جامعة جنوب الوادي
قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية
كلية الآداب

المســـــاحة الجوية

إعداد /

د/ محمد علي الهويدي

مدرس جغرافيا العمران والمساحة والخرائط

بقسم الجغرافيا- كلية الآداب- جامعة جنوب الوادي

2022

تقديم

الحمد لله الذي أحاط بكل شيء علمًا، ووسع كلّ شيء حفظًا، والحمد لله الذي أحاط بكل شيء سلطانُه، ووسعت كلّ شيء رحمتهُ، اللهم لك الحمد على حلمك بعد علمك، ولك الحمد على عفوك بعد قدرتك.

وبعد،،،

تمثل المساحة الجوية فرعًا مهمًا من فروع المساحة، فهي علم وفن وتكنولوجيا الحصول علي المعلومات الكمية والنوعية للظاهرات الأرضية من خلال عملية تسجيل، وقياس، وتفسير الصور الفوتوغرافية.

ويتألف هذا المقرر من خمسة فصول، **يتناول الفصل الأول** مقدمة في المساحة الجوية بحيث يتعرف الطالب علي مفهوم المساحة الجوية وأهميتها، وكذلك التعرف علي مراحل تطور التصوير الجوي، استخدامات المساحة الجوية، بالإضافة إلى الخصائص الهندسية للصور الجوية وانواع الصور الجوية، **ويهدف الفصل الثاني** إلى دراسة تفسير الصور الجوية، **وخصص الفصل الثالث** تخطيط رحلات التصوير الجوي، **يدرس الفصل الرابع** القياس من الصور الجوية، **يشمل الفصل الخامس** دراسة نماذج وتطبيقات من مخرجات الصور الجوية.

والله ولي التوفيق،،،

دكتور/

محمد علي الهويدي

١٤٤٣هـ/ ٢٠٢١ م

الفصل الأول

مقدمة في المســـاحة الجـــوية

الفصل الأول

مقدمة في المســـاحة الجـــوية

تمهيد:

اولاً- تعريف المساحة الجوية.

ثانيًا- مراحل تطور التصور الجوي والمساحة الجوية.

ثالثًا- استخدامات المساحة الجوية.

ثالثًا- طرق الاستفادة من الصور الجوية.

خامسًا- مراحل إنتاج الخرائط والمخططات من الصور الجوية.

سادسًا- الخصائص الهندسة للصور الجوية.

سابعًا- أنواع الصور الجوية.

ثامنًا- مقياس رسم الصور الجوية (الرأسية).

اولاً- تعريف المساحة الجوية:

المساحة أو التصوير الجوي photogrammetry هو مصطلح يتكون من مقطعين: الأول photo ويعني الصورة، والثاني meter وهي تعني القياس من الصورة، أما التعريف الكلاسيكي للمساحة والتصوير الجوي فهو: علم وفن وتكنولوجيا الحصول علي المعلومات الكمية والنوعية للظاهرات الأرضية من خلال عملية تسجيل، وقياس، وتفسير الصور الفوتوغرافية[1].

وتعرف المساحة الجوية أيضًا بأنها "علم وفن وتقنية الحصول على معلومات كمية ووصفية مفيدة عن المعالم الطبيعية والبيئة عن طريق معالجة الصور الجوية وقياسها[2].

والمساحة الجوية تستخدم فيها صور جوية يتم التقاطها بآلة تصوير جوية محمولة داخل طائرة تطير في الهواء على ارتفاع عدة مئات من الأمتار فوق سطح الأرض، ويتركز استخدامها في القياسات المساحية المختلفة، وخاصة عمل الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية والنماذج الرقمية لسطح الأرض وتختلف آلة التصوير في خصائصها عن الآلات التصوير الأرضية نظراً لأنها تكون في حالة حركة أثناء التقاط الصورة.

وتتعدد أهمية المساحة الجوية في كونها تُسهم في دراسة سطح الأرض وإعداد خرائط مساحية تحتوي على المعالم الطبيعية والمعالم المنشأة على سطح الأرض وبالأخص للأماكن الشاسعة التي يكون من الصعب الوصول إليها، خاصة إذا كانت طبيعة الأرض وعرة مليئة بالجبال والغابات والمستنقعات، وكذلك تزويد الجيش بخرائط مساحية يمكن بها معرفة أماكن العدو ومواقعه وتخزين آلياته وذخائره وطائراته الرابضة وتحركات القوات ونتائج الغارات الجوية، بالإضافة إلى دراسة المناطق الحضرية ورصد السكان ودراسة شبكات الطرق والنقل وحركة المرور في الشوارع وما يترتب على ذلك من تنظيم السير وتسيره.

1-Ethekwini municipality (2015), Aerial photogrammetry, Sharlene pillay, survey technician- surveying and land information department.

٢ – عبدالله الصادق علي (٢٠٠٦م)، مقدمة في المساحة التصويرية التحليلية والرقمية، مكتبة العلوم والهندسة – جامعة العلوم والتكنولوجيا، السعودية.

ثانيًا- مراحل تطور المساحة الجوية

أهم المراحل التي مرت بها المساحة الجوية هي:

١) اختراع التصوير الضوئي عام ١٨٣٩م.

٢) استعمال الصور الفردية لغايات إجراء القياس والمخططات وهي في الحقبة ١٨٤٠ -١٨٩٢م وقد كانت هذه الصور مأخوذة من محطات أرضية وجوية باستخدام البالونات أو الطائرات الورقية.

٣) إنتاج الأفلام الملفوفة.

٤) اكتشاف الرؤية المجسمة من الصور واختراع العلامة الطافية.

٥) اختراع الطائرة عام ١٩٠٣م واستخدمت لأول مرة في التقاط الصور لأغراض المساحة عام ١٩١٣م

٦) اتساع نطاق التسابق في هذا المجال أثناء الحرب العالمية الأولى والثانية للأغراض العسكرية والمدنية وكذلك تم خلالها اختراع ما يسمى بأجهزة الرسم التجسيمي الميكانيكية وتأسست خلال هذه الفترة الكثير من الشركات المساحية.

٧) اختراع الحاسبات خلال العقد ١٩٦٠م أدى إلى تقدم هائل في نوعية الأجهزة وطرق الإنتاج وقد ظهرت الكثير من المعدات والأجهزة الآلية السريعة والدقيقة واستمر هذا التطور إلى وقتنا الحالي بظهور الكاميرات والصور الرقمية والماسحات الضوئية وظهور جيل جديد من الأجهزة التي تتعامل مع الصور الجوية باستخدام الحاسب الآلي ومما ساعد كذلك في هذا التطور التنافس بين الدول العظمى في هذا المجال إلى جانب التنافس في غزو الفضاء ووضع الأقمار الصناعية والمحطات الفضائية لأغراض المراقبة والاستطلاع والدراسات المختلفة.

ثالثًا- استخدامات المساحة الجوية

هناك العديد من الحقول والمجالات التي تعتبر استخدام المساحة الجوية فيها على جانب كبير من الأهمية وفيما يلي موجز لأهم هذه التطبيقات:

١) إعداد المخططات و الخرائط المستوية بدقة عالية و سرعة و تكلفة أقل.

٢) إعداد المخططات والخرائط الطبوغرافية بدقة عالية و سرعة و تكلفة أقل.

٣) استكشاف وتخطيط وتصميم شبكات المواصلات المختلفة والسدود و قنوات الري والاتصالات وغيرها من المشاريع المدنية.

٤) يمكن استخدام الصور الجوية أو الفضائية كبديل عن الخرائط في المناطق التي لا تتوفر لها أية معلومات مساحية أو خرائط.

٥) تُستخدم المساحة التصويرية في حقل الجيولوجيا (علم الأرض) للتنقيب عن المعادن والمياه الجوفية ودراسات التربة و سطح الأرض لمعرفة مدى ملاءمته للأغراض المختلفة من زراعة أو صناعة ومعرفة أنواع الصخور الموجودة على سطح الأرض و في باطنها.

٦) تُستخدم المساحة التصويرية في حقل الاستخبارات العسكرية و ذلك بإمداد الجيش بمعلومات عن مواقع و معدات و أعداد و تحركات العدو.

٧) تُستخدم المساحة التصويرية في المجالات الطبية مثل استخدام أشعة إكس وصناعة الأطراف الصناعية.

٨) تُستخدم المساحة التصويرية الجوية في أعمال الحصر، مثل الحصر السكاني و الحصر الزراعي.

٩) تُستخدم المساحة التصويرية في حل ومراقبة المشاكل المرورية.

رابعًا- طرق الاستفادة من الصور

يمكن الاستفادة من الصور بطريقتين:

أ) التعامل مع الصور المفردة

تتم الدراسة فيها من خلال صورة تعطي بُعدين فقط للمعلم موضع الدراسة، حيث يمكن الحصول منها على قياسات تقريبية ومعلومات نوعية مثل الإحصاءات والتخطيط للمشاريع المدنية وغيرها ويمكن تجميع مجموعة من الصور المتتالية لمنطقة وتوصيلها مع بعضها بحيث تعطي صورة كبيرة وهو ما يسمى بالموزيك.

ب) التعامل مع أزواج الصور

يقصد بها التعامل مع صورتين مصورتين بوضع محدد ، بحيث يكون جزء من الصورتين لنفس المنطقة وبمجرد توجيههما باستخدام طرق وأجهزة (سوف يتم التطرق لها في الوحدات القادمة إن شاء الله تعالى) يمكن الحصول منهما على منظر مجسم (ذي ثلاثة أبعاد) للمنطقة المشتركة بين الصورتين ومن ثم التعامل مع المنظر المجسم ذي الأبعاد الثلاثة في الحصول على المعلومات.

خامسًا- مراحل إنتاج الخرائط والمخططات من الصور الجوية.

عند حديثنا عن أقسام المساحة الجـــويـــة قُلنا أن الصور الملتقطة من الجو هي التي تستخدم لإنتاج الخرائط والمخططات المساحية، وحتى نتمكن من إنتاج الخرائط والمخططات من الصور الجوية لابد أن نمر بالمراحل الرئيسة الموضحة بالشكل١

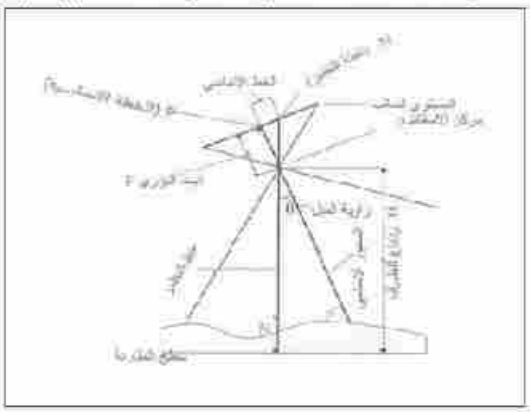
الشكل ١يوضح المراحل الأساسية لإنتاج الخرائط من الصور الجوية

سادساً- الخصائص الهندسية للصور الجوية

للاستفادة من الصور الجوية والحصول منها على قياسات لابد من فهم العلاقة الهندسية التي تربط الصورة بالأرض المصورة، وتحويل هذه العلاقة إلى قوانين رياضية نستطيع بواسطتها تحويل القياسات والأبعاد على الصورة إلى ما يناظرها على الطبيعة.

٢ -٤ -١ مصطلحات وتعريفات أساسية لدراسة الصورة الجوية

الشكل ٢ -١٨، يوضح العلاقات والمصطلحات اللازمة لدراسة الصور الجوية وخصائصها الهندسية وهي:



الشكل: ٢ -١٨ العلاقات والمصطلحات اللازمة لدراسة الصورة الجوية

١) المستوى السالب

هو المستوى الذي يكون فيه اللوح السالب أو الفلم لحظة التقاط الصورة.

٢) مركز الإسقاط (O)

هو النقطة التي تمر فيها جميع الأشعة الصادرة من الأرض لتسقط على الفلم (المركز الضوئي لعدسة آلة التصوير)

٣) ارتفاع الطيران (H)

هو ارتفاع مركز الإسقاط عن مستوى المقارنة.

٤) البعد البؤري (F)

البعد البؤري لعدسة آلة التصوير هو المسافة العمودية بين المستوى السالب ومركز الإسقاط تقريبا، ويسمى أيضا المسافة الأساسية (C).

٥) النقطة الأساسية (P)

هي النقطة الناتجة من الإسقاط العمودي لمركز الإسقاط على اللوح السالب.

٦) نقطة النظير (N)

هي نقطة تقاطع الخط العمودي على سطح الأرض والمار بمركز الإسقاط مع المستوى السالب، وتنطبق هذه النقطة مع النقطة الأساسية عندما تكون الصورة رأسية تماما.

٧) الخط الأساسي

هو المسافة بين النقطة الأساسية ونقطة النظير على المستوى السالب.

٨) خط النظير

هو الخط العمودي على سطح المقارنة ويمر بمركز الإسقاط حتى يتقاطع مع المستوى السالب.

٩) المحور الأساسي

هو محور آلة التصوير، ويمثل الخط العمودي على المستوى السالب ويمر بمركز الإسقاط.

١٠) زاوية الميل 0

هي الزاوية المحصورة بين المحور الأساسي وخط النظير.

سابعًا- أنواع الصور الجوية

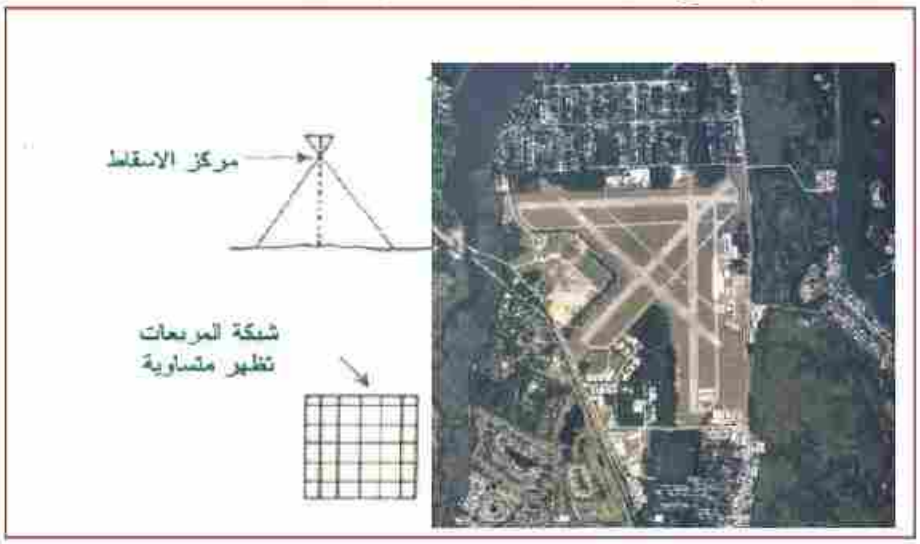
عند الحديث عن أنواع الصور الجوية فإنه يمكن التصنيف في أكثر من اتجاه، كنوع الفلم أو آلة التصوير وغير ذلك، ولأن ما يهمنا في مجال المساحة هو العلاقة الهندسية بين المعالم الظاهرة على الصورة ومواقعها على الطبيعة فسوف يتم تصنيف الصورة الجوية بناء على زاوية الميل لمحور آلة التصوير أثناء التقاط الصورة إلى ثلاثة أنواع:

١) رأسية ٢) قليلة الميل ٣) شديدة الميل

١) الصورة الرأسية (Vertical photograph)

وهي الصورة يتم التقاطها ومحور آلة التصوير في وضع رأسي مع الأرض، الشكل ٢ -١٩، وتتميز الصورة من هذا النوع بخصائص هندسية عالية متساوية. أي أنه لو تخيلنا أن هناك مربعات متساوية و على منسوب واحد موجودة على سطح الأرض فستظهر في الصورة متساوية أيضا. وعمليا لا يمكن الحصول على صور مطلقة الرأسية بسبب ظروف التصوير حيث يميل محور آلة التصوير بشكل غير مقصود بزاوية يجب أن لا تتعدى ثلاث درجات وعندها تسمى الصورة قريبة من الرأسية أو لصورة غير

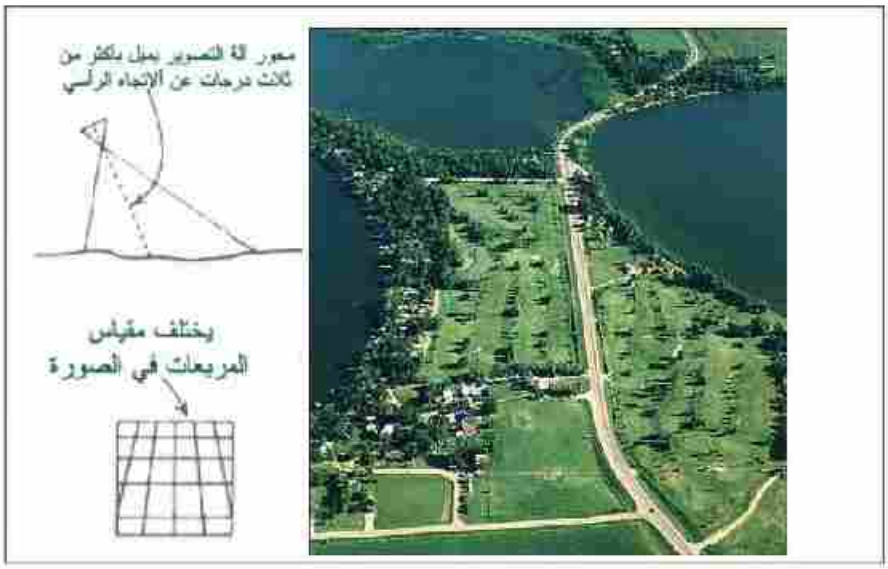
مقصودة الميل (Tilted Photograph) وهذا النوع من الصور يعتبر أفضل أنواع الصور للأغراض المساحية في ظل عدم إمكانية الحصول على صورة رأسية تماما. الجدير بالذكر أنه يمكن في الأعمال التي لا تحتاج دقة عالية معاملة الصورة القريبة من الرأسية رياضيا كصورة رأسية بدون أن يسبب ذلك أخطاء كبيرة أما الأعمال التي تحتاج دقة كبيرة فإنه يمكن الحصول على صورة مصححة من الميل تسمى الصورة المعدلة كما سيأتي لاحقا إن شاء الله تعالى، وكذلك يمكن التخلص من الخطأ الناتج عن الميل عند استخدام أجهزة الرسم التجسيمي بتوجيه الصور على نفس وضعها أثناء التصوير كما سيأتي في الفصل الدراسي الثاني من هذا المقرر إن شاء الله تعالى، ومن أهم عيوب هذا النوع من الصور قلة التغطية الأرضية، وعدم وضوح الارتفاعات إلا باستخدام الصور المجسمة.



الشكل: ٢ -١٩ الصورة الجوية الرأسية

٢) الصورة قليلة الميل

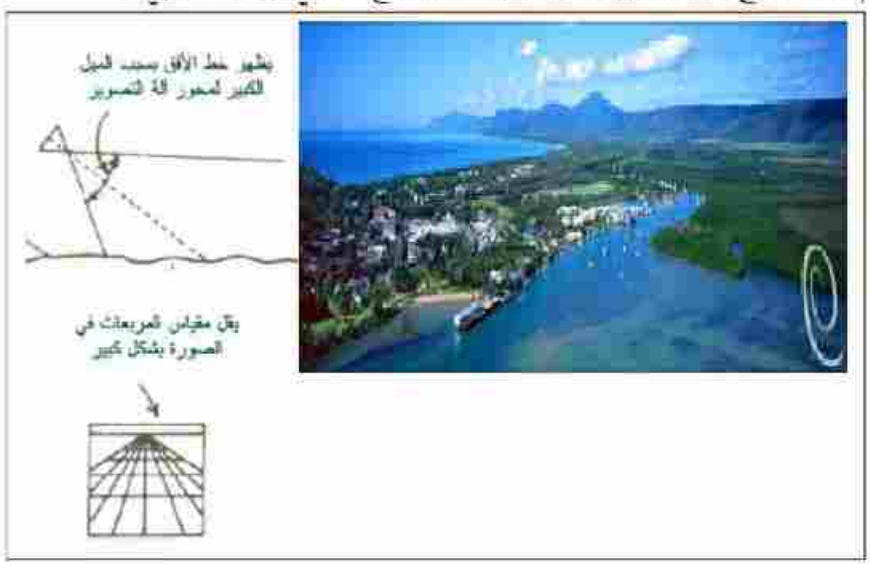
في هذا النوع يُتعمد إمالة محور آلة التصوير للحصول على تغطية أكبر، حيث تزيد زاوية الميل عن ثلاث درجات ولا تكون الإمالة شديدة بحيث يظهر خط الأفق في الصورة، وفي هذا النوع من الصور يختلف الشكل الهندسي للمعالم في الصورة عن الشكل الطبيعي على الأرض، الشكل ٢ -٢٠، لأن المقياس يصغر كلما اتجهنا من مقدمة الصورة إلى مؤخرتها، بحيث لو فرضنا أنه تم تصوير شبكة مربعات متساوية على أرض مستوية بصورة قليلة الميل فستظهر بالصورة باختلاف في مقياسها، أي أن مساحة المربع الواحد تتناقص في الصورة. يستخدم هذا النوع من الصور في الاستكشاف والاستطلاع والإحصاءات والخرائط التي لا تتطلب دقة هندسية. ويتميز هذا النوع من الصور بظهور ارتفاعات المعالم والتغطية الأرضية الكبيرة.



الشكل:٢ -٢٠ الصورة الجوية قليلة الميل

٣) الصورة شديدة الميل

وهي الصورة التي يميل فيها محور آلة التصوير بزاوية كبيرة بحيث يظهر فيها خط الأفق، الشكل ٢ -٢١، وتغطي هذه الصورة مساحة كبيرة من سطح الأرض ويختلف فيها المقياس بشكل كبير من مقدمة الصورة إلى مؤخرتها، بحيث أنه لو فرضنا أنه تم تصوير شبكة مربعات على أرض مستوية بصورة شديدة الميل فستظهر هذه المربعات بالصورة بنقص تدريجي في مساحة المربع الواحد حتى تلتقي عند خط الأفق، ويستخدم هذا النوع من الصور لأغراض الاستطلاع المدني والعسكري.



الشكل: ٢ -٢١ الصورة الجوية شديدة الميل

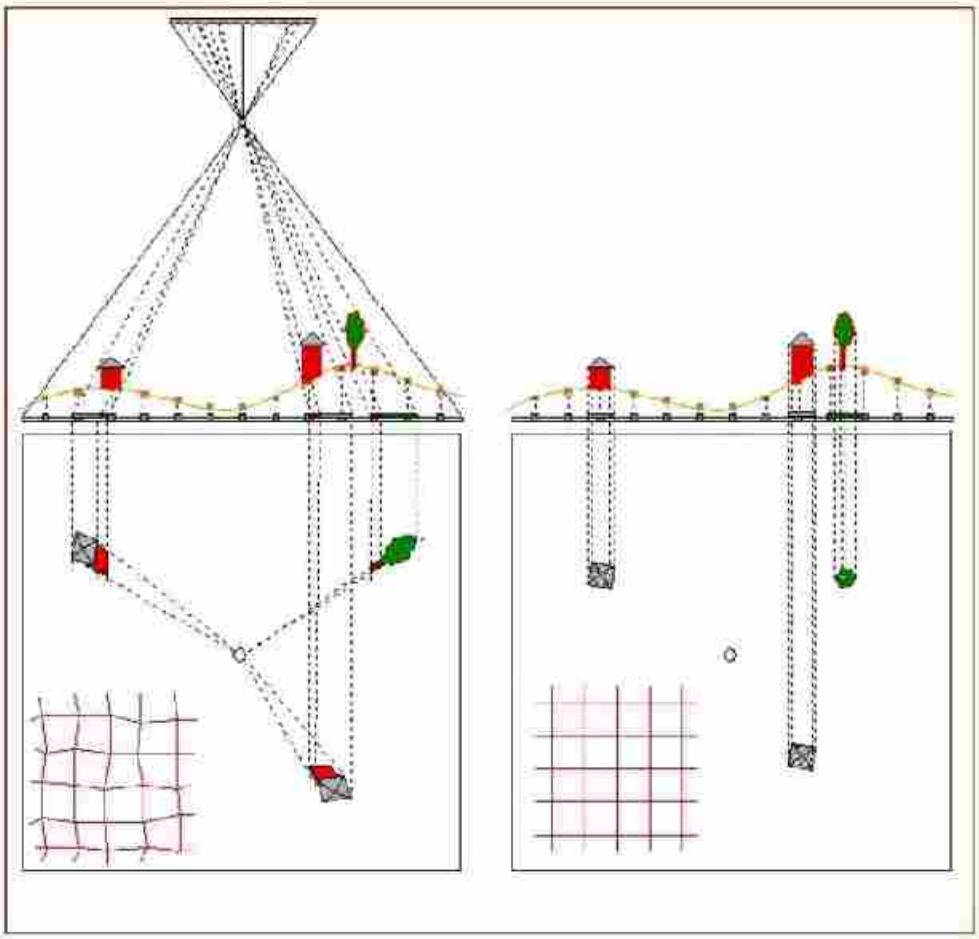
تدريب عملي (٢ -١)

٢ -٥ الصورة الجوية الرأسية

يتبين مما سبق أن أقرب أنواع الصور للتمثيل الهندسي الجيد للمعالم على سطح الأرض هي الصورة القريبة من الرأسية في ظل عدم إمكانية الحصول على صورة رأسية، وهي المستخدمة لإنتاج الخرائط التفصيلية والطبوغرافية، وسبق أن قلنا أنه يمكن تطبيق قوانين وعلاقات الصورة الرأسية على الصورة القريبة من الرأسية للأعمال التي لا تتطلب دقة عالية وهو ما سوف نفرضه في الحسابات القادمة للوحدة الثانية والثالثة إن شاء الله تعالى.

٢ -٥ -١ مقارنة بين الصورة الجوية الرأسية والخريطة

للاستفادة من الصور الجوية الرأسية والحصول على قياس ننتج منه الخرائط لابد من معرفة الفرق الهندسي، الشكل ٢ -٢٢ ، بين الصورة الجوية الرأسية والخريطة والملخصة في الجدول٢ -٢.



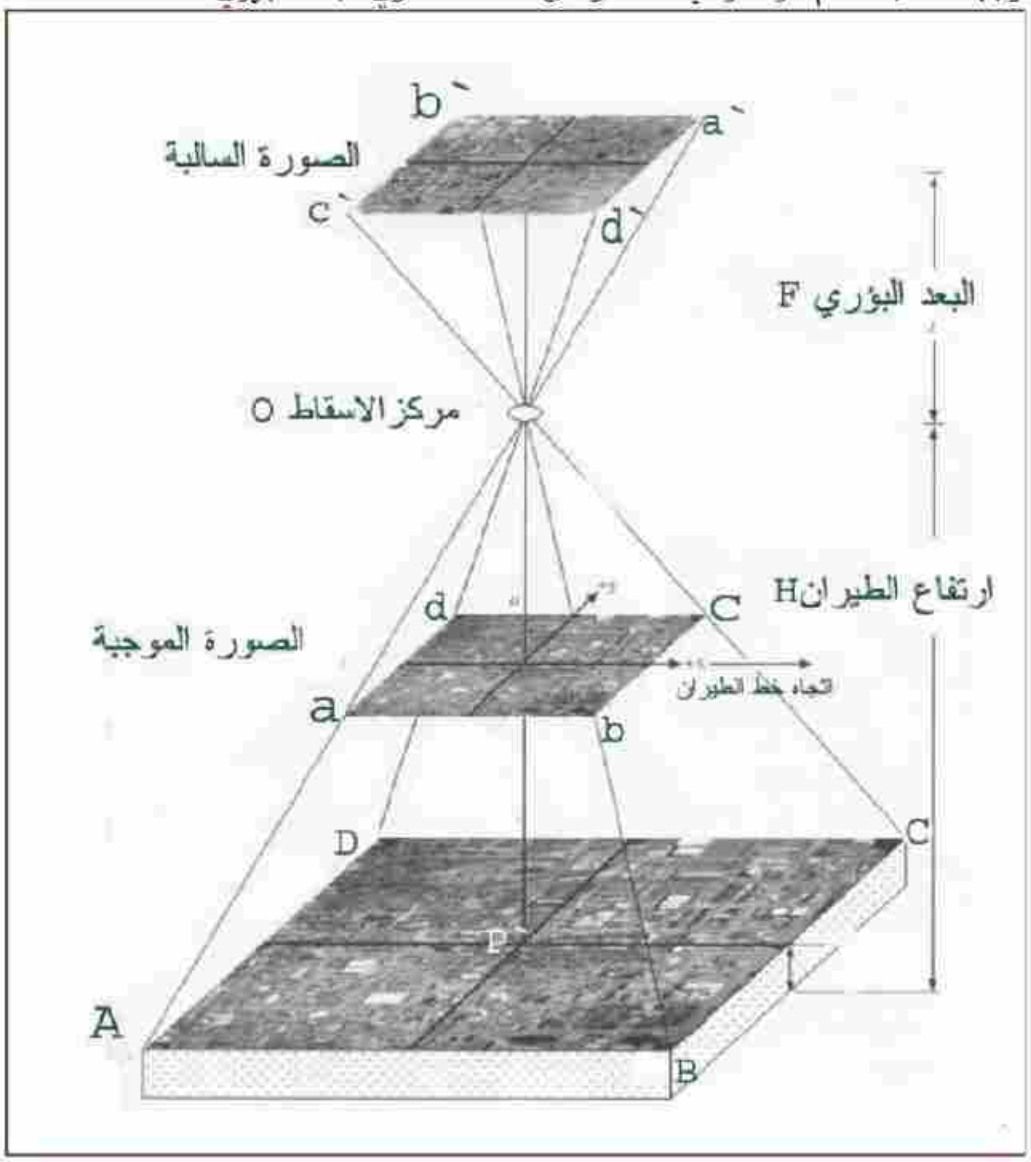
الشكل: ٢ -٢٢ الفرق بين الصورة الجوية الرأسية والخريطة في التمثيل الهندسي

وجه المقارنة	الخريطة	الصورة الرأسية
نوع الإسقاط المستخدم	يتم رسم نقاط الخريطة بقياس المواقع الأفقية لمسقط هذه النقاط على سطح مستوي (سطح المقارنة) أما ارتفاع النقاط عن سطح المقارنة فيتم توضيحية على هيئة خطوط كنتور ونقاط ارتفاع أي أن الخريطة تعتبر إسقاط عمودي.	تمثل الصورة النقاط بإسقاط مركزي
تأثير اختلاف التضاريس على المقياس	يتبين من الشكل التوضيحي أن موقع النقطة لا يتأثر بارتفاعها عن مستوى المقارنة وبذلك يكون موقع النقطة في الخريطة هو نفس الموقع المفترض لمسقطها على مستوى المقارنة وبذلك يصبح مقياس الخريطة ثابت لجميع نقاطها سواء المرتفعة أو المنخفضة.	يتغير مقياس الصورة باختلاف مناسيب النقاط فكلما زاد المنسوب كلما زاد مقياس النقطة أي أنه يختلف موقع النقطة عن موقع مسقطها على سطح المقارنة وهو ما يسمى بالإزاحة الناشئة عن التضاريس ويظهر ذلك بالشكل الموضح. و على سبيل المثال قمة الشجرة ظهرت في غير موقع قاعدتها.
الرموز والمصطلحات	تحتوي الخريطة على أسماء بعض المعالم ورموزها واتجاه الشمال وشبكة الإحداثيات المستوية أو الجغرافية.	لا يوجد في الصورة أي رموز بل هي تمثيل كامل للواقع.

جدول:٢ -٢ مقارنة بين الصورة والخريطة

٢ -٥ -٢ العلاقات الهندسية للصور الجوية الرأسية

الشكل ٢ -٢٣ ، يوضح العلاقات الهندسية بين الصورة الموجبة والسالبة والأرض المصورة. فالصورة السالبة والتي تكون معكوسة من حيث درجة اللون والعلاقات الهندسية للمعالم تكون موجودة على بعد يساوي البعد البؤري لآلة التصوير ويمكن الحصول على الصورة الموجبة بواسطة الطبع بالتلامس أو بالإسقاط بنفس المقياس بحيث تعطينا درجة لون وعلاقات هندسية معكوسة عن الصورة السالبة ومطابقة للمعالم الموجودة على الأرض ومن ناحية العلاقات الهندسية يكون المستوى الذي تكون عليه الصورة الموجبة الناتجة أمام مركز الإسقاط وعلى مسافة تساوي البعد البؤري.



شكل:٢ -٢٣ العلاقة بين الصورة الموجبة والسالبة والأرض المصورة

ثامنًا- مقياس الصورة الجوية الرأسية

يُعرَّف مقياس رسم الصورة على أنه النسبة العددية بين أي طول على الصورة وما يقابله على الأرض.

العوامل التي تؤثر على مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية

سبق أن تحدثنا عن الفرق بين الصورة الجوية الرأسية والخريطة، وقلنا أن الصورة الرأسية يختلف مقياسها من نقطة إلى نقطة بسبب التضاريس. وفي الواقع أن هذا ليس هو السبب الوحيد لاختلاف المقياس بل هناك عدة عوامل وهي:

١) اختلاف التضاريس ٢) ميل الصورة ٣) أخطاء العدسة

٤) أخطاء الفلم ٥) تقوس الأرض

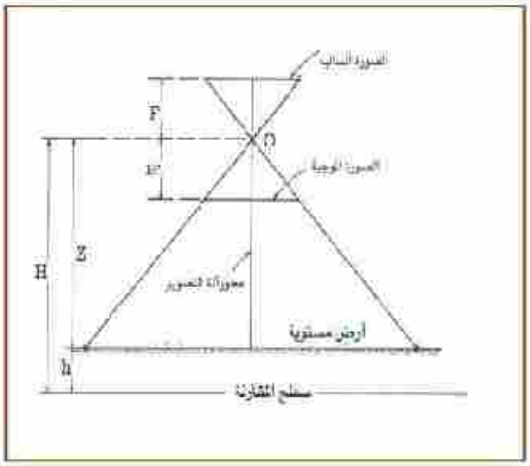
ولهذه الأخطاء قوانين رياضية يمكن بواسطتها حساب تأثيرها على مواقع النقاط حسابيا، ومهّد ذلك لاستخدام بعض الطرق والتقنيات لتصحيحها أثناء طباعة الصورة أو بعدها، وحاليا ومع دخول تقنية التصوير الرقمي والحاسب الآلي يمكن تصحيح هذه الأخطاء من خلال استخدام برامج متخصصة.

٢ -٥ -٤ مقياس رسم الصورة الجوية فوق أرض مستوية

بفرض أن الصورة رأسية تماما وأنه تم تصحيح أخطاء الفلم والعدسة والتقوس الأرضي أثناء طباعة الصورة فإنه يمكن استنتاج قانون حساب مقياس الصورة إذا كانت الأرض منبسطة، الشكل ٢ -٢٤، من تطبيق تعريف مقياس الرسم وقانون تشابه المثلثات.

$$S = \frac{f}{Z} = \frac{f}{H \quad h} \qquad ٢ -٣$$

S	:	مقياس الصورة
F	:	البعد البؤري للعدسة
H	:	ارتفاع الطيران فوق مستوى المقارنة
h	:	منسوب سطح الأرض
Z	:	ارتفاع الطيران فوق سطح الأرض



الشكل:٢ -٢٤ مقياس الصورة فوق أرض مستوية

مثال ٢ -٢

صورة جوية رأسية أُخذت فوق أرض مستوية بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٢.٤ملم ،من ارتفاع طيران ١٨٢٥م فوق سطح الأرض. احسب مقياس رسم الصورة.

الحل

$$S = \frac{f}{Z} = \frac{152.4}{1825 \times 1000} = \frac{152.4 \div 152.4}{1825000 \div 152.4} \approx \frac{1}{11975}$$

الضرب بـ ١٠٠٠ للتوحيد الوحدات وقسمة البسط على البسط والمقام على البسط لتحويل الناتج للصورة العامة للمقياس (كسر بسطه الرقم واحد)

مثال ٢ -٣

صورة جوية رأسية أُخذت فوق أرض مستوية ترتفع فوق سطح المقارنة ٥٠٠م، بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٢.٤ملم، من ارتفاع طيران ٥٠٧٢م فوق سطح المقارنة. احسب مقياس رسم الصورة.

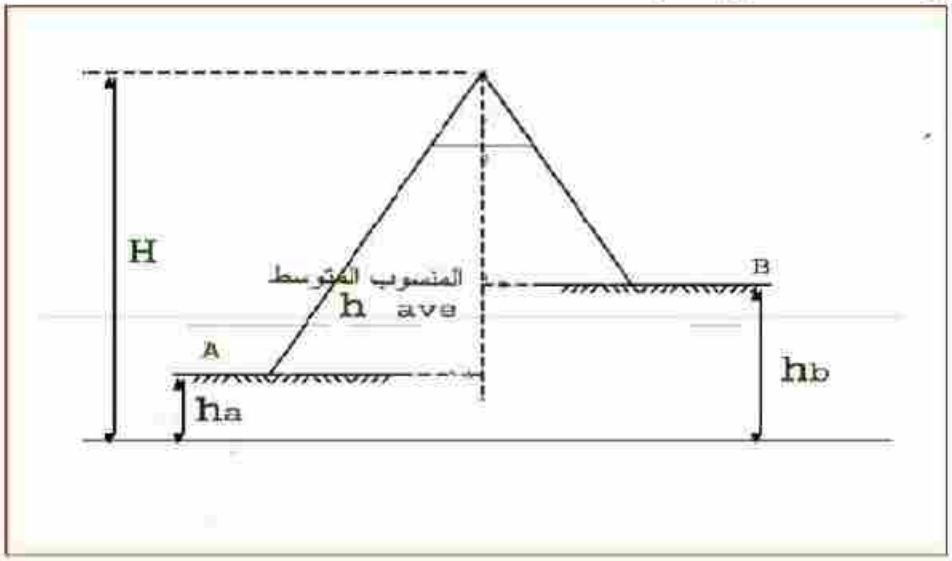
الحل

$$S = \frac{f}{Z} = \frac{f}{H-h} = \frac{152.4}{(5072-500)\times 1000} = \frac{152.4 \div 152.4}{4572000 \div 152.4} = \frac{1}{30000}$$

الضرب بـ ١٠٠٠ للتوحيد بين الوحدات وقسمة البسط على البسط والمقام على البسط لتحويل الناتج للصورة العامة للمقياس (كسر بسطه الرقم واحد)

٢ -٥ -٥ حساب مقياس رسم الصورة عند منسوب محدد وعند المنسوب المتوسط

كما سبق وتحدثنا أن مقياس الصورة سوف يختلف باختلاف قرب النقطة وبعدها عن آلة التصوير، الشكل ٢ -٢٥، وذلك بسبب أن الإسقاط مركزي، فالنقاط التي لها منسوب أعلى يكون لها مقياس أكبر من النقاط ذات المنسوب الأقل، ويمكن حساب مقياس الصورة عند منسوب محدد بتطبيق قانون مقياس الأرض المستوية ولكن مع حساب ارتفاع الطيران فوق النقطة نفسها أي طرح منسوب النقطة من ارتفاع الطيران فوق مستوى المقارنة، وبنفس الطريقة يمكن حساب المقياس المتوسط للصورة بتطبيق ذلك عند المنسوب المتوسط للمنطقة.



الشكل:٢ -٢٥ مقياس الرسم لأرض مختلفة التضاريس

- حساب مقياس الصورة عند منسوب معين (hi)

$$S_i = \frac{f}{H - h_i} \qquad ٢ - ٤$$

S_i	:	مقياس الصورة عند نقطة i
F	:	البعد البؤري للعدسة
H	:	ارتفاع الطيران فوق مستوى المقارنة
h_i	:	منسوب النقطة i

- حساب مقياس الصورة المتوسط (عند المنسوب المتوسط h_{ave})

$$S_{ave} = \frac{f}{H - h_{ave}} \qquad ٥- ٢$$

S_{ave}	:	مقياس الصورة المتوسط
F	:	البعد البؤري للعدسة
H	:	ارتفاع الطيران فوق مستوى المقارنة
h_{ave}	:	المنسوب المتوسط لسطح الأرض

مثال ٢ -٤

صورة جوية رأسية أخذت فوق أرض مختلفة التضاريس، بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٠ملم، من ارتفاع طيران ٥٠٠٠م فوق سطح المقارنة. وكان أعلى منسوب هو نقطة A و ارتفاعها ٣٠٠٠م وأدنى منسوب هو نقطة B و ارتفاعها ٢٠٠٠م. احسب مقياس الصورة عند نقطتي A وB.

الحل

$$S_A = \frac{F}{H - h_A} = \frac{150}{(5000 - 3000) \times 1000} = \frac{150 \div 150}{2000000 \div 150}$$

$$\approx \frac{1}{13333}$$

$$S_B = \frac{F}{H - h_B} = \frac{150}{(5000 - 2000) \times 1000} = \frac{150 \div 150}{3000000 \div 150}$$

$$\frac{1}{20000}$$

الضرب بـ١٠٠٠ للتوحيد بين الوحدات. وقسمة البسط على البسط والمقام على البسط لتحويل الناتج للصورة العامة للمقياس (كسر بسطه الرقم واحد)

مثال ٢ -٥

صورة جوية رأسية أخذت فوق أرض مختلفة التضاريس، بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٠ملم، من ارتفاع طيران ٣٠٠٠م فوق سطح المقارنة. وكان أعلى منسوب هو نقطة A وارتفاعها ١٥٠٠م وأدنى منسوب هو نقطة B وارتفاعها ٦٠٠م. احسب مقياس الصورة المتوسط.

الحل

$$h_{ave} = \frac{h_A + h_B}{2} = \frac{1500 + 600}{2} = 1050 \quad m$$

$$S_{ave} = \frac{F}{H - h_{ave}} = \frac{150}{(3000 - 1050) \times 1000} = \frac{150 \div 150}{1950000 \div 150}$$

$$\frac{1}{13000}$$

الضرب بـ١٠٠٠ للتوحيد بين الوحدات وقسمة البسط على البسط والمقام على البسط لتحويل الناتج للصورة العامة للمقياس (كسر بسطه الرقم واحد)

٢ -٥ -٦ طرق أخرى لحساب مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية

يمكن حساب مقياس رسم الصورة تقريبا بدون معرفة البعد البؤري وارتفاع الطيران بالطرق التالية:

١) قياس المسافة الأرضية بين نقطتين تظهر مواقعها على الصورة ثم قياس المسافة المقابلة على الصورة

$$S = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الأرض}} = \frac{L_P}{L_G} \qquad ٢-٦$$

S : مقياس الصورة عند الخط المقاس

L_p : المسافة على الصورة بين النقطتين

L_G : المسافة الأرضية بين النقطتين

مثال ٢ -٦

قيست المسافة الأفقية بين نقطتين A, B على محور طريق فوجدت أنها ٤٠٠م وقيست المسافة المقابلة لها على صورة رأسية جوية فوجدت أنها ١٠٠ملم. احسب مقياس الصورة عند الخط AB.

الحل

$$S = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الأرض}} = \frac{L_P}{L_G} = \frac{100}{400 \times 1000} = \frac{1}{4000}$$

الضرب بـ١٠٠٠ للتوحيد بين الوحدات

٢) قياس المسافة بين نقطتين على الصورة وعلى خريطة بمقياس معروف لنفس المنطقة.

$$\text{مقياس} = \frac{L_p}{L_M} \times S_M \qquad S = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الخريطة}} \times \text{الخريطة}$$

٢- ٧

مقياس الصورة عند الخط المقاس	:	S
المسافة بين النقطتين على الصورة	:	L_p
المسافة بين النقطتين على الخريطة	:	$L_م$
مقياس الخريطة	:	$S_م$

مثال ٢ -٧

قيس طول مدرج للطائرات في أحد المطارات على صورة جوية رأسية فوجد أنه ٦سم، بينما كان طوله ١٢سم عندما قيس على خريطة مساحية مقياس رسمها ١:١٠٠٠٠. احسب مقياس هذه الصورة عند منسوب المدرج.

الحل

$$\text{مقياس} = \frac{L_p}{L_M} \times S_M \qquad S = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الخريطة}} \times \text{الخريطة}$$

$$= \frac{6}{12} \times \frac{1}{10000} = \frac{1}{20000}$$

٣) قياس المسافة على الصورة بين نقطتين معلوماتي الإحداثيات الأرضية

يمكن حساب مقياس الصورة الجوية الرأسية عند منسوب خط معين على الصورة بمعرفة الإحداثيات الأرضية للنقطتيه، وذلك عن طريق حساب المسافة الأفقية الأرضية بين النقطتين بمعرفة الإحداثيات من العلاقة٢ -٨، ثم حساب المقياس كما في الطريقة الأولى باستخدام العلاقة٢ -٦

$$L_G = \sqrt{(X_{iG} - X_{jG})^2 - (Y_{iG} - Y_{jG})^2}$$

٢ -٨

المسافة الأفقية الأرضية بين النقطتين	:	L_G
إحداثيات النقطة i	:	(X_{iG}, Y_{iG})
إحداثيات النقطة j	:	(X_{jG}, Y_{jG})

أسئلة

١) ما هو المقصود بالإسقاط ؟ و اذكر طرق الإسقاط ذات العلاقة بالصورة ؟

٢) بين بالرسم مع كتابة البيانات عليه الفرق بين الإسقاط العمودي و الإسقاط المركزي ؟

٣) اذكر ما المقصود بكل مما يأتي:

أ) الصورة السالبة ب) الصورة الموجبة

ج) الصورة الشفافة د) الصورة الرقمية

٤) ما هي الطرق المستخدمة للحصول على الصورة الموجبة و كذلك الصورة الرقمية ؟

٥) اذكر أنواع آلة التصوير من حيث النقاط التالية:

أ) الهدف الذي تستخدم من أجله

ب) تصميم آلة التصوير

٦) اذكر أنواع آلة التصوير ذات العدسة الواحدة بناء على مقدار زاوية مجال الرؤية ؟ مع توضيح خصائص و استخدامات كل نوع ؟

٧) اذكر الأجزاء الرئيسية لآلة التصوير؟

٨) ما هي البيانات و المعلومات التي يتم تسجيلها على هامش الصورة الجوية ؟ مع توضح استخدام كل بيان ؟

٩) ما المقصود بكل مما يلي:

أ) المستوى السالب ب) زاوية الميل

ج) مركز الإسقاط د)النقطة الأساسية

هـ) البعد البؤري و) ارتفاع الطيران

ز) الصورة الشفافة ح) الصورة الموجبة

١٠) ما هي الاستفادة في مجال المساحة الجوية من العناصر التالية:

أ) علامات إطار الصورة ب) الحاجب

ج) مخزن الفلم د) مقياس الميل

هـ) المرشح و) تاريخ التصوير

ز) رقم و نوع آلة التصوير ح) الغالق

١١)اذكر أنواع الصور الجوية بناء على زاوية ميل محور آلة التصوير أثناء التقاط الصورة ؟

١٢) اذكر أهم الفروق بين الصورة الرأسية و الصورة المائلة و الصورة شديدة الميل ؟

١٣) ما هي طرق تحديد محاور الإحداثيات على الصورة الجوية ؟ مع بيان ذلك بالرسم ؟

١٤) ما المقصود بالإزاحة الناشئة عن التضاريس ؟ و فيما تستخدم ؟

١٥) ما المقصود بالمصطلحات التالية:

أ) تعديل الصورة ب) الصورة المصححة

ج) الموزيك د) الخريطة المصورة

١٦) ما هي مجالات استخدام المساحة التصويرية التفسيرية ؟

١٧) ما هي الخواص الأساسية للأهداف التي تظهر على الصور الجوية ؟ و كيف يمكن الاستفادة منها في قراءة و تفسير الصور الجوية ؟

١٨) أي العبارات التالية صحيح و أيها خطأ مع تصحيح العبارات غير الصحيحة ؟

أ) الإسقاط يعني تمثيل سطح معين بما فيه من معالم على سطح آخر.

ب) عملية التصوير تتم بالإسقاط العمودي.

ج) تعتبر الصورة الجوية تمثيل حقيقي لسطح الأرض بما يحتويه من معالم.

د) مهما اختلفت آلات التصوير في شكلها و تركيبها إلا أنها تتشابه في الأجزاء الرئيسية فيها.

هـ) الغالق هو الجزء المختص بالتحكم في زمن فتح العدسة لدخول الضوء للفلم.

و) ليس من الضروري تسجيل تاريخ التصوير على هامش الصورة.

ز) الصورة الجوية الرأسية هي أكثر الصور الجوية تشويها للأهداف التي يتم تصويرها.

ح) الصورة الجوية المائلة هي التي يكون محور آلة التصوير أثناء تصويرها مائلا بزاوية تتراوح بين صفر و ثلاث درجات فقط.

ط) لا يمكن أن نستفيد من الإزاحة الناشئة عن اختلاف التضاريس.

تمارين حسابية

١) احسب زاوية مجال الرؤية لآلة تصوير بعدها البؤري ٢٠٠ملم. وأبعاد الصورة ٢٣٠ملم×٢٣٠ملم.

٢) صورة جوية رأسية أُخِذت فوق أرض مستوية بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٠ملم، من ارتفاع طيران ٢٠٢٥م فوق سطح الأرض. احسب مقياس رسم الصورة.

٣) صورة جوية رأسية أُخِذت فوق أرض مستوية ترتفع فوق سطح المقارنة بـ٢٠٠م، بآلة تصوير بعدها البؤري ٢٠٠ملم، من ارتفاع طيران ١٢٧٢م فوق سطح المقارنة. احسب مقياس رسم الصورة.

٤) صورة جوية رأسية أُخِذت فوق أرض مختلفة التضاريس، بآلة تصوير بعدها البؤري٢٠٠ملم، من ارتفاع طيران ٣٠٠٠م فوق سطح المقارنة. وكان أعلى منسوب هو نقطة A و ارتفاعها ٧٠٠م وأدنى منسوب هو نقطة B و ارتفاعها ٥٠٠م. احسب مقياس الصورة عند نقطتي A و B.

٥) صورة جوية رأسية أُخِذت فوق أرض مختلفة التضاريس، بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٢ملم، من ارتفاع طيران ١٥٠٠م فوق سطح المقارنة. وكان أعلى منسوب هو نقطة A و ارتفاعها ٣٠٠م وأدنى منسوب هو نقطة B و ارتفاعها ٢٠٠م. احسب مقياس الصورة المتوسط.

٦) صورة جوية رأسية أخذت بارتفاع١٥٠٠م فوق سطح المقارنة بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٠ملم، وقيست إحداثيات النقطة A على الصورة فكانت (٦٢.٤٥ملم، ٧٨.٢٧ ملم) ، و قيست كذلك إحداثيات النقطة B فكانت (١٥.٦٤ ملم، -٨٧.٨٨ ملم). احسب الإحداثيات الأرضية للنقطتين إذا علمت أن منسوب النقطة A هو ٢٠٠م و منسوب النقطة B هو ١٧٠م فوق سطح المقارنة.

٧) في صورة جوية أُخِذت من ارتفاع ٣٠٠٠م فوق سطح المقارنة ظهرت صورتا الهدفين A وB على بعد ٥٥.٨ ملم و ٧٥.٤ ملم على التوالي من النقطة الأساسية للصورة فإذا كان الهدف A مرتفع ٤٠م فوق سطح المقارنة، والهدف B منخفض ١٤م تحت سطح المقارنة.فما هو مقدار إزاحة كلا الهدفين مع تحديد الموقع الصحيح لكل نقطة عن النقطة الأساسية.

٨) أُخِذت صورة جوية لبرج من ارتفاع طيران مقداره ٧٠٠م فوق مستوى المقارنة فإذا كان منسوب قاعدة البرج هو ٧٠م، وقيست المسافة بين قاعدة البرج وقمته على الصورة فكانت٤ملم، فإذا كانت المسافة بين النقطة الأساسية وقمة البرج على الصورة هي ١٢٢ملم، احسب ارتفاع البرج.

الفصل الثاني

تفسير الصور الجوية

تفسير الصور الجوية*

مقدمة

يعد تفسير الصور الجوية من التطبيقات العملية الشائعة في عدد كبير من المجالات العلمية، فالصورة الجوية تحتوي كم هائل من المعلومات عن المعالم الجغرافية للمنطقة المصورة. يستخدم تفسير الصور الجوية في المجالات التي تشمل:

- دراسة استخدامات الأراضي
- متابعة النمو العمراني
- إنتاج خرائط التربة
- إنتاج الخرائط الجيولوجية
- الموارد المائية
- التخطيط العمراني و الإقليمي
- دراسات الآثار
- الغابات
- الدراسات البيئية

تفسير الصور هو علم و فن استنباط معلومات من الصور عن الخصائص النوعية للمعالم الجغرافية علي سطح الأرض. فهو علما مبنيا علي أسس علمية كما أنه فن يعتمد علي خبرة المستخدم و قدرته علي التعرف علي الظواهر المكانية. ومع أن تفسير الصور الجوية (والمرئيات الفضائية) أصبح يتم الآن من خلال برامج حاسوبية متخصصة إلا أن دور المستخدم و قدرته علي التفسير البصري لمعالم الصور مازال مؤثرا و حيويا.

٢-٦ أهمية تفسير الصور الجوية

علم تفسير الصور الجوية ذا أهمية كبيرة في عدة تطبيقات تنموية و بيئية لما تتميز به الصور الجوية ذاتها من خصائص تشمل:

- الصور الجوية تحتوي علي كم هائل من المعلومات التي يمكن استنباطها للتعرف علي خصائص معالم سطح الأرض.
- الصور الجوية تمثل الواقع الحقيقي لجميع المعالم المكانية في لحظة التصوير.

* جمعة محمد داود (٢٠١٣): مقدمة في الصور الجوية والمرئيات الفضائية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، ص ٧٤-٨١.

- الصور الجوية تغطي مساحات كبيرة من سطح الأرض مما يسمح بالتعرف علي عدد كبير من المعالم و خصائصها.
- التصوير الجوي المتكرر علي فترات زمنية لنفس المنطقة الجغرافية يسمح بكتشاف و متابعة توزيع الظاهرات الجغرافية.
- الصور الجوية توضح تفاصيل المناطق التي يصعب الوصول إليها.
- الصور الجوية (والمرئيات الفضائية) لا تعترف بالحدود الإدارية و السياسية بين المناطق مما يسمح بمتابعة ظاهرة ممتدة بين عدة مناطق أو حتى عدة دول.

٦-٣ خطوات تفسير الصور الجوية

للبدء في تفسير صورة جوية يتم التركيز علي أربعة خطوات أو أربعة وظائف يقوم بها مفسر الصورة:

التصنيف:

تصنيف المعالم علي الصورة الي مجموعات مثل مجموعة المعالم السكنية و مجموعة المعالم الصناعية و مجموعة المعالم الزراعية و مجموعة الطرق .... الخ. وتساعد هذه الخطوة مفسر الصورة الجوية فيما بعد الي التركيز علي تفسير كل مجموعة من هذه المجموعات علي حدي لما تتمتع به عناصر كل مجموعة من خصائص متشابهة.

التحديد:

يقوم مفسر الصور الجوية بوضع حدود علي الصورة لكل مجموعة من مجموعات التصنيف السابق.

الترقيم:

للمعالم المتجانسة يبدأ المفسر في عد أو ترقيم هذه المعالم، فمثلا يحصي عدد المنازل في الصورة أو عدد المصانع في الصورة.

القياس:

يقوم المفسر أيضا بإجراء بعض القياسات العامة (مع أنها ليست عالية الدقة في حالة الصور شديدة الميل) مثل المسافات بين المعالم المكانية و مساحة امتداد كل ظاهرة محددة. وهذه القياسات تكون مفيدة في التعرف علي الخصائص النوعية و الانتشار المكاني لكل ظاهرة جغرافية.

يجب توافر بعض الشروط في مفسر الصور الجوية حتى يمكنه إتمام عملية التفسير البصري للصور بكفاءة و إتقان، ومنها علي سبيل المثال:

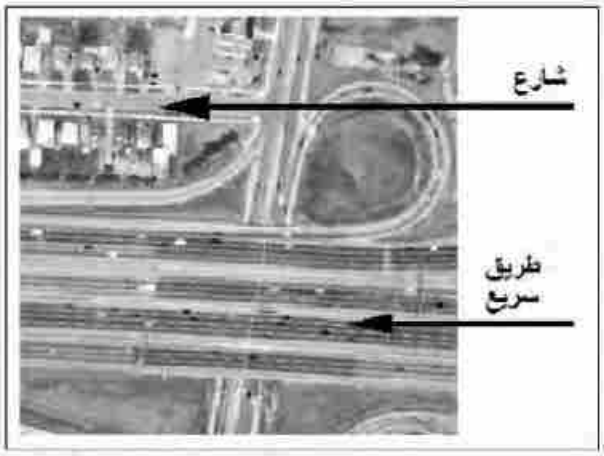
- أن يكون لديه خلفية علمية جيدة عن تقنيات التصوير الجوي، فعلي سبيل المثال وكما سبق الذكر أن ألوان الصور الجوية بالأشعة تحت الحمراء تختلف كلية عن ألوان الصور الجوية العادية.
- أن يكون لديه خلفية علمية والماما جيدا بأسس علوم الأرض، مثل الزراعة (أنواع المحاصيل) و التربة (أنواع التربة) و الجيولوجيا (أنواع الصخور).
- أن يكون لديه تدريبا جيدا علي استخدام الأجهزة المناسبة مثل الاستريسكوب والتي تساعده في عملية تفسير الصور.
- أن يتوافر لديه معلومات جيدة عن المنطقة المصورة وذلك من خلال الخرائط الطبوغرافية و الجيولوجية لهذه المنطقة.

٦-٤ عناصر تفسير الصور الجوية

لتحديد خصائص و أنواع المعالم الجغرافية علي الصور الجوية يتم فحص عدد من العناصر الهامة التي من خلالها يمكن التعرف علي طبيعة المعالم و أنواعها، ومنها: الحجم و الشكل و درجة اللون و الظل و النمط و المظهر و الموقع.

الحجم:

حجم الهدف علي الصورة الجوية من أهم خصائصه، فبقياس طول و عرض أي معلم مكاني علي الصورة ومعرفة مقياس رسم الصورة ذاتها يمكن تقدير مساحة المعالم المكانية علي الأرض ومن ثم التفرقة بين المعالم حتى و إن كانت متشابهة في الشكل. فعلي سبيل المثال فأن شكل منزل عادي أو قصر أو برج سكني ربما يكونوا متشابهين في الصور الرأسية، إلا أن المساحات ستختلف مما يمكن المفسر من تحديد أنواع هذه المنشئات السكنية. كما أن تمييز المجمعات التجارية الكبيرة داخل المناطق السكنية قد يكون سهلا من التعرف علي حجمها و مساحاتها الكبيرة نسبيا مقارنة بما حولها من معالم.



شكل (٦-١) حجم المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

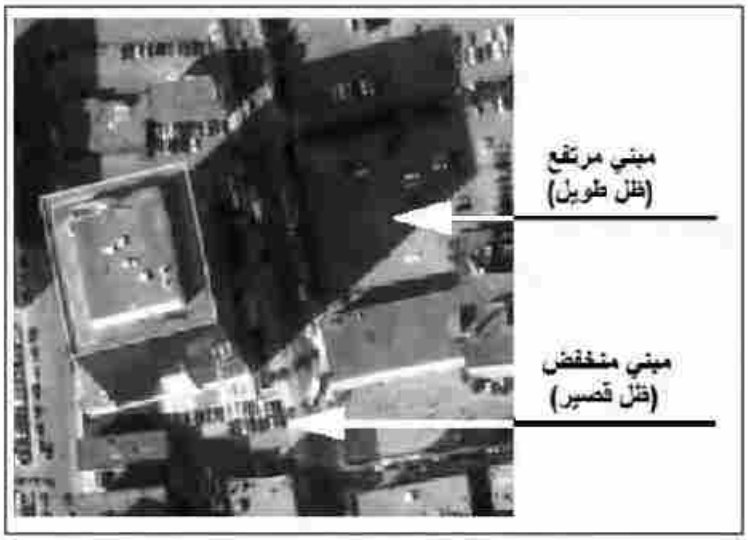
الشكل:

توجد عدة أنواع من المعالم المكانية ذات شكل محدد متعارف عليه من حيث التكوين والتركيب العام لها وبالتالي يمكن تمييزها بسهولة علي الصور الجوية من شكلها. فمثلا يمكن التمييز بين الطرق والتي غالبا تكون في خطوط مستقيمة و بين الترع و المجاري المائية التي قد تأخذ خطوطا متعرجة. كما أن أشكال بعض المعالم المكانية - مثل ملاعب كرة القدم و المطارات - تكون شبه ثابتة ولها خصائص محددة تجعل تمييزها علي الصور الجوية سريعا.

شكل (٦-٢) شكل المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

الظلال:

تلعب ظلال المعالم المكانية دورا هاما في التمييز بين أنواع الظاهرات، فمثلا من خلال الظل يمكن التفرقة بين الأشجار و أعمدة الإنارة و الكهرباء (قد يكون الشكل متقارب بينهم) وبين الطرق و الكباري. كما أن قياس الظل و معرفة وقت و تاريخ الصورة الجوية يساعد المفسر في حساب ارتفاعات المعالم المكانية مثل الأبراج و الخزانات.



شكل (٦-٣) ظلال المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

درجة اللون/ التدرج اللوني:

في الصور الجوية غير الملونة (أبيض و أسود) يمكن الاستدلال علي معلومات هامة للمعالم المكانية علي الصورة من خلال ملاحظة درجة لونها أو مدي إضاءتها وسطوعها النسبي علي الصورة. فلكل ظاهرة مكانية قدرة محددة علي عكس جزء من الطاقة الكهرومغناطيسية الواقعة عليها، مما يجعل كل ظاهرة تظهر علي الصور الجوية بدرجة من درجات اللون الرمادي تختلف عن درجة الظاهرات الأخرى. فالظاهرات الملساء أو الناعمة تظهر بلون رمادي فاتح بينما الظاهرات ذات الأسطح الخشنة ستظهر بلون داكن. وكمثال فأن التربة الجافة ستظهر علي الصور الجوية بلون فاتح بينما التربة الرطبة ستظهر بلون داكن. أما في الصور الجوية الملونة فأن التدرج اللوني يكون ذو دلالة هامة في تفسير الصور و التمييز بين الظاهرات الجغرافية ذات اللون الواحد. فالتربة الجافة مثلا ستظهر بلون بني فاتح بينما التربة الرطبة ستظهر بلون بني داكن، وفي السواحل ستكون المياه غير العميقة زرقاء فاتحة بينما ستظهر المناطق العميقة من البحار بلون أزرق داكن.

ميناء جدة البحري

شكل (٦-٤) التدرج اللوني للمعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

النموذج:

بعض الظاهرات المكانية يكون لها نموذجا أو نمطا معينا في انتشارها المكاني مما يساعد مفسر الصور الجوية علي تمييزها و التفرقة بينها و بين المعالم الأخرى. فعلي سبيل المثال فأن نمط انتشار البساتين يكون منتظما من حيث المسافات التي تفصل بين الأشجار التي تكون بحجم كبير نسبيا، بينما يكون نمط أو نموذج حقول الحبوب في خطوط طويلة منتظمة وذات حجم أقل. وفي داخل المدن يمكن التمييز بين النمط المنتظم للأحياء المخططة من حيث انتظام الشوارع والمباني و النمط العشوائي للمناطق العشوائية غير المخططة عمرانيا من حيث الشوارع الضيقة غير منتظمة الشكل.

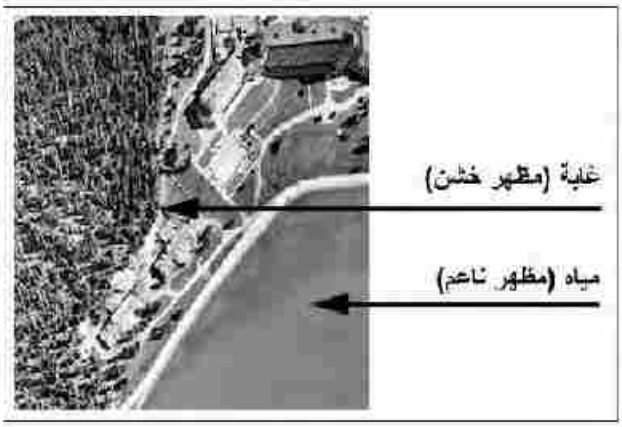
منطقة مخططة

منطقة عشوائية

شكل (٦-٥) نموذج المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

المظهر أو النسيج:

المظهر أو النسيج هو مدي نعومة أو خشونة شكل الظاهرة الجغرافية علي الصورة الجوية، وهو خصية مفيدة للتمييز بين أنواع المعالم المكانية وان كان لها نفس درجة اللون. فمثلا السطح المعدني يكون لونه ناعم علي الصورة بينما يظهر السطح الصخري بلون خشن، وأيضا تظهر الحشائش ناعمة علي الصور الجوية بينما تكون الأشجار خشنة المظهر.



شكل (٦-٦) مظهر المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

الوقت:

يلعب تاريخ و وقت التصوير دورا هاما في تفسير المعالم المكانية علي الصور الجوية، فمثلا سيختلف شكل المحاصيل الزراعية في بداية مرحلة زراعتها عن شكلها أثناء فترة نموها و شكلها قبل الحصاد. ومن ثم فأن معرفة تاريخ التصوير الجوي يساعد المفسر في تحديد أنواع المحاصيل الزراعية. كما أن الحصول علي عدد من الصور الجوية مختلفة التاريخ يساعد في دراسة التغير الزمني و النمو العمراني الحادث في منطقة جغرافية معينة.

شكل (٦-٧) تاريخ المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

الموقع:

يفيد موقع المعلم المكاني علي الصور الجوية في استنباط معلومات أخري مفيدة، فمثلا وجود مجري مائي يدل علي منطقة منخفضة التضاريس، ووجود حشائش أو مزاعي يدل علي أن التربة و المناخ في هذه المنطقة ملائمين لبعض أنواع الزراعات.

الاستعمالات الأرضية:

يعطي وجود ظاهرة جغرافية معينة علي الصورة الجوية معلومات إضافية عن استعمالات الأراضي في هذه المنطقة. فمثلا وجود آبار يدل علي توافر مخزون مائي جوفي، ووجود مزرعة يدل علي تربة مناسبة للزراعة ووجود محجر يدل علي بعض أنواع الصخور وهكذا.

٦-٥ المعالم الجغرافية على الصور الجوية

قد تختلف شكل الظاهرات الجغرافية في الحقيقة عن شكلها الظاهر في الصور الجوية خاصة في الصور ذات مقاييس الرسم الصغيرة، إلا أن مفسر الصور الجوية وبعد التدريب الجيد واكتساب الخبرة اللازمة يستطيع التمييز بسرعة بين المعالم الجغرافية خاصة مع استخدام أجهزة الاستريسكوب (في حالة وجود تداخل) أو أجهزة تكبير و تجسيم الصور.

تعد تضاريس سطح الأرض من الظاهرات التي يسهل التعرف عليها في الصور الجوية وتحديد المرتفعات والمناطق الجبلية وتمييزها عن المناطق المستوية و المنخفضات. كما أن التمييز بين أنواع التكوينات الجيولوجية لسطح الأرض يمكن ملاحظته بسهولة لمفسر الصور الجوية ذو الخبرة الجيدة. وكما سبق الذكر أن الاستعانة بالخرائط الطبوغرافية و الجيولوجية لنفس المنطقة - حتى و إن كانت قديمة بعض الشيء - يعد عاملا مساعدا لمفسر الصور الجوية في إتمام التفسير الجيد.

شكل (٦-٧) تضاريس سطح الأرض عند تفسير الصور الجوية

تظهر النباتات الطبيعية علي الصور الجوية بلون داكن في الغالب وان كانت درجة اللون تختلف بناءا علي أنواع و عمر الأشجار. أما طرق المواصلات فيمكن التمييز بين الطرق المرصوفة والتي تظهر بلون داكن أملس والطرق غير المرصوفة والتي تظهر بلون فاتح خشن.

شكل (٦-٨) طرق المواصلات عند تفسير الصور الجوية

الفصل الثالث

تخطيط رحلات التصوير الجوي

تخطيط رحلات التصوير الجوي *

يعتبر التخطيط لرحلات التصوير الجوي من العمليات الأساسية والضرورية للحصول في النهاية على صور جوية تفي بالغرض المطلوب وبأقل تكلفة ممكنة، فالتخطيط لأنتاج صور تستخدم لإنتاج الخرائط المساحية الدقيقة يختلف عن التخطيط لتصوير صور تستخدم لإغراض التفسير أو عمل الخرائط المصورة، وسوف نتحدث في هذه الوحدة العناصر الأساسية التي تتبع للحصول على صور تستخدم لإنتاج الخرائط التفصيلية والطبوغرافية.

٤ -١ الأسلوب المستخدم في التصوير الجوي

لإعداد الخرائط التفصيلية والطبوغرافية لمنطقة ما باستخدام الصور الجوية على أساس تطبيق نظرية الرؤية المجسمة، يجب أن يتم تصوير المنطقة بحيث يكون لكل جزء من المنطقة صورتان يمكن الحصول منهما على النموذج المجسم لهذا الجزء، ولتغطية المنطقة بشكل كامل يتم التصوير على شكل شرائح متداخلة (STRIPS)، الشكل٤ - ١، حيث إن الشريحة هي المساحة من الأرض التي تقوم طائرة تسير بخط طيران محدد و بسرعة محددة وبارتفاع محدد وباستخدام آلة تصوير محددة بالتقاط صور بفارق زمني محسوب بحيث تغطي كل الصورة من الصورة التي تليها نسبة لا تقل عن ٥٥٪ وهو ما يسمى بالتداخل الأمامي (End Overlap)، ثم تكرر العملية لشريحة أخرى بحيث تتداخل مع الشريحة التي سبقتها بنسبة لا تقل عن ١٠٪ وهو ما يسمى بالتداخل الجانبي(Side Overlap) و يتم تغطية كامل المنطقة بهذا الأسلوب مع أخذ الاحتياطيات لضمان عدم حدوث فجوات في التصوير.

الشكل: ٤ -١ الأسلوب المتبع في عملية التصوير الجوي

* المصدر: المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، ٢٠١٤م.

٤ -٢ الخطوات المتبعة في تخطيط رحلات التصوير الجوي

لكي تتم عملية التصوير بنجاح بحيث نحصل على صور بالمواصفات المطلوبة وبأقل تكلفة ممكنة يجب اتباع الخطوات التالية:

١) جمع المعلومات عن المنطقة المطلوب تصويرها.
٢) تحديد مقياس الصورة.
٣) اختيار آلة التصوير.
٤) تحديد ارتفاع الطيران فوق سطح المقارنة.
٥) تحديد اتجاه خطوط الطيران.
٦) تحديد قيمة التداخل الطولي والجانبي.
٧) تحديد عدد الشرائح (خطوط الطيران).
٨) تحديد عدد الصور في الشريحة الواحدة.
٩) تحديد الزمن بين التقاط الصور.
١٠) رسم خريطة الطيران.
١١) تحديد الوقت المناسب لعملية التصوير.
١٢) وضع العلامات الاصطناعية قبل عملية التصوير.

وفيما يلي شرحاً موجزا لكلٍ منها.

١) جمع المعلومات عن المنطقة المطلوب تصويرها.

قبل عملية التصوير لابد من دراسة المنطقة المراد تصويرها من حيث حدودها ومساحتها وفروق الارتفاع فيها وتوزيع نقاط التحكم الأرضية الأفقية والرأسية فيها، ويتم ذلك باستخدام خرائط قديمة للمنطقة أومن صور جوية أو فضائية سابقة أو بزيارة حقلية للمنطقة إذا لم يتوفر لها أياً مما سبق

٢) تحديد المقياس المتوسط للصورة.

يعتمد تحديد المقياس المتوسط للصورة على المقياس المطلوب للخريطة المطلوب إنتاجها من هذه الصور والفترة الكنتورية للخريطة المطلوبة وجهاز الرسم التجسيمي (Stereoplotter) المستخدم في رسم الخريطة، ونذكر هنا أن مقياس الصورة يكون أصغر من مقياس الخريطة المطلوبة بحدود(٣ -٥)مرات.

٣) اختيار آلة التصوير

كما سبق وتحدثنا في الفصل الأول أنه يوجد ثلاثة أنواع من آلات التصوير الجوي اعتمادا على حقل الرؤية ويكون الاختيار بما يتناسب مع فروق التضاريس في المنطقة فكلما كان حقل رؤية آلة التصوير أوسع كلما زادت التغطية وبالتالي يقل عدد الصور وباتجاه معاكس تقل الدقة للمناطق ذات الفروق الكبيرة في التضاريس.

٤) تحديد ارتفاع الطيران فوق سطح المقارنة.

يعتمد ارتفاع الطيران على المقياس المتوسط المطلوب للصورة والبعد البؤري للكاميرا المستخدمة ويحسب من العلاقة ٤ -١.

$$H = \frac{F}{S_{ave}} + h_{ave} \qquad ٤ - ١$$

H	:	ارتفاع الطيران فوق مستوى المقارنة
S_{ave}	:	مقياس الصورة المتوسط
F	:	البعد البؤري للعدسة
h_{ave}	:	المنسوب المتوسط لسطح الأرض

بمعرفة المقياس المتوسط والمنسوب المتوسط والبعد البؤري لآلة التصوير المستخدمة يمكن حساب ارتفاع الطيران فوق المستوى المرجعي وباستخدام جهاز الإلتميتر الذي يستند على مبدأ حساب الارتفاع من الضغط الجوي أو باستخدام نظام الـGPS يمكن التحكم بارتفاع الطائرة حتى الوصول إلى الارتفاع المطلوب.

مثال ٤ -١

احسب ارتفاع الطيران المناسب فوق سطح المقارنة للحصول على صورة جوية مقياسها المتوسط ١:٣٠٠٠ علما أن آلة التصوير المستخدمة بعدها البؤري ١٥٠ملم والمنسوب المتوسط في المنطقة ٣٢٠م

الحل

$$H = \frac{F}{S_{ave}} + h_{ave} = \frac{150 : 1000}{\frac{1}{3000}} + 320$$

$$= \frac{0.150 \times 3000}{1} + 320 = 770 \ \text{m}$$

التوحيد بين الوحدات بتحويل وحدة البعد البؤري إلى من ملم إلى م بالقسمة على ١٠٠٠

٥) تحديد اتجاه خط الطيران

في هذه الخطوة يتم تحديد اتجاه الطيران على سبيل المثال أن يكون وفق خطوط متوازية في الاتجاه شمال جنوب أو شرق غرب ويعتمد على عوامل كثيرة منها:

أ) اتجاه الريح بالنسبة لحركة الطائرة

فيؤخذ الاتجاه الأكثر استقراراً لحركة الطائرة.

ب) اتجاه تضاريس الأرض

حيث يراعى أن يكون اتجاه الطيران موازياً لاتجاه تضاريس الأرض.

في حالة استقرار الأحوال الجوية وعدم وجود تضاريس مختلفة بشكل كبير في المنطقة يتم اختيار خط الطيران باتجاه الضلع الأطول للمنطقة مما يقلل من عدد خطوط الطيران وعدد لفات الطائرة، وهو ما سوف نفرضه في حل التمارين القادمة.

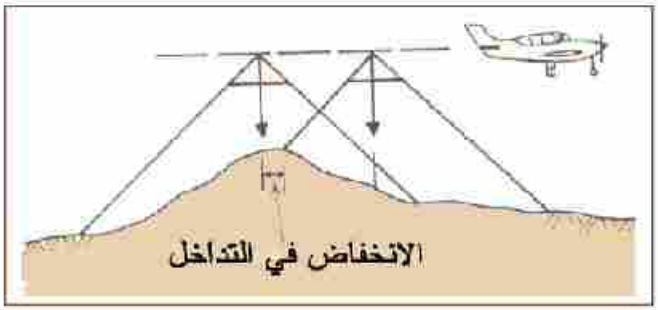
٦) تحديد قيمة التداخل الطولي والجانبي

لقد سبق أن أشرنا إلى أهمية وجود التداخل الطولي لغايات الرؤية المجسمة لكل جزء من المنطقة ونظريا يكفي لذلك أن تكون الصور للشريحة الواحدة متداخلة بنسبة ٥٠٪ وأن تكون الشرائح متلاصقة تماما إلا أنه عمليا وكون التصوير يتم من طائرة معرضة للانخفاض عن ارتفاعها والانحراف عن مسارها بسبب العوامل الجوية وغيرها وكذلك بسبب اختلاف تضاريس الأرض لابد من زيادة هذه النسبة لضمان عدم وجود ثغرات (أي مناطق غير مغطاة بصورتين) بحيث يكون التداخل الطولي بين ٧٠٪ -٥٥٪ والتداخل الجانبي بين ٣٠٪ -١٠٪ وقد يزيد إلى ٦٠٪.

ملحوظة: التكلفة وعدد الصور يزيد بزيادة نسبة التداخل لذلك فإن التخطيط الجيد هو الذي يتم فيه اختيار أقل نسبة تداخل مع ضمان وجود صورتين لكل جزء من المنطقة

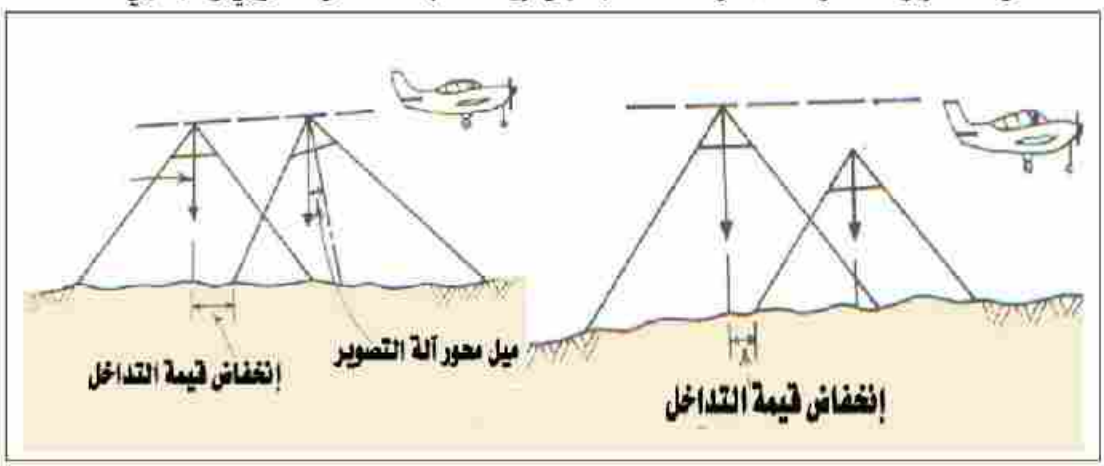
العوامل التي تؤثر على قيمة التداخل الطولي والجانبي

أ) تضاريس المنطقة، حيث إنه كلما زادت الفروق في تضاريس المنطقة كلما قلت نسبة التداخل وبذلك تزيد الحاجة إلى زيادة نسبة التداخل، الشكل٤ -٢.



الشكل: ٤ -٢ تأثير التضاريس على قيمة التداخل الأمامي

ب) استقرار الطائرة أفقيا (انحراف عن مسارها)، ورأسيا (بالانخفاض أو الميلان)، الشكل٤ -٣، حيث إنه كلما قل استقرار الطائرة كلما زادت الحاجة إلى زيادة نسبة التداخل الطولي والجانبي.



الشكل: ٤ -٣ تأثير اختلاف ارتفاع الطيران والميل على قيمة التداخل.

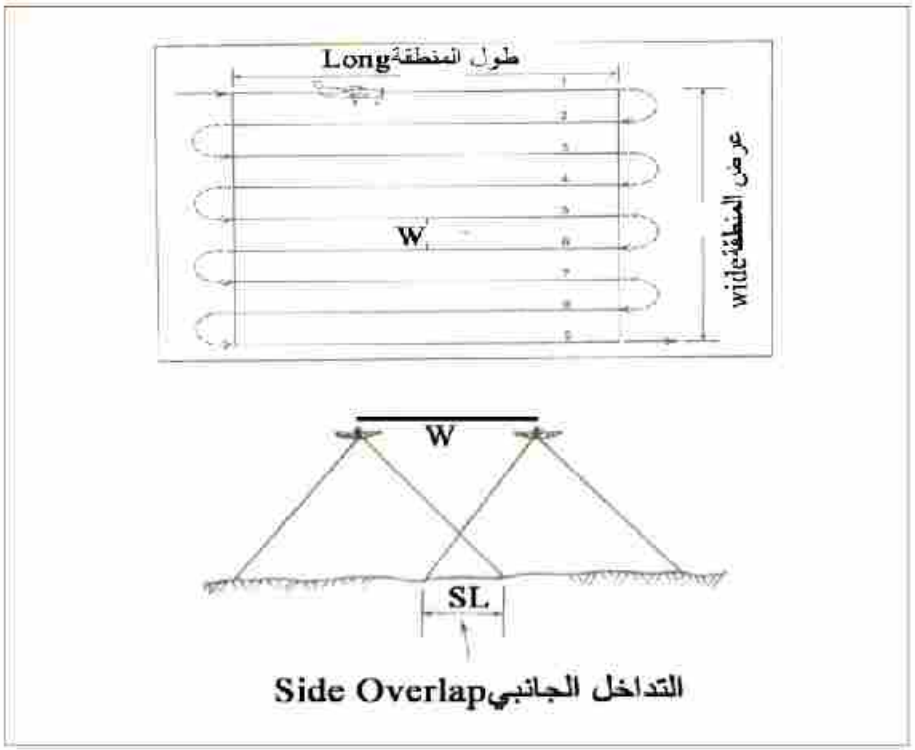
٧) حساب عدد خطوط الطيران **No. Flight lines**

الشكل ٤ -٤، يوضح أن عدد خطوط الطيران يعتمد على المتغيرات التالية:

أ) المسافة على الطبيعة التي سوف يتم تغطيتها بشكل خطوط طيران متجاورة، غالباً عرض المنطقة(Wide).

ب) الأبعاد على الطبيعة التي تغطيها الصورة، والتي يحددها المقياس المتوسط للصورة المطلوبة.

ج) المسافة بين خطي الطيران(W) والتي تعتمد على قيمة التداخل الجانبي(SL).



الشكل:٤ - ٤ المتغيرات التي تحدد عدد خطوط الطيران

خطوات حساب عدد خطوط الطيران (N_L)

المعطيات

أبعاد الصورة (d×d)　　أبعاد المنطقة (Long×Wide)

المقياس المتوسط للصورة　　نسبة التداخل الجانبي(SL)

خطوات الحل

حساب الأبعاد التي تغطيها الصورة الواحدة على الأرض (D×D) بنفس وحدة أبعاد المنطقة

$$D = \frac{d}{S_{ave}} \qquad ٤ - ٢$$

D : البعد الذي تغطيه الصورة على الأرض

S_{ave} : مقياس الصورة المتوسط

d : أبعاد الصورة

حساب المسافة بين خطي الطيران (W)

$$W = \frac{D \times (100 - SL)}{100}$$ ٤ -٣

W	:	المسافة بين خطي الطيران
D	:	البعد الذي تغطيه الصورة على الأرض
SL	:	نسبة التداخل الجانبي

حساب عدد خطوط الطيران N_L

لحساب عدد خطوط الطيران نقسم عرض المنطقة على المسافة بين خطي الطيران ونظيف لها خط طيران إضافي للاحتياط ونقرّب الناتج إلى أقرب عدد صحيح.

$$N_L = \frac{wide}{W} + 1$$ ٤ -٤

N_L	:	عدد خطوط الطيران
Wide	:	عرض المنطقة
W	:	المسافة بين خطي الطيران

مثال ٤ -٣

احسب عدد خطوط الطيران اللازمة لتغطية منطقة أبعادها ٥كم×٦كم بصور متوسط مقياسها ١:٢٠٠٠ علما أن أبعاد الصورة ٢٣سم×٢٣سم ونسبة التداخل الجانبي ٢٠٪

الحل

حساب البعد الذي تغطيه الصورة على الأرض مع ملاحظة أن يكون الناتج بوحدة الـKm

$$D = \frac{d}{S_{ave}} = \frac{23}{\frac{1}{2000}} = \frac{23 \times 2000}{1} = 46000\ cm = 46000 \div 100000 = 0.46\ km$$

حساب المسافة بين خطي الطيران W

$$W = \frac{D \times (100 - SL)}{100} = \frac{0.46 \times (100 - 20)}{100} = 0.368\ km$$

حساب عدد خطوط الطيران N_L

$$N_L = \frac{wide}{W} + 1 = \frac{5}{0.368} + 1 = 14.58 = 15$$

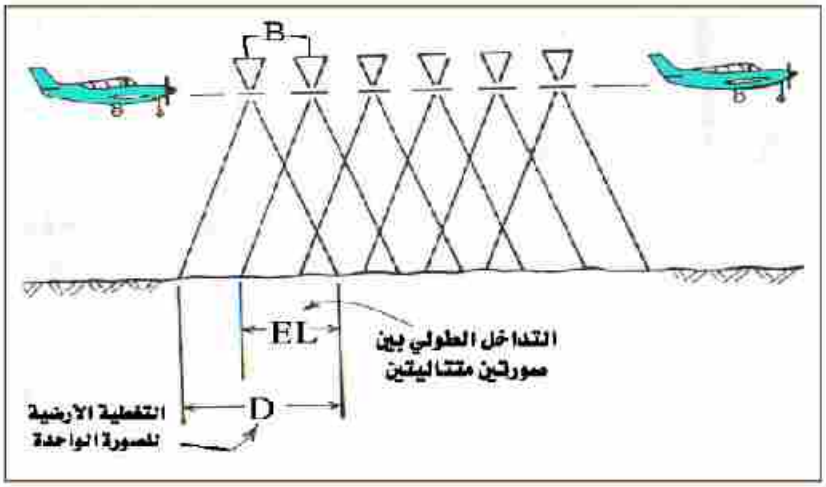
٨) حساب عدد محطات التصوير لكل خط طيران **No. Photos Per Strip**

الشكل ٤ -٥ ، يوضح أن عدد خطوط الطيران يعتمد على المتغيرات التالية:

أ) المسافة على الطبيعة التي سوف يغطيها خط الطيران الواحد ، غالباً طول المنطقة(Long).

ب) الأبعاد على الطبيعة التي تغطيها الصورة، والتي يحددها المقياس المتوسط للصورة المطلوبة.

ج) المسافة بين خطي محطتي التصوير (خط القاعدة الجوي B)، والتي يحددها قيمة التداخل الأمامي(FL).



الشكل: ٤ - ٥المتغيرات التي يعتمد عليها عدد محطات التصوير

خطوات حساب عدد محطات التصوير (N_p)

المعطيات

أبعاد الصورة (d×d)	أبعاد المنطقة (Long×Wide)
المقياس المتوسط للصورة	نسبة التداخل الجانبي(EL)

خطوات الحل

حساب الأبعاد التي تغطيها الصورة الواحدة على الأرض (D×D) بنفس وحدة أبعاد المنطقة.

$$D = \frac{d}{S_{ave}} \qquad ٤-٢$$

D : البعد الذى تغطيه الصورة على الأرض

S_{ave} : مقياس الصورة المتوسط

d : أبعاد الصورة

حساب المسافة بين خطي الطيران (B) (خط القاعدة الجوي)

$$B = \frac{D \times (100 - EL)}{100} \qquad ٤-٥$$

B : خط القاعدة الجوى

D : البعد الذي تغطيه الصورة على الأرض

EL : نسبة التداخل الأمامي

حساب عدد خطوط الطيران N_P

لحساب عدد خطوط الطيران تقسم طول المنطقة على المسافة بين محطتي تصوير الطيران وتضيف لها أربع صور بحيث تكون صورتان في بداية الخط وصورتان في نهايته للاحتياط وتقرب الناتج إلى أقرب عدد صحيح.

$$N_P = \frac{Long}{B} + 2 + 2 \qquad ٤-٦$$

N_P : عدد خطوط الطيران

Long : عرض المنطقة

B : المسافة بين خطي الطيران

مثال ٤-٣

احسب عدد محطات التصوير لخط الطيران لتغطية منطقة أبعادها ٥كم×٦كم بصور متوسط مقياسها ١:٢٠٠٠ علما أن أبعاد الصورة ٢٣سم×٢٣سم ونسبة التداخل الأمامي ٦٠٪

الحل

حساب البعد الذي تغطيه الصورة على الأرض مع ملاحظة أن يكون الناتج بوحدة الـKm

$$D = \frac{d}{S_{ave}} = \frac{23}{\frac{1}{2000}} = \frac{23 \times 2000}{1} = 46000\ cm = 46000 \div 100000 = 0.46\ km$$

حساب المسافة بين خطي الطيران (B)

$$B = \frac{D \times (100 - EL)}{100} = \frac{0.46 \times (100 - 60)}{100} = 0.184\ km$$

حساب عدد محطات التصوير (N_P)

$$N_P = \frac{Long}{B} + 2 + 2 = \frac{6}{0.184} + 2 + 2 = 36.6 = 37$$

٩) تحديد الزمن بين التقاط الصور

يعتمد الزمن بين الصورتين على سرعة الطائرة وخط القاعدة الجوي (المسافة بين الصورتين المتتاليتين)، ويحسب بوحدة الثانية بواسطة العلاقة٤ -٧، على أن تكون السرعة بوحدة الكم/ساعة وخط القاعدة الجوي بوحدة الكم.

$$T = \frac{B}{V} \times 3600 \qquad ٤-٧$$

T : الزمن بين التقاط صورتين متتاليتين

B : خط القاعدة الجوي

V : سرعة الطائرة

مثال ٤ -٣

احسب الزمن بين التقاط صورتين متتاليتين إذا كان خط القاعدة الجوي ٠.١٨٤ كم وسرعة الطائرة ١٥٠ كم/ ساعة

الحل

$$T = \frac{B}{V} \times 3600 = \frac{0.184}{150} \times 3600 = 4.416 \ s$$

١٠) رسم خريطة الطيران

يتم رسمها بمقياس يناسب مساحة المنطقة ومساحة الصحيفة وذلك حسب الخطوات التالية:

أ) اختيار مقياس الرسم المناسب لمساحة المنطقة وصحيفة الرسم.

ب) رسم حدود المنطقة المراد تصويرها على الصحيفة بمقياس الرسم الذي تم تحديده.

ج)حساب العرض الكلي الذي سوف تغطيه الصور على الأرض في الاتجاه العمودي على خطوط الطيران وذلك من العلاقة ٤ -٨.

$$Wide_{Net} = (N_L - 1) \times D \times \frac{(100 - SL)}{100} + D \qquad ٤-٨$$

$Wide_{Net}$: العرض الكلي الذي تغطيه الصور

NL : عدد خطوط الطيران

D : المسافة التي تغطيها الصورة على الأرض

SL : التداخل الجانبي

د) حساب الطول الكلي الذي سوف تغطيه الصور على الأرض في خط الطيران الواحد، وذلك من العلاقة ٤ -٩.

$$Long_{Net} = (N_p - 1) \times D \times \frac{(100 - EL)}{100} + D \qquad ٤ - ٩$$

$Long_{Net}$	:	الطول الكلى الذى تغطيه الصور
N_p	:	عدد الصور في خط الطيران
D	:	المسافة التي تغطيها الصورة على الأرض
EL	:	التداخل الأمامي

هـ) رسم العرض الكلي الذي تغطيه الصور مؤقتاً بموازاة عرض المنطقة، وبحيث تكون الزيادة متماثلة لطرفي المنطقة المراد تصويرها.

و) رسم الطول الكلي الذي تغطيه الصور مؤقتاً بموازاة طول المنطقة، وبحيث تكون الزيادة متماثلة لطرفي المنطقة المراد تصويرها.

ز) رسم خطوط الطيران بأن يكون الخط الأول والأخير على مسافة (D/٢) من طرفي الخط ورسم بقية خطوط الطيران بحيث تكون المسافة فيما بينها (W).

ح) تحديد مواقع محطات التصوير بحيث تكون أول محطة وآخر محطة على مسافة (D/٢) من طرفي الخط ورسم بقية محطات التصوير بحيث تكون المسافة فيما بينها (B).

مثال ٤ -٤

ارسم خريطة الطيران لتصوير منطقة أبعادها ٢كم×٢.١كم ، علماً أنه تم حساب عدد خطوط الطيران فكان ٥ وعدد الصور لكل خط ١٢ وأن التداخل الجانبي٢٠٪ والتداخل الأمامي٦٠٪ و مسافة تغطية الصورة على الأرض ٠.٦٩كم والمسافة بين خطي الطيران٠.٥٥٢كم وخط القاعدة الجوي ٠.٢٧٦كم (ارسم الخريطة بمقياس ١:٣٥٠٠٠)

الحل

المعطيات

Long ٢.١ = Wide N_L ٢ = km ٥=km N_P ٠.٥٥٢ = W ١٢ = km

SL = ٢٠٪ EL = ٦٠٪ D ٠.٦٩ = B km ٠.٢٧٦ = km

حساب العرض الكلي والطول الكلي الذي سوف تغطيه الصور على الأرض في الاتجاهين

١١) تحديد الوقت المناسب لعملية التصوير.

يجب عند التخطيط لعملية الطيران الأخذ بالاعتبار أن المعالم تتغير من حيث الإضاءة والظلال خلال فترات اليوم وتتغير الأحوال المناخية خلال السنة سوءا ما يتعلق بظروف الطيران كالأمطار والعواصف أو ما يتعلق بالمعالم نفسها كسقوط الجليد وسقوط أوراق الأشجار وغيرها.

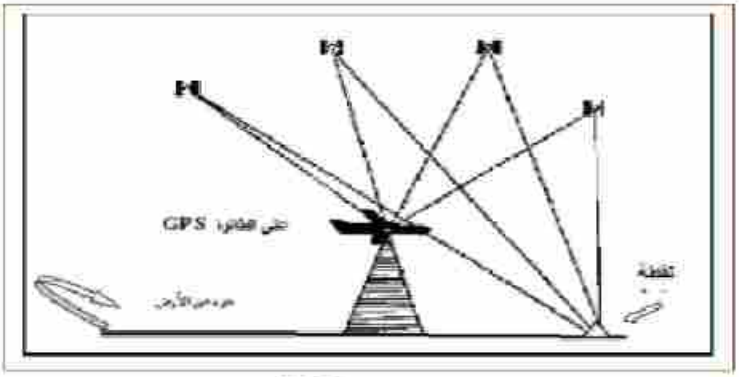
١٢) وضع العلامات الاصطناعية قبل عملية التصوير.

في الأراضي التي لا تحتوي على معالم طبيعية يمكن تحديدها على الصورة والطبيعة بدقة واعتبارها نقاط تحكم، لا بد أن توضع علامات اصطناعية، الشكل٤ -٦، قبل عملية التصوير لكي تظهر في الصورة وبعد ذلك يتم قياس إحداثياتها الأرضية. غالباً نحتاج لهذا النوع من العلامات في الصحاري والمسطحات الخضراء.

الشكل: ٤ -٦ نماذج لأنواع العلامات الاصطناعية

٤ -٣ الطرق التي تساعد الطيار على تنفيذ خطة الطيران.

من خرائط سابقة أو صور قديمة تضاف إلى المخطط بعض المعالم التي يمر بها خط الطيران ومنطقة التفاف الطائرة لتساعد الطيار في المحافظة في السير وفق ما هو مخطط له، أو الاستعانة بنظام الـ GPS. الشكل ٤ - ٧.



الشكل: ٤ -٧ استخدام الـGPS في عملية التصوير

٤ -٤ تمرين شامل على التخطيط لعملية الطيران.

مثال ٤ -٥

يراد تصوير منطقة أبعادها ٢ كم*٣ كم بصور متوسط مقياسها ١:٤٠٠٠ ، علما أن البعد البؤري ١٥٢ ملم، وأبعاد الصورة ٢٣ سم*٢٣ سم ونسبة التداخل الجانبي١٥٪، ونسبة التداخل الأمامي ٦٥٪، ومتوسط ارتفاعات المنطقة٣٩٠ م، وسرعة الطائرة ١٥٥ كم

المطلوب:

أ) ارتفاع الطيران ب) المسافة بين خطي الطيران

ج) خط القاعدة الجوي د) عدد خطوط الطيران

هـ) عدد محطات التصوير لكل خط طيران و) الفترة الزمنية بين التقاط الصور

ز) رسم خريطة الطيران بمقياس ١:٥٠٠٠٠

الحل

المعطيات

$m_{٣٩٠}=mm$ $h_{ave_{١٥٢}}=km$ $F_{٢}=km$ $Wide_{٣}=Long$

$cm_{٢٣}=d$ $EL=٦٥٪$ $SL=١٥٪$

أ) ارتفاع الطيران **H**

$$H=\frac{F}{S_{ave}}+h_{ave}=\frac{152:1000}{\frac{1}{4000}}+390=\frac{0.152\times4000}{1}+390=998 \quad m$$

ب) المسافة بين خطي الطيران **W**

$$D=\frac{d}{S_{ave}}=\frac{23}{\frac{1}{4000}}=\frac{23\times4000}{1}=92000 \quad cm=92000\div100000=0.92 \quad km$$

$$W=\frac{D\times(100-SL)}{100}=\frac{0.92\times(100-15)}{100}=0.782 \quad km$$

ج) خط القاعدة الجوي **B**

$$B = \frac{D \times (100 - EL)}{100} = \frac{0.92 \times (100 - 65)}{100} = 0.322 \quad km$$

د) عدد خطوط الطيران N_L

$$N_L = \frac{wide}{W} + 1 = \frac{2}{0.782} + 1 = 3.55 = 4$$

هـ) عدد الصور لكل خط طيران N_P

$$N_P = \frac{Long}{B} + 2 + 2 = \frac{3}{0.322} + 2 + 2 = 13.3 - 14$$

و) الفترة الزمنية بين التقاط الصور **T**

$$T = \frac{B}{V} \times 3600 = \frac{0.322}{155} \times 3600 = 7.478 \quad s$$

ز) رسم خريطة الطيران

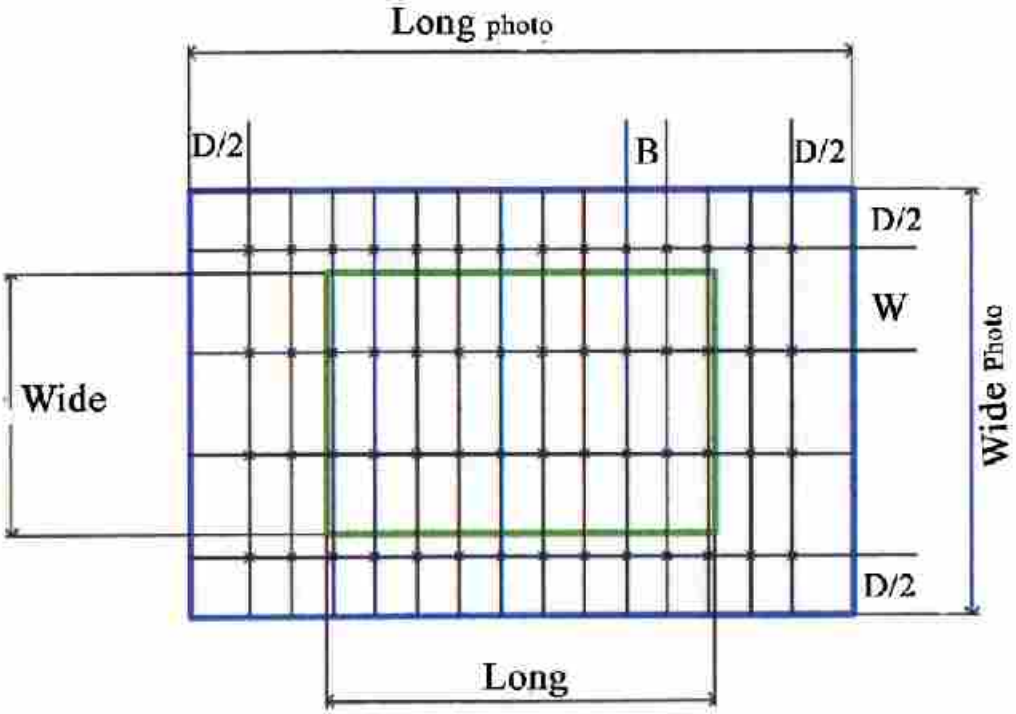
$$Wide_{Net} = (N_L - 1) \times D \times \frac{(100 - SL)}{100} + D$$

$$= (4 - 1) \times 0.92 \times \frac{(100 - 15)}{100} + 0.92 = 3.266 \quad km$$

$$Long_{Net} = (N_P - 1) \times D \times \frac{(100 - EL)}{100} + D$$

$$= (14 - 1) \times 0.92 \times \frac{(100 - 65)}{100} + 0.92 = 5.106 \quad km$$

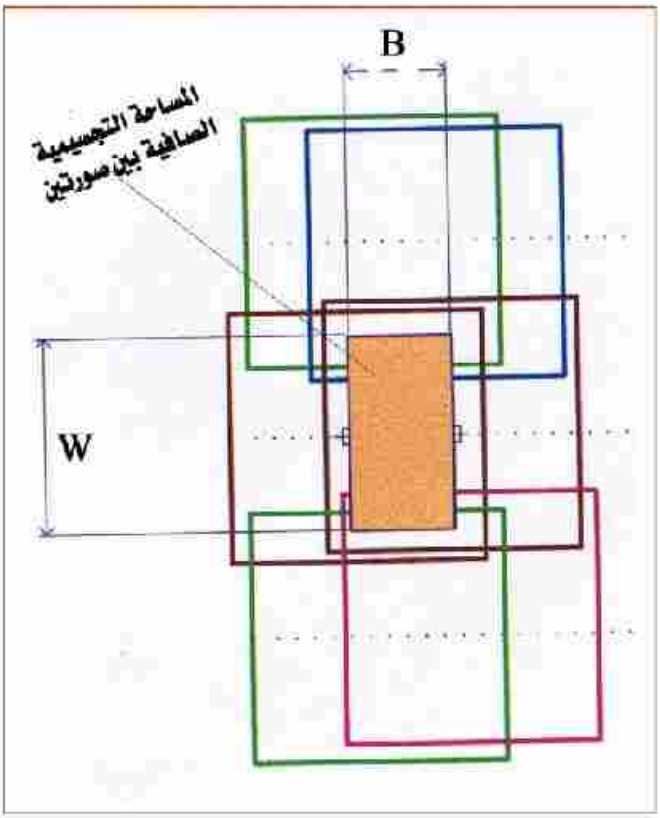
تحويل المسافات المستخدمة في رسم الخريطة إلى المقياس المطلوب وبوحدة الـcm ورسم الخريطة



تمرين عملي (٤ -١)

٤ -٥ المساحة التجسيمية الصافية Neat Model

يتضح من الفقرات السابقة أنه لتغطية منطقة ما بصور متداخلة نحتاج لعدد كبير من الصور في الاتجاهين الرأسي والأفقي، ولكي يتم العمل على هذه الصور بشكل متكامل ومتناسق فإنه يتم اختيار منطقة بين الصورتين تسمى المساحة التجسيمية الصافية وهي على شكل مستطيل عرضه يساوي المسافة بين مركزي الصورتين(B) وطوله يساوي المسافة بين خطي الطيران(W)، الشكل٤ -٨.



الشكل: ٤ -٨ المساحة التجسيمية الصافية

تمرين عملي (٤ -١)

الهدف:

أن ترسم خريطة الطيران وتحسب عناصرها.

الوسائل:

أدوات وصحيفة رسم.

التمرين:

يراد تصوير منطقة أبعادها ٧ كم×٨ كم بصور متوسط مقياسها ١:٦٠٠٠، علما أن البعد البؤري ١٥٢ملم، وأبعاد الصورة ٢٣سم×٢٣ سم ونسبة التداخل الجانبي ٣٠٪، ونسبة التداخل الأمامي ٦٥٪، ومتوسط ارتفاعات المنطقة ٥٠٠م، وسرعة الطائرة ١٥٥كم

المطلوب:

أ) ارتفاع الطيران

ب) المسافة بين خطي الطيران

ج) خط القاعدة الجوي

د) عدد خطوط الطيران

هـ) عدد الصور لكل خط طيران

و) الفترة الزمنية بين التقاط الصور

ز) ارسم الخريطة بمقياس ١:٥٠٠٠

أسئلة على الوحدة الرابعة

١) ما هو الأسلوب المستخدم في التصوير الجوي ؟

٣) ما هي الخطوات المتبعة في تخطيط رحلات التصوير الجوي ؟

٢) ما هي وسائل جمع المعلومات عن المنطقة قبل عملية التصوير ؟

٤) ما هي العوامل التي تحدد مقياس الصور؟ ؟

٥) ما هي العوامل التي تحدد اختيار نوع آلة التصوير ؟

٦) ما هي العوامل التي تؤثر على قيمة التداخل الطولي والجانبي ؟

٧) متى نحتاج لوضع علامات اصطناعية ؟

٨) كيف يمكن للطيار تنفيذ خطة الطيران ؟

تمارين حسابية على الوحدة الرابعة

١) احسب ارتفاع الطيران المناسب فوق سطح المقارنة للحصول على صورة جوية مقياسها المتوسط ١:١٢٠٠ علما أن آلة التصوير المستخدمة بعدها البؤري ٣٠٠ ملم والمنسوب المتوسط في المنطقة ٤١٥ م

٢) احسب عدد خطوط الطيران اللازمة لتغطية منطقة أبعادها ٣,٥ كم×٤ كم بصور متوسط مقياسها ١:١٨٠٠ علما أن أبعاد الصورة ٢٣ سم×٢٣ سم ونسبة التداخل الجانبي ٢٥ ٪

٣) احسب عدد محطات التصوير لخط الطيران لتغطية منطقة أبعادها ٣,٥ كم×٤ كم بصور متوسط مقياسها ١:١٨٠٠ علما أن أبعاد الصورة ٢٣ سم×٢٣ سم ونسبة التداخل الأمامي ٦٥ ٪

٤) احسب الزمن بين التقاط صورتين متتاليتين إذا كان خط القاعدة الجوي ٠,٢٠ كم وسرعة الطائرة ١٣٥ كم/ساعة.

الفصل الرابع

القياس من الصور الجوية

القياسات من الصور الجوية*

مقدمة

تستخدم الصور الجوية في أهم تطبيقاتها في إنتاج و تحديث الخرائط التفصيلية و الطبوغرافية، ولإجراء القياسات الدقيقة من الصور الجوية (الرأسية أو قليلة الميل بعد تحويلها الي رأسية) يلزم إجراء بعض العمليات الرياضية و الحسابية. وبالرغم من أن هذه الحسابات أصبحت تتم الآن باستخدام برامج حاسوبية متخصصة، إلا أن فهم طبيعة وخصائص الصور الجوية من الناحية الهندسية مهم لدارس هذا العلم.

٤-٢ حساب مقياس رسم الصور الجوية

مقياس رسم الصورة الجوية هو النسبة العددية بين أي طول علي الصورة و طوله الحقيقي علي الأرض. وتجدر الإشارة الي أن تعريف مقياس رسم الخريطة هو نفس التعريف إلا أننا نضيف عليه كلمة "النسبة العددية الثابتة"، ومن هنا نستنتج أن مقياس رسم الصورة الجوية غير ثابت لنفس الصورة و إنما يختلف من نقطة لأخرى عليها بعكس الخريطة. والسبب الرئيسي والأساسي وراء هذا الاختلاف هو طبيعة الإسقاط المركزي للصورة الجوية والذي يتسبب في ان مقياس رسمها سيعتمد علي منسوب كل نقطة (أي طبيعة تضاريس المنطقة الجغرافية المصورة). وتوجد عدة عوامل أخري وراء عدم ثبات قيمة مقياس رسم الصورة الجوية مثل ميل الصورة و أخطاء العدسة و أخطاء الفيلم وطبيعة تكور سطح الأرض ذاتها، إلا أن معظم هذه العوامل قد تم التغلب عليها بتقدم التقنيات الحديثة المستخدمة في إنتاج معدات و أفلام التصوير الجوي حاليا.

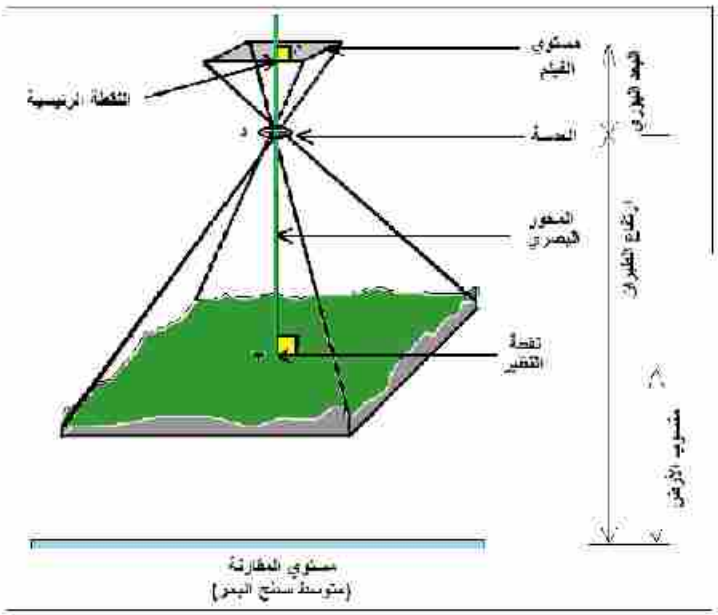
توجد عدة طرق لحساب مقياس رسم صورة جوية طبقا للمعلومات المتاحة و أيضا طبقا لتغير تضاريس سطح الأرض (المناسيب) للمنطقة الجغرافية الظاهرة علي الصورة.

* المصدر: جمعة محمد داود (٢٠١٣): مقدمة في الصور الجوية والمرئيات الفضائية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، ص٢٩ - ٤٠.

٤-٢-١ مقياس الرسم لمنطقة مستوية

لقياس ارتفاع أي نقطة علي سطح الأرض فأننا نستخدم مستوي سطح البحر علي أنه مستوي المقارنة (الصفر) الذي يبدأ قياس الارتفاع من عنده، ومن هنا نطلق علي هذا الارتفاع مصطلح "المنسوب" لنفرق بينه وبين أي طريقة أخري لقياس الارتفاعات. فالمنسوب هو قيمة ارتفاع النقطة عن مستوي سطح البحر. فعند تصوير منطقة منبسطة أو مستوية التضاريس تكون مناسيب المعالم الجغرافية تقريبا واحدة أو قريبة من بعضها البعض مما يجعلنا نفترض أن فروق المناسيب لن يكون لها تأثير كبير علي حساب مقياس رسم الصورة الجوية.

بالنظر للشكل التالي نجد أن مركز الصورة أو النقطة الأساسية (م) ومركز العدسة (د) يقعان علي خط واحد وهو المحور البصري للعدسة. فإذا قمنا بمد المحور البصري علي استقامته حتى يقطع الأرض فأن مسقط مركز العدسة سيقع عند نقطة تسمي نقطة النظير (ب). أيضا يمكننا ملاحظة أن المنطقة الأرضية قد تم تصغيرها علي الصورة الجوية بنفس النسبة بين المسافة م د الي المسافة د ب، أو بمعني آخر فأن نسبة التصغير علي الصورة تساوي نفس النسبة بين البعد البؤري للكاميرا (المسافة م د) وارتفاع الكاميرا عن سطح الأرض (المسافة د ب) وهذا الأخير ما هو الفرق بين ارتفاع الطيران و منسوب الأرض. ونسبة تصغير الصورة الجوية ما هي إلا مقياس رسم هذه الصورة، ومن ثم يمكننا القول أن مقياس رسم الصورة هو النسبة بين البعد البؤري و فرق ارتفاع الطيران و المنسوب.



شكل (٤-١) الخصائص الهندسية للصورة الجوية الرأسية

و في هذه الحالة تكون معادلة حساب مقياس رسم الصورة الجوية كالتالي:

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{1}{م} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - منسوب المنطقة}} = \frac{ف}{ع - م}$$

مثال:

أحسب مقياس رسم صورة جوية التقطت من علي ارتفاع ٢٠٠٠ متر لمنطقة مستوية يبلغ منسوبها ٢٨٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ١٠٠ملليمتر؟

مقياس رسم الصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب المنطقة)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

ولتوحيد الوحدات المستخدمة نحول البعد البؤري الي وحدات الأمتار بقسمته علي ١٠٠٠:

مقياس رسم الصورة = ١٠٠/١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٧٢٠ متر

= ٠.١ / ١٧٢٠

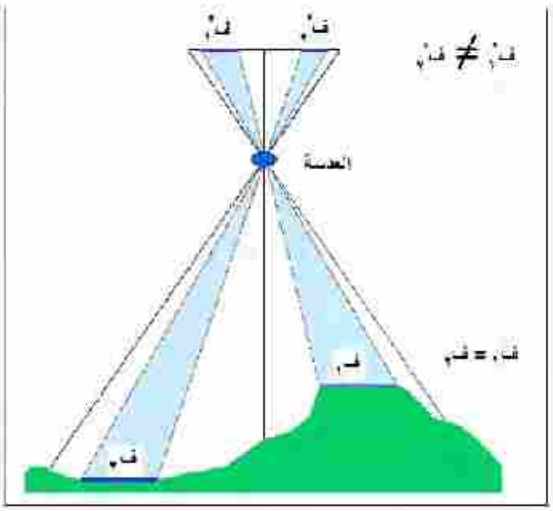
وحيث أن مقياس الرسم العددي بصفة عامة يكتب في صورة كسر يكون البسط به يساوي ١ (مثل ١ / ١٠٠٠) فنقوم بقسمة كلا من البسط و المقام (في المثال) علي قيمة البسط لنحصل علي الصورة المعتادة لكتابة مقاييس الرسم:

مقياس رسم الصورة = (٠.١ / ٠.١) / (١٧٢٠ / ٠.١)

مقياس رسم الصورة = ١ / ١٧٢٠٠

٤-٢-٢ مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

في حالة اختلاف تضاريس المنطقة المصورة (أي اختلاف مناسيب معالمها عن مستوي سطح البحر) سيكون هناك مقياس رسم لكل نقطة يختلف عن مقياس رسم النقطة الأخرى. فبالنظر للشكل التالي سنجد أن المسافتين ف١ ، ف٢ متساويتين علي الأرض لكنهما مختلفتين في المنسوب مما سيجعل صورتيهما علي الصورة الجوية ف'١ ، ف'٢ لن يكونا متساويتين. أي أنه كلما كان الهدف أقرب للكاميرا (أي أعلي منسوبا) كلما ظهر علي الصورة الجوية بمقياس رسم أكبر.



شكل (٤-٢) اختلاف التضاريس و تأثيره علي مقياس رسم الصورة الجوية

وفي حالة اختلاف المناسيب (التضاريس) فنستخدم المعادلات التالية:

لحساب مقياس الرسم عند النقطة الأولي:

$$\text{مقياس الرسم عند النقطة أ} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ}} = \frac{ف}{ع - م_أ}$$

لحساب مقياس الرسم عند النقطة الثانية:

$$\text{مقياس الرسم عند النقطة ب} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة ب}} = \frac{ف}{ع - م_ب}$$

أما لحساب مقياس الرسم المتوسط للصورة الجوية:

$$\text{مقياس الرسم المتوسط للصورة} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب}} = \frac{ف}{ع - م_م}$$

مثال ١:

أحسب مقياس رسم صورة جوية للنقطة أ البالغ منسوبها ٢٨٠ متر فوق سطح البحر علما بأن الصورة قد التقطت من علي ارتفاع ٢٠٠٠ متر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ١٠٠ملليمتر. ثم أحسب أيضا مقياس الرسم للنقطة ب التي يبلغ منسوبها ٤٠٠ متر فوق سطح البحر، ثم قم بحساب مقياس الرسم المتوسط لهذه الصورة الجوية؟

مقياس رسم الصورة عند النقطة أ = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

= ١٠٠/١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٧٢٠ متر

= ٠.١ / ١٧٢٠

= (٠.١ / ٠.١) / (١٧٢٠ / ٠.١)

= ١ / ١٧٢٠٠

مقياس رسم الصورة عند النقطة ب = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة ب)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٤٠٠ متر)

= ١٠٠/١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٤٠٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٦٠٠ متر

= ٠.١ / ١٦٠٠

= (٠.١ / ٠.١) / (١٦٠٠ / ٠.١)

= ١ / ١٦٠٠٠

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب)

أولا نحسب متوسط المنسوب:

متوسط المنسوب أو المنسوب المتوسط = (منسوب النقطة أ + منسوب النقطة ب) ÷ ٢

= (٢٨٠ + ٤٠٠) ÷ ٢

= ٦٨٠ ÷ ٢

= ٣٤٠ متر

ثانيا:

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٣٤٠ متر)

= ١٠٠/١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٣٤٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٦٦٠ متر

= ٠.١ / ١٦٦٠

= (٠.١ / ٠.١) / (١٦٦٠ / ٠.١)

= ١ / ١٦٦٠٠

مثال ٢:

أحسب مقياس الرسم المتوسط لصورة جوية علما بأن الصورة قد التقطت من علي ارتفاع ٢٠٠٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ٩٠ ملليمتر وأن متوسط منسوب المنطقة هو ٦٥٠ متر فوق سطح البحر ؟

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب)

= ٩٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٦٥٠ متر)

= ٩٠ /١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٦٥٠ متر)

= ٠.٠٩ متر / ١٣٥٠ متر

= (٠.٠٩ / ٠.٠٩) / (١٣٥٠/ ٠.٠٩)

= ١ / ١٥٠٠٠

٤-٢-٣ مقياس الرسم لمنطقة ساحلية

في حالة تصوير منطقة ساحلية (أي منسوبها هو نفس مستوي سطح البحر) فأن معادلة حساب مقياس رسم الصورة الجوية تتغير لتصبح:

مقياس رسم الصورة لمنطقة ساحلية = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب المنطقة)

= البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - صفر)

= البعد البؤري / ارتفاع الطيران

مثال:

أحسب مقياس رسم صورة جوية لمنطقة ساحلية علما بأن الصورة قد التقطت من علي ارتفاع ٢٥٠٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ١٠٠ ملليمتر ؟

مقياس رسم الصورة لمنطقة ساحلية = البعد البؤري / ارتفاع الطيران

= ١٠٠ ملليمتر / ٢٥٠٠ متر

= ١٠٠ ÷ ١٠٠٠ متر / ٢٥٠٠ متر

= ٠.١ / ٢٥٠٠

= (٠.١ ÷ ٠.١) / (٢٥٠٠ ÷ ٠.١١٢)

= ١ / ٢٥٠٠٠ أي ١ : ٢٥٠٠٠

٤-٢-٤ طرق أخرى لحساب مقياس رسم الصورة الجوية

يمكن حساب مقياس رسم تقريبي للصورة الجوية - في حالة عدم معرفة البعد البؤري للكاميرا و ارتفاع الطيران - بعدة طرق أخري:

(أ) قياس مسافة على الصورة ومعرفة المسافة الحقيقية لها على الأرض:

إذا قمنا بقياس مسافة (جزء من طريق مثلا) علي الصورة الجوية وكان معلوما الطول الحقيقي علي الأرض لهذه المسافة فيمكن حساب مقياس رسم الصورة كالتالي:

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الأرض}}$$

مثال:

أحسب مقياس رسم الصورة الجوية التي يظهر بها شارع العزيزية بمكة المكرمة بطول ٣٢ ملليمتر علي الصورة إذا علمت أن طول الشارع الحقيقي علي الأرض يبلغ ٩.٦ كيلومتر؟

مقياس رسم الصورة = المسافة على الصورة / المسافة على الأرض

= ٣٢ ملليمتر / ٩.٦ كيلومتر

نوحد وحدات كلا من البسط و المقام بقسمة البسط علي ١٠٠،٠٠٠ حتى نحول الملليمترات الي كيلومترات:

مقياس رسم الصورة = (٣٢ ÷ ١٠٠،٠٠٠) كيلومتر / ٩.٦ كيلومتر

= ٠.٠٠٠٣٢ / ٩.٦

نقسم كلا من البسط و المقام علي قيمة البسط (في المثال) للوصول الي الصورة التقليدية لمقياس الرسم حيث يكون البسط هو الواحد:

مقياس رسم الصورة = (٠.٠٠٠٣٢ ÷ ٠.٠٠٠٣٢) / (٩.٦ ÷ ٠.٠٠٠٣٢)

= ١ / ٣٠٠،٠٠٠

(ب) قياس مسافة على الصورة وقياسها على خريطة معلومة:

إذا قمنا بقياس مسافة (جزء من طريق مثلاً) على الصورة الجوية وقمنا بقياس طوله على خريطة معلومة مقياس الرسم فيمكن حساب مقياس رسم الصورة كالتالي:

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{الطول على الصورة}}{\text{الطول على الخريطة}} \times \text{مقياس رسم الخريطة}$$

مثال:

أحسب مقياس رسم الصورة الجوية التي يظهر بها خط طوله ١٦ ملليمتر إذا علمت أن هذا الخط يبلغ طوله ٢٠ ملليمتر على خريطة مقياس رسمها ١ : ١٥٠٠٠ ؟

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{الطول على الصورة}}{\text{الطول على الخريطة}} \times \text{مقياس رسم الخريطة}$$

$$= \frac{١٦}{٢٠} \times \frac{١}{١٥٠٠٠} = \frac{١٦}{٣٠٠٠٠٠}$$

$$= \frac{١٦ \div ١٦}{٣٠٠٠٠٠ \div ١٦} = \frac{١}{١٨٧٥٠}$$

(ج) قياس مسافة بين نقطتين على الصورة ومعرفة الإحداثيات الأرضية لهما:

إذا قمنا بقياس مسافة بين نقطتين معلومتين على الصورة الجوية وتوافر لدينا قيم الإحداثيات الأرضية (س،ص) لكلتا النقطتين فيمكن حساب مقياس رسم الصورة كالتالي:

المسافة الأرضية بين أي نقطتين (معلومتي الإحداثيات) تساوي الجذر التربيعي لمجموع مربع فرق الإحداثيات السينية مع مربع فرق الإحداثيات الصادية، ثم بعد ذلك نحسب مقياس رسم الصورة الجوية كما في المثال السابق. أي أن:

$$\text{المسافة الأرضية بين نقطتين} = \sqrt{(\text{فرق الاحداثيات السينية})^2 + (\text{فرق الاحداثيات الصادية})^2}$$

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة الأرضية}}$$

مثال:

أحسب مقياس رسم الصورة الجوية التي قيست فيها المسافة بين النقطتين أ ، ب فوجدت ٤٧ ملليمتر إذا علمت أن الإحداثيات الأرضية لنقطة أ هي (٤٠٠ ، ٣٠٠) متر بينما إحداثيات النقطة ب هي (٨٠٠ ، ٩٠٠) متر؟

المسافة الأرضية بين نقطتين = $\sqrt{(\text{فرق الاحداثيات السينية})^2 + (\text{فرق الاحداثيات الصدية})^2}$

$= \sqrt{(800 - 400)^2 + (900 - 300)^2}$

$= \sqrt{(400)^2 + (600)^2} = \sqrt{160000 + 360000}$

$= \sqrt{520000} = 721.11$ متر

مقياس رسم الصورة = $\frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة الأرضية}} = \frac{47 \text{ ملليمتر}}{721.11 \text{ متر}} = \frac{47 \div 1000 \text{ متر}}{721.11 \text{ متر}}$

$= \frac{0.047}{721.11}$

$= \frac{0.047 \div 0.047}{721.11 \div 0.047} = \frac{1}{15343}$

٤-٣ تطبيقات مقياس رسم الصور الجوية في تصميم الطيران

في حالة معرفة مقياس الرسم المطلوب لتصوير منطقة معينة يمكننا التحديد المسبق لارتفاع الطيران المطلوب أو البعد البؤري للكاميرا الواجب استخدامها لإتمام هذا التصوير.

٤-٣-١ حساب ارتفاع الطيران المناسب لمقياس رسم

تتطلب بعض تطبيقات التصوير الجوي التقاط الصور بمقياس رسم محدد سلفا طبقا لأهداف مشروع التصوير ذاته، ويتطلب هذا تحديد ارتفاع الطيران المناسب للحصول علي مقياس الرسم المطلوب. يعتمد حساب ارتفاع الطيران في هذه الحالة علي معرفة تضاريس المنطقة الجغرافية، وفي هذه الحالة نستخدم المعادلة الأولي من طرق حساب مقياس الرسم ولكن بصورة مختلفة:

$$\text{مقياس الرسم المتوسط للصورة} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب}} = \frac{ف}{ع - م_م}$$

ففي هذه المعادلة يكون مقياس الرسم معلوم بينما ارتفاع الطيران هو القيمة المجهولة المطلوب حسابها.

مثال:

تتغير مناسيب سطح الأرض في منطقة جغرافية من ٥٠٠ متر الي ١٥٠٠ متر فوق سطح البحر، ما هو ارتفاع الطيران المناسب لتصوير هذه المنطقة بكاميرا بعدها البؤري ٣٠ سنتيمتر للحصول علي مقياس رسم للصور الجوية يبلغ ١ : ١٠،٠٠٠ ؟

متوسط المنسوب = م = (٥٠٠ + ١٥٠٠) ÷ ٢ = ٢٠٠٠ ÷ ٢ = ١٠٠٠ متر

$$\text{مقياس الرسم المتوسط للصورة} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب}}$$

$$\frac{\text{١}}{\text{١٠٠٠٠٠}} = \frac{\text{٣٠ سنتيمتر}}{\text{ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ متر}}$$

$$\frac{\text{١}}{\text{١٠٠٠٠٠}} = \frac{\text{٠.٣ متر}}{\text{ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ متر}}$$

أي أن:

ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ = ٠.٣ × ١٠٠٠٠٠

ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ = ٣٠٠٠

ارتفاع الطيران = ٣٠٠٠ + ١٠٠٠

= ٤٠٠٠ متر

٤-٣-٢ حساب البعد البؤري المناسب لمقياس رسم

بنفس الطريقة السابقة فمن الممكن حساب البعد البؤري للكاميرا المطلوبة لإتمام تصوير جوي محدد المقياس ومعلوم ارتفاع الطيران:

$$\text{مقياس الرسم المتوسط للصورة} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب}} = \frac{\text{ف}}{\text{م} - \text{ع}}$$

ففي هذه المعادلة يكون مقياس الرسم و ارتفاع الطيران معلومين بينما البعد البؤري هو القيمة المجهولة المطلوب حسابها، أي أن:

البعد البؤري = (ارتفاع الطيران - المنسوب المتوسط) × مقياس الرسم المتوسط

مثال:

كم يكون البعد البؤري للكاميرا المناسبة لتصوير منطقة يبلغ منسوبها المتوسط ٥٠٠ متر فوق سطح البحر إذا كان التصوير سيكون من ارتفاع طيران يبلغ ٥٠٠٠ متر وبمقياس رسم متوسط للصور الجوية ١ : ١٥٠٠٠ ؟

البعد البؤري = (ارتفاع الطيران - المنسوب المتوسط) × مقياس الرسم المتوسط

= (٥٠٠٠ متر - ٥٠٠ متر) × (١ / ١٥٠٠٠)

= ٠.٣ متر

= ٣٠٠ ملليمتر

٤-٤ حساب الإحداثيات الأرضية للمعالم

لقياس الإحداثيات علي الصورة الجوية يتم الاعتماد علي نظام إحداثيات يتكون من:

١. مركز النظام في النقطة الرئيسية أو مركز الصورة.

٢. المحور السيني الموجب هو اتجاه الطيران.

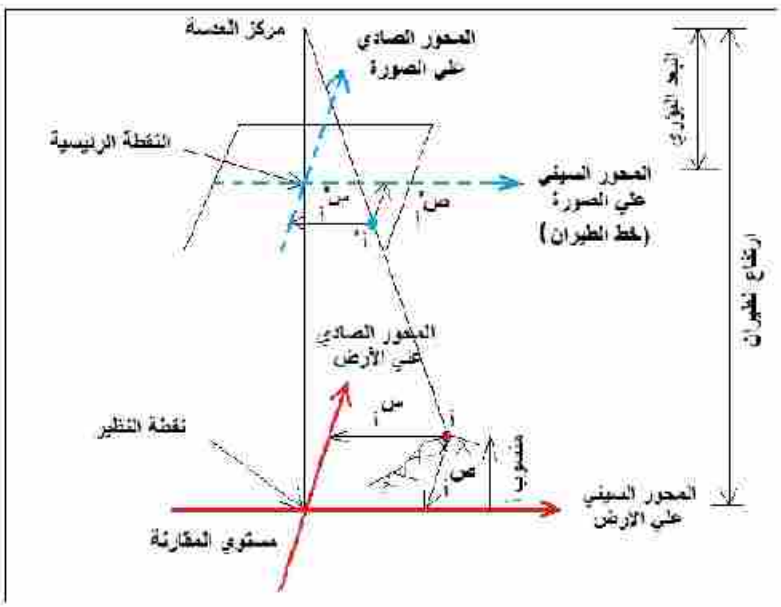
٣. المحور الصادي الموجب هو الاتجاه العمودي علي اتجاه الطيران.

تتكون الخطوة الأولي في حساب الإحداثيات الأرضية للمعالم الجغرافية الظاهرة علي الصورة الجوية من استخدام نظام إحداثيات أرضية نسبية (أي أنها منسوبة للإحداثيات الأرضية لنقطة النظير ذاتها) يتكون من:

١. مركز النظام في مسقط النقطة الرئيسية علي الأرض، أي نقطة النظير.

٢. المحور السيني علي الأرض يقع في مستوي رأسي واحد مع المحور السيني للصورة.

٣. المحور الصادي علي الأرض يقع في مستوي رأسي واحد مع المحور الصادي للصورة.



شكل (٤-٣) الإحداثيات علي الصورة الجوية وعلي الأرض

من المعادلات التالية يمكننا حساب قيم الإحداثيين السيني و الصادي (النسبية) على الأرض لأي معلم جغرافي تم قياس احداثياته على الصورة الجوية:

الاحداثي السيني علي الأرض للنقطة أ = (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ) / البعد البؤري للكاميرا × الاحداثي السيني علي الصورة

$$س_{أ} = \frac{ع - م_{أ}}{ف} \times س'_{أ}$$

الاحداثي الصادي علي الأرض للنقطة أ = (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ) / البعد البؤري للكاميرا × الاحداثي الصادي علي الصورة

$$ص_{أ} = \frac{ع - م_{أ}}{ف} \times ص'_{أ}$$

فإذا عرفنا الإحداثيات الأرضية الحقيقية لنقطة النظير (من خرائط قديمة أو باستخدام أجهزة الجي بي أس) يمكن حساب الإحداثيات الأرضية الحقيقية لأي معلم جغرافي علي الصورة الجوية.

مثال:

تم تصوير صورة جوية من ارتفاع طيران ١٤٠٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا بعدها البؤري ١٥٠ ملليمتر، وتم قياس الإحداثيات علي الصورة للنقطة أ فكانت (+٥٠، -٤٨) ملليمتر. أحسب الإحداثيات الأرضية لهذه النقطة إذا علمت أن منسوبها يبلغ ٢٠٠ متر فوق مستوي سطح البحر؟

الإحداثي السيني الأرضي = الإحداثي السيني علي الصورة × (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة) ÷ البعد البؤري

= +٥٠ ملليمتر × (١٤٠٠ متر - ٢٠٠ متر) ÷ ١٥٠ ملليمتر

= +٥٠ × (١٢٠٠) ÷ ١٥٠

= +٤٠٠ متر

الإحداثي الصادي الأرضي = الإحداثي الصادي علي الصورة × (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة) ÷ البعد البؤري

= -٤٨ ملليمتر × (١٤٠٠ متر - ٢٠٠ متر) ÷ ١٥٠ ملليمتر

= -٤٨ × (١٢٠٠) ÷ ١٥٠

= -٣٨٤ متر

الفصل السادس
الإبصار المجسم وأجهزة الرسم التجسيمية

تعريف الرؤية المجسمة

الإبصار المجسم هو مقدرة الإنسان على رؤية الأشياء بأبعادها الثلاث، البعد الأفقي، العمق المتعامد مع البعد الأفقي، والارتفاع. وتؤدي هذه الخاصية إلى تقدير قرب أو بعد الأشياء عن الناظر وعن بعضها البعض.

٣ -١ الرؤية المجسمة لدى الإنسان

قد نتساءل لماذا خلقنا الله بعينين اثنتين ؟ وهذا لحكمة أرادها الله سبحانه وتعالى، فبجانب التشابه والتطابق الظاهري مما يضفي السمة الجمالية فهناك أيضا القاعدة العلمية التي لا يمكن بدونها المقدرة على الإبصار والرؤية المجسمة بدون ذلك العينين كما هو واضح بالنسبة للسمع، فالإنسان لا يستطيع أن يسمع الأصوات مجسمة بحيث لا يقدر على تحديد أبعادها ومصادرها المختلفة بدون أن يسمع بأذنيه الاثنتين. وسوف نفهم ذلك بشكل أكثر عن طريق الإجابة على الأسئلة التالية:

هل يستطيع الإنسان الرؤية المجسمة بعين واحدة؟

يستطيع الإنسان بعين واحدة رؤية البعيدين الأفقي والارتفاع أم البعد الثالث فلا يستطيع الإنسان تقديره إلا بعينين اثنتين وللتأكد من ذلك يمكن القيام بالتجربة التالية:

- حاول إعادة غطاء القلم إليه باستخدام عين واحدة وبسرعة، ثم كرر ذلك باستخدام كلا العينين، ستلاحظ أنه في المرة الأولى لا تتم العملية بسهولة بل يحتاج ذلك للتركيز بعكس المرة الثانية عند استخدام كلا العينين فان العملية تتم بسهولة، وهذا يدل على أنه بعين واحدة لا يتم تقدير البعد الثالث الذي يحدد بعد القلم وغطاءه عن العين بحيث نجعلهم على مسافة متساوية من العين.

كيف يستطيع الإنسان بعين واحدة تقدير قرب الأشياء وبعدها عنه وعن بعضها البعض؟

يمكن للإنسان تقدير قرب الأشياء وبعدها عن بعضها البعض وعنه بعين واحدة من خلال العوامل التالية:

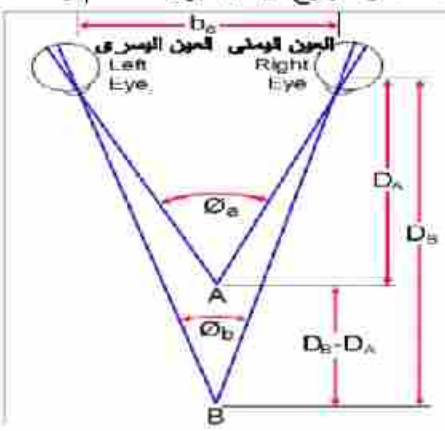
١) الموقع النسبي للأشياء بالنسبة للموقع العام.
٢) الحجم النسبي للأشياء.
٣) زاوية سقوط الضوء على الأجسام.
٤) الظلال.

كيف يمكن الإحساس بالرؤية المجسمة باستخدام العينين؟

عندما ينظر الإنسان بعينيه الاثنتين لأي جسم فإنه نظرا لاختلاف موضع العينين في الفراغ، فإن هذا الجسم تسقط له صورة على شبكية العين اليسرى و صورة أخرى مختلفة قليلا تسقط على شبكية العين اليمنى و عند وصول هاتان الصورتان إلى المخ يتم دمجهم بصورة مجسمة واحدة، و يميز أبعاده الثلاثة ويحصل على شكله الحقيقي في الفراغ.

كيف يمكن لمركز الإبصار في المخ تقدير بعد الأشياء وقربها عن عيني الناظر وعن بعضها البعض؟

الشكل٣ -١، يوضح المبدأ الذي يستطيع المخ من خلاله تقدير البعد الثالث والذي بواسطته يستطيع الإنسان آدراك قرب الأشياء وبعدها عنه وعن بعضها البعض. فعندما تنظر العينان إلى أي هدف فإن خطي النظر يصنعان زاوية تسمى الزاوية البارالكتيكية، ويقيس المخ الزاوية عن طريق تقديره لحركة العين عندما تدور بزاوية معينة لترى الهدف، وتختلف قيمة هذه الزاوية على حسب بعد الهدف وقربه فتكون الزاوية للهدف الهدف A الأقرب أكبر من الزاوية عند الهدفB، وهذا الفرق في الزاوية يحوله المخ إلى فرق في المسافة يستطيع من خلاله تحديد قرب الأجسام وبعدها عنه وعن بعضها البعض. وتعرف المسافة بين عيني الإنسان بالقاعدة العينية(be) و تتراوح قيمتها بين ٦٣ ملم و ٧٠ ملم.



شكل ٣ -١: مبدأ الرؤية المجسمة

ما هو المدى الذي يستطيع الإنسان فيه تقدير البعد الثالث بالاعتماد على الزاوية البارالكتيكية؟

لكي يستطيع المخ تقدير الزاوية البارالكتيكية يجب أن لا تزيد عن قيمتها عن (١٦)درجة تقريبا ولا تقل عن (٢٠) ثانية، وبناءاً على هذا المدى يمكن حساب أقل مسافة وأبعد مسافة يمكن للإنسان تقدير العمق باستخدام العينين خلالها، ويختلف هذا المدى باختلاف القاعدة العينية للشخص ولكنه يتراوح في المتوسط بين ٢٥سم و٧٠٠سم، و الإنسان خارج نطاق هذا المدى لا يدرك قرب الأشياء وبعدها عنه وعن بعضها البعض إلا من خلال الأحجام النسبية والمواقع النسبية وزاوية سقوط الضوء والظلال.

٣ -٢ الرؤية المجسمة من الصور الجوية

يمكن تطبيق المبدأ السابق للرؤية المجسمة لدى الإنسان بأن تستبدل الصورة التي تلتقطها كل عين بصورة ملتقطة من آلتي تصوير من موقعين متشابهتين هندسيا مع موضع العينين، وبذلك تكون الصورتين مختلفتين قليلا. وعند رؤية الصورة اليمنى بالعين اليمنى فقط والصورة الشمال بالعين الشمال فقط يتكون نموذج ضوئي مجسم للمنطقة المتداخلة بين الصورتين.

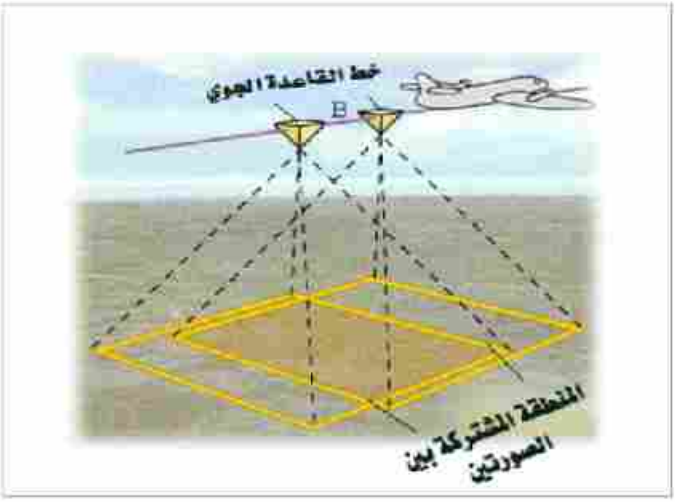
٣ -٢ -١ شروط الحصول على الرؤية المجسمة من الصور الجوية

لكي نستطيع أن نرى منطقة مشتركة بين صورتين جويتين، الشكل٣ -٢، بشكل مجسم واضح ومريح للعين، يجب أن تنطبق على الصورتين الشروط التالية:

١) أن يكون للصورتين نفس المستوى الرأسي تقريبا

٢) أن تكون الصورتين لهما نفس المقياس تقريبا

٣) أن تكون النسبة بين خط القاعدة الجوي (المسافة بين محطتي التقاط الصورتين) إلى ارتفاع الطيران ضمن المجال (٠٢ ٠ -٢).



شكل ٣ -٢:اسلوب التقاط الصور الجوية

تدريب عملي (٣ -١) ص (٨٧)

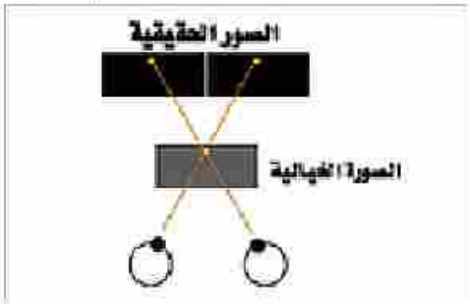
٣ -٢ -٣ طرق الإبصار المجسم من الصور الجوية

لكي تستطيع كل عين رؤية الصورة الخاصة بها يمكن إتباع الطرق الرئيسة التالية:

١) تقاطع محاور العين ٢) تقابل محاور العين ٣) توازي محاور العين

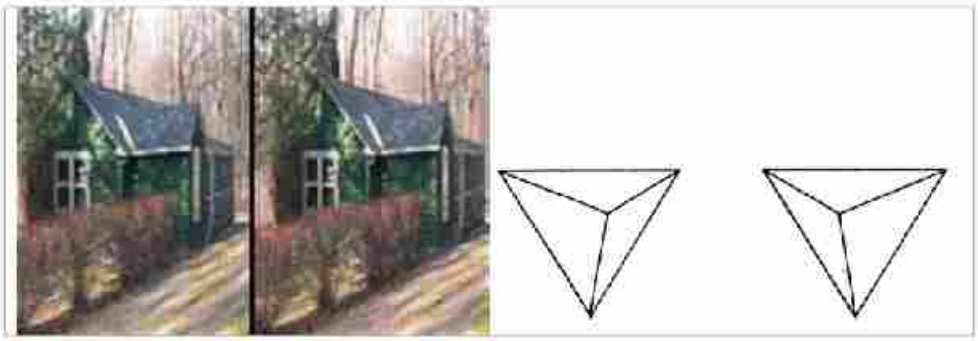
١) طريقة تقاطع محاور العين

تحدث هذه الطريقة، الشكل٣ -٣، عندما ننظر للصورة اليمنى بالعين اليسرى والصورة اليسرى بالعين اليمنى فيتكون من تقاطع الأشعة منظر مجسم على مسافة أقرب من مسافة الصورتين، وهذه الطريقة صعبة وغير عملية. يمكن تطبيق هذه الطريقة باستخدام الشكل٣ -٤.



شكل ٣ -٣: مبدأ الرؤية المجسمة

بطريقة تقاطع محاور العين

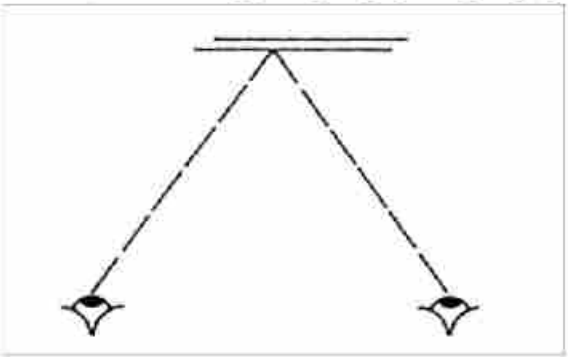


انظر بالعين اليمنى إلي الصورة اليسرى وبالعين اليسرى إلى الصورة اليمنى، سوف يتكون منظر ضوئي ذو ثلاث أبعاد بين الصورتين وأقرب من الصورتين للعين

شكل ٣ -٤: نموذج للرؤية المجسمة بطريقة تقاطع محاور العين

٢) طريقة تلاقي محاور العين

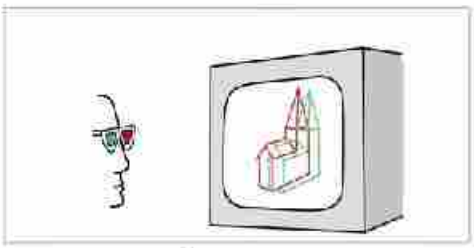
في هذه الطريقة، الشكل ٥ -٣، تطبع الصورتين أو تسقط أو تعرض على شاشة الحاسب في نفس الموضع، ولعمل هذه الطريقة بحيث ترى كل عين الصورة الخاصة بها فقط فان هناك عدة طرق يعتمد أكثرها على خصائص الضوء والألوان، ومن أبرز الطرق المستخدمة في المساحة التصويرية الطرق التالية:



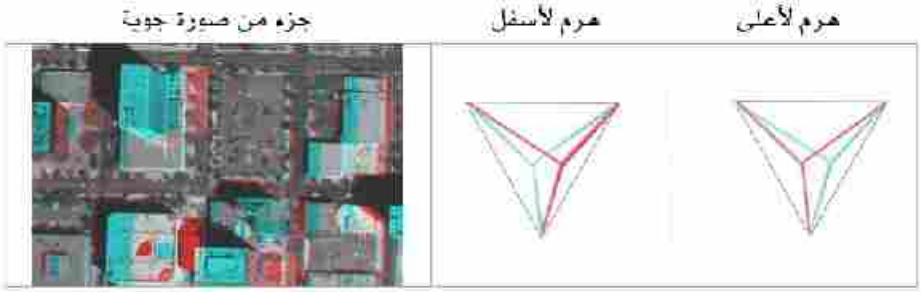
شكل ٣ -٥: مبدأ طريقة تقابل خطي النظر

٦) الألوان المتكاملة (الانجليف)

في هذه الطريقة تطبع أو تسقط أو تعرض الصورتين بلونين متكاملين، الشكل٣ -٦، واللونين المتكاملين هما اللذان يعطيان في مجموعهم اللون الأسود المتعادل مثل الأحمر والأزرق أو الأخضر والأحمر فلو طبعت الصورة اليمنى بلون أحمر والصورة اليسرى باللون الأزرق في موضع واحد يمكن مشاهدة صورة مجسمة من الصورتين باستخدام نظارة زرقاء للعين المقابلة للصورة اليمنى و حمراء للعين المقابلة للصورة اليسرى، حيث أن كل نظارة تمتص اللون المماثل لها فلا يرى من خلالها واللون الآخر يرى بلون أسود متعادل وبذلك يتحقق شرط أن كل عين لا ترى إلا الصورة الخاصة بها وبذلك تتكون صورة خيالية مجسمة، الشكل٣ -٧.



شكل ٣ -٦: طريقة الألوان المتكاملة

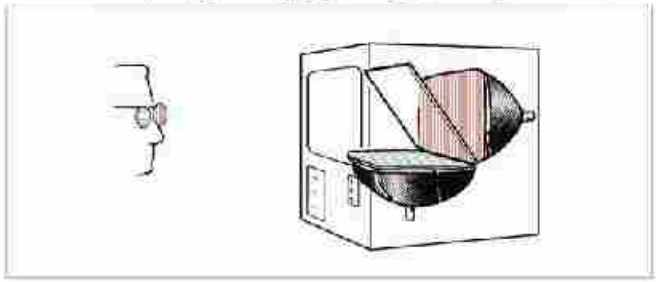


يمكن مشاهدة صورة مجسمة من هذه النماذج باستخدام نظارة حمراء للعين اليسرى وزرقاء للعين اليمنى أو استخدام ورق شفاف(سنتسل) ملون بنفس مبدأ النظارة

شكل ٣ -٧: أمثلة على صور مطبوعة بمبدأ الألوان المتكاملة

ب) استقطاب الضوء

في هذه الطريقة تعرض الصورتين في موضع واحد باستقطابين مختلفين أحدهم عمودي والآخر أفقي وباستخدام نظارة باستقطاب معاكس للصور يمكن رؤية الصورة مجسمة، الشكل٣ -٨.



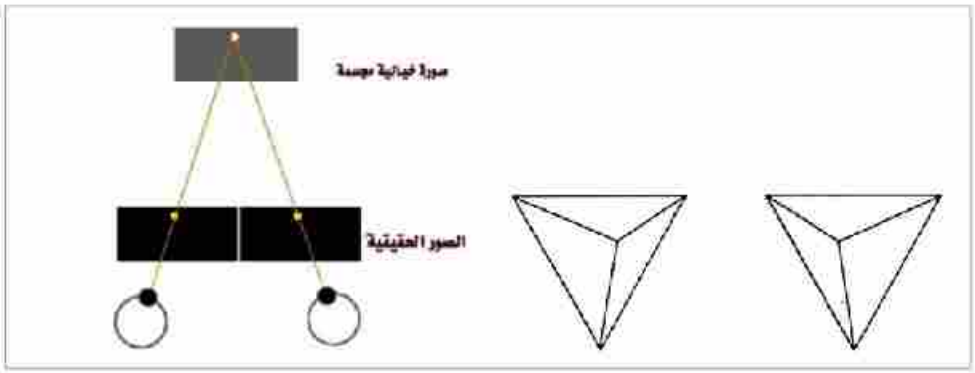
شكل ٣ -٨: الرؤية المجسمة بمبدأ استقطاب الضوء

ج) الرؤية التبادلية

في هذه الطريقة يتم عرض الصورتين بتبادل زمني سريع جداً وباستخدام نظارة تتم الرؤية بها بطريقة تبادلية سريعة بحيث تتوافق زمنيا النظارة اليمنى مع الصورة اليمنى، والنظارة اليسرى مع الصورة اليسرى.

٢) طريقة توازي محاور العين

في هذه الطريقة، الشكل٣ -٩، توضع الصورتين على مسافة الإبصار الواضح (٢٥سم)، وبالنظر إليهم على أساس أنهم جسم في اللانهاية يتوازى محوري العين فترى كل عين الصورة الخاصة بها فتتكون صورة مجسمة موقعها أبعد من الصورتين عن عين المشاهد.



شكل ٣ -٩: الرؤية المجسمة بطريقة محاور العين

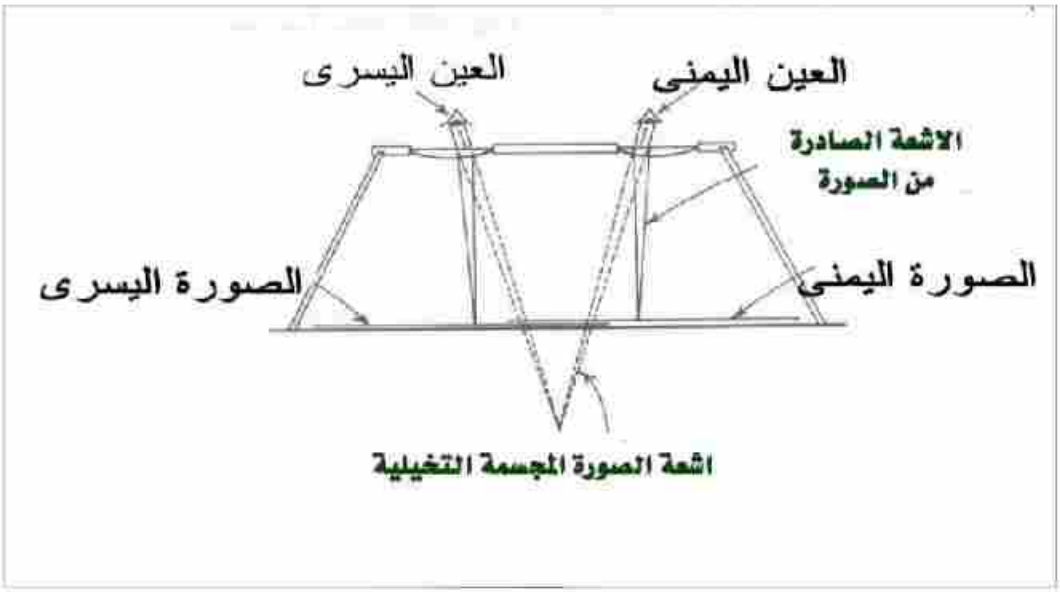
تدريب عملي (٣ -٢)

٣ -٣ أجهزة الإبصار المجسم

للاستفادة العملية من الصور الجوية والحصول على الرؤية المجسمة أُخترعت تقنيات كثيرة وأجهزة تعمل اعتمادا على إحدى هاتين الطريقتين. إما تلاقي محوري النظر باستخدام الألوان المتكاملة، والضوء المستقطب، والرؤية التبادلية وكان ذلك من خلال أجهزة الإسقاط الضوئي وشاشات العرض الإلكترونية، أو اعتمادا على طريقة توازي محوري النظر عن طريق استخدام البصريات الضوئية مثل المرايا والعدسات والمواشير لتنقل الصورة إلى العين الخاصة بها دون أن تتأثر بها العين الأخرى وتسمى هذه الأجهزة بالاستريوسكوب، وهي موضوع الدراسة في هذه الوحدة إن شاء الله.

٣ -٣ -١ الإستريوسكوب

فكرة عمل الإستريوسكوب تعتمد على نقل كل صورة إلى العين الخاصة بها عن طريق استخدام عدسات محدبة توضع الصورة في بؤرتها وبذلك تكون الأشعة الصادرة من الصورة متوازية فترى كل عين الصورة الخاصة بها، الشكل٣ -١٠.



شكل ٣ -١٠: فكرة عمل الإستريوسكوب

٣ -٣ -٣ أنواع أجهز الإستريوسكوب

يتم تصنيف أجهزة الإستريوسكوب بناءً على مقاس الصور التي يمكن استخدامها معه إلى:

١) إستريوسكوب جيبي (للصور الصغيرة) ٢) إستريوسكوب للصور الكبيرة

١) جهاز الإستريوسكوب الجيبى

وهو صغير الحجم لدرجة أنه يمكن أن يطوى ويوضع بالجيب ويوجد منه تصميمان:

أ) إستريوسكوب جيبي ذو عدسات

وهو تطبيق مباشر لفكرة الإستريوسكوب، الشكل٣ -١١، حيث يتكون من عدستين صغيرتين محدبتين مثبتتين في إطار معدني على مسافة تساوي متوسط قاعدة الإبصار عند الإنسان.

شكل ٣ -١١: الإستريوسكوب الجيبي ذو العدسات

ب) إستريوسكوب جيبي ذو عدسات ومرايا

يعمل بنفس مبدأ الإستريوسكوب ذي العدسات إلا أن الصورة تنتقل عن طريق مجموعة من المرايا ، الشكل٣ -١٢ ، والهدف من ذلك زيادة مقاس الصور التي يمكن العمل بها باستخدامه.

شكل ٣ -١٢: الإستريوسكوب الجيبي ذو العدسات والمرايا

عيوب الإستريو سكوب الجيبي

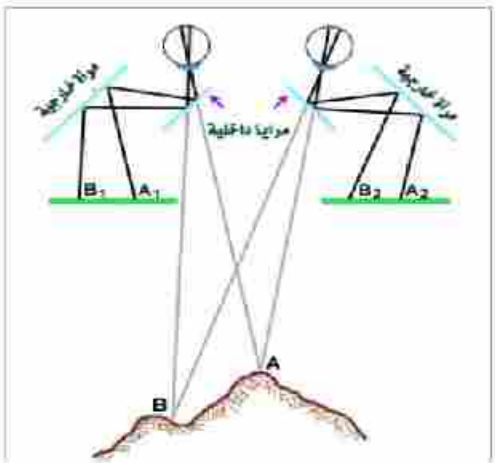
- لا يصلح للصور الجوية الكبيرة الشائعة لأن المسافة بين النقاط المتناظرة في هذا الجهاز أقل من المسافة بين النقاط المتناظرة على الصورة. (مسافة الاندماج الإستريوسكوبي)
- قوة التكبير لعدساته محدودة لا تتجاوز٢.٥ مرة.

٢) استريو سكوب للصور الكبيرة

في هذا النوع يمكن العمل مع الصور الكبيرة عن طريق استخدام مجموعة من المرايا أو المواشير لتحويل المسافة بين النقاط المتناظرة للصور الكبيرة إلى ما يناسب القاعدة العينية للمشاهد ، الشكل٣ -١٣ ، وتم أيضا إضافة عدسات مكبرة. ويوجد من هذا النوع عدة أشكال أهمها:

أ) الاستريوسكوب ذو المرايا

ب) الاستريوسكوب الزووم



شكل ٣ -١٣: استخدام المرايا لتحويل المسافة بين النقاط المتناظرة على الصور لتناسب القاعدة العينية

أ) الإستريوسكوب ذو المرايا Mirror Stereoscope

وصف عام للجهاز

في هذا الجهاز تم استخدام سطوح عاكسة من المرايا أو المواشير لزيادة المسافة بين الصورتين عند تثبيتهما تحت الجهاز مما يسمح لنا بزيادة مجال الرؤية فنرى مساحة أكبر من منطقة التداخل بين الصورتين والتي سنراها مجسمة باستخدام هذا الجهاز و أيضا مكبرة بنسبة ٣.٥ مرة.

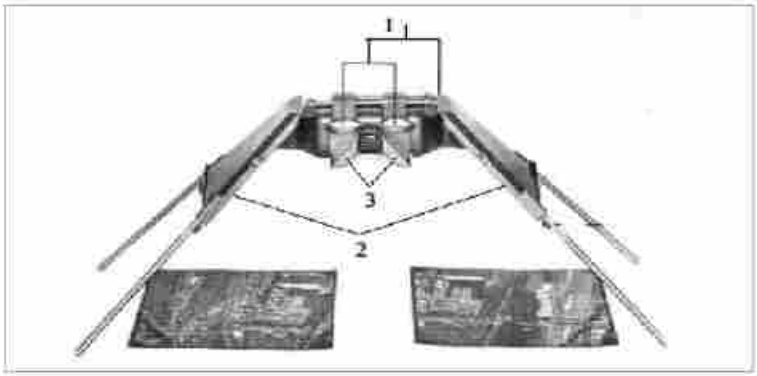
الأجزاء الرئيسية في الاستريوسكوب ذي المرايا

يتكون الاستريوسكوب ذو المرايا، الشكل٣ -١٤، من الأجزاء الرئيسة التالية:

١) عدستان محدبتان مكبرتان بينهما مسافة يمكن تغييرها لتلائم القاعدة العينية لمستخدم الجهاز.

٢) مرآتان خارجيتان كبيرتان مثبتتان في هيكل الجهاز.

٣) مرآتان صغيرتان داخليتان وأحيانا يستبدلان بموشورين.



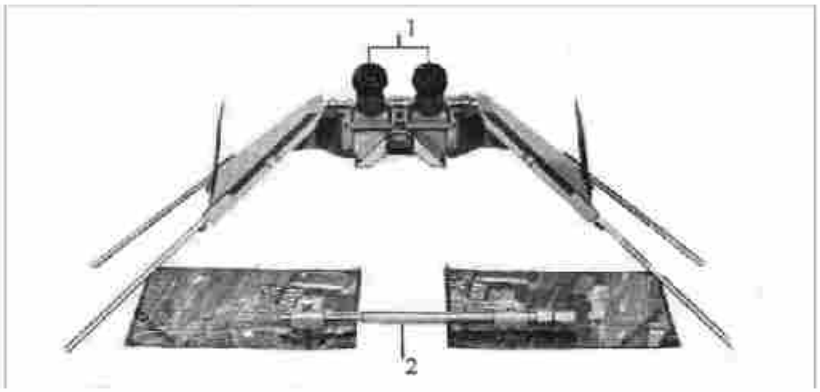
شكل ٣ -١٤: الأجزاء الرئيسة في الاستريوسكوب ذي المرايا

الملحقات الإضافية في الاستريوسكوب ذي المرايا

تضاف للاستريوسكوب بعض الملحقات لزيادة كفاءته وأيضا لزيادة مدى استخدامه، الشكل ٣ -١٥، وهي:

١) منظار ذو عدستين للتكبير بنسبة تصل إلى ٨ مرات.

٢) الإستريومتر و هو ما يعرف بذراع البارالكس و يستخدم في أخذ القياسات من على الصور، وسوف يتم شرحه لاحقا إن شاء الله تعالى.



شكل ٣ -١٥: الاستريوسكوب ذوالمرايا مع ملحقاته

تدريب عملي (٣ -٣)

ب) الاستريوسكوب الزووم

يعتبر الاستريوسكوب الزووم، الشكل٣ -١٦، مرحلة أكثر تقدما من الاستريوسكوب ذي المرايا أو ذي المواشير، ويختلف هذا الجهاز عن الاستريوسكوب ذي المرايا بشكل واضح في أن فحص الصور في الاستريوسكوب ذي المرايا يتم بتحريك الاستريو سكوب كاملا، أما في الاستريوسكوب الزووم فإن الجهاز مزود بمنضدة توضع عليها الصور و تتحرك في الاتجاهين x وy، كما يوجد حامل لذراع البارلاكس

شكل ٣ -١٦: الاستريوسكوب الزووم

يمكن باستخدام هذا الجهاز التكبير إلى ١٥،٥ مرة، وكذلك يمكن تركيب وحدة رؤية إضافية وتوجد في هذا الجهاز إمكانية رسم خرائط تقريبية بطريقة التتبع، الشكل٣ -١٧، وفي الوقت الحالي

توجد أنواع من هذه الأجهزة مزودة بحاسب آلي، الشكل٣ -١٨ ، يمكن من خلاله رسم الخرائط التقريبية.

شكل ٣ -١٧: الاستريوسكوب الزووم بالملحقات

شكل ٣ -١٨: الاستريوسكوب الزووم الحديث

تدريب عملي (٣ -٤) ص (٩٠)

٣ -٤ الرؤية المجسمة باستخدام الاستريوسكوب

للحصول على منظر مجسم يمكن الحصول منه على قياسات دقيقة يجب أن تنطبق على الصورتين الشروط الواردة في الموضوع(٣ -٣ -١) بالإضافة إلى تصحيح الصور من خطأ الميل والعدسة والفلم والتقوس الأرضي، و يمكن الحصول على قياسات أقل دقة تفي ببعض الأغراض من صور قريبة من الرأسية(Tilted Photograph) لم يتم تصحيحها بشكل كامل.

٣ -٤ -١ خطوات توجيه الصور للحصول على الرؤية المجسمة باستخدام الاستريوسكوب.

١) من أرقام الصورتين نحدد الصورة اليسرى والصورة اليمنى باعتبار الصورة ذات الرقم الأقل هي الصورة اليسرى.

٢) تحديد اتجاه الصورتين من الشكل العام للمنطقة بحيث تكون منطقة التداخل في الجهة المتقابلة بين الصورتين وكذلك يمكن تحديد الوضع الصحيح للصور من خلال ملاحظة المنطقة الموجود فيها مركز الصورة اليسرى في الصورة اليمنى والعكس، ووضع الصور بحيث تكون المراكز وصورها على استقامة واحدة كما سنلاحظ في الخطوات القادمة.

٣) تحديد مركزي الصورتين(N2,N1) من خلال التوصيل بين علامات إطار الصورة الجانبية أو الزاوية، ثم تحديد المكان التقريبي لمركز كل صورة على الصورة الأخرى (N2',N1) بدائرة صغيرة، مع ملاحظة أن الوضع يكون عندما تكون الدائرتان والتقاطُعان على خط واحد، الشكل٣ -١٩.

شكل ٣ -١٩: تحديد المراكز والمكان التقريبي للمراكز واتجاه الصور

٥) وضع الصورتين تحت جهاز الاستريوسكوب والنظر من خلال جهاز الاستريوسكوب بتثبيت الصورة اليسرى وتحريك الصورة اليمنى بحيث نرى مركز الصورة اليسرى في الدائرة الموجودة في الصورة اليمنى ونستمر بالتحريك بحيث لا يخرج المركز من الدائرة حتى نرى أوضح منظر مجسم للمنطقة المجاورة وعندها نحدد المكان الدقيق للتقاطع داخل الدائرة، ونكرر العمل مع التقاطع في الصورة اليمنى والدائرة في الصورة اليسرى، الشكل٣ -٢٠.

شكل ٣ -٢٠: تحديد المكان الدقيق لصور المراكز

٦) قياس متوسط خط القاعدة الجوي بمقياس الصورة (B_m)

نحتاج في بعض الحسابات قيمة خط القاعدة الجوي بين الصورتين بمقياس الصورة حيث إنه يعادل متوسط المسافة بين مركز الصورة اليسرى وصورة مركز الصورة اليمنى على الصورة اليسرى($N1N2'$) والمسافة بين مركز الصورة اليمنى وصورة مركز الصورة اليسرى على الصورة اليمنى($N2N1'$).

$$B_M = \frac{N1N2' + N2N1'}{2} \qquad ٣-١$$

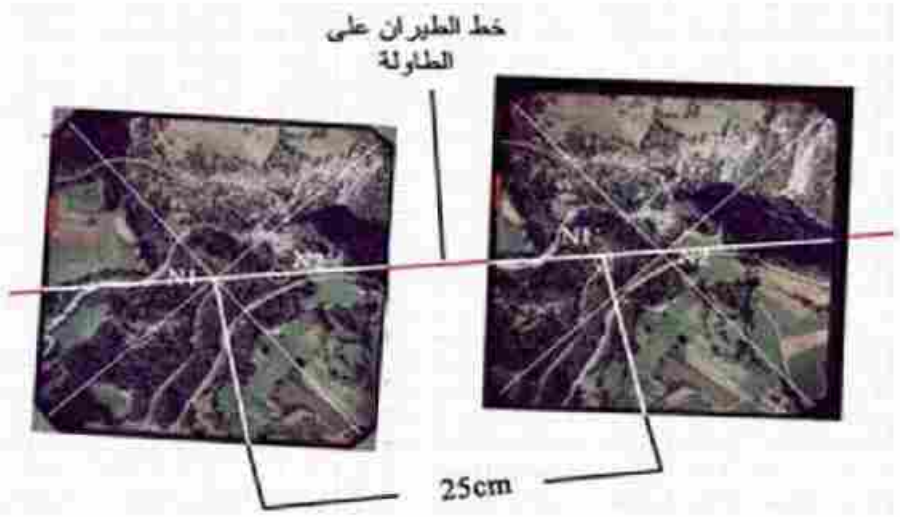
B_M : متوسط طول خط القاعدة الجوي على الصورتين

$N1N2'$: المسافة بين مركز الصورة اليسرى وصورة مركز الصورة اليمنى على الصورة اليسرى

$N2N1'$: المسافة بين مركز الصورة اليمنى وصورة مركز الصورة اليسرى على الصورة اليمنى

٧) رسم خط الطيران لكل صورة على حدة بحيث يمر بمركز الصورة وصورة مركز الصورة الأخرى والمتمثل بالنقطة التي تم تحديدها داخل الدائرة.

٨) تثبيت الصورة اليسرى بحيث ينطبق خط الطيران فيها على خط مستقيم يُرسم على طاولة العمل ووضع الجهاز بحيث يكون محور الجهاز متوازي مع الخط المرسوم على الطاولة ويمكن التحقق من ذلك عند الرؤية بجهاز الاستريوسكوب بأن لا نرى إلا خطاً واحداً فقط، ثم تحريك الصورة اليمنى مع بقاء خط الطيران المرسوم عليها منطبقاً مع خط الطيران المرسوم على الطاولة ونستمر حتى نرى أوضح منظر مجسم وعندها يتم تثبيت الصورتين والعمل عليها، الشكل٣ -٢١.



شكل ٣ -٢١: تثبيت الصورتين تحت الجهاز

ملحوظة: تعتمد القيمة المتوسطة للمسافة بين النقاط المتناظرة على الصورتين والتي تندمج فيها الصورتان عند النظر من خلال الاستريوسكوب في صورة واحدة على مسافة الاندماج الاستريوسكوبي للجهاز والتي هي غالبا ٢٥ سم تقريبا في جهاز الاستريوسكوب ذي المرايا

تدريب عملي (٣ -٥)

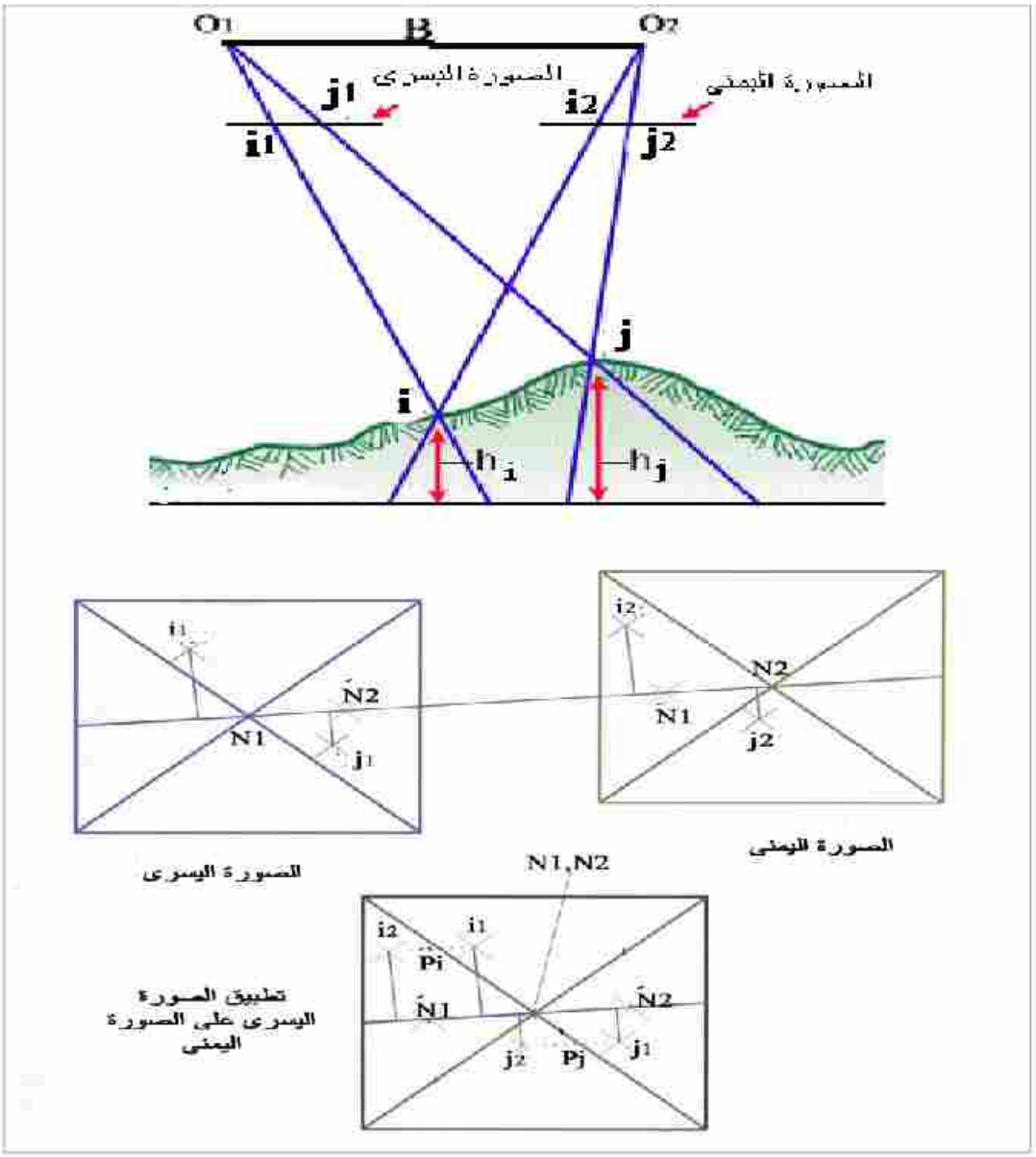
٣ -٤ -٣ الرؤية المجسمة المعكوسة

تحدث الرؤية المجسمة المعكوسة عندما يتم توجيه الصور بشكل عكسي بحيث تُوضع الصورة اليمنى مقابل العين اليسرى والصورة اليسرى مقابل العين اليمنى، والمنظر المجسم الناتج يكون بشكل معكوس فتظهر الانخفاضات ارتفاعات والارتفاعات انخفاضات.

تدريب عملي (٣ -٦)

٣ -٥ **الابتعاد الاستريوسكوبي (الابتعاد المطلق)** Sterescopic Parallax

إذا التُقطت صورتان لمنطقة ما من محطتين مختلفتين للطائرة وبشكل متتالٍ، الشكل٣ -٢٢، حيث المسافة بين محطتي التقاط الصورتين O_1 و O_2 تسمى خط القاعدة الجوي B. لاحظ أن النقطة i على الطبيعة قد ظهرت على الصورة اليسرى في الموقع i_1 وعلى الصورة اليمنى في الموقع i_2، والنقطة j على الطبيعة قد ظهرت على الصورة اليسرى في الموقع j_1 وعلى الصورة اليمنى في الموقع j_2، ونتيجة لاختلاف موقع آلة التصوير فإنه عند تطبيق الصورتين على بعضهما بحيث تنطبق نقطة النظير في الصورة اليمنى مع النقطة نقطة النظير في الصورة اليسرى وخط الطيران في الصورة اليمنى مع خط الطيران في الصورة اليسرى، الشكل ٣ -٢٢، فإن النقطة i_1 لن تنطبق على النقطة i_2 والمسافة بينهم تسمى الابتعاد الإستريوسكوبي لنقطة i ويرمز لها بالرمز P_i وهي التي تمكننا من الرؤية بشكل مجسم ويجب أن يكون الخط الواصل بين النقطتين موازياً لخط الطيران أي أن i_1 و i_2 تبعدان نفس المسافة العمودية عن خط الطيران وإذا لم يتحقق ذلك فإن الفرق بينهما يسمى الابتعاد الصادي ولا يمكن حصول الرؤية المجسمة بوجوده، ونفس الشيء يحدث بالنسبة j_1 و j_2، و تسمى المسافة بين النقطتين بالابتعاد الإستريوسكوبي لنقطة j ويرمز لها بالرمز P_j الابتعاد الإستريوسكوبي بين النقطتين باختلاف المنسوب حيث إن الابتعاد الإستريوسكوبي يتناسب طرديا مع المنسوب، والابتعاد الإستريوسكوبي هو القياس الذي نستطيع عمله على الرؤية المجسمة باستخدام الاستريوسكوب ومن خلاله نستطيع حساب المناسيب والإحداثيات الأفقية للنقاط.



شكل ٢ -٣٢: مفهوم الابتعاد الاستريوسكوبي

٣ -٥ -١ فرق الابتعاد الاستريوسكوبي

الفرق بين قيمتي الابتعاد الاستريوسكوبي لأي نقطتين يسمى فرق الابتعاد الاستريوسكوبي ويدل على وجود فرق في المنسوب بين النقطتين. ويمكن حساب فرق الابتعاد الاستريوسكوبي من العلاقة التالية:

$$\Delta P_{ij} = P_i - P_j \qquad ٣-٢$$

ΔP_{ij} : فرق الابتعاد الاستريوسكوبي بين نقطتي i، j

P_i : الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة i

P_j : الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة j

ملاحظة: الابتعاد الاستريوسكوبي يتناسب طرديا مع منسوب النقطة

مثال ٣ -١

قيسَ الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة A فكان ٥٩.٢٣ ملم، وقيسَ الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة B فكان ٥٤.٢٤ ملم، والمطلوب:

تحديد النقطة ذات المنسوب الأعلى، وحساب قيمة فرق الابتعاد الاستريوسكوبي بين النقطتين.

الحل

منسوب النقطة A أكبر من منسوب النقطة B لأن الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطةA أكبر من الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة B.

$$\Delta P_{AB} = P_A - P_B = 59.23 - 54.24 = 4.99 \text{ mm}$$

طرق الحصول على قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي

يوجد عدة طرق يمكن بواسطتها الحصول على قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي وهي:

١) حساب الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة بمعرفة إحداثياتها على الصورة.

في هذه الطريقة يتم قياس الإحداثي السيني لنفس الهدف على الصورتين بدقة عالية بشرط أن يكون نظام الإحداثيات على الصورة تبعا لخط الطيران ثم التعويض في العلاقة التالية:

$$Pi = X_{P\,i1} - X_{P\,i2} \qquad ٣-٣$$

Pi	:	الإبتعاد الاستريوسكوبي لنقطة i
X_{Pi1}	:	الإحداثي السيني لنقطة i على الصورة اليسرى
X_{Pi2}	:	الإحداثي السيني لنقطة i على الصورة اليمنى

مثال ٣ -٢

عند قياس الإحداثي السيني للهدف A على الصورة الشمال وجد أنه يساوي -٧.٢ ملم، وعند قياسه على الصورة اليمنى وجد أنه يساوي -٧٩.٦ ملم. احسب قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي للهدف A.

الحل:

$$P_A = X_{P\,A1} - X_{P\,A2} = (\ -7.2\ ) - (\ -79.6\ ) = 72.4\ \ mm$$

تدريب عملي (٣ -٧) ص (٩٣)

٢) حساب قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي لهدف بمعرفة منسوبه.

يمكن حساب قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي إذا كانت الصور رأسية تماما و ارتفاع الطيران ثابت لأي هدف إذا عُلم منسوبه باستخدام العلاقة التالية:

$$P_i = \frac{F \times B}{H - h_i} \qquad ٤-٣$$

P_i	:	الإبتعاد المطلق لنقطة i
F	:	البعد البؤري
B	:	خط القاعدة الجوي
H	:	ارتفاع الطيران فوق سطح المقارنة
h_i	:	منسوب النقطة i

مثال ٣ -٣

أحسب قيمة الابتعاد المطلق للهدف A إذا علمت أن ارتفاع الطيران عن سطح المقارنة كان١٧٠٠m، وكان خط القاعدة الجوي٧٥٠ م، و قيمة البعد البؤري لآلة التصوير ١٥٠ملم، و منسوب الهدف A ٢٢٠ م فوق سطح المقارنة.

الحل:

$$P_A = \frac{F \times B}{H - h_A} = \frac{150 \times 750}{1700 - 220} = 76.01 \quad mm$$

٢) حساب الابتعاد المطلق لنقطة بمعرفة الابتعاد الاستريوسكوبي للنقطة وفرق الابتعاد بين النقطتين.

يمكن حساب الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة بمعرفة الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة أخرى وفرق الابتعاد بين النقطتين من العلاقة التالية:

$$P_i = P_j + \Delta P_{ij} \qquad ٥-٣$$

ΔP_{ij} : فرق الابتعاد الاستريوسكوبي بين النقطتين i و j

P_i : الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة i

P_j : الابتعاد الاستريوسكوبي لنقطة j

مثال٣ -٤

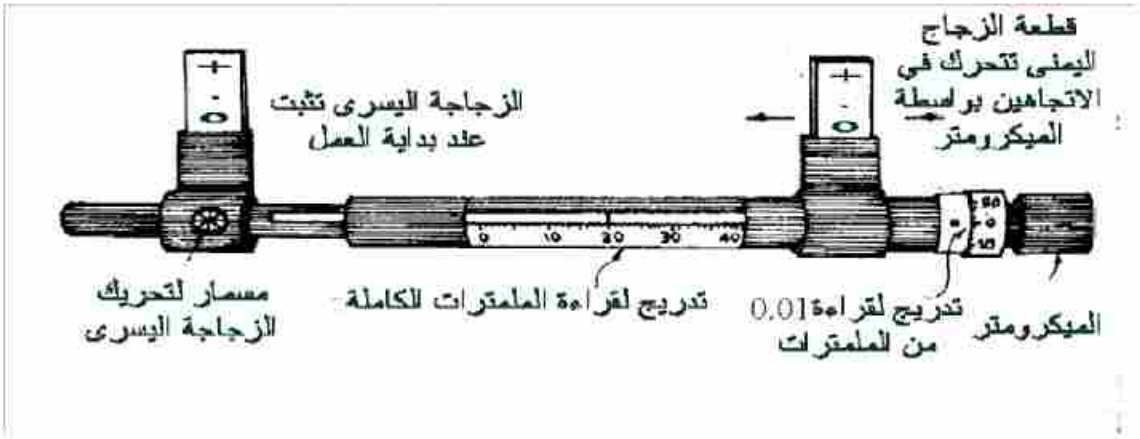
احسب قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي للهدف B إذا علمت أن الابتعاد الاستريوسكوبي للهدف A كان ٧٢.٣٥ ملم، و فرق الابتعاد بين النقطة B والنقطة A كان -٣.٥٥ ملم.

الحل

$$P_B = P_A + \Delta P_{BA} = 72.35 + (-3.55) = 68.8 \quad mm$$

٤) باستخدام ذراع البارلاكس (الإستريومتر)

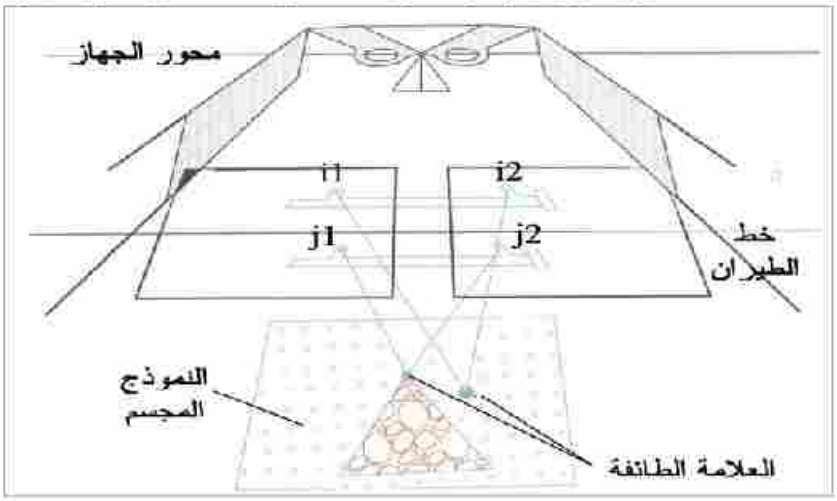
ذراع البارلاكس، الشكل٣ -٣٣ ، عبارة عن أداة نستطيع من خلالها الحصول على فرق الابتعاد بين نقطتين، ونستطيع حساب قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي لإحد النقطتين بمعرفة الابتعاد الاستريوسكوبي للنقطة الأخرى بهذه الطريقة وبوجود نقطة معلومة الابتعاد الاستريوسكوبي يمكن حساب الابتعاد الاستريوسكوبي لأي نقطة على الصورة، أي أن العملية تماثل بشكل كبير فكرة الميزانية الأرضية.



شكل ٢ -٢٣: جهاز الاستريومتر(ذراع البارلاكس)

فكرة عمل الجهاز

يعمل هذا الجهاز بمبدأ العلامة الطائفة، الشكل٢ -٢٤، حيث إنه يتألف من قضيب مثبت على طرفيه زجاجتين مرسوم عليها ثلاث علامات، وصمم هذا القضيب بحيث إن الزجاجة اليمنى تتحرك في الاتجاهين عن طريق ميكرومتر يقيس مقدار هذه الحركة بدقة(٠١ ٠ملم) ، مع ملاحظة أنه كلما قلت المسافة بين الزجاجتين تزيد قراءة التدريج ، وعند وضع هذا الجهاز تحت جهاز الاستريوسكوب بحيث نختار إحدى العلامات الثلاث لكلا الزجاجتين ويكون الخط الواصل بين هاتين العلامتين موازياً لمحور جهاز الاستريوسكوب فإن هاتين العلامتين تندمجان في علامة واحدة تسمى العلامة الطائفة و تتحرك رأسياً لأعلى كلما قلت المسافة بين الزجاجتين ولأسفل عندما تزيد المسافة بين الزجاجتين.



شكل ٢ -٢٤: مبدأ العلامة الطائفة

استخدام هذه الفكرة في قياس فرق الابتعاد الاستريوسكوبي بين نقطتين

في الشكل٢ -٢٤، عندما نضبط هذه العلامة المندمجة على نقطة معينة ولتكن (i) في الوضع المجسم بحيث نراها واقعة على النقطة التخيلية في الوضع المجسم، فهذا يعني أن علامة الزجاجة اليسرى واقعة على صورة هذه النقطة في الصورة اليسرى وعلامة الزجاجة اليمنى واقعة على صورة هذه النقطة في الصورة اليمنى، وعندها يتم تسجيل قراءة الإستريومتر لهذه النقطة (M_i)، ولتسجيل القراءة لنقطة أخرى ولتكن (j) يجب أن تكون علامة الزجاجة اليسرى على صورة هذه النقطة في الصورة اليسرى وعلامة الزجاجة اليمنى منطبقة على صورة هذه النقطة في الصورة اليمنى وبذلك تكون العلامة الطائفة منطبقة مع النقطة التخيلية في الوضع المجسم أي على نفس ارتفاعها ويتم تسجيل قراءة الإستريومتر لهذه النقطة(M_j)، مع ملاحظة أنه إذا كان منسوب النقطتين مختلف فإنه يجب تغيير المسافة بين الزجاجتين بتحريك الميكرومتر حتى تنطبق النقطة العائمة عند النقطة الثانية مما يؤدي إلى تغير قراءة الإستريومتر، ومقدار التغير في قراءة الإستريومتر يساوي الفرق في الابتعاد الاستريوسكوبي بين النقطتين ويحسب من العلاقة التالية:

$$\Delta P_{ij} = M_i - M_j$$

ويمكن حساب الابتعاد الاستريوسكوبي للنقطة i كما سبق في العلاقة٣-٤ بمعرفة الابتعاد الاستريوسكوبي للنقطة j

$$P_i = P_j + \Delta P_{ij}$$

٢-٦

ΔP_{ij} : فرق الابتعاد الاستريوسكوبي بين نقطتي i و j

M_i : قراءة الاستريومتر لنقطة i

M_j : قراءة الاستريومتر لنقطة j

ملحوظة: الابتعاد الاستريوسكوبي يتناسب طرديا مع قراءة الاستريومتر

مثال٣ -٥

احسب قيمة الابتعاد الاستريوسكوبي للهدف A إذا علمت أن الابتعاد الاستريوسكوبي للهدف B كان ٧٢.١ ملم، وسُجلت قراءة الإستريومتر عند الهدف A فكانت ٨.٧٥ ملم وقراءة الإستريومتر عند الهدف B كانت ١٢.٣ ملم.

الحل

$$\Delta P_{AB} = M_A - M_B = 8.75 - 12.3 = -3.55\ mm$$

$$P_A = P_B + \Delta P_{AB} = 72.1 + (-3.55) = 68.55\ mm$$

تدريب عملي (٨ -٣)

٦ -٣تطبيقات على الابتعاد الاستريوسكوبي

يمكن بواسطة الابتعاد الاستريوسكوبي الحصول على المعلومات التالية:

١) حساب الإحداثيات الأفقية الأرضية (x ، y) بالنسبة لنقطة النظير.

بالتطبيق في المعادلات التالية يمكن الحصول على الإحداثي السيني و الإحداثي الصادي لأي هدف في منطقة التداخل علما أن الإحداثيات المحسوبة تكون منسوبة لنظام إحداثيات أرضي نقطة الأصل له تمثل نقطة النظير الأرضية للصورة اليسرى ومحاوره تكون في نفس المستوى الرأسي لمحاور الصورة اليسرى لحظة التقاط الصورة.

$$X_{Gi} = X_{Pi} \times \frac{B}{P_i} \qquad Y_{Gi} = Y_{Pi} \times \frac{B}{P_i} \qquad ٣-٧$$

الإحداثيات الأرضية لنقطة i	:	(X_{Gi}, Y_{Gi})
الإحداثيات على الصورة اليسرى لنقطة i	:	(X_{Pi}, Y_{Pi})
خط القاعدة الجوي	:	B
الابتعاد الاستريوسكوبي للنقطة i	:	Pi

مثال ٦ -٣

احسب إحداثيات النقطة A على الأرض بالنسبة لنقطة النظير الأرضية للصورة اليسرى إذا كانت الإحداثيات لهذه النقطة على الصورة اليسرى هي (٧٢٤٠ملم، ٣٨١٠ملم)، وكان الابتعاد الاستريوسكوبي للنقطةA هو٤٨.٥ملم و قاعدة التصوير الجوى كانت٦٠٠ملم.

الحل

$$X_{GA} = X_{PA} \times \frac{B}{P_A} = 72.4 \times \frac{600}{48.5} \approx 895.67\text{m}$$

$$Y_{GA} = Y_{PA} \times \frac{B}{P_A} = 38.1 \times \frac{600}{48.5} \approx 471.34\text{m}$$

تدريب عملي (٩ -٣)

٣) حساب المناسيب للأهداف بالنسبة لسطح المقارنة.

يمكن حساب ارتفاع أي هدف عن سطح المقارنة باستخدام الابتعاد الاستريوسكوبي من العلاقة التالية:

$$h_i = H - \frac{B \times F}{P_i} \qquad ٣-٨$$

hi	:	منسوب النقطة i
H	:	ارتفاع الطيران فوق مستوى المقارنة
B	:	خط القاعدة الجوي
Pi	:	الابتعاد الاستريوسكوبي للنقطة i
F	:	البعد البؤري

مثال ٣ -٧

أُخذت صورتان جويتان رأسيتان من ارتفاع طيران ١٢٣٣م عن سطح المقارنة بآلة تصوير بعدها البؤري ١٥٢.٤ملم وكان طول قاعدة التصوير الجوي ٣٩٠م. احسب منسوب النقطة A علما أن الابتعاد الاستريوسكوبي لهذه النقطة هو ٩١.٦٧ملم

الحل

$$h_A = H - \frac{B \times F}{P_A}$$

$$= 1233 - \frac{390 \times 152.4}{91.67} \approx 584.63 \quad m$$

تمرين عملي (١٠ -٣)

٢) حساب فرق الارتفاع بين هدفين بدلالة فرق الابتعاد الاستريوسكوبي.

حيث إن فرق الابتعاد ينتج من اختلاف مناسيب الأهداف والمعالم على سطح الأرض فيمكن الاستفادة من قياسات فرق الابتعاد في حساب ارتفاع الأهداف والمعالم مثل إيجاد ارتفاع برج.

$$\Delta h = \frac{Z \times \Delta P}{B_m} \qquad ٣-٩$$

Δh	:	فرق الارتفاع بين النقطتين
Z	:	ارتفاع خط الطيران فوق سطح الأرض
B_m	:	متوسط خط القاعدة الجوي بمقياس الصورة
ΔP	:	فرق الابتعاد بين القمة والقاعدة
F	:	البعد البؤري

مثال ٣ -٨

قيسَ فرق الابتعاد بين قمة برج وقاعدته فكان ٢ملم وكان متوسط طول خط القاعدة الجوي بمقياس الصورة ١٠٠ملم وكان ارتفاع خط الطيران فوق المنسوب المتوسط ٣٦٠٠م، احسب ارتفاع البرج.

الحل

$$\Delta h = \frac{Z \times \Delta P}{B_m} = \frac{3600 \times 2}{100} = 72m$$

تمرين عملي (٣ -١١)

٤) حساب منسوب نقطة مجهولة بمعرفة منسوب نقطة أخرى وفرق الابتعاد بينهما.

في هذه الحالة سوف تستخدم نفس العلاقة مع إضافة رموز النقاط لضمان عدم عكس الحسابات الجبرية عند حساب المناسيب.

$$\Delta h_{ij} = \frac{Z \times \Delta P_{ij}}{B_m} \qquad h_i = h_j + \Delta h_{ij}$$

٣ - ١٠

Δh_{ij}	:	فرق المنسوب بين النقطتين
Z	:	ارتفاع خط الطيران فوق سطح الأرض
B_m	:	متوسط خط القاعدة الجوي بمقياس الصورة
ΔP_{ij}	:	فرق الابتعاد بين النقطة i والنقطة j
F	:	البعد البؤري
h_i	:	منسوب النقطة i
h_j	:	منسوب النقطة j

مثال ٣ -٩

قيس فرق الابتعاد بين النقطة A والنقطة B فكان ٠.٥ ملم وكان متوسط طول خط القاعدة الجوي بمقياس الصورة ٤٠ ملم وكان ارتفاع خط الطيران فوق المنسوب المتوسط ٥٠٠٠ م. احسب منسوب النقطة A إذا علمت أن منسوب النقطة B هو ٢٨٠ م.

الحل

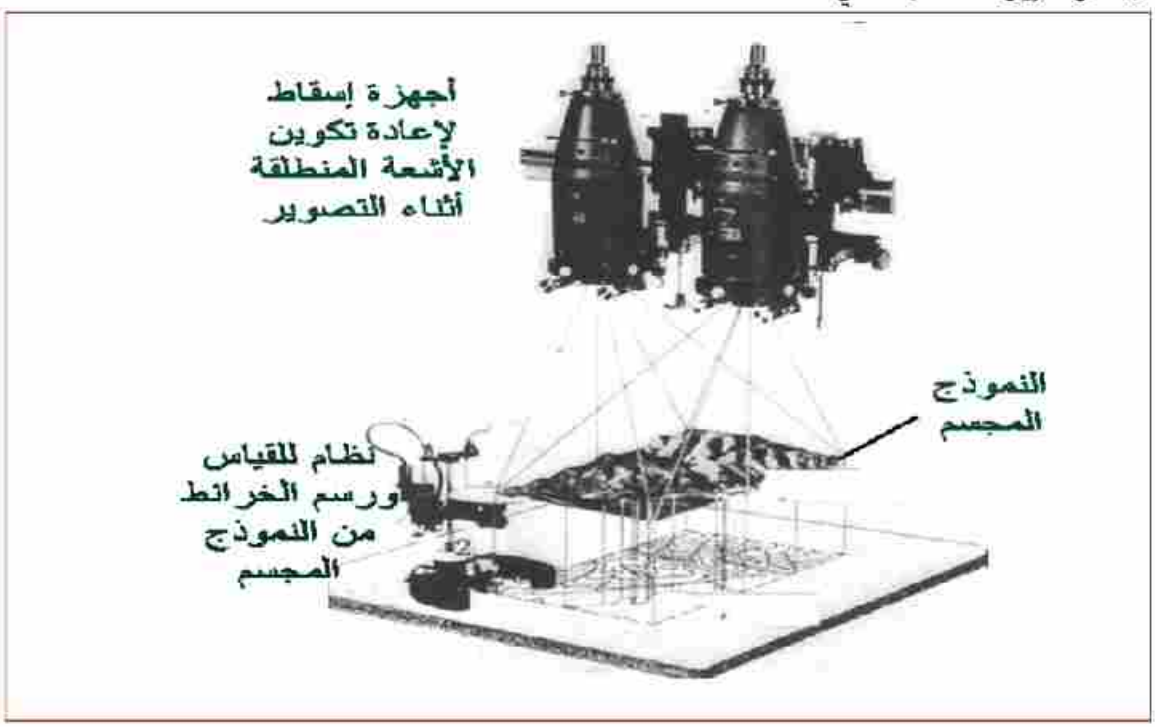
$$\Delta h_{AB} = \frac{Z \times \Delta P_{AB}}{B_m} = \frac{5000 \times 0.5}{40} = 62.5 \quad m$$

$$h_A = h_B + \Delta h_{AB} = 280 + 62.5 = 342.5 \quad m$$

تمرين عملي (٣ -١٢)

أجهزة الرسم التجسيمي Stereoplotters

عندما تحدثنا في الوحدة الثالثة عن أجهزة الإبصار المجسم كنا نعتبر أن الصور المستخدمة رأسية تماما ولذلك فإن المنظر المجسم الناتج لا يمكن الحصول منه على قياسات دقيقة بالإضافة إلى أن هذه الأجهزة لا تحتوي على نظام دقيق للتتبع لرسم المعالم من المنظر المجسم، ولذلك فإن الاستفادة تكون في الحصول على الإحداثيات والارتفاع للنقاط بواسطة قياسات الابتعاد الاستريوسكوبي والإحداثيات مما يجعل إنتاج الخرائط بهذه الطريقة مهمة صعبة وعالية التكلفة وتحتاج لوقت كبير، وهنا كانت أهمية أجهزة الرسم التجسيمية في حل هذه المشكلة في إمكانيتها تكوين نموذج مجسم بإعادة تمثيل المنطقة عن طريق إعادة تشكيل الأشعة التي كونت الصورتين بنفس الوضع أثناء التقاط الصورتين، الشكل٥ -١، كذلك تحتوي هذه الأجهزة على وسائل للقياس ورسم الخرائط، وقد مرت هذه الأجهزة بمراحل عديدة من حيث التقنيات بدأت من أجهزة ضوئية وميكانيكية ووصلت الآن مرحلة رقمية يتعامل معها عن طريق الحاسب الآلي.

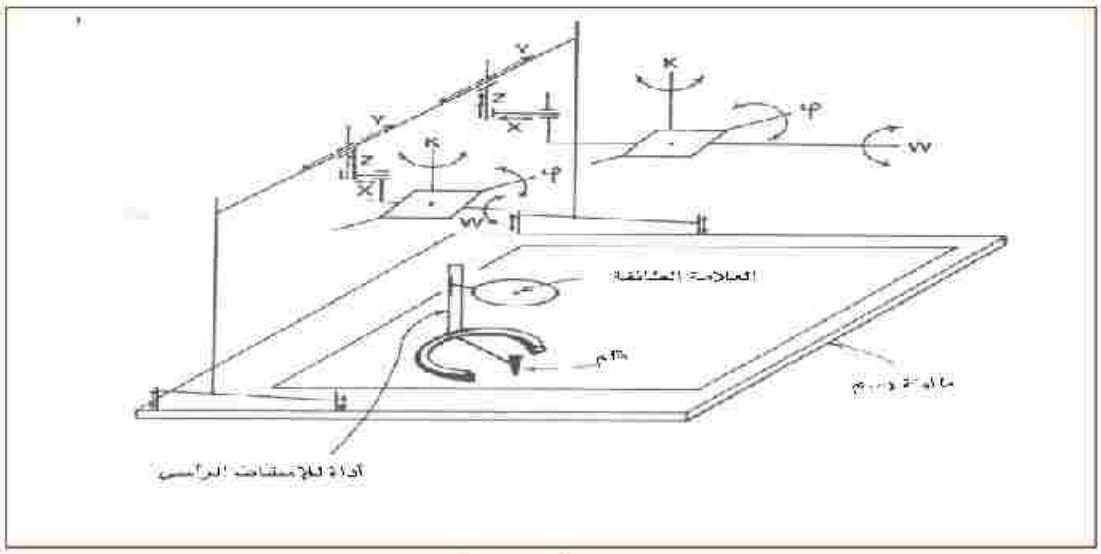


الشكل: ٥ -١ فكرة عمل أجهزة الرسم التجسيمية (نموذج للأجهزة الضوئية)

٥ -١ معلومات أساسية عن أجهزة الرسم التجسيمي

٥ -١ -١ المكونات الأساسية لأجهزة الرسم التجسيمي

للحصول على منظر مجسم حقيقي والقياس منه نحتاج لجهاز،الشكل٥ -٢، يؤدي الوظائف التالية:



الشكل: ٥ -٢ المكونات الأساسية لأي جهاز رسم تجسيمي

١) نظام لتوجيه الصورتين على نفس الوضع الذي كانت عليه أثناء التصوير.

في أي جهاز رسم تجسيمي لا بد من وجود نظام ميكانيكي أو إلكتروني أو شبه إلكتروني يعمل على التحريك والتوجية للصورتين بحيث يتطابق الوضع النسبي فيما بينهما مع الوضع النسبي لعدسة التصوير لحظة التقاط الصورتين ويكون ذلك بتحقيق ست حركات لكل صورة. هذه الحركات الست عبارة عن ثلاث حركات دورانية(κ , φ , ω) وثلاث حركات إنتقالية (bx , by , bz).

٢) نظام للرؤية

يمكن من خلال هذا النظام الرؤية المجسمة من الصورتين بعد مرحلة التوجيه. وتستخدم أجهزة الرسم التجسيمي إحدى الطرق التي سبق الحديث عنها في الوحدة الثالثة (٢ -٣ -٣).

٣) نظام للإسقاط الرأسي(العلامة العائمة).

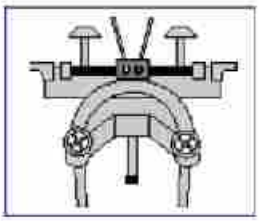
يعتمد هذا النظام على نوع نظام الرؤية فيمكن أن يكون ميكانيكياً أو إلكترونياً.

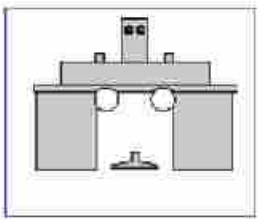
٤) نظام للقياس والرسم بالتتبع.

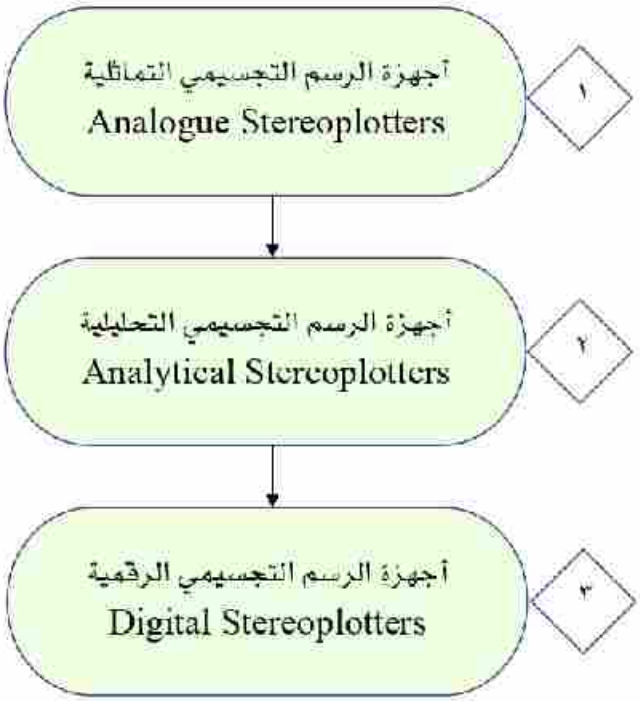
يمكن بواسطة هذا النظام الحصول على القياسات وكذلك عملية التتبع والرسم من النموذج المجسم، وقد يكون هذا النظام ميكانيكياً كما في الأجهزة القديمة أو الكترونياً في الأجهزة الحديثة حتى بلغ الأمر حالياً إمكانية إنتاج بعض أنواع القياسات آلياً وخصوصا ما يتعلق بنماذج التضاريس وخطوط الكنتور.

٥ -١ -٣ مراحل التطور التي مرت بها أجهزة الرسم التجسيمي.

مرت أجهزة الرسم التجسيمي بثلاث مراحل رئيسة، تعتمد جميعها على فكرة أساسية واحدة وهي كما سبق، الحصول على نموذج مجسم من صورتين متداخلتين عن طريق إعادة تشكيل المنظر من تقاطع الأشعة المكونة للصورتين ثم الحصول على القياس والرسم للمعالم من هذا النموذج، وتختلف هذه المراحل في تقنيات تنفيذ هذه الفكرة وذلك بزيادة الدقة وتقليل الاعتماد على المشغل وإمكانية التعامل مع أنواع متعددة من الصور في كل مرحلة عن سابقتها.







٥ -١ -٣ أجهزة الرسم التجسيمي التماثلية

يتم تقسيم هذا النوع من الأجهزة إلى ثلاثة أنواع رئيسية طبقا لنوع نظام الإسقاط كما يلي:

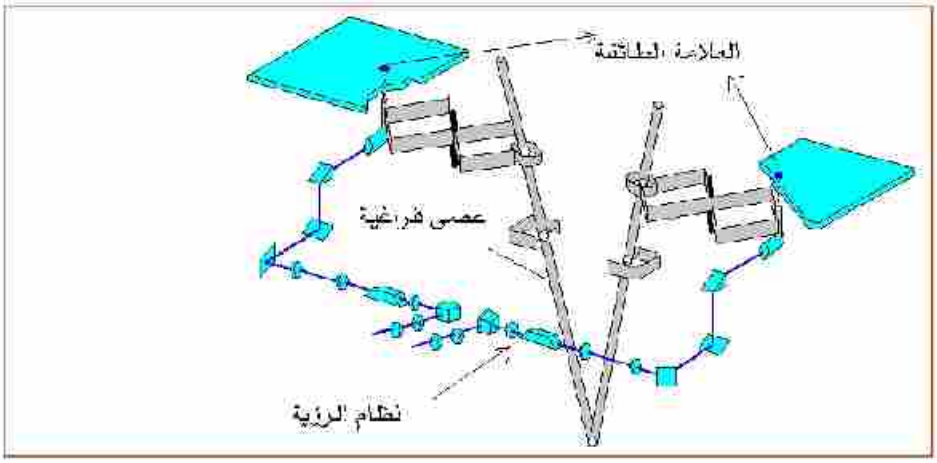
١) أجهزة الرسم التجسيمي ذات نظام الإسقاط الضوئي المباشر

هذا النوع من أجهزة الرسم التجسيمي ذات الإسقاط الضوئي المباشر، الشكل٥ -٣. يكون نموذجا مجسما حقيقيا ذا ثلاثة أبعاد و ذلك بواسطة إسقاط الصور الشفافة من خلال عدسات الإسقاط و في هذا النوع يتكون النموذج المجسم من تقاطع الأشعة الضوئية للأشكال المتطابقة في الصورة الزجاجية اليمنى و الصورة الزجاجية اليسرى و مستخدم الجهاز يمكنه أن يرى النموذج المجسم مباشرة و آخذ القياس عليه و ذلك باستقبال الأشعة على قرص أبيض يوجد في مركزه علامة القياس، و مثال هذا النوع من الأجهزة جهاز الكيلش وجهاز الملتيبلكس ويمكن للمشغل الرؤية المجسمة في هذا الجهاز باستخدام أياً من طرق الأبصار المجسم بتلاقي محاور العين كطريقة الألوان المتكاملة أو الإضاءة المستقطبة أو الرؤية التبادلية.

الشكل: ٥ -٣ جهاز رسم تجسيمي بنظام إسقاط ضوئي مباشر (الكلش)

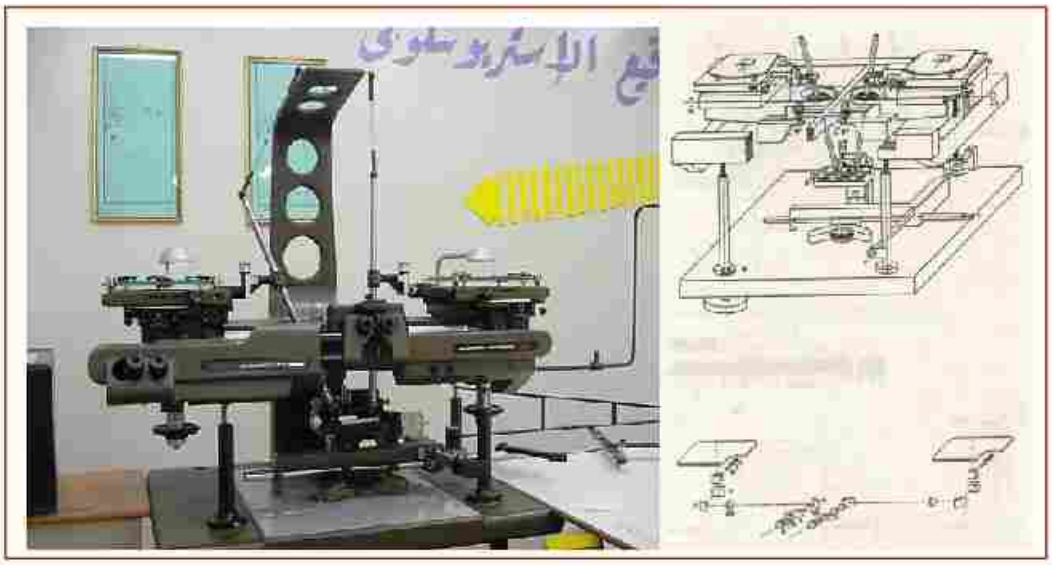
٣) أجهزة الرسم التجسيمي ذات نظام الإسقاط الميكانيكى

في هذا النوع من الأجهزة يتم تمثيل الأشعة الضوئية بواسطة قضبان معدنية تسمى بالعصي الفراغية، الشكل٥ -٤، ويمكن رؤية المنظر المجسم بطريقة توازي محاور المنظر باستخدام مجموعة من المرايا والعدسات والمواشير، وسوف يتم التعامل عمليا في هذا المقرر مع هذا النوع من الأجهزة. الأشكال ٥ -٥، ٥ -٦، تبين بعض النماذج لهذه الأجهزة.



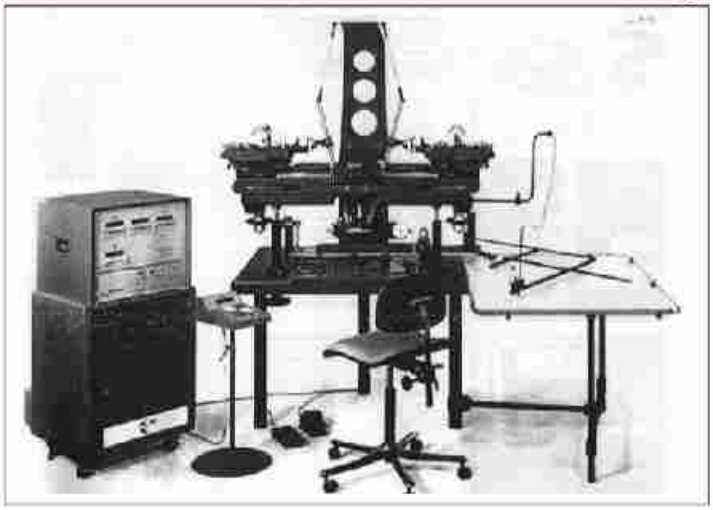
الشكل: ٥ -٤ مبدأ عمل أجهزة الرسم التجسيمي الميكانيكية

الشكل: ٥ -٥ صورة جهاز رسم تجسيمي ميكانيكي (Kern PG21)



الشكل: ٥ -٦ صورة جهاز **Wild AG1** و رسم تخطيطي للتوضيح

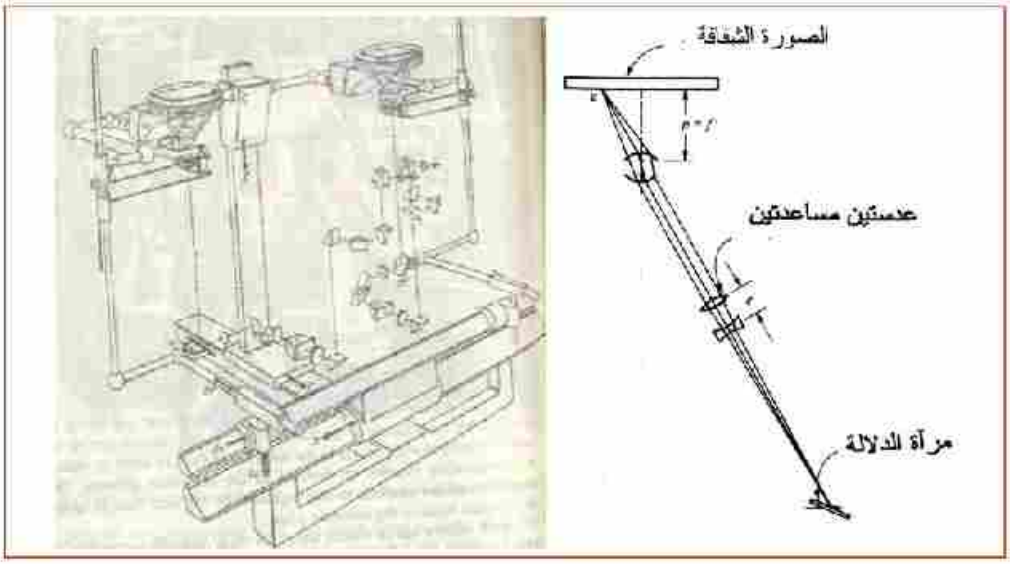
ويمكن تطوير أجهزة الرسم التجسيمي الميكانيكية بإضافة عدادات تقيس الحركة بالاتجاه السيني والصادي بالإضافة إلى عداد الارتفاع وبواسطة وحدة تحكم يمكن التعامل مع قراءات العدادات عن طريق الحاسب الآلي و استخدامها للحسابات أو للرسم، الشكل٥ -٧.



الشكل: ٥ -٧ صورة لجهاز **Wild AG1** مضاف إليه وحدة حساب الإحداثيات

٢) أجهزة الرسم التجسيمي ذات نظام الإسقاط الضوئي الميكانيكي

فكرة هذا النوع من الأجهزة تتلخص في نقل الأشعة من الصورة ضوئياً باستخدام عدسة إسقاط وعدسات مساعدة لتوضيح الصورة إلى مرآة تسمى مرآة الدلالة حيث تكون هذه الأجزاء مثبتة بوصلات ميكانيكية، ويتصل بمرآة الدلالة مجموعة متتالية من البصريات حتى تصل الأشعة لعدسات عينية يمكن من خلالها الرؤية، الشكل ٥ -٨.

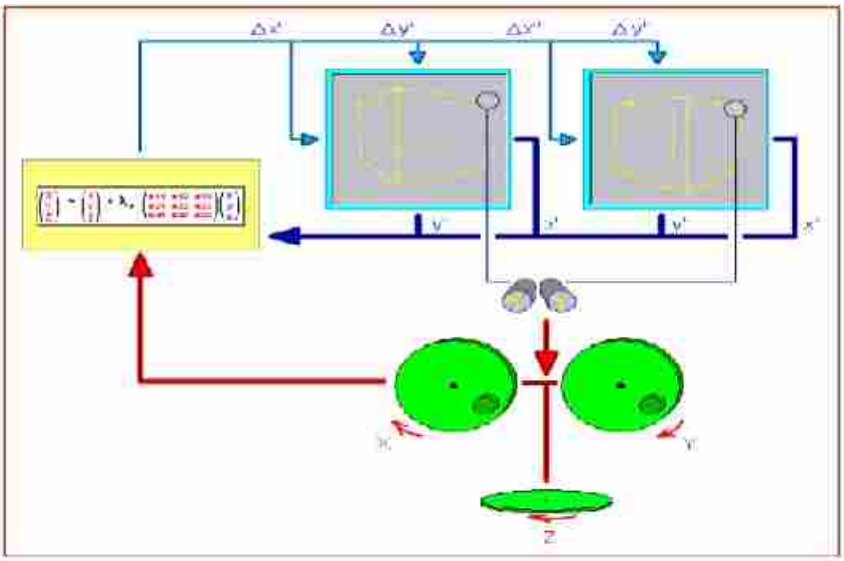


الشكل: ٥ -٨ فكرة عمل أجهزة الرسم التجسيمي ذات الإسقاط الضوئي الميكانيكي

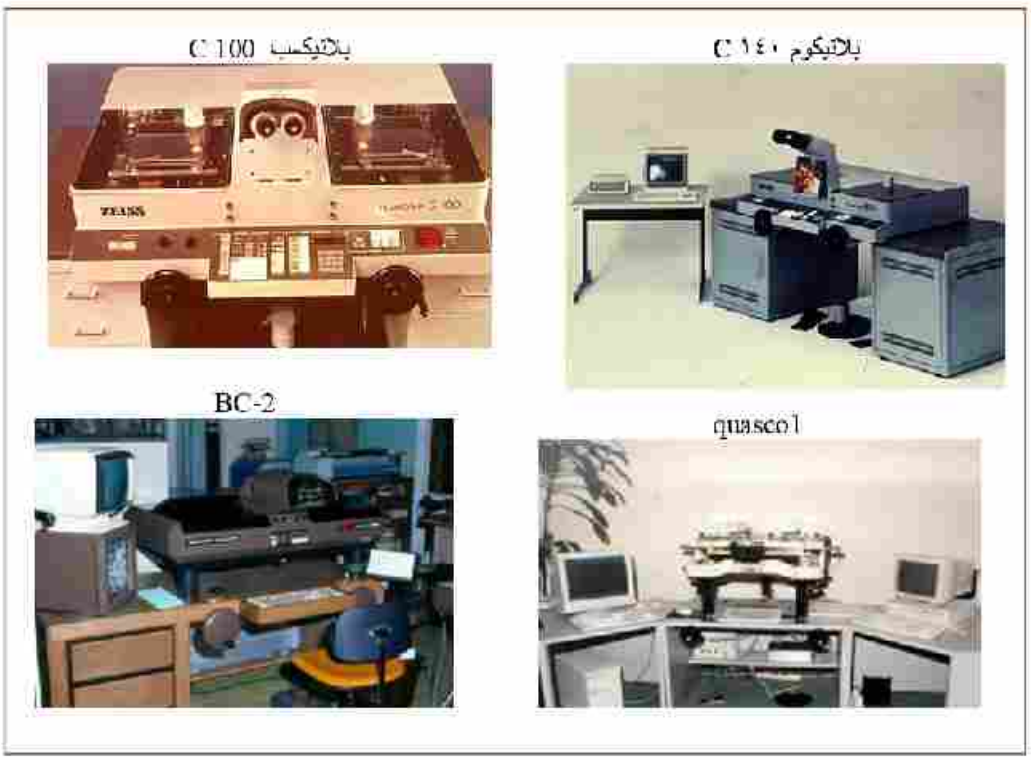
تدريب عمل ٥ -١

٥ -١ -٤ أجهزة الرسم التجسيمي التحليلية

الأجهزة التحليلية تعتمد في نظام تشغيلها على الحاسب الآلي حيث يتم توظيف برامج متخصصة لقياس الإحداثيات من الصورة ثم حساب عناصر التوجيه رياضيا ثم القيام بعملية التوجيه ذاتيا وتكوين النموذج المجسم. وكذلك التحكم بالحاسب الآلي في عمليات القياس من النموذج و رسم الخرائط المساحية سواء كانت تفصيلية أو كانت طبوغرافية و الشكل ٥ -٩، يبين رسم تخطيطي لأجزاء جهاز رسم تجسيمي تحليلي، و من أمثلة الأجهزة التحليلية جهاز زايس C100 وجهاز وايلد BC3 وجهاز كيرن DSR11 و جهاز بلانيكوم C ١٤٠ و جهاز quasco1، الشكل ٥ -١٠.



الشكل: ٥ -٩ رسم تخطيطي لأجزاء جهاز رسم تجسيمي تحليلي



الشكل: ٥ -١٠ أمثلة على بعض أجهزة الرسم التجسيمي التحليلية

٥ -١ -٥ أجهزة الرسم التجسيمي الرقمية

هي أحدث وأفضل الأنواع من حيث الدقة ومرونة التعامل مع الصور، الشكل ٥ -١١، فهي تعتبر تطويرا للأجهزة التحليلية فتم الاستغناء عن العنصر البشرى في تشغيل كثير من المهام والعمليات و ذلك باستخدام برامج خاصة للتعرف على الأهداف الموجودة في الصورتين المستخدمتين ذات الهيئة الرقمية و تكوين النموذج المجسم و أخذ القياسات، حيث يتم عرض النموذج المجسم على شاشة الحاسب الآلي بإحدى طرق الأبصار المجسم، وباستخدام ماوس ثلاثية الأبعاد يمكن رسم المعالم والقياسات بالارتباط مع برنامج رسم مساعد، ويمكن لهذه الأجهزة إنتاج الصورة المصححة وكذلك رسم خطوط الكنتور وعمل نماذج التضاريس الأرضية آلياً، وسوف يتم التعامل مع هذا النوع من الأجهزة في مقرر المساحة الجوية الرقمية في السنة الثالثة إن شاء الله تعالى.

الشكل: ٥ -١١ جهاز رسم تجسيمي رقمي

٥ -١ -٦ مميزات أجهزة الرسم التجسيمية التحليلية والرقمية

١) الأجهزة التحليلية تكون النموذج المجسم باستخدام المعادلات وليس باستخدام تقاطع الأشعة البصرية مباشرة أو تقاطع الأذرع المعدنية الممثلة للأشعة و بذلك فإن النموذج المجسم يكون خالياً من الأخطاء الناشئة من استخدام الأجزاء الميكانيكية لتمثيل الأشعة أو الناتجة من استخدام العدسات لإسقاط الأشعة.

٢) الأجهزة التحليلية تستخدم برامجاً تطبيقية متخصصة حديثة لتصحيح الأخطاء الناتجة عن تشوه الفلم أو الانكسار الجوي أو كروية الأرض و أيضا التشوه الناتج عن استخدام العدسات في عملية التصوير مما يعطى نتائجاً عالية الدقة إذا ما قورنت بالنوعيات السابقة من الأجهزة.

٣) الأجهزة التحليلية تستخدم تطبيقات نظرية الأخطاء للاستفادة من الأرصاد الزائدة المتوفرة و ذلك للحصول على مستويات عالية في دقة العمل النهائية.

٥) تتميز الأجهزة الرقمية عن التحليلية والميكانيكية بمرونة نقل الأجهزة من مكان إلى آخر لعدم وجود أجزاء ميكانيكية.

٥ -٢ نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي Ground Control Point

لن يتم الاعتماد على العمل المساحي أو قبوله إلا إذا كان هذا العمل صحيحا مطابقا للحقيقة ويكون العمل المساحي مطابقا للحقيقة بعد ضبط الأرصاد و تصحيحها تبعا للقوانين و القواعد الخاصة بكل موضوع.

بالنسبة لأعمال المساحة التصويرية الجوية نحتاج إلى حلقة وصل لربط النموذج المجسم بالواقع حتى نتمكن من ضبط النموذج المجسم و تصحيحه ليكون مطابقا للحقيقة و بهذا يمكن الاعتماد على النتائج الخارجة منه. و حلقة الوصل هذه هي ما يسمى نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي.

٥ -٢ -١ تعريف نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي

هي النقاط الموجودة على سطح الأرض ومعلوم لها الإحداثيات الأفقية (X, Y) أو الرأسية (Z) أو هما معا و يمكن التعرف عليها على الصور الجوية وفي النموذج المجسم.

٥ -٢ -٢ أهمية نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي

نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي مهمة جدا لأنها تستخدم في ضبط و توجيه الصور و النموذج المجسم ليصبح مطابقا للحقيقة و من ثم تنطبق كل الأهداف و المعالم الموجودة في النموذج المجسم على مثيلاتها الموجودة على الأرض و بهذا نضمن تطابق المعلومات و البيانات و الخرائط الناتجة من النموذج المجسم مع الحقيقة و صحتها.

٥ -٢ -٣ أنواع نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي

بناء على الإحداثيات المعلومة لنقطة الضبط الأرضي للمسح الجوي تم تصنيفها إلى الأنواع التالية:

١) نقاط ضبط أفقية (مستوية)

هي النقاط التي يكون معلوم لها الإحداثيات الأفقية (X, y) وذلك بالنسبة لنقطة الأصل فقط.

٢) نقاط ضبط رأسية

هي النقاط التي يكون معلوم لها المنسوب (Z) فقط وذلك بالنسبة لمستوى سطح المقارنة و غالبا يكون سطح البحر.

٣) نقاط ضبط أرضي للمسح الجوى كاملة

هي النقاط التي يكون معلوم لها الإحداثيات الأفقية و الرأسية (X ,y Z،) معا في نفس الوقت و هي في هذه الحالة تستخدم كبديل للنوعين السابقين، بمعنى أنها تكون مزدوجة.

٥ -٢ - ٤ طرق الحصول على نقاط الضبط الأرضي.

يمكن الحصول على نقاط للضبط الأرضي بالوسائل التالية:

١) من شبكات المثلثات والمضلعات بطرق المسح الأرضي.

٢) الرصد باستخدام جهاز الـــGPS.

٣) القياس من خرائط سابقة.

٤) تكثيف النقاط عن طريق التثليث الجوي.

٥ -٢ -٥ شروط اختيار نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي

إن نقطة الضبط الأرضي للمسح الجوي التي سوف تستخدم في ضبط النموذج المجسم يجب أن تتوفر فيها عدة شروط حتى نضمن باستخدامها الحصول على النموذج المجسم الصحيح الحقيقي الذي يكون متطابقا مع الواقع تماما و حتى يمكننا الاعتماد على جميع النتائج المستخرجة من هذا النموذج و هذه الشروط هي:

١) أن تكون موزعة توزيعاً مناسباً على النموذج المجسم (في الأماكن المعيارية).

٢) أن يكون من السهل التعرف على النقطة في الصور و تكون مميزة و محددة حتى لا يحدث خطأ عند استخدامها.

ويفضل أن تكون النقطة في موقع يتكرر في عدة صور لإمكانية استخدامها أكثر من مرة.

٥ -٢ -٦ أمثلة على نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي.

لكل نوع من أنواع نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي يتوفر العديد من الأمثلة منها على سبيل المثال:

أ) أمثلة على نقاط الضبط الأرضي الأفقية.

إن أي هدف في الطبيعة يصلح ليكون نقطة مثلثات يمكن أن يكون مثال على نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي الأفقية مثل:

١) نقطة تقاطع الطرق أو الممرات.

٢) أركان المباني المميزة.

٣) قمة الصخور المنفردة والمميزة.

٤) أغطية الصرف الصحي.

مع مراعاة عدم اختيار الأمثلة المكررة لتجنب حدوث الأخطاء.

ب) أمثلة على نقاط الضبط الأرضي الرأسية.

إن أي هدف في الطبيعة يكون ثابت المنسوب يصلح ليكون نقطة ضبط رأسي (ارتفاع) للمسح الجوي ومن أمثلة ذلك:

١) منطقة تقاطع الطرق أو الممرات.

٢) أسطح المباني المميزة ثابتة المنسوب.

٣) بقع الحشائش الخضراء.

مع مراعاة عدم اختيار المسطحات الكبيرة أو مناطق المنحدرات لتجنب حدوث الأخطاء في المناسيب.

تدريب عملي ٥ -٢

٥ -٣ نقاط الضبط الأرضي الاصطناعية

كما تحدثنا في الوحدة الرابعة يوجد العديد من المناطق التي لا تتوفر فيها نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي مثل المناطق التي لم يتم إنشاء شبكات مساحية فيها مسبقا و مناطق المستنقعات و مناطق الغابات و المناطق الصحراوية و المناطق الجبلية ، و لهذا يجب الاستعاضة عن نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي بإيجاد البديل لها و هو نقاط الضبط الأرضي الاصطناعية.

٥ -٣ -١ تعريف نقاط الضبط الأرضي الاصطناعية.

هي عبارة عن علامات بأشكال هندسية منتظمة يتم تثبيتها على الأرض قبل القيام بالتصوير و هذه العلامات يتم أيضا حساب إحداثياتها بالطرق المساحية الأرضية المعتادة. والعلامات الاصطناعية يمكن أن تصنع من الخشب أو الخرسانة أو الجير وذلك حسب التكلفة المتاحة للمشروع و مع مراعاة أن يكون لهذه العلامات لون مميز عن المنطقة التي تثبت فيها ليسهل التعرف عليها في الصور الجوية فيما بعد.

٥ -٣ -٢ الأشكال الهندسية للعلامات الاصطناعية.

يوجد العديد من الأشكال الهندسية للعلامات الاصطناعية ولكن من أشهر هذه الأشكال الهندسية ما يلي:

١) علامات اصطناعية على شكل علامة الجمع (+).

٢) علامات اصطناعية على شكل حرف (Y).

٣) علامات اصطناعية على شكل حرف (T).

و كل علامة تتكون من جزء مركزي للعلامة و حوله عدد من الأدلة ليسهل على المستخدم التعرف عليها في الصور الجوية أو في النموذج المجسم. كما أن أبعاد هذه الأجزاء يجب أن تحسب بناء على مقياس الرسم الخاص بالصور و الأبعاد المراد أن تظهر بها العلامة الاصطناعية على الصور.

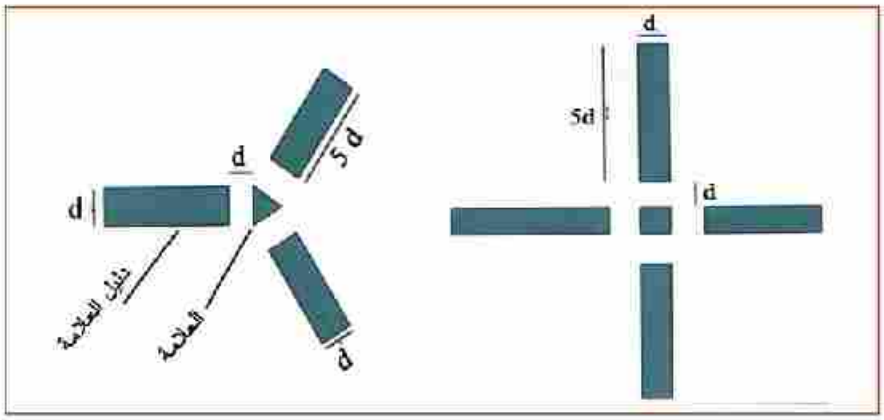
٥ -٣ -٣ تصميم العلامات الاصطناعية

إن العلامة الاصطناعية، الشكل ٥ -١٢، مهما كان شكلها فهي تتكون من جزئين أساسيين:

أ) الجزء المركزي للعلامة و هو إما مربع أو مثلث متساوي الأضلاع و طول ضلعه (d).

ب) دليل العلامة و هو يكون على شكل مستطيل طوله يساوى (5d) و عرضه يساوى (d).

علما بأن المسافة التي تفصل بين الجزء المركزي للعلامة و دليل العلامة تساوي أيضا قيمة (d). و بناء على الأبعاد المطلوب ظهور العلامة الاصطناعية بها على الصور الجوية و كذلك مقياس الرسم الخاص بالصور الجوية يمكن تصميم أبعاد العلامة الاصطناعية على الأرض (D) بحيث تفي بالشكل المطلوب.



الشكل: ٥ -١٣ تصميم العلامات الاصطناعية

و يمكن حساب قيمة طول الجزء المركزي على الأرض (D) من القانون التالي:

$$D = d \times \frac{1}{S_p \times 1000} \qquad ٥-١$$

D : طول ضلع الجزء المركزى للعلامة على الأرض بالمتر

d : طول ضلع الجزء المركزي للعلامة على الصورة بالمليمتر

S_p : مقياس الصورة

مثال ٢ -٢

المطلوب تصميم الأبعاد للعلامة الاصطناعية على الأرض في أحد المشاريع للمسح الجوي إذا كان مقياس رسم الصور الجوية ١:١٢٠٠٠ على أن يظهر الجزء المركزي للعلامة على الصور بطول يساوي ٠.٠٤ملم.

الحل

$$D = d \times \frac{1}{S_p \times 1000} = 0.04 \times \frac{1}{\frac{1}{12000} \times 1000}$$

$$= 0.04 \times \frac{12000}{1000} = 0.48 \quad m$$

$$= 5 \times D = 0.48 \times 5 = 2.4 \quad m$$

٥ -٣ -٤ مزايا العلامات الاصطناعية

بناء على أن العلامات الاصطناعية قد تم اختيارها وتصميمها من حيث الشكل و الأبعاد و اللون مع ما يناسب طبيعة المنطقة التي سيتم تصويرها و مواصفات الصور الجوية الخاصة بالمشروع سنجد أن العلامات الاصطناعية تمتاز بما يلي:

١) تقلل من احتمالية الخطأ عند التعرف عليها و ذلك نظرا لتميز شكلها الهندسي المعروف.

٢) تقلل من وقت العمل على الجهاز نظرا للتعرف عليها بسرعة و بسهولة.

٥ -٣ -٥ عيوب العلامات الاصطناعية

نظرا لعدم توفر نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي و الاضطرار إلى تثبيت العلامات الاصطناعية كبديل لها قبل التصوير فإن هذه العلامات الاصطناعية سيكون لها عدة عيوب هي:

١) تزيد من التكلفة الإجمالية للمشروع نتيجة لمتطلبات تثبيتها من فريق عمل و مواد خام.

٢) تزيد من وقت تنفيذ المشروع بسبب تأخير التصوير الجوي حتى حساب عددها و تصميمها ثم تثبيتها.

٣) احتمالية عدم ظهورها في أنسب الأماكن تماما لضبط النموذج المجسم (في الأماكن المعيارية).

٤) احتمالية فقدها أو تحريكها في الفترة ما بين تثبيتها و حتى التصوير مما يتسبب في حدوث خطأ أثناء الاعتماد عليها في ضبط النموذج المجسم.

تدريب عملي ٥ -٣

٥ -٤ احتياجات النموذج المجسم من نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي

لكي يتم ضبط النموذج المجسم فإننا نحتاج إلى عدد معين من نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوى من كل نوع حسب خطوة الضبط التي يتم تنفيذها و هذا العدد يجب أن يكون موزعا في النموذج المجسم في أماكن معينة لنصل إلى أعلى دقة ممكنة في ضبط النموذج المجسم، الشكل٥ -١٢.

وضبط النموذج المجسم يتم في خطوتين و لكل خطوة المتطلبات الخاصة بها كالتالي:

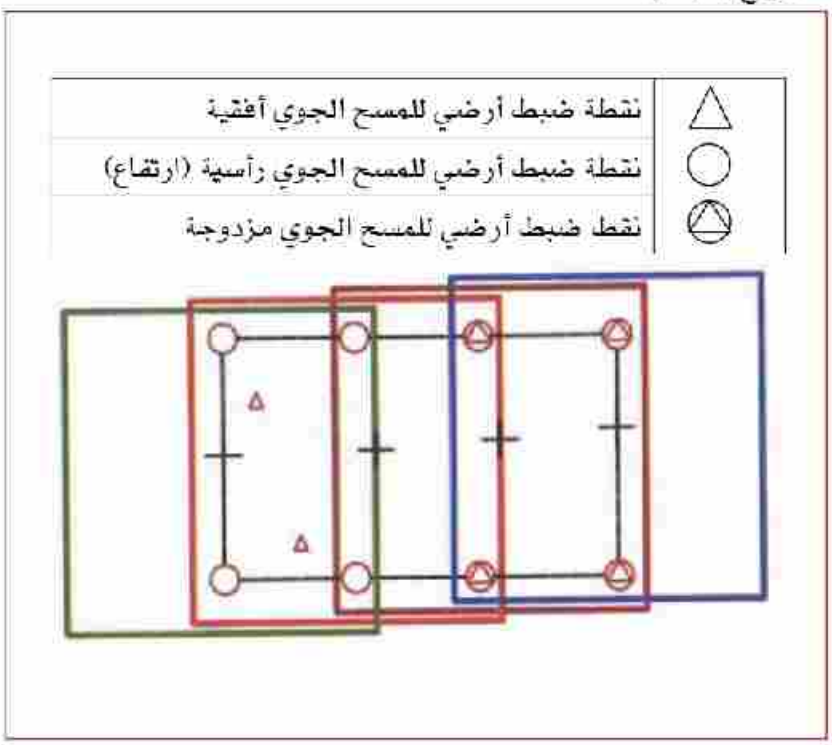
الخطوة الأولى: ضبط مقياس رسم النموذج المجسم "ضبط أفقية النموذج المجسم"

وفي هذه الخطوة يتم ضبط إحداثيات (x ، y) للنموذج المجسم لتكون مطابقة لإحداثيات (x ، y) على الأرض أي ضبط الطول و العرض و لتنفيذ هذه الخطوة نحتاج إلى نقطتين من نقاط الضبط الأرضي الأفقية و تضاف نقطة ثالثة للتحقيق على أن تكون هذه النقاط أبعد ما يمكن عن بعضها في النموذج المجسم قدر الإمكان.

الخطوة الثانية: ضبط مناسيب النموذج المجسم "تسوية النموذج المجسم"

في هذه الخطوة يتم ضبط الإحداثي (Z) للنموذج المجسم ليكون مطابقا للإحداثي (Z) على الأرض أي ضبط الارتفاعات و الانخفاضات، ولتنفيذ هذه الخطوة نحتاج إلى ثلاثة نقاط من نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي الارتفاع و تضاف نقطة رابعة للتحقيق على أن تكون هذه النقاط موزعة في أركان النموذج المجسم قدر الإمكان.

وكلما توفر لدينا عدد أكبر من نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوى بأنواعها المختلفة تمكنا من زيادة دقة ضبط النموذج المجسم.



الشكل: ٥ -١٣ توزيع نقاط الضبط الأرضي المطلوبة لضبط النموذج

٥ -٥ ضبط الصور الجوية و تكوين النموذج المجسم

لكي نتمكن من الحصول على النموذج المجسم الحقيقي الصحيح يجب علينا تنفيذ عدة مراحل معينة و كل مرحلة تتكون من عدة خطوات و كل هذه الأعمال تسمى عملية التوجيه.

٥ -٥ -١ تعريف عملية التوجيه

هي جميع الخطوات التي يجب تنفيذها على الصور ثم الجهاز ثم على النموذج المجسم لنحصل على النموذج المجسم الصحيح المطابق للحقيقة حتى يمكننا أن نعتمد على النتائج المستخرجة منه سواء كانت عددية أو خطية.

٥ -٥ -٢ مراحل تنفيذ عملية التوجيه

يتم تنفيذ عملية التوجيه في ثلاث مراحل و لكل مرحلة من هذه المراحل الخطوات التي يتم تنفيذها بها و كذلك فإن لكل مرحلة الأجزاء و المفاتيح من الجهاز التي تستخدم أثناء تنفيذها و هذه المراحل الثلاثة بالترتيب هي:

١) مرحلة التوجيه الداخلي

وهى الخطوات التي يتم تنفيذها على الصور بشكل فردي لوضعها في المكان المخصص لها بالجهاز بالطريقة الصحيحة.

٢) مرحلة التوجيه النسبي

وهى الخطوات التي يتم تنفيذها على الصورتين لتكوين النموذج المجسم بداخل الجهاز.

٣) مرحلة التوجيه المطلق

وهى الخطوات التي يتم تنفيذها على النموذج المجسم المتكون بداخل الجهاز حتى يكون هذا النموذج المجسم حقيقيا صحيح الأبعاد مطابقا للطبيعة.

٥ -٦ مرحلة التوجيه الداخلي

٥ -٦ -١ تعريف مرحلة التوجيه الداخلي

هي المرحلة الأولى من مراحل عملية التوجيه و هي عبارة عن الخطوات الواجب تنفيذها حتى نتمكن من تثبيت الصورتين في الجهاز في المكان الخاص بهما بنفس الوضع و الكيفية لهما أثناء لحظة التصوير. وهذا يعني استعادة العلاقات الهندسية مثل وضع الأشعة الساقطة على الفلم و المحور الضوئي لعدسة كاميرا التصوير.

٥ -٦ -٢ خطوات تنفيذ مرحلة التوجيه الداخلي:

لكي تتم مرحلة التوجيه الداخلي يجب تنفيذ الخطوات التالية:

أ) تجهيز الصور الموجبة

المقصود بهذه الخطوة هي الحصول على الصور الجوية المعالجة والمصححة من التشويه أثناء الطباعة و التي سيتم العمل بها في الجهاز و التحقق من توفر الشروط اللازمة للعمل بها من ترقيم للصورتين و أيضا نسبة التداخل ثم قياس متوسط طول خط القاعدة الجوي من على الصورتين الجويتين المطبوعتين على الورق ثم حساب المتوسط لها لأنها مطلوبة فيما بعد.

ب) تثبيت الصورتين في وحدتي العرض بالجهاز

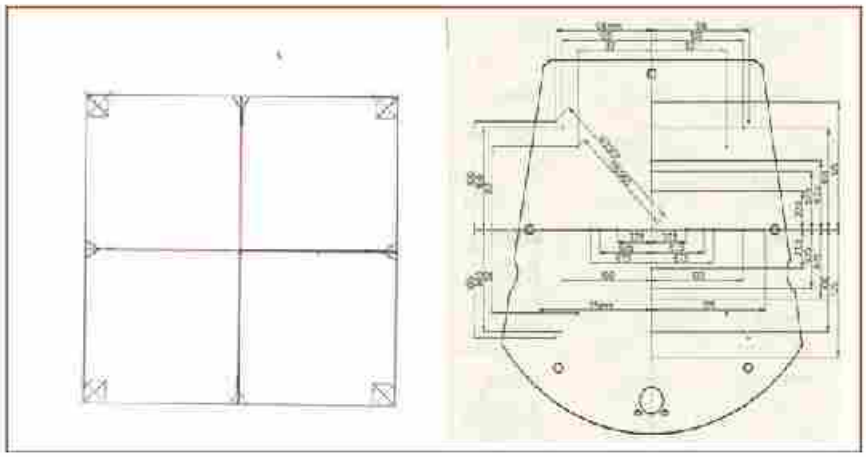
يوجد لكل صورة المكان الخاص بها في الجهاز و يجب تثبيتها بالطريقة الصحيحة بحيث تقع نقطة الأساس للصورة المستخدمة على المحور الضوئي لوحدة العرض و هذا يتحقق عندما تنطبق العلامات الموجودة على الصورة الجوية "العلامات الضلعية و العلامات الركنية" على العلامات المناظرة لها على اللوح الزجاجي الخاص بوحدة العرض التي سيتم تثبيت الصور عليها. و الشكل ٥ -١٤، يوضح الصورة الجوية و عليها علامات الضبط الضلعية و الركنية وكذلك يوضح نموذجاً لأحد الألواح الزجاجية و عليه العلامات المناظرة للعلامات الضلعية و العلامات الركنية. علما بأنه عند تنفيذ هذه الخطوة يجب مراعاة الآتي:

- وضع الصورتين الجويتين بالشكل الصحيح المناسب للجهاز المستخدم من حيث كون التداخل للداخل أو للخارج.

- وضع الطبقة الحساسة للصور لأعلى إذا كانت الصورة أعدت بطريقة التلامس المباشر. و إذا كانت الصور أعدت بطريقة الإسقاط فتوضع بحيث تكون الطبقة الحساسة لأسفل. ويمكن أن نعرف طريقة إعداد الصورة من المعلومات المرفقة مع الصورة الجوية من الشركة الموردة للصور.

- استخدام اللوحة المضيئة الملحقة مع الجهاز والمعدة خصيصا لهذا الغرض وضبط جميع علامات الصورة على جميع علامات اللوح الزجاجي بدقة عالية باستخدام العدسات المرفقة باللوحة المضيئة لتجنب الأخطاء فيما بعد.

- ربط مشابك اللوح الزجاجي جيدا ثم التأكد من صحة ضبط العلامات مرة أخرى قبل إعادة اللوح الزجاجي لمكانه بالجهاز.



الشكل: ٥ -١٤ العلامات الموجودة على الصورة و مكان وضع الصورة على اللوح الزجاجي

تدريب عملي ٥ -٤

ج) ضبط القراءة على تدريج المسافة الأساسية

في هذه الخطوة نجعل قيمة القراءة على مفتاح المسافة الأساسية (البعد البؤري) لوحدة العرض بالجهاز تتساوى مع المسافة الأساسية المصححة للصورة المثبتة عليها. علما بأن المسافة الأساسية المصححة ترفق غالبا ضمن البيانات الخاصة المسجلة على هامش الصورة إما بالكتابة على هامش الصورة أو ضمن البيانات المسجلة المرفقة مع الصورة.

تدريب عملي ٥ -٥

٥ -٧ مرحلة التوجيه النسبي

في مرحلة التوجيه الداخلي كنا نتعامل مع الصور الجوية بشكل فردي و مستقل أما في مرحلة التوجيه النسبي فسيكون تعاملنا مع كل صورة بالنسبة للصورة الأخرى.

٥ -٧ -١ تعريف مرحلة التوجيه النسبي

هي المرحلة الثانية من مراحل عملية التوجيه و هي عبارة عن الخطوات الواجب تنفيذها لإعادة الوضع النسبي الصحيح بين الصورتين الجويتين في الجهاز كما كان في الطبيعة لحظة التصوير ولتحقيق هذا الوضع الصحيح يجب تحريك الصور في الجهاز.

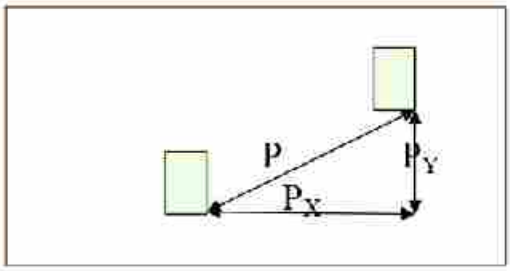
و عند تحقق الوضع النسبي الصحيح بين الصورتين الجويتين في الجهاز سوف نحصل على الرؤية المجسمة لمنطقة التداخل بين الصورتين المستخدمتين.

و إذا لم تتكون الرؤية المجسمة فهذا يعني أن الوضع النسبي بين الصورتين مازال غير صحيح أي أنه غير مطابق للحظة التصوير وذلك يعني أيضا أن خطوات التوجيه النسبي لم تكتمل بعد و أن هناك ما يمنع تكونها و هو ما يسمى بالانفصام (البارلاكس).

بمعنى أنه للحصول على الرؤية المجسمة يجب التغلب على "إزالة" الانفصام كاملا من الجهاز وهذا يتم عند إزالة الانفصام عند خمس نقاط معينة في منتطقة التداخل بين الصورتين" هي ما يسمى بالنقاط المعيارية في النموذج".

٥ -٧ - ٢ الانفصام (البارلاكس)

هو عبارة عن عدم الاندماج الاستريوسكوبي في الشكل أو المنظر الذي نراه من العدستين معا ويتمثل في وجود صورتين للمعلّم الذي نراه و يرمز له بالرمز " p " و بوجوده لا يمكن الحصول على الرؤية المجسمة، الشكل٥ - ١٥.



الشكل: ٥ - ١٥ الانفصام ومركباته

مركبات الانفصام(البارلاكس)

للانفصام مركبتان كما في الشكل ٥ - ١٥:

أ) انفصام في الاتجاه السيني ويرمز له بالرمز "P_X" وهو في اتجاه خط الطيران و هذا النوع يتم إزالته بسهولة و ذلك بتحريك عجلة الارتفاع لأعلى أو لأسفل.

ب) انفصام في الاتجاه الصادي ويرمز له بالرمز "P_Y" وهو في اتجاه عمودي على خط الطيران و هذا النوع يتم إزالته بصعوبة و ذلك بعد تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي كاملة.

٥ -٧ -٣ الحركات المتاحة لوحدة العرض في أجهزة الرسم التجسيمي

حتى نتمكن من تصحيح الوضع النسبي للصورتين في الجهاز فنحن نحتاج إلى إمكانية تحريك كل من الصورتين. و وحدة العرض بالجهاز توفر لنا هذا من خلال إمكانيتها أن تتحرك في شكل مجموعتين من الحركة هما:

أولا: مجموعة الحركات الانتقالية

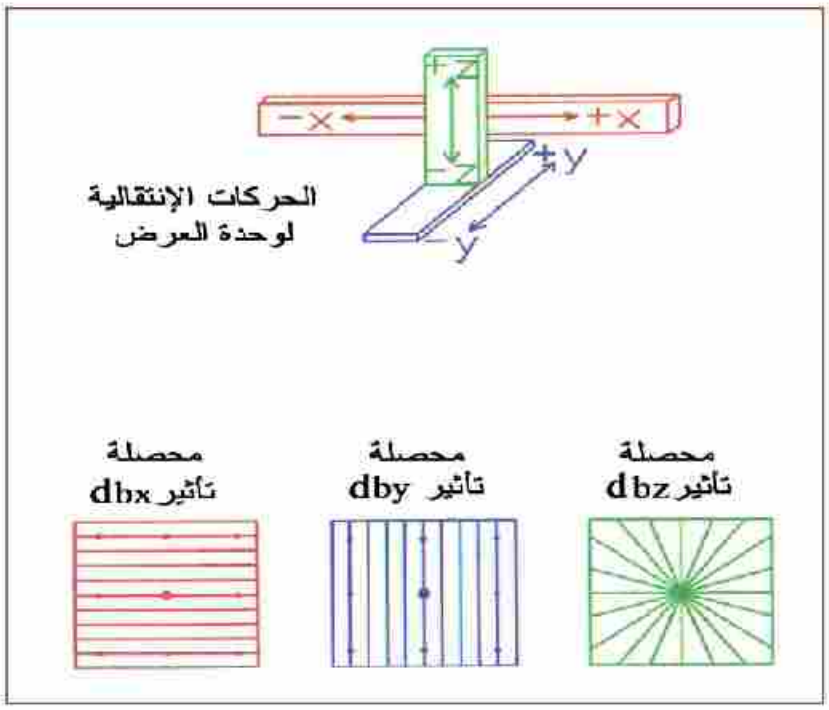
هي عبارة عن انتقال وحدة العرض من موضعها إلى موضع جديد و يوجد منها ثلاث حركات هي:

١) حركة انتقالية في اتجاه محور السينات و تسمى b_x.

٢) حركة انتقالية في اتجاه محور الصادات و تسمى b_y.

٣) حركة انتقالية في اتجاه محور الارتفاع و تسمى b_z.

و يسمى الجزء الصغير من هذه الحركة db_x، db_y ، db_z على الترتيب. الشكل ٥ -١٦، يوضح الحركات الانتقالية المتاحة لوحدة العرض بالجهاز، و محصلة التأثير للحركة على أجزاء الصورة بالجهاز.



الشكل: ٥ -١٦ الحركات الانتقالية لوحدة العرض وتأثيرها على الصورة

ثانيا: مجموعة الحركات الدورانية

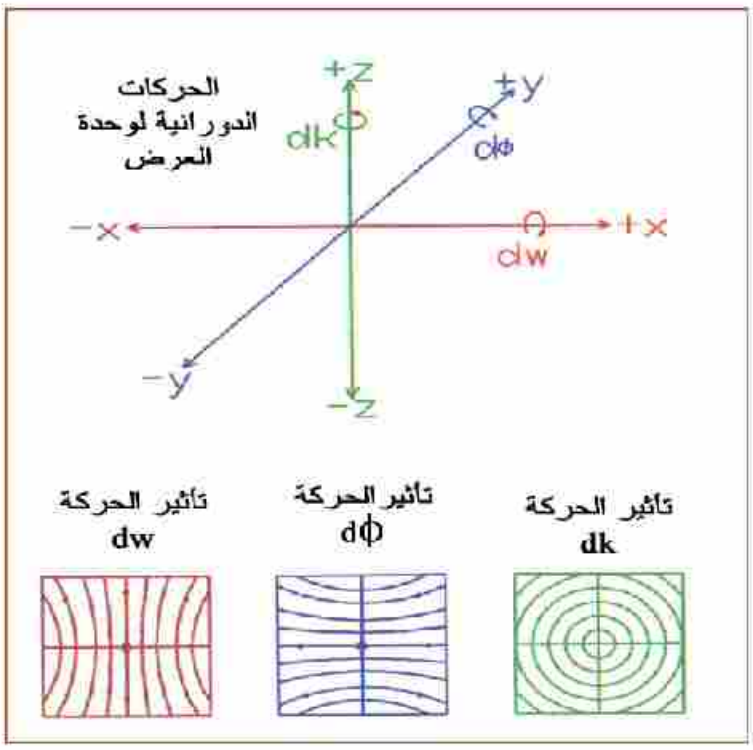
هي عبارة عن دوران وحدة العرض في موضعها حول أحد محاور الفراغ و لذلك يوجد منها ثلاث حركات هي:

١) حركة دورانية حول إتجاه محور السينات و تسمى أوميجا و رمزها ω .

٢) حركة دورانية حول إتجاه محور الصادات و تسمى فاي و رمزها ϕ.

٣) حركة دورانية حول إتجاه محور الارتفاع و تسمى كابا و رمزها K.

و يسمى الجزء الصغير من هذه الحركة $d\omega$ ، $d\phi$ ، dK على الترتيب. شكل ٥ -١٧، يوضح الحركات الدورانية المتاحة لوحدة العرض بالجهاز، و محصلة التأثير للحركة على أجزاء الصورة بالجهاز.



الشكل: ٥ -١٧ الحركات الدورانية لوحدة العرض وتأثيرها على الصورة

٥ -٧ -٤ النقاط المعيارية الستة

لقد تم توزيع عدة نقاط على النموذج المجسم بشكل هندسي ثابت و متعارف عليه دوليا بحيث إذا تم إزالة الانفصام عند هذه النقاط يكون قد تم إزالته من النموذج كله وعدد هذه النقاط ستة و تسمى النقاط المعيارية الستة.

توزيع النقاط الست المعيارية على النموذج المجسم

الشكل٥ -١٨ يوضح مواقع النقاط المعيارية من المساحة التجسيمية الصافية "**Neat Model**" حيث إن:

النقطة رقم (١) هي نقطة الأساس للصورة اليسرى وهى تقع في منتصف المساحة التجسيمية الصافية جهة اليسار.

النقطة رقم (٢) هي نقطة الأساس للصورة اليمنى وهى تقع في منتصف المساحة التجسيمية الصافية جهة اليمين.

والمسافة بين النقطتين (١) و (٢) تساوي متوسط طول خط القاعدة الجوي للصورتين.

النقطة رقم (٣) تقع بعيدا عن المستخدم و تكون جهة اليسار من المساحة التجسيمية الصافية.

النقطة رقم (٤) تقع بعيدا عن المستخدم و تكون جهة اليمين من المساحة التجسيمية الصافية.

والمسافة بين النقطتين (٣) و (٤) تساوي تقريباً متوسط طول خط القاعدة الجوي للصورتين.

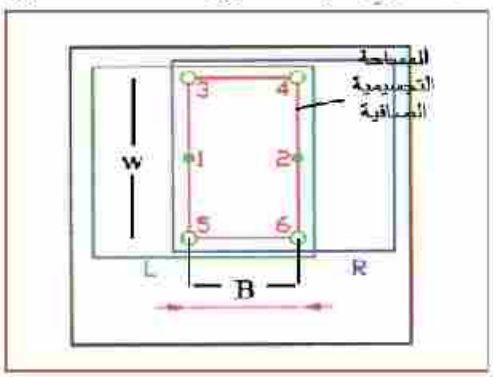
والمسافة بين النقطتين (١) و (٣) تساوي تقريباً نصف المسافة بين خطي الطيران(w/2).

والمسافة بين النقطتين (٢) و (٤) تساوي تقريبا نصف المسافة بين خطي الطيران(w/2).

النقطة رقم (٥) تقع قريبا من المستخدم و تكون جهة اليسار من المساحة التجسيمية الصافية.

والنقطة رقم (٦) تقع قريبا من المستخدم و تكون جهة اليمين من المساحة التجسيمية الصافية.

والمسافة بين النقطتين (٥) و (٦) تساوي متوسط طول خط القاعدة الجوي للصورتين.



الشكل: ٥ -١٨ النقاط المعيارية موزعة على المساحة التجسيمية الصافية **Neat Model**

٥ -٧- ٥ عناصر التوجيه النسبي

كما اتضح مما سبق أنه حتى نتمكن من الحصول على الرؤية المجسمة من الصورتين المثبتتين في الجهاز بعد الانتهاء من تنفيذ مرحلة التوجيه الداخلي كاملة فإننا نحتاج إلى تحريك وحدتي العرض لإزالة الاختلاف بين وضعي الصورتين في الجهاز ليصبح مماثلاً لوضع الصورتين لحظة التصوير و هذا يتم باستخدام الحركات المتاحة لوحدة العرض بالجهاز المستخدم.

هنا سنجد أمامنا ست حركات خاصة بالصورة الأولى (ثلاث حركات انتقالية و ثلاث حركات دورانية) وست حركات خاصة بالصورة الثانية أيضا. هذا يعنى أن الحركات المتاحة لتنفيذ مرحلة التوجيه النسبي عددها اثنا عشر حركة.

و بناء على التأثير الذي تتركه الحركة على أجزاء الصورة الخاصة بها و اختيار أنسب الحركات لإزالة الاختلاف عند النقاط المعيارية و التجارب التي أجريت بهذا الخصوص وجد أنه يمكن تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي باستخدام خمس حركات فقط من الاثني عشر حركة المتاحة. علما بأن العناصر الخمسة التي سيتم اختيارها ستقوم بكل المتطلبات لتصحيح الوضع بين الصورتين. و اختيار الحركات الخمس التي سيتم تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي بها يتوقف على الطريقة المستخدمة لذلك. و المبادئ المستخدمة في اختيار هذه العناصر.

مبادئ اختيار العناصر المستخدمة لتنفيذ مرحلة التوجيه النسبي

يراعى عند اختيار العناصر التي سوف تستخدم في تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي (إزالة الانفصام الصادي من النموذج المجسم في الجهاز) الآتي:

(١) اختيار العنصر الذي له أكبر تأثير على الانفصام الصادي عند النقطة المختارة.

(٢) اختيار العنصر الذي لا يكون سبباً في إيجاد انفصام صادي جديد أو في زيادة الانفصام الصادي عند النقاط التي سبق إزالته عندها.

٥ -٧ -٦ طرق تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي

يوجد العديد من الطرق التي يمكن تنفيذ بها مرحلة التوجيه النسبي "إزالة الانفصام الصادي". علما بأن في جميع الطرق التي سيتم شرحها يكون التغلب على الانفصام السيني بتحريك عجلة الارتفاع بالجهاز. (هذا ما سيحوله الجهاز إلى فروق بين النقاط في المناسيب).

الطريقة الأولى: بإستخدام عناصر انتقالية و دورانية معا

في هذه الطريقة يتم استخدام العناصر الانتقالية و الدورانية لوحدة عرض واحدة فقط و تكون العناصر الخمسة المستخدمة هي :(أوميجا ω و فاي Φ و كبا K b_z ، b_y ،) لوحدة العرض المستخدمة ، وهنا يوجد حالتان إما استخدام عناصر وحدة العرض اليسرى فقط أو استخدام عناصر وحدة العرض اليمنى فقط و هذه العناصر يتم توزيعها على النقاط المعيارية كالآتي:

في حالة استخدام عناصر وحدة العرض اليسرى فقط تكون خطوات تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي بالترتيب كالآتي:

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (١) باستخدام b_{y1}

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٢) باستخدام K_1

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٣) باستخدام b_{z1}

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٤) باستخدام ϕ_1

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٥) باستخدام ω_1 ثم يضاف نصف قيمته باستخدام ω_1 أي إحداث انفصام صادي في الجهة المعاكسة وبنصف القيمة وتسمى هذه الخطوة فوق التصحيح.

يتم تكرار الخطوات السابقة عدة مرات حتى ينعدم الانفصام الصادي عند النقطة رقم (٥).

يتم التحقق من تمام إزالة الانفصام الصادي من النموذج إذا لم يوجد انفصام صادي عند النقطة رقم (٦)، فذلك يعني أنه قد تم إزالة الانفصام الصادي كاملا من كل النموذج و هذا يعني أيضا تمام تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي والحصول على الرؤية المجسمة.

و في حالة استخدام عناصر وحدة العرض اليمنى فقط تكون خطوات تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي بالترتيب كالآتي :

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٢). باستخدام b_{y2}

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (١) باستخدام K_2

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٤) باستخدام b_{z2}

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٣) باستخدام ϕ_2

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٦) باستخدام ω_2 ثم يضاف نصف قيمته باستخدام ω_2 ، أي إحداث انفصام صادي في الجهة المعاكسة وبنصف القيمة وتسمى هذه الخطوة فوق التصحيح.

يتم تكرار الخطوات السابقة عدة مرات حتى ينعدم الانفصام الصادي عند النقطة رقم (٦).

يتم التحقق من تمام إزالة الانفصام الصادي من النموذج إذا لم يوجد انفصام صادي عند النقطة رقم (٥)، فذلك يعني أنه قد تم إزالة الانفصام الصادي كاملا من كل النموذج و هذا يعني أيضا تمام تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي والحصول على الرؤية المجسمة.

الطريقة الثانية: باستخدام عناصر دورانية فقط

في هذه الطريقة يتم استخدام العناصر الدورانية فقط لوحدتي العرض معا و تكون العناصر المستخدمة هي (أوميجا٢ ω_2 ، فاي٢ ϕ_2 ، كبا٢ K_2 ، فاي١ ϕ_1 ، كبا١ K_1) وهذه العناصر يتم توزيعها على النقاط المعيارية كالآتي :

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (١). باستخدام K_2

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٢) باستخدام K_1

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٣) باستخدام ϕ_2

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٤) باستخدام ϕ_1

إزالة الانفصام الصادي عند النقطة المعيارية رقم (٥) باستخدام ω_2 ثم يضاف نصف قيمته باستخدام ω_1 أو ω_2 ،أي إحداث انفصام صادي في الجهة المعاكسة وبنصف القيمة وتسمى هذه الخطوة فوق التصحيح.

يتم تكرار الخطوات السابقة عدة مرات حتى ينعدم الانفصام الصادي عند النقطة رقم (٥).

يتم التحقق من تمام إزالة الانفصام الصادي من النموذج إذا لم يوجد انفصام صادي عند النقطة رقم (٦)، فذلك يعني أنه قد تم إزالة الانفصام الصادي كاملا من كل النموذج و هذا يعني أيضا تمام تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي والحصول على الرؤية المجسمة.

تدريب عملي ٥ -٦

٥ -٧ -٧ خطوات إعداد جهاز الرسم التجسيمي لتنفيذ مرحلة التوجيه النسبي

قبل البدء في تنفيذ خطوات مرحلة التوجيه النسبي يجب أن ننفذ الخطوات التالية حتى نتمكن من تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي كاملة و هذه الخطوات هي:

١) تثبيت مفاتيح العناصر المستخدمة في تنفيذ مرحلة التوجيه النسبي على الأوضاع المبدئية لها.

هذا يعني أن نجعل مؤشرات التدريجات الخاصة بمفاتيح العناصر المستخدمة في مرحلة التوجيه النسبي في منتصف التدريج الخاص بهذا العنصر حتى تتوفر لدينا فرصة تحريك المفتاح الخاص بالعنصر في إتجاه الزيادة أو النقص.

مثال: الأوضاع المبدئية (الصفرية) لمفاتيح العناصر المستخدمة في مرحلة التوجيه النسبي في الأجهزة هي كالآتي :

الوضع المبدئي(الصفري) لمفتاح	K_1	هو	٠٠٠,٠٠
الوضع المبدئي(الصفري) لمفتاح	K_2	هو	٠٠٠,٠٠
الوضع المبدئي(الصفري) لمفتاح	ω_1	هو	١٠٠,٠٠
الوضع المبدئي(الصفري) لمفتاح	ω_2	هو	١٠٠,٠٠
الوضع المبدئي(الصفري) لمفتاح	ϕ_1	هو	١٠٠,٠٠
الوضع المبدئي(الصفري) لمفتاح	ϕ_2	هو	١٠٠,٠٠

٣) تثبيت مفتاح قاعدة التصوير الجوي الخاص بالجهاز على القيمة المناسبة للمشروع

ان قيمة متوسط طول خط القاعدة الجوي التي يجب تثبيتها على المفتاح " B X " الخاص بها في الجهاز المستخدم يمكن الحصول عليها بإحدى طريقتين هما :

الطريقة الأولى وهي الحسابية. وهي باستخدام متوسط قاعدة التصوير الجوي على صورتين و مقياس رسم الصورة و مقياس رسم النموذج الحقيقي.

الطريقة الثانية و هي يمكن الحصول عليها من الجداول المرفقة مع الجهاز.

علما بأن القيمة التي سنحصل عليها بأي من الطريقتين ستكون تقريبية.

٣) اختيار العداد المناسب الخاص لقراءات المناسيب

طبقا لقيمة فرق المنسوب بين أعلى نقطة و أسفل نقطة في منطقة النموذج المجسم و كذلك الدقة المطلوبة لقراءة المناسيب (بالمتر أو بالديسيمتر) يتم اختيار العداد المناسب و المرفق ضمن ملحقات الجهاز.

٤) ضبط قاعدة الإبصار بالجهاز

وذلك حتى تتساوى مع قاعدة الإبصار عند مستخدم الجهاز و أيضا توضيح الرؤية حسب قوة الإبصار عند مستخدم الجهاز.

٥ -٨ مرحلة التوجيه المطلق

بعد الانتهاء من تنفيذ كل من مرحلة التوجيه الداخلي و مرحلة التوجيه النسبي نحصل على النموذج المجسم لمنطقة التداخل بين الصورتين الجويتين المستخدمتين في الجهاز. أي أننا سنتمكن من رؤية الأهداف في الجهاز بأبعادها الثلاثة (الطول و العرض و الارتفاع) ، ولكن هذه الأبعاد الثلاثة لن تكون متطابقة تماما مع مثيلاتها في الطبيعة على الأرض. وسوف نحصل على التطابق التام بين ما هو موجود بالجهاز وما هو في الطبيعة بعد تنفيذ مرحلة التوجيه المطلق بشكل كامل.

٥ -٨ -١ تعريف مرحلة التوجيه المطلق

هي المرحلة الثالثة و الأخيرة من مراحل عملية التوجيه و هي عبارة عن الخطوات اللازم تنفيذها حتى تتطبق أبعاد النموذج المجسم الثلاثة (الطول و العرض و الارتفاع) في الجهاز على الأبعاد الثلاثة المناظرة لها على الأرض و بذلك يمكن الاعتماد على البيانات المستنتجة من النموذج أنها صحيحة مطابقة للحقيقة.

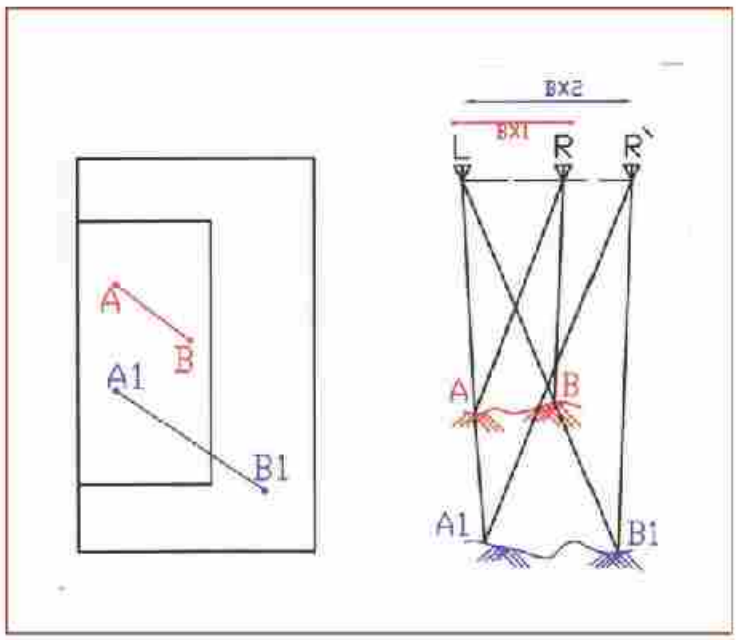
٥ -٨ -٢ خطوات تنفيذ مرحلة التوجيه المطلق

يتم تنفيذ مرحلة التوجيه المطلق في خطوتين اثنتين علما بأن كل خطوة يتم تنفيذها في عدة خطوات و لكل خطوة متطلبات و حسابات و مفاتيح خاصة بها في الجهاز وذلك حسب نوع الجهاز المستخدم. و هاتين الخطوتين بالترتيب و بشكل مبسط هما:

الخطوة الأولى: ضبط مقياس رسم النموذج المجسم

كما تم توضيحه سابقا في موضوع نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوى فإننا نحتاج لتنفيذ هذه الخطوة إلى ثلاث نقاط ضبط أرضى أفقية (اثنتين للضبط و الثالثة للتحقيق) و أن تكون أبعد ما يمكن عن بعضها البعض وفي هذه الخطوة يتم ضبط الطول و العرض للنموذج المجسم و هذا يعني ضبط مقياس الرسم للنموذج المجسم و بعد الانتهاء من تنفيذ هذه الخطوة ستكون كل القياسات الطولية (الطول أو العرض) للأهداف و الخرائط التفصيلية الناتجة من الجهاز صحيحة مطابقة للحقيقة من حيث الأطوال أو الاتجاهات. ويخصص لهذه الخطوة عدة مفاتيح بالجهاز منها "BX" وأخرى حسب نوع الجهاز المستخدم.

و الشكل ٥ -١٩ ، يوضح شكل النموذج المجسم و به اختلاف في مقياس الرسم عن المقياس الصحيح. حيث إن BX1 تشير إلى قيمة BX قبل التصحيح أما BX2 فهي تشير إلى قيمة BX المصححة التي تحقق قيمة مقياس الرسم الصحيح الحقيقي الذي يوفر لنا الأبعاد الصحيحة المتطابقة مع الواقع.



الشكل: ٥ -١٩ ضبط مقياس النموذج المجسم ليماثل الطبيعة

ولكي يتم ضبط مقياس رسم النموذج المجسم يجب تنفيذ الخطوات التالية:

١) حساب متوسط طول خط القاعدة الجوي بين الصورتين المستخدمتين ثم حساب قيمةBX التقريبية أو استنتاج قيمتها من الجداول المرفقة مع الجهاز وأيا من هاتين الطريقتين تكون حسب الجهاز المستخدم و ذلك حسب نوع الجهاز و المعادلات الخاصة به وأيضا الجداول المرفقة معه ثم تثبيت هذه القيمة التقريبية على مفتاح BX الخاص بها الموجود بالجهاز.

٢) اختيار قيمة مقياس رسم الخريطة و ذلك باختيار القيمة المناسبة لذلك من الكاتالوج الخاص بالبانتوجراف الملحق بالجهاز و تثبيت أذرع البانتوجراف على الوضع الذي يحقق تلك القيمة و ينفس الشكل الموضح في الكاتالوج.

٣) يتم اختيار نقطتين أفقيتين (من نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوي الأفقية التي ستستخدم) ثم تحديد مكانهما على اللوحة التي سيتم الرسم عليها باستخدام مقياس رسم الخريطة المطلوب الرسم به.

٤) توضع علامة القياس بالجهاز على إحدى النقطتين و تثبت اللوحة على البانتوجراف بحيث تكون النقطة المحددة على اللوحة تحت قلم الراسم بالضبط (يعني عند رؤية النقطة بالجهاز يكون نظيرها على اللوحة تحت قلم الراسم بالضبط) و لتكن هذه النقطة (A) مثلا.

٥) نتحرك بعجلة الارتفاع حتى نقف عند نقطة الضبط الأخرى و لتكن هذه النقطة (B) مثلا.

٦) نحرك اللوحة المثبتة على الراسم بحيث تظل النقطة الأولى ثابتة في نفس مكانها (تدوير اللوحة) و حتى تكون النقطة الثانية أقرب ما يمكن من مكانها بالجهاز أي أن الخط الواصل بين النقطتين الحقيقيتين ينطبق على نظيره في الجهاز ثم توقيع مكان النقطة الثانية.

٧) إذا كان المكان الخاص بالنقطة الثانية الموقعة من الجهاز للداخل أي أن الخط المرسوم بالجهاز أقل من الخط الموقع من قبل على اللوحة فهذا يعني أن مقياس رسم النموذج المجسم أصغر من المفروض و يجب تكبير قيمته (و العكس بالعكس)، و يتم ذلك بزيادة قيمة طول خط قاعدة النموذج بالجهاز وهذا بتحريك المفتاح الخاص بعنصر BX بالزيادة ثم نقارن بين الطول الجديد للخط بالنموذج و الطول الموقع سابقا على اللوحة، علما بأنه إذا تم تغيير قيمة BX فسوف يتغير موضع النقطة الأولى (A) ولهذا فيجب علينا أن نبدأ في تنفيذ الخطوات من جديد باستخدام القيمة الجديدة لقاعدة التصوير التقريبية بالجهاز.

٨) تكرر الخطوات من الرابعة و حتى السابعة عدة مرات (طريقة المحاولة و الخطأ) حتى تطبق النقطتان على نظيرتيهما بالنموذج المجسم بالجهاز تماما و في نفس الوقت فيكون الوضع الصحيح النهائي هو الخط A1B1 كما هو موضح بالشكل ٥ -١٩، (أي بتطبيق طريقة المحاولة و الخطأ حتى الوصول للوضع الصحيح المطلوب).

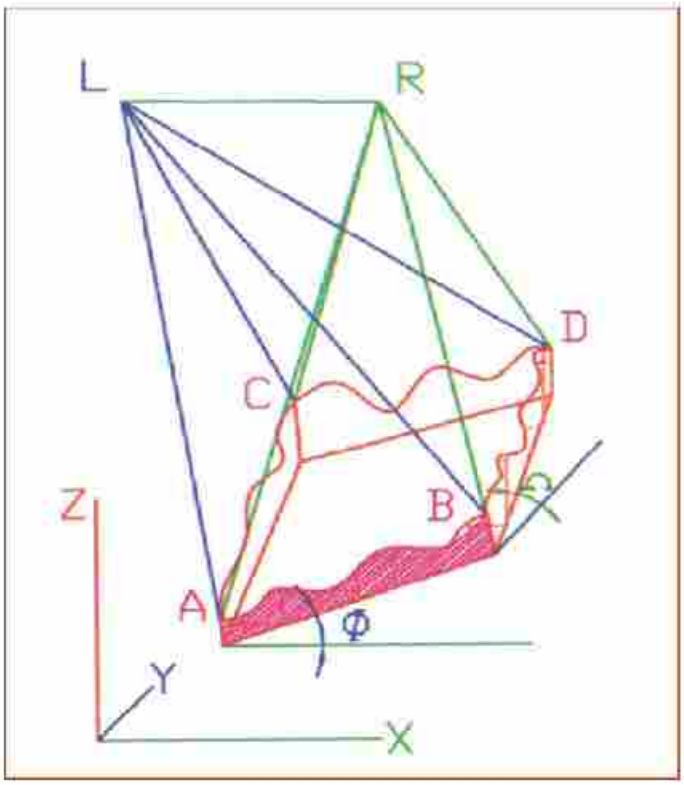
٩) يجب استخدام نقطة الضبط الأرضي للمسح الجوي الأفقية الثالثة للتحقيق من صحة ضبط مقياس النموذج المجسم و التي يفضل أن تكون أبعد ما يمكن من النقطتين المستخدمتين سابقا و ذلك بالتحقق من أن موضعها على الخريطة يناظر موقعها في الجهاز بالضبط دون الحاجة إلى تغيير في قيمة BX و لن يكون المقياس مضبوط تماما في النموذج كله إلا إذا تم توقيع النقاط الثلاثة بشكل صحيح و في نفس الوقت و إلا يتم تكرار الخطوات السابقة مرة أخرى.

علما بأنه يمكن استخدام بعض القواعد الحسابية في تنفيذ هذه الخطوة ألا أن الاعتماد في الأجهزة الميكانيكية يكون على الخطوات العملية و هنا نجد أن الخبرة العملية و المهارة الفنية تلعب دورا مؤثرا في صحة و سرعة تنفيذ الخطوة.

تدريب عملي ٥ -٨

الخطوة الثانية: ضبط مناسيب النموذج المجسم

بعد ضبط مقياس رسم النموذج ينبغي تسوية النموذج حتى يطابق الطبيعة من حيث المناسيب ويكون ذلك بإزالة الميل الطولي والميل العرضي، الشكل ٥ -٢٠، وكما تم توضيحه سابقا أيضا في موضوع نقاط الضبط الأرضي فإننا نحتاج لتنفيذ هذه الخطوة إلى أربع نقاط ضبط أرضي رأسية (ثلاثة للضبط و الرابعة للتحقيق) و يفضل أن تكون موزعة في الأركان قدر الإمكان وفي هذه الخطوة يتم ضبط المناسيب (الارتفاع و الانخفاض) للنموذج المجسم وذلك بإزالة الميل العرضي (في إتجاه الصادات) للنموذج كله باستخدام مفتاح (كومن إوميجا Ω) "عنصر أوميجا المشترك للصورتين معا " أو البديل له وذلك حسب نوع وحداثة الجهاز المستخدم) وإزالة أيضا الميل الطولي(في إتجاه السينات) للنموذج كله باستخدام مفتاح (كومن فاي Φ)"عنصر فاي المشترك للصورتين معا " أو البديل له وذلك حسب نوع وحداثة الجهاز المستخدم) بعد ذلك يجب التحقق من صحة تمام تنفيذ هذه الخطوة وذلك باستخدام النقطة الرابعة.



الشكل: ٥ -٢٠ الميل العرضي والطولي في النموذج المجسم

ولكي يتم ضبط مناسيب النموذج المجسم يجب تنفيذ الخطوات التالية:

١) اختيار عداد قياس المناسيب الذي يتناسب مع أكبر قيمة فرق في المناسيب بين نقاط النموذج المجسم و تحديد مقدار دقة العداد و وحدة القياس التي ستستخدم و نوعها (المترأم القدم) ثم تثبيته في المكان المخصص له.

٢) يتم إزالة الميل العرضي بالنموذج المجسم و ذلك باستخدام مفتاح كومن إوميجا Ω وعدة مفاتيح أخرى و ذلك حسب الجهاز المستخدم و هذا يتم بتنفيذ الخطوات التالية:

- توضع علامة القياس بالجهاز على إحدى نقاط الضبط الأرضي للمسح الجوى الرأسية المختارة لهذا الغرض و لتكن (A) مثلا.
- نحرك المسمار الخاص بقراءة عداد الارتفاع حتى نجعل قراءة عداد الارتفاع يقرأ نفس قيمة منسوب النقطة (A) الصحيح الحقيقي.
- نتحرك بعلامة القياس في الجهاز حتى نقف عند نقطة ضبط أخرى بالنموذج و لتكن (C) مثلا وذلك بشرط أن تكون في الاتجاه العرضي (الصادات).
- نأخذ قراءة المنسوب للنقطة (C) من على تدريج عداد قراءة المناسيب بالجهاز فإذا كانت القيمة المأخوذة من العداد تتساوى مع قيمة منسوب النقطة المعلوم لدينا سابقا فذلك يعني أنه لا يوجد ميل عرضي بالنموذج المجسم.
- إذا كانت قيمة منسوب النقطة (C) المرصودة من الجهاز لا تتساوى مع القيمة المعلومة لدينا مسبقا فذلك يعني وجود ميل عرضي و هو يتم إزالته باستخدام مفتاح كومن إوميجا Ω حيث يتم إزالة نصف قيمة الخطأ به أما النصف الآخر من الخطأ فيتم تصحيحه باستخدام مفتاح الحركة الرأسية بالعداد (أو يتم تصحيح الخطأ حسب الطريقة المناسبة للجهاز و ذلك طبقا لما يتناسب مع إمكانيات الجهاز).
- يتم تكرار كل هذه الخطوات السابقة حتى تحصل على قيمة منسوب النقطة (C) على تدريج العداد دون الحاجة إلى تغيير القراءة وبذلك يكون قد تم إزالة الميل العرضي كاملا من النموذج المجسم بالجهاز.

٣) يتم إزالة الميل الطولي بالنموذج المجسم و ذلك باستخدام مفتاح كومن فاي Φ عنصر فاي المشترك للصورتين معاً وعدة مفاتيح أخرى و ذلك حسب الجهاز المستخدم و هذا يتم بتنفيذ الخطوات التالية :

- نضع علامة القياس (النقطة العائمة) على النقطة (A) مرة أخرى بالنموذج المجسم بالجهاز ثم نضبط تدريج عداد الارتفاع مرة أخرى ليقرأ منسوب النقطة (A) الحقيقي المعلوم مسبقا.
- نتحرك بالجهاز إلى نقطة أخرى بالنموذج بشرط أن تكون في الاتجاه الطولي للنموذج (إتجاه السينات) و لتكن (B) مثلا.
- نأخذ قراءة المنسوب للنقطة (B) من على تدريج عداد قراءة المناسيب بالجهاز فإذا كانت القيمة المأخوذة من العداد تتساوى مع قيمة منسوب النقطة المعلوم لدينا سابقا فذلك يعني أنه لا يوجد ميل طولي بالنموذج المجسم.
- إذا كانت قيمة منسوب النقطة (B) المرصودة من الجهاز لا تتساوى مع القيمة المعلومة لدينا مسبقا فذلك يعني وجود ميل طولي و يتم إزالته باستخدام مفتاح كومن فاي Φ حيث يتم إزالة نصف قيمة الخطأ به أما النصف الآخر من الخطأ فيتم تصحيحه باستخدام مفتاح الحركة الرأسية بالعداد (أو يتم تصحيح الخطأ حسب الطريقة المناسبة للجهاز و ذلك طبقا لما يتناسب مع إمكانيات الجهاز).
- يتم تكرار كل هذه الخطوات السابقة حتى تحصل على قيمة منسوب النقطة (B) على تدريج العداد دون الحاجة إلى تغيير القراءة وبذلك يكون قد تم إزالة الميل الطولي كاملا من النموذج المجسم بالجهاز.

٤) التحقيق و تصحيح النموذج كله و ذلك باستخدام نقطة ضبط أرضي للمسح الجوى ارتفاع رابعة و لتكن مثلا (D) و ذلك برصد قيمة منسوبها من على عداد الارتفاع بالجهاز ثم مقارنة القيمة المرصودة من العداد و القيمة المتوفرة لدينا فإذا تساوت القيمتان فيدل ذلك على أن النموذج خالي تماما و كلياً من الميل الطولي و الميل العرضي أيضا و بمعنى أنه قد تمت تسوية النموذج. أما إذا اختلفت القيمة المرصودة و القيمة المعلومة بفرق صغير في حدود المسموح به فيتم تصحيحها بالتوزيع على النقاط الأربع المستخدمة في عملية الضبط بالتساوي بمعنى أنه يتم تصحيح الخطأ الموجود مناصفة بين مفتاحي كومن إوميجا Ω و مفتاح كومن فاي Φ (أو يتم تصحيح الخطأ حسب الطريقة المناسبة للجهاز و ذلك طبقا لما يتناسب مع إمكانيات الجهاز). أما إذا كانت قيمة الخطأ كبيرة و غير مسموحا بها فيجب إعادة عملية ضبط تسوية النموذج من جديد مرة أخرى . حتى نحصل على قيمة منسوب النقطة (D) المرصود يساوي قيمة المنسوب المعلوم تماما.

و بعد الانتهاء من تنفيذ هذه الخطوة و التحقق منها ستكون كل القياسات الخاصة بالمناسيب أو الخرائط الكنتورية الناتجة من الجهاز صحيحة مطابقة للحقيقة.

تدريب عملي ٥ -٩

٥ -٩ تطبيقات مساحية على استخدامات المساحة الجوية في الأعمال المساحية

إن الانتهاء من تنفيذ عملية التوجيه بمراحلها الثلاثة يعني أنه يمكننا الآن الاعتماد على القياسات و المعلومات المستنتجة من النموذج المجسم وأنها ستكون مطابقة للحقيقة و فيما يلي سوف نتعرض بشيء من الاختصار لبعض الأعمال المساحية و التي يمكن أن يتم تنفيذها باستخدام جهاز الرسم التجسيمي إن شاء الله تعالى.

٥ -٩ -١ رصد منسوب أي نقطة في النموذج المجسم

يمكن الحصول على قيمة منسوب أي نقطة في النموذج المجسم و ذلك بإجراء الخطوات التالية:

١) الوقوف بالنقطة العائمة (علامة القياس المستخدمة بالجهاز) على النقطة المطلوب معرفة منسوبها تماما.

٢) إزالة الانفصام السيني الموجود عند هذه النقطة باستخدام عجلة الارتفاع .

٣) قراءة التدريج الخاص بعداد الارتفاع بالجهاز مع مراعاة قيمة وحدة التدريج المستخدمة هل هي بالمتر أم بالديسيمتر وذلك حسب الخطوات المتبعة عند تركيب عداد الارتفاع بها يتناسب مع أقصى فرق ارتفاع موجود بالنموذج المجسم .

تدريب عملي ٥ -١٠

٥ -٩ -٢ رسم الخريطة التفصيلية لمنطقة النموذج المجسم

عندما يكون مطلوب رسم الخريطة التفصيلية لجزء من النموذج المجسم الموجود بالجهاز فإنه يجب علينا اتباع الآتي:

١) استخدام الصور الجوية(الورقية) و أيضا أجهزة الإستريوسكوب وكذلك إذا توفرت لدينا الخرائط القديمة للمنطقة لأخذ فكرة مسبقة عن طبيعة المنطقة و محتوياتها قبل البدء في الرسم.

٢) بعد تنفيذ عملية التوجيه كاملة بكل خطواتها يجب على مستخدم الجهاز المحافظة دائما على وضع علامة القياس ملامسة لحدود الهدف الذي يتم رسمه.

٣) يفضل البدء برسم الأهداف و الحدود الكبيرة أو الممتدة مثل الطرق الرئيسية و المناطق الزراعية و حدود الكتل السكنية أو الصناعية.

٤) ثم رسم الأهداف المتكررة حتى لا يتم ترك جزء من الخريطة بدون رسم.

٥) دائما يتم مراجعة ما يتم رسمه من الخريطة مع ما هو موجود على الصور المتوفرة أو الخرائط القديمة إذا أمكن حتى يتم تصحيح الرسم أولاً بأول.

٦) استخدام الممحاة عند رسم جزء خطأ و إعادة رسمه مرة أخرى فورا حتى لا يترك فينسى.

٧) بعد الانتهاء من رسم كل المعالم التفصيلية يتم مراجعة الخريطة ككل للتأكد من عدم نسيان أي هدف بدون رسم و أيضا للتأكد من عدم وجود أخطاء بالخريطة المرسومة.

٨) بعد ذلك يتم مراجعة الخريطة حقليا(أي بمقارنتها بالطبيعة و التحقق من صحة رسمها و التأكد من صحة المناسيب أيضا)إن أمكن ذلك ثم تحديد مسميات الأهداف المرسومة على الخريطة من مباني حكومية و مساجد و مساكن و غيرها و رموزها.

٩) ثم يتم بعد ذلك تحبير الخريطة و استكمال العناصر الفنية لها و هنا يمكننا أن نستخدم الأدوات الهندسية الخاصة بالرسم لتساعدنا على سرعة الرسم وحسن إخراج الخريطة مع مراعاة المواصفات المناسبة للخريطة التي يتم رسمها.

تدريب عملي ٥ - ١١

٥ -٩ -٣ رسم الخريطة الطبوغرافية لمنطقة النموذج المجسم

عندما يكون مطلوب رسم الخريطة الطبوغرافية لجزء من النموذج المجسم الموجود بالجهاز فإنه يجب علينا اتباع الآتي:

١) استخدام الصور الجوية(الورقية) و أيضا أجهزة الاستريوسكوب وكذلك إذا توفرت لدينا الخرائط القديمة للمنطقة لأخذ فكرة مسبقة عن طبيعة المنطقة و محتوياتها قبل البدء في الرسم.

٢) يتم الاستعانة بنقاط الضبط الأرضي للمسح الجوى للارتفاع المتوفرة بالمنطقة حيث يتم إسقاطها (تحديد مكانها على الخريطة) حتى نبدأ بالمنسوب الصحيح.

٣) المحافظة دائما على وضع علامة القياس ملامسة لسطح الأرض حتى نضمن ثبات المنسوب الذي يتحرك فيه الجهاز.

٤) يفضل البدء برسم خطوط الكنتور المتباعدة أولا ثم رسم خطوط الكنتور بشكل متتالي.

ثم نرسم خطوط الكنتور للمناطق المسطحة قليلة التضاريس.

٥) دائما يتم مراجعة ما يتم رسمه من الخريطة مع ما هو موجود على الصور المتوفرة أو الخرائط القديمة إذا أمكن حتى يتم تصحيح الرسم أولاً بأول.

٦) استخدام الممحاة عند رسم جزء خطأ و إعادة رسمه مرة أخرى فورا حتى لا يترك فينسى.

٧) بعد الانتهاء من رسم كل خطوط الكنتور في الخريطة يتم مراجعة الخريطة ككل للتأكد من عدم نسيان جزء بدون رسم و أيضا للتأكد من عدم وجود أخطاء بخطوط الكنتور المرسومة.

٨) بعد ذلك يتم مراجعة الخريطة حقليا إذا أمكن ذلك (أي بمقارنتها بالطبيعة و التحقق من صحة رسمها و التأكد من صحة المناسيب أيضا).

٩) تحبير الخريطة و استكمال العناصر الفنية لها و هنا يمكننا أن نستخدم أيضا الأدوات الهندسية الخاصة بالرسم لتساعدنا على سرعة الرسم وحسن إخراج الخريطة مع مراعاة المواصفات المناسبة للخريطة التي يتم رسمها.

تدريب عملي ٥ -١٢

٥ -١٠ صيانة أجهزة المساحة الجوية

عند العمل بأحد أجهزة المساحة الجوية فإنه يجب علينا العناية الفائقة بهذه الأجهزة حتى تستمر الأجهزة على نفس المستوى من الكفاءة التي توفر لنا دائما الحصول على النتائج الدقيقة وأيضا السريعة و تلك الصيانة تتم بشكل دوري وأيضا بشكل يومي.

٥ -١٠ -١ الصيانة اليومية

هناك عدة خطوات يجب تنفيذها عند كل جلسة عمل على جهاز المساحة الجوية وهي:

١) تشغيل مفتاح توصيل التيار الكهربائي بالجهاز قبل الضغط على مفتاح تشغيل الجهاز نفسه.

٢) إزالة الغبار والأتربة من على الألواح الزجاجية بالجهاز وأيضا من على العدسات الخاصة بالرؤية حتى توفر لنا الرؤية الواضحة.

٣) إزالة الغبار والأتربة من على جميع أجزاء الجهاز لضمان سهولة التحرك بعجلة التتبع وكذلك سهولة استخدام المفاتيح المتوفرة بالجهاز.

٤) عند الانتهاء من استخدام إحدى الأدوات الملحقة بالجهاز يجب إعادتها إلى المكان الخاص بها مرة أخرى للحفاظ عليها.

٥) إزالة الأتربة من على أذرع وكذلك لوحة البانتوجراف.

٦) إطفاء لمبات اللوحة المضيئة الملحقة بالجهاز عند الانتهاء من تثبيت الصور على الألواح الزجاجية.

٧) إطفاء الجهاز عند الانتهاء من جلسة العمل اليومي باستخدام المفتاح الخاص بذلك في الجهاز ثم فصل التيار الكهربائي نهائيا عن الجهاز.

٨) تغطية الجهاز عند الانتهاء من العمل اليومي، وأيضا تغطية لوحة الرسم وأذرع البانتوجراف.

٥ -١٠ -٢ الصيانة الدورية

والخطوات التي يتم تنفيذها بشكل دوري للحفاظ على الجهاز تتمثل في تنفيذ التالي:

١) أن يتم فحص الجهاز و معايرته بشكل سنوي و ضبطه و ذلك من قبل الفني المتخصص في معايرة و صيانة هذه النوعية من الأجهزة.

٢) يجب تغيير اللمبات الخاصة بمصابيح الإضاءة بالجهاز و أيضا اللمبات الخاصة بالعلامات العائمة و أيضا لمبات اللوحة المضيئة عند الحاجة لذلك للحصل على أفضل إضاءة و أوضح رؤية.

٣) تنظيف العدسات بالسائل الخاص بذلك بشكل دوري.

٤) يجب تغيير الياي (السستة) الخاصة بالأذرع الفراغية الموجودة بالجهاز بشكل دوري أو عند الحاجة لذلك.

٥) تغيير اللوحة البلاستيكية التي توضع على لوحة التحرك بالجهاز بشكل دوري لضمان سهولة حركة عجلة التتبع أثناء العمل على الجهاز.

الفصل السادس

نماذج وتطبيقات من مخرجات الصور الجوية

الفصل الخامس: نماذج وتطبيقات من مخرجات الصور الجوية*[1]

تمهيد:

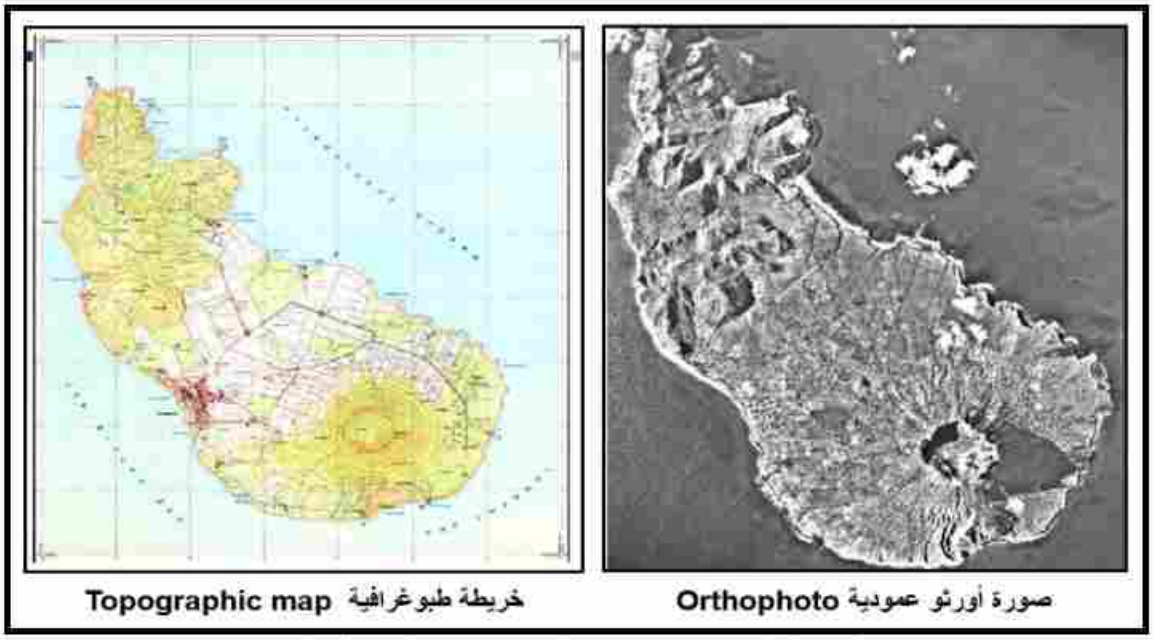
يمكن من خلال الصور الجوية إنتاج العديد من البيانات المختلفة لعل أهمها الخرائط الطبوغرافية والمخططات الهندسية، ونماذج الإرتفاعات الرقمية، إضافة إلي الصور المصححة بدقة عالية والتي تسمى بالخرائط المصورة أو الصور الأورثو (Orthophoto)، والصور الجوية في مراحلها الأولية Aerial Photos، ومجسمات الصور Stereo Photos، الصور الرادارية. ويمكن تناول كل واحدة منها على النحو التالي:-

(أ) الخرائط الطبوغرافية:

تستخدم الصور الجوية في إنتاج الخرائط والمخططات المساحية، حيث يمكن أن يستخدم لإنتاج هذه الخرائط صوراً جوية مفردة عالية الدقة المكانية تقل عن ١٥ سم في حالة المناطق العمرانية، وهي تعطي بعدين فقط للمعلم الجغرافي (2D)، وكذلك يمكن أن نتتج من زوجيات الصور بعد ضبطها وإحكامها بعمل التثليث الجوي، بالإضافة إلي الصور المجمعة التي يطلق عليها موزايك وهي عبارة عن مجموعة من الصور الجوية الملتقطة مجاورة لبعضها ويتم دمجها وتجميعها في صورة واحد، وبالتالي يمكن عمل مخططات للمشاريع المختلفة ورسم المباني والأحواض الزراعية بشكل واضح ومتكامل، كما يمكن الحصول منها على قياسات للأطوال والمساحات شكل (٨٤).

---

* محمد الراوي نذراوي، جودة فتحي التركماني : التصوير الجوي – أسس وتطبيقات، دار الثقافة العربية، القاهرة، ٢٠١٦م،ص ١٢٩-١٥٠.

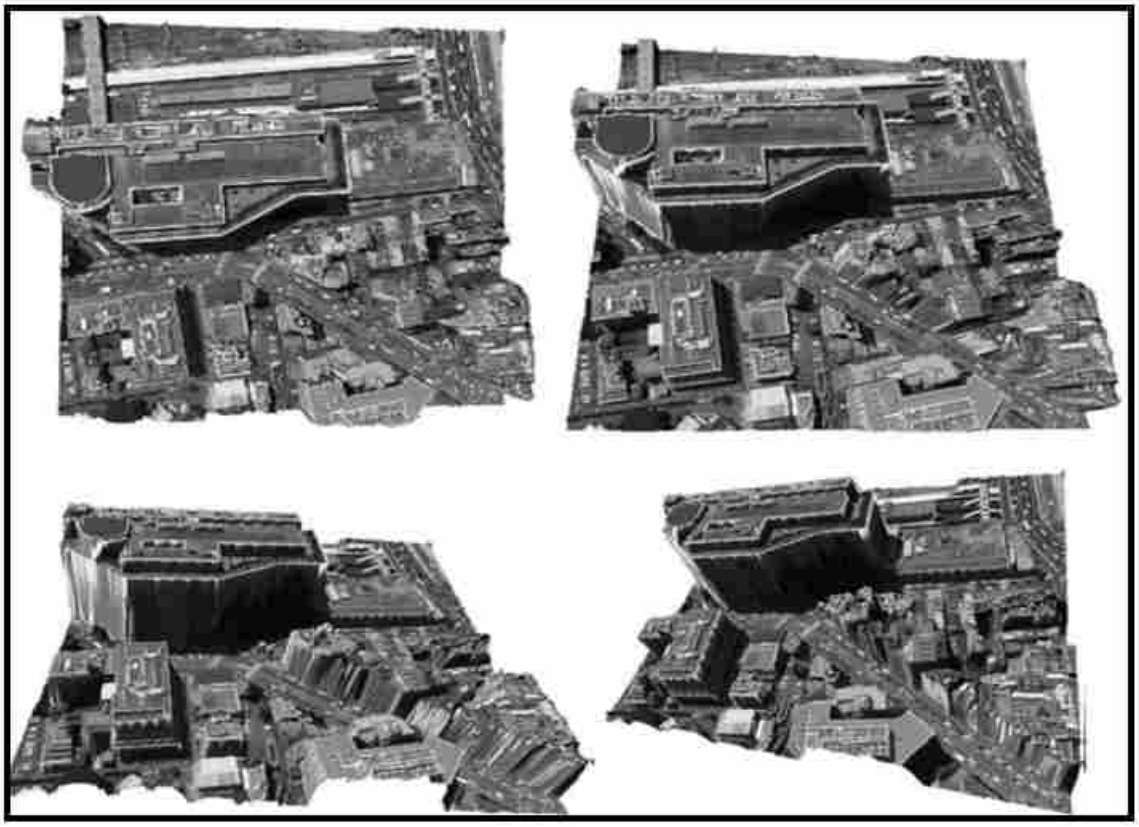


شكل (١) نماذج لمخرجات الصور الجوية (خرائط طبوغرافية، صور رأسية)

(ب) المجسمات ثلاثية الأبعاد 3D:

يمكن من خلال تصوير المنطقة بأكثر من جانب أو ما يسمى بزوجيات الصور Stereo Pairs إنتاج المجسمات والأشكال ثلاثية الأبعاد، حيث يتم عمل النماذج لمناطق التداخل بين الصور الجوية الملتقطة، باستخدام برامج وأجهزة خاصة، وبالتالي يمكن الحصول منهما على منظر مجسم (ثلاثي الأبعاد 3D) للمنطقة المشتركة بين الصورتين، واستخلاص المعلومات منها، ومن أهم هذه البرامج برنامج Erdas Imagine، ومن الأجهزة جهاز Stereoscopic vision device.

تعد التغطية المجسمة Stereo Coverage هي عبارة عن تصوير للمنطقة من اتجاهات مختلفة، وبالتالي يمكن رؤية المباني على سبيل المثال داخل الصورة الجوية من اتجاهات مختلفة كما في شكل (٨٥)، حيث يستخدم في تصويرها نماذج منظمة بأساليب المسح التصويري، أما الظاهرات التي يتم تصويرها صورة واحدة فقط لا يمكن أن يطلق عليها صور مجسمة (stereo).



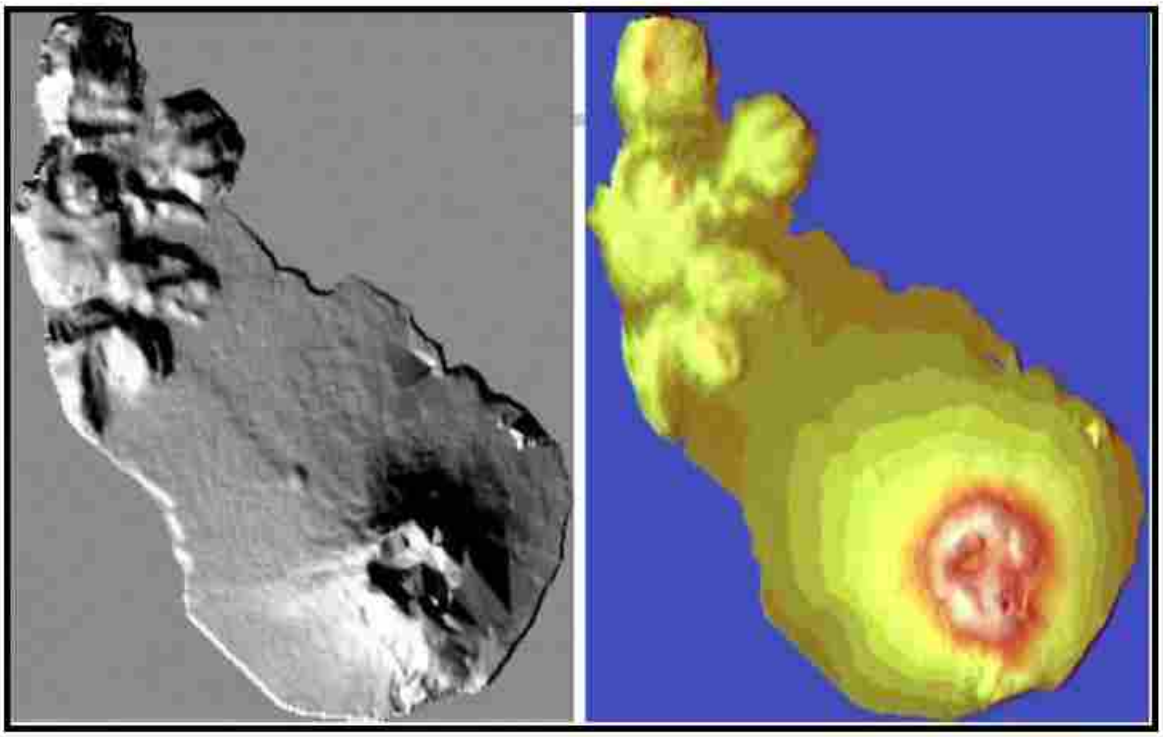
شكل (٢) نموذج للرؤية المجسمة لمبنى من الإتجاهات الأربعة

تتطلب عملية التجسيم من زوجيات الصور (stereo pairs) أن تكون هناك نسبة تداخل بمقدار ٦٠٪ بين الصور المتتالية على نفس خط الرحلة (strips) وهي ما يطلق عليها اسم التداخل الأمامي (overlap) أو التداخل الخلفي (endlap)، كما يتطلب أيضاً نسبة تداخل جانبي (sidelap) بمقدار ٣٠ %، وهو تداخل بين الصور في موضع خطوط طيران متتالية، كذلك يطلق على منطقة التداخل الجانبي (cross strips)، مع ضرورة استخدام أنظمة (GPS) في عملية المسح الجوي، ومن مميزات نظام تحديد المواقع (GPS) للمسح الجوي أنها لا تقل أهمية عن نقاط الربط الأرضية المطلوبة لتعديل الصور بشكلها النهائي، وبالتالي توفر كمية كبيرة من نقطة الربط بين الصور المتتالية وصور المسار التالي لخط الطيران، وتعد نقاط الربط المنتجة آليا (tie points) مفيدة جداً في عملية التمثيل لزوجيات الصور وهي ضرورية لعملية التثليث الجوي الفعال وأعمال المسح 3D. (eThekwini Municipality, 2015)

(ج) نماذج الإرتفاعات الرقمية DEM

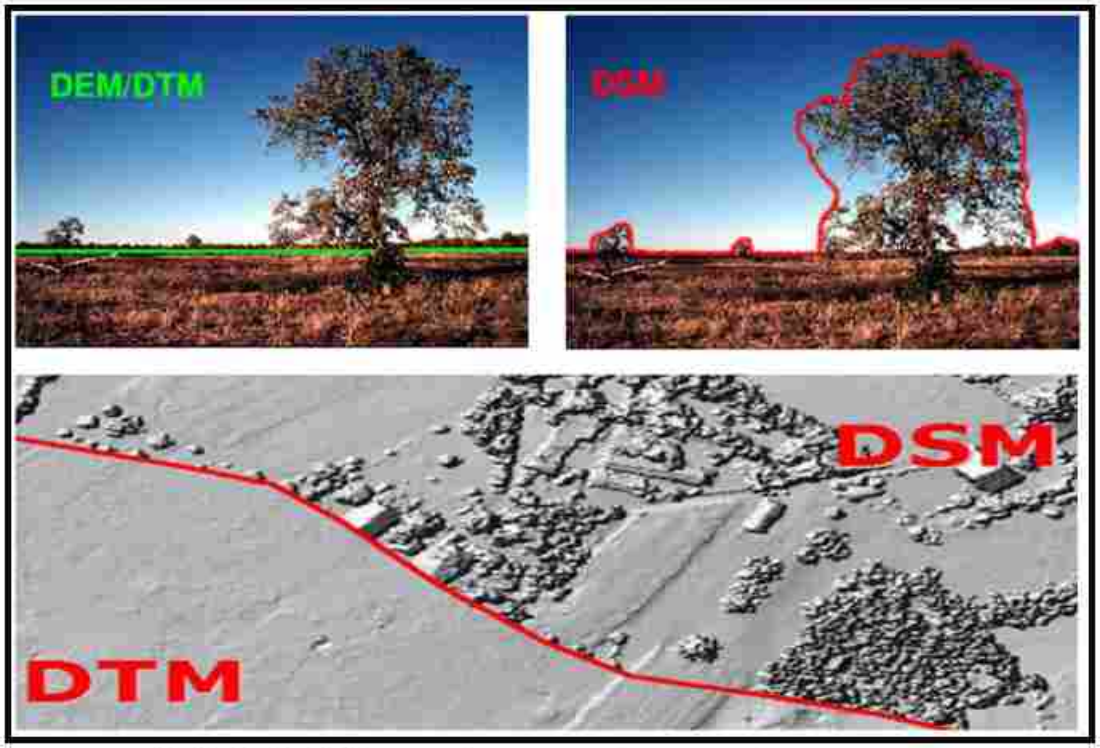
تنتج نماذج الإرتفاعات الرقمية (DEM) من زوجيات الصور الجوية، وهي عبارة عن بيانات تستخدم في تمثيل تضاريس سطح الأرض شكل (٨٨)، وتنتج باستخدام برامج متخصصة

مثل برنامج Erdas Imagine، وبرامج ميكروستيشن Microstation. بعد إتمام عملية التثليث الجوي.

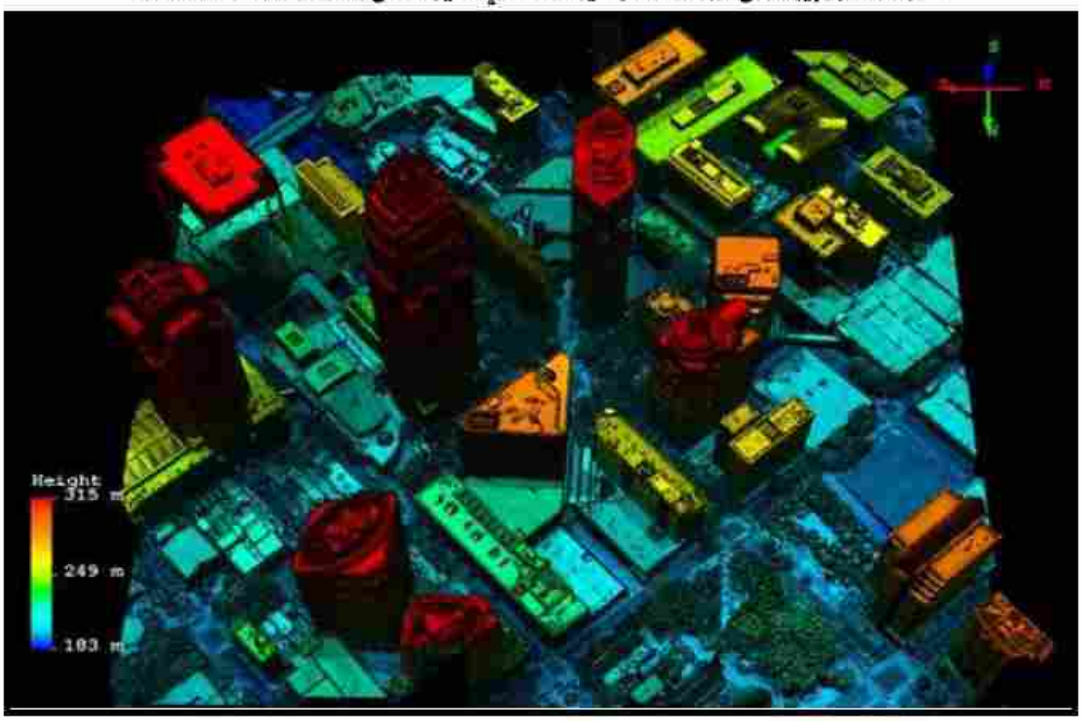


شكل (٣) نماذج لمجسمات الصور الجوية

توجد مسميات متعددة للنماذج الارتفاعات الرقمية فهناك نموذج Digital Elevation Model وهو نموذج لتمثيل تضاريس سطح الأرض مع تجاهل ارتفاعات المباني والاشجار أو ما يسمى Digital Terrain Model، كذلك يوجد نموذج آخر لتمثيل تضاريس السطح وهو يضع في الاعتبار ارتفاعات المباني والأشجار وهو أكثر دقة في تمثيل التضاريس وتوضيح المعالم المتنوعة وهو ما يسمى بـــ Digital Surface Model كما يوضحه شكلي (٨٩، ٩٠).



شكل (٤) الفرق بين نماذج الارتفاعات الرقمية المختلفة في تمثيل السطح (DTM, DEM, DSM)



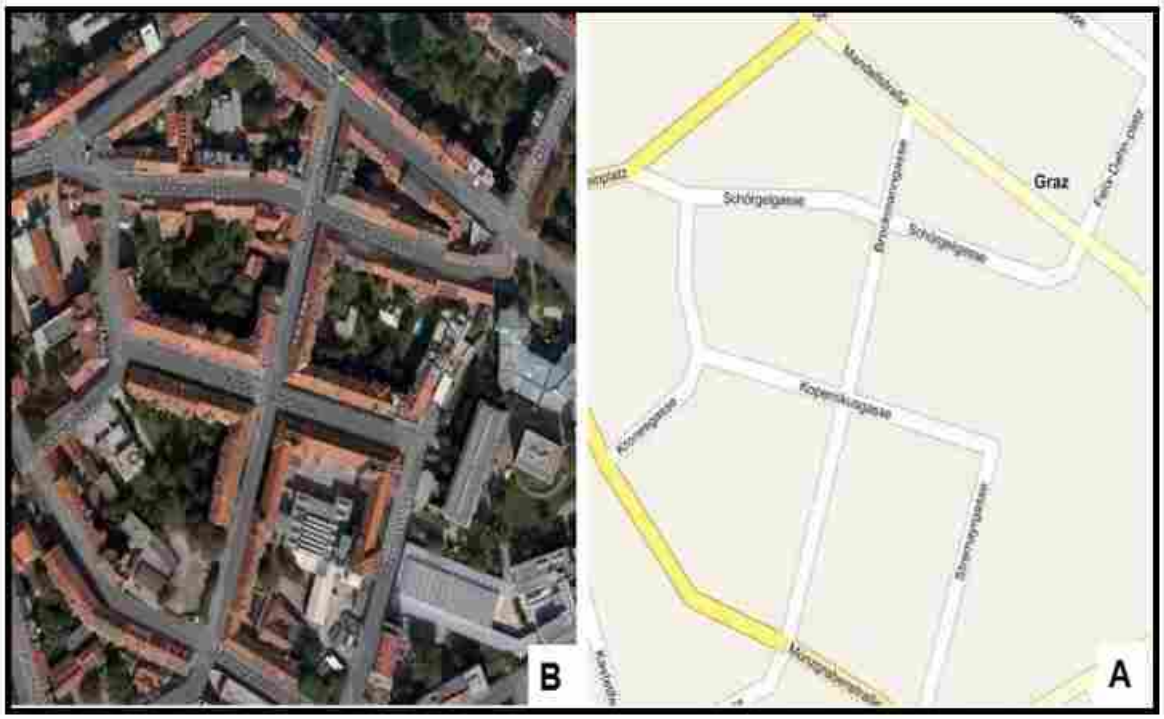
ش كل (٥) نموذج يوضح نموذج السطح الرقمي (DSM)

(د) الصور الأورثو أو الرأسية (Orthophotography)

الصور الرأسية هي صور جوية تم تصحيحها بدقة عالية، كما أنها تحتوي على المظاهر الخطية للخريطة (مثل شبكة الطرق، والحدود السياسية)، وذلك من خلال الجمع بين مبادئ

التصوير الجوي ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، وهي صور جوية يجب ألا تحتوي على أخطاء. (eThekwini Municipality, 2015)

يتضح من شكل (٩١) نموذج للخرائط الأورثو، حيث يوضح الشكل (A) صورة لشبكة الطرق من خرائط Bing Maps عام ٢٠٠٩، وفي الصورة (B) تظهر صورة جوية بدقة أرضية ١٠ سم، تم مطابقتها مع شبكة الطرق وإظهار مسمياتها مع اخفاء لون طبقة شبكة الطرق لتظهر في شكل يسمى (Hybrid) وهو من أفضل الصور الرأسية orthophoto التي تربط بين الصور الجوية والخرائط الرقمية.



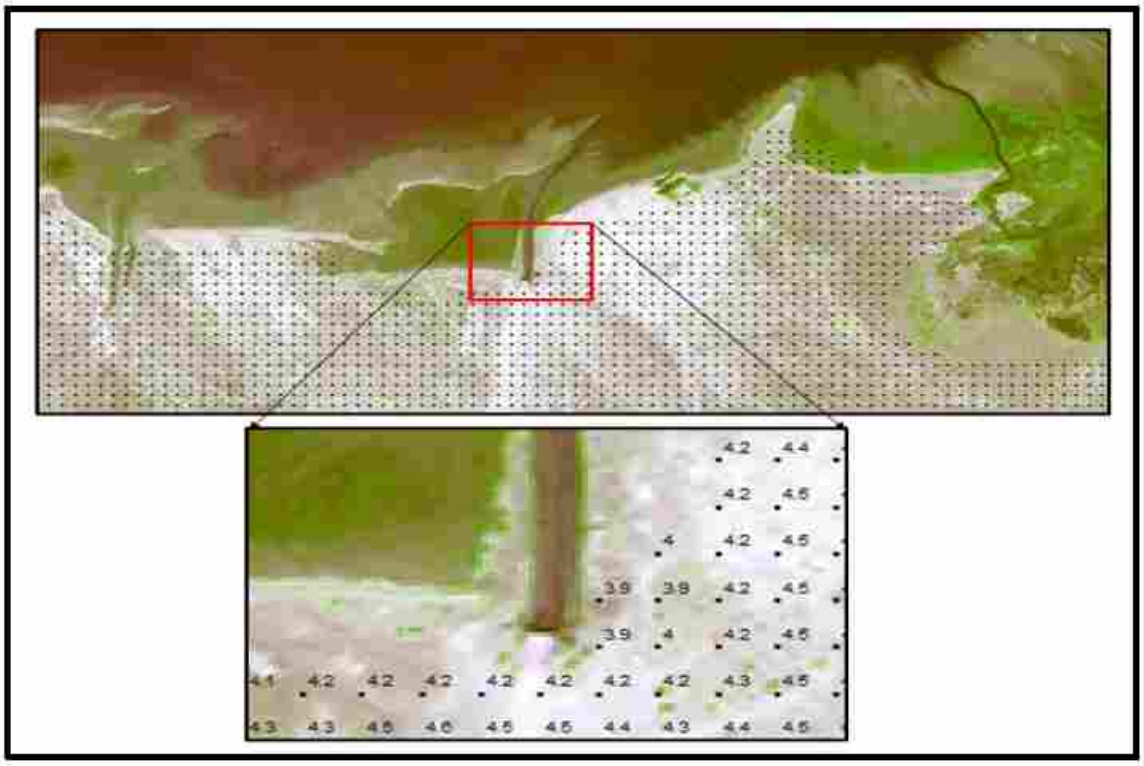
After: Philipp, 2011, p 732.

شكل (٦) نموذج للخرائط المصورة الرأسية Ortho وخرائط الطرق

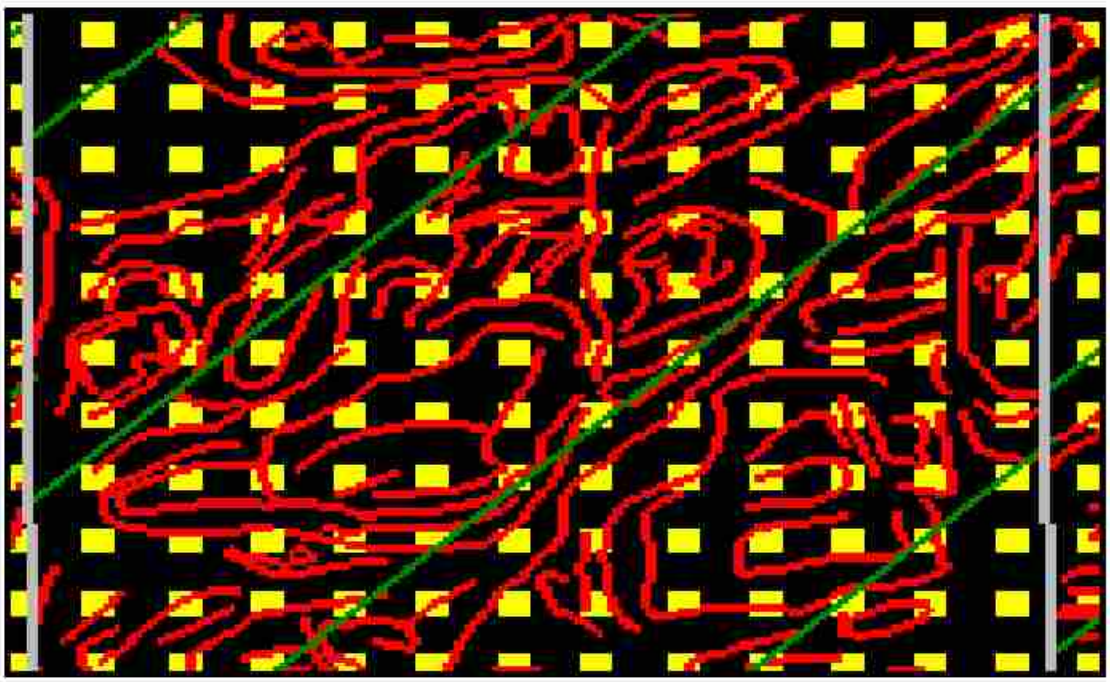
(هـ) ما يمكن رسمه من الصور الجوية:

ترسم من الصور الجوية معالم ومظاهر سطح الأرض الطبيعية والبشرية باستخدام وسائل الرسم المتعددة، ويمكن من خلال الصور الجوية جمع وحصر كل من (الأودية Wadi، شبكة الطرق Roadnetwork، المنحدرات Cliffs، التلال Ridges، خط الشاطئ Shorelines)، وذلك من خلال رسمها في شكل خطوط صلبة (Breaklines)، كما يمكن رسم نقاط الارتفاعات **(Mass points)**، بعمل شبكة من النقاط المترابطة (correlated grid) بفاصل (٢٠ متراً) شكل (٩٢)، ويتم زيادة أعداد نقاط الارتفاع في المناطق شديدة

التضرس ويقل عددها في المناطق المستوية ويخضع ذلك لعملية الفحص اليدوي الدقيق. ويوضح شكل (٩٣) نوعاً من بيانات (**DTM**) وزعت عليها شبكة من نقاط الارتفاعات وخطوط الكنتور.



شكل (٧) نموذج لنقاط الارتفاعات (Mass Points)



شكل (٨) نموذج لنقاط الارتفاعات المنتجة من المساحة الجوية

١ – شبكة الطرق: Road network

يتم رسم وإنتاج الطرق المعبدة (Paved Roads) من خلال رسم الحواف السطحية للطريق كخط مستمر (continuous line). كذلك يتم رسم الطرق غير المعبدة المرتبطة بالطرق المرصوفة، ويتم تمييز الطرق المعبدة من نسيجها الناعم، أما الطرق غير المعبدة فتظهر في نسيج خشن دلالة على وجود الحصى فوق الطريق، وتجمع كل أنواع الطرق في طبقة مع وضع مدلول لكل منهما داخل قاعدة البيانات وتقسم الطرق إلي أنواع كالآتي: الأسفلتية (Asphalt)، الأسفلتية الحصوية (asphalt concrete)، الحصوية (cobblestone)، خليط القار المعدنية (bitumen–mineral mixture)، الرصف الحجري (paving stone)، الحصى (gravel) والأحجار المكسورة (broken stone) والخرسانة الأسمنتة (cement concrete)، ركام المعادن والحجر المجروش (slag and crushed stone).

ترسم الطرق والمسارات والأرصفة Roads, tracks and footpaths في شكل خط ورصيف (kerb– line) أو حافة ورصيف، edge of metalling، كما يجب أن تظهر المسارات Tracks بعرضها المصحح أو الحواف التي شملتها الدراسة الميدانية، حيث يتم تحديد هذه المسارات بشكل واضح بما يكفي لرسم خريطة على نطاق واسع. كذلك أينما وجد كتفي الطريق وتم التعرف عليها بوضوح يتم رسمها بخط منصف لهما وهو مركز الطريق Center Line.

شكل (٩) دقة الصور الجوية في توضيح معالم سطح الأرض واشارات الطرق

كذلك ترسم كل المظاهر الخطية مثل خطوط النقل (Transmission lines)، وخطوط الأنابيب (pipelines)، والصواري وأعمدة الإنارة (masts and poles)، ويجب أن تظهر خطوط الأنابيب السطحية باستخدام الرموز التقليدية، وترسم أعمدة الكهرباء Electricity poles الموجودة في الصور الجوية داخل المنطقة المصورة بالكامل حتى الأعمدة المجاورة للطرق؛ كذلك تساعد دقة الصور الجوية والتي تصل دقتها المكانية إلي أقل من ٥ سم في رسم شبكة الطرق وعلاماتها وارشاداتها المرورية بدقة عالية كما يوضحه شكل (٩٤)

٢- المظاهر الهيدرولوجية:

تتمثل أهم المظاهر الهيدرولوجية التي يتم رسمها بأعمال المساحة الجوية (Areal hydrographic objects) في (البحيرات lakes، وخزانات تخزين المياه water-storage reservoirs، والبرك ponds، والأحواض basins، السدود dams، والحواجز dykes). حيث يتم رسم هذه المظاهر ووضع المسميات أو المدلول الكتابي الخاص بها في شكل رموز أو مصطلحات كتابية، كما يمكن تقسيمها إلي مجموعات. ترسم من الصور الجوية كل المعلومات الخاصة بالأنهار والمجاري المائية Rivers and Streams (Wadi) في طبقة خطية، حيث أن الأودية الرئيسية ترسم في شكل خط مزدوج والأودية الفرعية في خط مفرد.

٣- مظهر الأرض: Terrain

ترسم كل المظاهر الطبوغرافية من الصور الجوية بخطوط أفقية (Horizontal lines) مثل المنحدرات Cliffs، والتلال والسلاسل الجبلية Ridges، فيما عدا (خزانات المياه والأنهار والقنوات المائية، والأودية الجافة) فإنها ترسم في شكل خط مزدوج، تسلم خرائط نماذج الارتفاعات الرقمية (DTM) إلي الجهات المعنية بمقاييس رسم مختلفة منها (١ : ١٠٠٠، ١ : ٥٠٠٠) وترفق معها ملفات خطوط الكنتور المنتجة من (DTM) بفاصل كنتوري ١ متر أو حسب ما هو مطلوب، وتميز بلون واحد فقط، أما خطوط الكنتور الأخرى التي تنتج بفاصل ٥ متر فإنها تميز بألوان متعددة، حيث تقسم خطوط الكنتور كل ٥ متر ويرمز لها بلون واحد (٥، ١٠، ١٥، ٢٠ متر).

٤- المباني Buildings:

تساعد الصور الجوية في دراسة خصائص المباني مثل حدود المبنى والإرتفاع وشكل الأسطح الخارجية شكل (٩٤)، وتحتاج عملية رسم المباني إلي اتباع بعض الأسس يمكن تناولها كالتالي:-

- أن ترسم أسطح المباني الدائمة والمؤقتة بخطوط بحجم أكبر من ٨ مليمترات مربعة في مقياس الخريطة، كما يتم النزول للميدان للتحقق من البيانات ووضع بعض المسميات وأرقام المباني وأسماء الشوارع.
- يجب عرض أطلال المباني والمباني التي هدمت، والمباني التي تقع تحت الإنشاء في شكل خطوط خارجية outline شكل (٩٥).
- تحدد أيضاً الحدود المساحية للمبنى بدقة عالية على أساس جدران الطابق الأرضي (footprints)، باستخدام طريقة العرض الرأسي للصورة الجوية ثلاثية الأبعاد (3D) شكل (٩٦).
- يجب غلق حدود المباني الخارجية من خلال أعمال الطبولوجي topologically.

شكل (١٠) نموذج للبيانات المرسومة من الصور الجوية (منطقة القادسية دولة الكويت)

شكل (١١) نموذج محاكاه للمباني المرسومة من الصور الجوية (مدينة الكويت)

ترسم معظم الأشكال الأرضية التي تظهر في شكل حدود خارجية مثل الجدران Walls، والأسيجة hedges، والأسوار fences، بخط واحد، يعرض الإطار الخارجي outline للحدود الفعلية physical boundary وفقا لتفسير من الصور الجوية. شكل (٩٧).

صورة جوية أورثو Orth، لمدينة (Graz) بدقة أرضية ١٠ سم، تظهر المباني من أعلى، التقطت بكاميرا (UltraCamX) عام ٢٠٠٧

خريطة مساحية (Cadastral map) لمدينة (Graz) تظهر حدود المباني. رسمت من نفس الصورة الجوية المجاورة

شكل (١٢) طرق رسم المباني من الصور الجوية الرأسية Vertical

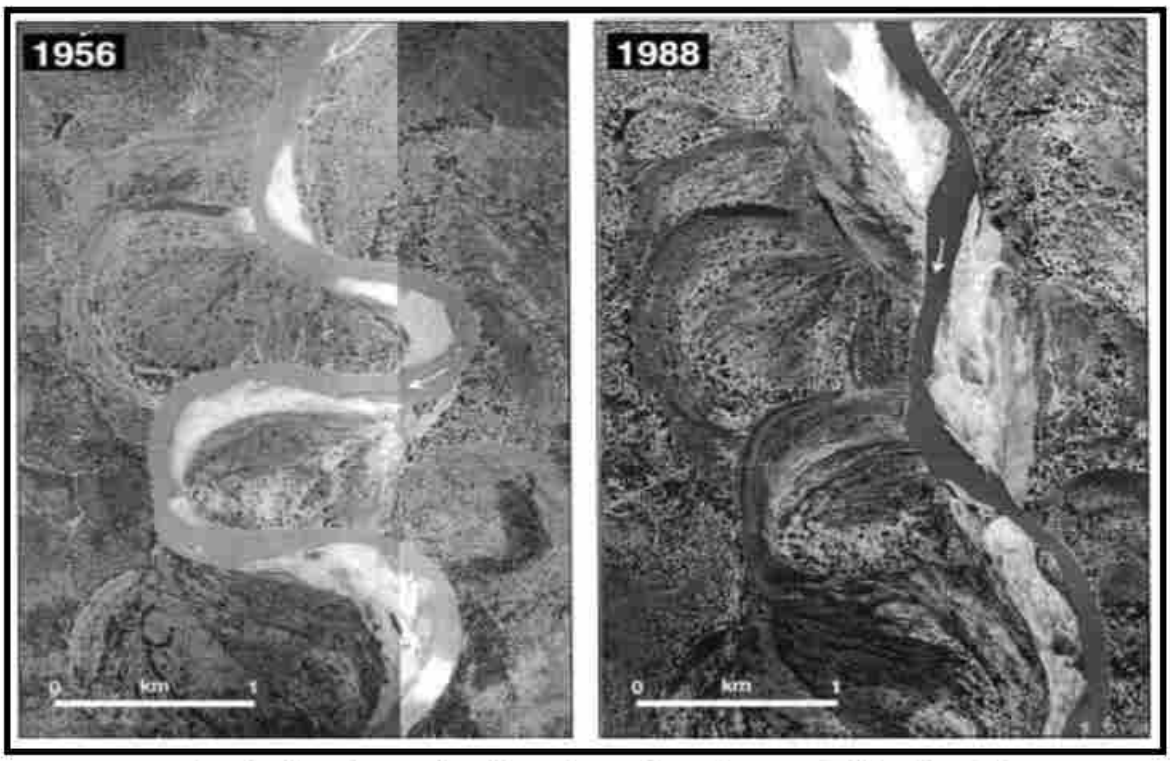
٥- الظاهرات الساحلية Coastal features:

- ويشترط لرسم الأشكال الساحلية أن يظهر خط الشاطئ البحري shoreline أو خط المياه water line في وقت التصوير.
- يجب أن ترسم كل من الأرصفة البحرية بالموانئ (Piers)، وحواجز السفن (jetties)، والدعامات (slipways)، وجدران الموانئ (harbor wall)، والرافعات الثابتة (fixed permanent cranes)، وكاسرات الأمواج (breakwaters)، ومنازل الأضواء (light houses)، في شكل مخطط مفرغ (outline) أو يتم إظهارها من خلال رموز تتناسب مع حجم المقياس.

٦- الدراسات البيئية والبحثية:

تستخدم الصور الجوية في الدراسات البحثية لطلاب الماجستير والدكتوراه والدبلومات وغيرها وكذلك تستخدم في الكثير من العلوم المختلفة حيث يستخدمها (الجغرافي، الجيولوجي، المهندس، وغيرهم). حيث تستخدم الصور الجوية في تحليل الوحدات الجيومورفولوجية ودراسة

خصائصها مثل (البحيرات العذبة والمالحة والمجارى المائية، ويمكن رسم الجزر البحرية والنهرية)، كذلك في دراسة التغيرات التي قد تطرأ على ضفاف المجاري والأنهار ودراسة الأخطار التي قد تنتج من الفيضانات على المناطق الزراعية شكل (٩٩).



شكل (١٣) تطبيقات التصوير الجوي في دراسة الارساب النهري والتغيرات في المجرى (نهر لوانقوا - زامبيا)

كذلك تستخدم الصور الجوية في دراسة المناطق العمرانية والحضرية وتحليل توزيع العمران الريفي والحضري وتخطيط المدن الجديدة ودراسة المناطق العشوائية، ودراسة الجوانب الإقتصادية لإستخدام الأرض في المدن بناء على تحليل الصور الجوية والعمل الميداني، حيث يمكن رسم الخرائط التفصيلية للمدن (الخرائط الكادسترالية الحضرية) وكذلك رسم خرائط دقيقة للشاليهات والمنشآت السياحية شكل (١٠٠)، أيضاً تستخدم الصور الجوية في رسم الأحواض الزراعية وتخطيطها شكل (١٠١).

شكل (١٤) دور الصور الجوية في دراسة المدن الجديدة والشاليهات

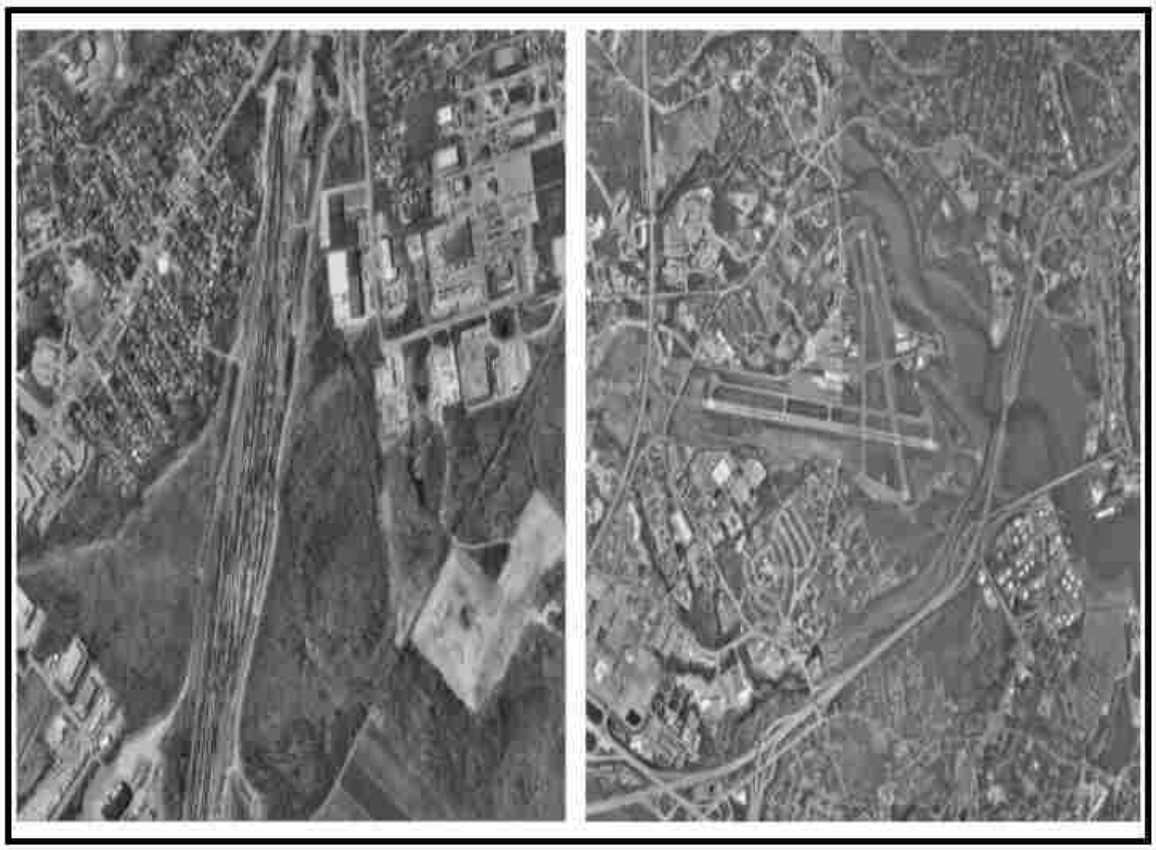
شكل (١٥) دراسة الأحواض الزراعية وتوزيع الزراعات

تمثل الصور الجوية أهمية كبيرة في عملية تخطيط المدن ووضع خرائط الأساس التي يعتمد عليها في دراسة المنشآت الحيوية مثل القناطر والسدود والكباري والجسور داخل الدول، نظراً لدقتها العالية في إنتاج الخرائط الحديثة في زمن قصير فقد تم استخدامها في مصر قبل إنشاء السد العالي بعمل مسح جوي شامل لنهر النيل ومجراه وسهله الفيضي، فهي تقدم وثيقة دقيقة عن جغرافية المنطقة وخصائصها الجغرافية والطبوغرافية، كما يتضح من شكل (١٠٢) دراسة لإحدى القناطر والكباري.

شكل (١٦) دراسة الكباري والجسور ومواقع إنشاء القناطر والسدود

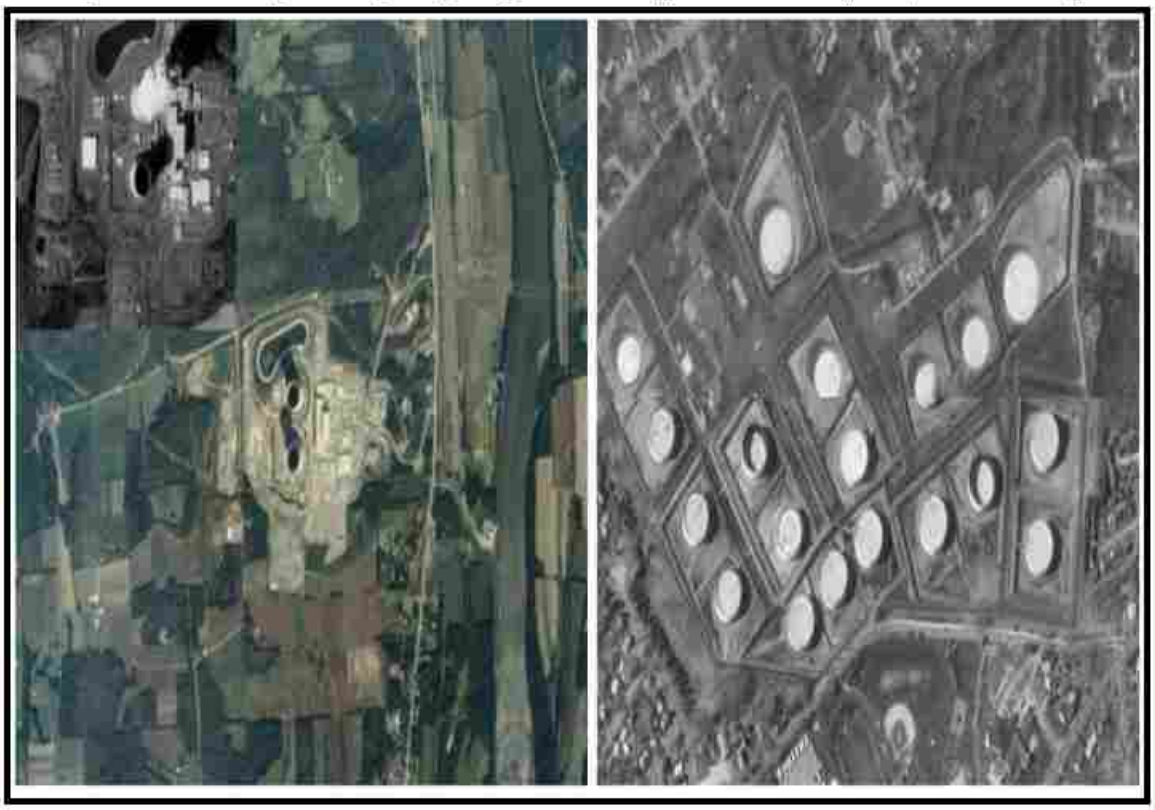
تعتبر عملية رسم شبكة الطرق البرية الرئيسية والفرعية أمرا مكلفاً إذا ما استخدمت عمليات المسح الأرضي بالأجهزة التقليدية، حيث يستغرق الوقت والجهد، مقارنة بطرق إنتاج خرائط شبكة الطرق من الصور الجوية، التي تساعد في رسم كل ما هو متعلق بشبكة الطرق بدقة عالية مثل جوانب الطريق ومركزه والحواجز الداخلية والتقاطعات الفرعية والكباري والجسور شكل (١٠٣). كما يمكن تمييز محطات القطار الموجودة في وسط المدن ومناطق المطارات الهامشية للمدن، وتساعد الصور الجوية في وضع الخطط المستقبلية في عمليات الأمن والسلامة للمطارات الداخلية التي توجد وسط المدن الاستيراتيجية كما يوضحه شكل (١٠٤)

شكل (١٧) دراسة شبكة الطرق الرئيسية والفرعية



شكل (١٨) دراسة وتخطيط مواقع المطارات وخطوط السكك الحديدية وسط المدن والمناطق العمرانية

تفيد الصور الجوية في أعمال الدراسات البيئية وورصد المشكلات البيئية الناتجة عن المنشآت الصناعية وكذلك يمكن منها مراقبة وتحديد المناطق البترولية والبحيرات النفطية مثل بحيرات حقل البرقان النفطي بدولة الكويت، وكذلك تساعد في دراسة ومتابعة تنفيذ مواقع مصافي النفط شكل (١٠٥)، والمساهمة في تحديد مواقع البقع البترولية على السواحل البحرية.



شكل (١٩) الدراسات البيئية والمنشآت الصناعية مراقبة وتحديد للمناطق البترولية (مصافي النفط).

المراجع

- شكري، علي(١٩٧٨م). المساحة التصويرية. منشأة المعارف،الاسكندرية
- صيام، يوسف (١٩٩٤م). المساحة الجوية والاستشعار عن بعد. ،عمان
- سلوم، لبيب ناصف (١٩٨٥). المسح الجوي. دارالتقني للطباعة والنشر، بغداد
- الربيش، محمد..عبدالسلام، حاتم (٢٠٠٠م). المساحة التصويرية للصف الثالث. المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الرياض
- حسني، محمود.رشاد الدين، محمد(١٩٨٥).المساحة التاكيومترية والفوتوجرامترية دار الراتب الجامعية،بيروت
- محمد الراوي دندراوي، جودة فتحي التركماني (٢٠١٦م)، التصوير الجوي "أسس وتطبيقات" دار الثقافة العربية، القاهرة.