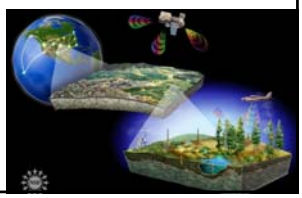
أسس و مبادئ التصوير الجوي

اعداد

د . قيس علي سلطان



2022

أجهزة الاستشعار

هنالك نوعان أساسيان من الأجهزة التي تستشعر الأشعة الكهرومغناطيسية و تقوم بتسجيلها :

- آلات التصوير الضوئي الفوتوغرافي التي تسجل الأشعة المنعكسة من الهدف على فيلم بعد مرورها من خلال عدسة التصوير . هذه الأجهزة تستطيع فقط أن تسجل حزمة الطيف المرئي و القريب من المرئي (الأشعة تحت الحمراء) .
- أجهزة التصوير الرقمية أو الإلكترونية التي تتميز بحساسيتها الطيفية العريضة و التي تحَّول الأشعة التي تصلها إلى إشارات كهربائية ثم إلى أعداد رقمية تسجل على شريط ممغنط و تسمى الصورة الرقمية و التي يمكن أيضا أن تحول إلى صورة مرئية .

٢

١- التصوير الجوي والكاميرات الجوية

- يمكن أن توضع الكاميرات على تجهيزات فوق سطح الأرض أو على طائرات أو حوامات أو بالونات أو على متن التوابع الصنعية.
- الصور الجوية تعطي تفصيلا للأهداف المدروسة ولها تطبيقات واسعة في دراسة الأهداف صغيرة الأبعاد.
- تعتمد التغطية الأرضية للصورة على العديد من العوامل منها: البعد المحرقي للعدسة وارتفاع المنصة (النظام الحامل للكاميرا) وأبعاد الفيلم المستخدم في التصوير. تستخدم الكاميرات بشكل عام عدسات ذات أبعاد محرقية ٩٠ و ١٥٢و ٢١٠ مم أكثرها شيوعا هو ١٥٢ مم وكلما طال البعد المحرقي كلما صغرت المساحة المصورة وكلما زادت التفاصيل وبالتالي يمكن الحصول على صور ذات مقياس أكبر وبالتالي أمكن إنتاج خرائط ذات مقياس أكبر. وكلما ازداد ارتفاع المنصة كلما كبرت المساحة الملتقطة وبالتالي صغر مقياس الصورة الفضائية وقلت تفاصيل المساحة المدروسة. يصل الميز المكاني للصور الجوية إلى ٥٠ سم.

٣

١- التصوير الجوي والكاميرات الجوية

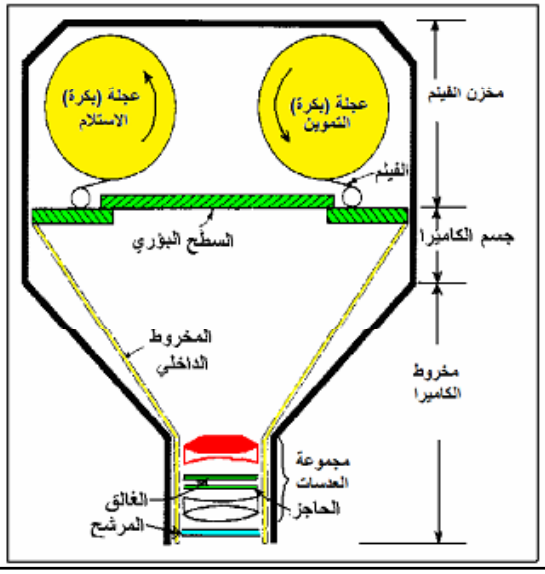
- تضمن خطوط الطيران المتوازية والصور الملتقطة على طول الخط الواحد تداخلا بينها بمقدار ٥٠-٦٠ %، وهو ما يؤمن إمكانية استخدام الستيريوسكوب في تحليل وتفسير الصور الجوية حيث يمكن إظهار منطقة الدراسة (باستخدام الستيريوسكوب) بشكل ثلاثي الأبعاد. تحلل الصور يدويا من قبل الإنسان وتتم عادة باستخدام الستيريوسكوب. ويمكن تجهيز الصور الجوية لإجراء القياسات المختلفة، لذلك يدعى علم تنفيذ القياسات على الصور الجوية بـ (الفوتوغرامتري- photogrammetry)

٤

التصوير و التصوير الجوي و التصوير الفضائي

البند	التصوير	التصوير الجوي	التصوير الفضائي
موضع الكاميرا	علي سطح الأرض	في الطائرة	في القمر الصناعي
مساحة المنطقة المصورة	مساحة بسيطة (مئات الأمتار المربعة)	مساحة متوسطة (عدة كيلومترات مربعة)	مساحة كبيرة (عشرات الكيلومترات المربعة)
نوع الكاميرا	كاميرا بسيطة	كاميرا دقيقة	كاميرا أو أجهزة عالية الدقة
نوع التصوير	تصوير ضوئي مرئي	تصوير ضوئي مرئي و غير مرئي	استقبال و تسجيل الأشعة
نوع مادة التسجيل	أفلام عادية	أفلام متخصصة	تسجيل رقمي

مكونات كاميرا التصوير الجوي



المعلومات الاساسية اللازمة لعملية التصوير

أنواع الصور الجوية

- أتساع زاوية التصوير .
- ارتفاع الطيران .
- أبعاد الصورة .
- مقياس رسم الصورة .
- درجة ميل الصورة .

أنواع الصور الجوية

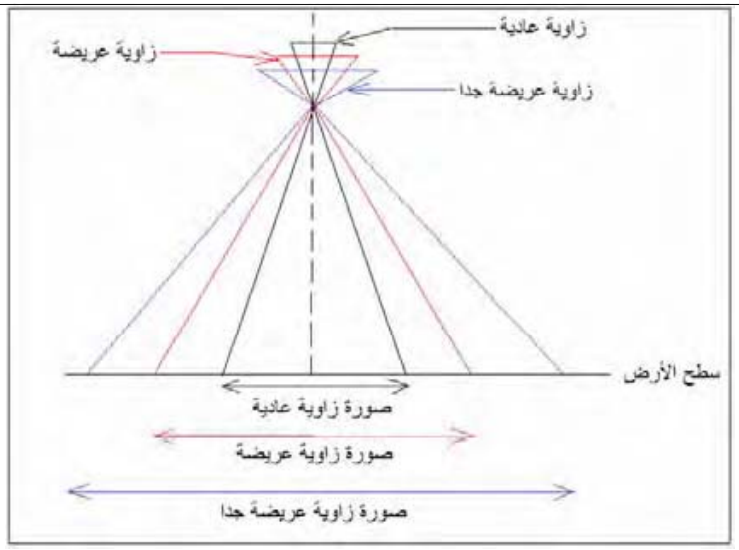
تصنيف الصور الجوية تبعا لأتساع زاوية عدسة التصوير

أقصي زاوية حقلية (درجة)	مساحة المنطقة (كيلومتر مربع)
١٢٥	٧.٣٢
٩٣	٢.٧٧
٧٥	١.٢٠
٥٦	٠.٥٧
٣٠	٠.١٤

- صور ذات زاوية عادية .
- صور ذات زاوية ضيقة.
- صور ذات زاوية عريضة .
- صور ذات زاوية عريضة جدا .

٩

تصنيف الصور الجوية تبعا لأتساع زاوية عدسة التصوير



١٠

أنواع الصور الجوية

تصنيف الصور الجوية تبعا لارتفاع الطيران

- الصور الملتقطة من ارتفاع عال .
- الصور الملتقطة من ارتفاع متوسط .
- الصور الملتقطة من ارتفاع منخفض .

تصنيف الصور تبعا لأبعادها

- الصور ذات أبعاد ٢٣ x ٢٣ سم .
- الصور ذات أبعاد ١٨ x ١٨ سم .
- الصور ذات أبعاد ١٨ x ٢٣ سم .

١١

أنواع الصور الجوية

الصور الجوية تبعا لمقياسها

- الصور ذات مقياس صغير (١: ٥٠٠٠٠ و أصغر) .
- الصور ذات مقياس متوسط (١: ٢٥٠٠٠) .
- الصور ذات مقياس كبير (١: ١٠٠٠٠ و أكبر) .

مقياس الرسم	حجم التغطية (كيلومتر مربع)	قدرة التمييز المكانية (سنتيمتر)
١ : ٣٠٠٠	٠.٥	٨
١ : ٨٠٠٠	٣.٥	١٥
١ : ١١٠٠٠	٦.٢	٢٠
١ : ٢٢٠٠٠	٢٤.٥	٦٠
١ : ٥٥٠٠٠	١٥٦	١٥٠

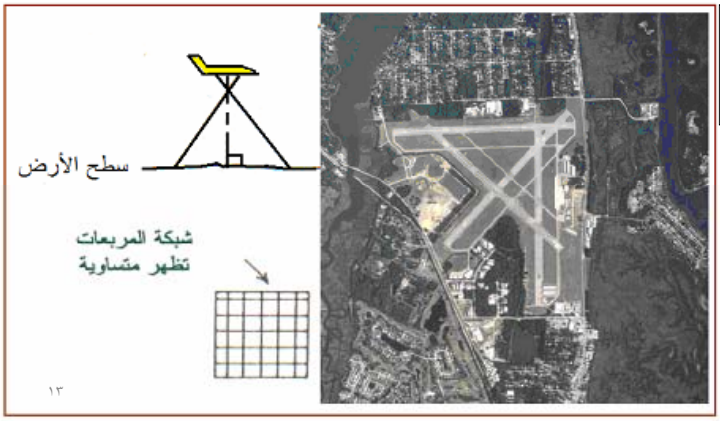
١٢

أنواع الصور الجوية

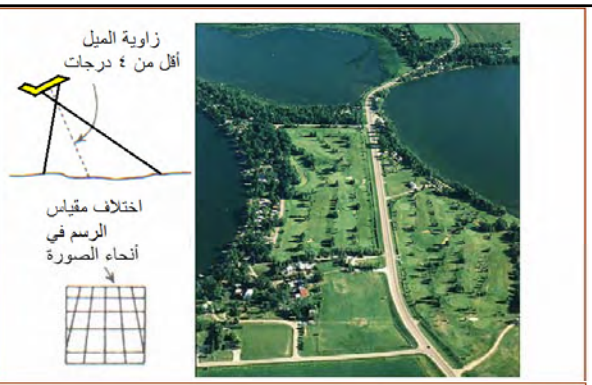
الصور الجوية تبعا لزاوية الميل

- الصور الرأسية .
- الصور قليلة الميل أو المائلة .
- الصور شديدة الميل .

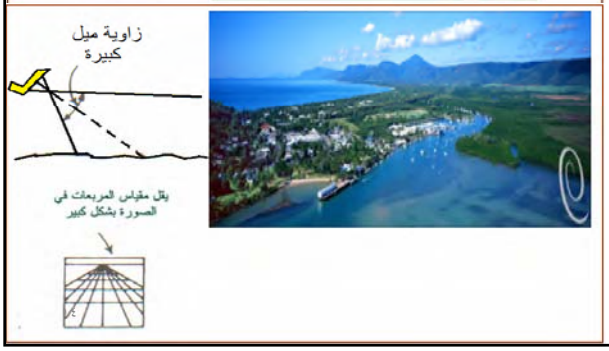
الصور الجوية الرأسية



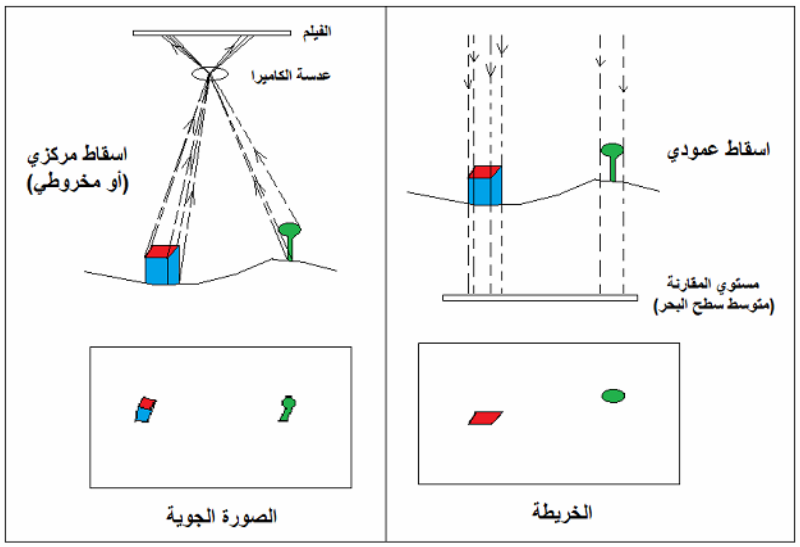
الصورالجوية قليلة الميل



الصور الجوية شديدة الميل



فرق الاسقاط بين الخريطة و الصور الجوية



١٥

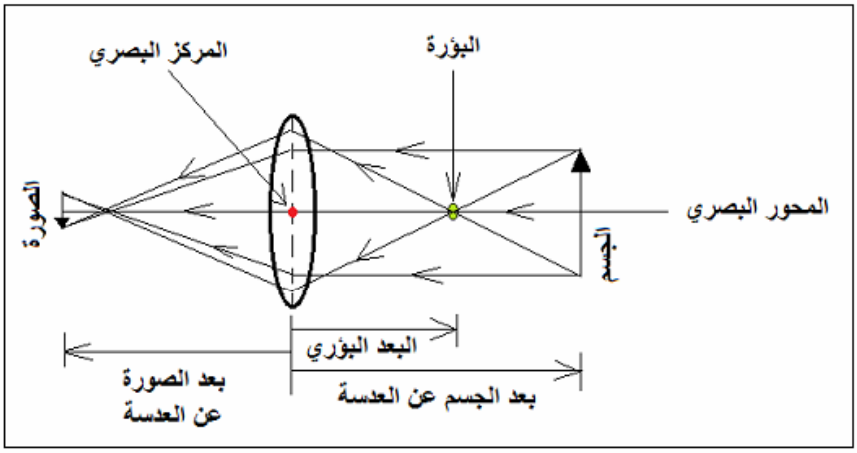
الخصائص الأساسية للعدسة

لكل عدسة مركز بصري وهو النقطة التي إذا مر بها شعاع الضوء فلا يحدث له أي انكسار أو انحراف، أي أن اتجاه دخول الضوء الي العدسة هو نفس اتجاه خروجه من العدسة. والمركز البصري للعدسة ينطبق علي مركزها الهندسي أي مركز تكور سطح العدسة. أما الخط الذي إذا مر شعاع الضوء من خلاله فلا يحدث له أي انكسار فيسمي المحور البصري للعدسة، وهو بالطبع يمر من خلال المركز البصري للعدسة.

البؤرة أو النقطة الأساسية للعدسة هي نقطة علي المحور البصري للعدسة تتجمع عندها الأشعة الموازية للمحور البصري. فإذا وضع أي هدف في موضع البؤرة فلن تتكون له صورة خلف العدسة. وتعرف المسافة بين المركز البصري للعدسة و بؤرة العدسة باسم البعد البؤري للعدسة، حيث لكل عدسة بعد بؤري ثابت لا يتغير.

١٦

الخصائص الأساسية للعدسة



١٧

الخصائص الأساسية للعدسة

$$\frac{١}{ف} = \frac{١}{س} + \frac{١}{ص}$$

حيث:

ف البعد البؤري

ص بعد الجسم عن العدسة

س بعد الصورة عن العدسة

١٨

أنواع الافلام المستخدمة بالتصوير الجوي

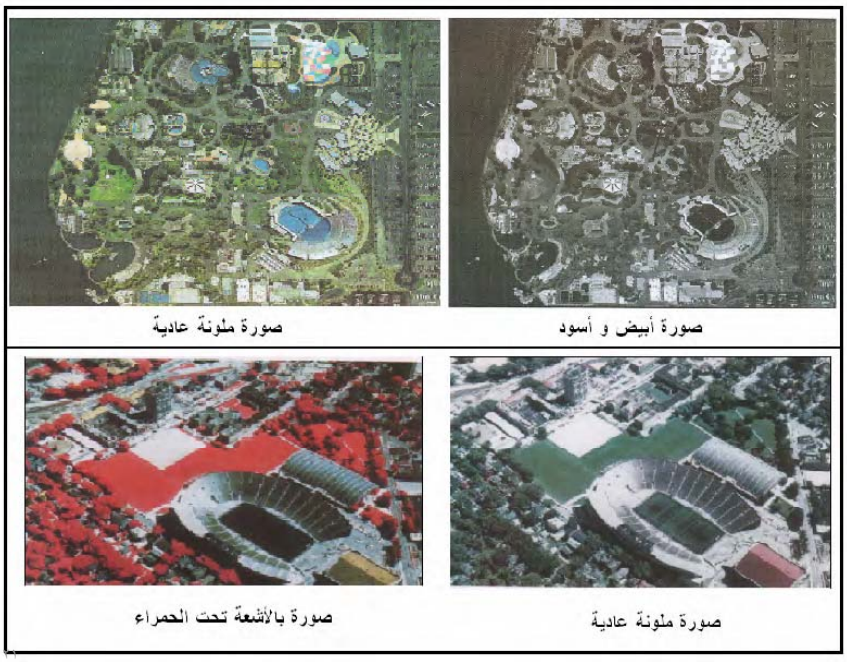
- الفيلم البانكروماتي أو الفيلم الحساس للضوء المرئي: الفيلم المرئي العادي المستخدم في التصوير الأبيض و أسود ، وهو يتميز بسعره المنخفض، ومازال هو الأكثر استخداما في التصوير الجوي خاصة بهدف إنتاج الخرائط وأيضا في التطبيقات الجيولوجية و الهيدرولوجية و التربة.
- الفيلم الأبيض و الأسود الحساس للأشعة تحت الحمراء: تمتد حساسية مادة الفيلم لتشمل بالإضافة للضوء المرئي الأشعة تحت الحمراء أيضا. تستخدم هذه النوعية من الأفلام في التعرف علي جودة و صحة النباتات حيث تظهر النباتات ذات الأوراق الممتلئة بالكلورفور (اليخضور) تظهر بلون أبيض بينما النباتات المريضة تظهر بلون داكن. كما أن هذه النوعية من الأفلام تكون مفيدة في التمييز بين الماء و اليابسة واكتشاف المسطحات المائية مهما صغرت مساحتها.

١٩

أنواع الافلام المستخدمة بالتصوير الجوي

- الفيلم الملون العادي: حيث تظهر المعالم الطبيعية في الصورة بألوانها الطبيعية المعتادة كما تراها العين البشرية، كما أن عين الإنسان تستطيع أن تميز بين ألوان أكثر كثيرا مما تستطيع أن تميز من تدرجات اللون الرمادي في الأفلام البانكروماتية.
- الفيلم الملون الحساس للأشعة تحت الحمراء: وتسمي أيضا الأفلام الملونة الكاذبة حيث تظهر المعالم الخضراء بلون ازرق علي الصورة باستثناء النباتات كما تظهر المعالم الحمراء بلون اخضر علي الصورة وتظهر الأهداف التي لا تراها عين الإنسان (خارج نطاق الضوء المرئي) بلون أحمر علي الصورة. يستخدم هذا النوع من الأفلام في التطبيقات الزراعية لتحديد أنواع و أمراض النباتات وكذلك التمييز بين المياه الصافية أو العذبة و المياه العكرة أو شديدة الأملاح، وأيضا في التطبيقات العسكرية والمخابراتية.

٢٠



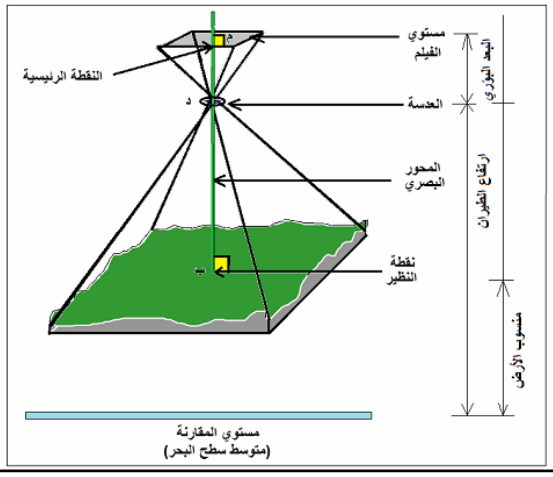
القياسات من الصور الجوية

- حساب مقياس رسم الصورة الجوية :

i. مقياس الرسم لمنطقة مستوية .
ii. مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس .
iii. مقياس الرسم لمنطقة ساحلية .
iv. قياس المسافة على الصورة و معرفة المسافة الحقيقة لها على الأرض .
v. قياس المسافة على الصورة و قياسها على خريطة معلومة .
vi. قياس المسافة بين نقطتين على الصورة و معرفة الإحداثيات الأرضية لهما .

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
١ـ مقياس الرسم لمنطقة مستوية

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



٢٣

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
١ـ مقياس الرسم لمنطقة مستوية

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

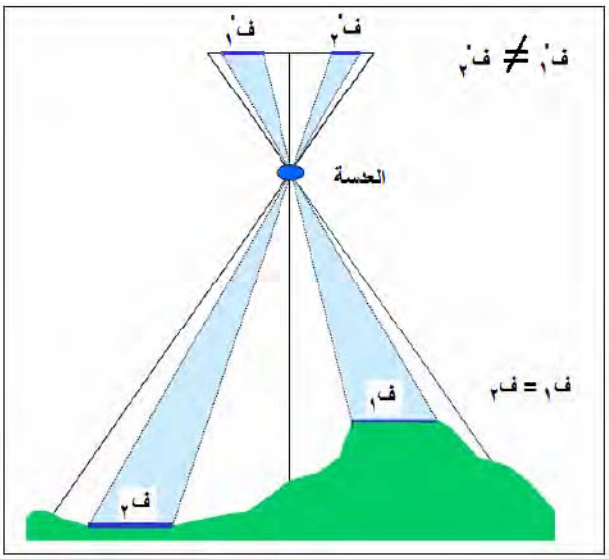
وحيث أن مقياس الرسم العددي بصفة عامة يكتب في صورة كسر يكون البسط به يساوي ١ (مثل ١ / ١٠٠٠) فنقوم بقسمة كلا من البسط و المقام (في المثال) علي قيمة البسط لنحصل علي الصورة المعتادة لكتابة مقاييس الرسم:

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

مقياس رسم الصورة = ١ / ١٧٢٠٠

٢٤

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٢ـ مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس



٢٥

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٢ـ مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

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

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

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

٢٦

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٢- مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

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؟

٢٧

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٢- مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

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

٢٨

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٢- مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

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

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٤٠٠ متر)

= ١٠٠٠/١٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٤٠٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٦٠٠ متر

= ٠.١ / ١٦٠٠

= (٠.١ / ٠.١) / (١٦٠٠ / ٠.١)

= ١ / ١٦٠٠٠

٢٩

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٢- مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

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

٣٠

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٢- مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

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

٣١

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٣- مقياس الرسم لمنطقة ساحلية

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

= البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - صفر)

= البعد البؤري / ارتفاع الطيران

٣٢

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٣- مقياس الرسم لمنطقة ساحلية

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

٣٣

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٤- قياس المسافة على الصورة و معرفة المسافة الحقيقة لها على الأرض

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

٣٤

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٥- قياس المسافة على الصورة و قياسها على خريطة معلومة

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

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 ؟

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

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

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

٣٥

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٦- قياس المسافة بين نقطتين على الصورة و معرفة الإحداثيات الأرضية لهما

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

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

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؟

٣٦

حساب مقياس رسم الصورة الجوية
٦ـ قياس المسافة بين نقطتين على الصورة و معرفة الإحداثيات الأرضية لهما

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

$= \frac{٠,٠٤٧}{٧٢١,١١}$

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

٣٧

تطبيقات مقياس رسم الصور الجوية في تصميم الطيران

- حساب ارتفاع الطيران المناسب لمقياس رسم .
- حساب البعد البؤري المناسب لمقياس رسم .

٣٨

تطبيقات مقياس رسم الصور الجوية في تصميم الطيران
١ـ حساب ارتفاع الطيران المناسب لمقياس رسم

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

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 ؟

٣٩

تطبيقات مقياس رسم الصور الجوية في تصميم الطيران
١ـ حساب ارتفاع الطيران المناسب لمقياس رسم

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

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

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

$$\frac{\text{٠،٣ متر}}{\text{ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ متر}} = \frac{١}{١٠٠٠٠}$$

أي أن:

ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ = ٠،٣ × ١٠٠٠٠

ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ = ٣٠٠٠

ارتفاع الطيران = ٣٠٠٠ + ١٠٠٠

= ٤٠٠٠ متر

٤٠

تطبيقات مقياس رسم الصور الجوية في تصميم الطيران
٢- حساب البعد البؤري المناسب لمقياس رسم

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

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

٤١

تطبيقات مقياس رسم الصور الجوية في تصميم الطيران
٢- حساب البعد البؤري المناسب لمقياس رسم

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

٤٢

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

- تحديد مقياس الرسم المتوسط للصور .
- تحديد نوع الكاميرا .
- تحديد ارتفاع الطيران .
- تحديد اتجاه خطوط الطيران .
- تحديد قيمة التداخل .
- تحديد الفترة الزمنية بين كل صورتين .
- تحديد عدد خطوط الطيران .
- تحديد عدد الصور .
- تحديد الوقت المناسب للتصوير .
- وضع علامات أرضية قبل التصوير .

٤٣

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

(١) تحديد مقياس الرسم المتوسط للصور:

يعتمد تحديد مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية المطلوبة بهدف إنتاج الخرائط علي قيمة مقياس رسم الخرائط المطلوب إنتاجها. إن كان الهدف من التصوير هو إنتاج الخرائط التفصيلية فأن الصور الجوية تتطلب درجة تمييز عالية بين المعالم الجغرافية أي أن التصوير يجب أن يتم بمقاييس رسم كبيرة (مثلا ١ : ٥٠٠٠). بينما إن كانت الخرائط المطلوب إنتاجها خرائط جيولوجية أو خرائط تربة علي سبيل المثال فهي لا تتطلب الدقة العالية ومن ثم يمكن التصوير بمقاييس رسم صغيرة (مثلا ١ : ١٠٠،٠٠٠). وبصفة عامة فأن مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية يكون أصغر من مقياس رسم الخريطة المطلوبة بحدود ٣-٥ مرات.

٤٤

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

(٢) تحديد نوع الكاميرا:

يعتمد نوع الكاميرا المستخدمة في التصوير الجوي علي البعد البؤري لها

(٣) تحديد ارتفاع الطيران:

٤٥

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

(٤) تحديد اتجاه خطوط الطيران:

في حالة كون المنطقة المراد تصويرها لا يمكن تغطيتها بخط طيران واحد فيتطلب التصوير عدد من خطوط الطيران المتوازية. يعتمد تحديد اتجاه خطوط الطيران علي: (١)اتجاه تضاريس المنطقة الجغرافية، فالأفضل أن يتم التصوير موازيا لاتجاه تضاريس الأرض، (٢) اتجاه سرعة الرياح في وقت التصوير حيث يتم اختيار الاتجاه الأكثر استقرارا لحركة الطائرة. أما في حالة عدم وجود رياح مؤثرة وكون تضاريس الأرض لا تتغير بصورة كبيرة فيتم اختيار خط الطيران في اتجاه الضلع الأطول للمنطقة بحيث يتم تقليل عدد خطوط الطيران المطلوبة لتغطية كامل المنطقة الجغرافية.

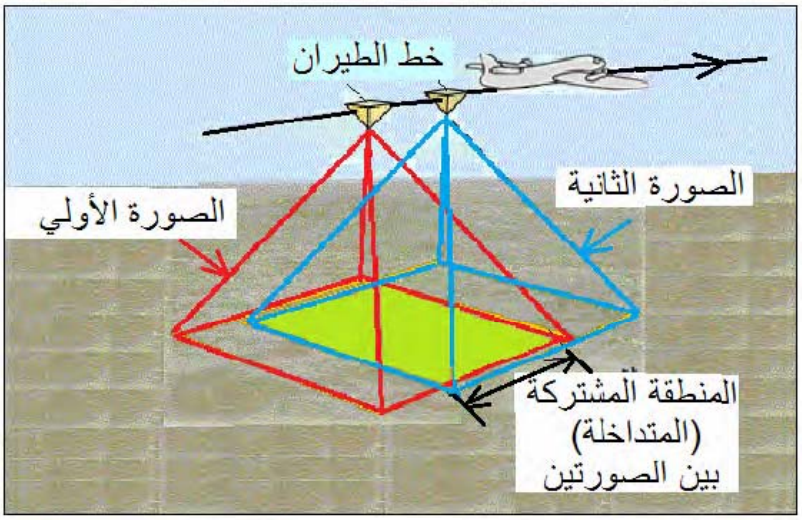
٤٦

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

٥- تحديد قيمة التداخل

من أهم شروط الإبصار المجسم الحصول علي صورتين لنفس المنطقة ملتقطتين في نفس الوقت تقريبا (كما في الصورتين اللتين تتكونان من كلتا عيني الإنسان)، فكيف سيتم ذلك في الصور الجوية الملتقطة من الطائرة؟. تطير الطائرة بسرعة لا تسمح بالتقاط صورتين متتاليتين لنفس المنطقة الجغرافية، لكن إن استطعنا التحكم في عملية التقاط الصور بسرعة تتناسب مع سرعة الطائرة فستوجد منطقة مشتركة بين كل صورتين متتاليتين، أي أن نفس هذه المنطقة ستظهر في الصورة الأولي و ستظهر أيضا في الصورة الثانية. وهذا المبدأ هو ما يسمي بمبدأ التداخل بين الصور الجوية Overlap.

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي



٤٨

التداخل الطولي

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

يوجد نوعين من أنواع التداخل بين الصور الجوية: (١) التداخل الطولي Longitudinal Overlap و (٢) التداخل الجانبي Side Overlap . التداخل الطولي هو وجود منطقة مشتركة بين كل صورتين متتاليتين في نفس خط الطيران. وغالبا تبلغ نسبة التداخل الطولي بين كل صورتين متتاليتين ٦٠% من مساحة المنطقة، أي أن ٦٠% من مساحة المنطقة الظاهرة في الصورة الأولي ستظهر أيضا في الصورة الثانية، وبالمثل فأن ٦٠% من مساحة المنطقة الظاهرة في الصورة الثانية ستظهر أيضا في الصورة الثالثة، .... وهكذا.

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

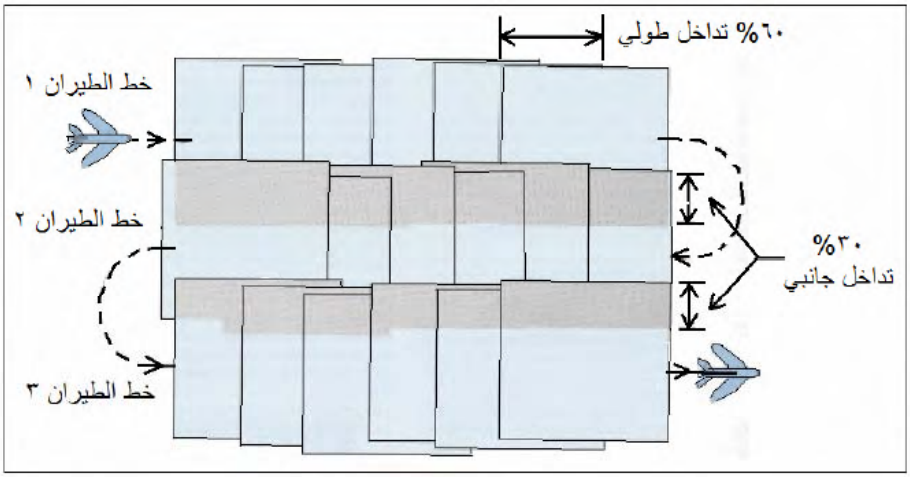
التداخل الطولي هو الذي يحقق شروط الحصول علي الإبصار المجسم من الصور الجوية، وبالتالي فهو أساس من أساسيات القياسات الدقيقة بهدف إنتاج الخرائط من الصور الجوية. فالمنطقة المشتركة بين الصورتين المتتاليتين هي التي تحقق شروط الإبصار المجسم وهي التي يتم استخدامها في عمل القياسات الدقيقة لخصائص المعالم الجغرافية. أما في حالة التصوير الجوي بهدف تفسير المعالم الجغرافية (والذي لا يتطلب قياسات دقيقة من الصور)

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

فالتداخل ليس شرطا أساسيا في مثل هذه المشروعات، لكن إذا تحقق تداخل بسيط (٢٠-٣٠%) فسيكون مفيدا عند عمل الموزايك أو الفسيفساء. كما يفيد التداخل أيضا في إمكانية الاستغناء عن أية صور بها عيوب (مثل ضعف الإضاءة أو شدة الميل) دون الحاجة لإعادة التصوير مرة أخري، حيث سيظهر هذا الجزء من سطح الأرض في عدة صور أخري.

في حالة كون المنطقة المراد تصويرها لا تظهر كاملة في خط طيران واحد فيتم تنفيذ عدد من خطوط الطيران المتتالية لتصوير كامل هذه المنطقة. ولترتيب الصور بين خطوط الطيران المختلفة نلجأ الي النوع الثاني من أنواع التداخل وهو التداخل الجانبي. التداخل الجانبي هو توافر منطقة مشتركة بين كل خطي طيران متتاليين، وتبلغ نسبة التداخل الجانبي في الغالب ٣٠%.

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي



٥٢

التداخل الجانبي

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

كما أشرنا من قبل فأن التداخل الطولي بنسبة ٦٠% و التداخل الجانبي بنسبة ٣٠% يكونان ضروريان للتصوير الجوي الذي يهدف الي إنتاج الخرائط و القياسات الدقيقة. أما لمشروعات التصوير الجوي الهادفة لتفسير الصور الجوية فقد تقل هذه النسب الي النصف أو أقل، حيث أن التداخل بين الصور الجوية في مثل هذه المشروعات يهدف فقط لوجود منطقة تداخل بسيطة بين كل صورتين متتاليتين لإتمام عملية تكوين الموزايك.

٥٣

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

(٦) تحديد الفترة الزمنية بين كل صورتين:

يعتمد حساب الفترة الزمنية بين التقاط كل صورتين متتاليتين علي مقياس الرسم المتوسط المطلوب للصور الجوية و علي أبعاد الصور الجوية ذاتها و سرعة الطيران وأيضا علي إن كان التداخل الطولي مطلوبا أم لا.

٥٤

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

مثال ١:

أحسب الفترة الزمنية اللازمة لالتقاط كل صورتين متتاليتين إن كان مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية ١ : ١٠،٠٠٠ وكانت أبعاد الصورة ٢٣×٢٣ سنتيمتر وسرعة الطائرة ٢٤٠ كيلومتر/ساعة علما بأن التداخل الطولي ليس مطلوبا؟

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة (مقام)

= ٢٣ سنتمتر × ١٠،٠٠٠

= ٢٣٠٠٠٠ سنتيمتر

= ٢٣٠٠٠٠ ÷ ١٠٠،٠٠٠ كيلومتر

= ٢.٣ كيلومتر

٥٥

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

واحتياطيا نعتبر هذه المسافة ٢ كيلومتر حتى نضمن أن كل صورة تغطي المنطقة بالكامل.

الفترة الزمنية = المسافة علي الأرض بين كل صورتين ÷ سرعة الطائرة

= ٢ كيلومتر ÷ ٢٤٠ كم/ساعة

= ٠.٠٠٨٣٣٣ ساعة

= ٠.٠٠٨٣٣ × ٦٠ × ٦٠ ثانية = ٣٠ ثانية

أي أنه سيتم التقاط صورة جوية كل ٣٠ ثانية في كل خط من خطوط الطيران.

٥٦

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

مثال ٢:

في المثال السابق أحسب الفترة الزمنية اللازمة لالتقاط كل صورتين متتاليتين في حالة أن التداخل الطولي مطلوبا بنسبة ٦٠%؟

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة
مقام

= ٢٣ سنتمتر × ١٠،٠٠٠

= ٢٣٠٠٠٠ سنتيمتر

= ٢٣٠٠٠٠ ÷ ١٠٠،٠٠٠ كيلومتر

= ٢.٣ كيلومتر

٥٧

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

وحيث أن التداخل الطولي مطلوبا بنسبة ٦٠% فأن المسافة بين كل نقطتي تصوير ستكون ٤٠% من المسافة الأرضية السابقة:

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = أبعاد الصورة علي الأرض × (١ - التداخل الطولي)

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = ٢.٣ كيلومتر × (١ - ٠.٦٠)

= ٢.٣ كيلومتر × ٠.٤٠

= ٠.٩٢ كيلومتر

الفترة الزمنية = المسافة علي الأرض بين كل صورتين ÷ سرعة الطائرة

= ٠.٩٢ كيلومتر ÷ ٢٤٠ كم/ساعة

= ٠.٠٠٣٨٣٣ ساعة

= ٠.٠٠٣٨٣٣ × ٦٠ × ٦٠ ثانية

= ١٣.٨ ثانية

٥٨

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

(٧) تحديد عدد خطوط الطيران:

يعتمد عدد خطوط الطيران اللازمة لتصوير منطقة جغرافية معينة علي عرض المنطقة وأبعاد الصورة الجوية و نسبة التداخل الجانبي المطلوبة بالإضافة الي مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية.

مقام

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة

المسافة بين كل خطي طيران = أبعاد الصورة علي الأرض × (١ - التداخل الجانبي)

عدد خطوط الطيران = (عرض المنطقة ÷ المسافة بين كل خطي طيران) + ١

٥٩

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

مثال:

أحسب عدد خطوط الطيران اللازمة لتغطية منطقة أبعادها ٤ × ٦ كيلومترات بصور مقياس رسمها المتوسط ١ : ٣٠٠٠ علما بأن أبعاد الصورة ٢٣ × ٢٣ سنتيمتر ونسبة التداخل الجانبي المطلوب ١٠% ؟

مقام

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة

= ٢٣ سنتيمتر × ٣٠٠٠

= ٦٩٠٠٠ سنتيمتر

= ٠.٦٩ كيلومتر

٦٠

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

المسافة بين كل خطي طيران = أبعاد الصورة علي الأرض × (١ - التداخل الجانبي)

= ٠.٦٩ كيلومتر × (١ - ٠.١)

= ٠.٦٩ كيلومتر × ٠.٩

= ٠.٦٢١ كيلومتر

عدد خطوط الطيران = (عرض المنطقة ÷ المسافة بين كل خطي طيران) + ١

= (٤ كيلومتر ÷ ٠.٦٢١ كيلومتر) + ١

= ٦.٤ + ١ = ٧.٤ = ٨ خطوط طيران

٦١

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

(٨) تحديد عدد الصور:

يمكن حساب عدد الصور الجوية اللازمة لتصوير منطقة معينة من المعادلة:

$$\text{عدد الصور} = \frac{\text{مساحة المنطقة}}{\text{مقام مقياس الرسم}^2 \times \text{طول الصورة} \times \text{عرض الصورة} \times (١-\text{التداخل الطولي}) \times (١-\text{التداخل الجانبي})}$$

٦٢

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

مثال:

احسب عدد الصور اللازمة لتغطية منطقة جغرافية مساحتها ١٥٠ كيلومتر مربع بمقياس رسم ١ : ٢٠،٠٠٠ إذا علمت أن أبعاد الصورة الواحدة تبلغ ٢٠×٢٠ سنتيمتر وان التداخل الطولي المطلوب يبلغ ٦٠% والجانبي ٣٠% ؟

$$\text{عدد الصور} = \frac{\text{١٥٠ كم مربع}}{(\text{٢٠ ٠٠٠})^{٢} \times \text{٢٠ سم} \times \text{٢٠ سم} \times (١-٠,٦٠) \times (١-٠,٣٠)}$$

$$= \frac{\text{١٥٠×١٠٠٠×١٠٠٠ متر مربع}}{(\text{٢٠ ٠٠٠})^{٢} \times \text{٠,٢ متر} \times \text{٠,٢ متر} \times (١-٠,٦٠) \times (١-٠,٣٠)}$$

= ٣٣,٤٨ صورة = ٣٤ صورة

٦٣

تصميم خطة الطيران و التصوير الجوي

(٩) تحديد الوقت المناسب للتصوير:

(١٠) وضع علامات أرضية قبل التصوير:

٦٤