الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

كلية هندسة البترول
Faculty of petroleum engineering

Remote Sensing

الاستشعار عن بعد

أ.د. محمد رياض الغزي

المرحلة الثالثة
الفصل الأول

الجزء الأول

مبادئ عامة في الاستشعار عن بعد

العام الدراسي

2015 – 2014

الفصل الأول
مبادئ عامة في الاستشعار عن بعد

1.1. ماذا يعني الاستشعار عن بعد :

استعمل مصطلح (الاستشعار عن بعد – Remote Sensing) منذ حوالي 50 عاما ، عندما أصبحت صور الأرض من التوابع الفضائية متاحة ، وأعطي اسم الاستشعار عن بعد لمجموعة من التقنيات المستخدمة في مراقبة الأرض عن بعد ولمعالجة المعطيات التي يتم الحصول عليها والمتضمنة معلومات عن سطح الأرض .

- **First, the term "remote sensing" was initially introduced in 1960. Before 1960 the term used was generally aerial photography. However, new methods and technologies for sensing of the Earth's surface were moving beyond the traditional black and white aerial photograph, requiring a new, more comprehensive term be established.**
- **Second, the 1960s and 1970s saw the primary platform used to carry remotely sensed instruments shift from air planes to satellites. Satellites can cover much more land space than planes and can monitor areas on a regular basis.**
- **Third, imagery became digital in format rather than analog. The digital format made it possible to display and analyze imagery using computers, a technology that was also undergoing rapid change during this period. Computer technology was moving from large mainframe machines to small microcomputers and providing information more in graphic form rather than numerical output.**
- **Fourth, sensors were becoming available that recorded the Earth's surface simultaneously in several different portions of the electro-magnetic spectrum. One could now view an area by looking at several different images, some in portions of the spectrum beyond what the human eye could view. This technology made it possible to see things occurring on the Earth's surface that looking at a normal aerial photograph one could not detect.**
- **Finally, the turbulent social movements of the 1960s and 1970s awakened a new and continuing concern about the changes in the Earth's physical environment. Remotely sensed imagery from satellites - analyzed and enhanced with computers - made it possible to detect and monitor these changes. Thus, societal support was and continues to remain strong for this technology, even though very few people are familiar with the term, remote sensing.**

يعتبر الاستشعار من بعد للأرض باستخدام التصوير قديماً قدم الطائرات نفسها ، وتستخدم حالياً التوابع الفضائية (Satellites) ، العديد من الحساسات التي تسجل المعلومات عن سطح الارض ضمن قطاعات مختلفة من الطيف الكهرطيسي (Electromagnetic Spectrum) .

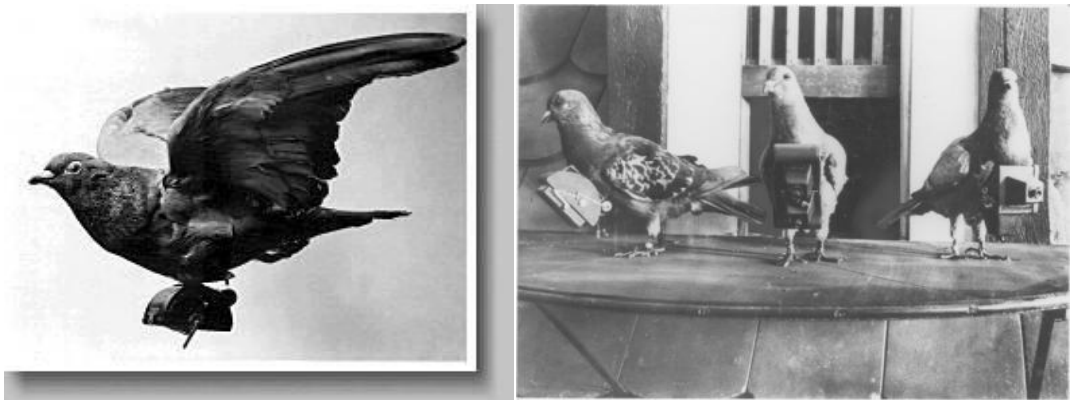
ويتضمن التصوير الجوي الكثير من المعلومات الهامة ، ولكن صوره ليست متاحة في كثير من الدول ، وتحول الوضع تحولاً جذرياً عندما قدمت الولايات المتحدة كماً كبيراً من صور الفضاء بتكلفة زهيدة ، بعد اطلاق التابع الفضائي (لاندسات Landsat) عام 1972 .
ولقد ظلت الصورة هي المنتج الأساسي للاستشعار عن بعد من الطائرات ووجد أن كل جزء من الطيف له فائدة في دراسة الصور الجوية ، ونتيجة لذلك فقد برمج الاستشعار عن بعد من بدايته ليعطي تسجيلات فيما بين حزم مختلفة من الطيف (من المجال مافوق البنفسجي وحتى مجال الأمواج ذات الترددات المنخفضة جدا (VLF) أمواج الراديو).
ونظراً لأن الاستشعار عن بعد يرتبط أولا بالصور فإن أهم الحساسات لمراقبة سطح الأرض هو كاميرا التصوير ، ومع ذلك فإن الكاميرا لايمكن استعمالها إلا في أطوال موجية محدودة مما دعا إلى استعمال حساسات أخرى تلتقط الاشعاعات الكهرطيسية المرتدة أو المنعكسة عن سطح الأرض .

وترسل صور الأرض الملتقطة بواسطة هذه الحساسات (Sensors) من مركبات الفضاء الآلية الى المحطات الأرضية على شكل معلومات رقمية (Digital Data) مما يتطلب تحويلها في المحطات الأرضية إلى صورة رقمية (Digital Image)، وهكذا تقسم الصورة الى بضعة ملايين من عناصر صغيرة تسمى (Pixel) والمعلومات المحددة لأي من هذه العناصر الصغيرة هي موقعها ودرجة اللون الرمادي لها ، ويمكن لوحدات عنصر صغير أن يعاد تركيبها في صورة وفي هذه العملية يمكن اجراء التصحيحات الهندسية والتحسينات الراديو مترية والحيزية (تعزيز الصورة Image Enhancement).

تعالج هذه المراحل بشكل رقمي في الحاسب نظراً لحجم البيانات الكبيرة التي يتم التعامل معها مما يجعل هذه العملية مكلفة الا أنه من الطبيعي أن عملية تفسير الصورة وتحليل بياناتها بالشكل الرقمي يتطلب برامج (Software) ذات كفاءة عالية ، ويمكن القول أن الاستشعار عن بعد بتقنياته المكلفة هو الطريقة الاقتصادية الوحيدة لمراقبة ورسم خرائط بعض مصادر الثروات الطبيعية والاكثر اهمية كالمياه والمحاصيل الزراعية والمراعي والتنقيب عن الثروات المعدنية والبترولية.

2.1. الطيف الكهرطيسي

تعتمد وسائط الاستشعار عن بعد ، على تسجيل أطوال محددة من الأمواج الكهرطيسية المرتدة عن الأجسام المختلفة ، إما منعكسة عنها (Reflected) أو صادرة منها (Emitted) . وباعتبار أن الأطوال الموجية للطيف الكهرطيسي مختلفة جداً . فقد ابتدعت مشعرات مختلفة تستطيع التحسس بها ، حيث يتم بعد ذلك إخراج معلوماتها على شكل صورة يمكن قراءتها والتعامل معها .
اختلفت نوعيات الأجسام التي تحمل المشعر ، مع تطور الزمن ، وحسب الغاية منه، فقد تم تركيب آلة التصوير على الطيور - في البدء – ثم في بالون أو طائرة ، وتحمل الان المركبات المختلفة أشكالاً متنوعة التعقيد من المشعرات وهي تطير على ارتفاعات مختلفة تصل حتى بضع مئات من الكيلومترات فوق سطح الأرض .



Images from http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/overview.html

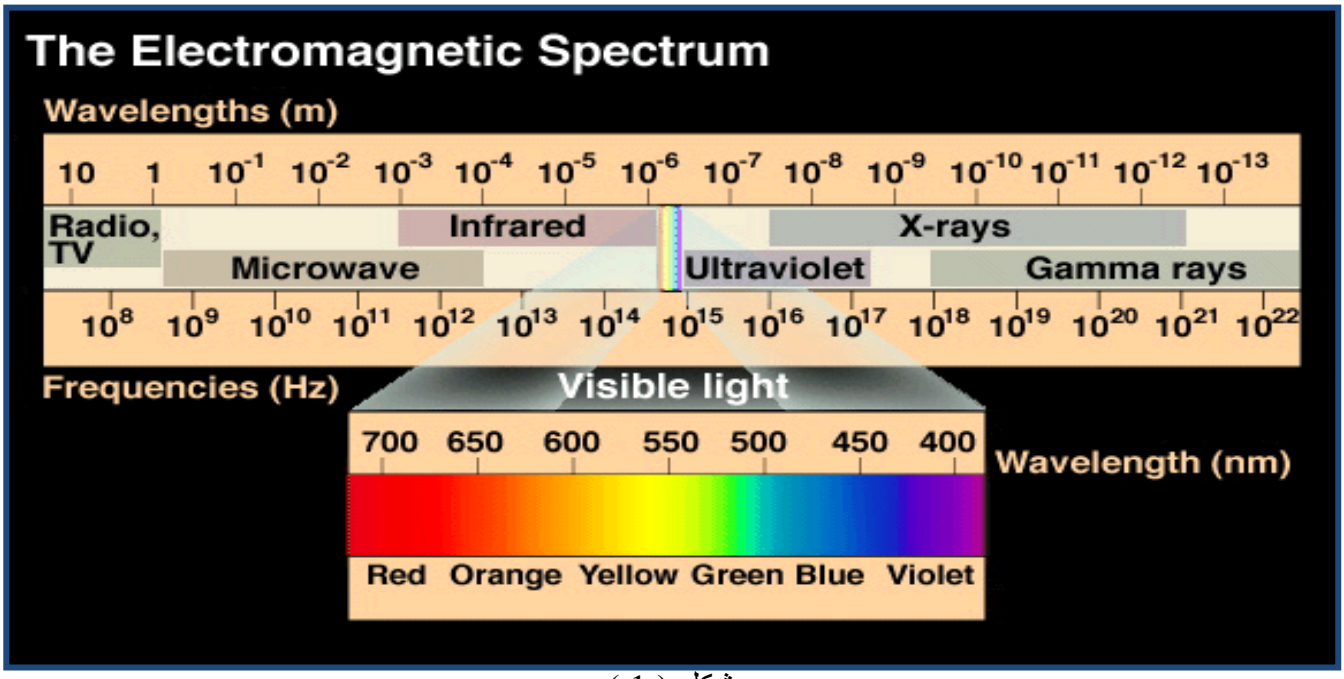
تتنوع وسائط الاستشعار من بعد بتنوع الإغراض المتوخاة من أخذ الصور ودراستها ، فلما كانت الأشعة الواردة إلى الأرض - من الشمس والفضاء – تمتد ضمن مجال موجي كبير ، يقع الطيف المرئي ضمن حيز صغير منه (شكل رقم 1) ، فإن كمية الإشعاع الوارد إلى المشعر وهو يتحرك بعيداً عن سطح الأرض تتحدد بعوامل هي :

1 -طبيعة الجسم المنير

2 -مدى عاكسيه الأجسام Target المدروسة .

3 -النفوذية الجوية Atmospheric Transmission .

4 -توزع الأجسام بالنسبة لبعضها



شكل (1)

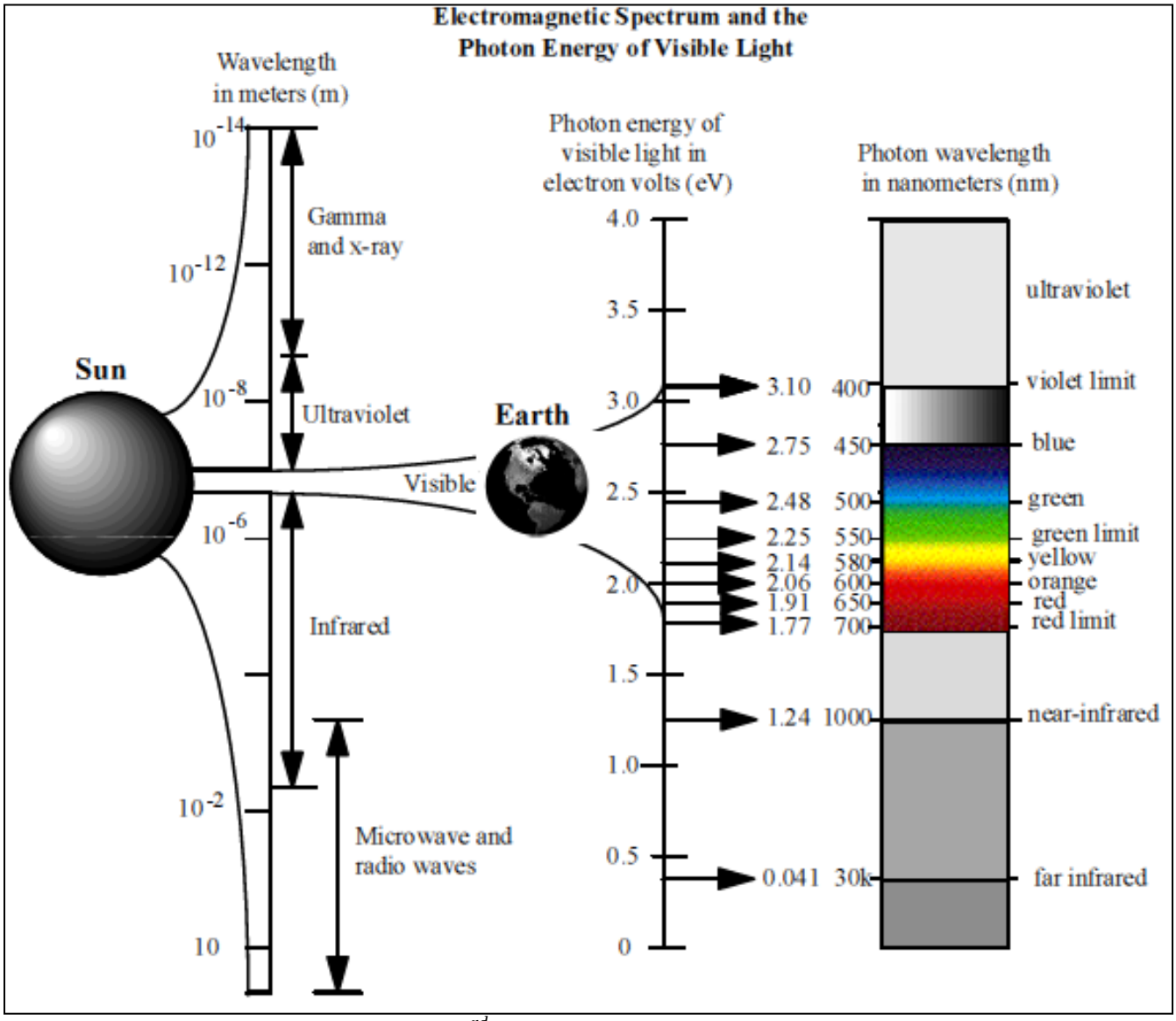
يمكن أساساً استخدام مجالات الطيف الكهرطيسي كله ، إلا أن أجهزة التحسس عن بعد التي استخدمت على متن التوابع الفضائية قد حددت بعض أجزاء الطيف ، أضف إلى ذلك أن الغلاف الجوي حول الأرض ، يحدث أضطراباً في انتشار الاشعاع مما يترك نوافذ قليلة يمكن استخدامها وهي :

* في المجال المرئي (من **0.4 – 0.75 ميكرون متر**) (ومن **0.75 – 1.1 ميكرون متر**) – القريب من مجال الأشعة تحت الحمراء – حيث تقيس المستشعرات ضوء الشمس المنعكس من الجسم (الانعكاسية) (Reflectivity) – شكل(2 – 3 – 4 - 5) .

* في المجال تحت الأحمر (من **2-5 ومن 8- 14 ميكرون متر**) حيث تقيس المستشعرات الطاقة المنبعثة من الجسم نفسه (Emissivity) .

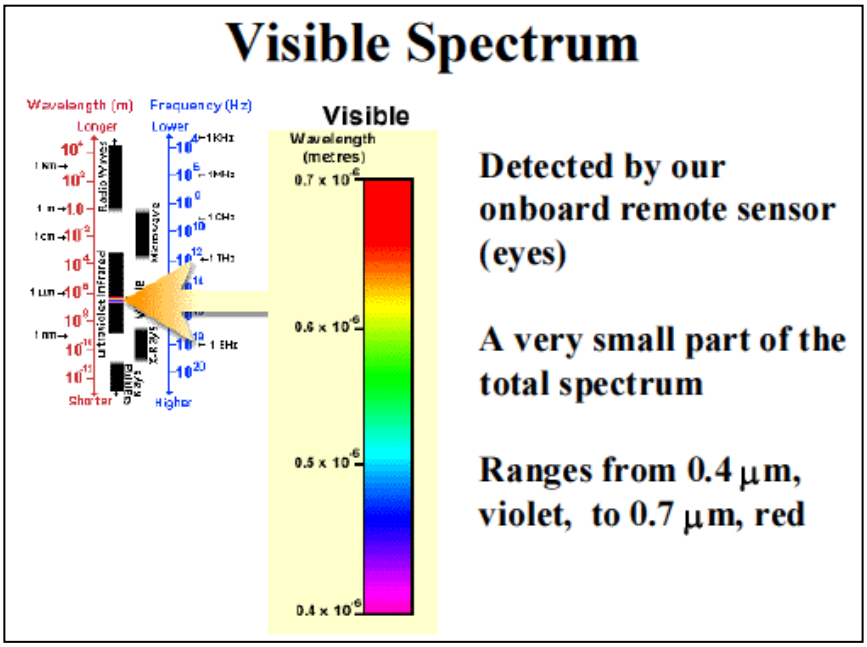
* في الأمواج الميكروية (من **1 ميليمتر إلى عدة أمتار**) حيث تستخدم الحساسات الفعالة مثل الرادار أو الراديومترات غير الفعالة (Passive) لالتقاط كميات ضئيلة من الطاقة المرتدة عن الأجسام الأرضية.

وقد تم تطوير أنواع متعددة من المستشعرات (Sensors) من قبل الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي(سابقاً) وفرنسا واستخدمت في التوابع الفضائية العديدة أمثال :
منظومة: Spot ,Meteor, Meteosat, landsat حيث استخدمت معطياتها في دراسة الثروات الأرضية وفي الأرصاد الجوية والتنبؤ عن الكوارث الطبيعية ومراقبة الكوارث والتلوث البيئي.

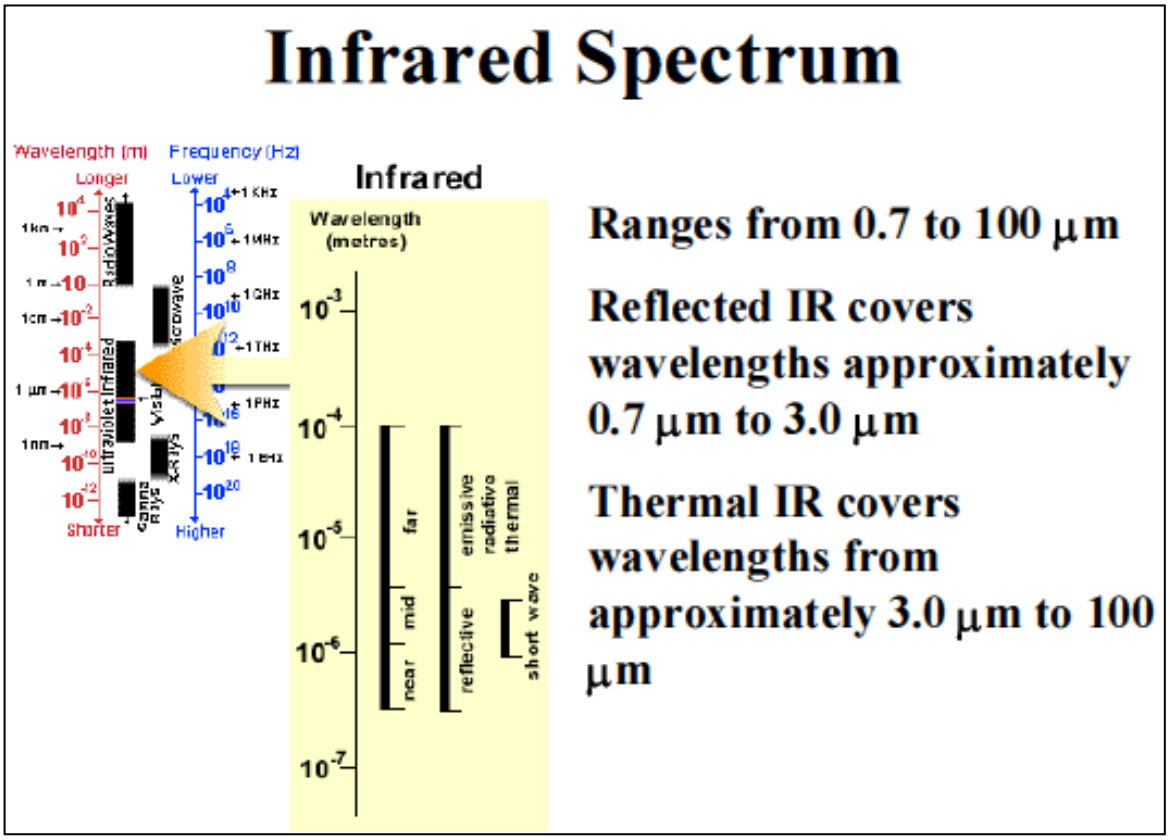


Introductory Digital Image Processing. 3rd edition. Jensen, 2004

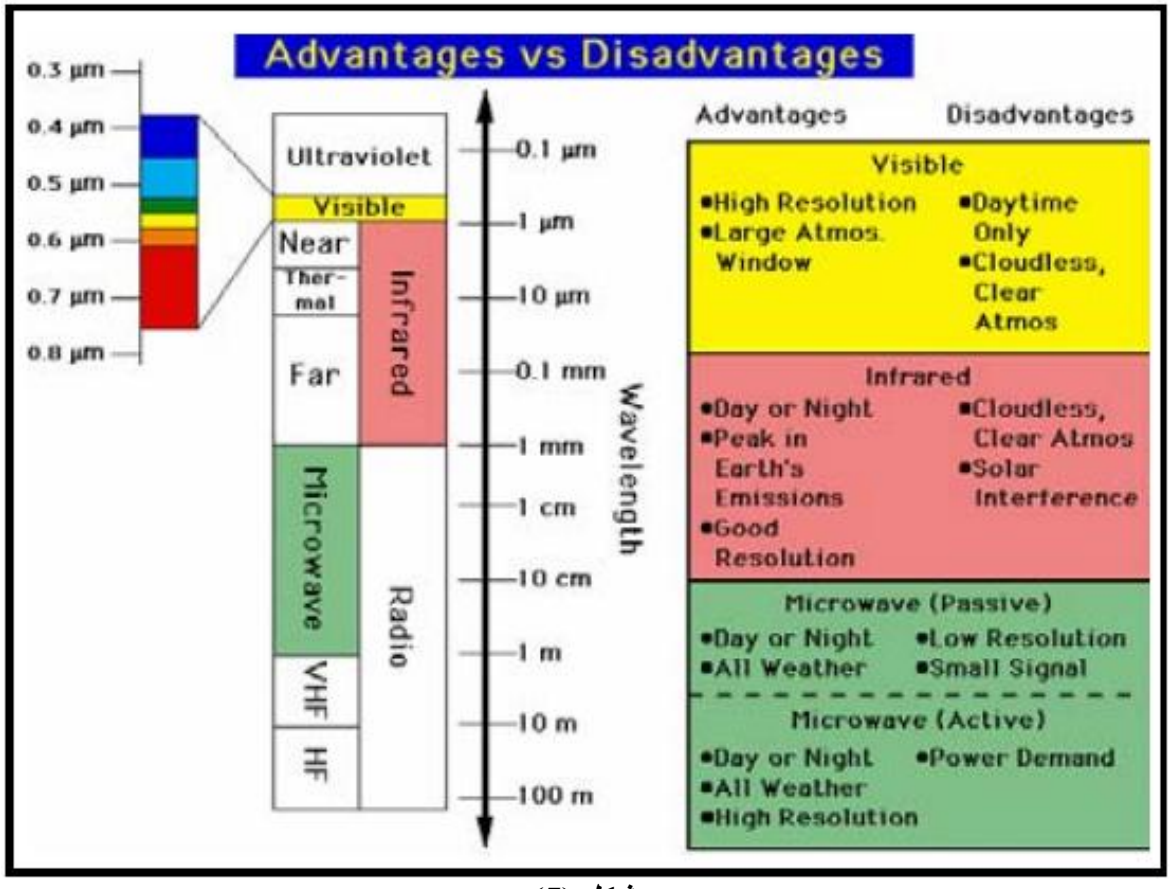
شكل (2)



شكل (3)


Infrared Spectrum
Wavelength (m)
Frequency (Hz)
Longer
Shorter
Lower
Higher
Infrared
Wavelength (metres)
near
mid
far
reflective
emissive radiative thermal
short wave
Ranges from 0.7 to 100 μm
Reflected IR covers wavelengths approximately 0.7 μm to 3.0 μm
Thermal IR covers wavelengths from approximately 3.0 μm to 100 μm

شكل (4)


Advantages vs Disadvantages
0.3 μm
0.4 μm
0.5 μm
0.6 μm
0.7 μm
0.8 μm
Ultraviolet
Visible
Near
Ther-mal
Far
Infrared
Microwave
Radio
VHF
HF
0.1 μm
1 μm
10 μm
0.1 mm
1 mm
1 cm
10 cm
1 m
10 m
100 m
Wavelength
Advantages
Disadvantages
Visible
•High Resolution
•Large Atmos. Window
•Daytime Only
•Cloudless, Clear Atmos
Infrared
•Day or Night
•Peak in Earth's Emissions
•Good Resolution
•Cloudless, Clear Atmos
•Solar Interference
Microwave (Passive)
•Day or Night
•All Weather
•Low Resolution
•Small Signal
Microwave (Active)
•Day or Night
•All Weather
•High Resolution
•Power Demand

شكل (5)

3.1. خواص الأجسام :

تمتص الأجسام جزءاً من الإشعاعات الواردة إليها وتحولها إلى شكل حراري ، أما الجزء المتبقي فيرتد ويؤخذ فقط بعين الاعتبار – عند استخدام الصور الجوية – ذلك الجزء المرتد أو المنعكس (Reflected) بحيث تتحقق العلاقة التالية :

$$A + T + R = 1$$

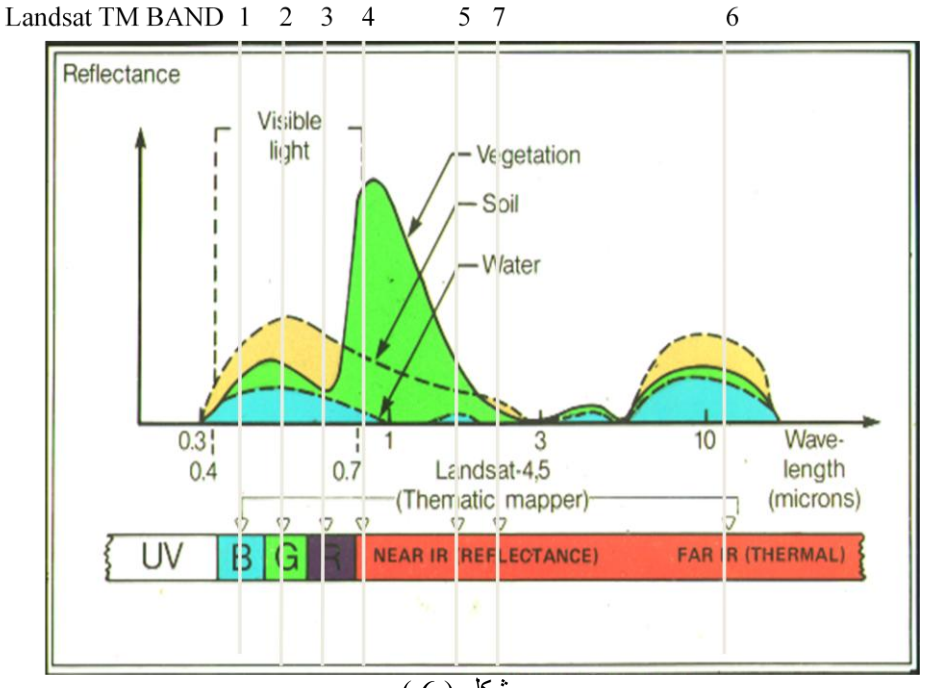
حيث : ***A*** : الامتصاص ***Absorption***
T : النفوذية ***Transmission***
R : الانعكاسية ***Reflexion***

إن العامل المؤثر في تغيير كمية الإشعاع الوارد إلى المشعر،هو عاكسيه الأجسام، ففي حالة الأجسام غير النفوذة فإن **T= O** وعليه يكون **(A + R = 1)**، وحيث أن الأشعة الواردة تمتد ضمن مجال طيفي كبير فإن عاكسية الأجسام تختلف باختلاف طول موجة الشعاع الوارد **(λ)** وبذلك فإن الانعكاسية **R** تختلف من جسم لآخر باختلاف عدد من المتغيرات الأخرى ففي حالة النباتات مثلاً ، فإن درجة الإشباع بالرطوبة ، نوعية التربة ، درجة حرارة البيئة المحيطة ، كلها متغيرات تؤثر في عاكسيه النبات لمختلف الأطوال الموجبة من الطيف الكهرطيسي .

كما ترتبط عاكسية الأجسام للأشعة الواردة عليها بعوامل عديدة هي :

- **زاوية ورود الشعاع الى الجسم ، وزاوية رؤيته من المشعر .**
- **طول موجة الشعاع الوارد .**
- **طبيعة الجسم .**
- **موضع الجسم على خطوط الطول والعرض .**
- **المساحة التي يرد منها الشعاع أو الأشعة على الأرض .**
- **درجة استقطاب الشعاع الوارد .**

يبين الشكل رقم (6) ارتباط الأجسام بالأطوال الموجية (مثال : المجالات الطيفية المستخدمة في التابع الفضائية ***4 - Landsat*** ذات **الماسح الغرضي** : ***TM- Thematic Mapper*** .



شكل (6)

Remote Sensing

الاستشعار عن بعد

المرحلة الثالثة
الفصل الأول

الجزء الثاني

الأنظمة الفضائية وجمع المعلومات

العام الدراسي

2015 – 2014

الفصل الثاني
الأنظمة الفضائية وجمع المعلومات

1.2. مقدمة :

يعرف المهتمون بالاستشعار عن بعد مدى الصعوبة في تتبع التطور السريع والكبير في أعداد التوابع الفضائية التي تطلق الى الفضاء . و لمن الضروري أن تقوم الاستفادة من هذه التوابع الفضائية من خلال وصف شامل (لتابع فضائي نموذجي خيالي في الاستشعار عن بعد ، ولم يطلق بعد !)

هذا التابع يجب أن يحلق في مدار عال جداً ولا يحتاج إلى ضبط وتحكم ، ويتمتع بزاوية ميل يمكنه من إعطاء صور شاملة بتغطية كاملة متكررة خلال عدة ساعات . أما المشعرات التي يجب أن يحملها هذا التابع الأسطوري فهي ذات نوعية عالية جداً وتسمح بالحصول على المزدوجات الستريوسكوبية التي تغطي رقعاً شاسعة من الأرض بمسحة واحدة ، وبقدرة تمييز عالية وبعدة مجالات طيفية ضيقة – من المجال المرئي وحتى الأمواج الميكروية .

إن هذه المزايا لايمكن ولأسباب فنية أن تكون كلها مجتمعة في تابع فضائي واحد ، ولهذا السبب فقد صممت التوابع الفضائية الخاصة باستشعار الأرض عن بعد، وفق المتطلبات والتطبيقات الخاصة بذلك سواء لدراسة الثروات الأرضية أو للتطبيقات المناخية . إن توابع الاستشعار عن بعد الفضائية المأهولة أو المقادة آلياً تحمل مشعرات تتمتع بقدرة تمييز حيزية (مكانية) Spatial resolution متوسطة أفضل من (250 m) وبتكرار دوري بطيء لنفس المدار كل خمسة عشر يوماً تقريباً . تكون التوابع الفضائية المخصصة للتطبيقات المناخية وللأرصاد الجوية غير مأهولة عادة وتحمل مشعرات ذات قدرة تمييز منخفضة نسبيا (750 متر تقريباً) وبتكرار دوري لنفس المدار بشكل يومي .
لأسباب سياسية واضحة ، هنالك العديد من التقسيمات ضمن سلسلة التوابع الفضائية الخاصة بالاستشعار عن بعد من حيث إمكانية الحصول على معطياتها أو حظر هذه المعطيات وحصرها من التداول العام .

2.2. التوابع الفضائية المخصصة لدراسة الثروات الأرضية:

تتوفر الصور الفضائية الموجهة لدراسة الثروات الأرضية بنوعين ، الأول صور مأخوذة من على متن التوابع الفضائية المأهولة حيث يقوم رواد الفضاء بالتقاط الصور لسطح الأرض باستخدام آلات تصوير ومشعرات تفسر هذه الصور بالاستعانة بالصور الجوية المتزامنة معها ،أما النوع الثاني فهي تلك الصور المأخوذة من على متن التوابع الفضائية غير المأهولة (المقادة آلياً) باستخدام مشعرات متعددة وتعالج هذه الصور بطرق التفسير المختلفة بالاستعانة بالصور الجوية إضافة إلى تقنية المعالجة الرقمية لمعطياتها باستخدام الحواسب .

شكل (7)

SPOT-5 was launched in May 2002 and was implemented by the French Space Agency (CNES) and realized in cooperation with Belgium and Sweden.

3.2. المركبات الفضائية المأهولة :

كانت أولى المركبات الفضائية التي ساهمت في سباق الفضاء في مجال استشعار الأرض عن بعد : Skylab وكان آخرها تلك المركبات المكوكية Space shuttle والمحطات والمخابر المدارية Space lab.
أما أولى الصور الفضائية التي استثمرت لصالح الدراسات الأرضية ، فقد كانت مأخوذة من التوابع الفضائية الأمريكية : Apallo ,Gemini , Mercury
وقد اعتبرت صورها في حينه بمثابة دعاية إعلامية كبيرة ثم تحولت أهميتها مع مرور الوقت إلى دراسة الثروات الطبيعية للأرض .

4.2. المركبات الفضائيةغير المأهولة :

يمكن تمييز أربع مجموعات من هذه المركبات المخصصة لدراسة الثروات الأرضية :

المجموعة الأولى : تحمل مشعرات تعمل ضمن المجال المرئي والمرئي القريب من الطيف وتضم الجيل الأول من سلسلة Landsat.

المجموعة الثانية : تضم المجموعة الثانية الجيل الثاني من هذه التوابع الفضائية ويدخل ضمنها : التابع الفرنسي (SPOT) وأحدى مجموعات Landsat والمسماة: Multispectral Resource Sampler MRS

المجموعة الثالثة : وتحمل مشعرات تعمل في المجال تحت الأحمر الحراري من الطيف الكهرطيسي مثل Heat Capacity Mapping Mission

المجموعة الرابعة : وتحمل المشعرات العاملة في المجالات الميكروية من الطيف الكهرطيسي مثل : ERS , SEASAT , Radarsat

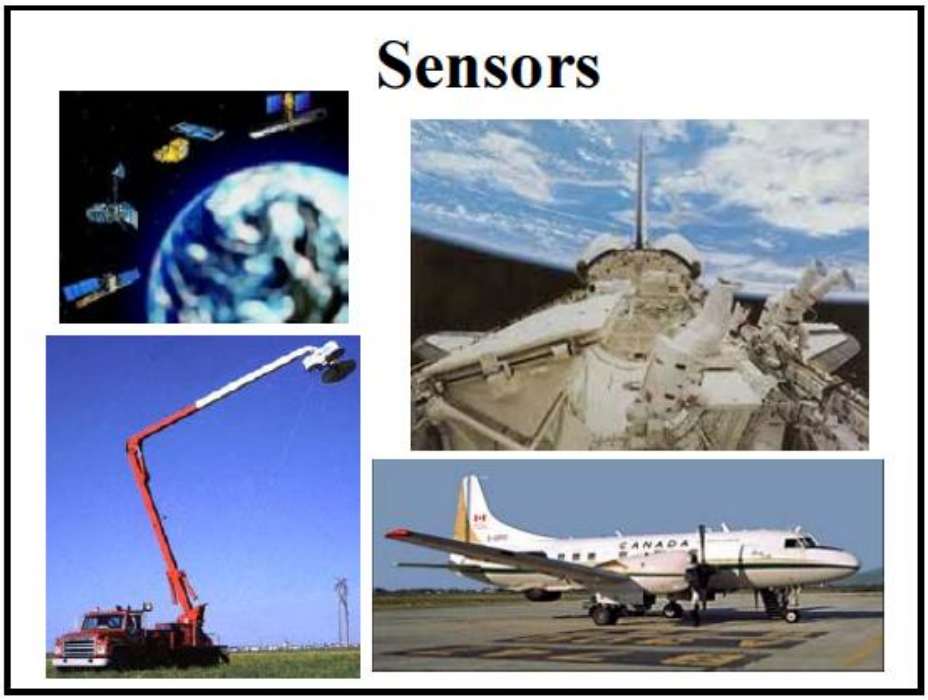
5.2. المشعرات SENSORS :

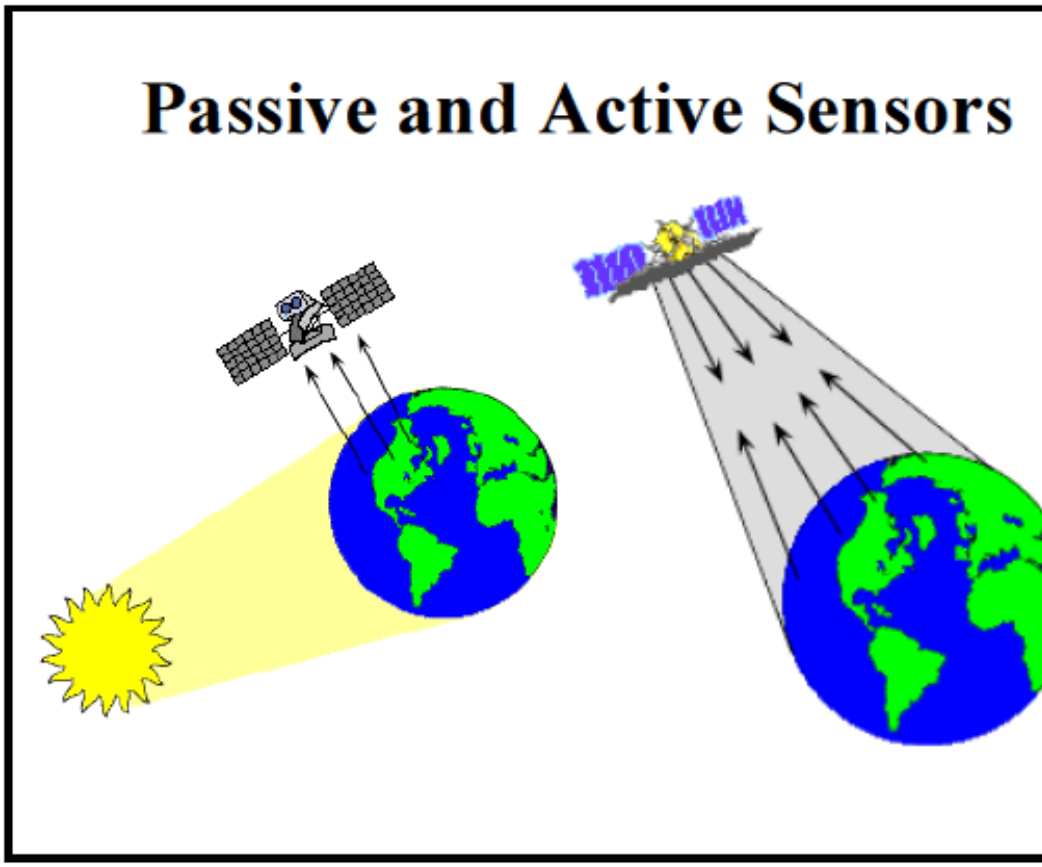
بعد نجاح الرحلات الفضائية المأهولة ، قامت وكالة الفضاء الأمريكية NASA ووزارة الداخلية الأمريكية بتطوير توابع فضائية اختباريه لدراسة الأرض لتقويم إمكانية الاستفادة من الأعداد الهائلة من الصور التي التقطت بواسطة هذه التوابع ، وكانت أولى التوابع الفضائية Satellite التي استثمرت صورها : ERTS - 1 وهي من سلسلة Landsat المعدلة عن التابع الصنعي المناخي Nimbus والتي حملت نوعين من المشعرات :

الأول : الماسح المتعدد الأطياف ذي المجالات الطيفية الأربع MSS
الثاني : ثلاث كاميرات تلفزيونية Return beam vidicon

لقد كانت صور Landsat ذات أهمية بالغة نظرا لكونها بالدرجة الأولى غير محصورة التوزيع ويمكن الحصول عليها لأي منطقة من العالم وحيث تتمتع بتشويه جيومتري ضئيل وبكلفة زهيدة .
تكون المشعرات المستخدمة بشكل أساسي، عبارة عن حساسات ضوئية من إنصاف النوافل ،بشكل بلورات ذات تراكيب من الخلائط المعدنية والفلزية وتتمتع بخصائص النواقل الضوئية (أو الصورية) حيث تتغير حساسيتها تبعا للأطوال الموجية الواردة.

تتوجه التقنيات العالمية حاليا الى مشعرات غير معقدة وذات إمكانيات كبيرة كما هو الحال في :
*ماسح بدون مرآة دوارة : التابع الفضائية Push Broom SPOT
*ماسح متعدد الأطياف : في سلسلة Landsat بعدة مجالات طيفية .
*ماسح متعدد الاطياف وحراري : في الطراز Daedalus وفيه 12 مجال طيفي .



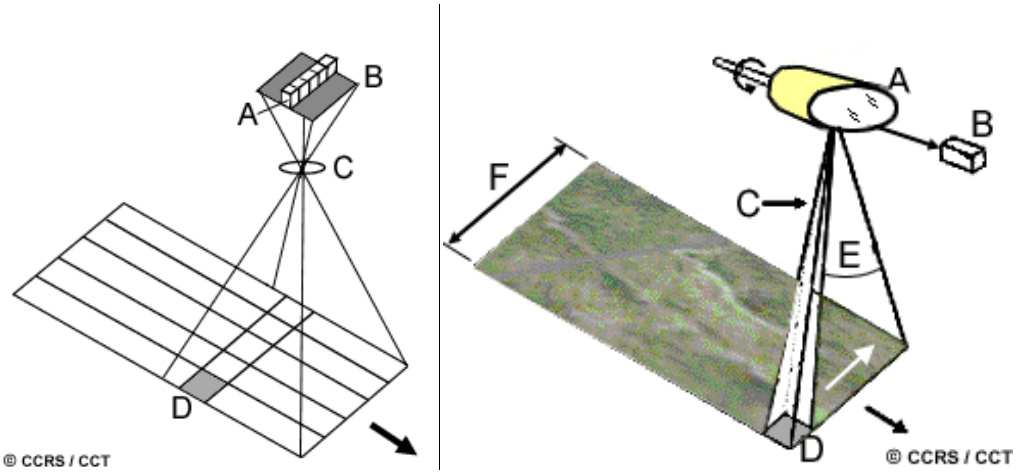


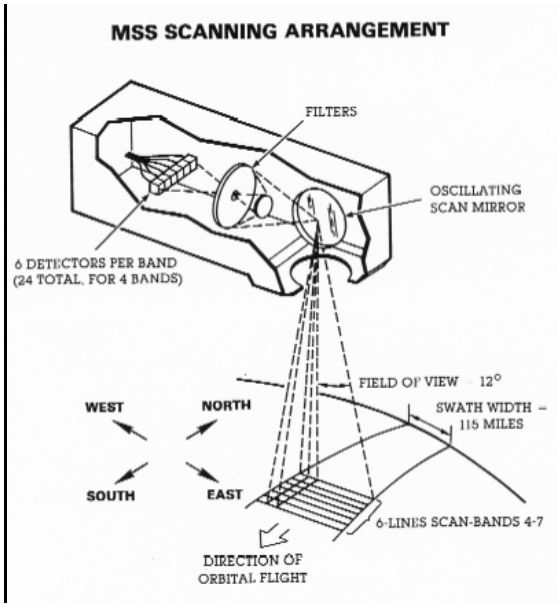
1.5.2. المشعرات المستخدمة في LANDSAT

استخدمت أنواع من المشعرات ذات تقانات مختلفة في التوابع الفضائية من سلسلة (Landsat) ويلاحظ أن الأجيال الحالية من هذه السلسلة ، تحمل المشعر TM ذي المجالات الطيفية السبع :

1.1.5.2. الماسح متعدد الاطياف : Multispectral Scanning System (MSS)

يتألف الماسح متعدد الأطياف ، من مرآة تحول الأشعة القادمة من الجسم الى الكاشف ، بعد مرورها عبر مجموعة عدسات (المجمع) ، عن طريق شق الى محرك مبدد للأشعة ثم عدسة تجميع . ويستعاض عن الموشور في بعض الحالات بمبدد ذي مرشحات لتوزيع الأشعة الى المجالات المختلفة (شكل 8) .





شكل (8) : مبدأ عمل الماسح

كانت التوابع(LANDSAT 1- 2- 3) تحمل ماسحاً متعدد الأطياف MSS بمجالات طيفية أربع تغطي الجزء المرئي وتحت الأحمر القريب من الطيف ، وبالتالي فإن كل صورة من هذه المجالات الأربعة كانت تغطي مساحة 185 كم على الأرض ، وبقدرة تمييز أرضية Ground Resolution : 79 م .
هذه الصور الأربع تغطي المجال الأخضر ، الأحمر وتحت الأحمر القريب من الطيف (شكل 9) :

Channel designation on Landsat S/C		Spectral Range (nm)
LS-1 through LS-3	**LS-4 and LS-5**	
Channel 4	Channel 1	500 - 600 (green)
Channel 5	Channel 2	600 - 700 (red)
Channel 6	Channel 3	700 - 800 (photo-IR)
Channel 7	Channel 4	800 - 1100 (NIR)
Channel 8 (channel 8 only on LS-3 for test purposes until July 11, 1978)		10400 - 12600 (TIR)

Table 1: MSS spectral channels on Landsat series

Note: Starting with LS-4 the MSS bands were renumbered to bands 1 through 4 (from 4 through 7 on LS-1 to 3)

Note: LS-1-3 orbits were at an average altitude of 908 km while LS-4 and LS-5 orbits were positioned at an altitude of 705 km. For reasons of compatibility the optics of LS-4 and LS-5 were adjusted to keep the spatial (cross-track) resolution at 80 m.

إن الصور الناتجة عن الماسح متعدد الأطياف MSS تمثل انعكاسية الأشعة الضوئية ، المسجلة والواردة إلى الكاشف على متن التابع الفضائي وتعبر عن خطوط المسح على الأرض ذات العرض 79 م .
ولقياس الطاقة الإشعاعية لمنطقة مختارة ، فإنه يمكن تجزيء خط المسح الى وحدات من خلال حقل الرؤية اللحظي Instantaneous field of view (IFOV) للمشعر .

وباعتبار أن التوابع الفضائية تتحرك بسرعة فإن الماسح يقوم بتسجيل 6 خطوط مسح في المرة الواحدة مستخدما في ذلك 24 كاشفاً تتوزع على المجالات الطيفية الأربع بمعدل 6 كواشف / مجال .إن كل كاشف من هذه الكواشف يحول الطاقة الإشعاعية الواردة إلى إشارة كهربائية مستمرة تجمع خلال أزمنة ثابتة بينية وتحول بدورها الى 6 وحدات (6 bit) number = 0 - 64 حيث تسجل على شريط مغناطيسي أو ترسل الى الأرض ، بينما تتحول إلى 7 وحدات (7 bit) number = 0 - 128 من اجل المجالات الطيفية رقم 4. 5 . 6 .

تحوي السلسلة الكاملة من صورة الماسح المتعدد الأطياف في السلسلة Landsat 2340 خط مسح و3240 وحدة تصويرية Pixel / خط أي مايعادل 7,5 مليون وحدة تصويرية (Pixels) / المجال الطيفي الواحد و30 مليون وحدة تصويرية للصورة الواحدة المكونة من أربع مجالات طيفية .

هذه الكمية الهائلة من المعلومات ، يمكن أن توضع على شريط مغناطيسي واحد وأن تجمع خلال 25 ثانية فقط . تبين الأشكال التالية (9 – 12) بعض الخصائص لأنظمة المسح متعدد الأطياف في سلسلة Landsat .

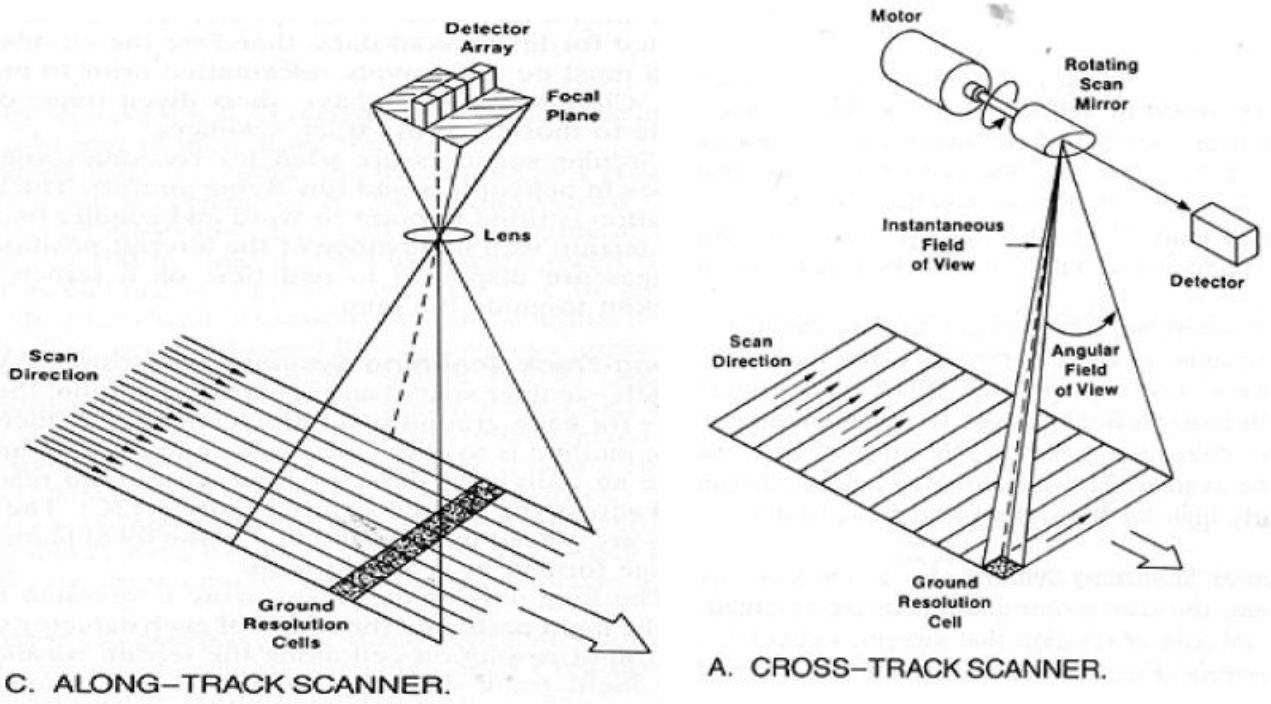
.

Parameter	Value	Parameter	Value
Spectral bands (nm)	500-600, 600-700, 700-800, 800-1100	Detector arrangement	6 parallel (along-track) in each of 4 bands
FOV (swath width) Mirror displacement	11.56º (185 km) ±2.89º for total FOV	Single-sweep ground track length covered	480 m (6 x 80 m)
Spatial resolution (IFOV)	80 m, 86 µrad (258 µrad for band 8 = 240 m)	Mirror scan rate	13.6 GHz, (74 ms)
Detector type	PMT (Photomultiplier)	Telescope type	Ritchey-Chretien
Telescope aperture	22.9 cm diameter, f/3.6	Telescope size	53 cm x 58 cm x 127 cm
Instrument mass, power	64 kg, 50 W	Data quantization	6 bit

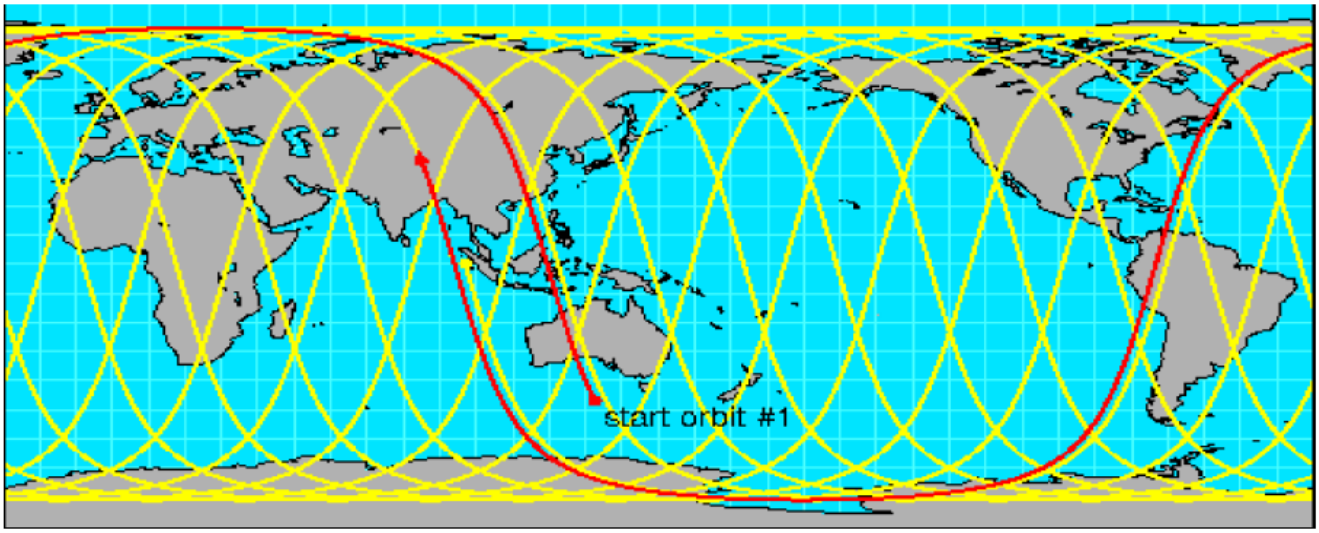
Table 2: Overview of MSS instrument parameters on Landsat

Scanning systems:

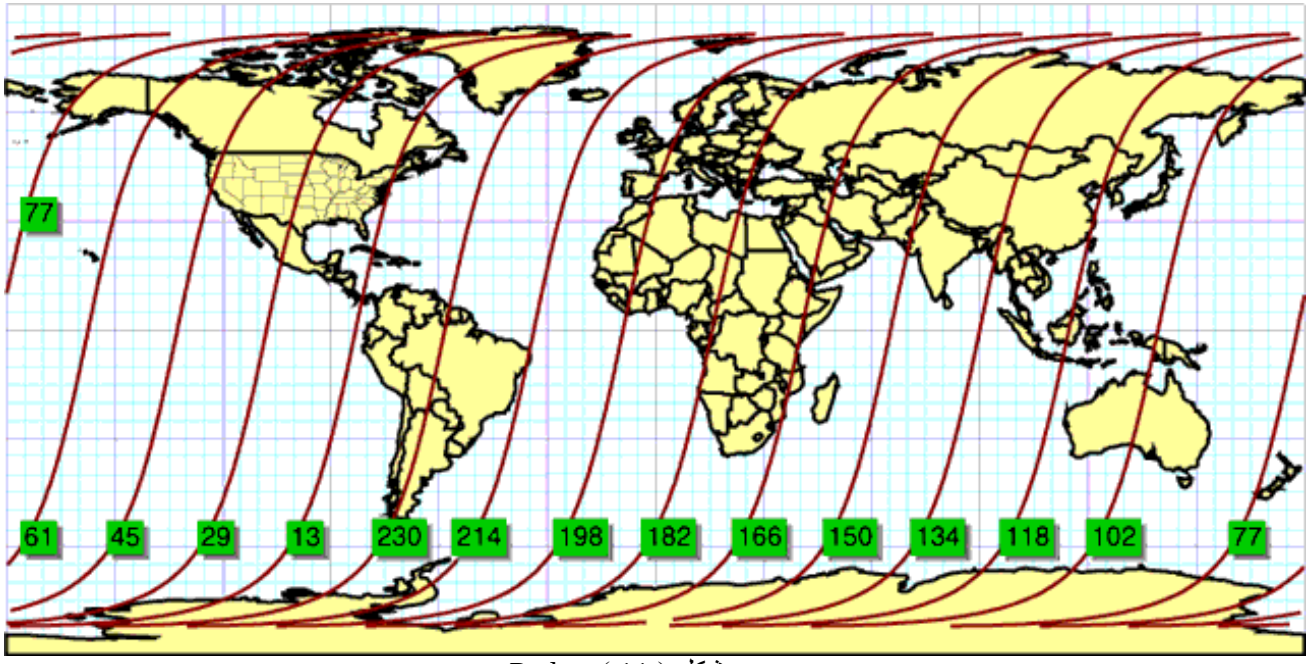
- Cross-track scanners
- Spin scanners
- Along-track scanners
- Side-scanning (or oblique scanners) (e.g., radar)



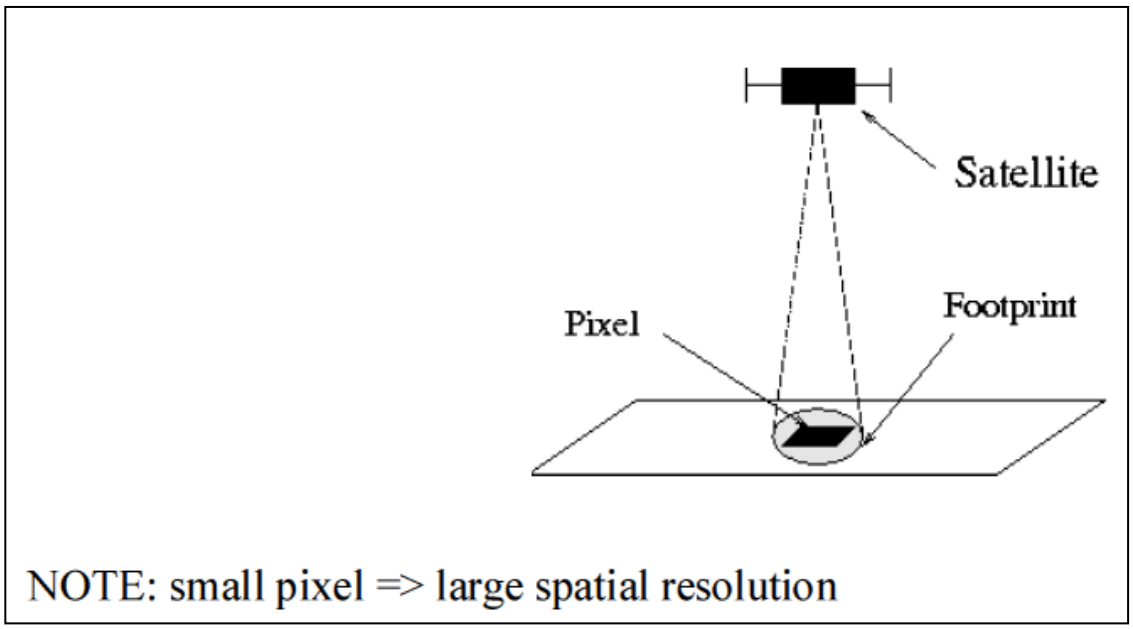
شكل (9)



Example of the ground track of a polar orbiting satellite. : شكل (10)



شكل (11) : Path



شكل (12) : قدرة التمييز (Resolution)000000000

2.1.5.2. الماسح الغرضي (TM) Thematic Mapper :

نتيجة للنجاحات الكبيرة التي حققتها التوابع الفضائية Landsat .1.2.3 في الدراسات والتطبيقات المختلفة المتعلقة بمصادر الثروات الأرضية ، واستمراراً لتقدم التقنيات وتطور الأجهزة المستخدمة على متن التوابع الفضائية ، فقد صمم ماسح جديد استخدم في التابع (4) Landsat –D/ والتابع 5 Landsat ودعي بالماسح الغرضي **Thematic Mapper** بهدف استخدام وسيلة جديدة من وسائل جمع المعلومات في الاستشعار عن بعد للحصول على معلومات محسنة بقدرة تمييز عالية.

والماسح الغرضي، عبارة عن ماسح متطور . يحوي كواشف ذات تراكيب مختلفة ومتعلقة بالأطوال الموجية . يبلغ عدد الكواشف المستعملة (16) كاشفاً لكل مجال طيفي وهي على ثلاثة أنواع :

أ - كواشف السليكون : وتتحسس بالمجالات المرئية ومجالات تحت الأحمر القريب .

ب -كواشف أنتموان – أنديوم : وتتحسس بمجالات تحت الأحمر القريب .

ج- كواشف تيلور يد الكادميوم الزئبقي : وتتحسس بمجالات تحت الأحمر البعيدة .

يسجل الماسح الغرضي 256 مستوى للطاقة الإشعاعية الواردة في 7 مجالات طيفية وبقدرة تمييز مكانية Spatial resolution بحدود 30م في ست من المجالات الطيفية بينما تصل الى 120 م في المجال تحت الأحمر الحاري منها . وتعتبر معطيات الماسح الغرضي من المعطيات الهامة التي توفرت لدراسة سطح الأرض منذ عام 1984 وحتى الآن نظراً لتعدد المعلومات من الوجهة الراديومترية (6 مجالات طيفية) ولقدرة التمييز العالية.

يبين الجدول التالي الأطوال الموجية المستخدمة في الماسح الغرضي المحمول على متن التابع Landsat D, (Landsat : 4-5) :

Band No.	Wavelength Interval (µm)	SpectralResponse	Resolution (m)
1	0.45 - 0.52	Blue Green	30
2	0.52 - 0.60	Green	30
3	0.63 - 0.69	Red	30
4	0.76 - 0.90	Near IR	30
5	1.55 - 1.75	Mid-IR	30
6	10.40 - 12.50	Thermal IR	120
7	2.08 - 2.35	Mid-IR	30

Table 4: Landsat TM Bands

3.1.5.2. الكاميرا التلفزيونية Return beam vidicon : RBV

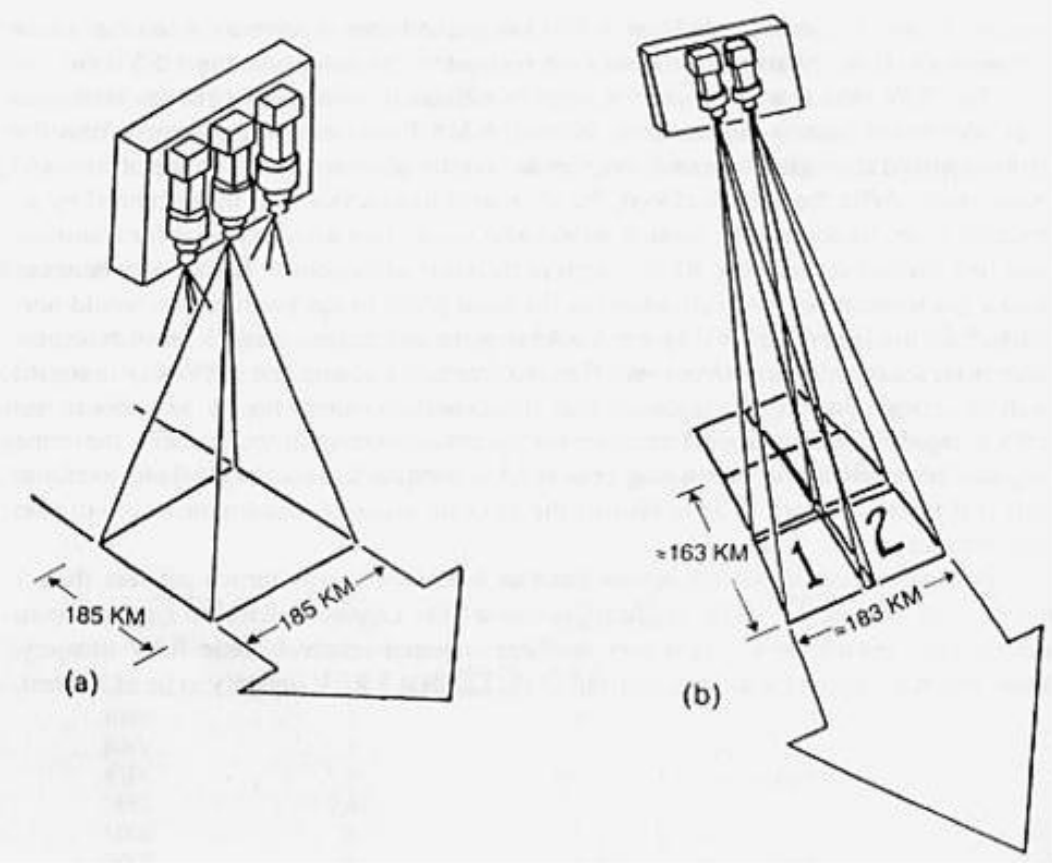
حملت هذه الكاميرا في التوابع: Landsat 1.2.3. وقد استخدمت في النموذجين Landsat 1 - 2 ثلاث كاميرات من هذا الطراز كل واحدة منها حوت مرشحا للحصول على مجالات طيفية متعددة :

RBV-1 بمرشح أخضر أي : 0.48 -0.58 µm
RBV-2 بمرشح أحمر أي : 0.58 -0.83 µm
RBV-3 بمرشح تحت الأحمر أي : 0.69 -0.83 µm

تم الحصول على صور بهذه الطريقة مشابهة لتلك التي أعطاها الماسح متعدد الأطياف MSS وتغطي أيضاً 185 X 185 كم على الأرض وبقدرة فصل مشابهة (80 م) – شكل (13).

أما الفرق الرئيسي فيما بين النظامين فقد كان يرتبط بالمستثمرين بشكل أساسي ، حيث أن المستثمر يهتم بالمعاملات الهندسية للصورة وقلة التشويه الحاصل فيها وهذا مايمكن أن تحققه طريقة التسجيل باستخدام الكاميرا .
أما في Landsat -3 فكانت كاميرات RBV تحوي كلها مرشحات متشابهة في المجال تحت الأحمر القريب (0. 51 – 0. 75 µm) . وقد تشابهت أيضا قدرة التمييز في الأنواع المختلفة منها (30 م) بتغطية أرضية بلغت (98 x 98 كم) .

إن مايميز صور RBV كون قدرة التمييز كبيرة في أحد مجالاتها الطيفية وأنها تصلح لوضع الخرائط الجيومورفولوجية ، خرائط استعمالات الأراضي ودراسة التجمعات السكنية ، كما أنها استخدمت بشكل مركب مع صور الماسح متعدد الأطياف MSS لتحسين نوعية المعلومات أثناء المعالجة .



شكل (13) : آلية عمل نظام التصوير باستخدام كاميرا RBV

Note: A reseau grid is used in the science of photogrammetry for establishing a geometrical basis for measuring objects in photographs. It can be used to correct for any misalignment of the film in the camera, or distortions in the image after development or electronic scanning

.

RBV Instrument	
Spectral bands (µm)	1) 0.48 - 0.58, 2) 0.58 - 0.68, 3) 0.70 - 0.83 (bands 1 through 3)
Spatial resolution	80 m
Three co aligned cameras	image of 185 km x 185 km (framing cameras)
Radiometric signal	Analogue video signal transmission, 33 dB SNR in bands 1 and 2, 30 dB in band 3
MSS Instrument	
Spectral bands (µm)	**7**) 0.8 - 1.1 (bands 4 through 7)/**6**) 0.7 - 0.8, /**5**) 0.6 - 0.7, /**4**) 0.5 - 0.6,
Spatial resolution	80 m
Swath	185 km (continuous strip image)
Radiometric signal	Digital video signal transmission; 6 bit per pixel, linear coding;; logarithmic coding also available on bands 4), 5), and 6)

Table 5 : Specification of RBV and MSS instruments

4.1.5.2. سلسلة SPOT :

لحظ في البرامج الفضائية بين الأعوام 1980 و1990 ، إطلاق الجيل الثاني من التوابع الفضائية المخصصة لدراسة الثروات الأرضية وقد أطلق في شباط 1986 التابع الصنعي الفرنسي SPOT – 1 :

System Probatoire de l'Observation de la Terre

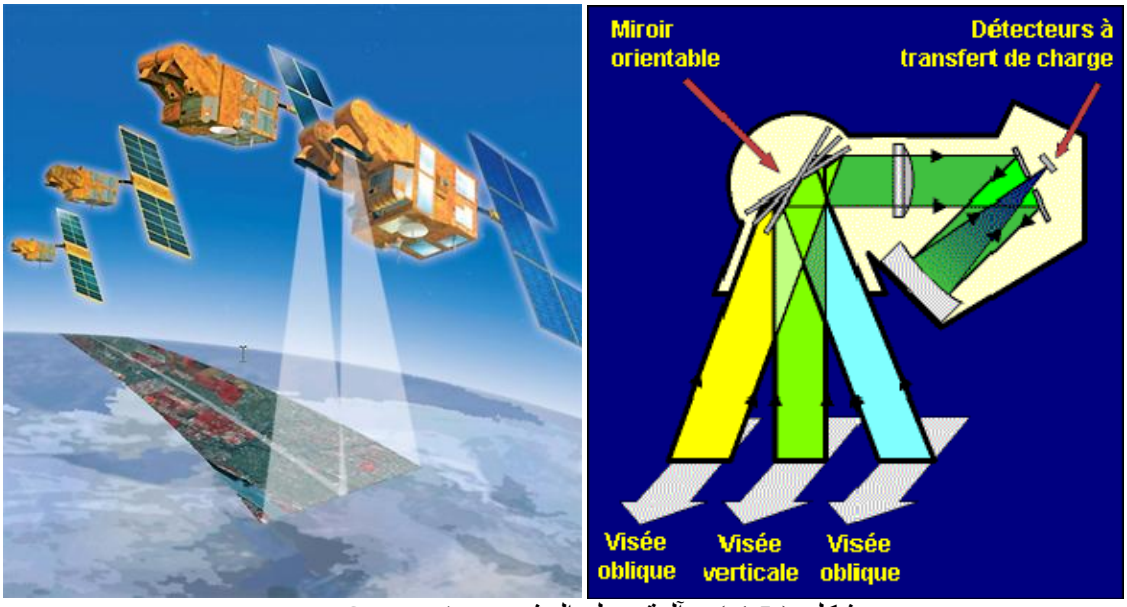
أو بمعنى آخر: Earth Observation Test System

يحمل Spot مشعرين من نوع Push-Broom Scanners أو ما يدعى:
Multispectral Solid State Linear Array ، ونوعين من المسجلات وتجهيزات تيلمترية لإرسال المعطيات إلى الأرض .
يعتبر الماسح (Push – broom) من الأجيال الجديدة للماسح متعدد الأطياف بحيث تجاوز حدود المسح التقليدي بالمرآة ودورانها وانعكاس الأشعة من سطح الأرض إلى المشعر . وكان ذلك ببناء كاشف ثابت يسجل كل خط ممسوح بالنسبة للكاشف الواحد أي يمكن لكاشفين العمل في وقت واحد لتسجيل المناطق التي تمسح من قبل كل منهما على الأرض .
ويتم ضبط عمل الكواشف بعناصر الكترونية ميكروية وهي صغيرة للغاية . إذ يمكن للمشعر الواحد الذي لايتجاوز طوله 8سم (Linear array) أن يحتوي 1728 كاشفاً .
يحوي Spot –1 مشعرين متماثلين تماما HRV : High Resolution Visible Scanner

شكل (14) : Spot – 5

The company SPOT Image is marketing the high-resolution images, which SPOT can take from every corner of the Earth.

- ***SPOT 1 launched February 22, 1986 with 10 panchromatic and 20 meter multispectral picture resolution capability. Withdrawn December 31, 1990.***
- ***SPOT 2 launched January 22, 1990 and deorbited in July 2009.***
- ***SPOT 3 launched September 26, 1993. Stopped functioning November 14, 1997***
- ***SPOT 4 launched March 24, 1998. Stopped functioning July, 2013.***
- ***SPOT 5 launched May 4, 2002 with 2.5 m, 5 m and 10 m capability***
- ***SPOT 6 launched September 9, 2012***



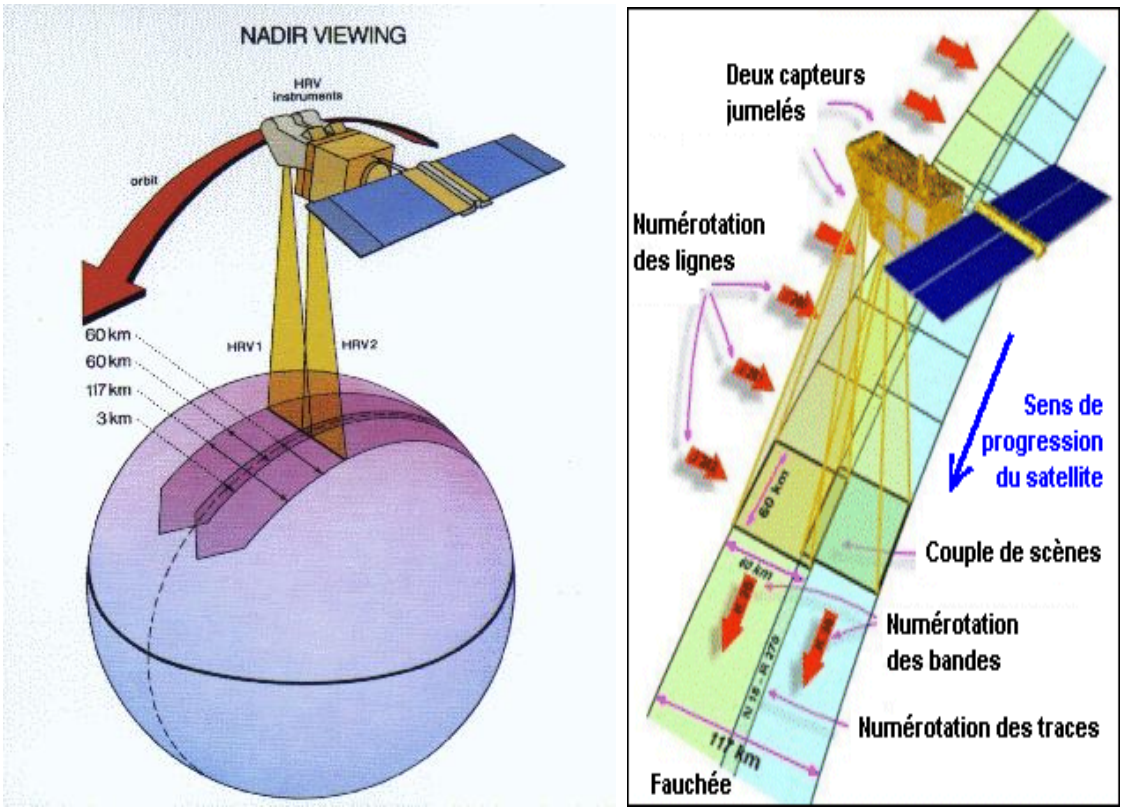
شكل (15) : آلية عمل المشعرين في Spot

يسجل المشعران HRV المعطيات الأرضية في مجالين : الأول بانكروماتي (يتحسس جميع ألوان الطيف) والثاني متعدد الأطياف ، كما في الجدول التالي :

Mode	Band	Wavelength (µm)	Resolution (m)
Multispectral	**XS1**	0.50 - 0.59 (Green)	20
Multispectral	**XS2**	0.61 - 0.68 (Red)	20
multispectral	**XS3**	0.79 - 0.89 (Near IR)	20
Panchromatic	**P**	0.51 - 0.73 (Visible)	10

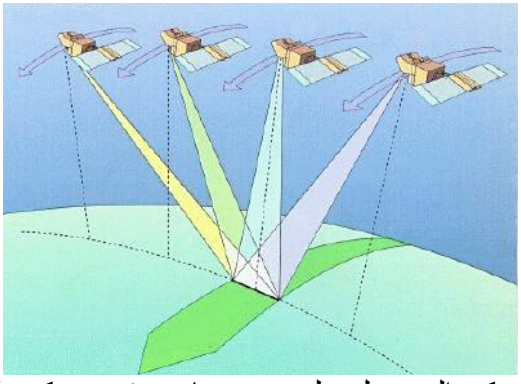
Table 6 : HRV Spectral Bands

يعطي المجال البانكروماني (p) قدرة تمييز بحدود (10 م) عندما تعمل جميع المشعرات بينما يعطي المجال الطيفي متعدد الأطياف (XS) عندما تعمل نصف المشعرات، قدرة تمييز بحدود (20 م) .
يستخدم المجال البانكروماني لإعداد الخرائط وخاصة تحديث معلوماتها بمقاييس مختلفة تبدأ من 1/ 250 ألف وحتى 1/50 ألف.أما المجال متعدد الأطياف فيستخدم في الدراسات البيئية ، التي تتضمن التلوث ودراسة حالة النباتات .



SPOT 1, 2 Twin HRV (SPOT 4 Twin HRVIR) Imaging System : (16) شكل

Each SPOT 1 and SPOT 2 satellite carries two HRV sensors, constructed with multilinear array detectors, operating in a cross-track direction. The SPOT 4 satellite carries two HRVIR detectors. The HRVIR is similar to the HRV, except that HRVIR has an additional short wave infrared (SWIR) band, and the wavelength bandwidth of the panchromatic mode for HRVIR is narrower than that for HRV. The position of each HRV or HRVIR entrance mirror can be commanded by ground control to observe a region of interest not necessarily vertically beneath the satellite. Thus, each HRV or HRVIR offers an oblique viewing capability, the viewing angle being adjustable through ±27º relative to the vertical. This off-nadir viewing enables the acquisition of stereoscopic imagery and provides a short revisit interval of 1 to 3 days.



شكل (17)
Off-nadir viewing capability of SPOT HRV, HRVIR enables a short revisit interval of 1 to 3 days

يمكن الحصول على مزدوجات ستريو سكوبية من صور SPOT وذلك من خلال إمكانيات التقاط الصور بزاوية ميل + 27 درجة لكل جانب من مسار التابع وبالتالي حدوث التغطية لمنطقة واحدة من مدارين متتاليين . وتفيد إمكانية الحصول على صور متكررة لنفس المنطقة بتواريخ متقاربة في دراسة التغيرات البيئية ورصد ومراقبة مايرتبط بها (شكل 17 - 16) .

2.5.2. المشعرات تحت الحمراء الحرارية :

تستخدم الصور المأخوذة في المجال تحت الأحمر الحراري في العديد من التطبيقات مختلفة الجوانب كمراقبة التلوث وإعداد الخرائط الجيولوجية . ولسوء الحظ فإن هذه الطاقة المرتدة عن سطح الأرض تتزايد مع الأطوال الموجية ولذلك فإنه يبدو أن تسجيل درجة الحرارة عن الأجسام المصدرة للإشعاعات بدقة راديو مترية عالية سيصطدم بنتيجة غير مفيدة تنحصر في حدوث دقة تمييز مكانية منخفضة .
ومن الأمثلة على التوابع الفضائية التي حملت أو تحمل مثل هذه المشعرات:
, HCMM, Landsat – D, Landsat - 3

3.5.2.المشعرات الميكروية Microwave Sensors :

بدأت الأفكار منذ بداية الثمانينات تتجه نحو تطوير البحوث في مجال العلاقة بين الدرجة اللونية للصور والخصائص الدقيقة لسطح التربة ولذلك كان لابد من الحصول على صور خالية من الغيوم لتطوير هذه العلاقة .
يعتبر الرادار صنعي الفتحة Synthetic Aperture Radar : SAR المحمول على متن التابع الفضائي SEASAT الوحيد من جملة المشعرات الهامة العاملة في هذا الإطار. أما التابع الثاني الذي حمل أيضاً نوعاً آخر من SAR فهو ERS-1 .
كان التابع SEASAT مصمم لدراسة المحيطات وذلك لاحتوائه على الرادار SAR . إلا أنه يمكن استثمار صوره التي تغطي اليابسة وذلك في الدراسات البيئية، وتغطي صوره بمجالين لاحتوائه على مشعرين :

- تغطي صور المشعر الأول مجالين :
  الأول **مرئي (O - 47 –O .94 µm)** وبقدرة تمييز 2 كم .
  والثاني **تحت أحمر حراري** (**10.5 – 12. 5 µm**) وبقدرة تمييز 4 كم .
- أما صور المشعر الثاني وهو **SAR** والذي يعمل في المجال (**L- band**) أي **23,5 سم** فيتمتع بقدرة تمييز مقدارها 25 م حتى 200 كم عرضاً .

6.2. التوابع الفضائية للظواهر الجوية (Meteorological Satellites):

إن الاستخدام الأساسي للمعطيات الملتقطة بواسطة مشعرات التوابع الخاصة بالأرصاد الجوية ، كان ولا يزال محور دراسة التنبوءات عن التغيرات الحاصلة في المياه خلال أزمنة قصيرة ، ونادراً مايحتاج الباحثون البيئيون لمثل هذه الصور لتطبيقات الأرصاد الجوية ويفضلون استخدامها لدراسة المناخ أو الأرض .
تفسر صور توابع الأرصاد الجوية بالاعتماد على منهجيات مشابهة لتفسير الصور الجوية إلا أن مايميزها هو التصنيف الخاص بالغيوم وأنواعها لإنتاج خرائط الغيوم . وقد استخدمت مؤخراً المعطيات الرقمية لهذه التوابع في تقدير المعاملات الفيزيائية مثل درجة حرارة سطح مياه البحر وارتفاع الغيوم وإعداد الخرائط .
أطلق في الماضي العديد من الأنماط من هذه التوابع الفضائية ألا أنه يمكن تصنيفها بنوعين رئيسيين :

- الأول : ذات مدار قطبي Polar Orbiting
- الثاني : ذات مدار ثابت (تدور مع دوران الأ{ض) : Geostationary

تحلق التوابع ذات النوع الأول بمدارات على ارتفاع 500 – 1500 كم عن سطح الأرض وتقطع الأرض بزاوية كبيرة جدا لتمر من قطبيها الشمالي والجنوبي ، وتدور بتزامن مع الشمس للاحتفاظ بزاوية ثابتة معها ، وتستغرق في الدوران بين القطبين خلال اليوم الواحد من 14 الى 15100 دقيقة مارة بنفس النقطة الأرضية بنفس اللحظة نهارا أم ليلاً .

أما التوابع ذات المدار الثابت فهي متوضعة في المدار على ارتفاع 35000 كم فوق خط الاستواء وتتحرك بنفس اتجاه حركة دوران الأرض . كانت أولى هذه التوابع تدعى : Applications technology Satellites ATS واطلقت في عام 1970 .

يضم الجيل الثاني من هذا الطراز عدة مركبات مثل ITOS , NOAA وتتحرك بتزامن مع الشمس بإرتفاع 1500 كم حاملة مشعر ذي قدرة تمييز عالية . (Very High Resolution Radiometer (VHRR ويعمل في المجالين الأحمر (0.6 – 0.7 µm) وتحت الأحمر الحراري (5 – 10 µm و 10.5 - 12.5 µm) وتغطي صوره 4400 كم على الأرض بقدرة تمييز 9,0 كم . وكان أخر هذه السلسلة من طراز NOAA وقد أطلق عام 1976 وتوقف عن العمل عام 1979 واستخدمت معطياته في تحليل الطقس والتنبؤات الجوية وخرائط درجة حرارة سطح مياه البحر والمحيطات الجليدية والخرائط الطبوغرافية .

من جهة أخرى فقد استخدم المشعر AVHRR من على متن NOAA-6 لعرض صور خاصة بتحليل النشرة الجوية اليومية تلفزيونياً وقد تضمن هذا المشعر تسجيلاً في خمس مجالات طيفية (الأحمر ، تحت الأحمر القريب ، تحت الأحمر المتوسط ، ومجالين في تحت الاحمر الحراري) .

وقد توجه الباحثون الى استغلال المجالين العاملين في الجزء الحراري من الطيف في توضيع بؤر حرائق الغابات وفي وضع خرائط درجة حرارة مياه البحر ، أما صور المجال المرئي منها فقط استثمرت لتقدير محتوى الرطوبة في الغطاء الثلجي .

قامت منذ عام 1977 ، وكالة الطاقة الاوربية (ESA) باطلاق تابع فضائي للأرصاد الجوية في مدار ثابت يدعى Meteosat يحمل مشعرات يمكنها تسجيل الصور كل نصف ساعة في ثلاث مجالات طيفية .

1) **المرئي وتحت الأحمر القريب 0.4 – 1.1 µm**
2) **بخار الماء تحت الأحمر المتوسط 5.7 – 7.1 µm**
3) **تحت الأحمر الحراري 10.5 – 12.5 µm**

ويسجل المجال تحت الأحمر المتوسط رطوبة الغلاف الجوي لاستخدامها مع المجال تحت الأحمر الحراري لإنشاء نموذج عن الغلاف الجوي يسهل بواسطته التنبؤ عن الطقس .

تتغير قدرة التمييز تبعاً للارتفاع وللأطوال الموجية ، ففوق خط الاستواء تكون قدرة التمييز 2,5 كم في المجال المرئي وتحت الأحمر المتوسط بينما هي (5) كم في مجال بخار الماء وتحت الأحمر الحراري وتقل قدرة التمييز هذه الى (4كم و 8 كم) في شمال أوروبة

استخدمت وماتزال تستخدم معطيات Meteosat في دراسة :

- الأرصاد الجوية الشاملة .
- درجة حرارة سطح التربة .
- اتجاه الرياح .
- استعمالات الأراضي (في أفريقيا)
- مراقبة الكوارث الطبيعية .
- درجة حرارة مياه البحر وتوجيه أعمال الصيد البحري .

Remote Sensing

الاستشعار عن بعد

المرحلة الثالثة
الفصل الأول

الجزء الثالث

التصوير الجوي

مفاهيم عامة– التطبيقات

العام الدراسي

2015 – 2014

التصوير الجوي

- مفاهيم عامة
- المميزات العامة
- الرؤية المجسمة والتصوير المساحي
- التصوير الجوي متعدد الأطياف
- التطبيقات

تاريخ التصوير الفوتوغرافي الجوي

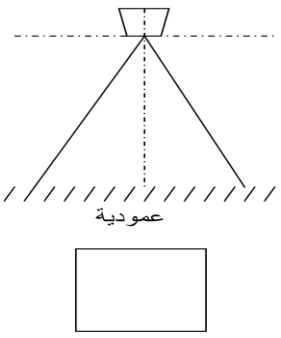
كانت ولادة التصوير الفوتوغرافي عام 1938 عندما أعلن على الملأ نسيفور نيبس ووليام هنري فوكس تالبوت ولويس جاك ماند داغير طرائقهم الرائدة في التصوير الفوتوغرافي، وفي عام 1840 اقترح آرغو مدير مرصد باريس استخدام التصوير الفوتوغرافي في المسح الطبوغرافي، وقد صورت أول صورة فوتوغرافية جوية عام 1958 من قبل المصور الفوتوغرافي الباريسي غاسبار فيليكس تورناشون المعروف باسم **نادار**. فقد استخدم منطاداً صعد به إلى ارتفاع 80م ليصور ***Bievre*** في فرنسا. ومنذئذ انتشر التصوير من المناطيد.

المييزات العامة للتصوير الجوي

1- تصنيف الصور الجوية:

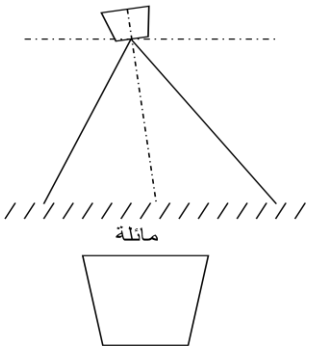
الصور الجوية عبارة عن صور مأخوذة من الجو ذات إسقاط مركزي للتفاصيل الطبوغرافية الأرضية، إما بمحور عمودي أو بمحور ضوئي مائل، وهذا ما دعى إلى تقسيم الصور الجوية حسب ميل محور التصوير إلى ثلاثة فئات :

أ - الصور الجوية العمودية:



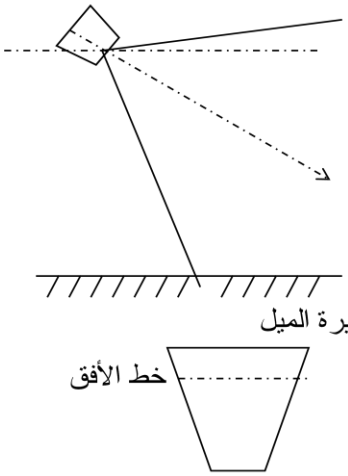
يكون محورها الضوئي عمودياً على سطح الأرض أو قريباً من العمودي بحيث لا يتعدى ميله 5 درجات، يكون شكل المنطقة المغطاة مربعة، وإن مقياس الصورة الجوية العمودية ثابت تقريباً في كافة أنحائها ما عدا الاختلاف الذي يسببه ارتفاع وانخفاض التضاريس وهذا هو النوع المستعمل غالباً في الأعمال المساحية.

ب - الصور الجوية المائلة:



يكون محورها الضوئي مائلاً عن الشاقول ولكن لا يظهر فيها خط الأفق (ميل خفيف). إن مقياس الصورة المائلة ليس ثابتاً في كل أنحاء الصور، ويكون شكل الأرض التي تغطيها شبه منحرف ويختلف مقياسها اختلافاً كبيراً ولا يمكن تقديره بشكل تقريبي كما في الصورة العمودية ويزداد المقياس صغراً كلما بعد عن المركز.

ج - الصور الجوية كثيرة الميل:



يكون محورها الضوئي مائلاً عن الشاقول ويظهر فيها خط الأفق، وتدعى أحياناً بالصورة البانورامية، ولتحقيقها يجب أن تكون زاوية الميل - $\propto > 90° - \lambda$ حيث λ : نصف زاوية حقل الرؤيا المستعمل.

إن الصور الجوية المائلة مفيدة، وخاصة في أحوال الاستطلاع لأنها تعطينا صورة عن الأرض كما نراقبها على هضبة عالية، حيث تظهر تفاصيلها بمظهر طبيعي أكثر مما تظهر على الصور الجوية العمودية.

2 - الصور الجوية للأغراض المساحية وإنشاء الخرائط:

وهي الصور التي تستخدم في أعمال المساحة المختلفة كإنشاء الخرائط المتنوعة والمخططات وعمل الموزاييك بأنواعه، ولهذا يجب أن يتوفر عدد من الشروط أثناء التقاطها وهي:

آ – ارتفاع ثابت للطائرة أثناء المهمة كلها:

الاختلاف بمقياس الصور الجوية يؤدي لعدم تطابق الأقسام المشتركة مع بعضها.

ب – ثبات الطائرة وعدم اهتزازها:

عدم وضوح الصور ناشئ عن اهتزاز الطائرة بسبب العوامل الجوية أو بسبب محركات الطائرة يؤدي إلى إهمال هذه الصور والتأكيد على القيام بعملية تصوير جديدة بشروط ملائمة.

ج – عمودية الطائرة:

يستحيل تصحيح الوضع الأفقي لجهاز التصوير إذا تجاوز ميل الطائرة الخمس درجات، وبالتالي تظهر الصورة مائلة. إن ميلاً للمحور الضوئي للصور أكثر من هذا القدر يسبب اختلافاً في المقياس وبالتالي عدم تطابق الصور مع بعضها.

د – تأمين تغطية متلاحقة بين كل صورة وأخرى مقدارها 60%:

في التصوير المساحي الجوي يجب أن تصور كل نقطة مرتين ومن مكانين مختلفين على أساس التقاط صورة خلال كل فترة زمنية معينة بشكل تؤمن معه التغطية المطلوبة بين صورة وأخرى. إن مقدار هذه التغطية المتلاحقة هي 60% ويمكن أن تكون 55% كحد أدنى، وأي نقص في هذه النسبة تكون معه التغطية بين الصورة الأولى والثالثة مماسة تقريباً، كما أن هذه التغطية ليس لها حداً أعلى إذ تحتاج في بعض حالات التثليث الجوي إلى تغطية مقدارها 90%.

هـ – تأمين تغطية جانبية بين خطي تصوير متجاورين مقدارها 20%:

غالباً لا يكفي خط واحد لتصوير منطقة بكاملها، ولهذا يعمد إلى أخذ خط مجاور له، وتكون التغطية بين الخط الأول والثاني حوالي 20% كحد وسطي، وقد تزيد أحياناً حتى 30% كحد أعلى، وقد تنقص حتى 15% كحد أدنى لا يجوز أن يقل عنه.

و – أن تكون خطوط التصوير موازية لبعضها البعض ما أمكن:

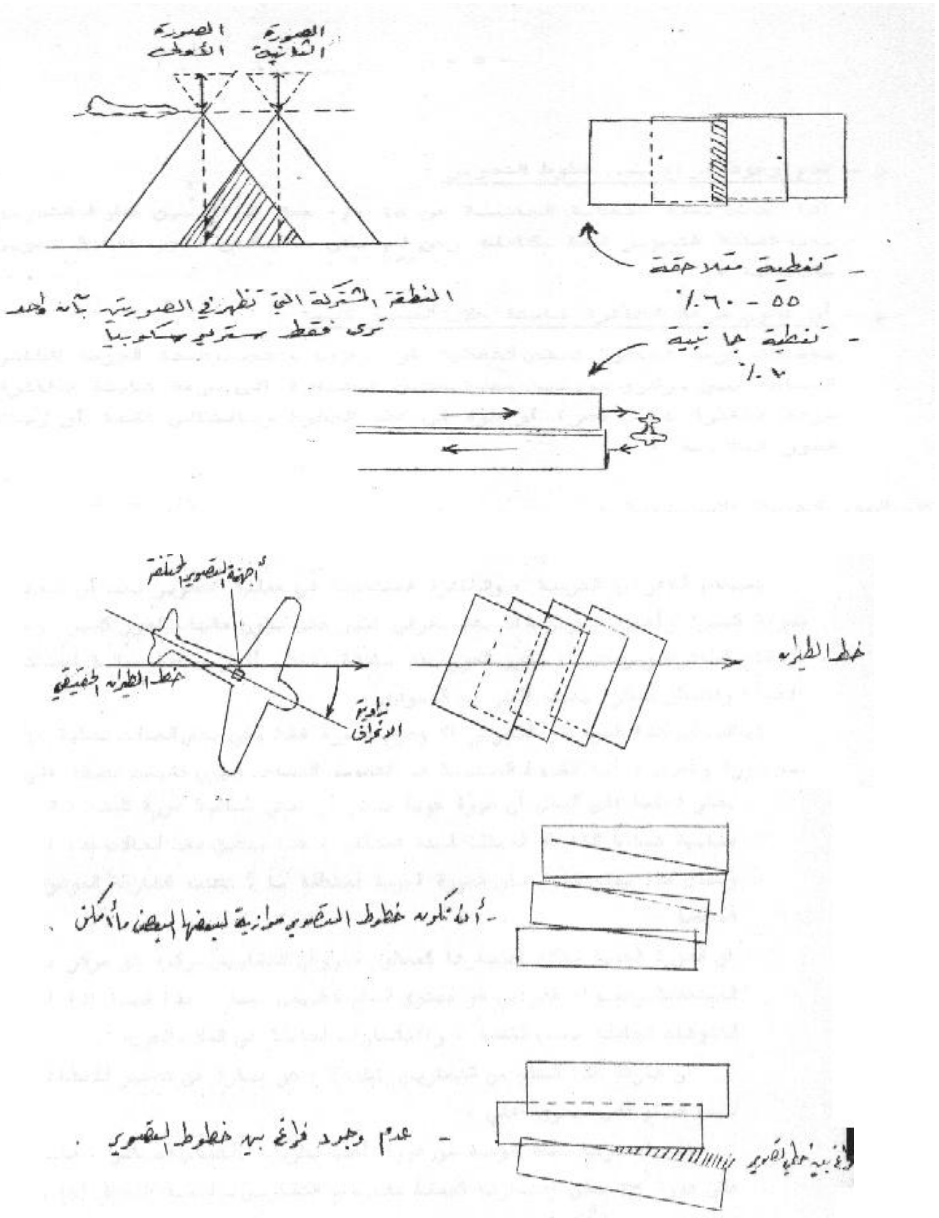
إن ميل خط التصوير يعني انحراف الطائرة عن خط سيرها المقرر، فإذا كان الخط الثاني منحرف بعكس اتجاه الأول مع وجود تغطية جانبية، ثم جاء الخط الثالث مغايراً للخط الثاني وهكذا... عندها لا يمكن الاستفادة من الصور المتراكمة فوق بعضها بالشكل المطلوب.

ز – عدم وجود فراغ بين خطوط التصوير:

إذا نقصت نسبة التغطية الجانبية عن 15% حصل فراغ بين خطوط التصوير وعندها يجب إعادة التصوير للخط بكامله، وإن لم يكن بالإمكان فيجب إعادة تصوير المهمة بكاملها.

ح – أن تكون سرعة الطائرة ثابتة خلال المهمة كلها:

باختلاف سرعة الطائرة تنقص التغطية أو تزداد. تحسب المدة اللازمة للطائرة لقطع المسافة بين مركزي صورتين متتابعتين استناداً إلى سرعة ثابتة للطائرة. فاختلاف سرعة الطائرة تسبب قصراً أو طولاً في هذه الخطوط، وبالتالي نقصاً أو زيادةً في عدد الصور المطلوبة.



3 - الصور الجوية الاستطلاعية:

تستخدم للأغراض الحربية، والطائرة المستخدمة في عملية التصوير يجب أن تتمتع بسرعة كبيرة وأجهزة تصوير ذات بعد محرقي كبير حتى يكون مقياس الصور كبيراً رغم ارتفاع الطائرة وسرعتها. تكون الصور هذه مائلة لتغطي أكبر مسافة ممكنة لمنطقة الأعداء ولتعطي منظراً يفيد أكثر من العمودي.

لا يطلب في هذا النوع من التصوير إلا وضوح الصورة فقط وفي بعض الحالات تغطية 60% بين صورة وأخرى. أما الشروط المطلوبة في التصوير المساحي الجوي فليست مطبقة على الإطلاق لأنه لا يمكن توفرها في هذه الحالة، كما أن استعمالها يصبح مؤقتاً لعدم فائدتها بعد ساعات من أخذ الصور نتيجة تحرك وتبديل الأهداف من الأماكن التي صورت فوقها.

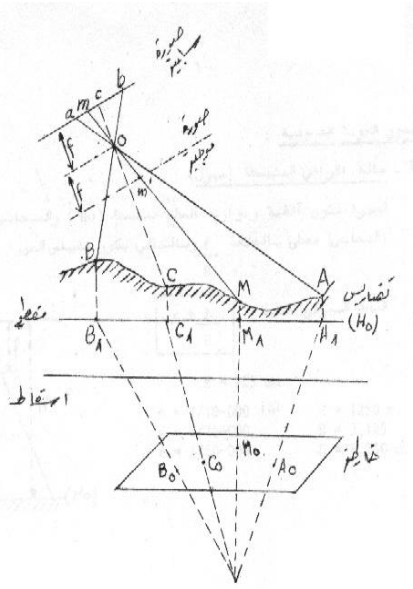
4 - علاقة الصورة الجوية مع الخارطة:

يخطر دائماً على البال أن صورة جوية يمكن أن تعطي مباشرة صورة للمنطقة المصورة مشابهة تماماً للخارطة الممثلة لهذه المنطقة. هذا ينطبق فقط لحالات جداً استثنائية، وبشكل عام يمكن القول بأن الصورة الجوية لمنطقة ما لا تشابه الخارطة الموضوعة لهذه المنطقة.

إن الصورة الجوية يمكن اعتبارها كمنظور مخروطي للتضاريس مركزه هو مركز محرق العدسة المستخدمة ومستواه الفراغي هو مستوى السطح الطبيعي نفسه، هذا فيما إذا أهملنا التشوهات الحاصلة بسبب العدسة، والانكسارات الحاصلة في الغلاف الجوي.

إن خارطة هذا السطح من التضاريس (شكل a) هو عبارة عن تصغير للإسقاط العمودي لهذا السطح على مستوى أفقي.

إذا اعتبرنا نسخة موجبة من صورة أخذت بطريقة التماس المباشر، فإننا نحصل على صورة 'm يمكن اعتبارها كمسقط نفس سطح التضاريس بالنسبة للنقطة (O) مع نفس البعد الرئيسي f. الفرق المهم بين الخارطة والصورة الجوية هي أن الأخيرة تمثل الحقيقة بينما الأولى فعلى العكس تختار التفاصيل بالاعتماد على مصطلحات وإشارات ورسوم.



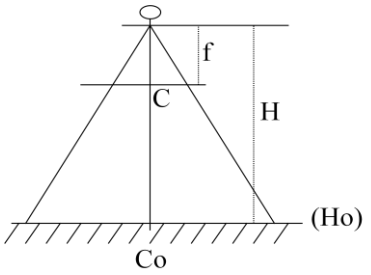
5 - الصور الجوية العمودية:

آ – حالة الأراضي المنبسطة (سهول):

الصورة تكون أفقية وموازية للسطح المنبسط (Ho) والمتجانس. إن معامل التشابه (التجانس) معطى بالعلاقة f/H وبالتالي يكون مقياس الصورة على النحو التالي:

البعد المحرقي للعدسة $e=f/H$

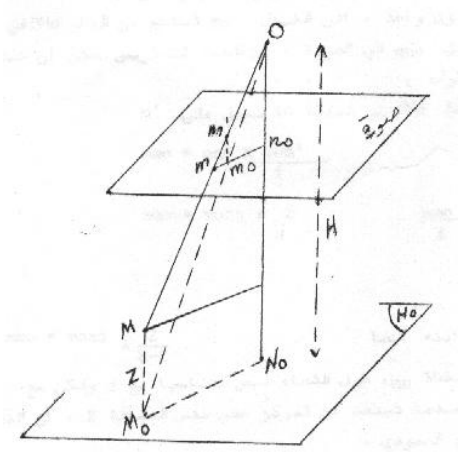
حيث f = 125 مم

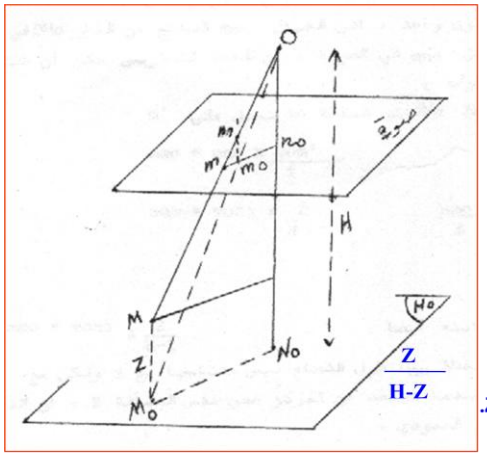


		f= 125 mm
e=1:10.000	إذن	H=1250m
e=1:25.000		H= 3.125m
e=1:50.000		H= 6.250m

ب- حالة أراضي ذات تضاريس معقدة:

في هذه الحالة لا تتماثل الصورة مع خارطة المنطقة. فإذا أخذنا نفس السطح التضاريسي (Ho) كمثال ولتكن النقاط:
No أثر محور التصوير ، Mo نقطة إسقاط النقطة M.
وبموجب النظرية الخاصة بمحور التصوير العمودي فإن النقاط No, O, Mo, M تكون ضمن مستوى واحد.
إذن الخيار mo الناتج عن الخط Omo في مستوى الصورة يمتد أيضاً وفق mno في الصورة، إن خاصة التضاريس يمكن أن تمثل بشعاع محمول nom ولنقس طوله :





برسم مواز للخط Ono من النقطة mo نحصل على m'

إذن: mmo = mno X mom ' / f

mmo = mono X Z / H

أي : m'mo / Z = f / H

والذي يمكن كتابته أيضاً:

$$mmo = mono \times \frac{Z}{H-Z}$$

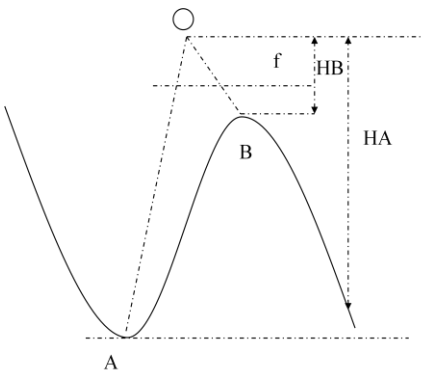
إذاً من أجل النقطة mo، طول الشعاع ليس متناسباً مع Z ولكن مع $\frac{Z}{H-Z}$

إن طول الشعاع يزداد عندما تبتعد عن المركز ضمن نفس المسافة Z.

إن النقطة no هي نقطة التحول عن الوضع العمودي.

6- مقياس الصور الجوية العمودية

لا يمكننا إذاً تحديد هذا المقياس إلا في كل نقطة مقاسة وهو عبارة عن النسبة بين طول معين على الصورة من جزء صغير أفقي من السطح التضاريسي والطول الحقيقي لهذا الجزء أو:

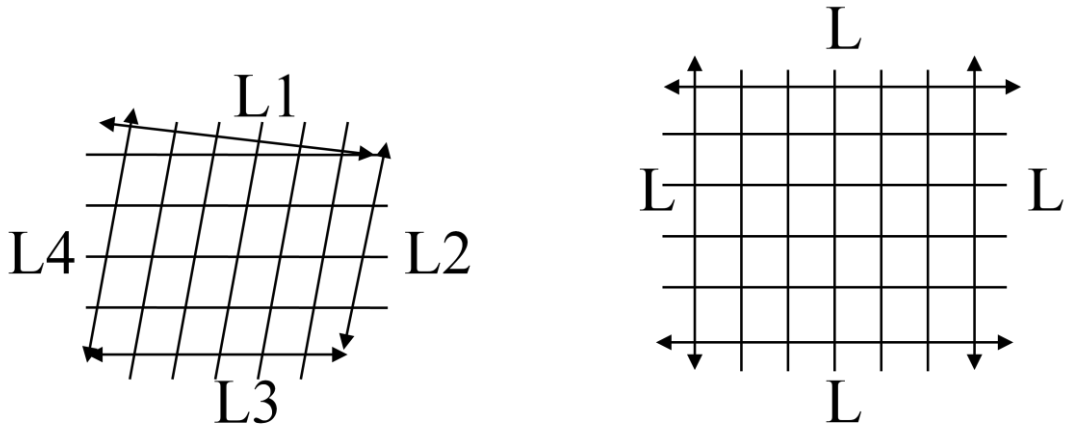


$$e = \frac{f}{H-Z}$$

إن مقياس الصورة يكون أكثر كبراً عندما تكون النقاط المصورة أكثر ارتفاعاً. ويمكن له أن يختلف بشكل فعلي في النقاط الأخرى ضمن نفس الصورة.

7 ـ تأثير الميل أثناء التصوير على الصورة الجوية:

عندما يكون هناك ميلاً للمحور الضوئي يحدث ما يدعى بالتشوه العرضي والناجم عن سوء ضبط لجهاز التصوير ضمن الطائرة.
بينت الدراسات الإحصائية أن خطأ الميل الوسطي هو بحدود
(1 غراد تقريباً). أما الخطأ الأعظمي عادة بحدود
(3 غراد تقريباً). الخطأ الطولي هو أكثر انخفاضاً من الخطأ العرضي.
إن تشوهات الصورة الناتجة عن ميل المحور الضوئي كثيرة التعقيد بشكل عام. وكمثال عن ذلك:
إن تضاريساً مستوية وأفقية يمكن أن تتمثل بتشوهات يمكن رسمها بتربيعات مرسومة وفق الشكل



أنواع الصور الجوية

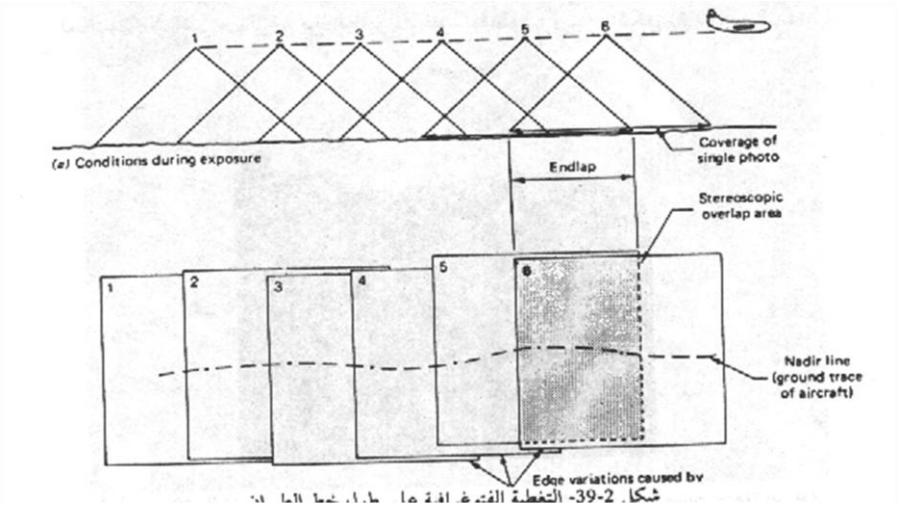
تصنّف الصور الجوية عامة في صنفين: صور شاقولية وأخرى مائلة عن الشاقول. فالصور الشاقولية تُصوّر بتوجيه محور آلة التصوير توجيهاً شاقولياً بقدر الإمكان . وتعد الصور الشاقولية التي تؤخذ بآلات التصوير ذات اللقطة الأحادية العدسة أكثر الصور شيوعاً في مجال تطبيقات الاستشعار عن بعد. ومع ذلك فإنه يندر الحصول على الصور الشاقولية "الحقيقية "، بسبب عمليات الدوران الزاوي أو الانحراف الناجم عن الوضع الزاوي للطيران لحظة التصوير، وهذا الانحراف الذي لا يمكن تحاشيه، إنما يميل بالمحور الضوئي لآلة التصوير ميلاً قليلاً عن الشاقول عن مقصود، فتنجم عنه صور منحرفة.

إن كل الصور الفوتوغرافية، هي عملياً صور منحرفة. وعندما تنحرف الصور عن الشاقول انحرافاً ضعيفاً، من غير قصد، تسمى عادة "شاقولية". ويتم التعامل مع هذه الصور، من أجل معظم القياسات الأولية، على أنها شاقولية. ولا ينتج عنها خطأ فاحش .
وحين تؤخذ الصور الجوية بآلة تصوير ذات محور منحرف عن الشاقول عن قصد نحصل على صور "مائلة ". و"الصور الشديدة الميل " هي التي تضم عادة صورة الأفق ، خلافاً "للصور القليلة الميل " فإنها لا تضم صورة الأفق

أخذ الصور الشاقولية

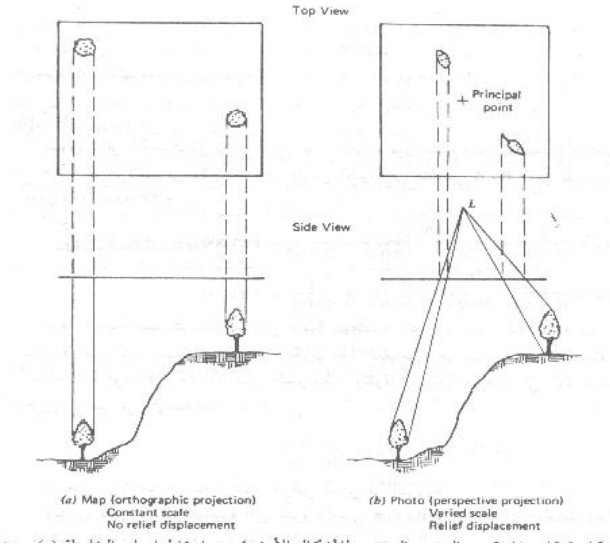
تؤخذ معظم الصور الفوتوغرافية الجوية بآلات التصوير ذات اللقطة على طول خطوط الطيران أو شرط الطيران.
ويسمى الخط على الأرض الذي تطير الطائرة فوقه أثناء التصوير الجوي "خط نظير السمت"، وهو الخط الذي يصل مراكز مرئيات الصور الشاقولية بعضها ببعض.
ويبين الشكل الصفة النموذجية لعملية التغطية الفوتوغرافية على طول خط الطيران. وتؤخذ عادة صور متتابعة تتراكب جزئياً.

إن معظم المناطق المدروسة هي من الاتساع بحيث تسمح بإجراء عدة جولات للطيران فوق المنطقة لاستيعاب مجسم كامل لها. ويوضح الشكل كيف يمكن تصوير خطوط متجاورة، تتراكب جانباً *sidelap* بنحو 30%.
وتشكل عدة خطوط طيران ما يسمى :
"كتلة الصور *black of photographs*"
وكثيراً ما تستعمل عمليات المسح الحديثة من ارتفاعات عالية معطيات من جهاز ملاحة دقيق ذاتي محمول على الطائرة لضبط اتجاه خط الطيران والمسافة الفاصلة بين خطوط الطيران والفترات الزمنية الفاصلة بين أزمنة تعريض الصور.
وتتطلب كل جولة تصوير، عملياً، الحصول على مئات من الصور. وغالباً ما يتم الحصول على "دليل فسيفسائي *index mosaic*" للمهمة وذلك بتجميع الصور الكثيرة للحصول على صورة مستمرة واحدة، تعد مرجعاً بصرياً ومريحاً للمنطقة التي تغطيها كل مرئية.



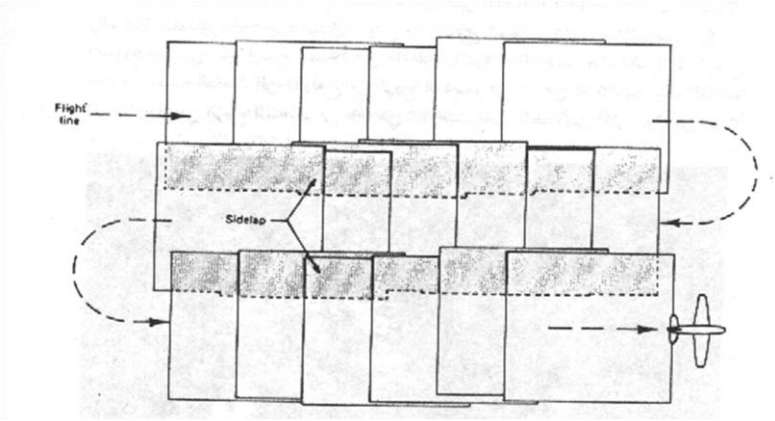
شكل 2-39- التغطية الفوتوغرافية على طول خط الطيران

ويؤدي تغير مقياس الصورة إلى تشوه هندسي. فكافة النقاط على "الخارطة" قد ترسم في مواقعها الأفقية (المساحية) الحقيقية، بعضها بالنسبة إلى البعض الآخر.
أما النقاط على "الصورة" المأخوذة لمواقع أرضية ذات ارتفاعات مختلفة فتكون منزاحة عن مواقعها الحقيقية على الخارطة.
وينجم هذا الاختلاف عن أن الخارطة هي حصيلة اسقاط شاقولي لسطح الأرض بمقياس معين، تكون فيه خطوط الاسقاط متوازية فيما بينها.



مقارنة بين الترتيب الهندسي للأشكال الأرضية عند إسقاطها على الخارطة (a) وعند إسقاطها على صورة فوتوغرافية جوية(b) . لاحظ اختلاف الشجرتين في الحجم والشكل والموقع

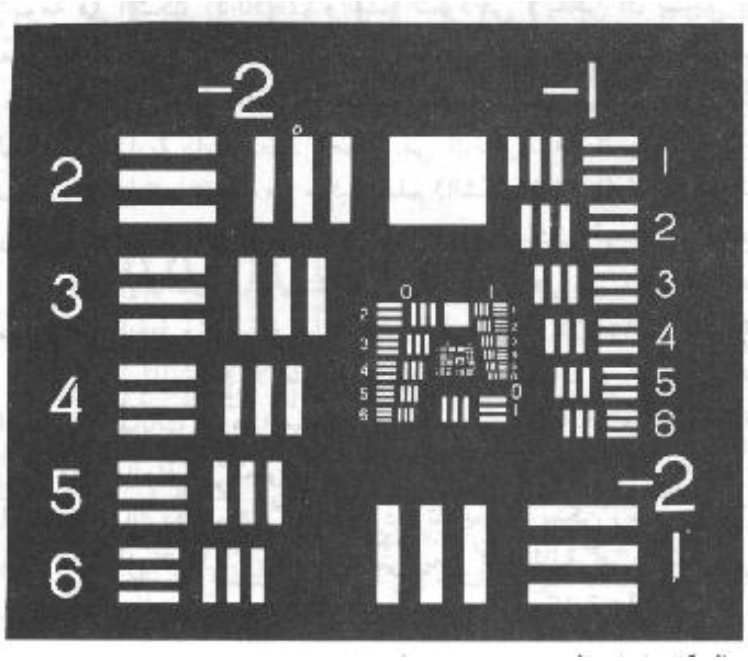
ويوضح الشكل الفرق بين هذين الإسقاطين:
فالخارطة تنجم من إسقاط شاقولي للأشعة من نقاط أرضية على لوحة الخارطة (في مقياس معين).
على حين تتولد الصورة الفوتوغرافية من إسقاط أشعة تتجمع في نقط واحدة ضمن عدسة آلة التصوير. وهكذا، وبسبب طبيعة هذا الإسقاط الأخير، فإن أي تغير في ارتفاع الأرض يفضي إلى تغير المقياس وإلى انزياح مواقع المرئية.



تجاور خطوط الطيران للمنطقة المدروسة

الميز في الصور الفوتوغرافية Resolution

يعبّر الميز المكاني عن النوعية البصرية لمرئية تم الحصول عليها بآلة تصوير معينة. ويتحكم في الميز عدد من العوامل، مثل قدرة الفلم التمييزية، والظروف الجوية أثناء تعريض الفلم، وعدسة التصوير، وحركة المرئية غير المعادلة أو المُعوضة أثناء التعريض، وظروف معالجة الفلم، وغير ذلك. ومن هذه العوامل ما هو قابل للقياس. فمثلاً يمكن قياس ميز الفلم بتصوير "لوحة اختبار نموذجي " يظهر مثال عنها في (الشكل) ويتألف من مجموعات من ثلاثة خطوط متوازية تفصلها مسافات لها عرض الخطوط نفسها.وتتناقص بالترتيب حجوم المجموعات المتعاقبة في اللوحة.وقوة ميز فلم ما هي المسافة بين منتصفات الخطوط المتبادلة مقدرة بالميلليمتر .



لوحة اختبار قوة التمييز

عناصر أجهزة التصوير الجوي الفوتوغرافي

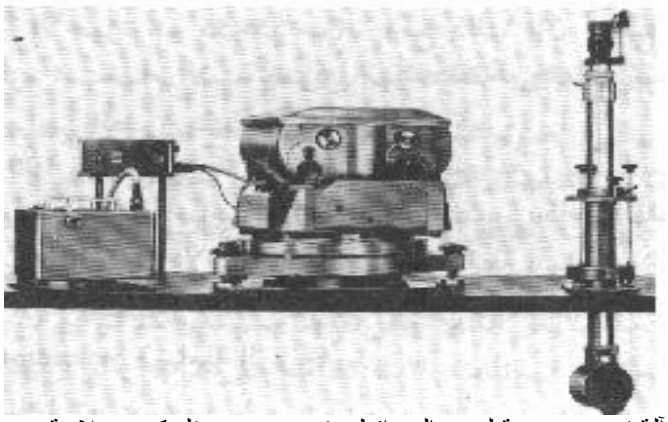
تمهيد:
يعد التصوير الفوتوغرافي الجوي واحداً من أكثر أجهزة الاستشعار عن بعد شيوعاً وغنى واقتصادية. والميزات الأساسية التي تتفوق بها الصور الفوتوغرافية الجوية على غيرها من وسائل الملاحظة الأرضية هي:
1- الموقع الأفضل: يعطي التصوير الفوتوغرافي الجوي منظراً عاماً لمساحات كبيرة، ويُمكّن ذلك من رؤية معالم سطح الأرض في إطارها المكاني. فهو يسمح بالاختصار برؤية **"صورة كبيرة"** حيث توجد أشياء مهمة. ويصعب، بل يستحيل، الحصول على هذا المنظر لبيئة من خلال ملاحظة تجري على الأرض. وبالتصوير الفوتوغرافي الجوي نشاهد أيضاً **"الصورة كلها"**، وفيما ترتسم كل معالم سطح الأرض الملاحظة بآن واحد. وقد يستخلص أشخاص مختلفون معلومات مختلفة من صورة فوتوغرافية واحدة. إذ يهتم المتخصص بالمياه مثلاً بالكتل المائية السطحية، والجيولوجي ببنية الطبقات الصخرية، على حين يهتم المتخصص بالزراعة بالتربة وبنوع المحاصيل وهكذا...
2- قابلية وقف الحدث: تختلف الصور الفوتوغرافية عن العين البشرية بأنها توقف الحدث في عالم متحرك. لذا تفيد الصور الفوتوغرافية الجوية مثلاً في دراسة الظواهر المتحركة، كالفيضانات، وتحركات الجماعات الحيوانية البرية، وحركة المرور، وبقع النفط، وحرائق الغابات والتحركات الاستراتيجية .
3- ديمومة التسجيل: الصور الفوتوغرافية الجوية هي من الناحية العملية سجلات دائمة لأحداث وقعت. وبهذا الشكل يمكن دراسة هذه السجلات في أي زمان ومكان، وفي المكتب، حيث الشروط أفضل من الحقل. كما يمكن أن يدرس المرئية الواحدة عدد كبير من الباحثين، كما يمكن مقارنة الصور الجوية بمعطيات مشابهة كان قد تم الحصول عليها في أوقات سابقة، وبذلك يمكن، بسهولة، متابعة التغيرات التي تحدث مع تقدم الزمن.
4- اتساع مجال الحساسية الطيفية: يمكن لفلم التصوير أن يرى ويسجل مجالاً من طول الموجة أوسع بنحو مرتين من المجال الذي ترى فيه العين البشرية (0.3 إلى 0.9 مكم مقابل 0.4 إلى 0.7 مكم). ويمكن بالتصوير الفوتوغرافي كشف نشاط الأشعة غير المنظورة: **الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء القريبة**، فيتم تسجيلها على هيئة مرئية يمكن مشاهدتها، وبذلك يمكن رؤية بعض الظاهرات التي لا تراها العين.
5- زيادة قوة الميز المكاني Spatial resolution ودقة الأبعاد: يمكن الانتقاء الصحيح لآلة التصوير والفلم ومتغيرات الطيران، من تسجيل تفاصيل مكانية على الصورة الفوتوغرافية أكثر مما تراه العين المجردة. وتصبح هذه التفاصيل متيسرة بمشاهدة الصور تحت مكبرة مناسبة. وبالعودة إلى معطيات مرجعية مناسبة يمكن أن نحصل أيضاً من الصور الفوتوغرافية الجوية على قياسات دقيقة للمواقع والمسافات والاتجاهات والمساحات والارتفاعات والحجوم والانحدارات.

آلات التصوير الجوية

يمكن الحصول على الصور الجوية عملياً بأي آلة تصوير. وقد تم الحصول على عدد كبير من الصور الجوية الناجحة على متن طائرات خفيفة مجهزة بآلات تصوير 35مم محمولة باليد.
وإن ما تتصف به هذه الآلات من بساطة في تركيبها وانخفاض في ثمنها وسهولة في استعمالها هو الذي جعل منها مستشعرات مثالية لدراسة مساحات صغيرة من الارض (القد الحقيقي لمرئيات آلات 35مم هو 24×36مم وعرض الفلم هو 35مم). ولتغطية مساحة أكبر بآلة تصوير 35مم صُنعت منصات متنوعة لهذه الآلة للحصول على مرئيات من الطائرات الخفيفة.
إن آلات التصوير 70مم استخدمت ايضاً في بعض التطبيقات (القد الحقيقي لمرئيات هذه الأجهزة هو 55×55مم) ومع ذلك فإن معظم عمليات الاستشعار بالتصوير الجوي تستلزم استخدام آلات تصوير جوية دقيقة. وقد صُممت مثل هذه الآلات خاصة لتصوير عدد كبير من الصور بتسلسل سريع ودقة كبيرة.
وهناك أكثر من 100 نموذج من آلات التصوير الجوية هي قيد الاستعمال الآن، ولكن يمكن تصنيفها في أربعة اصناف أساسية:
/1/ آلات التصوير ذات اللقطة الأحادية العدسة /2/ آلات التصوير ذات اللقطة المتعددة العدسات /3/ آلات التصوير ذات الشريط الفلمي /4/ آلات التصوير البانورامية (شاملة الرؤية)

أ - آلات التصوير ذات اللقطة الأحادية العدسة

هي أكثر آلات التصوير المستخدمة في الوقت الحاضر. ويقتصر استخدامها للحصول على صور فوتوغرافية جوية للاستشعار عن بعد، كما تستخدم خاصة لغرض وضع خرائط مساحية. فآلات التصوير لرسم الخرائط هي آلات تصوير ذات لقطة أحادية العدسة صممت لإعطاء صورة هندسية عالية الجودة، وتستخدم عدسات قليلة التشوه تثبت في مكان ثابت بالنسبة لمستوى الفلم. وإن مقاس الفلم (المقاس المفترض لكل مرئية) هو عادة مربع طول ضلعه 230مم، في حين أن العرض الكلي للفلم المستخدم هو 240مم، ومخزن الفلم يستوعب فلماً طوله 120م. ويتم الحصول على لقطة التصوير عند كل انفتاح مغلاق آلة التصوير، ويتم ذلك آلياً بصورة عامة بوساطة جهاز الكتروني يسمى مؤقت المغلاق.



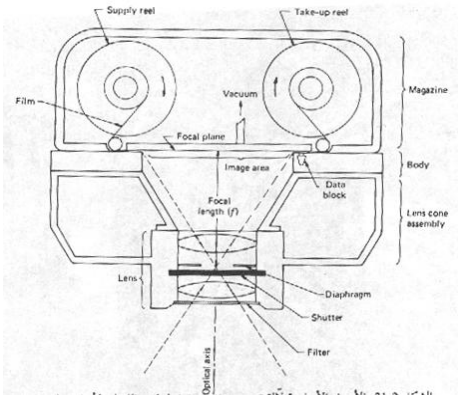
آلة تصوير جوية لرسم الخرائط RMK-Aمع تلسكوب ملاحة

ومن المعروف أن المسافة في أي آلة تصوير جوية بين مركز جملة العدسات ومستوى الفلم فيها يساوي البعد المحرقي للعدسة. والضوء الذي يأتي عملياً من اللانهاية يتم تبئيره focussed على الفلم الذي يبعد عن العدسة بمقدار البعد المحرقي لها. (ومعظم آلات تصوير وضع الخرائط لا يمكن تبئيرها لاستخدامها للتصوير القريب). وأكثر ما يستخدم من العدسات لوضع الخرائط هي ذات البعد المحرقي 152مم، ونستخدم حيناً عدسات ذات بعد محرقي 90مم و210مم. أما العدسات ذات البعد المحرقي الأطول مثل 300مم، فتستخدم في تطبيقات الارتفاعات العالية جداً. وعدسات آلات التصوير ذات اللقطة تسمى :

/1 عدسات عادية الزاوية (إذا كان الحقل الزاوي للمنظر في جملة العدسة لا يتجاوز 65 درجة). أو

/2 عدسات عريضة الزاوية (إذا كان الحقل الزاوي للمنظر بين 75 درجة و100 درجة). أو

/3 عدسات مفرطة العرض (إذا كان الحقل الزاوي أكثر من 100 درجة). (وتقاس الزاوية على طول قطر المرئية.



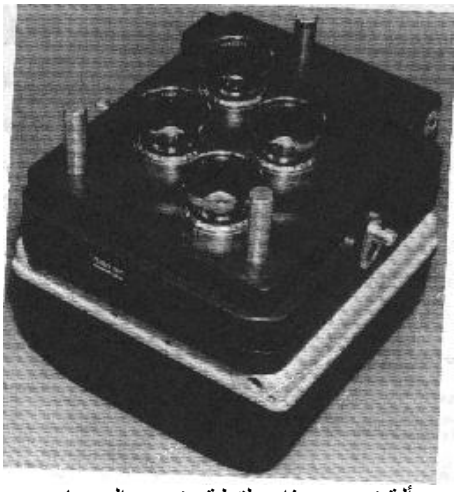
الأجزاء الأساسية لآلة تصوير وضع الخرائط ذات اللقطة الأحادية العدسة

وتضم مجموعة مخروط العدسة: العدسة والمرشحة والمغلاق. وتتألف العدسة عادة من مجموعة عدسات تجمع الاشعة الضوئية الواردة من المنظر وتبئرها على المستوى المحرقي. وتقوم المرشحة بإحدى الوظائف التي شرحناها في الفقرة السابقة. أما المغلاق والحظار (ويقعان عادة بين مجموعة العدسات) فيضبطان تعريض الفلم: فالمغلاق يحدد زمن التعريض (من 1/100ثا حتى 1/1000ثا)، على حين ينشئ الحظار فتحة تتغير أبعادها حسب الطلب. ويضم جسم آلة التصوير عادة آلية كهربائية لتحريك الفلم وجعله مستوياً أثناء التعريض، ولتشغيل المغلاق. ويحوي مخزن الآلة الفلم والبكرات وجهاز التحريك وآلية لجعل الفلم مستوياً. ولجعل الفلم مستوياً يسحب أمام صفيحة مفرغة تقع خلف المستوى المحرقي الذي يتم تعريض الفلم عليه.

ب - آلات التصوير ذات اللقطة المتعددة العدسات

تؤخذ الصور المتعددة المجالات بآن واحد من النقطة نفسها، ولكن باستخدام عدة تركيبات من المرشحات والأفلام. وتظهر في الشكل آلة تصوير متعددة العدسات مصممة للتصوير الفوتوغرافي المتعدد المجالات في أربعة مجالات طيفية:
التصوير الجوي متعدد الأطياف

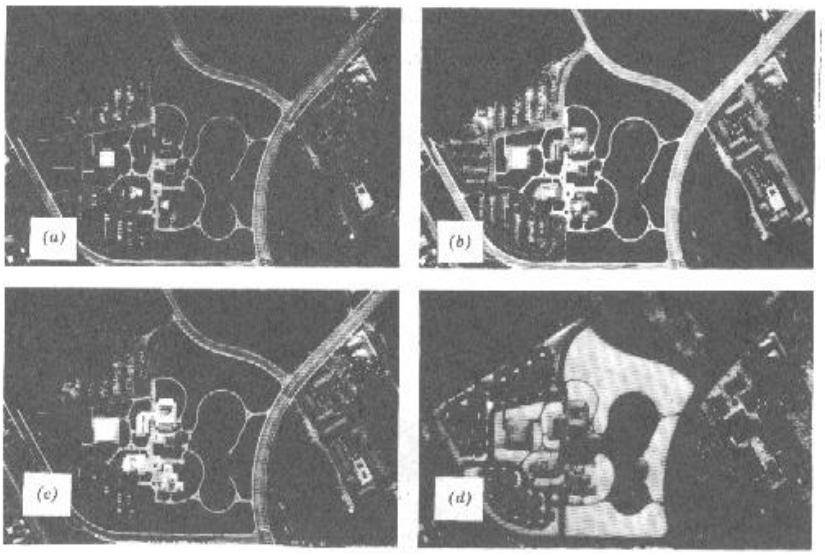
تمثل هذه الصور الفوتوغرافية منظراً واحداً، وقد صور على فلم غير ملون (أسود – أبيض) حساس للاشعة تحت الحمراء بعد الترشيح، للحصول على مجالات محددة من الموجات في المنطقة الزرقاء والخضراء والحمراء وتحت الحمراء القريبة من الطيف. إن أفضل مرئية أو تركيبة من المرئيات لتمييز منظر ما تختلف حسب شكل الاستجابة الطيفية لذلك الجسم. إن فصل انعكاسيات جسم ما بالتصوير المتعدد المجالات يزيد من إظهار التباين بين أنواع المعالم الأرضية المختلفة وبين الظروف المختلفة لكل نوع من المعلم نفسه. وللوصول إلى أحسن صورة للتباين يتم اختيار تركيبات مرشحة مع فلم لكل جزء من المعالم المدروسة في المناطق الطيفية التي تعرف فيها اختلافات الانعكاسية الطيفية العظمى أو عندما يتوقع وجودها.



ألة تصوير ذات لقطة متعددة العدسات

وتتمثل إحدى المشكلات الأساسية عند التصوير الفوتوغرافي المتعدد المجالات، بصعوبة تحليل الصور المتعددة للمنظر الواحد في آن واحد.

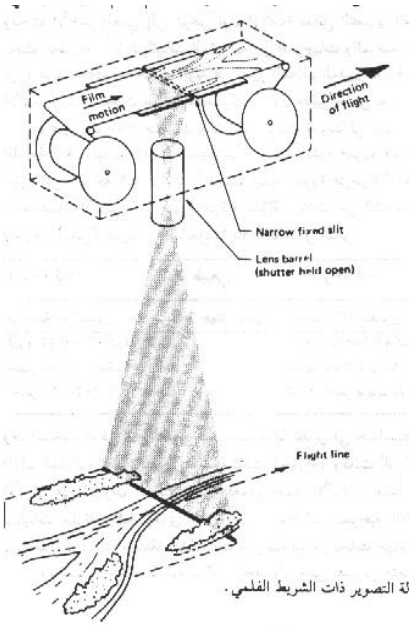
لذلك صممت أجهزة لرؤية جميع الألوان لتساعد في تفسير هذه الصور.
الجهاز يضم عادة أربعة أجهزة إسقاط توجه على شاشة عرض واحدة.



صور فوتوغرافية جوية متعددة المجالات الطيفية صورت على فلم أبيض وأسود حساس للأشعة تحت الحمراء من خلال أربع مرشحات مختلفة : B – G – R - IR

ج - آلات التصوير ذات الشريط الفلمي

تسجل هذه الآلات (الشكل) المرئيات بتحريك الفلم أمام شق ثابت في المستوى المحرقي أثناء تقدم آلة التصوير إلى الأمام، ويبقى مغلاق آلة التصوير ذات الشريط مفتوحاً ما استمر التصوير . ويُزال الغبش blur من المرئية بإمرار الفلم أمام الشق بسرعة تساوي سرعة المرئية المتحركة (بما يتناسب مع سرعة الطائرة)، وهكذا تقوم آلة التصوير ذات الشريط بموازنة حركة الفلم بما يتناسب مع حركة المرئية، ويتم تحديد زمن التعريض بتعديل عرض شق آلة التصوير.



لة التصوير ذات الشريط الفلمي.

118

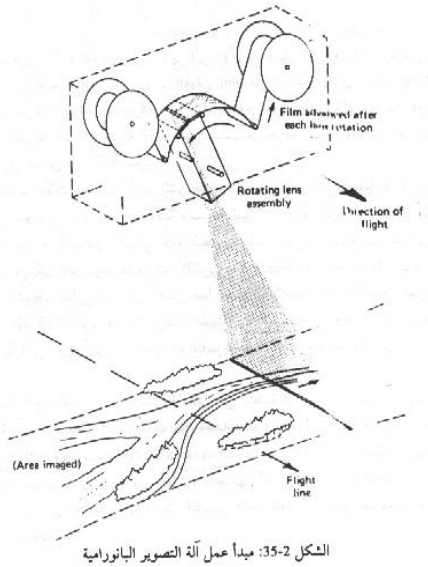
مبدأ عمل آلة التصوير ذات الشريط الفلمي

وقد صُممت آلات التصوير ذات الشريط في الأصل، من أجل عمليات الاستطلاع العسكرية التي تتم على ارتفاعات منخفضة وبسرعة كبيرة. وبهذا الظروف من الطيران فإن موازنة حركة المرئية المستمر والذاتي لآلة التصوير ذات الشريط يسمح بالحصول على تصوير مفصّل لا يمكن الحصول عليه بآلة التصوير ذات اللقطة.

كما أن آلة التصوير ذات الشريط تغطي حقل رؤية أضيق مما تغطيه آلة التصوير ذات اللقطة. فمن أجل مساحة واحدة فإن آلة التصوير ذات الشريط تغطيها زاوية قدرها 74 درجة (من جانب لآخر) مقابل 90 درجة (من زاوية أخرى) تغطيها آلة التصوير ذات اللقطة، وهذا ما يؤدي إلى تشويه أقل.
وتستخدم آلات التصوير ذات الشريط بكثرة في التطبيقات المدنية، عندما تكون هناك حاجة لدراسة البنيات الخطية المستقيمة، مثل اختيار الطرق الدولية السريعة أو خطوط نقل الطاقة. ومع ذلك فعند استخدام الآلات ذات الشريط على ارتفاعات عالية وبسرعات متوسطة تتشوه المرئيات عندما تغير الطائرة اتجاهها أو سرعتها أو ارتفاعها.
إن هذا التشوه، مع ما طرأ من تحسين على آلات التصوير ذات اللقطة، يجعل تطبيقات التصوير ذات الشريط محدودة جداً.

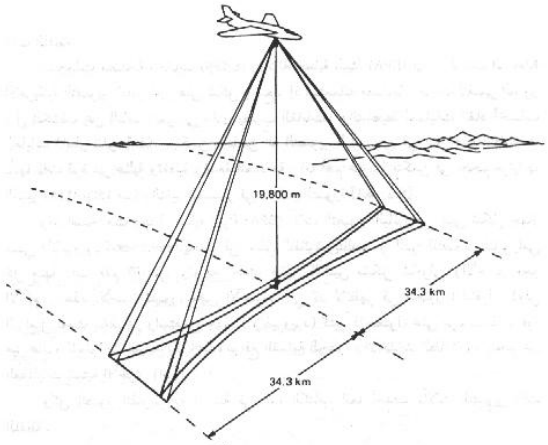
د - آلات التصوير البانورامي

وهذه آخر أنواع آلات التصوير. وتشبه آلات التصوير ذات الشريط بأنها "تنظر" مساحة حقلية ضيقة نسبياً في زمن محدد من خلال شق ضيق. وتتغطى المساحات الأرضية بتدوير عدسة آلة التصوير أو بتدوير موشور أمام العدسة.
ويبين الشكل أن الأرض تُمسح من جانب إلى جانب بشكل يعترض اتجاه الطيران اعتراضاً عمودياً.



الشكل 2-35: مبدأ عمل آلة التصوير البانورامية

ويُعرّض الفلم على طول سطح منحنٍ يقع على مسافة من جملة العدسات الدوارة بمقدار البعد المحرقي لتلك العدسات. ويمكن توسيع زاوية التصوير التي تغطيها آلة التصوير بحيث تمتد من الأفق. ويتحرك شق التعريض على طول الفلم ما دامت العدسة تدور، ويبقى الفلم ثابتاً خلال التعريض الواحد. وعند الانتهاء من إحدى عمليات المسح يتقدم الفلم لأجل تعريض تال.



مخطط نموذجي للتغطية الأرضية باستعمال آلة تّصوير بانورامية ذات محور بصري

8 - تركيب العين البشرية:

مقارنة العين بجهاز التصوير الفوتوغرافي

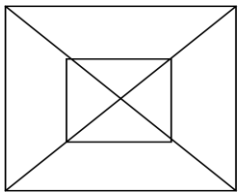
إن شبكية العين تشبه اللوحة السالبة الحساسة في جهاز التصوير، وعلى شبكة العين تقع صور لأشكال ومنها تفسر في الدماغ. وعلى اللوحة الحساسة بجهاز التصوير تطبع الأشكال أيضاً وتفسر بعد إظهارها وطبعها.

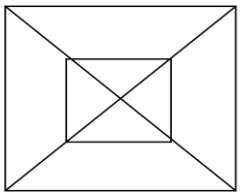
■ الرؤية بالعينين معاً أو الرؤية الستريوسكوبية النافرة:

وهي إمكانية رؤية الأجسام بأبعادها الثلاثة، الطول والعرض والعمق، تماماً كما تحصل الرؤية اليومية بالعينين معاً لشخص سليم البصر.

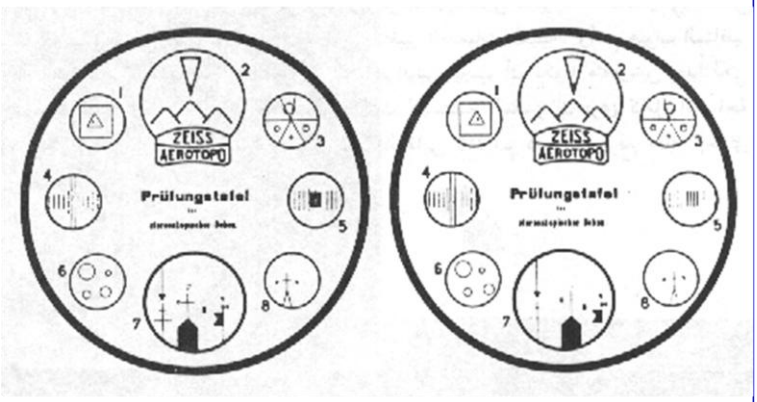
إن الشعور بالتجسيم هو ظاهرة طبيعية، وأي شخص له عينين سليمتين يستطيع أن يقدر المسافة ويرى التفاصيل بأبعادها الثلاثة. والرؤية اليومية العادية هي عبارة عن الرؤية النافرة (المجسمة) . وبما أن عيني الإنسان منفصلتان عن بعضهما بمسافة 60مم تقريباً، فإن كل عين تتلقى خيالاً للشكل الذي يراقب مختلفاً اختلافاً طفيفاً عن العين الأخرى.

فالعين اليمنى ترى مقدمة الشكل وجزءاً كبيراً من جانبه الأيمن، بينما ترى العين اليسرى مقدمة نفس الشكل وجزءاً كبيراً من جانبه الأيسر، أو بشكل آخر إن كل عين ترى الشكل نفسه بزاوية تختلف عن مثيلتها في العين الأخرى، فالخيال الذي تراه العين اليسرى مثلاً يختلف عن الخيال لذات الشكل الذي تراه العين اليمنى، ويندمج هذان الخيالان ويلاحظان في الدماغ وكأنهما خيال واحد له البعد الثالث، وهذا ما يسمى بالتطابق.





التطابق

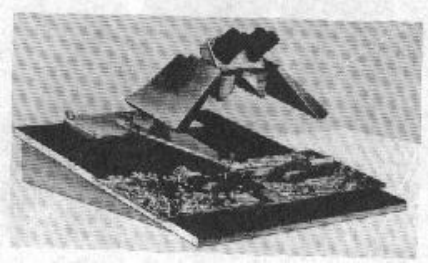


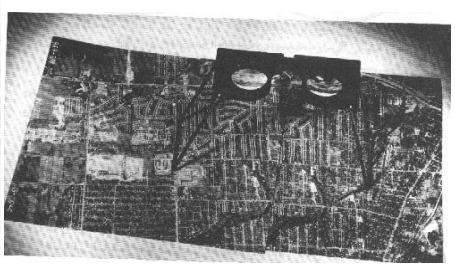
تتم الرؤية النافرة بواسطة طرق متعددة منها:

1- الستريوسكوب
2- طريقة الاناغليف
3- طريقة الفكتوغراف

1- الستريوسكوب:

وهو عبارة عن آلة بسيطة، تتألف من عدستين محدبتين تساعدان على رؤية الخيال الوهمي المجسم أو المزدوج بأبعاده الثلاثة، فهو يركز العين اليسرى على الخيال الأيسر، والعين اليمنى على الخيال الأيمن، وبعدئذ يدمج الدماغ هذين الخيالين المنفصلين في مستوى السطح المحرقي للعدستين بخيال واحد له البعد الثالث وهو العمق.





2- طريقة الاناغـليف:
ويتم ذلك عند النظر بنظارات خاصة، حيث تطبع أجزاء القسم المشترك في الصور المتلاحقة التي تغطي بعضها البعض لتشكل المزدوج بألوان متكاملة مثل: الأحمر، الأخضر والأزرق، طبقة فوق طبقة على لوحة مفردة من الورق.
وعندما ننظر ضمن نظارة خاصة عدستها اليمنى ملونة باللون الأحمر وعدستها اليسرى ملونة باللون الأخضر المزرق فنرى الأخيلة الخضراء الزرقاء بواسطة العين اليمنى فقط.
وبعدما يدمج الدماغ هذين الخياليين وتكون النتيجة الحصول على رؤية مجسمة بالأبعاد الثلاثة باللون الأبيض والأسود.
إن مبدأ الاناغليف هذا ذو قيمة كبيرة في علم التجسيم وفي العمليات التكتيكية، إذ أن عدة أشخاص يستطيعون مشاهدة المزدوج المجسم في وقت واحد.

3- طريقة الفكتوغراف:
المبدأ الذي تستخدمه هذه الطريقة يشابه مبدأ الاناغليف، إذ أن هناك تمثيل مزدوج للصورة التي تحتوي على أخيلة المزدوج المجسم.
ومهما يكن، فإن الضوء الأبيض الذي استقطب على سطحين يشكلان مع بعضهما البعض زاوية قائمة قد حل محل نظام الألوان المكملة الذي تستخدمه طريقة الاناغليف، ولملاحظة الصورة المجسمة يجب وضع نظارات مستقطبة خاصة.

الشروط الواجب توافرها لملاحظة المزدوج بشكل صحيح:
1- أن تكون جميع الخطوط المستقيمة الواصلة بين النقاط المتحاكية للصورتين متوازية وموازية إلى قاعدة التصوير.
2- إن الأخيلة الوهمية المغطاة بعدستي الستريوسكوب يجب أن تتشكل بعد بضعة أمتار من العين لتجعل الرؤية غير متعبة، ولهذا يجب:
- وضع المزدوج قريب من السطح المحرقي للعدستين.
- بعد المستقيمات الواصلة بين النقاط المتحاكية أقل أو مساو للبعد بين العدستين الذي بدوره يقارب البعد بين العينين.
3- أن يكون الخط الواصل بين المراكز الضوئية للعدستين موازياً لخط القاعدة أي موازٍ للخط الواصل بين النقاط الرئيسية للمزدوج.

التعرف على مختلف تفاصيل الصور الجوية:
هناك خمسة دلائل هامة تساعد على تحديد وتعريف تفاصيل الصور الجوية، سنتكلم عنها بالتفصيل وهي:
1- الحجم النسبي.
2- الشكل.
3- الظل.
4- اللون النسبي.
5- علاقة التفصيل بالتفاصيل المجاورة.

النتيجة:

كان التصوير الفوتوغرافي الجوي العمود الفقري التاريخي للاستشعار عن بعد، و ذلك بسبب توفره وتكامله الهندسي واستعمالاته المتعددة وتكلفته القليلة. إلا أن للتصوير الفوتوغرافي الجوي، كما في أي جهاز آخر للاستشعار، حدوداً معينة ومتطلبات خاصة.
فالصور الجوية غالباً ما يصعب الحصول عليها وتداولها وتخزينها ومعايرتها وتفسيرها. ولكن التوجهات التقنية اليوم، في الوقت نفسه، تشير إلى استعمال أجهزة التسجيل الرقمية في كثير من التطبيقات التي تستخدم فيها الآن الصور الفتوغرافية الجوية. وعلى أي حال، فإن المعلومات حول الخصائص التفسيرية والهندسية والراديومترية للصور الجويةهي العنصر الأساس في تفسير وتحليل معلوماتها .

Remote Sensing

الاستشعار عن بعد

المرحلة الثالثة
الفصل الأول

الجزء الرابع

تطبيقات الاستشعار عن بعد المختلفة

العام الدراسي

2015 – 2014

تطبيقات الاستشعار عن بعد المختلفة

A. تعتمد تطبيقات الاستشعار عن بعد على منهجية تفسير المعطيات والتي تتمثل في طورين :

1) **قراءة بسيطة للصورة Identification**
2) **تفسير الصورة Interpretation**

- الجيومورفولوجيا ، الجيولوجيا ، الثروات المعدنية ، الثروة المائية السطحية والجوفية ، النفط والغاز .
- الزراعة ، الغابات ، نمو النباتات والتحري عن أمراضها ، دراسة المحاصيل الزراعية .....
- دراسة المحيطات ، التيارات البحرية ، حركة الأمواج ، الثروة السمكية .
- التلوث المائي والهوائي : رسوبيات ، فضلات ، ملوثات صناعية /نفطية ، غازات وأبخرة المصانع .
- الأرصاد الجوية : الغيوم ، درجات الحرارة ، الرطوبة ، شدة الرياح ، الثلوج ، الأمطار .
- البنيات التحتية : التطور العمراني / المدن وتوسعها ، السدود ، الجسور ، شق الطرق .
- الكشف عن الآثار : على اليابسة وتحت الماء : مشعرات خاصة ، تصوير تحت الماء .
- الكوارث الطبيعية : حرائق الغابات ، الزلزال ، الأعاصير .
- الدراسات الإستراتيجية ، تحديث الخرائط ، التعرف على الأهداف العسكرية والحيوية ، أتمتة الخرائط ،أتمتة المواقف ، الاستطلاع .

B. المنصات : وسائط نقل المعطيات

- الطائرات - البالونات - التوابع الفضائية
- المحطات المدارية - مخابر الفضاء - المكوك الفضائي

C. طرق معالجة وتفسير المعطيات :

- التصوير الفوتوغرافي : تصحيح مساحي ، تصحيح راديو متري .
- الصور الفضائية : الألوان الاصطلاحية - الكاذبة – طرق تحسين الصورة
- الصور الفوتوغرافية : دراسة ستريوسكوبية (مثال : صور SPOT)
- المعالجة الرقمية : تحليل المعطيات الرقمية (المسجلة على أشرطة مغناطيسية) باستخدام الحاسب
- وسائل الإظهار : شاشات ، راسمات، خرائط ، بيانات ، صور معالجة (بالطرق المؤتمتة)
- طرق متممة: قياسات طيفية ، مقارنة مع دراسات سابقة ومعطيات مكملة (جيوفيزيائية ، للنفط)، بيولوجية (للمحيطات) ، درجة حرارة (التلوث .....) .