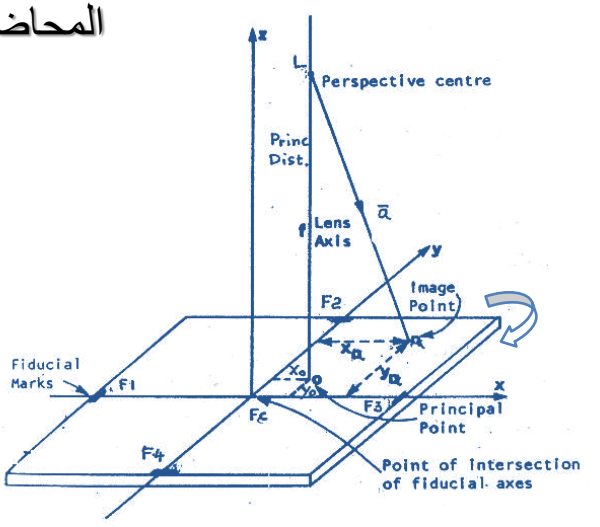
مقرر المساحة التصويرية
المحاضرة الرابعة



د.م. مجد الشوا

مصادر الاخطاء في الصور الفوتوغرافية

تخضع الإحداثيات الصورية إلى عدد من التصحيحات الهندسية تتعلق بجهاز القياس، وبالصورة نفسها، وعدسة آلة التصوير، والغلاف الجوي ونظام الإحداثيات الأرضي. ولابد من القول إنه بالرغم من إجراء هذه التصحيحات فإن مقادير ضئيلة من هذه الأخطاء تبقى موجودة في الإحداثيات المصححة. والجديربالذكر أن بعض التطبيقات المساحية قد لا تتطلب إجراء كل هذه التصحيحات في حين أن بعض المسوحات الأخرى التي تتطلب دقة عالية كالدراسات التي تتعلق بتحركات الجسور والخزانات والمباني قد تتطلب إجراء كل هذه التصحيحات. تتلخص المصادر الرئيسة لهذه الأخطاء بما يلي:

1- عدم تطابق نقطة الأصل مع نقطة تقاطع محوري المعايرة.
2- تمدد وانكماش المادة الفوتوغرافية المكونة للصورة(في حال استخدام الصور الفلمية).
3- تشوهات العدسة.
4- التشوهات الناتجة عن انكسار الضوء أثناء سيره من الجسم إلى العدسة.
5- التشوهات الناتجة عن كروية الأرض.

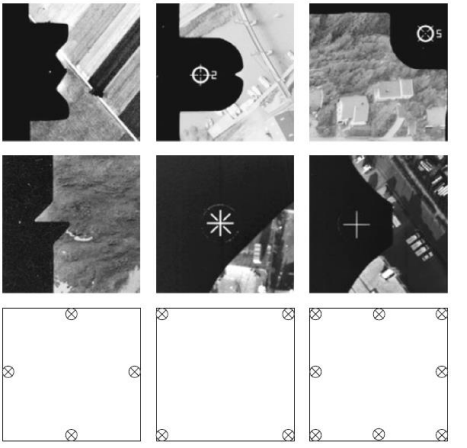
نتناول في هذا المقرر فقط التشوهات الثلاثة الأولى ونعتبر ماتبقى متضمناً في تأثير تلك الاخطاء

معايرة آلة التصوير (تعريف الكاميرا)

توجيه مفرد الصور داخليا هو انشاء علاقة بين جملة احداثيات الة التصوير وبين احداثيات الصورة الملتقطة (أو بين جملة احداثيات البيكسل في حالة الصور الرقمية) وبعبارة أخرى فإن التوجيه الداخلي هو عملية اعادة تشكيل الحزمة الضوئية المفردة كما يجب أن تكون لحظة التقاط الصور

fiducial marks in aerial photos

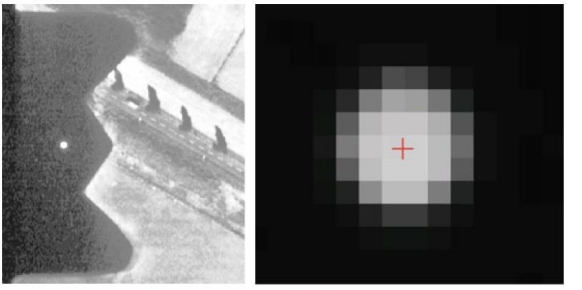
يمكن انجاز عملية التوجيه الداخلي بمقارنة وضبط احداثيات بعض النقاط المميزة التي تدعى بعلامات عمق الحجيرة التصويرية



بشكل تشابهي ,تتم العملية بإستخدام جهاز اسقاط Projectorبدلاً من الكاميرات ويكون المركز منطبق مع مركز الصورة وتستخدم (الشرائح الزجاجية الشفافة ويسقط عليها ضوء أو توضع تحت مصدر ضوئي فيتضح أن حزمة الأشعة لا تتقاطع في النقاط الصحيحة , لذا يجب تصحيح وضع جهاز الاسقاط لتنطبق العلامات على مواقعها الافتراضية

التوجيه الداخلي

يمكن قياس احداثيات علامات عمق حجيرة التصوير على الصورة إما بواسطة اجهزة الكوردونيتوغراف التصويري أو بواسطة الحاسب



Left: Fiducial mark of a Zeiss RMK camera (white, point-shaped)

Right: Result of the automatic centring (strongly zoomed)

بعد قياس ثلاثة علامات نستطيع البدء بحساب التحويل الافيني (plane affine transformation) أو غيره من التحويلات المستوية التي تعتمد على مطابقة الاحداثيات المقيسة على الاحداثيات المفترضة لنقاط عمق حجيرة التصوير

بعض التحويلات الهندسية المستخدمة في التوجيه الداخلي

- نبين هنا مثالين عن التحويلات ثنائية الابعاد المستخدمة في التوجيه الداخلي للصور الجوية (التحويل الافيني وتحويل الدرجة الثانية)

التحويل الافيني المستو :على الاقل 3 نقاط لازمة لحساب التحويل

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y$$
$$y' = b_0 + b_1x + b_2y$$

تحويل درجة الثانية:على الاقل 6 نقاط لازمة لحساب التحويل

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2$$
$$y' = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2$$

الاحداثيات القديمة (x,y)

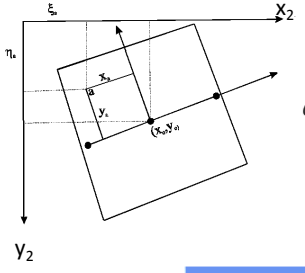
الاحداثيات الجديدة (x',y')

معاملات التحويل بين الجملتين $a_0, a_1, a_2, \ldots b_0, \ldots$

- تكون معاملات التحويل ضئيلة في حالة الات التصوير المعايرة (مترية) وتزداد في حالة الكاميرات الغير مترية بشكل كبير

تطبيق عددي (1)

نتيجة لقياس علامات عمق حجيرة التصوير (العلامات الركنية) لصورة ، حُسبت معاملات التحويل الافيني كما يلي :



$$x_2 = a_1.x_1 + b_1.y_1 + c_1$$
$$y_2 = a_2.x_1 + b_2.y_1 + c_2$$

$$a_1 = +0.99928070 \qquad b_1 = -0.04113080$$
$$c_1 = +135.247mm$$
$$a_2 = +0.04108960 \qquad b_2 = +0.99932385$$
$$c_2 = +149.639mm$$

احسب الاحداثيات المعايرة للنقاط المقاسة التالية:

mark	Measured x(mm)	Measured y(mm)
r	150.020	66.820
s	210.082	150.010
t	82.822	160.353

الجواب

$$x_r = +113.53\ mm \qquad y_r = -83.341\ mm$$
$$x_s = +74.777\ mm \qquad y_s = -2.703\ mm$$
$$x_t = -51.934\ mm \qquad y_t = +12.857\ mm$$

مسألة (2)

Pt.No.	x	y	X	Y
23	0.3035	0.5951	3322	1168
24	0.1926	0.6028	3403	2061
50	0.3038	0.4035	1777	1197

ليكن لدينا ثلاثة نقاط معلومة الاحداثيات في كل من جملتي الصورة (المقيسة – والمعيارية)
المطلوب : أحسب معاملات التحويل الافيني المطلوب لانجاز التوجيه النسبي

الحل:

$$x' = a_0 + a_1 x + a_2 y$$
$$y' = b_0 + b_1 x + b_2 y$$

$$3322 = a_0 + a_1\, 0.3035 + a_2 0.5951$$
$$1168 = b_0 + b_1 0.3035 + b_2 0.5951$$

نحوّل المعادلات السابقة إلى جملة معادلات مصفوفية خطية كما يلي :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0.3035 & 0.5951 & & & \\ & & & 1 & 0.3035 & 0.5951 \\ 1 & 0.1926 & 0.6028 & & & \\ & & & 1 & 0.1926 & 0.6028 \\ 1 & 0.3038 & 0.4035 & & & \\ & & & 1 & 0.3038 & 0.4035 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3322 \\ 1168 \\ 3403 \\ 2061 \\ 1777 \\ 1197 \end{pmatrix}$$

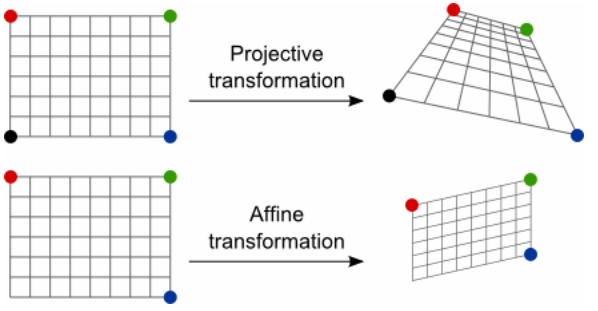
A X b ⇨ $X = A^{-1} b$

يمكن اعادة صياغة معادلتي التحويل الافيني بالشكل المصفوفي:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}; \qquad \mathbf{X} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{A}\mathbf{x}$$

ويكون الحل كالآتي:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1425 \\ 3713 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -171.5 & 8063.4 \\ -8063.7 & 164.0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$



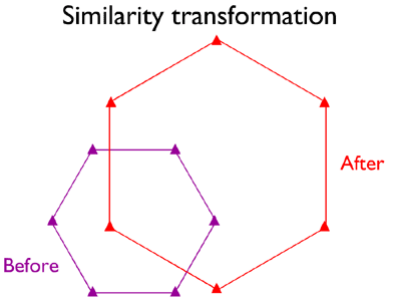
يوضح الشكل بجانبه التحويل الافيني وتحويل آخر (يدعى بالتشابهي) ينطوي على المزيد من درجات الحرية

التحويل التشابهي في الفضاء ثنائي الأبعاد

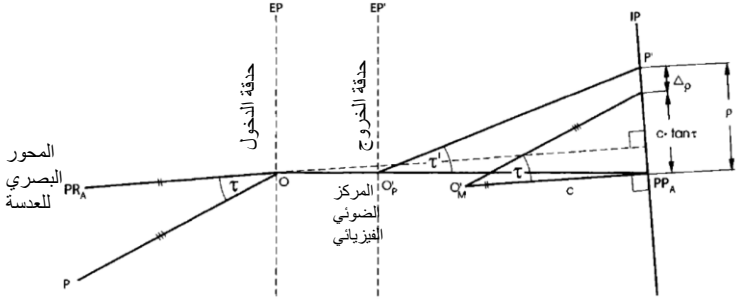
تعطى معادلات التحويل التشابهي ثنائي الابعاد بالشكل :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{pmatrix} + m \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}; \qquad \mathbf{X} = \mathbf{a}_0 + m\mathbf{R}\mathbf{x}$$

حيث R مصفوفة دوران متعامدة و m معامل مقياس .
يمكن استخدام هذا التحويل في التوجيه الداخلي في الحالات التي تعاني منها الصور من تشوه مقياس



التشوه البصري distortion



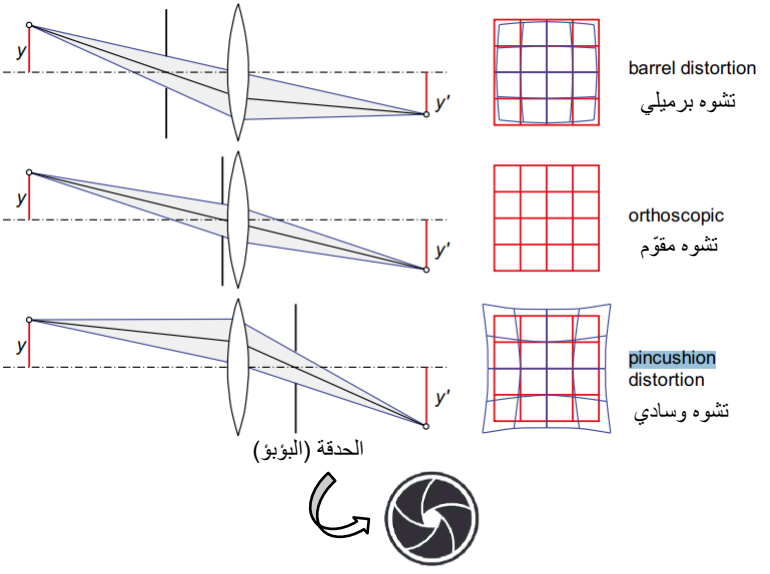
نعرف رياضيا مركزا بصريا O'_M يقع على مسافة متعامدة مع اللوح السالب للصورة تساوي البعد المحرقي للعدسة ويتحد مع مركز الصورة السالبة بذات النقطة PP_A . ينتج عن ذلك التصور النظري زاوية نظرية τ قريبة جدا من الزاوية الفعلية

وعليه يجب زيادة مقدار $\Delta\rho$ إلى المسافة المقاسة من مركز الصورة إلى أي نقطة مدروسة من اجل تعويض اثر التشوه البصري وهذه التصحيحات تضاف إلى عناصر التوجيه الداخلي السابقة

$$\rho = c\tan\tau + \Delta\rho$$

يدعى $\Delta\rho$ بالتشوه البصري القطري وهنالك نوع آخر يدعى بالتشوه المماسي

انماط التشوه البصري



المعادلة الرياضية لتصحيح التشوه البصري

هنالك عدة نماذج رياضية لتصحيح التشوه البصري نذكر منها :

$$x' = x + \bar{x}(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + \ldots) + \left[p_1(r^2 + 2\bar{x}^2) + 2p_2\bar{x}\bar{y}\right](1 + p_3 r^2 + \ldots)$$

$$y' = y + \underbrace{\bar{y}(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + \ldots)}_{\text{Radial Distorsion}} + \underbrace{\left[p_2(r^2 + 2\bar{y}^2) + 2p_1\bar{x}\bar{y}\right](1 + p_3 r^2 + \ldots)}_{\text{Tangential Distorsion}}$$

التشوه القطري

التشوه المماسي

حيث :

$$\bar{x} = x - x_0, \bar{y} = y - y_0, r = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2}.$$