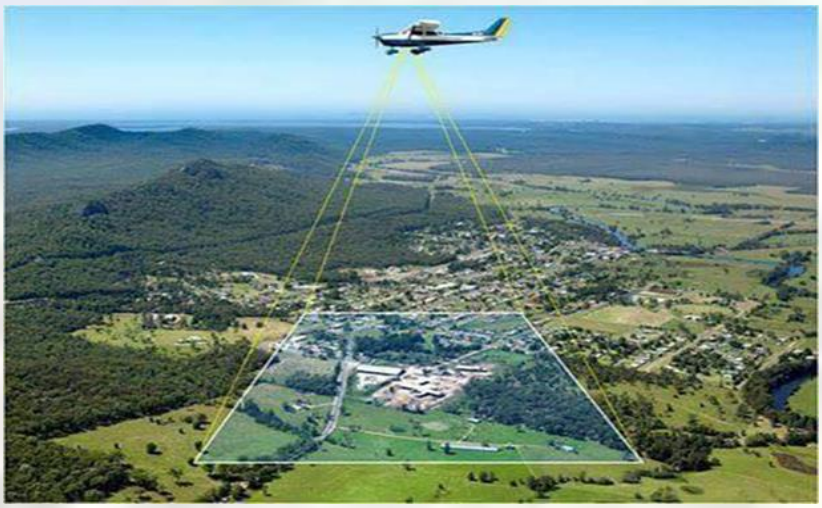
جامعة جنوب الوادي
قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية
كلية الآداب

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،،،

جميع الحقوق محفوظة لبعض فصول المنهج المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني, الادرة العامة لتصميم وتطوير المناهج, المملكة العربية السعودية

فهرس الموضوعات:

م	الموضوع	الصفحة
الفصل الأول	مقدمة في المساحة الجوية	
الفصل الثاني	دراسة تفسير الصور الجوية	
الفصل الثالث	تخطيط رحلات التصوير الجوي	
الفصل الرابع	القياس من الصور الجوية	
الفصل الخامس	نماذج وتطبيقات من مخرجات الصور الجوية	

الفصل الأول

مقدمة في المســـاحة الجـــوية

جميع الحقوق محفوظة, المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني, الادرة العامة لتصميم وتطوير المناهج, المملكة العربية السعودية

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[١].

وتعرف المساحة الجوية أيضًا بأنها "علم وفن وتقنية الحصول على معلومات كمية ووصفية مفيدة عن المعالم الطبيعية والبيئة عن طريق معالجة الصور الجوية وقياسها[٢].

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 آثناء 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

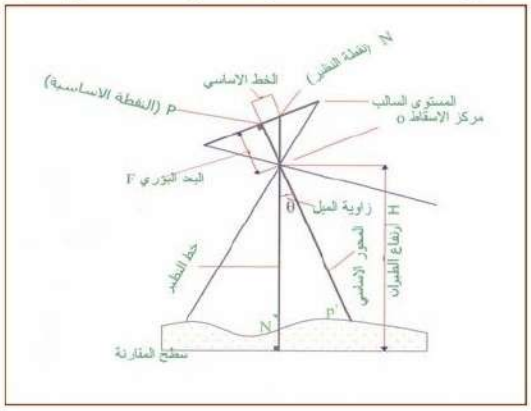
الشكل ١يوضح المراحل الأساسية لإنتاج الخرائط من الصور الجوية

سادسًا- 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، وتتطبق 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 θ

هي الزاوية المحصورة بين المحور الأساسي وخط النظير.

سابعًا- أنواع الصور الجوية

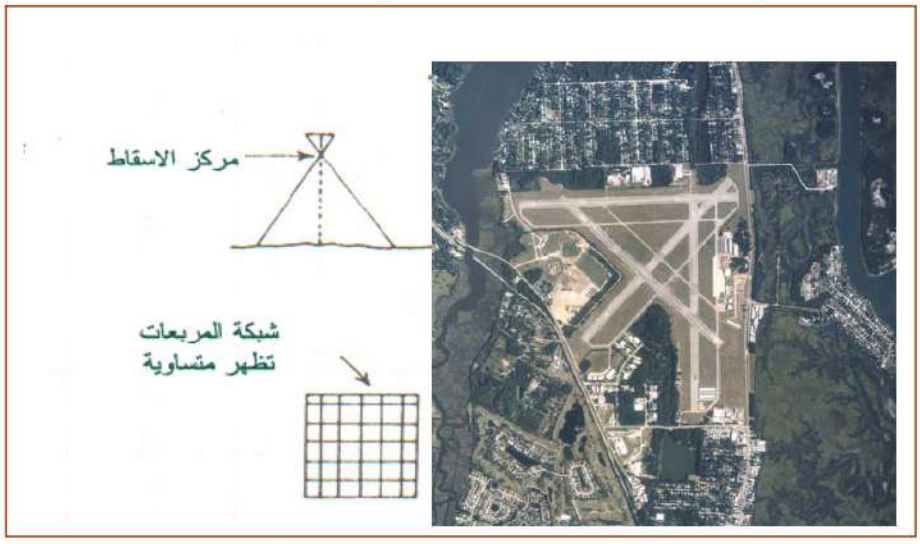
عند الحديث عن أنواع الصور الجوية فإنه يمكن التصنيف في أكثر من اتجاه، كنوع الفلم أو آلة التصوير وغير ذلك، ولأن ما يهمنا في مجال المساحة هو العلاقة الهندسية بين المعالم الظاهرة على الصورة ومواقعها على الطبيعة فسوف يتم تصنيف الصورة الجوية بناء على زاوية الميل لمحور آلة التصوير أثناء التقاط الصورة إلى ثلاثة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

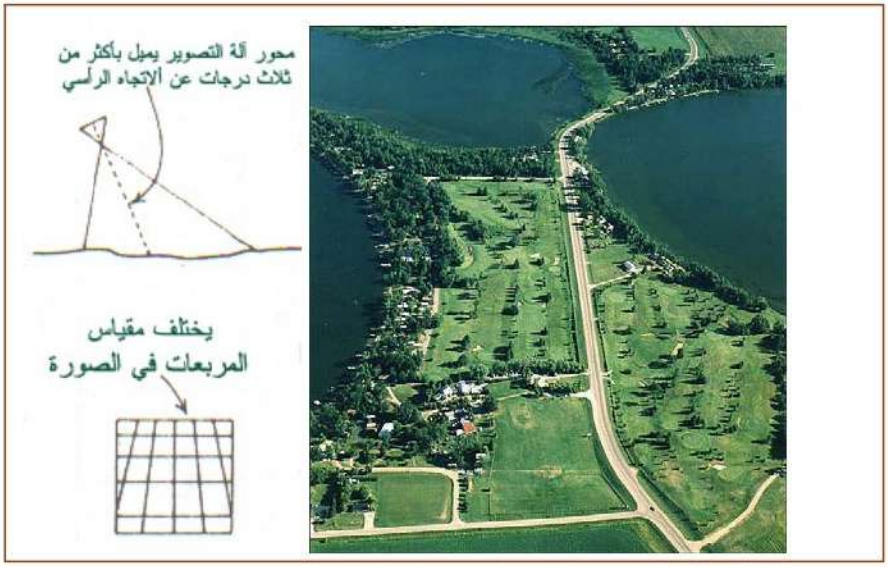
مقصودة الميل (Tilted Photograph) وهذا النوع من الصور يعتبر أفضل أنواع الصور للأغراض المساحية في ظل عدم إمكانية الحصول على صورة رأسية تماما. الجدير بالذكر أنه يمكن في الأعمال التي لا تحتاج دقة عالية معاملة الصورة القريبة من الرأسية رياضيا كصورة رأسية بدون أن يسبب ذلك أخطاء كبيرة أما الأعمال التي تحتاج 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

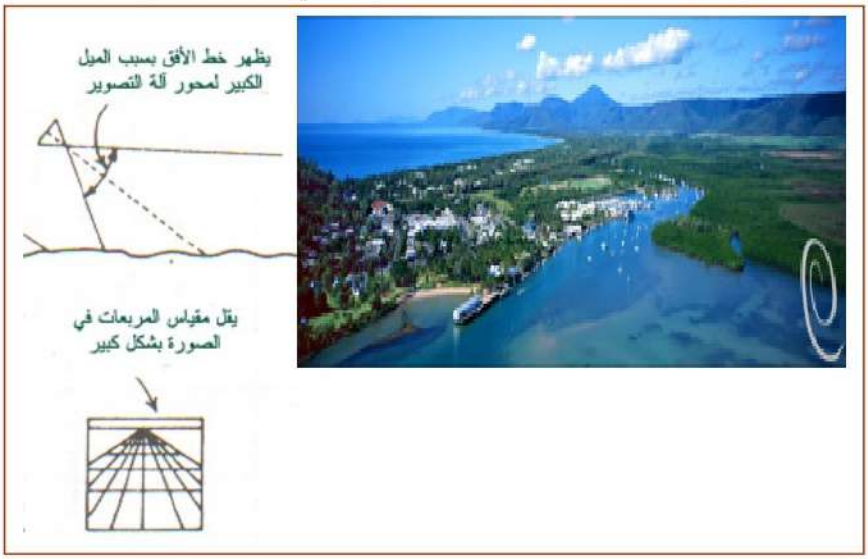
في هذا النوع يُتعمد إمالة محور آلة التصوير للحصول على تغطية أكبر، حيث تزيد زاوية الميل عن ثلاث درجات ولا تكون الإمالة شديدة بحيث يظهر خط الأفق في الصورة، وفي هذا النوع من الصور يختلف الشكل الهندسي للمعالم في الصورة عن الشكل الطبيعي على الأرض، الشكل ٢ -٢٠، لأن المقياس يصغر كلما اتجهنا من مقدمة الصورة 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

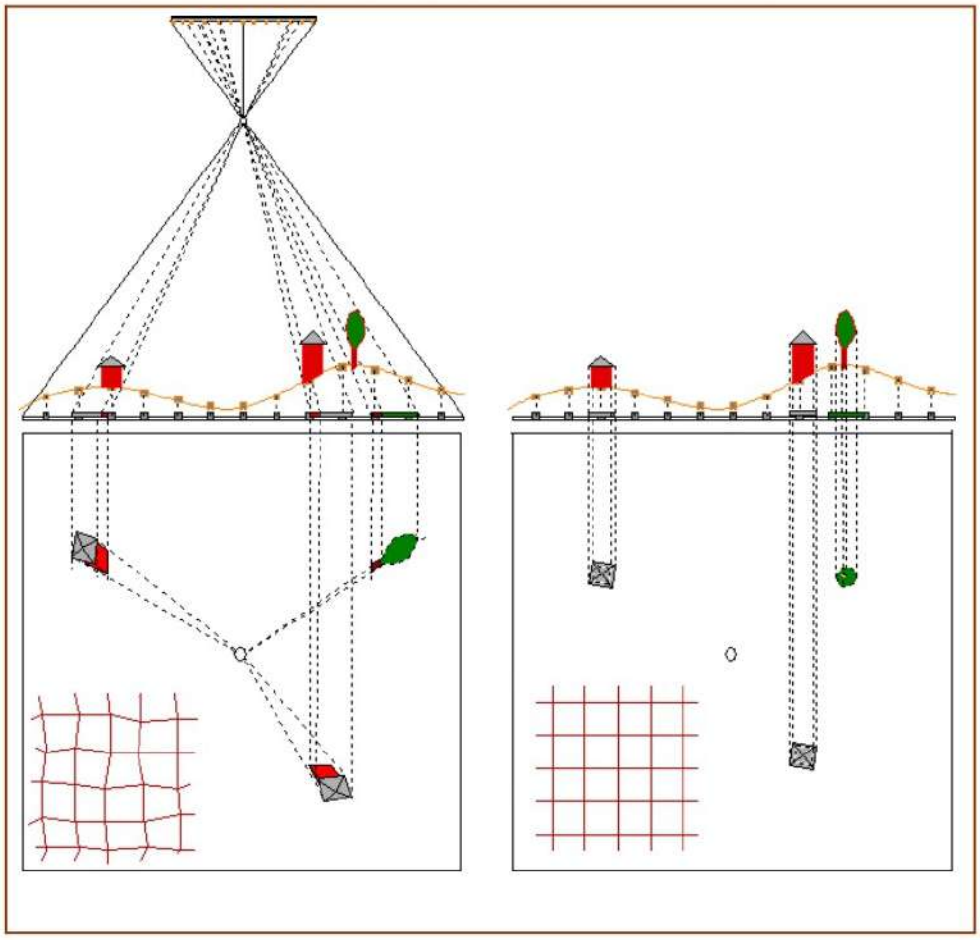
تدريب عملي (٢ -١)

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.



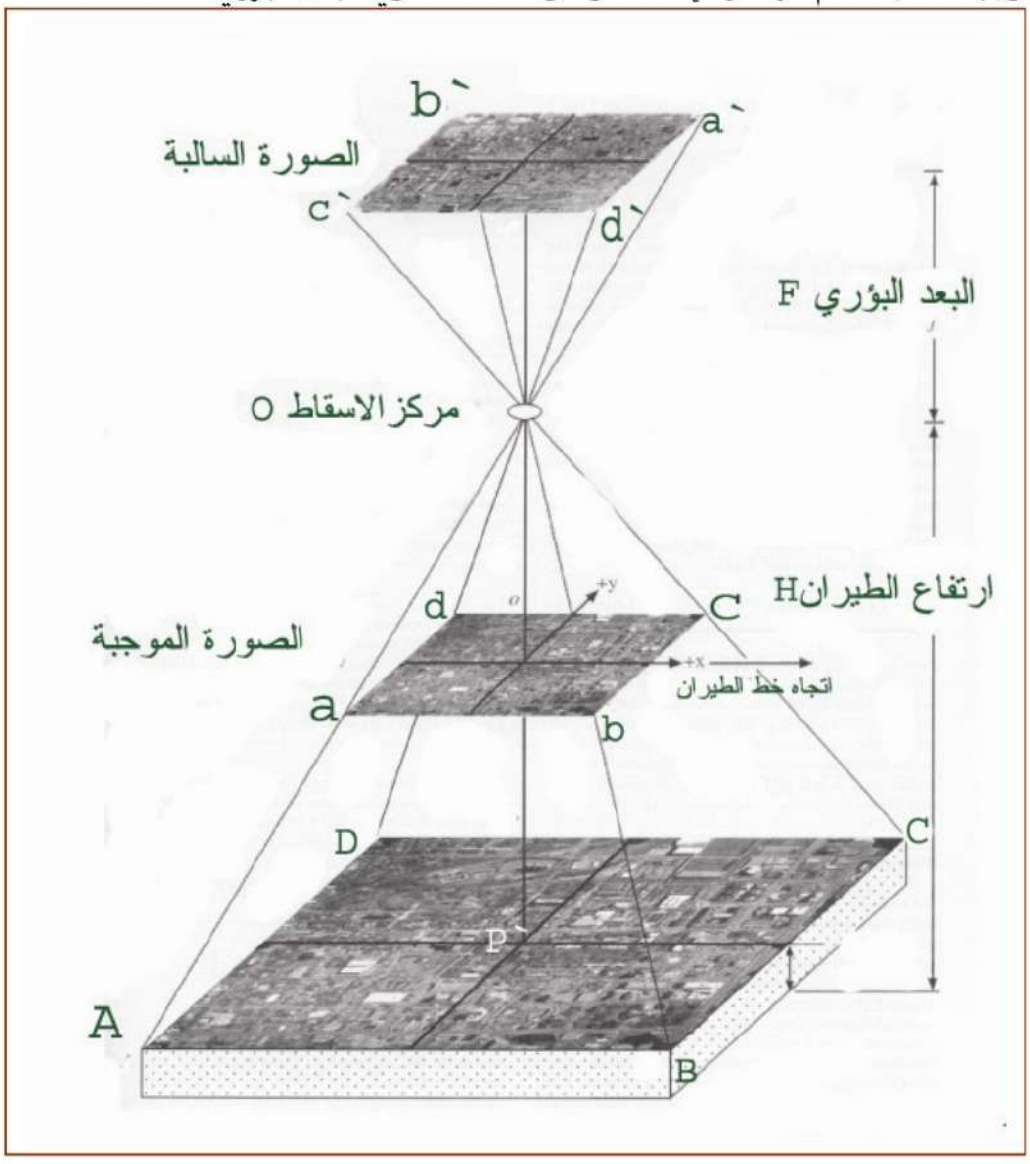
الشكل: ٢ -٢٢ الفرق بين الصورة الجوية الرأسية والخريطة في التمثيل الهندسي

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 الخريطة 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

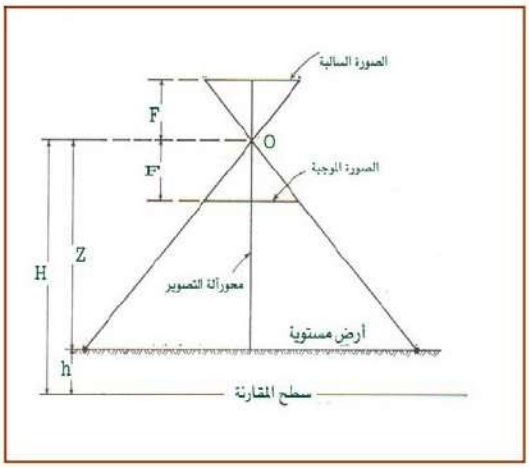
ولهذه الأخطاء قوانين رياضية يمكن بواسطتها حساب تأثيرها على مواقع النقاط حسابيا، ومهّد ذلك لاستخدام بعض الطرق والتقنيات لتصحيحها أثناء طباعة الصورة أو بعدها، وحاليا ومع دخول تقنية التصوير الرقمي والحاسب الآلي يمكن تصحيح هذه الأخطاء من خلال استخدام برامج متخصصة.

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.

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

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



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 بـــ١٠٠٠ للتوحيد الوحدات وقسمة البسط على البسط والمقام على البسط لتحويل الناتج للصورة العامة للمقياس (كسر بسطه الرقم واحد)

مثال ٢ -٣

صورة جوية رأسية أُخِذت 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.

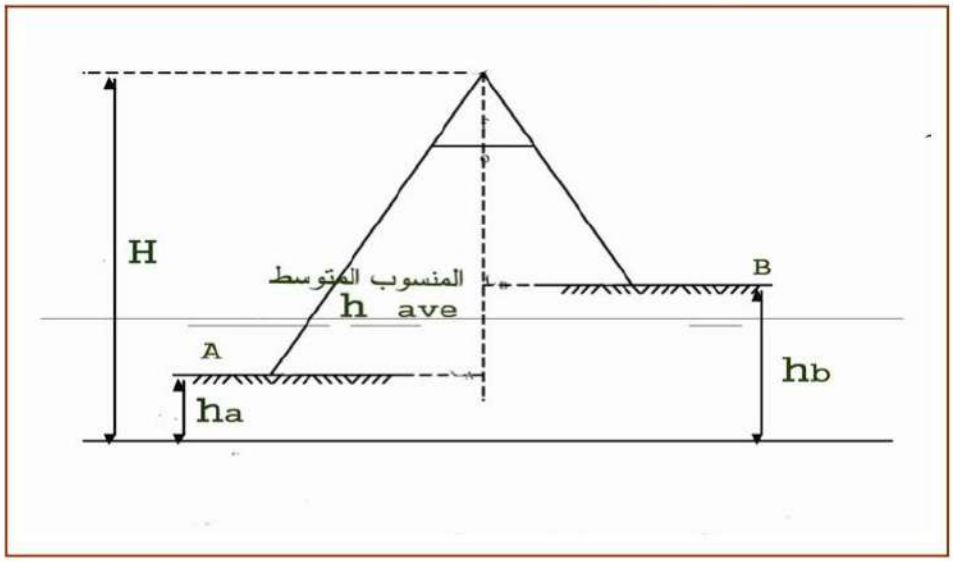
الحل

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

الضرب بـــ١٠٠٠ 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})

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

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 أُخذت 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 أُخذت 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 آخرى لحساب مقياس رسم الصورة الجوية الرآسية

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

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

مقياس الصورة عند الخط المقاس	:	S
المسافة على الصورة بين النقطتين	:	L_p
المسافة الأرضية بين النقطتين	:	L_G

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.

$$S=\frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة على الخريطة}}\times \text{الخريطة مقياس} \qquad \text{مقياس} = \frac{L_p}{L_M}\times S_M \qquad ٢-٧$$

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

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

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

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 لنقطتيه، وذلك عن طريق حساب المسافة الأفقية الأرضية بين النقطتين بمعرفة الإحداثيات من العلاقة٢ -٨، ثم حساب المقياس كما في الطريقة الأولى باستخدام العلاقة٢ -٦.

$$L_G=\sqrt{(X_{iG}-X_{jG})^2-(Y_{iG}-Y_{jG})^2} \qquad ٢-٨$$

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:

آ) 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 ٣٠٠ملم، 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 ٣٠٠ملم، من ارتفاع طيران ١٣٧٢م فوق سطح المقارنة. احسب مقياس رسم الصورة.

٤) صورة جوية رأسية أُخِذت فوق أرض مختلفة التضاريس، بآلة تصوير بعدها البؤري٢٠٠ملم، من ارتفاع طيران ٢٠٠٠م 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 ٧٥,٥ 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 ١٣٢ملم، 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.

٦-٢ 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 باكتشاف 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:

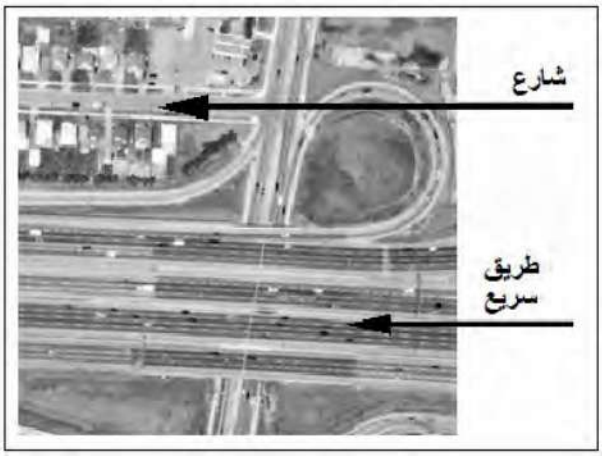
- أن يكون لديه خلفية علمية جيدة عن تقنيات التصوير الجوي، فعلي سبيل المثال وكما سبق الذكر أن ألوان الصور الجوية بالأشعة تحت الحمراء تختلف كلية عن ألوان الصور الجوية العادية.
- أن يكون لديه خلفية علمية والماما جيدا بأسس علوم الأرض، مثل الزراعة (أنواع المحاصيل) و التربة (أنواع التربة) و الجيولوجيا (أنواع 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.

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

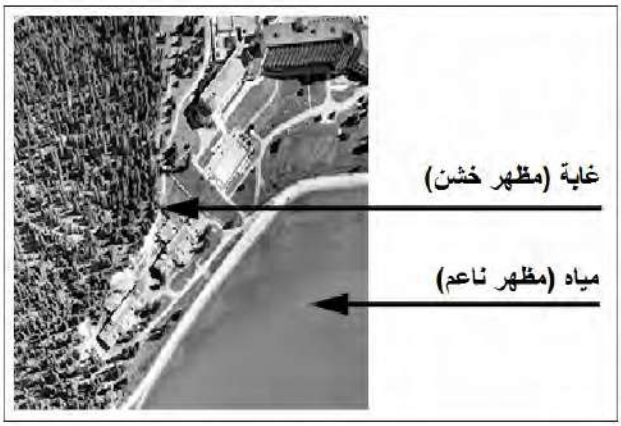
النموذج:

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.

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 خاصية 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 أحري مفيدة، فمثلا وجود مجري مائي يدل علي منطقة منخفضة التضاريس، ووجود حشائش أو مراعي 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 علي 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

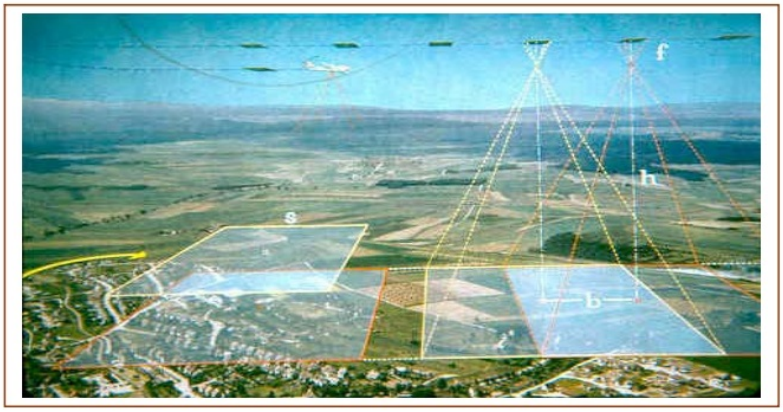
تخطيط رحلات التصوير الجوي

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، المماكة 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 المنطقة٣٢٠م

الحل

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

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

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.

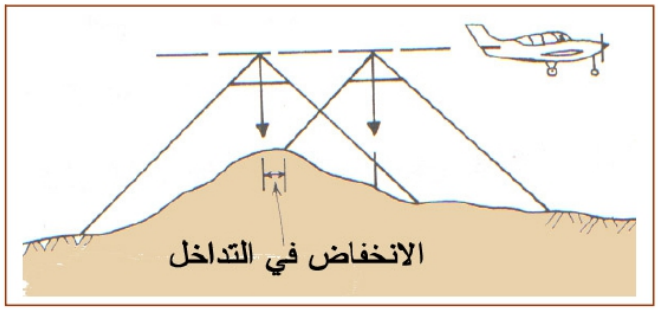
٦) تحديد قيمة التداخل الطولي والجانبي

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

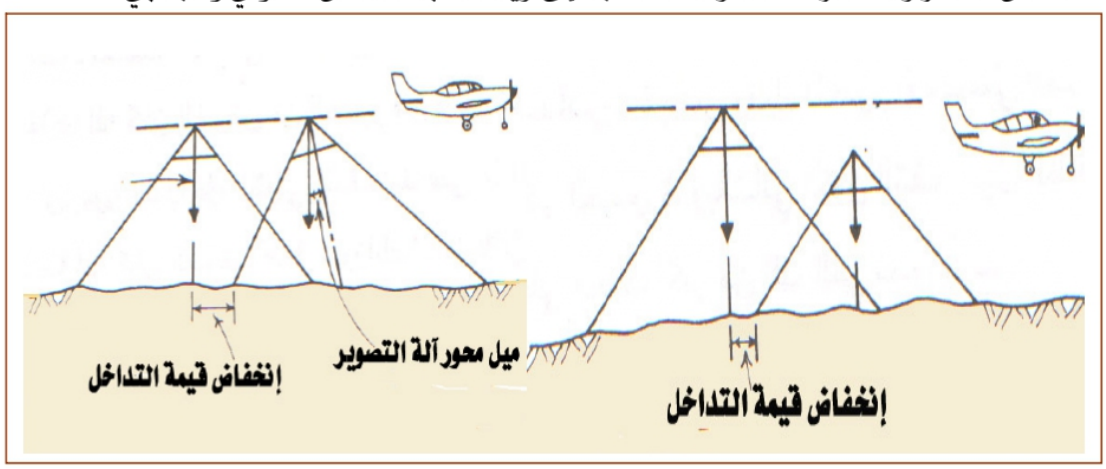
العوامل التي تؤثر على قيمة التداخل الطولي والجانبي

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.

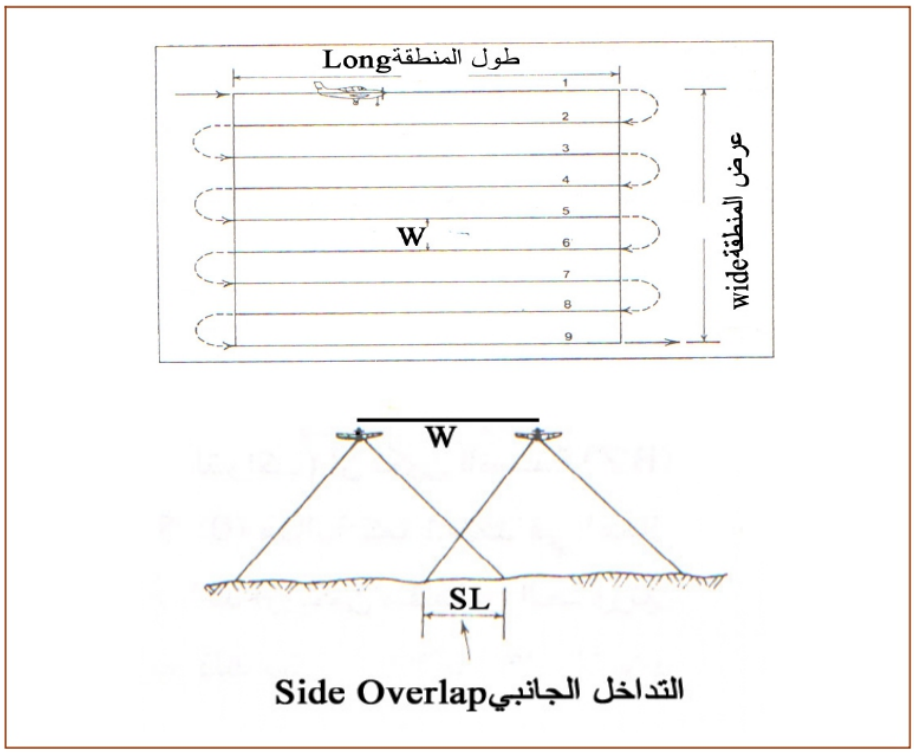
٧) حساب عدد خطوط الطيران **No. Flight lines**

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 الذى 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 خطى 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 -٢

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

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

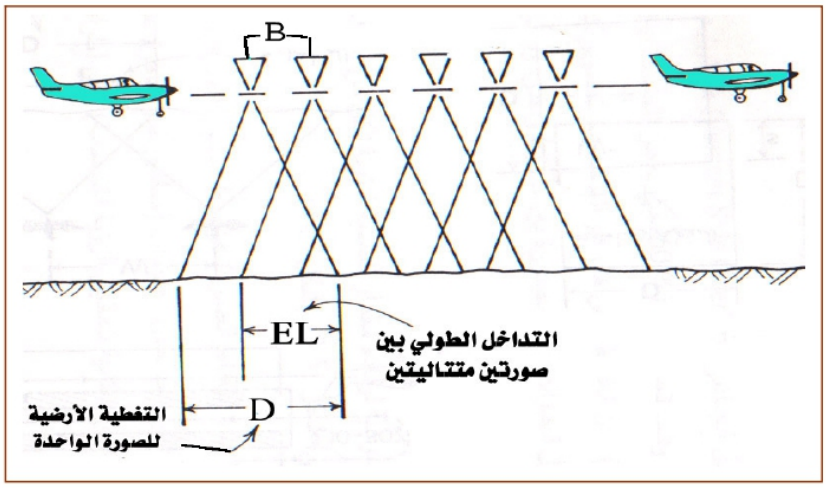
٨) حساب عدد محطات التصوير لكل خط طيران **No. Photos Per Strip**

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(EL).



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)

$$B = \frac{D \times (100 - EL)}{100}$$ 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 نقسم طول المنطقة على المسافة بين محطتي تصوير الطيران ونظيف لها أربع صور بحيث تكون صورتان في بداية الخط وصورتان في نهايته للاحتياط ونقرّب الناتج إلى أقرب عدد صحيح.

$$N_P = \frac{Long}{B} + 2 + 2$$ 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 الـ**Km**

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

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.

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

الزمن بين التقاط صورتين متتاليتين	:	T
خط القاعدة الجوي	:	B
سرعة الطائرة	:	V

مثال ٤ -٣

احسب الزمن بين التقاط صورتين متتاليتين إذا كان خط القاعدة الجوي ٠,١٨٤ كم وسرعة الطائرة١٥٠ كم/ ساعة

الحل

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

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.

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

العرض الكلى الذى تغطيه الصور	:	$Wide_{Net}$
عدد خطوط الطيران	:	NL
المسافة التي تغطيها الصورة على الأرض	:	D
التداخل الجانبي	:	SL

د) حساب الطول الكلي الذي سوف تغطيه الصور على الأرض في خط الطيران الواحد، وذلك من العلاقة٤ -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 (٢/D) 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 (٢/D) 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 = Wide ٢,١ km N_L ٢ = km ٥=km N_P ٠,٥٥٢ = W ١٢ = km

SL = ٢٠٪ EL = ٦٠٪ D = B ٠,٦٩ km = km ٠,٢٧٦

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.

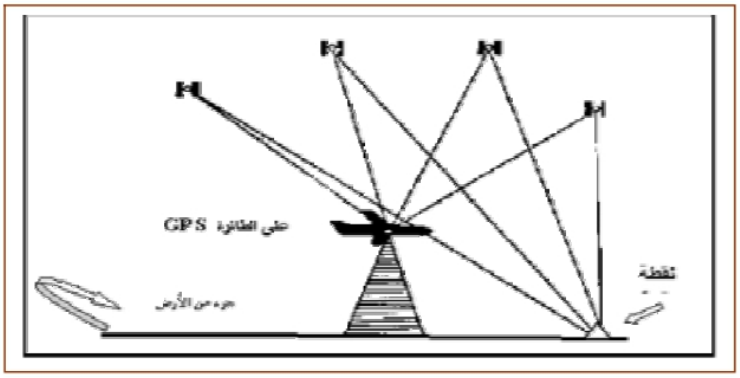
١٢) وضع العلامات الاصطناعية قبل عملية التصوير.

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

$m٣٩٠=mm$ $h_{ave}١٥٢=km$ $F٢ = km$ $Wide٣ = Long$

$cm٢٣=d$ $٦٥٪=EL$ $١٥٪=SL$

أ) ارتفاع الطيران **H**

$$H=\frac{F}{S_{ave}}+h_{ave}=\frac{152\div1000}{\frac{1}{4000}}+390=\frac{0.152\times4000}{1}+390=998 \quad m$$

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

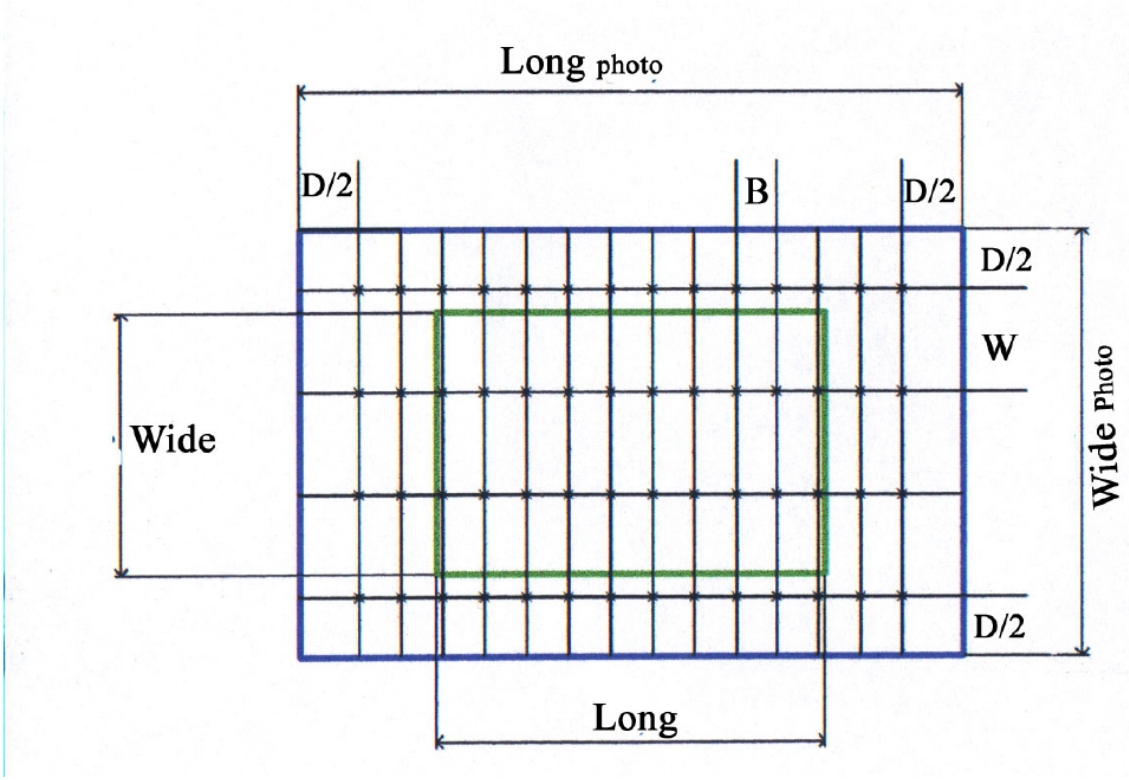
$$Wide_{\ Net} = (\ \ N_L - 1\ \ ) \times D \times \frac{(\ 100 - SL\ )}{100} + D$$

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

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

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

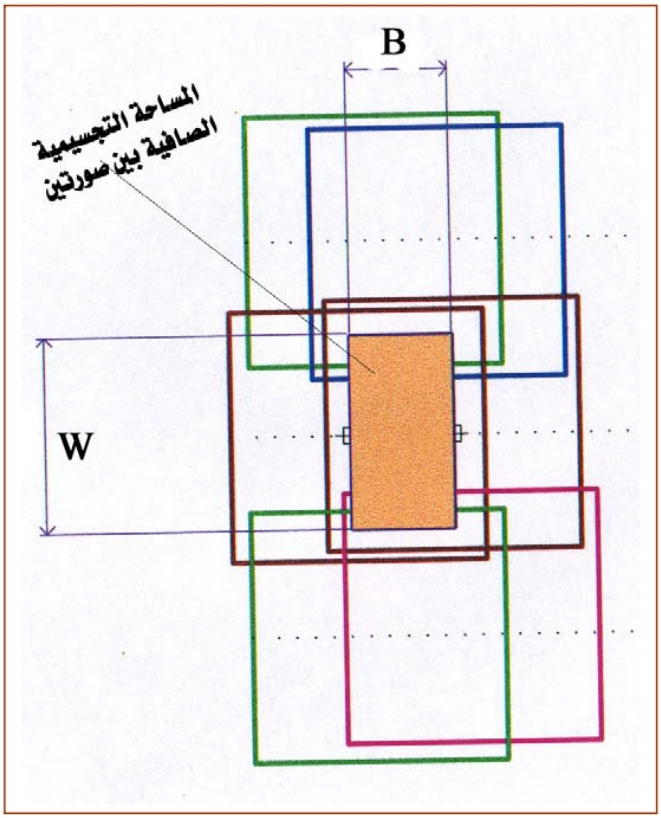
تحويل المسافات المستخدمة في رسم الخريطة إلى المقياس المطلوب وبوحدة الـcm ورسم الخريطة



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 الجانبي٣٠٪ ، ونسبة التداخل الأمامي ٦٥٪ ، ومتوسط ارتفاعات المنطقة٥٠٠م، 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 بمقياس١:٥٠٠٠

أسئلة على الوحدة الرابعة

١) ما هو الأسلوب المستخدم في التصوير الجوي ؟

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

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

٤) ما هي العوامل التي تحدد مقياس الصورة ؟

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 ٠,٣٠ 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.

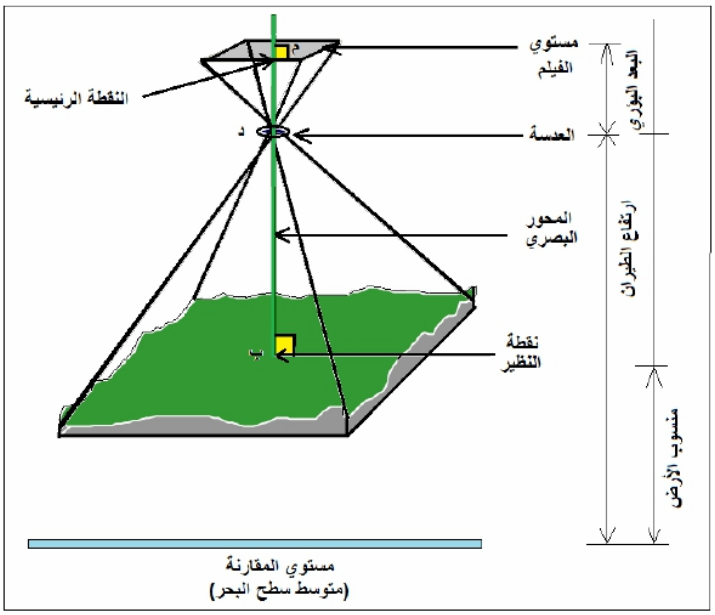
توجد عدة طرق لحساب مقياس رسم صورة جوية طبقا للمعلومات المتاحة و أيضا طبقا لتغير تضاريس سطح الأرض (المناسيب) للمنطقة الجغرافية الظاهرة علي الصورة.

* 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:

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{١}{م} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - منسوب المنطقة}} = \frac{ف}{ع - م}$$

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

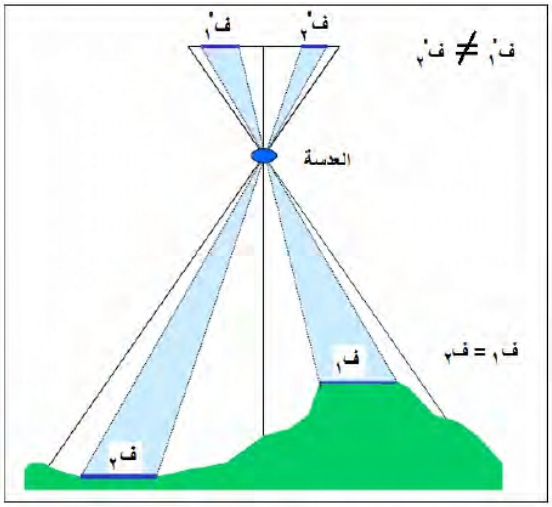
وحيث أن مقياس الرسم العددي بصفة عامة يكتب في صورة كسر يكون البسط به يساوي ١ (مثل ١ / ١٠٠٠) فنقوم بقسمة كلا من البسط و المقام (في المثال) علي قيمة البسط لنحصل علي الصورة المعتادة لكتابة مقاييس الرسم:

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)

= ١٠٠٠/١٠٠ 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 علي الصورة ومعرفة المسافة الحقيقية لها علي 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:

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

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 علي الصورة / المسافة علي 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 / ٣٠،٠٠٠

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

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

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

مثال:

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

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

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

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

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

إذا قمنا بقياس مسافة بين نقطتين معلومتين علي 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:

$$\text{المسافة الأرضية بين نقطتين} = \sqrt{(\text{فرق الاحداثيات السينية})^{٢} + (\text{فرق الاحداثيات الصادية})^{٢}}$$

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

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

$= \sqrt{(٨٠٠ - ٤٠٠)^2 + (٩٠٠ - ٣٠٠)^2}$

$= \sqrt{(٤٠٠)^2 + (٦٠٠)^2} = \sqrt{١٦٠٠٠٠٠ + ٣٦٠٠٠٠٠}$

$= \sqrt{٥٢٠٠٠٠٠} = ٧٢١,١١$ متر

مقياس رسم الصورة = $\frac{\text{المسافة علي الصورة}}{\text{المسافة الأرضية}} = \frac{٤٧ \text{ ملليمتر}}{٧٢١,١١ \text{ متر}} = \frac{٤٧ \div ١٠٠٠ \text{ متر}}{٧٢١,١١ \text{ متر}}$

$= \frac{٠,٠٤٧}{٧٢١,١١}$

$= \frac{٠,٠٤٧ \div ٠,٠٠٤٧}{٧٢١,١١ \div ٠,٠٠٤٧} = \frac{١}{١٥٣٤٣}$

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:

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

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 = $\text{م}_{\text{م}}$ = (٥٠٠ + ١٥٠٠) ÷ ٢ = ٢٠٠٠ ÷ ٢ = ١٠٠٠ متر

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

$$\frac{\text{٣٠ سنتيمتر}}{\text{ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ متر}} = \frac{\text{١}}{\text{١٠،٠٠٠}}$$

$$\frac{\text{٠.٣ متر}}{\text{ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ متر}} = \frac{\text{١}}{\text{١٠،٠٠٠}}$$

أي أن:

ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ = ٠.٣ × ١٠،٠٠٠

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:

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

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.

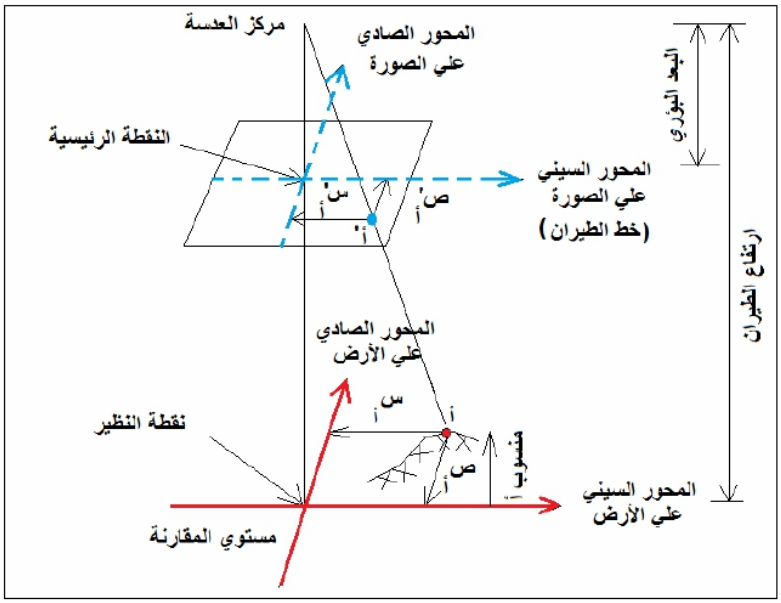
٣. المحور الصادي الموجب هو الاتجاه العمودي علي اتجاه الطيران.

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) علي الأرض لأي معلم جغرافي تم قياس إحداثياته علي الصورة الجوية:

$$\text{الاحداثي السيني علي الأرض للنقطة أ} = \frac{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ}}{\text{البعد البؤري للكاميرا}} \times \text{الاحداثي السيني علي الصورة}$$

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

$$\text{الاحداثي الصادي علي الأرض للنقطة أ} = \frac{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ}}{\text{البعد البؤري للكاميرا}} \times \text{الاحداثي الصادي علي الصورة}$$

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

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 الخامس

نماذج وتطبيقات من مخرجات الصور الجوية

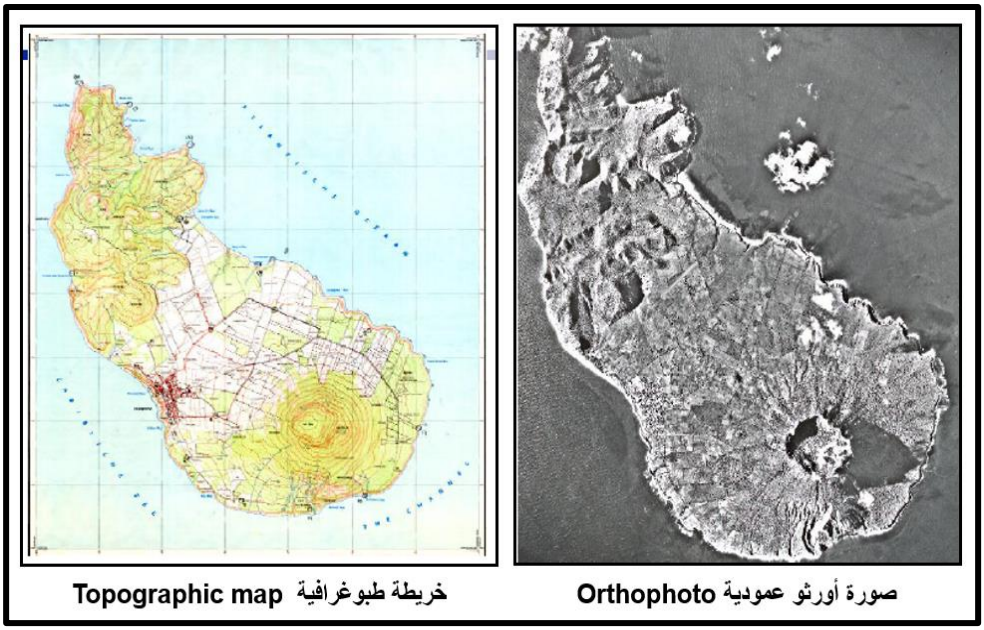
الفصل الخامس: نماذج وتطبيقات من مخرجات الصور الجوية.

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 تنتج 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 (١).

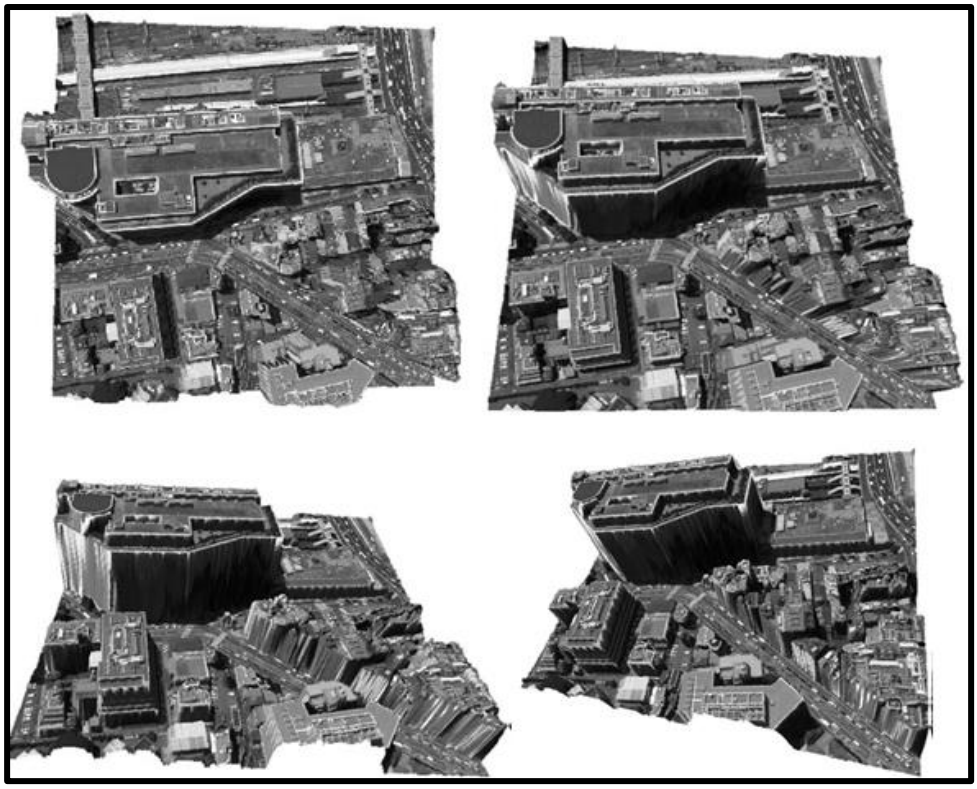


شكل (١) نماذج لمخرجات الصور الجوية (خرائط طبوغرافية، صور رأسية)

(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 (٢)، 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).



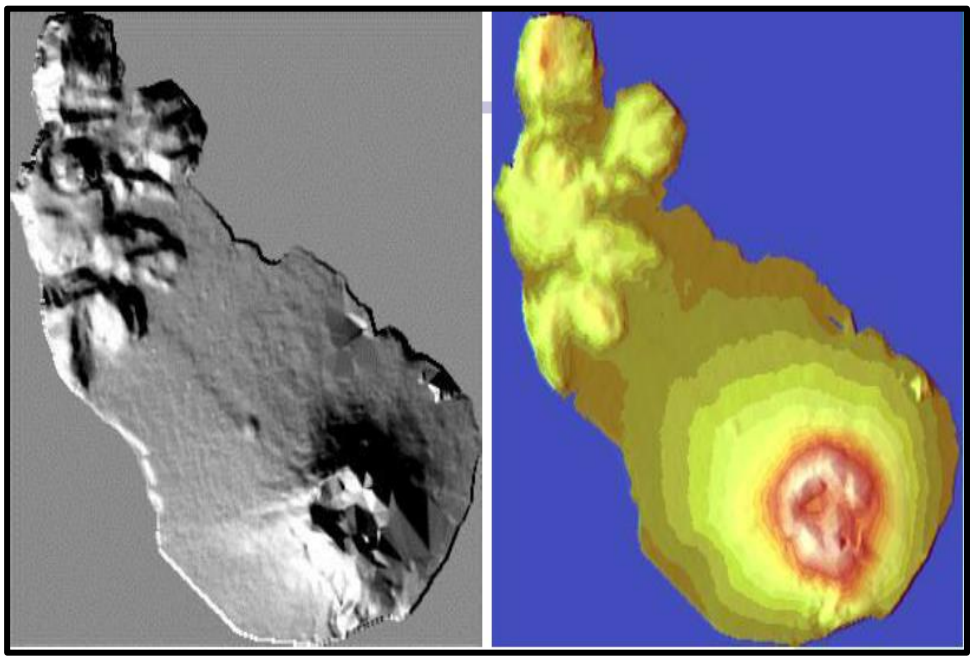
شكل (٢) نموذج للرؤية المجسمة لمبنى من الإتجاهات الأربعة

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)

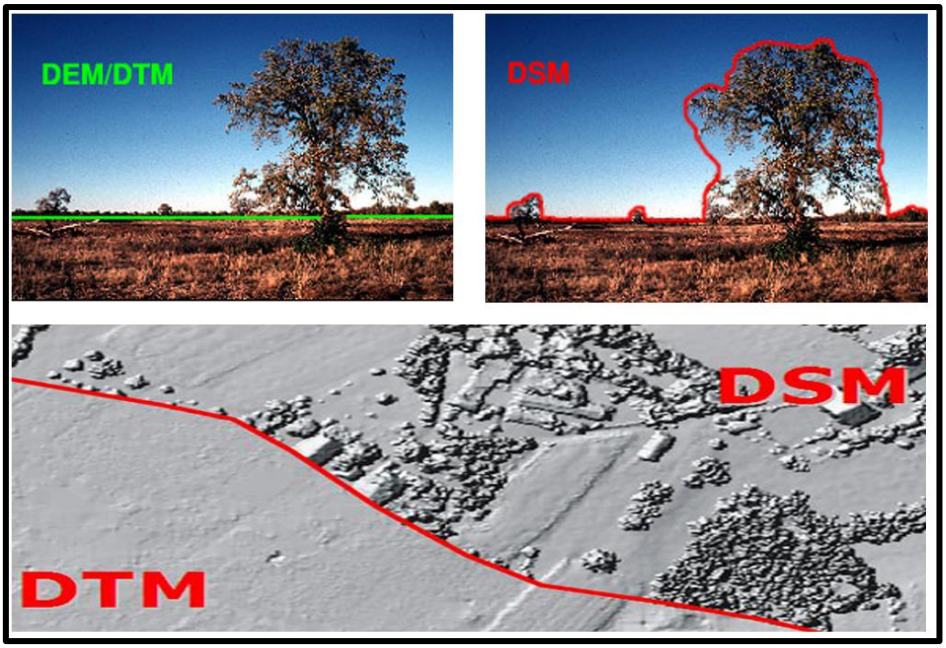
(ج) نماذج الإرتفاعات الرقمية DEM

تنتج نماذج الإرتفاعات الرقمية (DEM) من زوجيات الصور الجوية، وهي عبارة عن بيانات تستخدم في تمثيل تضاريس سطح الأرض شكل (٣)، وتنتج باستخدام برامج متخصصة مثل برنامج Erdas Imagine، وبرامج ميكروستيشن Microstation. بعد إتمام عملية التثليث الجوي.

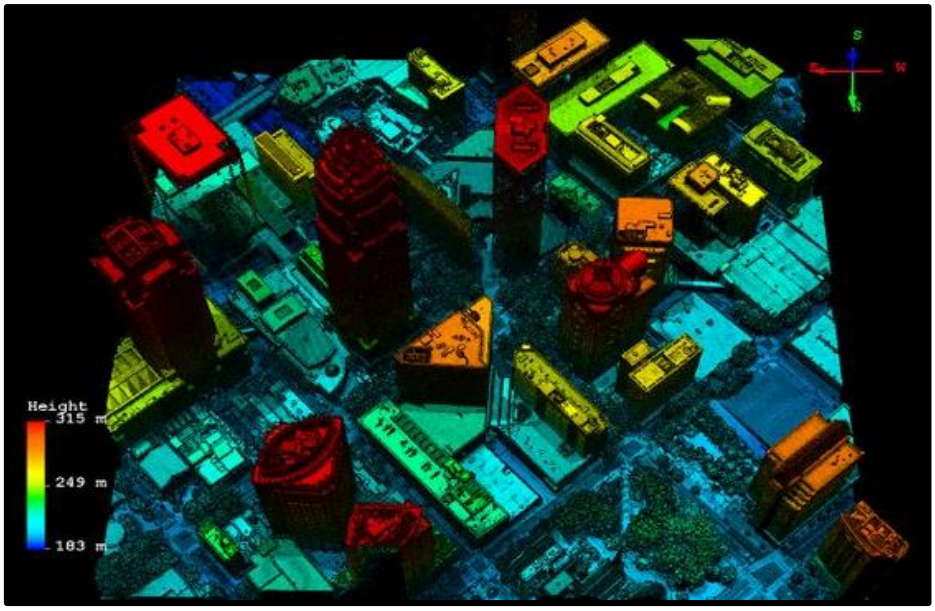


شكل (٣) نماذج لمجسمات الصور الجوية

توجد مسميات متعددة لنماذج 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 (٤، ٥).



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



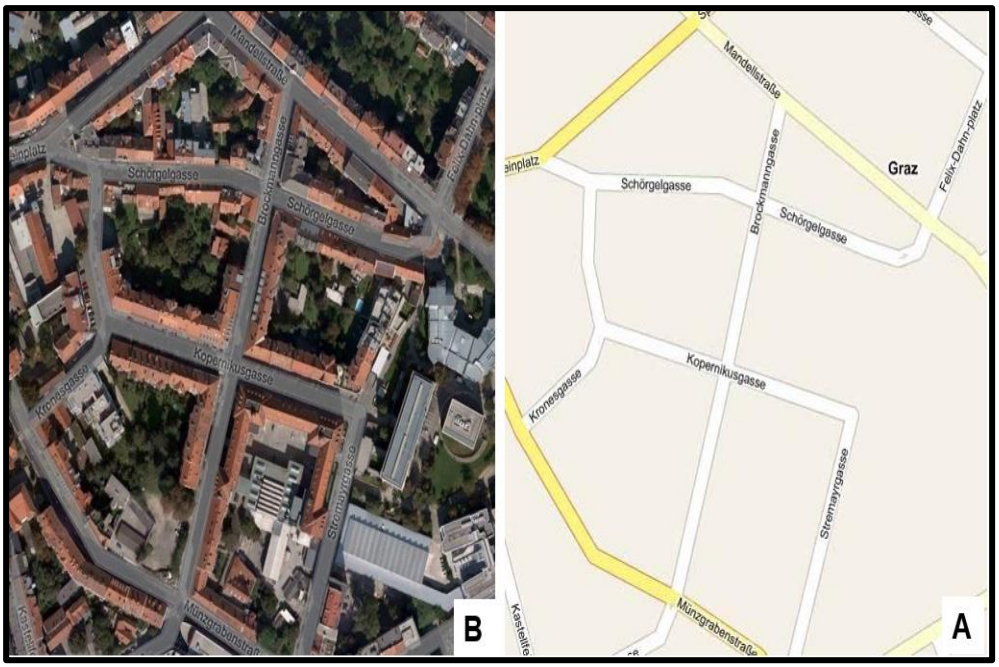
شكل (٥) نموذج يوضح نموذج السطح الرقمي (DSM)

(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 (٦) 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.



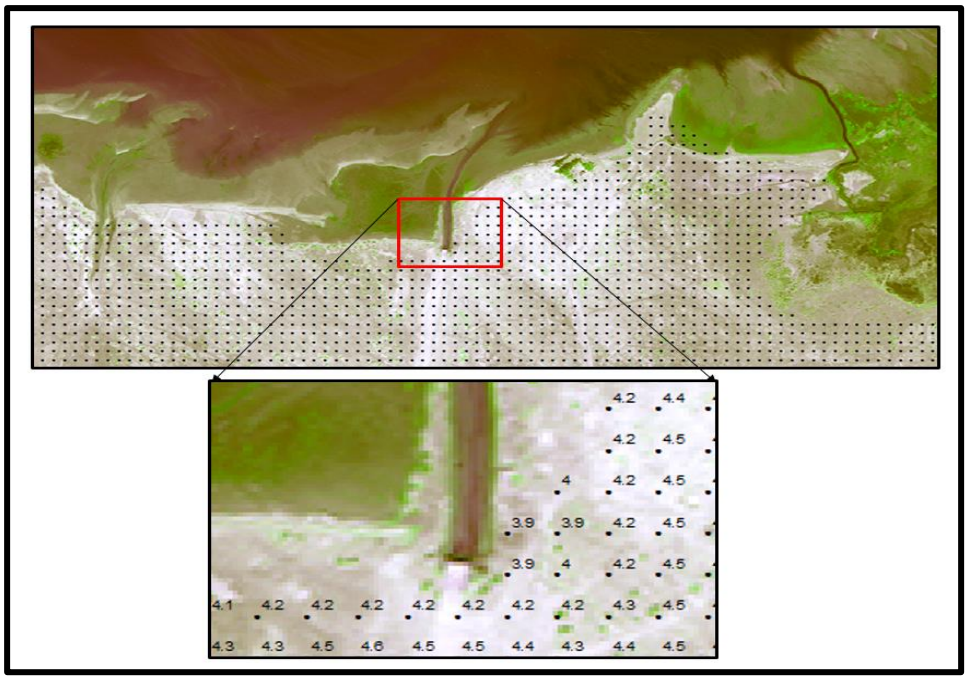
After: Philipp, 2011, p 732.

شكل (٦) نموذج للخرائط المصورة الرأسية Ortho وخرائط الطرق

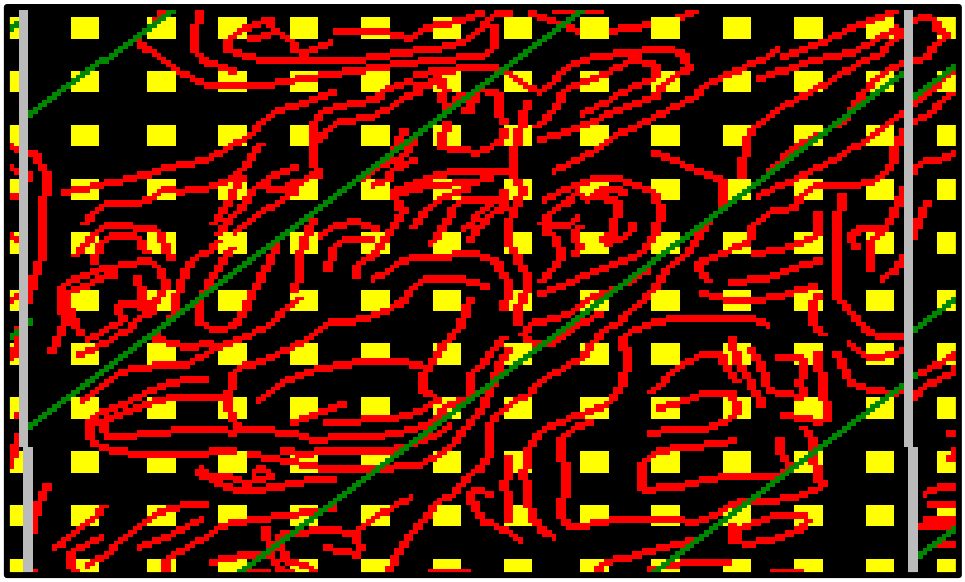
(هـ) ما يمكن رسمه من الصور الجوية:

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 (٧)، ويتم زيادة أعداد نقاط الارتفاع في المناطق شديدة التضرس ويقل عددها في المناطق المستوية ويخضع ذلك لعملية الفحص اليدوي الدقيق. ويوضح شكل (٨) نوعاً من بيانات (**DTM**) وزعت عليها شبكة من نقاط الاتفاعات وخطوط الكنتور.



شكل (٧) **نموذج لنقاط الارتفاعات** (Mass Points)

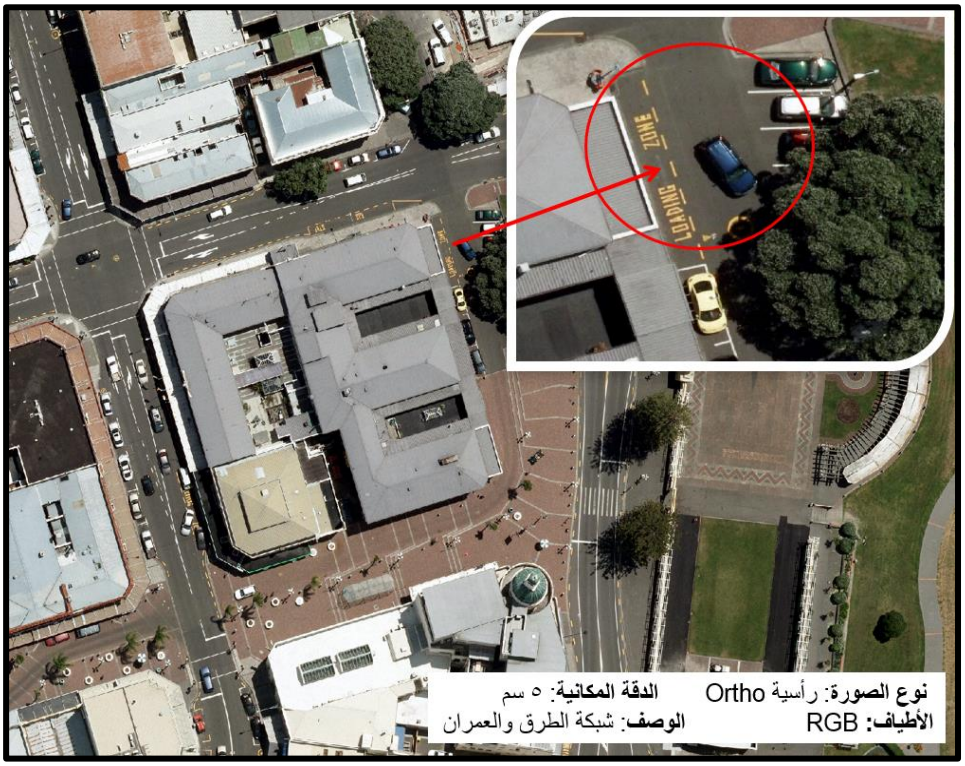


شكل (٨) نموذج لنقاط الارتفاعات المنتجة من المساحة الجوية

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 (٩)

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

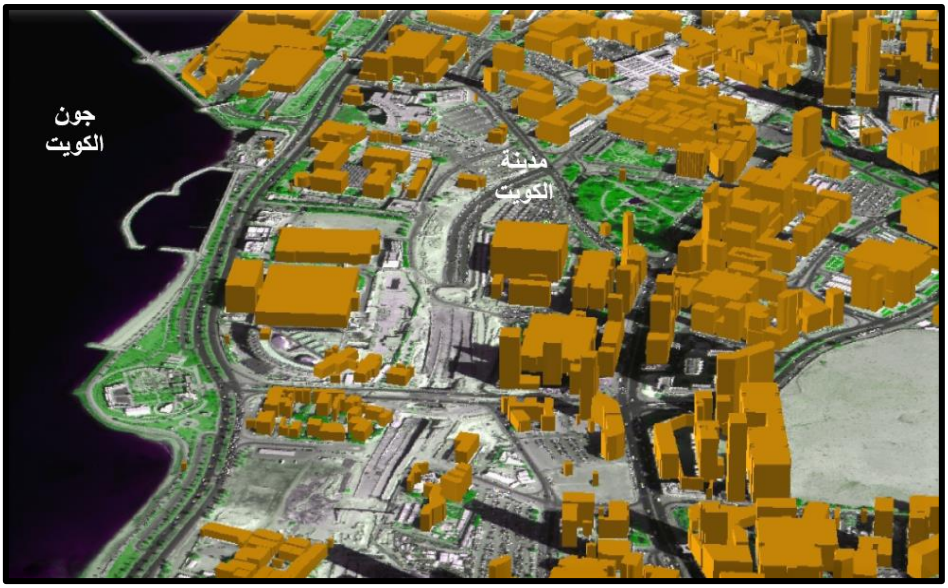
ترسم كل المظاهر الطبوغرافية من الصور الجوية بخطوط أفقية (Horizontal lines) مثل المنحدرات Cliffs، والتلال والسلاسل الجبلية Ridges، فيما عدا (خزانات المياه والأنهار والقنوات المائية، والأودية الجافة) فإنها ترسم في شكل خط مزدوج، تسلم خرائط نماذج الارتفاعات الرقمية (DTM) إلي الجهات المعنية بمقاييس رسم مختلفة 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 (١٠)، 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.
- تحدد أيضاً الحدود المساحية للمبنى بدقة عالية على أساس جدران الطابق الأرضي (footprints)، باستخدام طريقة العرض الرأسي للصورة الجوية ثلاثية الأبعاد (3D) شكل (١١).
- 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 (١٢)

صورة جوية اورتو 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 بالموانى (Piers)، وحواجز السفن (jetties)، والدعامات (slipways)، وجدران الموانئ (harbor wall)، والرافعات الثابتة (fixed permanent cranes)، وكاسرات الأمواج (breakwaters)، ومنازل الأضوء (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 (١٣).

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 (١٤)، أيضاً تستخدم الصور الجوية في رسم الأحواض الزراعية وتخطيطها شكل (١٥).

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

شكل (١٥) دراسة الأحواض الزراعية وتوزيع الزراعات

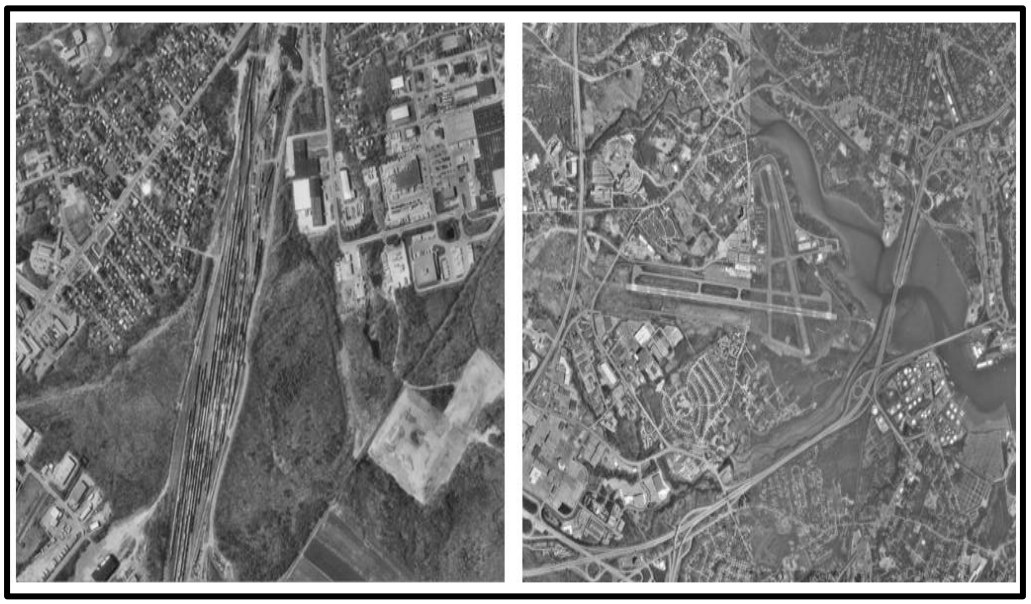
تمثل الصور الجوية أهمية كبيرة في عملية تخطيط المدن ووضع خرائط الأساس التي يعتمد عليها في دراسة المنشآت الحيوية مثل القناطر والسدود والكباري والجسور داخل الدول، نظراً لدقتها العالية في إنتاج الخرائط الحديثة في زمن قصير فقد تم استخدامها في مصر قبل إنشاء السد العالي بعمل مسح جوي شامل لنهر النيل ومجراه وسهله الفيضي، فهي تقدم وثيقة دقيقة عن جغرافية المنطقة وخصائصها الجغرافية والطبوغرافية، كما يتضح من شكل (١٦) 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 (١٧). كما يمكن تمييز محطات القطار الموجودة في وسط المدن

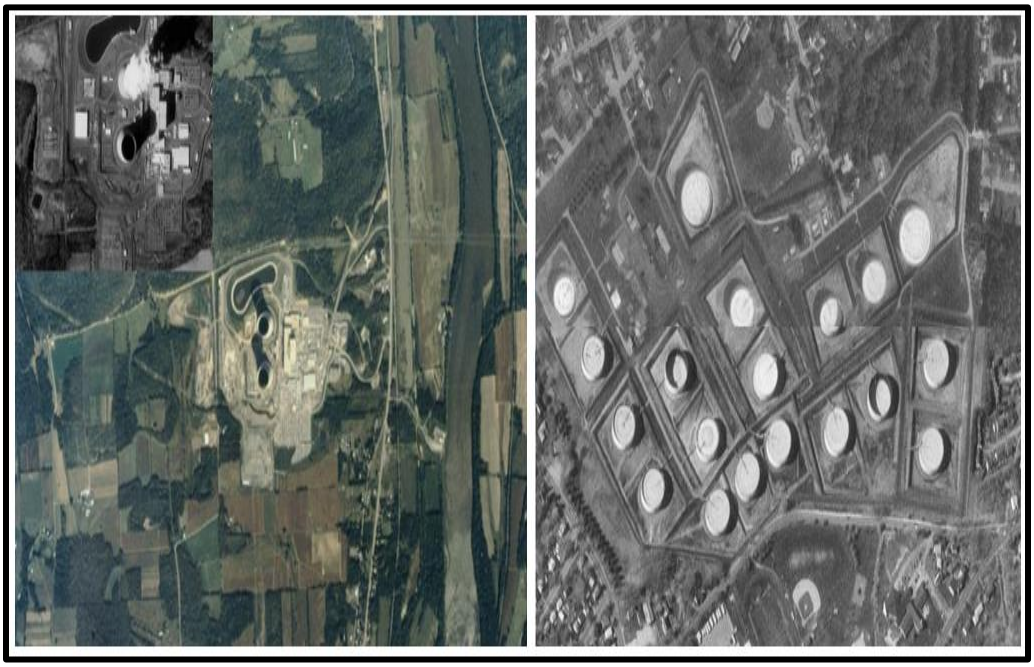
ومناطق المطارات الهامشية للمدن، وتساعد الصور الجوية في وضع الخطط المستقبلية في عمليات الأمن والسلامة للمطارات الداخلية التي توجد وسط المدن الاستيراتيجية كما يوضحه شكل (١٨)

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 (١٩)، والمساهمة في تحديد مواقع البقع البترولية على السواحل البحرية.



شكل (١٩) الدراسات البيئية والمنشآت الصناعية مراقبة وتحديد المناطق 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.