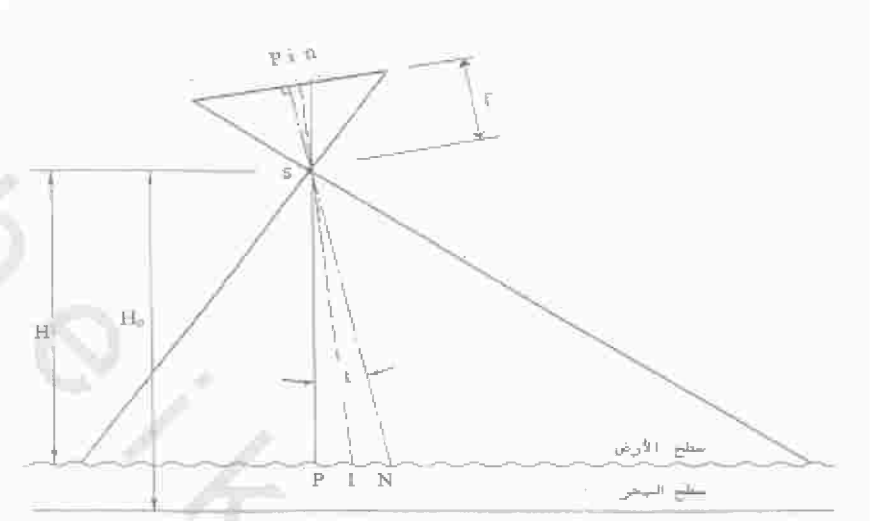
الفصل الثالث

القياس على الصورة الجوية الرأسية المفردة

(٣,١) مقدمة

في الحديث عن تصنيف الصور الجوية حسب وضع آلة التصوير أثناء التقاط الصورة ذكرنا في الفصل الأول أن الصور الناتجة يمكن أن تكون رأسية أو مائلة. فعندما يكون المحور البصري لعدسة آلة التصوير في مستوى رأسي تنتج صورة رأسية وعندما يكون مائلاً بالنسبة للمستوى الرأسي تنتج صورة مائلة. وبما أن آلة التصوير داخل الطائرة تتأثر باهتزازات الطائرة الناتجة من المؤثرات الجوية فإن المحور البصري للعدسة لا بد من أن يميل قليلاً عن المستوى الرأسي (زاوية ميل تتراوح فيما بين درجة إلى ثلاث درجات) و عليه فإن الصورة الناتجة لا تكون رأسية تماماً و يطلق عليها الصورة الرأسية أو شبه الرأسية vertical or near vertical وهي التي سنقوم بإجراء القياسات عليها في هذا الفصل.

وسنبدأ بتقديم بعض المصطلحات و التعريفات الأساسية التي نحتاج لمعرفتها حتى يسهل استيعاب عمليات القياس على الصورة الجوية في هذا الفصل وفي الفصول التالية. يبين الشكل رقم (٣,١) وضع آلة التصوير عند التقاط صورة جوية شبه رأسية.



الشكل رقم (٣,١). وضع آلة التصوير عند التقاط صورة جوية شبه رأسية لأرض منبسطة.

بالإشارة إلى الشكل رقم(٣,١) يمكن تعريف المصطلحات التالية :

نقطة الأســـاس (p) principal point : وهي النقطة التي يلتقي فيها المحور الضوئي للعدسة مع مستوى الفيلم أو المستوى البؤري.

البعـــد البـــؤري principal distance (focal length), (f) : وهو المسافة العمودية من محطة التقاط الصورة (S) إلى المستوى البؤري لآلة التصوير.

نقطـــة الـــنظير nadir point (n) : وهي النقطة التي يلتقي عندها الخط الرأسي الذي يمر بمركز العدسة مع المستوى البؤري.

زاويـــة الميـــل tilt angle (t): وهي الزاوية في المستوى الرأسي بين المحور الضوئي والخط الرأسي الذي يمر بمركز العدسة.

مركز التساوي Isocenter (I) : وهي النقطة التي يلتقي فيها منصف زاوية الميل مع المستوى البؤري .

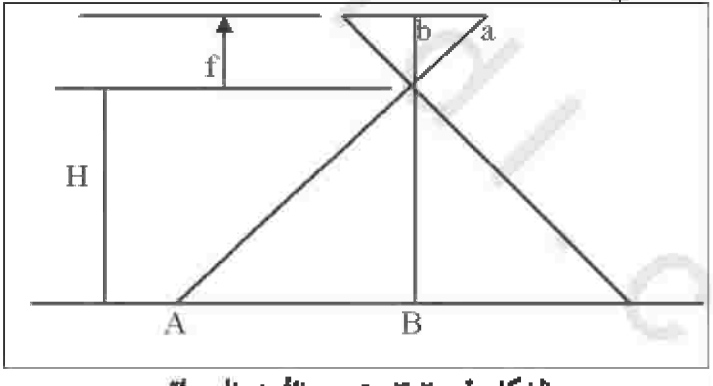
النقاط الأرضية التي تقابل النقاط p, n, i : هي على التوالي : P, N, I .

ارتفاع الطيران فوق سطح البحـــر (H_s) : هو ارتفاع محطة التقاط الصورة فوق سطح البحر.

ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض (H) : هو ارتفاع محطة التقاط الصورة فوق سطح الأرض.

(٣,٢) مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية في حالة الأرض المستوية

يعتبر مقياس رسم الصورة أساس العمليات الهندسية التي يتم إجراؤها على الصورة الجوية. والتعريف الفيزيائي لمقياس الصورة هو نسبة حجم صورة الجسم إلى حجم الجسم الحقيقي . ويتم استنتاج التعريف الهندسي للمقياس من هذا التعريف الفيزيائي على أنه نسبة بعد صورة الجسم من العدسة إلى بعد الجسم الحقيقي من العدسة. يبين الشكل رقم (٣,٢) صورة جوية رأسية لأرض منبسطة (يتوازى مستوى الصورة مع مستوى الأرض المصورة) . من هذا الشكل :



الشكل رقم (٣,٢). تصوير الأرض المنبسطة.

مقياس الصورة = حجم الصورة ÷ حجم الجسم = ab ÷ AB ..... (٣,١)

$1:S_p$ = بعد الصورة من العدسة ÷ بعد الجسم من العدسة = f / H .....(٣,٢)

حيث: f = البعد البؤري لعدسة التصوير (بعد الصورة من العدسة)

H = ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض (بعد الجسم من العدسة)

ودائماً ما يعبر عن المقياس بشكل كسري عادي مثل: 1/1000 أو نسبة مثل 1:1000 .

مثال (٣,١)

تم التقاط صورة جوية رأسية باستخدام آلة تصوير جوية البعد البؤري لعدستها 300 مم ، إذا كان ارتفاع الطيران فوق متوسط سطح الأرض هو 1800 متر كم يكون المقياس المتوسط للصورة ؟

الحل

باستخدام المعادلة (٣,٢):

مقياس الصورة = 300مم ÷ 1800 متر

1:6000 = (1000 X1800) ÷ 300

ويمكن إيجاد مقياس الصورة إذا قسنا المسافة على الأرض المصورة بين نقطتين (A, B) ثم قسنا المسافة على الصورة بين صورتي النقطتين (a, b) .

في هذه الحالة يتم حساب مقياس الصورة من العلاقة (٣,١) :

مقياس الصورة = المسافة بين صورتي النقطتين (a, b) ÷ المسافة على الأرض بين النقطتين (A, B).

مثال (٣,٢)

إذا كانت المسافة الأفقية بين النقطتين Q و G على الأرض تساوي 2500 متراً ، و كانت المسافة بين صورتي النقطتين على الصورة الجوية الرأسية تساوي 5.00 سنتمتراً ، كم يكون المقياس المتوسط لهذه الصورة الجوية ؟

الحل

مقياس الصورة الجوية = 5.00 سم + 2500 متر

= (2500x100) ÷ 5.00 = 1:50000

و يمكن أيضاً معرفة مقياس الصورة الجوية إذا توفرت خريطة مساحية ذات مقياس معروف (1:k) تغطي المنطقة المصورة نفسها . من قياس المسافة (D) بين نقطتين A و B على الخريطة المساحية وقياس المسافة (d) بين صورتي النقطتين a و b على الصورة الجوية يتم حساب مقياس الصورة 1:S من العلاقة التالية :

مقياس الصورة الجوية = المسافة بين صورتي النقطتين (a, b) على الصورة الجوية ÷ المسافة بين النقطتين (A, B) على الطبيعة.

حيث إن المسافة بين النقطتين على الطبيعة = المسافة على الخريطة x مقلوب مقياس الخريطة :

$$1:S = d / (D * k) \quad \text{.....(٣,٣)}$$

مثال (٣,٣)

إذا كانت المسافة بين نقطتين (A, B) على خريطة مقياسها 1:20000 هي 10.00 سم ، وكانت المسافة بين صورتي النقطتين (a, b) على صورة جوية رأسية هي 50.0 ملم ، كم يكون مقياس الصورة الجوية ؟

الحل

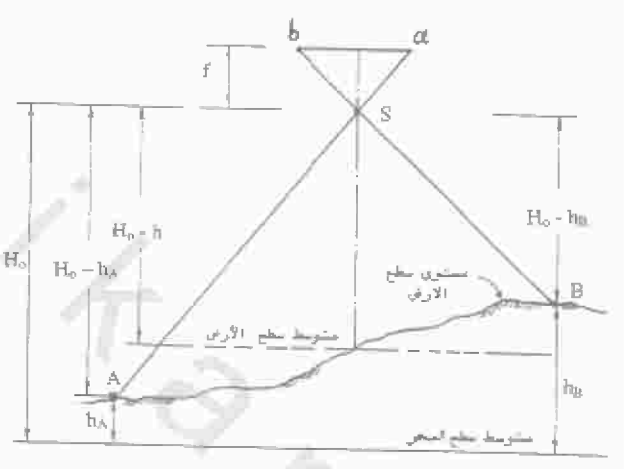
بالتعويض في العلاقة (٣,٣) :

مقياس الصورة الجوية = $1:S_p = (50.0) / (100.0 * 20000) = 1:40\,000$

(٣,٣) مقياس الصورة الجوية الرأسية في حالة الأرض المتعرجة

بما أنه في كثير من الأحيان يكون شكل الأرض متعرجاً و ليس منبسطاً كما افترضنا من قبل فإن ذلك يؤدي إلى تغير في مقياس الصورة حيث تختلف المسافة من المركز الضوئي لعدسة آلة التصوير (S) أثناء التقاط الصورة من نقطة إلى أخرى حسب ارتفاع النقطة المصورة من سطح البحر . و يمكن توضيح ذلك من الشكل رقم(٣,٣)

حيث إن النقطة الأرضية A تبعد مسافة قدرها $H_o - h_A$ من محطة التقاط الصورة S في حين أن النقطة الأرضية B تبعد مسافة قدرها $H_o - h_B$ من محطة التصوير ، وعليه يكون مقياس الصورة عند صورة A مختلفاً عن مقياس الصورة عند صورة B.



الشكل رقم (٣,٣). صورة جوية رأسية لأرض متعرجة التضاريس.

من الشكل رقم(٣,٣) :

مقياس الصورة لنقطة A = $f/(H_o - h_A)$ ..... (٣,٤)

مقياس الصورة لنقطة B = $f/(H_o - h_B)$ ..... (٣,٥)

وفي مثل هذا الوضع يفضل استخدام المقياس المتوسط للصورة ، و ذلك إذا عرفنا ارتفاع متوسط سطح الأرض من متوسط سطح البحر (h) .

المقياس المتوسط للصورة = $f/(H_o - h)$ ..... (٣,٦)

مثال (٣,٤)

تم التقاط صورة جوية رأسية بآلة تصوير ذات عدسة بعدها البؤري 152.42 مم من ارتفاع 2500 متر فوق سطح البحر . ظهرت في هذه الصورة نقطتان a و b تمثلان

نقطتين على سطح الأرض A و B على التوالي و إذا كان ارتفاع كل من النقطتين A و B على التوالي 600.00 متر و 800.00 متر فوق سطح البحر ، وإذا كان منسوب متوسط سطح الأرض فوق سطح البحر هو 700.00 متراً فأوجد: مقياس الصورة عند كل من النقطتين a و b ، ثم أوجد المقياس المتوسط للصورة.

الحل

بالتعويض في المعادلات (٣,٤) و (٣,٥) و (٣,٦) على التوالي نحصل على :

مقياس الصورة عند النقطة a = 152.42/[(2500 – 600)*1000] = 1:12465

مقياس الصورة عند النقطة b = 152.42/[(2500 – 800)*1000] = 1:11153

المقياس المتوسط للصورة = 152.42/[(2500 – 700)*1000] = 1:11809

إن أول تطبيق لمقياس الصورة هو استخدامه في تقدير المسافة الأفقية بين النقطتين ، ثم تطبيق ذلك في قياسات مساحية أخرى مثل إيجاد مساحات قطع الأراضي التي تشكل حدودها أشكال هندسية منتظمة مثل المثلثات و المضلعات المنتظمة.

ولإيجاد المسافة الأفقية بالتقدير بين النقطتين A و B على الطبيعة ، و بمعرفة المقياس المتوسط للصورة ، فإننا نقوم بقياس المسافة بين النقطتين a و b على الصورة ، ثم نحسب المسافة على الأرض من العلاقة :

المسافة على الأرض بين A و B = المسافة على الصورة بين a و b ضرب مقلوب المقياس المتوسط للصورة.

مثال(٣,٥)

إذا تم قياس المسافة بين النقطتين a وb على الصورة الجوية ذات البيانات في المثال السابق(٣,٤) وكانت المسافة المسجلة من القياس على الصورة تساوي 50.0 مم فأوجد المسافة التقديرية بين النقطتين A و B على الطبيعة بالأمتار . إذا ظهرت على الصورة نفسها نقطة ثالثة g تمثل نقطة أرضية G و إذا كانت نتائج القياس على الصورة بين a و g و بين b

و g هي 70.0 مم و 40.0 مم على التوالي فأوجد كلاً من المسافة AG و المسافة BG على الأرض ثم أوجد مساحة المثلث الأرضي ABG . استخدم القياسات على الصورة لإيجاد مساحة المثلث الأرضي ABG مباشرة وقارن بين النتيجتين.

الحل

المسافة بين A و B على الطبيعة = (50.0 x 11809) / 1000 = 590.45 متر

المسافة بين A و G على الطبيعة = (70.0 x 11809) / 1000 = 826.63 متر

المسافة بين B و G على الطبيعة = (40.0 x 11809) / 1000 = 472.36 متر

محيط المثلث ABG = 1889.44 متر

نصف المحيط = 944.72 متر

مساحة المثلث = $[944.72(944.72-590.45)(944.72-826.63)(944.72-472.36)]^{1/2}$

= 136635 متر مربع

مساحة المثلث من القياسات على الصورة مباشرة :

نصف محيط المثلث على الصورة = (50.0 +70.0 + 40.0) / 2 = 80.0 مم

مساحة المثلث على الصورة = $[80.0\ (80.0-50.0)\ (80.0-70.0)\ (80.0-40.0)]^{1/2}$

= 979.80 مم مربع

مساحة المثلث على الأرض = $[979.79 \times (11809)^2] / (10^6)$ متر مربع

= 136635 متر مربع

هذه النتيجة مطابقة للطريقة السابقة مما يؤكد صحة الحسابات . أما دقة إيجاد المسافة أو المساحة فيعتمد على دقة تمثيل المقياس المتوسط للصورة ، إذ كل ما كانت الأرض منبسطة كانت الدقة أعلى وكل ما زادت التغيرات التضاريسية فإن النتيجة تكون أقل دقة.

إن استخدام قياس المسافة الأرضية المباشر بين نقطتين تظهران على الصورة الجوية أو القياس على الخريطة ذات المقياس المعلوم والتي تغطي المنطقة المصورة يمكن استخدامه لحساب ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض أو حساب البعد البؤري لآلة التصوير إذا كان أحدهما مجهولاً.

مثال (٣,٦)

إذا كانت المسافة بين نقطتين A و B على خريطة مقياس رسمها 1:20000 هي 80 مم، علماً بأن المسافة بين صورتي النقطتين على صورة جوية رأسية هي 50 مم. كم يكون مقياس الصورة ؟ إذا كان ارتفاع الطيران عند التقاط هذه الصورة 3000 متر فكم يكون البعد البؤري لآلة التصوير التي استخدمت لالتقاط الصورة ؟

الحل

مقياس الصورة = المسافة بين النقطتين على الصورة ÷ المسافة بين النقطتين على الطبيعة

المسافة بين النقطتين على الطبيعة = المسافة بين النقطتين على الخريطة x مقلوب مقياس الخريطة :

= (80x20000)/1000 = 1600 متر

مقياس الصورة = (50 / 1600000) = 1:32000

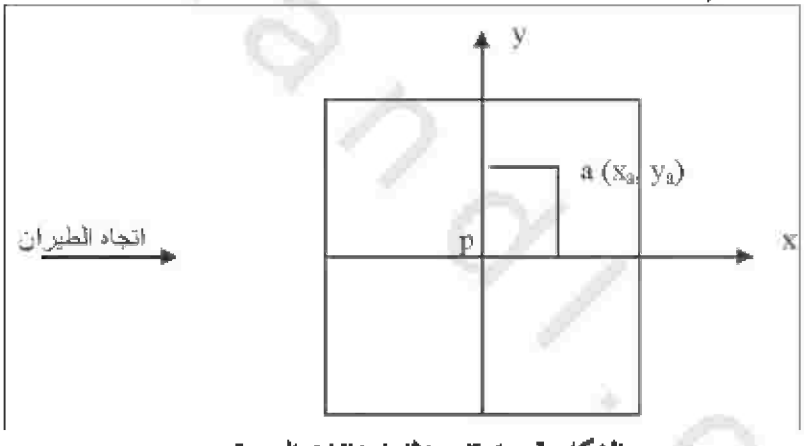
البعد البؤري لآلة التصوير = (3000x1000)/32000 = 93.75 مم.

(٣,٤) إحداثيات النقاط على الصورة

إن تغير ارتفاعات سطح الأرض يؤدي إلى التغير في مقياس الصورة كما تبين من الموضوع السابق. ونسبة لهذا التغير في المقياس لجأنا لاستخدام المقياس المتوسط للصورة والذي تكون نتائج استخدامه في القياسات الأرضية غير دقيقة . عليه فلا بد

من إيجاد وسيلة أخرى تمكننا من إيجاد القياسات الأرضية بدقة أعلى. ولذلك سنقوم بعمل نظام إحداثيات للصورة نقيس عليه إحداثيات النقاط على الصورة ثم تحويل هذه الإحداثيات إلى نظام إحداثيات أرضي لإيجاد القياسات الأرضية المطلوبة.

لإنشاء نظام إحداثيات للصورة نقوم بتوصيل علامات الإسناد الجانبية المتقابلة أو علامات الإسناد الركنية للصورة و حيث تتقاطع يكون نقطة الأصل لنظام الإحداثيات و هي نقطة الأساس للصورة p كما أشرنا إلى ذلك من قبل. ويكون الخط الموصل بين نقطة الأصل وعلامة الإسناد الجانبية والتي في اتجاه الطيران هو المحور السيني x-axis والخط العمودي عليه عند نقطة الأصل هو المحور الصادي y-axis كما في الشكل رقم (٣,٤) .



الشكل رقم (٣,٤). نظام إحداثيات الصورة x-y

وقد تم تصميم أجهزاً خاصاً لقياس إحداثيات النقاط من الصورة الجوية المفردة ، يطلق عليه جهاز القياس من الصورة المفردة mono comparator . ويوضح الشكل رقم(٣,٥) جهاز قياس الإحداثيات على الصورة المفردة Zeiss PK1 [13] وقد ألحق معه وحدة تسجيل الإحداثيات Ecomat 12 .

الشكل رقم (٣,٥). جهاز قياس الإحداثيات على الصورة المفردة Zeiss PK1 [13].

(٣,٥) الإحداثيات الأرضية من الصورة الجوية الرأسية

لقد ذكرنا آنفاً أن دقة استخدام المقياس المتوسط للصورة الجوية لحساب المسافات على الطبيعة تتطلب أن تكون الأرض مستوية و أن تكون الصورة رأسية تماماً ، وذلك لا يتيسر في كل الحالات إذ أن طبيعة الأرض غالباً ما تكون متعرجة وأن ظروف الطيران لا تسمح بأن تكون الصورة رأسية تماماً.

إن تأثير تغير سطح الأرض على قياس المسافات يمكن تجاوزه بقياس إحداثيات النقاط على نظام إحداثيات على الصورة ومن ثم تحويل هذه الإحداثيات إلى نظام إحداثيات أرضي موازي لنظام إحداثيات الصورة ، وأخيراً حساب المسافات من الإحداثيات الأرضية.

ولنفترض أن صورة جوية رأسية قد تم التقاطها من محطة تصوير S على ارتفاع H_s متر من سطح البحر باستخدام آلة تصوير بعدها البؤري f مم ، وقد ظهرت على هذه الصورة النقاط a, b, c والتي تمثل النقاط الأرضية A, B, C على التوالي. إذا كان ارتفاع كل من النقاط الأرضية الثلاث فوق سطح البحر هو h_A, h_B, h_C بالأمتار على التوالي وإذا افترضنا أن نظام الإحداثيات على الصورة هو x, y حيث نقطة أساس

الصورة (p) هي نقطة الأصل لهذا النظام ، وأن نظام الإحداثيات الأرضي الموازي له هو X, Y ، وقد تم قياس إحداثيات النقاط على الصورة و سجلت كالتالي: a(x_a, y_a) b(x_b, y_b), c(x_c, y_c) ملم ، فمن الشكل (٣,٣) و من تشابه المثلثات يمكن إيجاد العلاقة بين الإحداثيات في الأرض والإحداثيات على الصورة على النحو التالي:

$$X_A = [(H_o - h_A)/f]\, x_a \quad \text{.....} \quad (٣,٧)$$

$$Y_A = [(H_o - h_A)/f]\, y_a \quad \text{.....} \quad (٣,٨)$$

وبالمثل نوجد إحداثيات كل من النقطتين الأخريين B و C ، أي نقطة أخرى في المنطقة المصورة ذاتها.

إن هذه الإحداثيات كما ذكرنا تم حسابها في نظام إحداثيات أرضي مستو و موازٍ لإحداثيات الصورة ، وبالتالي يمكن حساب المسافة الأفقية عليه بين كل نقطتين باستخدام نظرية فيثاغورس ، فعلى سبيل المثال فإن المسافة الأفقية D_{AB} بين النقطتين A و B تحسب من العلاقة التالية:

$$D_{AB} = [(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2]^{1/2} \quad \text{.....} \quad (٣,٩)$$

مثال (٣,٧)

تم التقاط صورة جوية رأسية باستخدام آلة تصوير جوية ذات عدسة بعدها البؤري 152.42 مم من ارتفاع 2400.00 متر فوق سطح البحر ، وقد ظهرت على هذه الصورة صورتا النقطتين A و B هما a و b على التوالي. احسب المسافة الأفقية بين النقطتين A و B مستخدماً البيانات التالية:

النقطة	ارتفاع النقطة فوق سطح البحر (متر)	إحداثيات صورتي النقطتين على الصورة (مم) y	x
A	400.00	- 40.00	60.00
B	380.00	80.00	-10.00

الحل

نحسب الإحداثيات الأرضية للنقطتين A و B باستخدام العلاقتين (7.3) و (8.3) :

$$X_A = [\,(2400.00 - 400.00)/\,152.42\,] \times (60.00) = 787.30 \text{ m}$$
$$Y_A = [\,(2400.00 - 400.00)/\,152.42\,] \times (-40.00) = -524.87 \text{ m}$$
$$X_B = [\,(2400.00 - 380.00)/\,152.42\,] \times (-10.00) = -132.53 \text{ m}$$
$$Y_B = [\,(2400.00 - 380.00)\,/\,152.42\,] \times (80.00) = 1060.23 \text{ m}$$

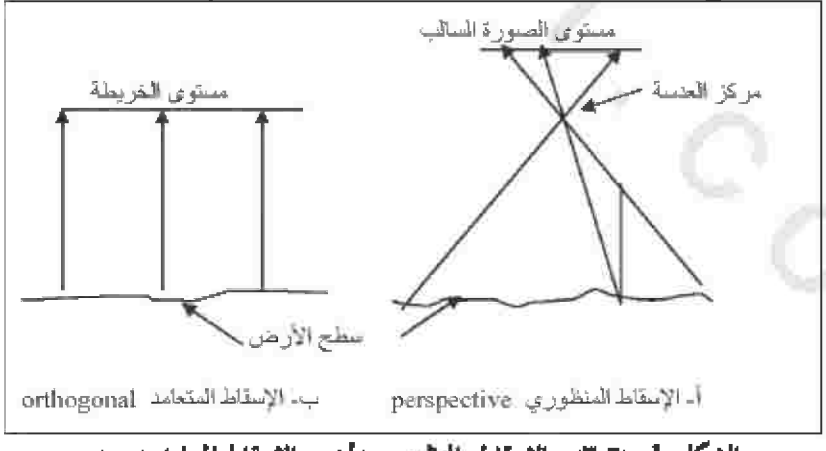
ولإيجاد المسافة بين النقطتين نعوض في المعادلة (٣,٩) :

$$D_{AB} = [\,(787.30 - (-132.53))^2 + (-524.87 - 1060.23)^2\,]^{1/2}$$
$$= 1832.66 \text{ m}$$

(٣,٦) الإزاحة التضاريسية

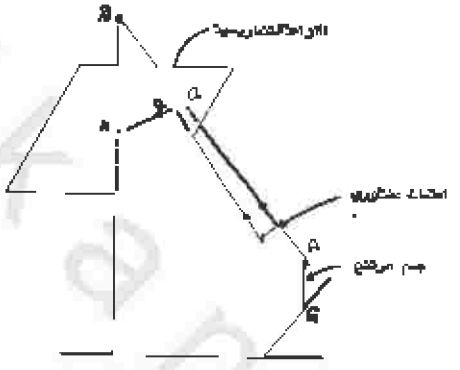
Relief Displacement

نسبةً لأن الأشعة الضوئية المنعكسة من سطح الأرض تمر كلها من خلال المركز الضوئي لعدسة آلة التصوير لتسقط على الفيلم فتكون الصورة فإن هذا النوع من الإسقاط يسمى الإسقاط المنظوري perspective projection و يسمى مركز العدسة المركز المنظوري perspective center . أما عند إسقاط نقاط سطح الأرض على مستوى أفقي لتوقيع الخريطة فإن الإسقاط الناتج يطلق عليه الإسقاط المتعامد orthogonal projection حيث تمثل كل نقطة على سطح الأرض بنقطة واحدة على الخريطة (الشكل رقم ٣,٦).



الشكل رقم (٣,٦). الإسقاط المنظوري (أ) و الإسقاط المتعامد (ب).

ونتيجةً للإسقاط المنظوري فإن الجسم المرتفع يظهر في الصورة كعدة نقاط تشكل خطاً ، هذا الخط على الصورة يطلق عليه الإزاحة التضاريسية القطرية ، إذ أن اتجاه هذا الخط يكون قطرياً مبتعداً من نقطة نظير الصورة (n) و التي تمثلها نقطة الأساس في حالة الصورة الجوية الرأسية (الشكل رقم ٣,٧) . أما هذا الجسم المرتفع فإنه يظهر كنقطة واحة على الخريطة ذات الإسقاط المتعامد.



الشكل رقم (٣,٧). الإزاحة التضاريسية ذات اتجاه قطري يبعد عن نقطة نظير الصورة n.

ويوضح الشكل رقم (٣,٨) صورة جوية رأسية تظهر الإزاحة التضاريسية لبرج في وسط الصورة.

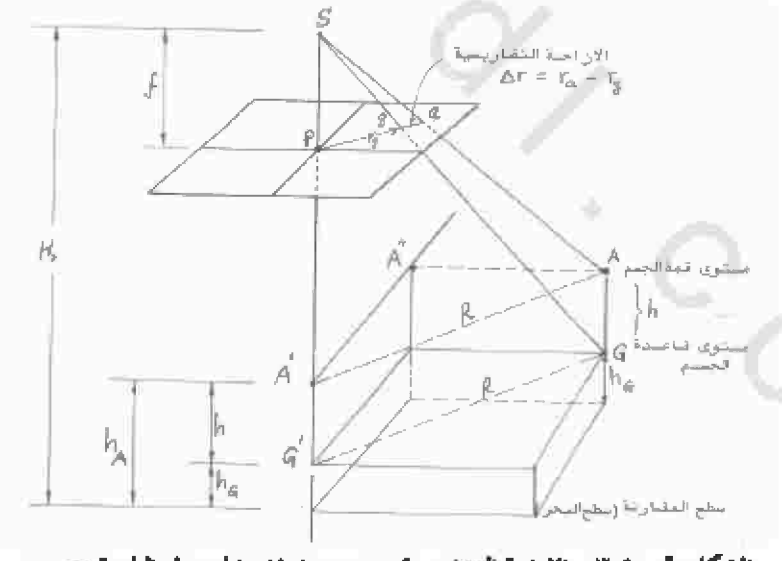
الشكل رقم (٣,٨). الإزاحة التضاريسية لبرج في وسط الصورة.

إن مقدار الإزاحة التضاريسية يزداد كلما زاد ارتفاع الجسم مما يعني وجود علاقة هندسية بينهما ، يمكن الاستفادة منها في حساب ارتفاع الجسم إذا أمكن قياس الإزاحة على الصورة.

(٣,٧) العلاقة الهندسية بين ارتفاع الجسم و الإزاحة التضاريسية على الصورة

إذا تم التقاط صورة جوية رأسية بآلة تصوير ذات عدسة بعدها البؤري f من ارتفاع H_o فوق سطح البحر وقد ظهرت عليها صورة جسم قاعدته على ارتفاع h_G و قمته على ارتفاع h_A من سطح البحر (حيث تمثل G قاعدة الجسم ، و A قمة الجسم) . فإذا كانت صورة قاعدة الجسم (g) و صورة قمة الجسم (a) تبعدان من نقطة أساس الصورة p مسافة r_g و r_a على التوالي (الشكل رقم ٣,٩) فإن الإزاحة التضاريسية الناتجة بسبب ارتفاع الجسم هي :

$$\Delta r = r_a - r_g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٣,١٠)$$



الشكل رقم (٣,٩). الإزاحة التضاريسية (Δr) و ارتفاع الجسم في الطبيعة (GA (h) .

ومن الشكل رقم (٣,٩) :

من تشابه المثلثين SAA' وSap :

$$ap / AA' = Sp / SA' = r_a / R = f / (H_A - h_A) = f / H_A$$

ومن تشابه المثلثين SGG' و Sgp :

$$gp / GG' = Sp / SG' = r_g / R = f / (H_A - h_G) = f / H_G$$

ومن المعادلتين:

$$f * R = r_a * H_A = r_g * H_G$$

وبتعويض قيمة $r_g = r_a - \Delta r$

$$r_a * H_A = (r_a - \Delta r) * H_G$$
$$r_a * (H_G - H_A) = \Delta r * H_G$$

وبما أن ارتفاع الجسم هو: $h = H_G - H_A$ فيمكن كتابة هذه المعادلة بالشكل التالي:

$$\Delta r / r_a = h / H_G \quad \text{أو}$$

$$h = (\Delta r / r_a) * H_G \quad \text{.....(٣,١١)}$$

وتسمى المعادلة (٣,١١) معادلة الإزاحة التضاريسية. ويمكن الاستفادة منها في حساب ارتفاع الجسم إذا تم قياس الإزاحة التضاريسية لصورته و كذلك المسافة من نقطة أساس الصورة إلى صورة قمة الجسم مع معرفة ارتفاع الطيران فوق قاعدة الجسم على الأرض.

مثال (٣,٧)

استخدمت آلة تصوير جوية ذات عدسة بعدها البؤري 152.40 مم لالتقاط صورة جوية رأسية من ارتفاع 2600.0 متر فوق سطح البحر . و قد ظهرت على هذه الصورة صورة برج شيدت قاعدته على ارتفاع 600.00 متراً فوق سطح البحر. وقد تم قياس المسافة القطرية على الصورة من نقطة الأساس إلى كل من صورتي قاعدة البرج و قمته و سجلتا على التوالي: 72.70 مم و 72.85 مم . احسب الإزاحة التضاريسية لصورة البرج ثم احسب ارتفاع البرج.

الحل

الإزاحة التضاريسية = 72.85 - 71.70 = 1.15 مم

ارتفاع البرج = (2600.0 – 600.0) * [(72.85) / (1.15)] = 31.57 متر.

ومع أنه يمكن الاستفادة من الصور الجوية المفردة في حساب المسافات و الارتفاعات كما بينا في هذا الفصل فإن الاستخدام الأكثر جدوى من ناحية الدقة و تعدد الاستخدامات هو استخدام زوج من الصور الجوية المتداخلة و التي تشترك في تغطية منطقة الدراسة مما يمكن من تكوين النموذج المجسم للمنطقة . وهذا ما سنقوم بتوضيحه في الفصل القادم.

(٣,٨) تمارين

١ – عرف المطلحات التالية :

أ) نقطة النظير ب) مركز التساوي ج) زاوية الميل د) الإزاحة التضاريسية.

٢– ألتقطت صورة جوية رأسية بواسطة آلة تصوير البعد البؤري لعدستها 152.42 مم من ارتفاع طيران 2200 متر فوق متوسط سطح الأرض. احسب المقياس المتوسط للصورة.

٣– إذا كانت المسافة الأفقية على الأرض بين نقطتي تحكم 1800 متر و قد ظهرت صورتا النقطتين على بعد 12 سم على صورة جوية رأسية ، كم يكون مقياس الصورة ؟

٤ – المسافة بين نقطتين G و Q على خريطة مقياس رسمها 1/2500 تساوي 28 سم ، والمسافة بين صورتيهما على صورة جوية رأسية تساوي 56 مم ، احسب مقياس الصورة ؟

٥- ظهرت صورتا النقطتين A و B على صورة جوية رأسية تم التقاطها بواسطة آلة تصوير البعد البؤري لعدستها 152.40 مم من ارتفاع 3200 متر فوق سطح البحر . إذا كان منسوب A و B فوق سطح البحر يساوي 420 متر و 560 متر على التوالي فأوجد المقياس المتوسط للصورة.

٦- تم التقاط صورة جوية رأسية بواسطة آلة تصوير البعد البؤري لعدستها 152.40 مم من ارتفاع 1800 فوق سطح البحر . وقد ظهرت على الصورة صورتا نقطتين G و Q. احسب المسافة الأفقية بين النقطتين من البيانات التالية :

النقطة	ارتفاع النقطة فوق سطح البحر (متر)	إحداثيات النقطة على الصورة (مم)	
		y	x
A	280.00	18.00	56.00
B	460.00	-50.00	78.00

٧- استخدمت آلة تصوير جوية البعد البؤري لعدستها 152.40 مم لالتقاط صورة جوية رأسية من ارتفاع 2100 متر فوق سطح البحر . وقد ظهرت على الصورة صورة مبنى متعدد الأدوار تم تشييده على ارتفاع 520 متر فوق سطح البحر. قيست المسافة القطرية من نقطة أساس الصورة إلى قاعدة و قمة المبنى وسجلت بالترتيب 82.40 مم و 82.80 مم . احسب ارتفاع المبنى.