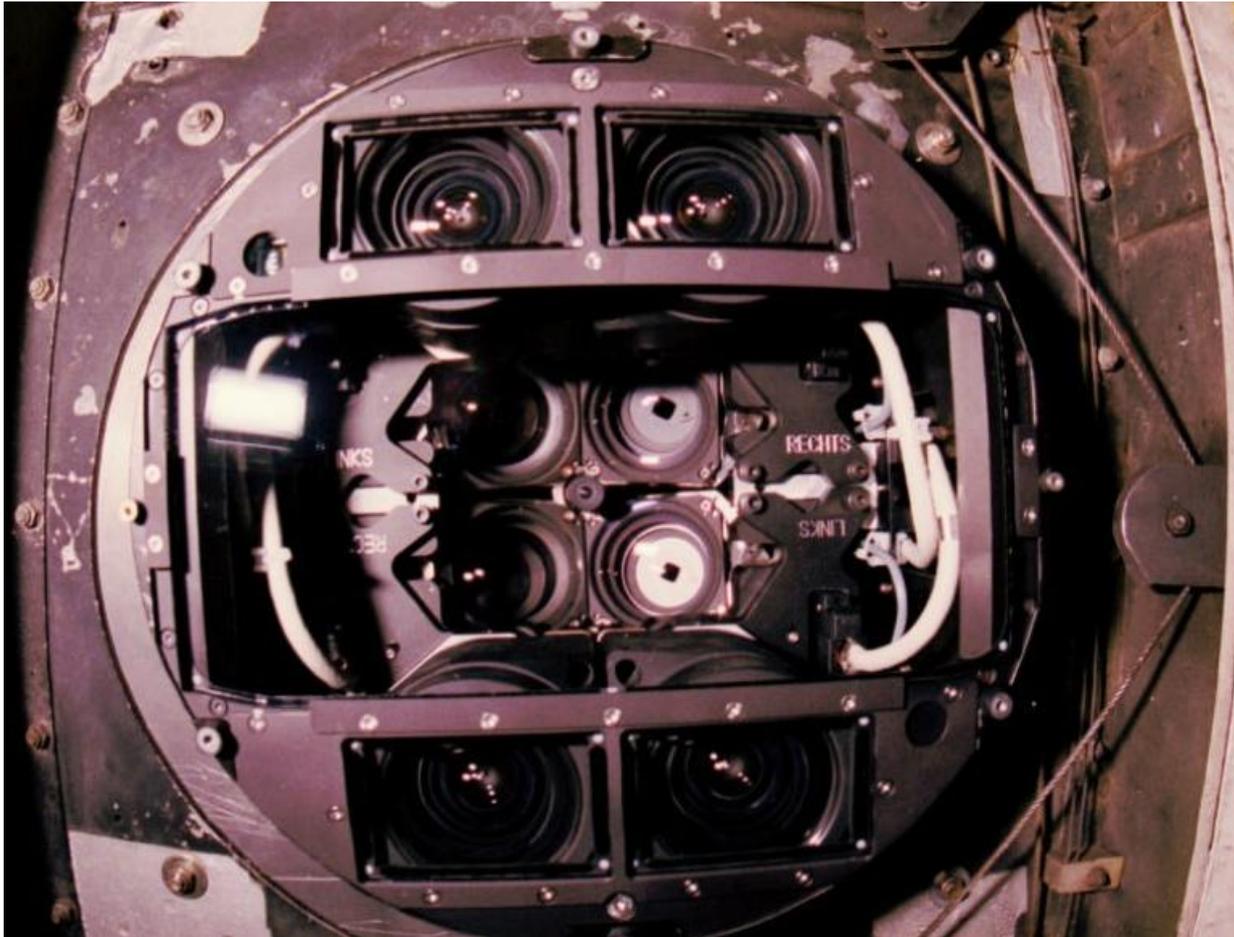
[immagine_ultracam_xp.png]

Comparazione fra UltracamX e UltracamXp

● UltraCam-X	● Ultracam-Xp
<ul style="list-style-type: none">● Risoluzione della PAN e delle PAN-SHARPENED: 14430 (across) x 9420 (along) pixel● Pixel: 7.2 micron● Focale per la PAN e pan-sharpened: 100 mm (virtuale)● 12/14 bit●● Risoluzione del singolo array: 5010 x 3340 (ottenuta da me ipotizzando che la dimensione dell'array resti la stessa)	<ul style="list-style-type: none">● Risoluzione della PAN e delle PAN-SHARPENED: 17310 (across) x 11310 (along) pixel● Risoluzione delle COLOR: 5770 x 3770● Pixel: 6 micron● Focale per la PAN e pan-sharpened: 100 mm (virtuale)● 12/14 bit● Rapporto 3:1 nella risoluzione fra PAN e COLOR

Z/I DMC





- Quattro camere PAN parallele, con altrettanti array CCD
- Quattro camere inclinate che acquisiscono R,G,B e NIR a bassa risoluzione
- Le immagini a colori e NIR ad alta risoluzione sono ottenute con pan-sharpening
- FMC basata su TDI
-

Z/I DMC - 3

Le quattro **camere PAN** acquisiscono contemporaneamente da 4 punti diversi

- Risoluzione del singolo CCD PAN: 7000 (across) x 4000 (along)
- Focale: 120 mm
- Pixel: 12 micron
- Radiometria: 12 bit

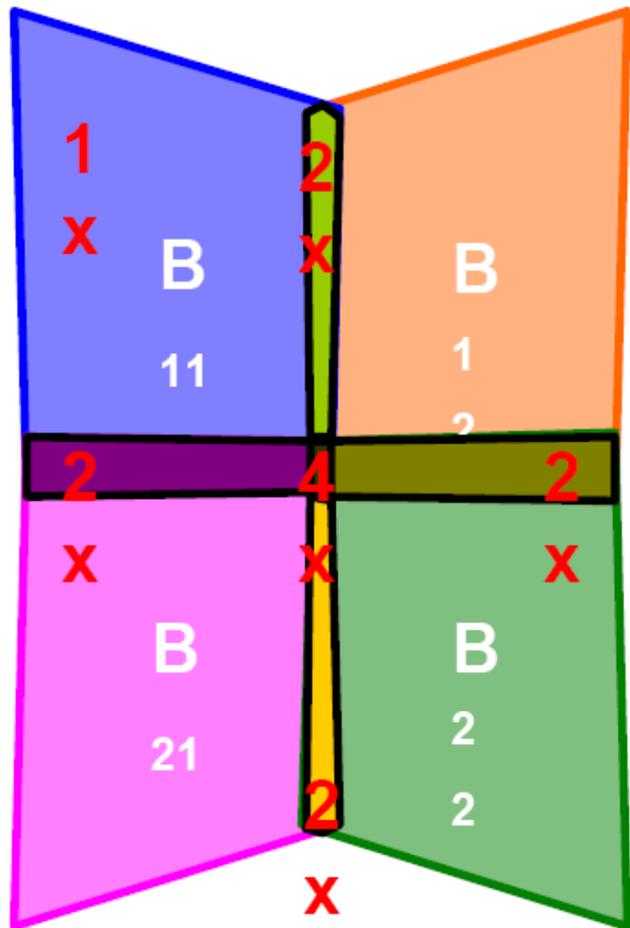
L'immagine **PAN complessiva** è: 13824 (across) x 7680 (along); è calcolata mosaicando e assegnando alla focale il valore 120 mm

Le **camere a colori**

- Risoluzione: 3000 (across) x 2000 (along)
- Focale: 28 mm
- Pixel: 12 micron
- Radiometria: 12 bit

Le immagini a **colori e CIR ad alta risoluzione** sono ottenute con pan-sharpening e hanno risoluzione 13824 (across) x 7680 (along)

Acquisizione della PAN per frammenti



- **Scopo della sovrapposizione:** stimare con il matching la posizione relativa delle camere componenti: evidentemente si muovono e non si può assumere che il loro orientamento resti quello determinato in laboratorio

- **Aspetti notevoli:**

- i 4 coni non acquisiscono dallo stesso punto
- non esiste un'immagine master

Rapporto di circa 4:1 nella risoluzione fra PAN e COLOR

Z/I DMC - 4

Altezza relativa di volo

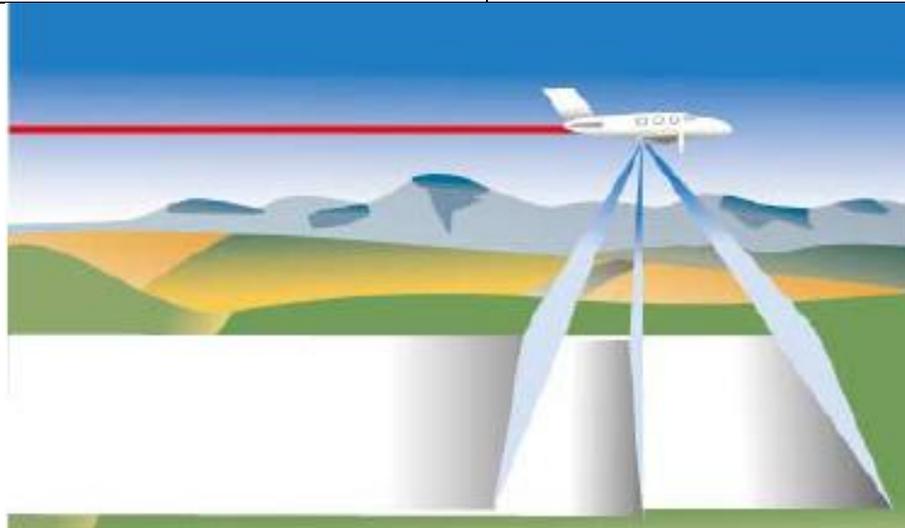
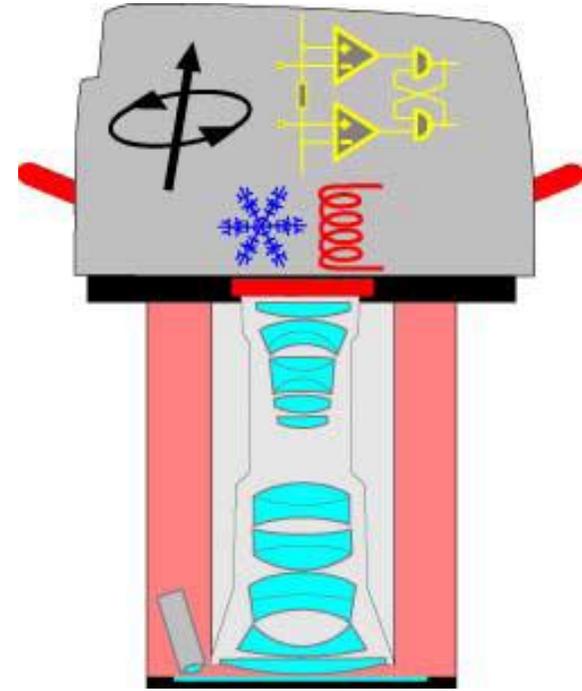
GSD in metri: risoluzione

Interasse:produttività (DMC leggermente meglio di UcX)

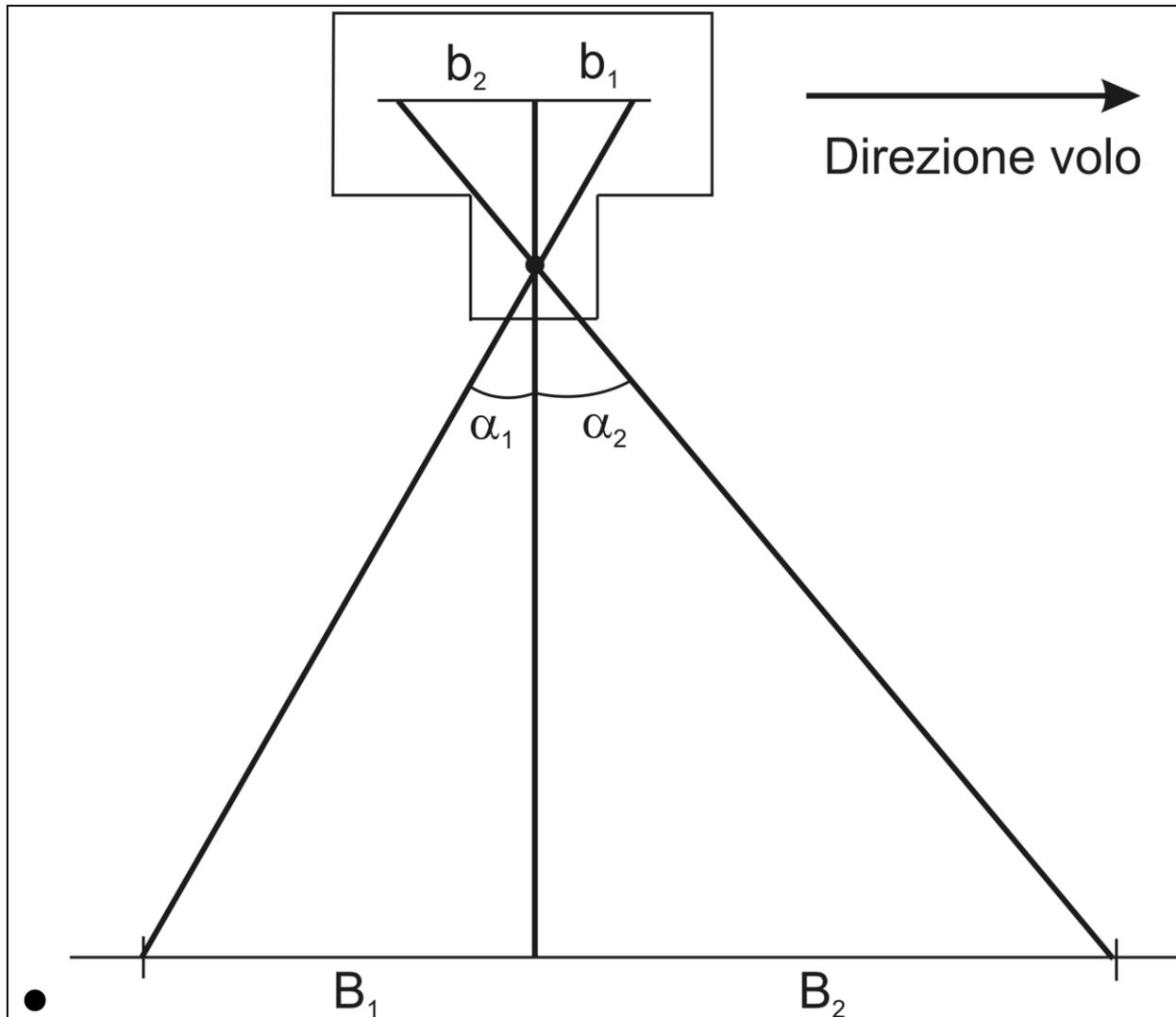
Rapporto base/altezza: geometria di presa (DMC leggermente meglio di UcX)

Camera	DZ [m]	R1/R2	p1/p2	l1/l2 [mm]	d [mm]	f [mm]	L1/L2 [m]	D [m]	B/l [m]	B/H
Analogica	2000	60%	16429	230	0,014	150	3067	0,19	1227	0,61
		20%	16429	230			3067		2453	
Ultracam-X	2600	60%	9420	68	0,0072	100	1763	0,19	705	0,27
		20%	14430	104			2701		2161	
DMS	1900	60%	7680	92	0,012	120	1459	0,19	584	0,31
		20%	13824	166			2627		2101	

Leica ADS40

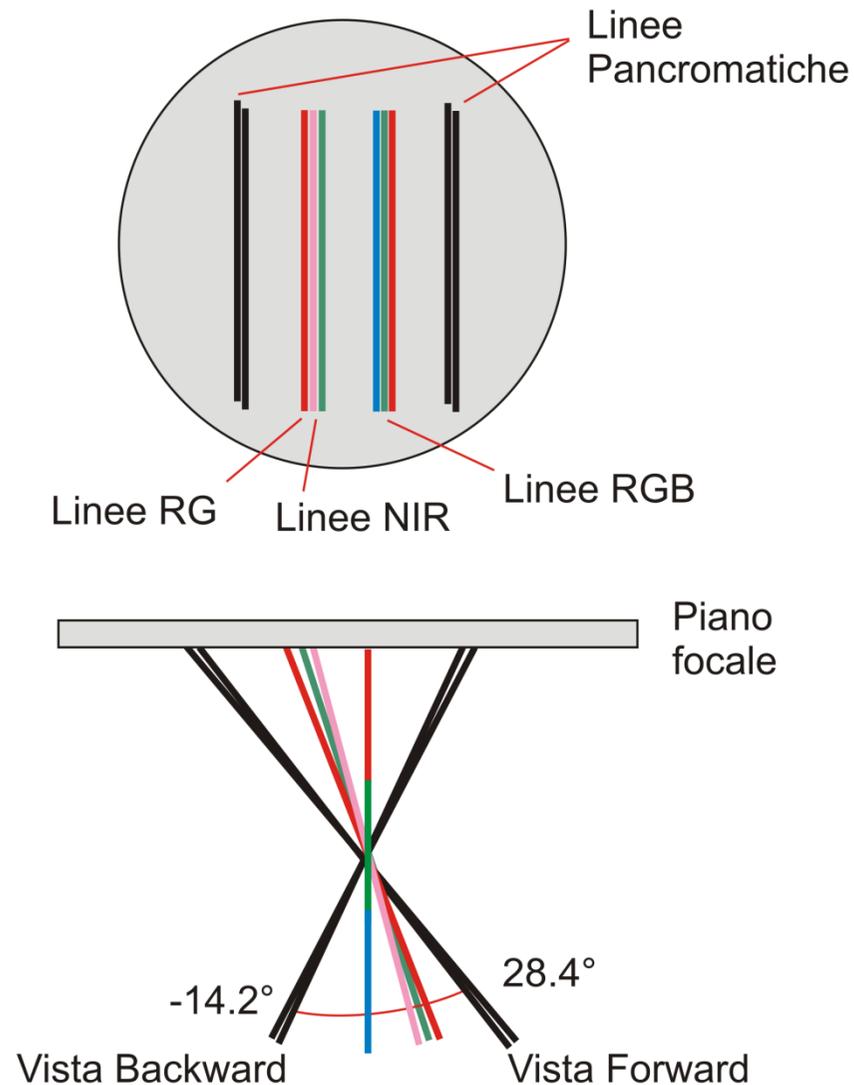


Leica ADS40: three-line camera



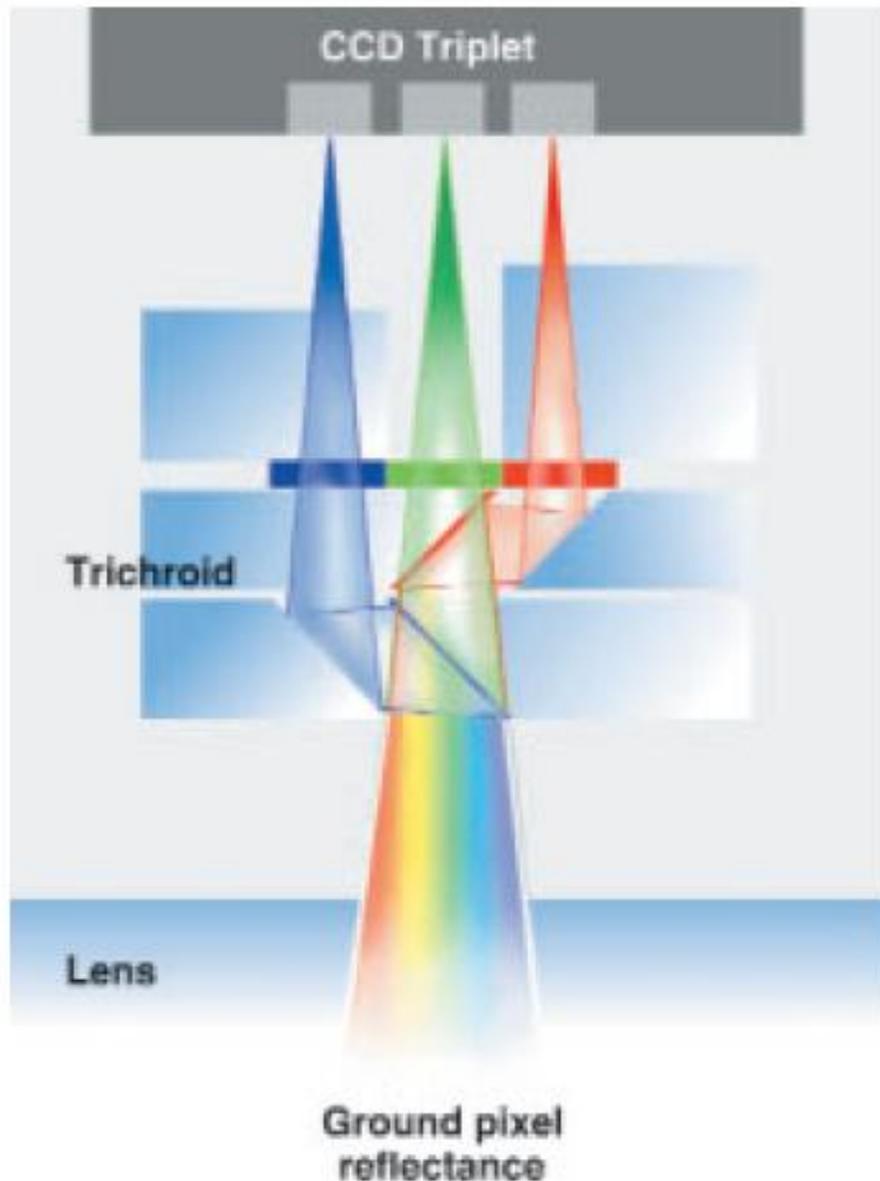
-
- Camera a linee: ha unico obiettivo; sul piano focale sono disposti molteplici sensori CCD a linea
- Acquisisce immagini lungo almeno tre direzioni (three-line camera)

Leica ADS40: il piano focale



- Sensori da 12000 pixel, 6.5 micron, lunghezza 78 mm
- Lunghezza focale: 62.77 mm
- Una coppia di sensori PAN staggered in posizione backward, inclinate di 14.2° ($b_1 = 15.88$ mm)
- Una coppia di sensori PAN staggered in posizione forward, inclinate di 28.4° ($b_2 = 33.94$ mm)
- Tre linee R, G e B esattamente nadirali; vedono il terreno sotto lo stesso angolo, grazie al tricroide
- Tre linee R, G e NIR in posizione forward

Leica ADS40: il dispositivo tricroide



- Acquisisce un *singolo raggio di luce* e lo separa in tre componenti che, dopo essere state filtrate, vengono inviate ai tre sensori R, G, e B
- **Vantaggi:** perfetta co-registrazione
- **Svantaggi:** l'energia viene suddivisa in tre canali: possibile incremento del SNR; questo può costringere a volte a scegliere tempi di integrazione relativamente lunghi

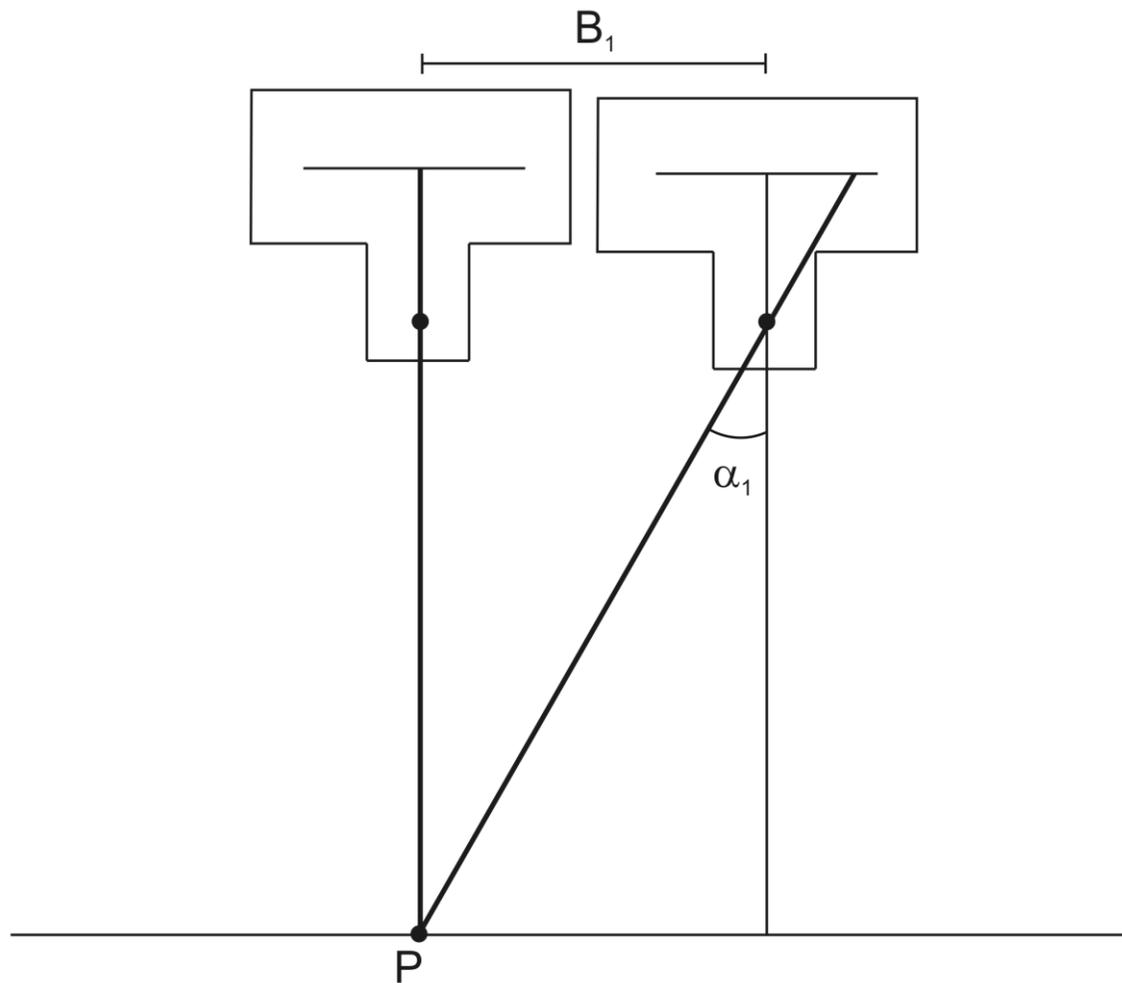
Leica ADS40

- Il GSD in direzione cross-track è dato dal sensore ed è regolare
- Il GSD in direzione along-track è dato dal movimento dell'aereo
- Non vi è garanzia che il pixel sia quadrato: il pixel quadrato è ottenuto per interpolazione

- Vengono sistematicamente acquisite 3 immagini del terreno
- Immagine RGB e immagini PAN hanno la stessa risoluzione: non è necessario il pan-sharpening
- Le componenti R, G e B sono co-registrate

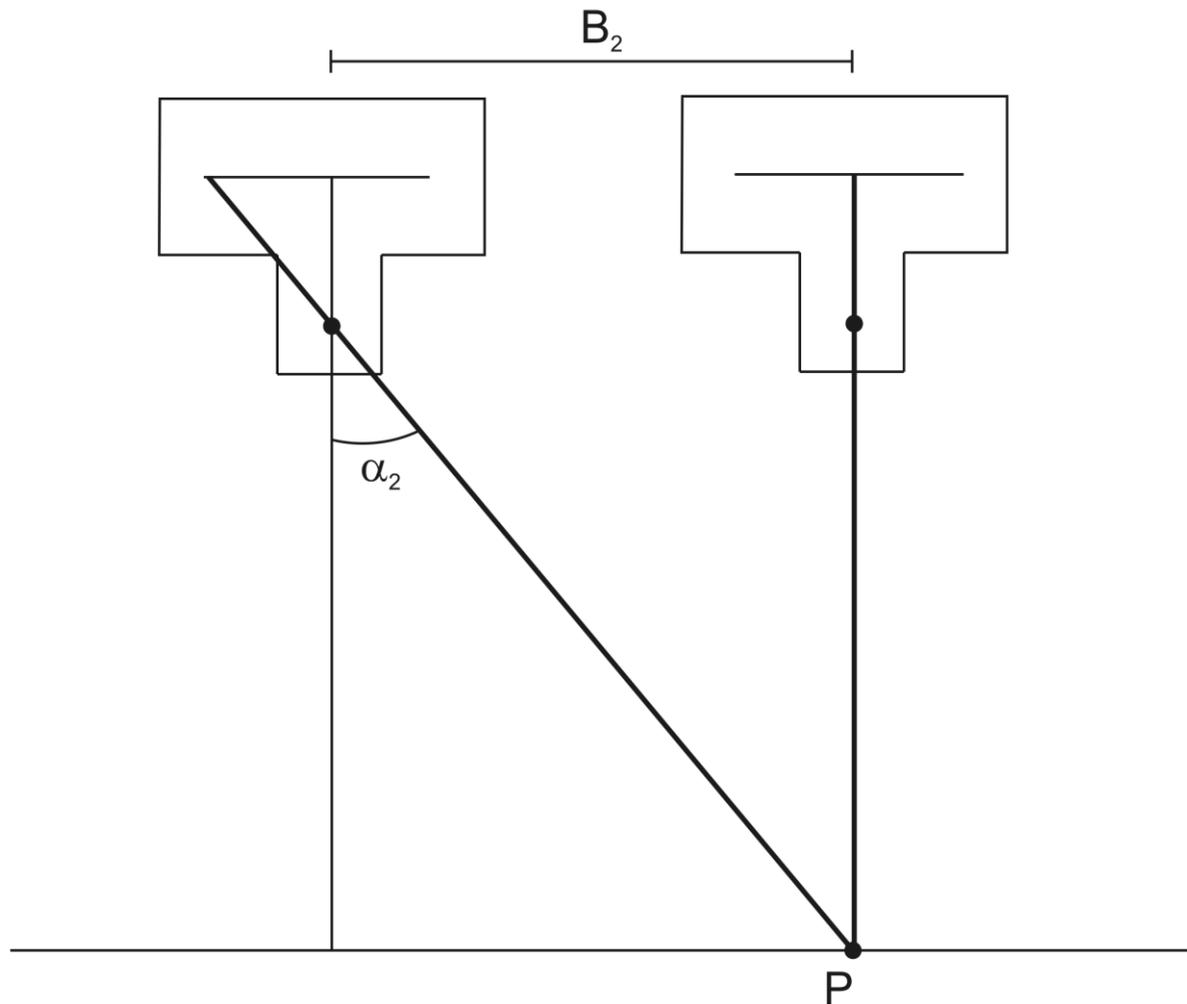
Secondo Leica, non c'è bisogno di FMC perché i tempi di integrazione sono sufficientemente corti

ADS40: i modelli stereoscopici disponibili - 1



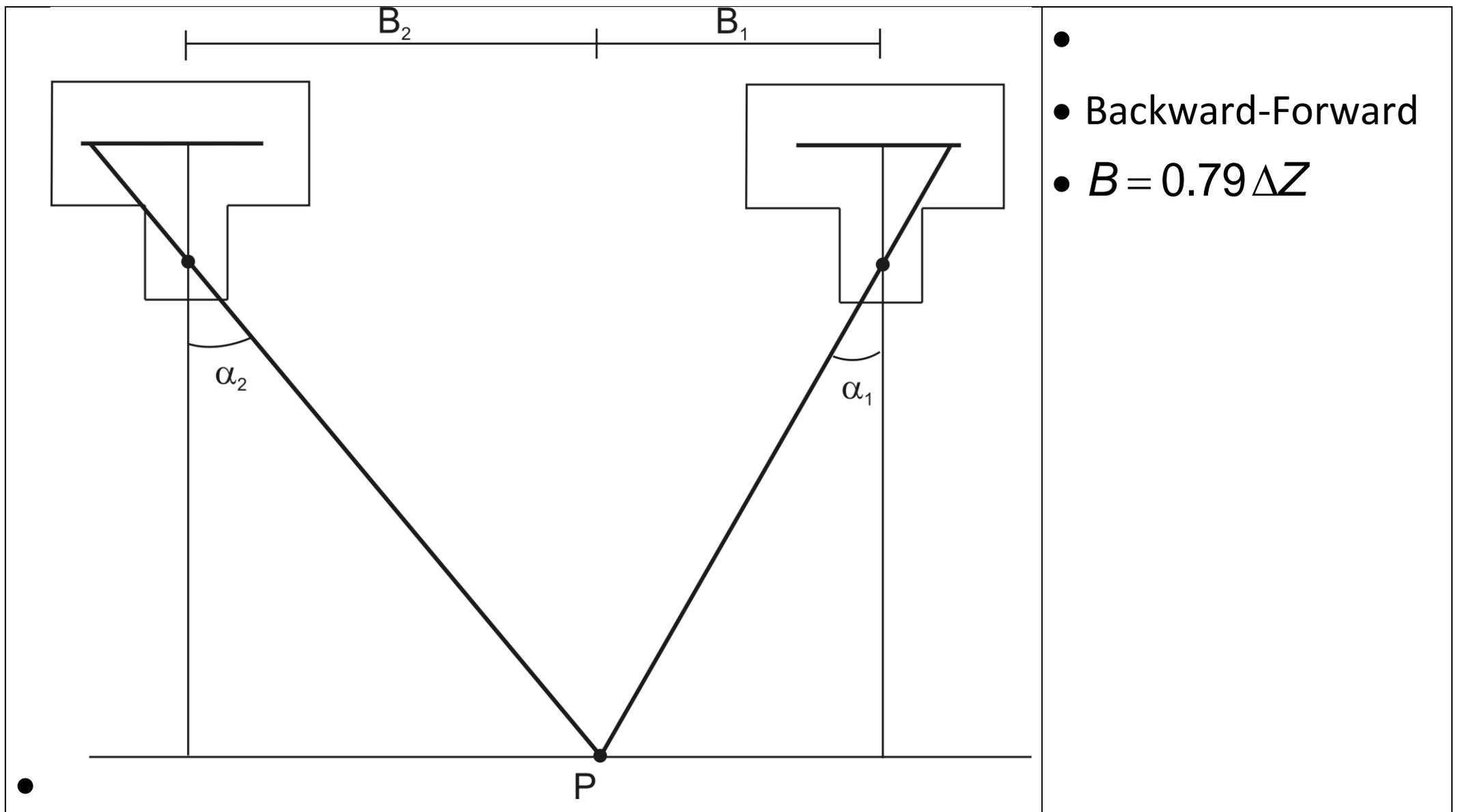
-
- Nadir-Backward
- $B = 0.25 \Delta Z$
-
- Si vede a colori, in sostanza
-

ADS40: i modelli stereoscopici disponibili - 2



-
- Nadir-Forward
- $B = 0.54 \Delta Z$
-
- Si vede a colori
-

ADS40: i modelli stereoscopici disponibili - 3

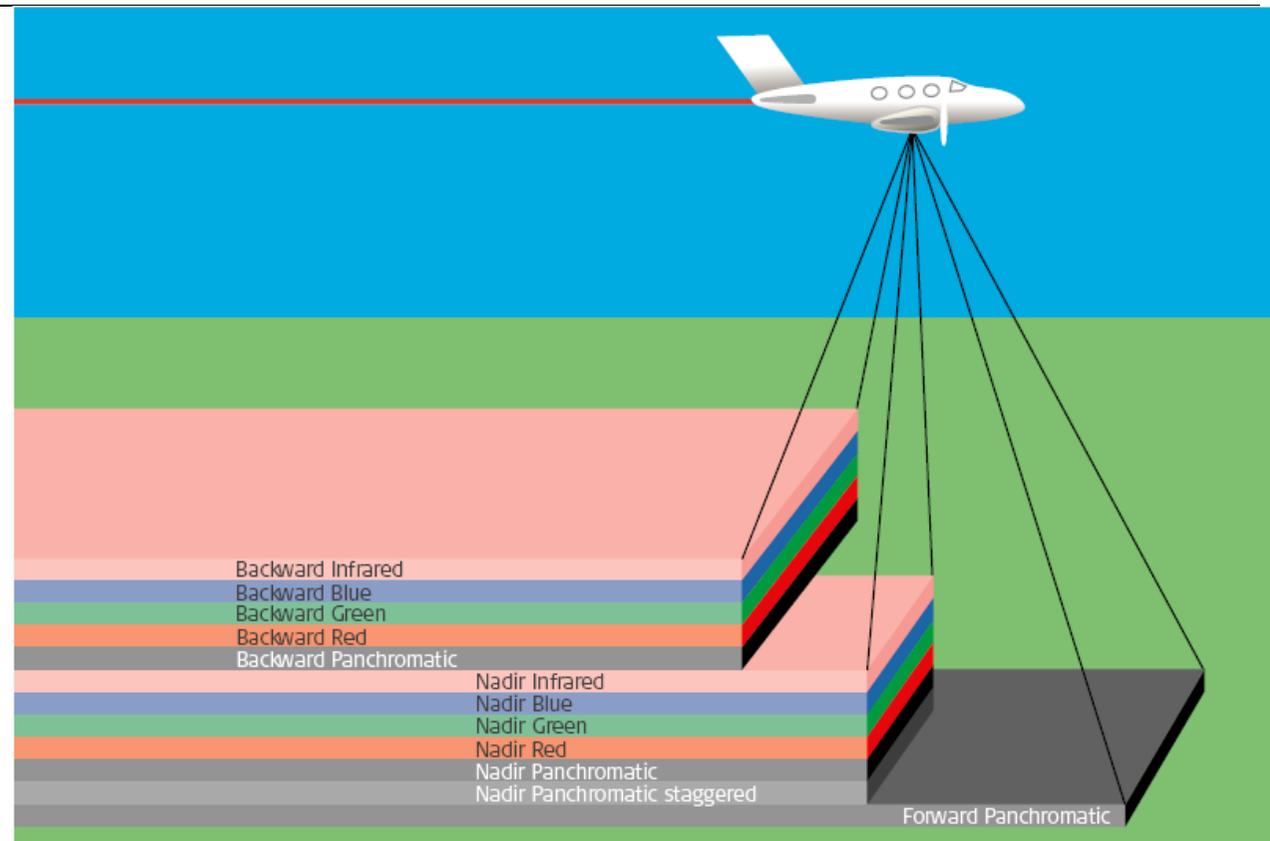


Comparazione

Camera	DZ [m]	R1/R2	p1/p2	l1/l2 [mm]	d [mm]	f [mm]	L1/L2 [m]	D [m]	B/I [m]	B/H
Analogica	2000	60%	16429	230	0,014	150	3067	0,19	1227	0,61
		20%	16429	230			3067		2453	
Ultracam-X	2600	60%	9420	68	0,0072	100	1763	0,19	705	0,27
		20%	14430	104			2701		2161	
DMS	1900	60%	7680	92	0,012	120	1459	0,19	584	0,31
		20%	13824	166			2627		2101	
ADS40-NB	1850			0	0,0065	62,77	0	0,19	468	0,25
		20%	12000	78			2299		1839	
ADS40-NF	1850			0	0,0065	62,77	0	0,19	1000	0,54
		20%	12000	78			2299		1839	
ADS40-BF	1850			0	0,0065	62,77	0	0,19	1468	0,79
		20%	12000	78			2299		1839	
DSS	1250	60%	4092	37	0,009	60	767	0,19	307	0,25
		20%	5436	49			1019		815,4	

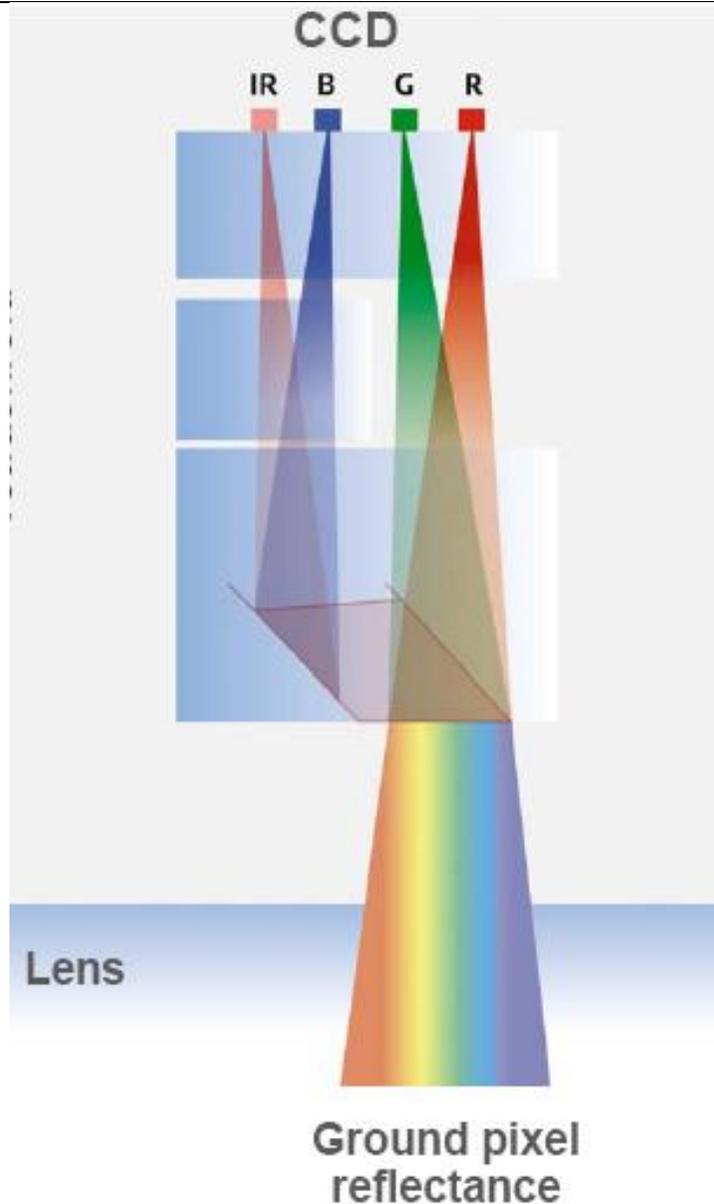
ADS40 – Seconda generazione

Annunciata a ottobre 2006. Due nuove teste denominate SH51 e SH52



-
-
- Angolo backward: 16°
- Angolo forward: 27°

ADS40 – Seconda generazione: novità principali



- Due immagini a colori
- Quadricroide: R, G, B e NIR co-registrate
- Si può fare stereovisione con immagini CIR
- Nuovi IMU, non americani, esportabili senza troppi vincoli
- Sensitività maggiore di 4 volte: minori tempi di integrazione per il colore
-

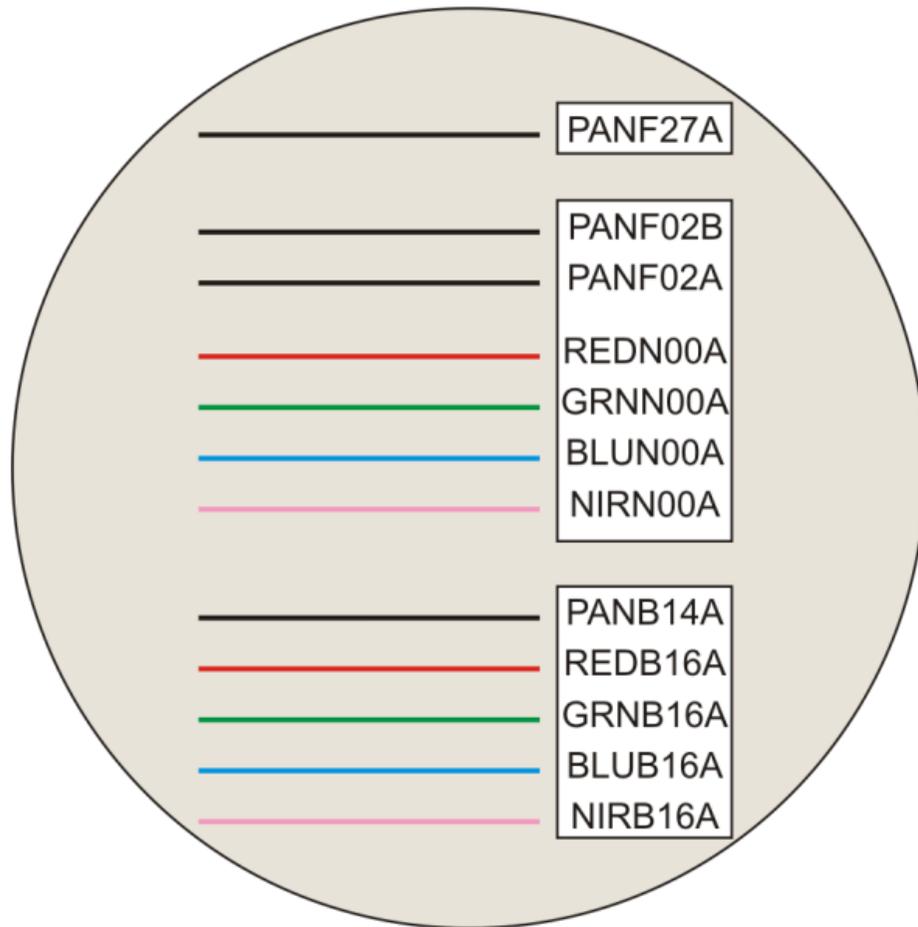
ADS40 – Seconda generazione: SH51



-
- **SH51**
- Una sola immagine a colori acquisita e un solo quadricroide
- PAN nadirale leggermente inclinata
- R, G, B e NIR co-registrati
- Se si vuole avere PAN co-registrata la si deve fare sintetizzando R, G e B
-

ADS40 – Seconda generazione: SH52

SH52



-
- **SH52**
- Due immagini a colori e NIR, co-registrate
- Due quadricroidi
- Possibilità di fare stereo anche sulle CIR: studi forestali
-
-

ADS80 – Terza generazione

Annunciata a luglio 2008. Due nuove teste denominate SH81 e SH82

Caratteristiche simili ad ADS40-SH51/52, ma cambi nella elettronica e riduzione del tempo di integrazione e che 1.25 ms della SH52 e SH40). Sensibilità la stessa della SH52, 4 volte maggiore della SH40.

Sensori inerziali Leica IPAS: abbandono di Applanix

Nuovo programma XPRO

6 - Droni

MD4-1000



Diametro: < 1m

Quota di volo massima: fino a 1000 m

Volo automatico

Payload: 1.2 kg

Autonomia: 45 min con carico di 0.5 kg; 70 min con carico di 0.2 kg

Aibotix Aibot X6



Diametro circa 1 m

Carico utile massimo 5 kg

Autonomia 40'

Camera orientabile

Equipaggiato con GPS/IMU

Esegue automaticamente il volo pianificato

E il lidar da droni?

Ci sono degli esempi ma i laser scanner sono più pesanti, e resta il problema delle prese orizzontali

Riegil LMS-Q160



LMS-Q160

Maximum measurement range
for wire targets ²⁾

up to 60 m

for natural flat targets ³⁾

up to 200 m

Minimum range

2 m

Accuracy ⁴⁾⁵⁾

20 mm

Precision ⁵⁾⁶⁾

15 mm

Effective measurement rate

10 000 measurements/sec

Multi target resolution

8 m

Laser wavelength

near infrared

Beam divergence ⁷⁾

2.7 mrad

Peso: ~ 4.6 kg

Esperienze di volo in combinazione al sistema Aeroscout Scout B1-100

Ibeo Lux



Accuracy (distance independent) 3.9 in/ 10cm

Angular resolution: Horizontal: up to 0.25 deg

Vertical: 0.8 deg

Distance Resolution: 1.57 in / 4cm

Peso: ~ 1 kg

Range di misura: 0.3 - 200 m

Accuratezza: 10 cm

Esperienze sul sistema Sensei

Elicotteri capaci di fare lidar - Scout B1-100



TECHNICAL DATA

Main rotor diameter	3.2 m
Tail rotor diameter	0.65 m
Main rotor speed	860 rpm
Empty weight (no fuel, no payload)	45 kg
Gasoline engine	100 ccm
Engine power (approx.)	18 PS
Electric starter (onboard included)	12V
Fuel tank volume (standard)	2 x 5.0 l
Material of rotor blades	carbon
Material of main body	aluminum
Engine cooling system	air-cooled
Length	3.3 m
Width	1.0 m
Height (approx.)	1.0 m
Landing gear	skids (wheels optional)

Quota di volo massima: 500 m

Volo automatico

Payload: 18 kg

Da verificare se sia possibile il volo automatico

