

Vittorio Casella

DIET – Università di Pavia

email: vittorio.casella@unipv.it

L'orientamento interno

Dispense

Che cosa si intende per *orientamento interno*

L'espressione ha due usi connessi.

1. A volte si usa tale espressione per indicare la geometria interna della camera: lunghezza focale, PPA, PBS, distorsione, ecc. Per non fare confusione userò proprio l'espressione **geometria interna** per indicare tali aspetti. In generale la geometria interna è considerata costante ed è riportata nel certificato di calibrazione.

In certi ambiti (close-range, camere aeree digitali, fotogrammetria diretta, camere non metriche) la geometria interna deve essere ri-stimata con un processo detto *camera self-calibration*.

2. Altre volte l'espressione orientamento interno indica i parametri della trasformazione piana di coordinate che consente di convertire le coordinate strumentali in coordinate immagine (origine nel punto in cui l'asse dell'obiettivo taglia il piano focale). Nelle note orientamento interno ha esclusivamente tale secondo significato.

Che cosa si intende per *orientamento interno* - 2

3. E' bene distinguere fra l'orientamento interno (un insieme di parametri) e il *calcolo dell'orientamento interno*, una fase in cui i parametri vengono determinati mediante punti doppi e una stima MQ.

I SR coinvolti

Il **SR immagine**, che ha gli assi diretti come i bordi del fotogramma e l'origine nel punto in cui l'asse dell'obiettivo taglia il piano focale: (O, x, y)

Il **SR strumentale**, quello in cui le coordinate dei punti-immagine vengono effettivamente misurate: (N, u, v) .

Nel caso di restitutori analitici il SR strumentale è definito dal restitutore stesso e dai suoi meccanismi.

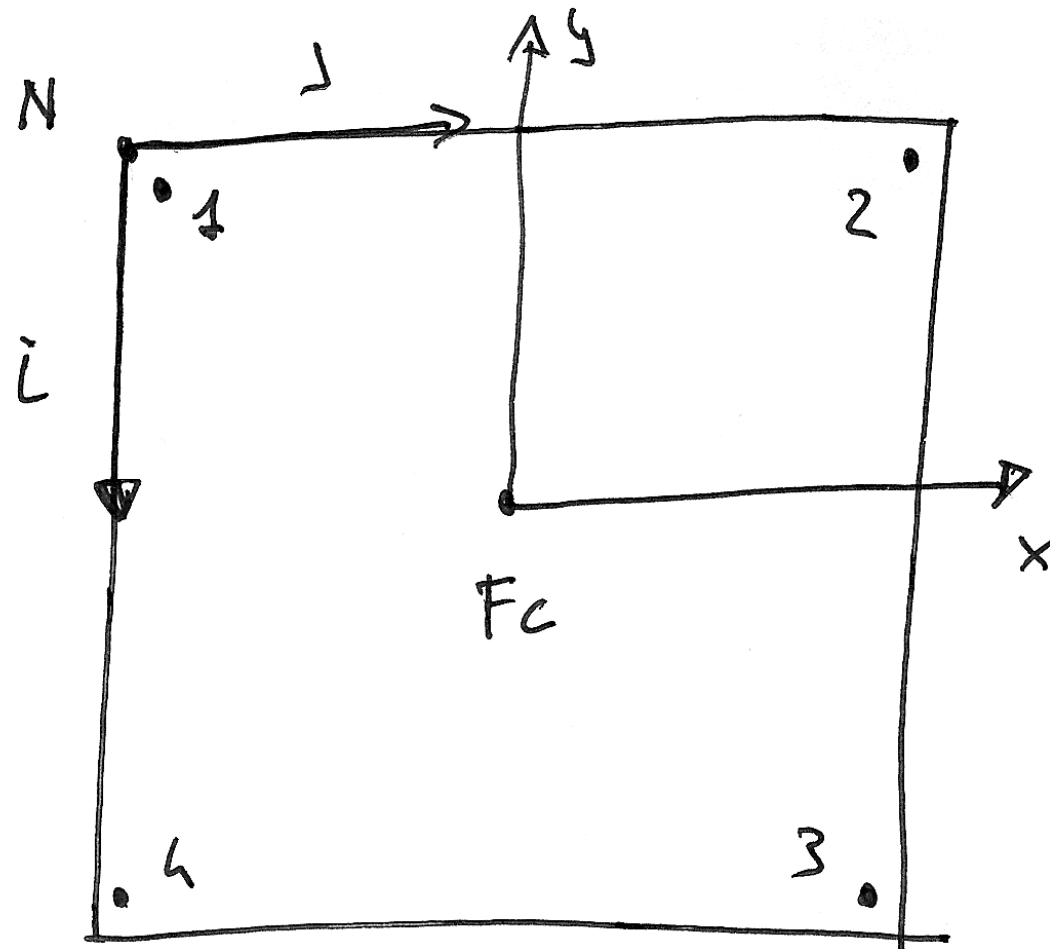
Nel caso di fotogrammi digitali, il SR strumentale è quello detto anche SR pixel, in cui la posizione di un punto è caratterizzata in termini di coordinate (i, j) come nelle matrici; i corre dall'alto verso il basso; j corre da sinistra verso destra.

Altre volte le coordinate pixel sono dette (r, c) , *row* e *column*, esattamente con lo stesso significato.

Socet Set usa i termini (line,samples), ancora con lo stesso significato.

Le coordinate pixel

Le coordinate pixel possono essere frazionarie



[sistema_riferimento_pixel_ij_2.png]

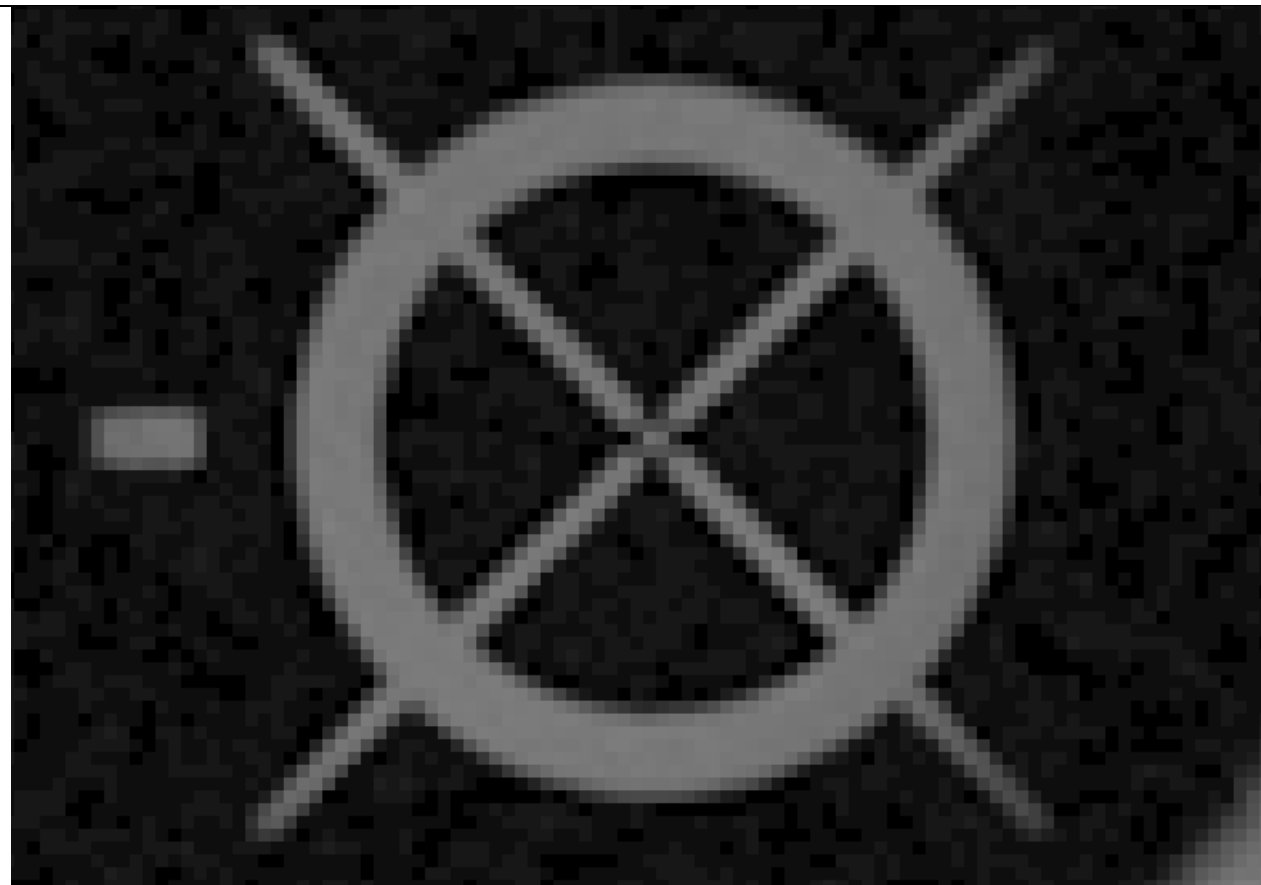
Quali punti doppi si usano

I punti doppi da usare nel calcolo dell'orientamento interno sono le marche fiduciali o reperes.

Esempio – 1

Usiamo l'immagine 6_2592_770dpi.tif. Si tratta di una immagine aerea la cui risoluzione è stata diminuita per consentire di usarla anche con programmi non dedicati, in tempi ragionevoli.

Misuriamo le 4 marche fiduciali principali, quelle ai vertici dell'immagine



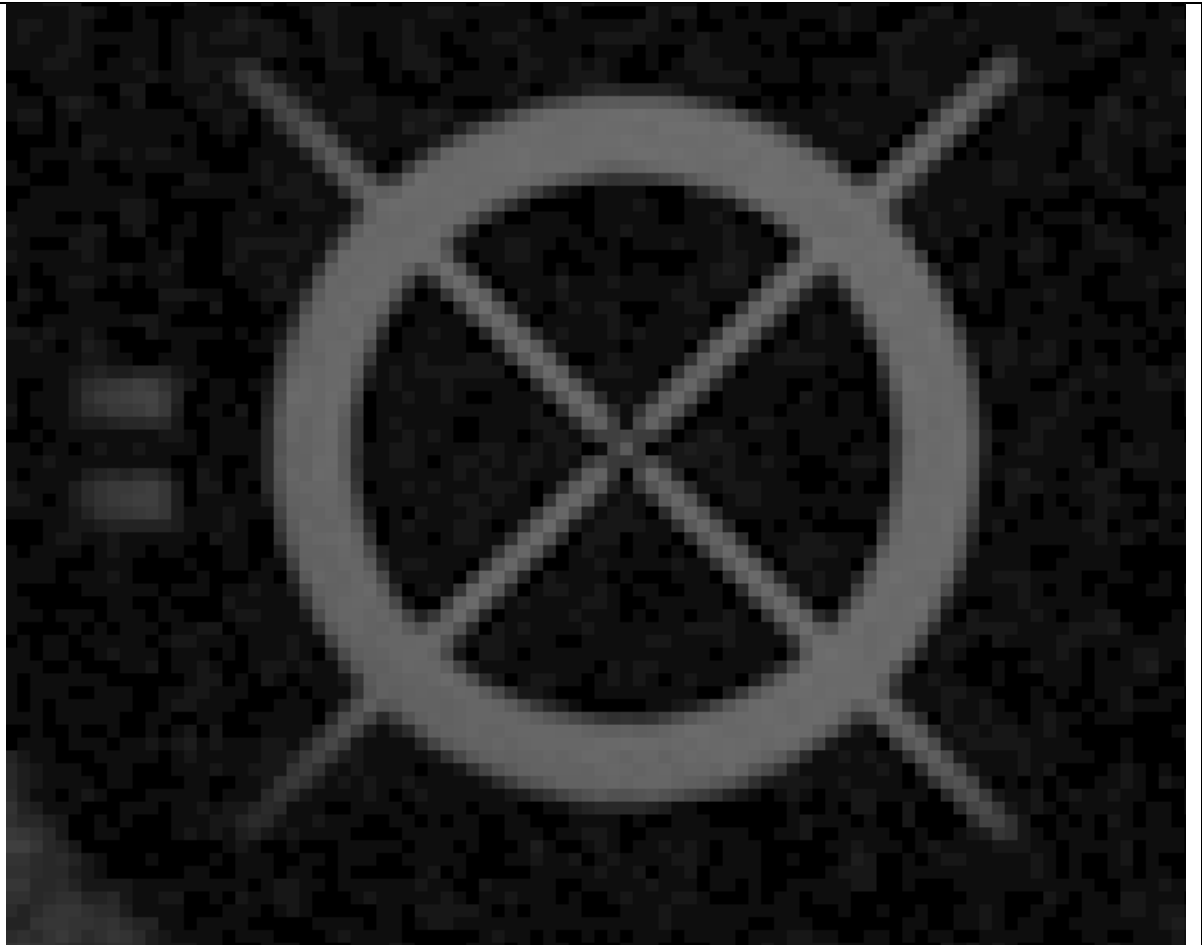
Marca 1: vedi il trattino accanto alla marca
 $i=288.50$
 $j=315.25$

Esempio – 2

Marca 2:

$i=288.75$

$j=6679.50$

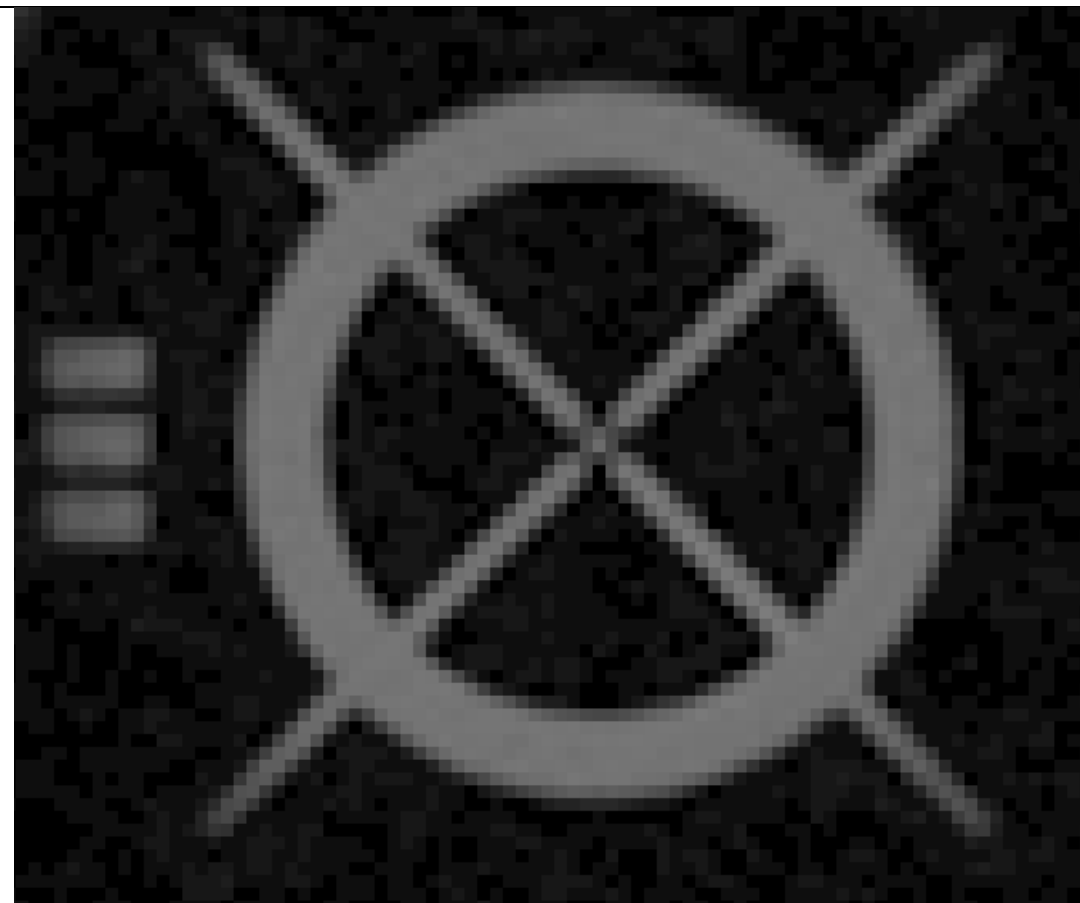


Esempio – 3

Marca 3:

$i=6651.50$

$j=6680.75$

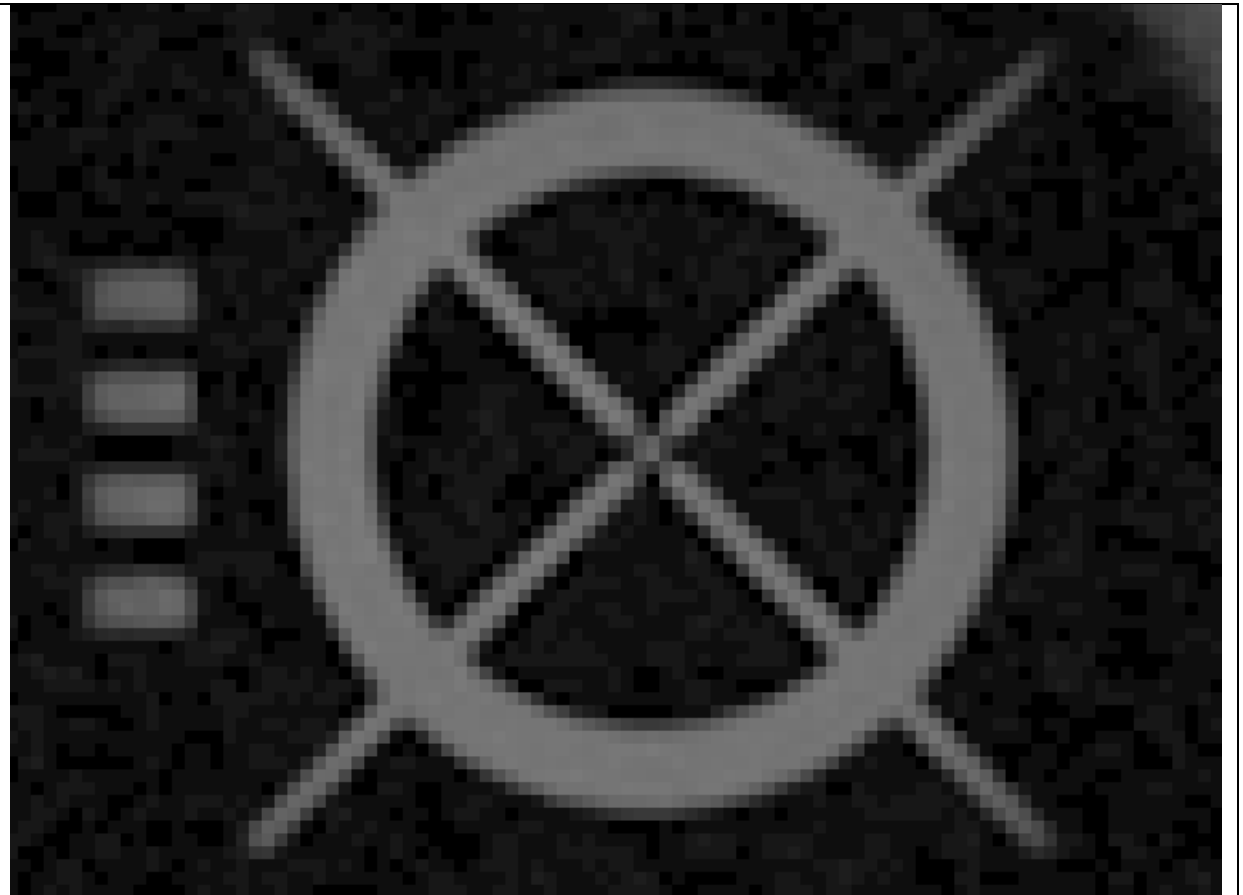


Esempio – 4

Marca 4:

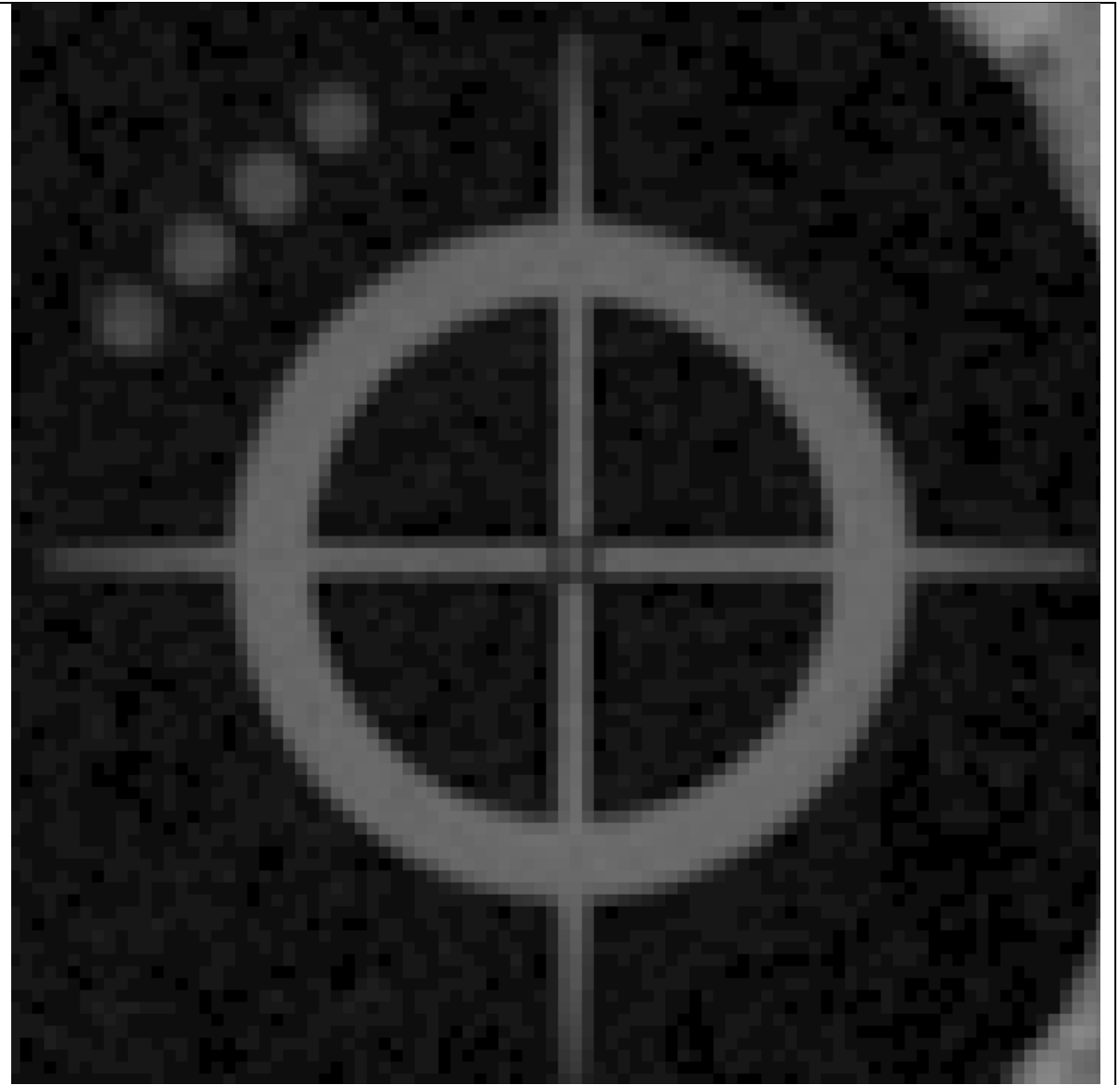
$i=6653.25$

$j=315$



Esempio – 5

Esempio di una marca che si trova nel centro dei lati: sono diversi la forma e anche i segni usati per identificarla



Riassunto delle coordinate pixel UV

Coordinate in unità pixel

1	288.50	315.25
2	288.75	6679.50
3	6651.50	6680.75
4	6653.25	315.00

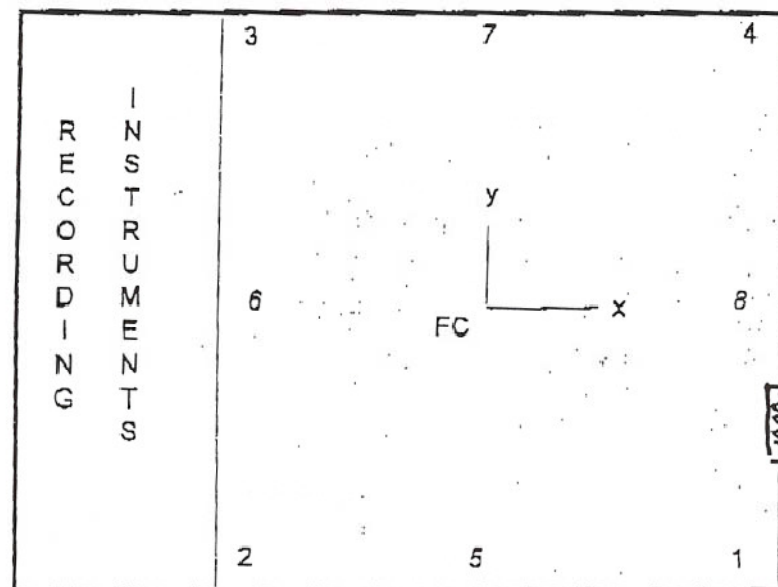
Le coordinate immagine – XY

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

Le coordinate immagine – XY - 2

Coordinate in unità millimetri

1	106.001	-106.001
2	-106.001	-106.000
3	-106.002	106.002
4	106.001	106.000

Elaboriamo con Matlab

Inseriamo le coordinate in due file denominati

`coordinate_uv.txt`

`coordinate_xy.txt`

Lanciamo lo script `esercizio_orientamento_interno.m`

Elaboriamo con Matlab - 2

Stima ai MQ

ne: 8 - ni: 4

Sigma: 0.02560098

Parametri

Tx:	116.4966	0.01898
Ty:	-115.6164	0.01898
alpha (grad):	99.99359801	0.00543603
lambda:	0.03331073	0.00000284

Elaboriamo con Matlab - 3

Parametri

Tx: 116.4966

Ty: -115.6164

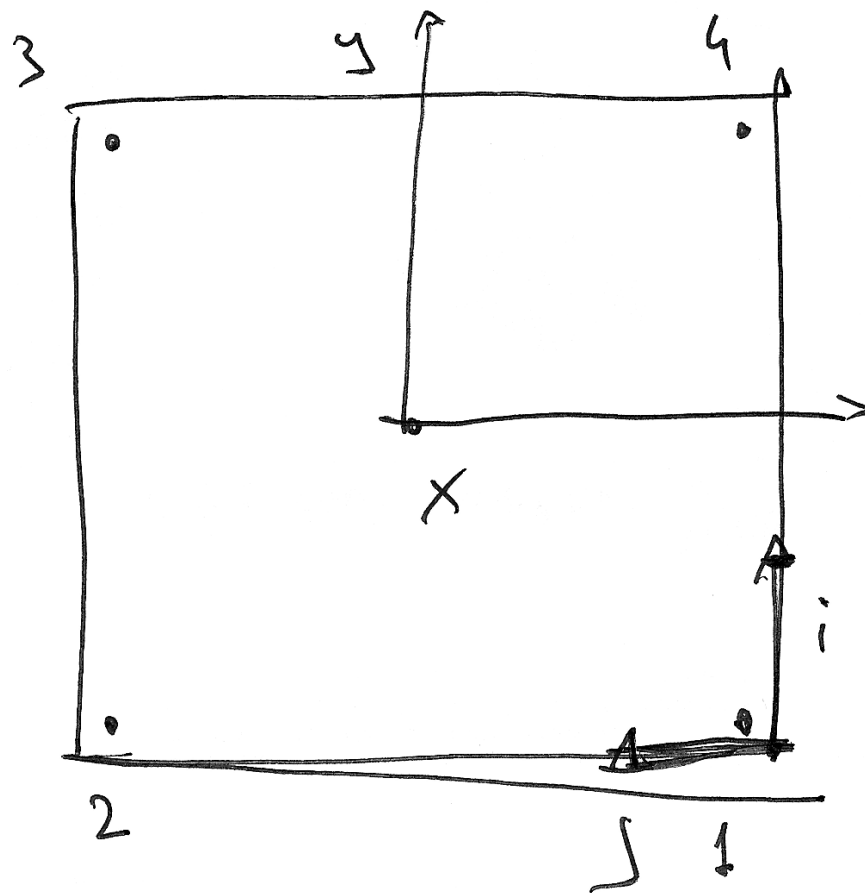
Da interpretare bene: dov'è l'origine di (N, u, v) ?

alpha (grad): 99.99359801

Da interpretare: dove sono diretti gli assi i, j (cioè u, v)?

Elaboriamo con Matlab – 3bis

Da interpretare: dove sono diretti gli assi i, j (cioè u, v)?



[sistema_riferimento_pixel_ij_2.png]

Elaboriamo con Matlab - 4

lambda: 0.03331073

Il fattore con cui moltiplicare le coordinate pixel per avere le coordinate immagine. In altri termini, la misura in mm (perché le coordinate immagine sono in mm) del pixel: 0.033 mm, cioè 33 micron

Convertiamo in DPI

$$R = \frac{25.4}{0.033} = 770 \text{ DPI}$$

Elaboriamo con Matlab - 5

Verifica a spanne

Distanza fra due marche appartenenti allo stesso lato, circa

6380 pixel

21.2 cm

$$R = \frac{6380}{21.2 / 2.54} = 764$$

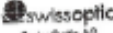

OK

Elaboriamo con Matlab - 6

Sigma: 0.02560098

Stima generale della precisione delle coordinate: 25 micron, poco più del pixel size. Il risultato ha senso, ma in genere si ottengono valori di sigma minori del pixel. Da verificare le misure.

Il certificato di taratura di una camera

<p>2084 18:55 8839 31 3327519 8839 31 3327519 P.01/04</p> <p>COMO</p> <p>CAMERA CALIBRATION CERTIFICATE</p> <p>CAMERA TYPE : RC 30 LENS TYPE : 30/4 NAT-S LENS NO. : 17132</p>	<p>CAMERA TYPE : RC 30</p> <p>LENS TYPE : 30/4 NAT-S</p> <p>LENS NO. : 17132</p>
<p>Calibration date: 05.01.2000</p> <p>SwissOptic AG, Heerbrugg</p> <p> SwissOptic AG Heinrich-Wild-Strasse CH-9435 Heerbrugg Schweiz</p> <p>COMPAGNIA GENERALE RIPRESEAREE S.p.A.</p>	<p>Calibration date: 05.01.2000</p> <p>SwissOptic AG, Heerbrugg</p> <p> SwissOptic SwissOptic AG Heinrich-Wild-Strasse CH-9435 Heerbrugg Schweiz</p> <p>COMPAGNIA GENERALE RIPRESEAREE S.p.A.</p> <p><i>[Handwritten signature]</i></p>

Il certificato di taratura di una camera - 2

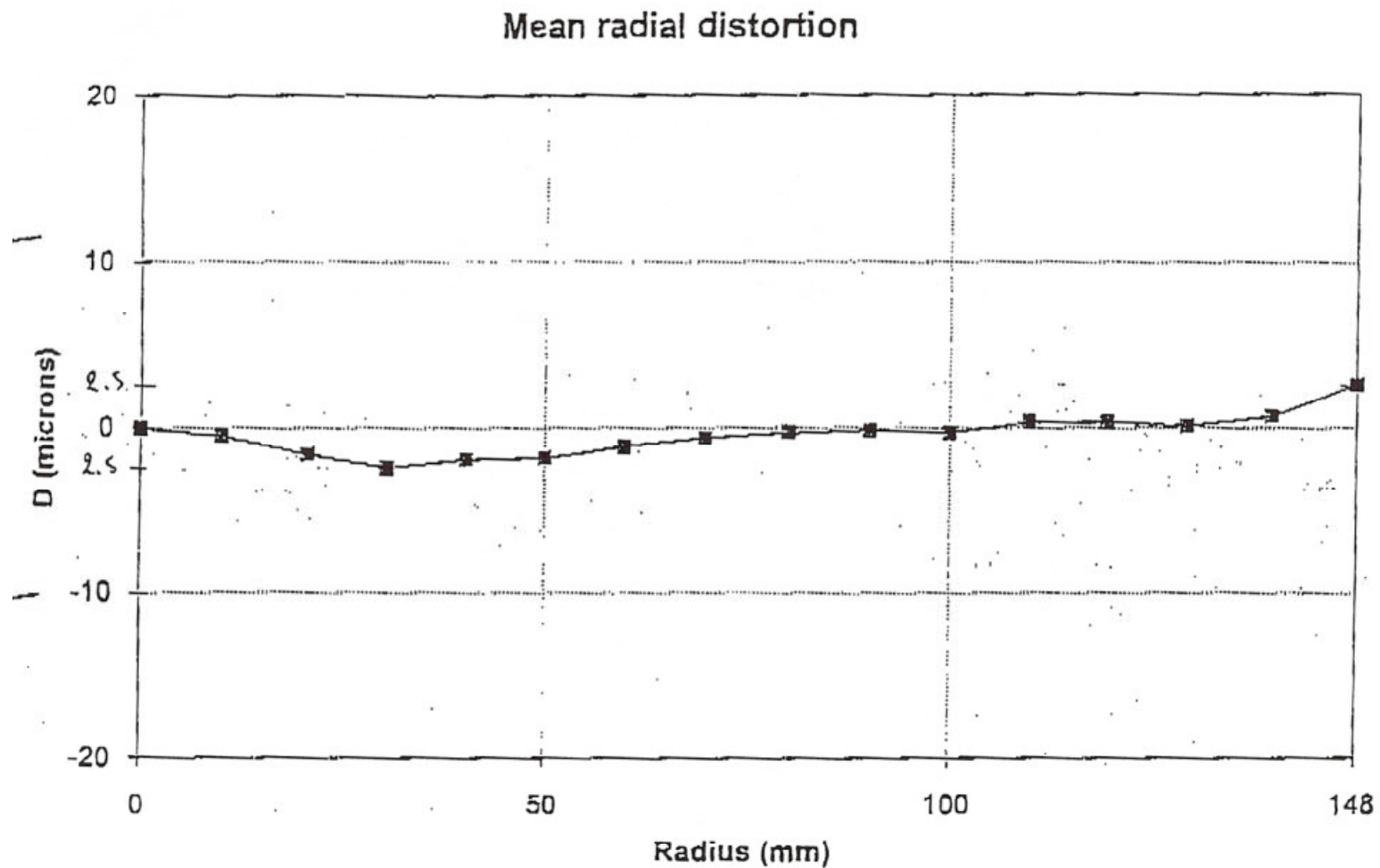
Valori della distorsione radiale lungo le 4 semi-diagonali, in forma tabellare

Radial distortion (micrometers) referred to principal point of symmetry (PPS)
(Positive values denote image displacement away from center)

Radius mm	Half - Sides				Mean
	1	3	2	4	
10	-0.4	-0.5	-1.2	-0.1	-0.5
20	-1.8	-1.1	-2.3	-1.4	-1.6
30	-2.8	-1.9	-3.0	-1.9	-2.4
40	-3.0	-1.3	-2.8	-0.7	-1.9
50	-2.8	-1.2	-2.8	-0.5	-1.8
60	-2.6	-0.3	-1.8	0.0	-1.1
70	-0.6	-0.2	-1.6	0.0	-0.6
80	-0.7	0.5	-1.4	0.1	-0.3
90	0.0	0.7	-1.5	-0.2	-0.2
100	-0.7	0.7	-1.2	-0.2	-0.3
110	-0.1	0.5	0.6	0.4	0.3
120	0.5	0.1	0.9	-0.1	0.3
130	0.3	-0.6	0.8	-0.1	0.1
140	0.3	0.1	1.6	0.8	0.7
148	2.9	1.3	3.4	2.8	2.6

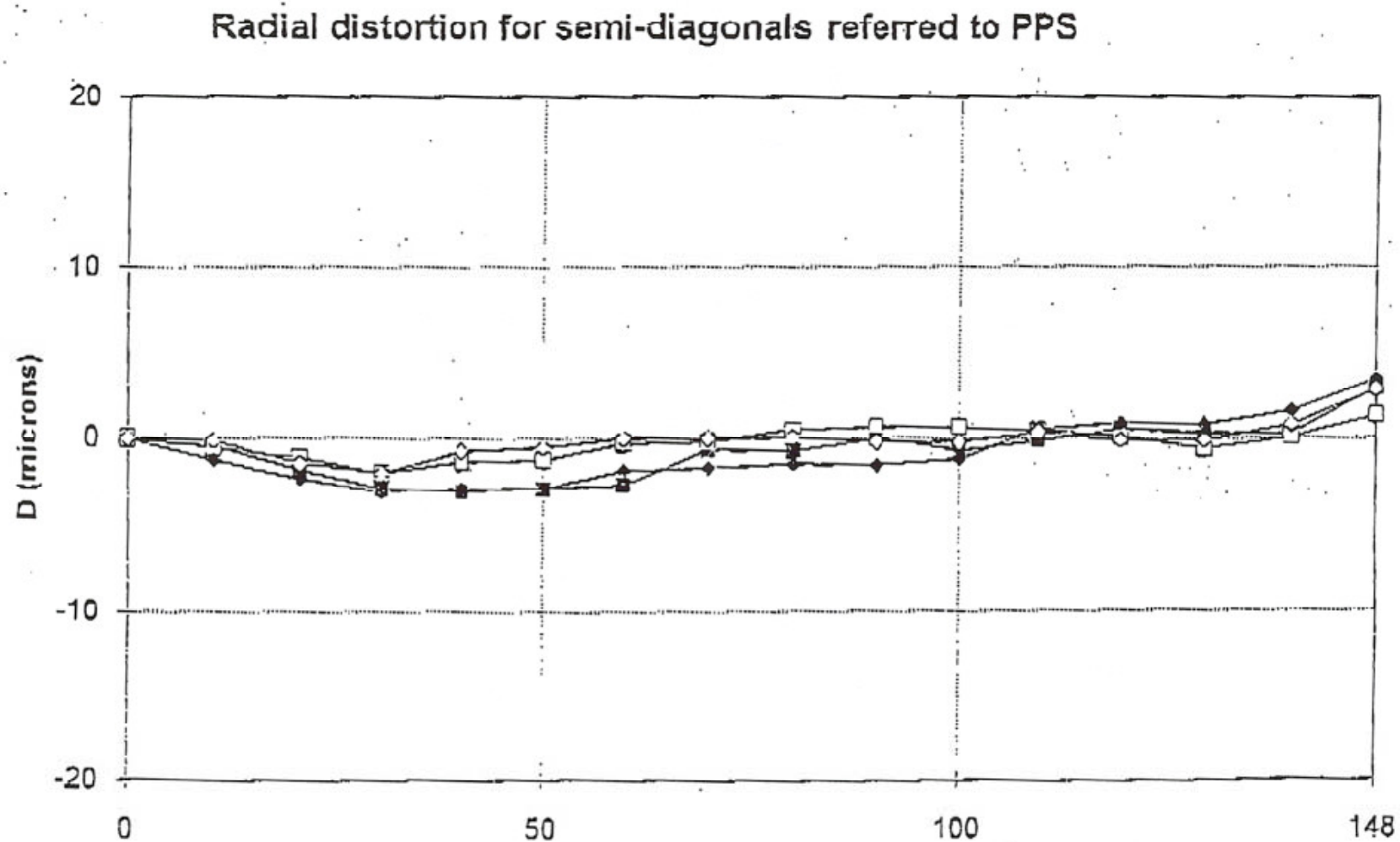
Il certificato di taratura di una camera – 3

Distorsione radiale media, in forma grafica



Il certificato di taratura di una camera – 4

Distorsione radiale misurata lungo le 4 semi-diagonali



Il certificato di taratura di una camera - 5

Risoluzione della camera

Photographic resolution (line pairs per millimeter)

International 3-line test-chart, contrast (log) : 2.0

Aperture: 4.0

Filter: 450 NM

Film: KODAK PANATOMIC X 2412

Developer: KODAK HC110

Angle (deg)	0	5	10	15	20	25
-------------	---	---	----	----	----	----

Radial:	106	109	104	114	111	85
---------	-----	-----	-----	-----	-----	----

Tangential:	106	93	114	110	104	77
-------------	-----	----	-----	-----	-----	----

AWAR (Area weighted average resolution) in lp/mm: 106

Il certificato di taratura di una camera - 6

PPA e PBS

Principal point of autocollimation (PPA) and
principal point of symmetry (PPS)
referred to central cross (FC), see diagram

	x (mm)	y (mm)
PPA	-0.014	-0.004
PPS	-0.004	-0.013

Il certificato di taratura di una camera - 7

Lunghezza focale

Aperture: 4.0
Filter on goniometer: VIS (400 - 700 NM)
Filter on camera: —
Principal distance for focussing distance 850 m : 303.469 mm