الفصل الرابع

الإبصار المجسم و الصور الجوية المتداخلة

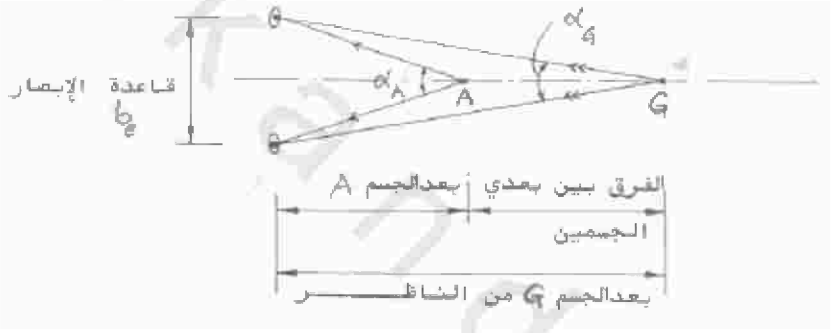
(٤,١) مقدمة

إن الإبصار المجسم stereo viewing هو الظاهرة التي تعين الإنسان على رؤية الأبعاد الثلاثة للأجسام ، وذلك لا يتحقق إلا إذا نظر الشخص بالعينين معاً. أما إذا نظر الإنسان بعين واحدة فإنه لا يدرك عمق الأجسام أو بعدها عن عينيه. ولذلك فإن الله تعالى قد أنعم على الإنسان و على سائر الحيوانات بعينين اثنين حتى تتحقق رؤية البعد الثالث والتي يطلق عليها الإبصار المجسم stereoscopic viewing ، أما الإبصار بعين واحدة فيطلق عليه الإبصار المفرد monoscopic viewing.

الإبصار المجسم للأشياء هو الأساس في عمليات المساحة التصويرية الجوية. وغالباً ما يطلق اسم المساحة التصويرية التجسيمية stereo photogrammetry على الدراسة التي تتم على أزواج الصور الجوية المتداخلة و مشاهدة ما يسمى النموذج المجسم stereoscopic model والقياس عليه. وسنشرح في هذا الفصل نظرية الإبصار المجسم و كيفية التقاط الصور الجوية للاستفادة منها وكذلك طرق مشاهدتها والقياس منها.

(٤,٢) نظرية الإبصار المجسم
Theory of Stereo-viewing

من المعلوم أن عين الإنسان تبصر الأشعة الساقطة عليها من الأجسام عن طريق عدسة العين. وفي حالة النظر بالعينين فإن هنالك شعاعان ضوئيان يعكسهما الجسم فيسقط كل منهما على إحدى العينين كما هو مبين في الشكل رقم (٤,١). هذان الشعاعان يكونان زاوية حادة عند الجسم تسمى زاوية الابتعاد parallactic angle . وتتغير هذه الزاوية على حسب بعد الجسم المرئي من عيني الناظر ، فكلما بعد الجسم عن عيني الناظر صغرت الزاوية وكلما اقترب الجسم من عيني الناظر زادت قيمتها.

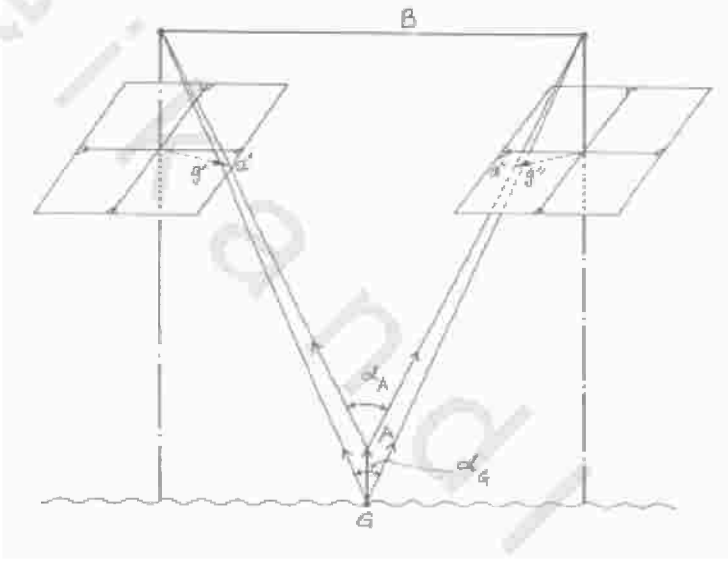


الشكل رقم (٤,١). زاوية الابعاد و عيني الناظر.

وأما المسافة بين عيني الناظر فيطلق عليها قاعدة الإبصار(eye base b_e) . وتتراوح قاعدة الإبصار للأشخاص العاديين فيما بين 62 – 69 مم بمتوسط 65 مم . لقد جعل الله سبحانه و تعالى لعيني الإنسان مقدرة عالية جداً في تمييز التغير الذي يحدث في زاوية الابتعاد حتى يحدث الإبصار ثلاثي الأبعاد (المجسم) للأجسام المرئية . هذه الخاصية يمكن تطبيقها في دراسة الصور الجوية لتكوين النموذج المجسم الذي يمثل المنطقة المصورة . وهذا ما سنقوم بتوضيحه في المواضيع القادمة.

(٤,٣) التصوير المتداخل
Overlapping Photography

من الممكن تطبيق النظرية التي تم شرحها في الموضوع السابق لرؤية نموذج مجسم من زوج من الصور الجوية إذا تم التقاط هذا الزوج من محطتي التقاط مختلفتين للمنطقة ذاتها ، حينئذ تظهر زاوية الابتعاد للجسم على حسب بعده من محطتي الرصد (التصوير في هذه الحالة) كما في الشكل رقم (٤,٢).

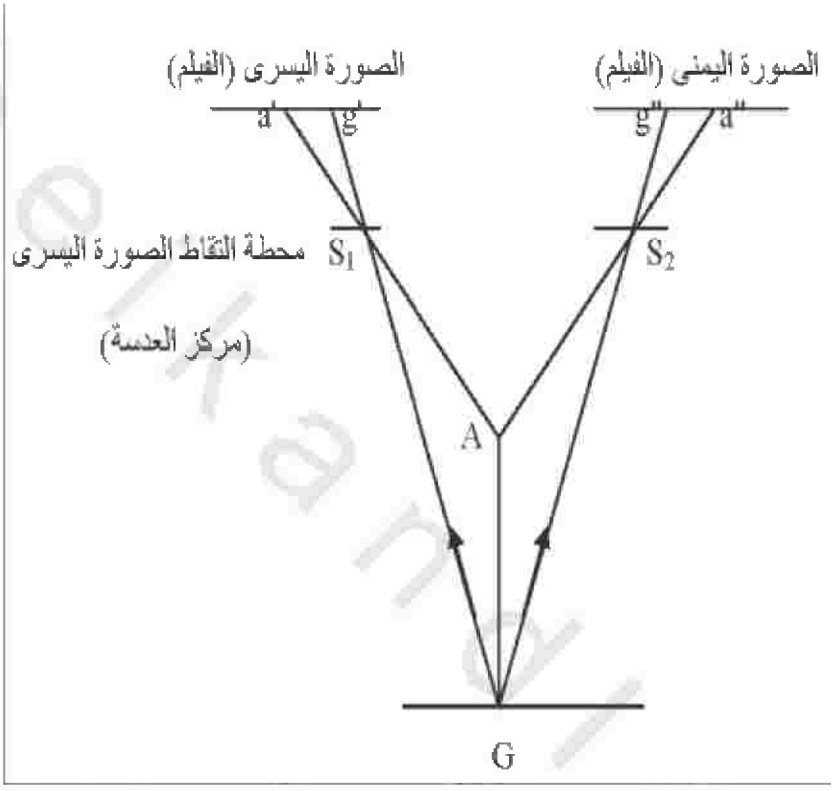


الشكل رقم (٤,٢). بعد الجسم المصور من محطة التصوير لحدد زاوية ابتعاد الجسم.

ثم إذا نظرنا إلى هاتين الصورتين بالعينين من أماكن تقابل مركز الصورتين بحيث تبصر العين اليمنى الصورة التي تم التقاطها من النقطة الأولى و تبصر العين اليسرى الصورة الأخرى.

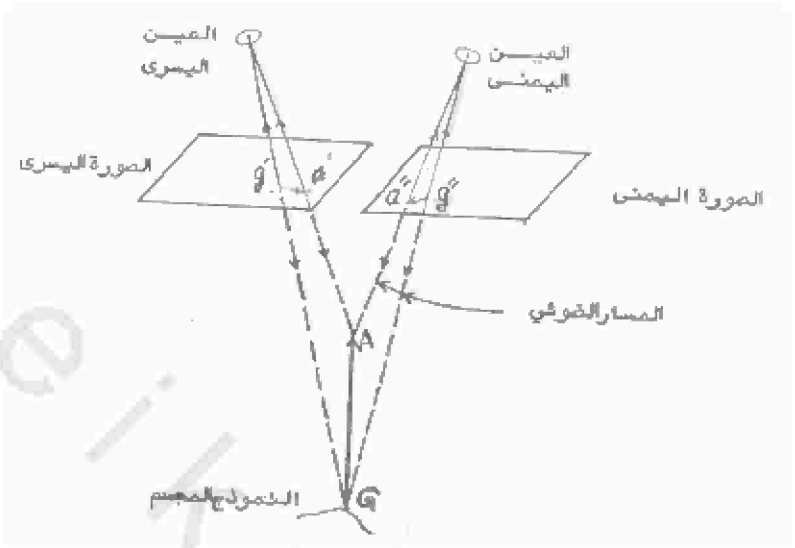
يوضح الشكل رقم (٤,٣) محطتي التقاط S_1 و S_2 لصورتين تم التقاطهما من الجو و تظهر على الصورتين صورتي جسم GA مرتفع عن سطح الأرض . تتكون الصورتان للجسم GA بسقوط الأشعة المنعكسة من كل من قاعدة الجسم G و قمته A

على الصورة اليمنى والصورة اليسرى. وهذا يمثل نفس الوضع الذي تم شرحه في كيفية رؤية الناظر للبعد الثالث للجسم (الإبصار المجسم).



الشكل رقم (٤,٣). وضع آلة التصوير عند التقاط الصورتين المتداخلتين.

إن الصورتين اللتان تم التقاطهما لنفس المنطقة و ظهرت صورة الجسم على كل منهما يطلق عليهما صورتان متداخلتان overlapping photographs . وبعد معالجة هاتين الصورتين والحصول على الموجب لكل منهما يمكن وضعهما على سطح مستو وتركيز النظر عليهما بحيث تنظر العين اليمنى للصورة اليمنى والعين اليسرى للصورة الأخرى (اليسرى) كما في الشكل رقم (٤,٤) .



الشكل رقم (٤,٤). الإبصار المجسم لصورتين متداخلتين.

وحتى يتم الحصول على النموذج المجسم لا بد من أن تشاهد العين اليمنى الصورة اليمنى فقط دون تسرب أشعة من الصورة اليسرى إليها و كذلك الحال بالنسبة للعين اليسرى. وقد يجد الشخص صعوبة كبيرة في الإبصار المجسم بالعين المجردة إذ إن ذلك يتطلب جهداً كبيراً لعضلات العينين و لذلك تم تصميم أجهزة تساعد في رؤية الصورتين لإدراك النموذج المجسم دون إرهاق عضلات العينين . هذه الأجهزة يطلق عليها أجهزة الإبصار المجسم stereo scopes وهي النواة لما سيعرف لاحقاً بأجهزة الرسم التجسيمي. وفيما يلي نبذة مختصرة عن بعض أجهزة الإبصار المجسم وكيفية استخدامها.

(٤,٤) جهاز الإبصار المجسم ذو العدسة

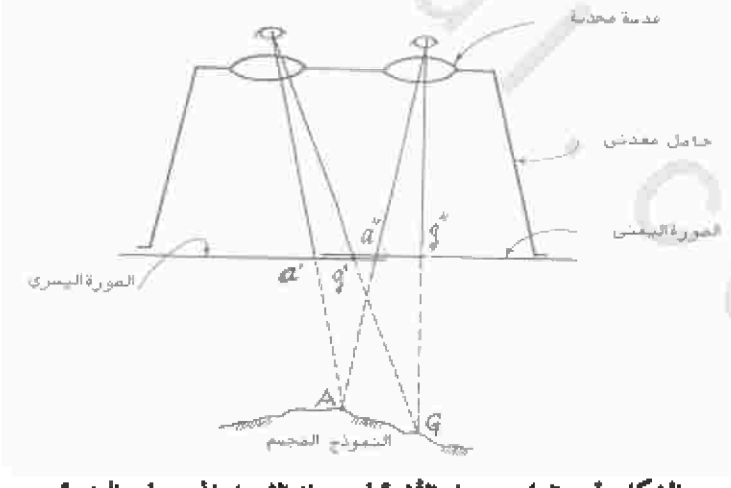
lens Stereoscope

يعتبر هذا النوع أبسط أجهزة الإبصار المجسم من ناحية التصميم والأقل تكلفة ويطلق عليه أيضاً جهاز الإبصار المجسم الجيبي لصغره وإمكانية حمله داخل الجيب

واستخدامه في الحقل. يتكون الجهاز من عدستين محدبتين يمكن ضبط المسافة بينهما بواسطة لولب (مسمار ضبط القاعدة العينية) حتى تكون ملائمة لقاعدة إبصار مستخدم الجهاز. والعدستان مثبتتان في حامل معدني (الشكل رقم ٤.٥).

الشكل رقم (٤,٥). جهاز الإبصار المجسم ذو العدسة [14].

ويبين الشكل رقم (٤,٦) وضع الصورتين تحت الجهاز ولولب الشعاع الضوئي من الصورتين لتكوين النموذج المجسم.



الشكل رقم (٤,٦). مسار الأشعة في جهاز الإبصار المجسم ذي العدسة.

وطريقة استخدام هذا الجهاز سهلة جداً كما ذكرنا ، إذ يتم وضع الصورة اليسرى تحت العدسة اليسرى لتمر الأشعة منها ومن خلال العدسة اليسرى إلى العين اليسرى لمشاهد الصورة اليسرى وتوضع الصورة اليمنى تحت العدسة اليمنى لتمر منها الأشعة ومن خلال العدسة اليمنى إلى العين اليمنى وبذلك يتحقق شرط الإبصار المجسم و يظهر النموذج المجسم للرائي كما في الشكل رقم (٤,٧) .

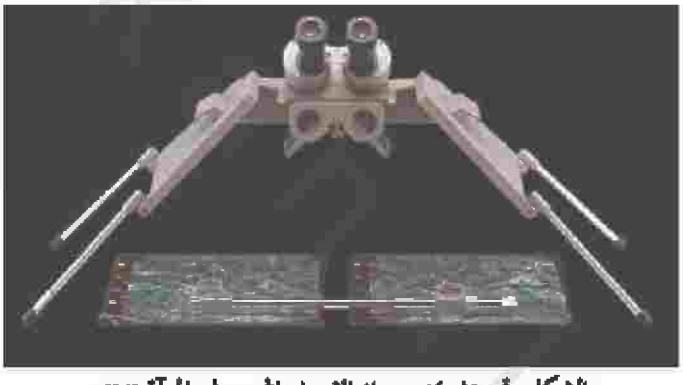
الشكل رقم (٤,٧). مشاهدة النموذج المجسم باستخدام جهاز الإبصار ذي العدسة [15].

ويلاحظ أن لهذا الجهاز عيب أساسي هو أن جزءاً من إحدى الصورتين يغطي جزءاً من الصورة الأخرى . ففي الشكل رقم (٤,٦) يغطي الطرف الأيسر من الصورة اليمنى الطرف الأيمن من الصورة اليسرى وعليه لا يمكن مشاهدة صورة النقطة G ما لم يتم طي الصورة اليمنى لتمر الأشعة من نقطة g (صورة نقطة G الأرضية) إلى العين اليسرى . إن هذا الخلل ينتج من أن المسافة التي تقطعها الأشعة من الصورتين إلى

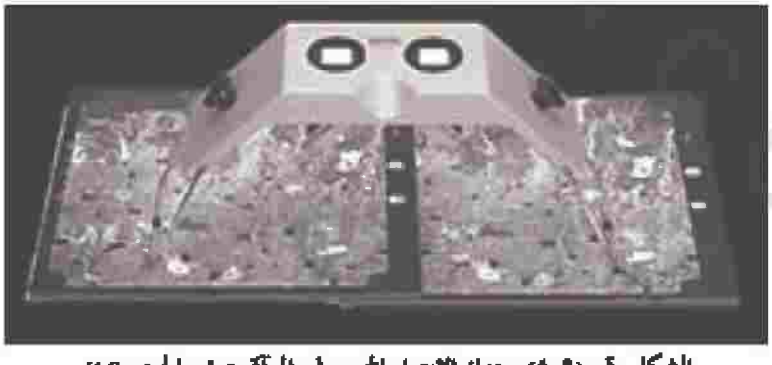
العينين مسافة محدودة. ولإيجاد حل لهذه السلبية فقد تم تصميم جهاز الإبصار المجسم ذي المرآة.

(٤,٥) جهاز الإبصار المجسم ذو المرايا
Mirror Stereoscope

يتكون هذا الجهاز من مرآتين عاكستين عند طرفي الجهاز ومرآتين عاكستين داخليتين ، كل زوج منهما مركب بزاوية مقدارها 45 درجة من المستوى الأفقي ، ولهذه الأجهزة تصميمات مختلفة كما في الشكل رقم (٤,٨) و الشكل رقم (٤,٩) ، فالأول أكبر حجماً وله عدستان مكبرتان.

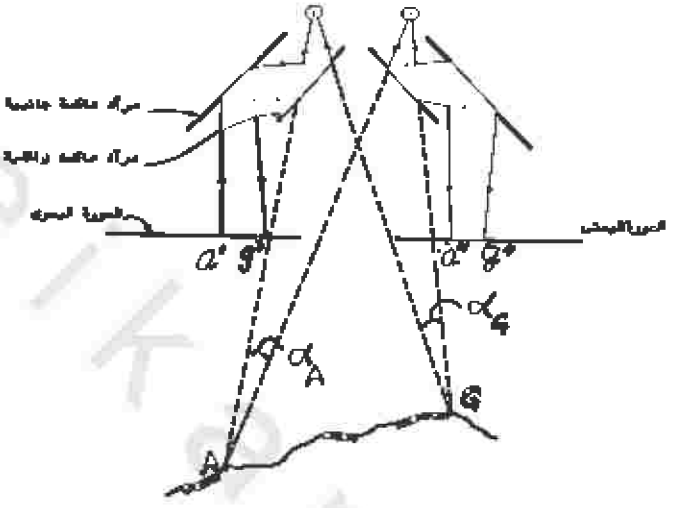


الشكل رقم (٤,٨). جهاز الإبصار المجسم ذو المرآة [14].



الشكل رقم (٤,٩). جهاز الإبصار المجسم ذو المرآة صغير الحجم [14].

ولقد تم تجاوز سلبية جهاز الإبصار المجسم ذي العدسة بإطالة مسار الأشعة الضوئية في هذا الجهاز كما هو واضح في الشكل رقم (٤,١٠) .



الشكل رقم (٤,١٠). مسار الأشعة في جهاز الإبصار المجسم ذي المرآة.

ولوضع الصورتين المتداخلتين تحت هذا الجهاز بشكل يمكن المشاهد من مشاهدة النموذج المجسم دون الحاجة إلى تحريك أي من الصورتين مما سيساعد في عمليات القياس التي ستتحدث عنها لاحقاً نقوم بإتباع الخطوات التالية :

- تحديد نقطة الأساس لكل من الصورتين p_1 للصورة اليسرى و p_2 للصورة اليمنى .
- تحديد النقطة المناظرة للنقطة p_1 في الصورة اليمنى ، و النقطة المناظرة للنقطة p_2 في الصورة اليسرى .
- الخط الذي يصل بين هذه النقاط الأربع يسمى خط القاعدة.
- يتم تثبيت الصورة اليسرى على لوحة المشاهدة ، ومن ثم وضع حافة المسطرة على خط القاعدة.

• تحريك جهاز الإبصار حتى تنطبق حافتا المسطرة اللتان نشاهدهما من خلال العينين.

• وضع الصورة اليمنى بحيث يكون خط القاعدة فيها منطبقاً على حافة المسطرة.

• تحريك الصورة اليمنى إلى الداخل أو الخارج حتى تتم رؤية النموذج المجسم.

• يتم تثبيت الصورة اليمنى على هذا الوضع.

• لمشاهدة أي جزء من النموذج المجسم يمكن تحريك الجهاز وتوجيهه حتى تكتمل رؤية النموذج . مع مراعاة عدم تحرك أي من الصورتين.

(٤,٦) المبالغة الرأسية
Vertical Exaggeration

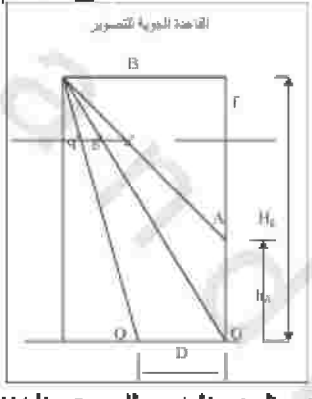
بعد وضع الصورتين تحت جهاز الإبصار و إجراء عملية التوجيه التي تؤدي إلى الوضع المناسب لمشاهدة النموذج المجسم فإن النموذج يبدو وكأن المقياس الرأسي الذي تظهر به الارتفاعات أكبر من المقياس الأفقي الذي تظهر به المسافات الأفقية في المجسم ، وهذه الظاهرة تسمى المبالغة الرأسية . ويجب مراعاة هذه الظاهرة عند تقدير ارتفاعات الأجسام في الطبيعة والانحدارات وكل ما له علاقة بارتفاع الجسم من بيانات مساحية تتطلبها عمليات تفسير الصور أو أي عمليات تطبيقية أخرى.

هنالك عدة أسباب تؤدي إلى ظاهرة المبالغة الرأسية ، يمكن تقسيمها إلى عوامل ميدانية ذات صلة بالتقاط الصور الجوية وأخرى معملية تتعلق بمشاهدة الصور المتداخلة تحت جهاز الإبصار المجسم.

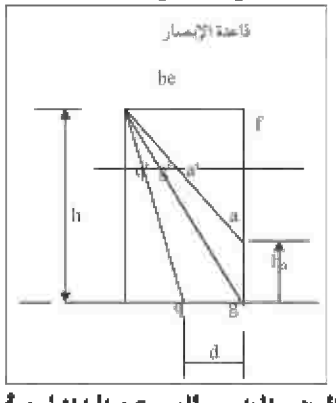
أما العوامل الميدانية فهي: ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض (H)، وطول القاعدة الجوية (B) و البعد البؤري لعدسة آلة التصوير (f).

وأما العوامل العملية فهي: طول قاعدة إبصار المشاهد (b_e)، وعمق إدراك النموذج المجسم و هو المسافة بين عيني المشاهد و النموذج المجسم الذي يراه من خلال عدستي الجهاز (h)، فهي لذلك قيمة يصعب قياسها وإنما تعطى قيمة تقديرية (فبعد العديد من التجارب التي أجريت من قبل باحثين مهتمين بهذا الشأن كان متوسط القيمة التي اتفق عليها هي 42 سم) [1].

ويوضح الشكل رقم (٤,١١) الوضع الهندسي الذي يمثل التقاط الصورتين المتداخلتين من الجو. كما يوضح الشكل رقم (٤,١٢) الوضع الهندسي للصورتين وهما تحت جهاز الإبصار حيث تظهر أبعاد النموذج المجسم.



الشكل رقم (٤,١١). الوضع الهندسي للصورتين المتداخلتين خطة التصوير.



الشكل رقم (٤,١٢). الوضع الهندسي للصورتين المتداخلتين تحت جهاز الإبصار المجسم

وبالنظر إلى هذين الشكلين يمكن استنتاج التعريف الرياضي للمبالغة الرأسية (VE) و الذي يمكن صياغته على النحو التالي:

$$VE = (h_A / D) \ / \ (h_a / d)$$

$$VE = (h_a / h_A) * (D/d) \quad \ldots\ldots (٤,١)$$

فمن الشكل رقم (٤,١١):

$$x_g / B = f / H_G$$
$$x_g = B * f / H_G$$

وبالمثل:

$$x_a = B * f / H_A$$

وبطرح القيمتين نحصل على:

$$x_a - x_g = B * f * [H_G - H_A] / (H_A * H_G) \quad \ldots\ldots (٤,٢)$$

وبما أن ارتفاع الجسم من سطح الأرض يقل كثيراً عن ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض فيمكن وضع هذه المعادلة على النحو التالي:

$$x_a - x_g = B * f * [h_A] / (H_G)^2 \quad \ldots\ldots (٤,٣)$$

وبالمثل فمن الشكل رقم(٤.١٢) يمكن استنتاج العلاقة:

$$x_a - x_g = b_a * f * h_a / h^2 \quad \ldots\ldots (٤,٤)$$

ومن المعادلتين (٤,٣) و (٤,٤):

$$h_a / h_A = B * f * h^2 / [b_a * f * (H_G)^2] \quad \ldots\ldots (٤,٥)$$

أيضاً من الشكل رقم (٤,١١) والشكل رقم (٤,١٢) يمكن استنتاج العلاقة التالية:

$$D/d = f * H_G / (f * h) \quad \ldots\ldots (٤,٦)$$

وبتعويض المعادلتين (٤,٥) و (٤,٦) في المعادلة (1.4) نحصل على:

$$VE = (B / H_G) \ / \ (b_a / h) \quad \ldots\ldots (٤,٧)$$

ويتضح من هذه العلاقة أن المبالغة الرأسية تساوي بصورة تقريبية قسمة نسبة القاعدة الجوية إلى ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض (B/H_g) على نسبة قاعدة الإبصار إلى عمق الإدراك في النموذج المجسم (b_g/h) . و تعتمد القاعدة الجوية – المسافة بين محطتي التقاط الصورتين – على نسبة التداخل بين الصورتين (يكون 60% في أغلب الأحيان) وبعد الصورة في اتجاه الطيران (ويكون 23 سم في الصورالجوية العادية) ومقياس الصورة (f/H_g) . وأما قاعدة الإبصار فتعتمد على المسافة بين عيني الراصد (والقيمة المتوسطة لها هي 65 ملم) ، كما وأن القيمة المتوسطة لعمق الإدراك فقد اعتمدت 42 سم كقيمة متوسطة بعد تجارب مخبرية مكثفة.

مثال(٤,١)

تم التقاط صورتين باستخدام آلة تصوير جوية بعدها البؤري 150 ملم ذات إطار عادي أبعاده 23x23 سم . احسب المبالغة الرأسية للنموذج المجسم الناتج من الرؤية التجسيمية إذا كانت النسبة المئوية لتداخل الصورتين هي 60% .

(استخدم القيمة الوسطية $b_g/h = 65/420 = 0.15$)

الحل

نحسب القاعدة الجوية B :

حيث إن بعد الصورة على الأرض في اتجاه الطيران = $(H_g/f) * 230$

$$B = (1 - 0.6) * 230 * H_g / f$$

وبالتعويض في المعادلة (٤,٧) نحصل على المبالغة الرأسية :

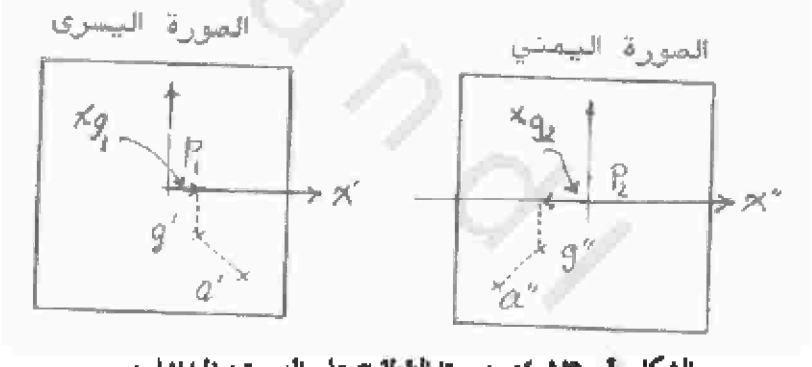
$$VE = 0.4*230/(150*0.15) = 4$$

ذلك يعني أن المقياس الرأسي للنموذج المجسم يكون أربعة أضعاف المقياس الأفقي للنموذج نفسه.

(٤,٧) الابعاد التجسيمي
Stereoscopic Parallax

يعرف الابتعاد التجسيمي بأنه الحركة الظاهرية للجسم الذي يتم مشاهدته ، والتي تنتج من تغيير موقع المشاهدة. ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة عندما يكون هنالك شخص داخل سيارة متحركة في اتجاه ما وهو يشاهد الأجسام الثابتة و كأنها متحركة في اتجاه عكس اتجاه حركته. ومن الملاحظ أيضاً أنه كلما كانت الأجسام الثابتة أقرب للمشاهد كلما كانت حركتها الظاهرية أسرع.

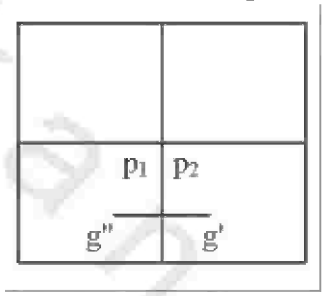
من المعلوم أنه عندما يتم التقاط صورتين جويتين متداخلتين بآلة تصوير جوية من محطتي التقاط مختلفتين S_1 و S_2 فإن النقطة الأرضية G تظهر لها صورتان هما : g على الصورة اليسرى و g" على الصورة اليمنى كما في الشكل رقم (٤,١٣).



الشكل رقم (٤,١٣). صورتا النقطة G على الصورتين المتداخلتين.

ومن الشكل رقم (٤,١٣) يظهر لنا أن g تقع على يمين نقطة الأساس في الصورة الموجبة اليسرى ، و تقع g" على يسار نقطة الأساس في الصورة اليمنى . إن التغير الذي حصل في موقع التقاط الصورة من S_1 إلى S_2 و الذي يمثل موقع المشاهد المتحرك هو الذي أدى إلى التغير في موقع صورة الجسم G من g في الصورة الأولى إلى g" في الصورة الأخرى .

وإذا تم وضع الصورة اليمنى على الصورة اليسرى بحيث تتطابق نقطتا الأساس للصورتين كما في الشكل رقم (٤,١٤) فإن المسافة gg' هي المسافة الظاهرية لحركة صورة النقطة G نتيجة تحريك آلة التصوير من محطة الالتقاط S_1 إلى محطة الالتقاط S_2 لالتقاط الصورتين . إن هذه المسافة على الصورة يطلق عليها الابتعاد التجسيمي stereoscopic parallax أو الابتعاد المطلق absolute parallax للنقطة p_g ، وبما أن هذا الابتعاد يحصل في اتجاه الطيران وهو تقريباً في اتجاه محور إحداثيات الصورة x فإنه أيضاً يطلق عليه الابتعاد السيني x-parallax .

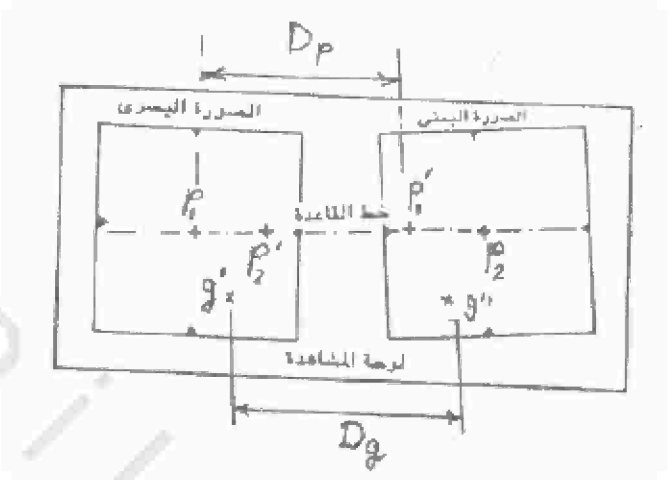


الشكل رقم (٤,١٤). الصورتان المتداخلتان في وضع مطابق.

ويمكن قياس مقدار هذا الابتعاد على الصورة بإحدى طريقتين سنتعرف على كل منهما فيما يلي.

(٤,٨) قياس الابتعاد التجسيمي على الصورة المفردة

في هذه الطريقة نبدأ بتحديد خط القاعدة لكل من الصورتين المتداخلتين (photo base line) وهو الخط الذي يصل نقطة أساس الصورة (اليسرى مثلاً) ونظير نقطة أساس الصورة الثانية عليها. ويمثل خط القاعدة في كل صورة المحور السيني لها (x-axis) كما يظهر في الشكل رقم (٤,١٥).



الشكل رقم (٤,١٥). خط القاعدة للصورة بفعل اختلاف السيني.

ثم نقوم بقياس الإحداثي x_{g1} للنقطة g على الصورة اليسرى والإحداثي x_{g2} للنقطة g على الصورة اليمنى (الشكل رقم ٤,١٣). ويعرف الابتعاد التجسيمي (p_g) للنقطة g بأنه الفرق الجبري للقيمتين:

$$p_g = x_{g1} - x_{g2} \quad \text{.....} \quad (٤,٨)$$

وإذا تم وضع الصورتين بحيث ينطبق خطا القاعدة لهما و من ثم تم قياس المسافة (D_p) بين نقطتي الأساس للصورتين p_1 و p_2 والمسافة (D_g) بين النقطتين g_1 و g_2 فيمكن إيجاد الابتعاد التجسيمي للنقطة g من العلاقة:

$$p_g = D_p - D_g \quad \text{.....} \quad (٤,٩)$$

مثال (٤,٢)

أوجد الابتعاد التجسيمي للنقطتين g و q اللتين ظهرت صورتا كل منهما على نموذج مجسم وقد كانت نتائج قياس إحداثياتهما على الصورتين المتداخلتين بالميليمتر كالتالي:

النقطة	X_L	x_a
G	45	-37
Q	-15	-85

الحل

من العلاقة (٤,٨) :

$$p_g = 45 - (-37) = 82$$
$$p_q = 15 - (-85) = 70$$

إذن الابتعاد التجسيمي للنقطة g = 82 مم

والابتعاد التجسيمي للنقطة q = 70 مم

مثال(٤,٣)

وضعت صورتان متداخلتان على طاولة المشاهدة بحيث ينطبق خطا القاعدة على بعضهما البعض ومن ثم قيست المسافة بين نقطتي الأساس للصورتين وكانت 215 مم ، كما تم قياس المسافة بين النقطتين g_1 و g_2 على الصورتين فكانت 133 مم ، أوجد الابتعاد التجسيمي للنقطة.

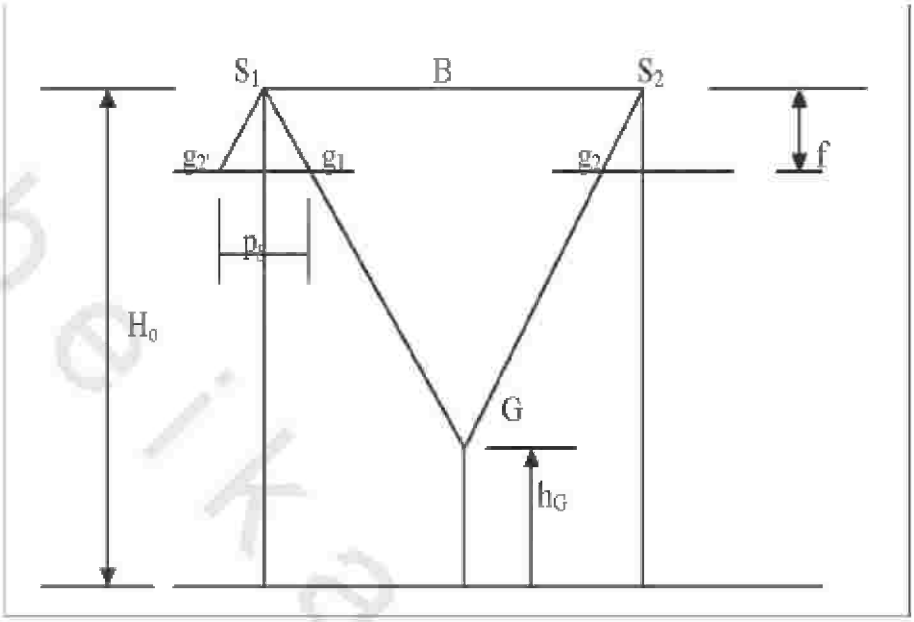
الحل

من العلاقة (٤,٩) :

$$p_g = 215 - 133 = 82$$

إذن الابتعاد التجسيمي للنقطة g = 82 مم

يوضح الشكل رقم (٤,١٦) آلة تصوير البعد البؤري لها f ملم وهي في حالة التقاط صورتين متداخلتين من ارتفاع H_a متراً فوق سطح البحر من محطتي التصوير S_1 و S_2 البعد بينهما (القاعدة الجوية للتصوير) B متراً و قد ظهرت للنقطة الأرضية G والتي ترتفع h_g متراً فوق سطح البحر الصورتان g_1 و g_2 على الصورتين اليسرى واليمنى على التوالي. فإذا قمنا بنقل النقطة g_2 من الصورة اليمنى إلى الموقع المناظر لها في الصورة اليسرى $g_{2'}$ فإن المسافة $g_1g_{2'}$ هي الابتعاد التجسيمي p_g لصورة النقطة G .



الشكل رقم (٤,١٦). العلاقة بين الابعاد التجسيمي p_g و ارتفاع النقطة الأرضية h_G.

وبتوصيل محطة التصوير S_1 مع النقطة $g_{2'}$ فإن الشكل $S_1S_2g_2g_{2'}$ يكون متوازي أضلاع ، وعليه فإن الزاوية $S_1g_2g_{2'}$ = الزاوية $g_2S_2S_1$ ،

وبما أن مستوى الصورة (ممثلاً بالخط g_1g_2) يوازي خط القاعدة (ممثلاً بالخط S_1S_2) فإن الزاوية $S_2S_1g_1$ = الزاوية $g_{2'}g_1S_1$ ، وعليه فإن المثلثين GS_1S_2 و $g_{2'}g_1S_1$ متشابهان ، ونستنتج:

$$p_g = f * B / (H_o - h_G) \quad \text{.....(٤,١٠)}$$

ويمكن كتابتها على النحو التالي:

$$h_G = H_o - (f * B) / p_g \quad \text{..... (٤,١١)}$$

ويطلق عليها معادلة الابتعاد التجسيمي stereoscopic parallax equation .

وتستخدم هذه المعادلة لتعيين قيمة ارتفاع النقطة h_G بقياس الابتعاد التجسيمي لها p_g .

مثال (٤,٤)

التقطت صورتان جويتان متداخلتان باستخدام آلة تصوير جوية البعد البؤري لعدستها 150.00 مم من ارتفاع 1800 متراً فوق سطح البحر و طول القاعدة الجوية 900 متراً . وقد ظهرت على هاتين الصورتين صور لنقطتين أرضيتين هما G و Q ، وقد تم قياس الإحداثيات السينية لصورتي كل من النقطتين على الصورتين ، و كانت نتائج القياس (بالملمتر) كما في الجدول التالي ، المطلوب حساب ارتفاع كل من النقطتين فوق سطح البحر:

النقطة	x_1	x_2	الابتعاد p
g	60.00	- 30.00	90.00
Q	- 10.00	- 95.00	85.00

الحل

نحسب أولاً الابتعاد التجسيمي لكل من النقطتين g و q بتطبيق المعادلة (٤,٨) ، و تظهر النتيجة في العمود الرابع من الجدول . ثم نحسب ارتفاع كل من النقطتين عن سطح البحر بالتعويض في المعادلة (٤,١١) :

$$h_G = 1800 - 900 * 150.00/90.00$$

ارتفاع النقطة G فوق سطح البحر = 300 متر

$$h_Q = 1800 - 900 * 150.00/85.00$$

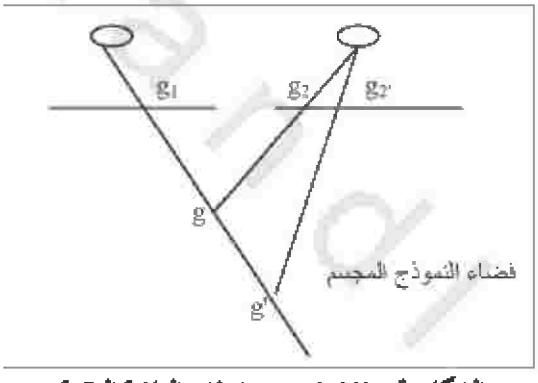
ارتفاع النقطة Q فوق سطح البحر = 211.79 متر

(٤,٩) قياس الابتعاد التجسيمي على الصورتين المتداخلتين

يتم قياس الابتعاد التجسيمي عن طريق قياس فرق الابتعاد بين نقطتين تظهران على الصورتين المتداخلتين ومن ثم يتم حساب الابتعاد التجسيمي لإحداهما بمعرفة الابتعاد التجسيمي للأخرى (باستخدام القياس على الصورة المفردة أو بمعرفة ارتفاعها).

إن قياس فرق الابتعاد بين نقطتين على النموذج المجسم يعتمد على نظرية العلامة العائمة Floating Mark والتي تعتبر الأساس لكل القياسات في المساحة التصويرية التجسيمية. وهاهنا شرح لمبدأ العلامة العائمة المستخدمة في المساحة التصويرية التجسيمية على وجه العموم .

لنفترض أننا وضعنا علامة سوداء على الصورة اليسرى عند نقطة g_1 وأخرى على الصورة اليمنى عند النقطة g_2 كما يظهر على الشكل رقم (٤.١٧) . إذا وضعنا الصورتين تحت جهاز الإبصار التجسيمي فإننا سنشاهد النقطة g في النموذج المجسم متمثلة في النقطة التي يتقاطع عندها الشعاعان من g_1 إلى العين اليسرى و من g_2 إلى العين اليمنى .



الشكل رقم (٤.١٧). تغير ارتفاع العلامة العائمة.

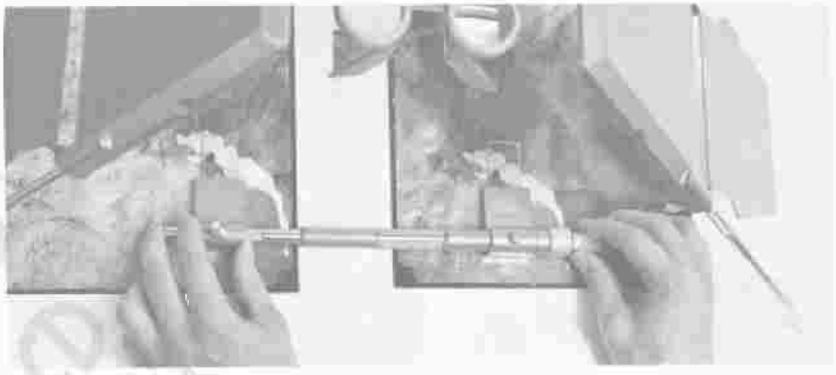
وإذا قمنا بتحريك العلامة في الصورة اليمنى ، في الاتجاه السيني ، من موقعها في g_2 إلى موقع آخر g_2' ، و يعني ذلك تغيير قيمة الابتعاد التجسيمي للنقطة g ، فإننا سنشاهد العلامة العائمة في النموذج المجسم وقد تحركت من الوضع الأول g إلى الوضع g' . ذلك يعني أن تغيير وضع العلامة العائمة على الصورة اليمنى في الاتجاه السيني يؤدي إلى تغيير وضع مشاهدتها في النموذج المجسم إلى أعلى أو أسفل و لذلك يطلق عليها العلامة العائمة أو السابحة .

إن هذه النظرية يتم استخدامها في أجهزة القياس التجسيمي بدءاً بقضيب فرق الابتعاد Parallax Bar (Stereo-meter) و الذي سنستخدمه لقياس فرق الابتعاد بين نقطتين على النموذج المجسم. يبين الشكل رقم (٤.١٨) عناصر جهاز قضيب فرق الابتعاد والذي يتكون من ذراع رئيسي مجوف (3) يتحرك بداخله عمود مدرج بالمليمترات ويتصل به شريحتان زجاجيتان (1) محفور في مركز كل منهما علامة (دائرة أو نقطة أو تقاطع أو الثلاث معاً). وفي النهاية اليمنى للذراع يوجد لولب الميكروميتر (4) الذي يستخدم لتغيير المسافة بين العلامتين و ذلك بتحريك العلامة اليمنى ويقرأ إلى الجزء المئوي من المليمتر. وفي الطرف الأيسر يوجد لولب (2) يتحكم في ربط العلامة اليسرى.

الشكل رقم (٤,١٨). قضيب (ذراع) قياس فرق الابتعاد.

وفيما يلي تفصيل لاستخدام قضيب الابتعاد في قياس فرق الابتعاد بين نقطتين على النموذج المجسم :

- يتم وضع الصورتين المتداخلتين و توجيههما تحت جهاز الإبصار المجسم حتى يستطيع المشاهد رؤية النموذج المجسم للمنطقة المشتركة بين الصورتين من دون تحريك أي منهما.
- يوضع قضيب الابتعاد على الصورتين بحيث تكون العلامة العائمة اليسرى على صورة الجسم في الصورة اليسرى و العلامة اليمنى على صورة الجسم في الصورة اليمنى (الشكل رقم ٤,١٩).



الشكل رقم (٤,١٩). قياس فرق الابتعاد باستخدام قضيب الابتعاد [15].

• ضبط وضع العلامة اليمنى بتحريك لولب الميكروميتر حتى يتم مشاهدة العلامتين كعلامة واحدة تتحرك في فضاء النموذج المجسم ، و يستمر تحريك اللولب حتى تستقر العلامة على النقطة (q) مثلاً في النموذج المجسم.

• تسجيل قراءة المقياس الرئيسي و قياس الميكروميتر. وتسمى هذه القراءة : قراءة قضيب الابتعاد (z_q) . وقد تم تصميم تدريج مقياس القضيب بحيث تكون قراءة القضيب تتناسب طردياً مع فرق الابتعاد.

• تحريك كل من جهاز الإبصار المجسم لمشاهدة النقطة الأخرى في النموذج المجسم وقضيب الابتعاد لتسجيل قراءة القضيب عندها (z_q) بعد إجراء عملية التوجيه وتثبيت العلامة العائمة على هذه النقطة كما تم لسابقتها.

• حساب الفرق بين القراءتين لإيجاد فرق الابتعاد بينهما :

$$dp_{pq} = z_q - z_p \quad \text{.....} \quad (٤,١٢)$$

ويمكن قراءة قضيب الابتعاد لجميع النقاط المطلوب إيجاد الابتعاد التجسيمي لها بنفس الطريقة.

العلاقة بين فرق الابعاد وفـــرق الارتفـــاع: يمكن تطبيق معادلة الابتعاد التجسيمي (٤,١٠) على أي نقطة تظهر في النموذج المجسم (النقطتان q و g على سبيل المثال) ، ومن ثم إيجاد فرق الابتعاد (dp_{gq}) لهما :

$$dp_{gq} = f*B / (H_o - h_Q) - f*B / (H_o - h_G)$$

$$dp_{gq} = f*B* (h_Q - h_G) / [(H_o - h_Q) * (H_o - h_G)] \quad \text{..... (٤,١٣)}$$

وبما أن $p_q = f * B / (H_o - h_Q)$ فإن المعادلة (13.4) يمكن أن تكتب على النحو التالي:

$$dp_{gq} = p_q * (h_Q - h_G) / (H_o - h_G) \quad \text{..... (٤,١٤)}$$

أو بصورة أخرى:

$$dh_{GQ} = h_Q - h_G = dp_{gq} (H_o - h_G) / [p_q] \quad \text{..... (٤,١٥)}$$

وتمثل هذه المعادلة علاقة فرق الابتعاد dp_{gq} للنقطتين في النموذج المجسم وفرق الارتفاع dh_{GQ} بينهما في الطبيعة. ويمكن تطبيق هذه المعادلة على كل نقطة داخل النموذج المجسم لإيجاد فرق الارتفاع بينها و بين النقطة G . فإذا افترضنا أن النقطة G معلومة الارتفاع فوق سطح البحر(h_G) وعرفنا ارتفاع الطيران فوق البحر (H_o) وقمنا بقياس الابتعاد التجسيمي (p_q) للنقطة g على النموذج المجسم فإن فرق الارتفاع بين هذه النقطة G وأي نقطة أخرى يمكن حسابه من المعادلة (٤,١٥) و ذلك بعد قياس فرق الابتعاد بين النقطة المطلوبة والنقطة g باستخدام قضيب الابتعاد.

مثال (٤,٥)

تم استخدام قضيب قياس فرق الابتعاد لتسجيل القراءات التالية بعد رصد النقاط t ,q ,g التي ظهرت على النموذج المجسم بعد توجيه الصورتين تحت جهاز الإبصار المجسم :

النقطة	g	q	t
قراءة القضيب (مم)	22.00	23.20	19.50

إذا كان الابتعاد التجسيمي للنقطة g هو 85.50 ملم ، أوجد الابتعاد التجسيمي لكل من النقطتين q و t .

إذا كان ارتفاع الطيران فوق سطح البحر لالتقاط الصورتين المتداخلتين اللتين تم القياس عليهما هو 2000.0 مترا و كان ارتفاع النقطة G هو 620.00 مترا فوق سطح البحر فأوجد ارتفاع النقطتين Q و T فوق سطح البحر.

الحل

أولاً: من قراءات القضيب نحسب فرق الابتعاد بين كل من النقطتين q و t والنقطة المرجعية g :

$$dp_{gq} = r_q - r_g = 23.20 - 22.00 = 1.20 \text{ mm}$$
$$dp_{gt} = r_t - r_g = 19.50 - 22.00 = -2.50 \text{ mm}$$

ومن ثم نحسب الابتعاد التجسيمي لكل من النقطتين :

$$p_q = p_g + dp_{gq} = 85.50 + 1.20 = 86.70 \text{ mm}$$
$$p_t = p_g + dp_{gt} = 85.50 - 2.50 = 83.00 \text{mm}$$
$$H_o - h_G = 2000.0 - 620.0 = 1380.0 \text{ m}$$

وبالتعويض في المعادلة (15.4) نحصل على :

$$h_Q - h_G = dp_{gq}(H_o - h_G) / [p_q]$$
$$= (1.20)(1380.0)/[86.70] = 19.10 \text{ متر}$$

إذن ارتفاع النقطة Q فوق سطح البحر $= 620.0 + 19.10 = 639.10$ متر

وبالنسبة للنقطة الثانية (T) :

$$h_T - h_G = dp_{gt}(H_o - h_G) / [p_t]$$
$$= (-2.50)(1380.0) / [83.00]$$
$$= -41.57 \text{ متر}$$

إذن ارتفاع النقطة T فوق سطح البحر $= 620.00 - 41.57 = 578.43$ متراً

ويعتبر ما قدمناه في هذا الفصل عن تطبيق للإبصار المجسم في المساحة التصويرية مجرد مقدمة للمساحة التصويرية التجسيمية و التي ستكون موضوع الفصول القادمة والتي سنبدأ فيها بتقديم لأجهزة الرسم التجسيمي في الفصل التالي.

(٤,١٠) تمارين

١- عرف ما يلي :

أ) زاوية الابتعاد ب) الإبصار المجسم ج) المبالغة الرأسية.

٢- ما هي شروط الإبصار المجسم ؟

٣- ما هي العوامل التي تؤدي إلى ظاهرة المبالغة الرأسية في الإبصار المجسم ؟

٤- ما هي مميزات كل من جهاز الإبصار المجسم ذي العدسة و ذي المرايا ؟

٥- تم التقاط صورتين جويتين بنسبة تداخل أمامي 65% باستخدام آلة تصوير جوية بعدها البؤري 152.40 مم و إطار الفيلم 23x23 سم . احسب المبالغة الرأسية عند مشاهدة النموذج المجسم الناتج من الصورتين إذا كان نسبة قاعدة الإبصار إلى عمق الإدراك تساوي 0.15 .

٦- تم استخدام قضيب قياس فرق الابتعاد لتسجيل القراءات على صور ثلاث نقاط P, Q, G ظهرت في نموذج مجسم لصورتين متداخلتين تم التقاطهما من ارتفاع طيران 2300 متر ، ودونت النتائج في الجدول التالي :

النقطة	g	q	p
قراءة القضيب (مم)	25.08	22.94	24.60

إذا كان الابتعاد التجسيمي للنقطة p يساوي 90.05 مم ، احسب الابتعاد التجسيمي لكل من النقطتين g و q . و إذا كان ارتفاع النقطة P = 465.25 متر فوق سطح البحر فأوجد منسوب كل من النقطتين G و Q.

٧- تم التقاط صورتين جويتين متداخلتين باستخدام آلة تصوير جوية البعد البؤري لعدستها 152.40 مم وارتفاع الطيران 2100 متر فوق سطح البحر و القاعدة الجوية للتصوير 1200 متر. فإذا تم قياس الإحداثيات السينية لصورتي نقطتين ظهرتا

على الصورتين (a و d) ودونت نتائج القياس في الجدول التالي ، احسب ارتفاع كل من النقطتين (A و D) فوق سطح البحر.

النقطة	x_1	x_2
a	90.05	10.65
d	98.30	-15.20

obeikandl.com