

الاستشعار عن بعد REMOTE SENSING

نبذة تاريخية

يمثل عام ١٩٦٠ البداية الفعلية لتقنية الاستشعار عن بعد. إذ تم إطلاق القمر الصناعي للاتحاد السوفيتي الخاص بالأرصاد الجوية والمعروف بـ TIROS-1 وكانت مرئياته تتميز بقدرة تمييز منخفضة *low spatial resolution*.

عام ١٩٦١ أطلق مركبة الفضاء MA-4 mercury، وتميزت مرئياتها باستخداماتها للإغراض الجيولوجية في المناطق الصحراوية النائية ولآلاف الكيلومترات المربعة.

بين عام ١٩٧٣ - ١٩٨٠ أطلقت Earth Resources Experiment Package (EREP) والقمر الصناعي الأمريكي المطور Landsat TM وغيره من الأقمار مثل SPOT الفرنسي و IRS الهندي.

+1990 أقمار الجيل الثالث في مجال الموارد الطبيعية، الروسية SPIN، الأمريكية IKONOS.

+2000 أقمار الجيل الثالث في مجال الموارد الطبيعية، الأمريكية Quick bird.

تعريف الاستشعار عن بعد

REMOTE SENSING DEFINITION

تستخدم مصطلحات عديدة للإشارة إلى المصطلح الانكليزي Remote sensing منها :

الاستشعار عن بعد

التحسس النائي.....

و جرى استخدام مصطلح Remote sensing لأول مرة في الولايات المتحدة من قبل عالمة الخرائط البحرية أيفلين بروت خلال الخمسينيات من القرن الماضي.

الاستشعار عن بعد

هو علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة ويتم هذا الأمر عن طريق استشعار وتسجيل الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة ومن ثم معالجتها وتحليلها بهدف الحصول على خصائص الأهداف المدروسة.

العلم الذي يهتم بمسائل وتقنيات التصوير الجوي والفضائي بهدف رسم الخرائط وتحديثها.

العلم الذي يهتم بتفسير وتحليل الصور الجوية والفضائية.

الاستشعار عن بعد

جمع المعطيات عن مظاهر سطح الأرض و سطح الأرض نفسه باستخدام مجسات sensors بعيدة عن ذلك السطح. تطوير وتحسين أساليب وأليات جمع المعطيات.

الاستشعار عن بعد هو ذلك العلم، الذي يستخدم خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة، أو المنبعثة من الأشياء الأرضية، أو من الجو، أو من مياه البحار والمحيطات في التعرف عليها .

يمكن النظر إلى الاستشعار عن بعد على أنه: مجموعة الوسائل، من طائرات، أو أقمار صناعية، أو بالونات، وأجهزة التقاط البيانات، ومحطات الاستقبال. ومجموعة برامج معالجة البيانات المستقبلية، التي تسمح بفهم المواد والظواهر من طريق خواصها الطيفية.

الاستشعار عن بعد: هو علم يمكن من الحصول على بيانات الانعكاس والسلوك الطيفي للأشياء، التي يمكن أن تتحول إلى معلومات من خلال عمليات المعالجة والاستقراء.

إذن فعبارة "الاستشعار عن بعد" تستعمل لتعني مجموعة المعطيات التي نحصل عليها من مسافة معينة؛ ناتجة عن تفاعل طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة، أو المظهر الذي ندرسه، والمقاس بإحدى وسائل أجهزة الاستشعار عن بعد .

تطبيقات الاستشعار عن بعد

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING

التطبيقات الجيولوجية: Geology

الصور الجوية والفضائية مصدر أساسي للمعلومات الخاصة بالظواهر الجيولوجية من خلال:

تقوم أجهزة الاستشعار باكتشاف الخامات المعدنية والبتروولية، حيث يستعان بالصور المعالجة في مجالات التعدين، وذلك بناءً على أن كل نوع من الصخور (أو المعادن) يمتلك درجة امتصاص طيفية خاصة به. هناك محاولات لاستخدام الصور الفضائية في مجال النفط وهي محاولات بحثية، مع العلم أن الصور الفضائية تتعامل مع الظواهر السطحية بينما تركز صناعة النفط على التعامل مع الظواهر تحت السطحية.

➤ مراقبة الحركات الأرضية والزلازل والبراكين وغيره.

٠١ *Mineral exploration*

٠٢ *Environmental geology*

٠٣ *Sedimentation mapping and monitoring*

٠٤ *Geo-hazard mapping*

Glacier mapping

تطبيقات الاستشعار عن بعد

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING

الهيدرولوجي وعلوم المياه: *Hydrology*

١. يمكننا مراقبة حركة جريان الأنهار، وجفاف الأراضي والبحيرات.

٢. التعامل مع السيول والفيضانات المتوقعة بمقارنة الصور المأخوذة على فترات زمنية مختلفة

٣. يمكن البحث عن مكامن المياه الجوفية *Ground water targeting* تحت الرواسب الأرضية عن طريق الصور الرادارية .

٤. إدارة وصيانة الأحواض المائية *Watershed managements*

تطبيقات الاستشعار عن بعد

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING

تخطيط المدن واستخدامات الأرض والغطاء الأرضي: *Land use & Land cover*

١. ساعدت المرئيات ذات القدرة التمييزية العالية *high spatial resolution* التي تصل إلى (٥) متر في إنتاج صور تحدد معالم المناطق الحضرية كالشوارع والأبنية السكنية... الخ.

٢. ساعدت المرئيات الفضائية على تحديد الاتجاه العمراني الحاضر والمستقبلي.

استخدامات الأرض المختلفة وإعداد الخرائط الدورية مترافقة مع التصوير المتزامن للمنطقة كل ١٦ يوم لدراسة التطورات وكشف التغيير (*Change detections*).

تطبيقات الاستشعار عن بعد

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING

الزراعة والغابات: *Agriculture & wildlife*

١. تصنيف الأراضي الزراعية.
٢. معرفة أنواع المحاصيل الزراعية.
٣. تصنيف ودراسة الغابات.
٤. حساب مساحات الغطاء النباتي.
٥. الكشف المبكر على الأمراض النباتية والآفات الزراعية.
٦. تصنيف التربة الزراعية.
٧. تحديد المحتوى الرطوبي.
٨. إعداد خرائط لتنظيم الري.
٩. مراقبة ظواهر التصحر والجفاف.

تطبيقات الاستشعار عن بعد

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING

الكوارث الطبيعية والدراسات البيئية: *Hazards & environmental studies*

١. دراسة مخاطر البراكين وحرائق الغابات والتسرب النفطي والإشعاعي.

٢. الأعاصير والمد البحري *tsunami*.

علم الآثار *Archeology*

التنقيب عن المناطق الأثرية أحد تطبيقات الاستشعار عن بعد المهمة، حيث يمكن استعمال الصور الجوية والفضائية للكشف عن المواقع الأثرية، عن طريق رؤية المظاهر السطحية وما تحتها، وذلك من خلال تفسير هذه الصور.

تطبيقات الاستشعار عن بعد

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING

بدأ استخدام تقنية الاستشعار عن بعد في الكشف عن الآثار في تفسير الظاهر منها، والذي لم يظهر بعد، وذلك عن طريق متابعة الانحرافات اللونية في الغطاء النباتي في مكان ما، واختلاف درجة الرطوبة في التربة، ومدى نمو النباتات فوق الموقع المدروس، وعن طريق متابعة الأشكال والأنماط الهندسية التي تأخذها. وتشمل دراسة الآثار بواسطة الاستشعار عن بعد ما يلي:

المظاهر الأثرية (*Archaeological investigations*) السطحية

المظاهر السطحية الأثرية المهمة، فتشمل الآثار المرئية، والتلال، والكتل الصخرية، والآثار السطحية الأخرى، والمجاري المائية القديمة.

المظاهر الأثرية تحت السطحية

المظاهر الأثرية تحت السطحية، فتشمل الآثار المغمورة، كالأبنية القديمة، والقنوات، والخنادق القديمة، والطرق الأثرية القديمة أيضا. وعندما تكون هذه المظاهر مغطاة بالحقول الزراعية، أو النباتات الطبيعية، فإنه يمكن أن تظهر بوضوح من خلال الصور الجوية، عن طريق:

تطبيقات الاستشعار عن بعد

APPLICATIONS OF REMOTE SENSING

١. متابعة التغيرات اللونية الناتجة عن الاختلافات في رطوبة التربة

٢. ومدى نمو النباتات وكثافتها .

٣. وفي بعض الأحيان تظهر المظاهر الاثرية بوضوح من خلال الاختلافات الموجودة بشكل مؤقت، وذلك بمتابعة الأشكال والأنماط الهندسية، التي تأخذها مظاهر الصقيع الحاصل بالمنطقة المدروسة.

Remote Sensing methods employed in the service of Archaeological investigations include :

1. Aerial photography

2. Multispectral and Hyperspectral Sensors

3. Thermal Infrared Multispectral Scanner

4. Color Infrared Film (CIR)

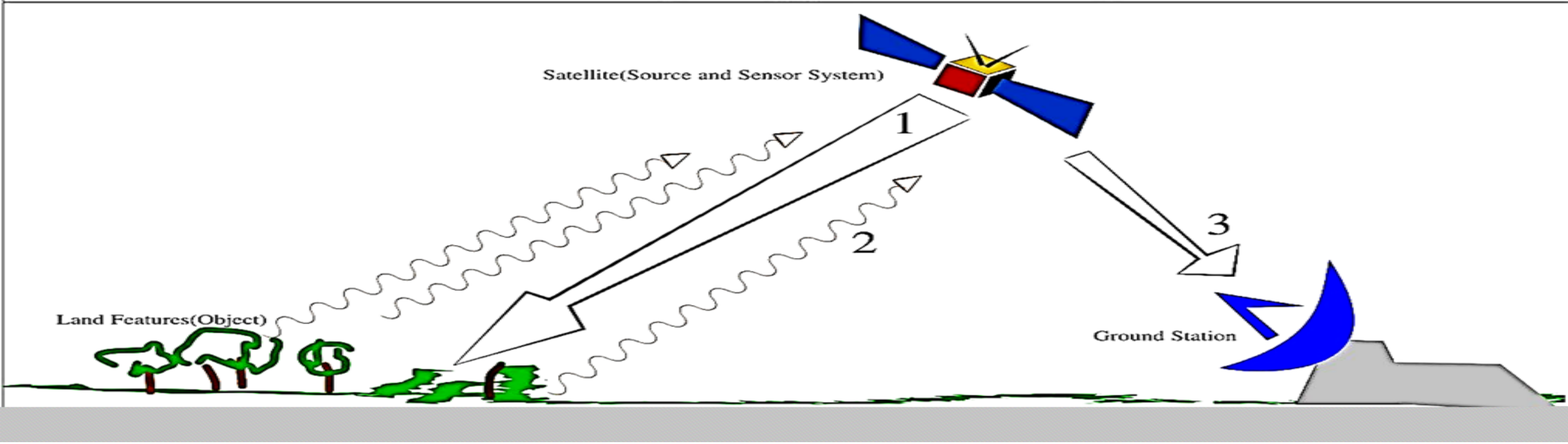
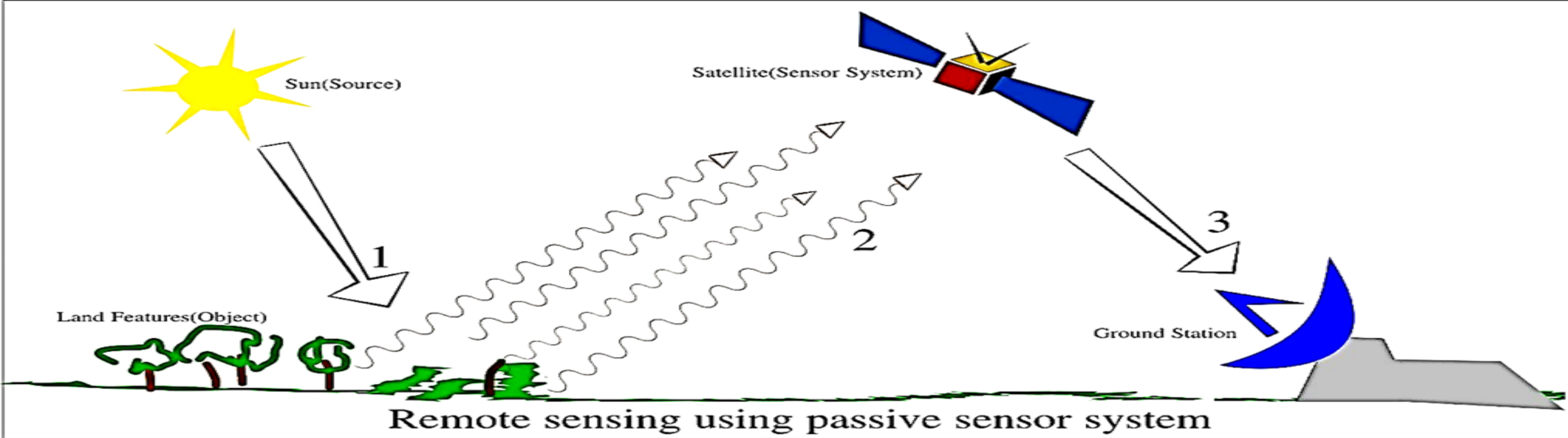
5. Microwave Radar .

تقسيم المستشعرات اعتمادا على مصادرها

وتجدر الإشارة إلى أن المستشعرات تقسم إلى نوعين من حيث اعتمادها على مصدر الطاقة هما:

- المستشعرات الفعالة Active sensors: وهي التي تصدر أشعة لإضاءة المظاهر المدروسة، مثل نظم الرادار.

- المستشعرات غير الفعالة Passive sensors: وهي التي تستشعر الطاقة المنعكسة والمنبثقة من المظاهر المدروسة مثل المستشعر HRV المحمول على القمر SPOT.



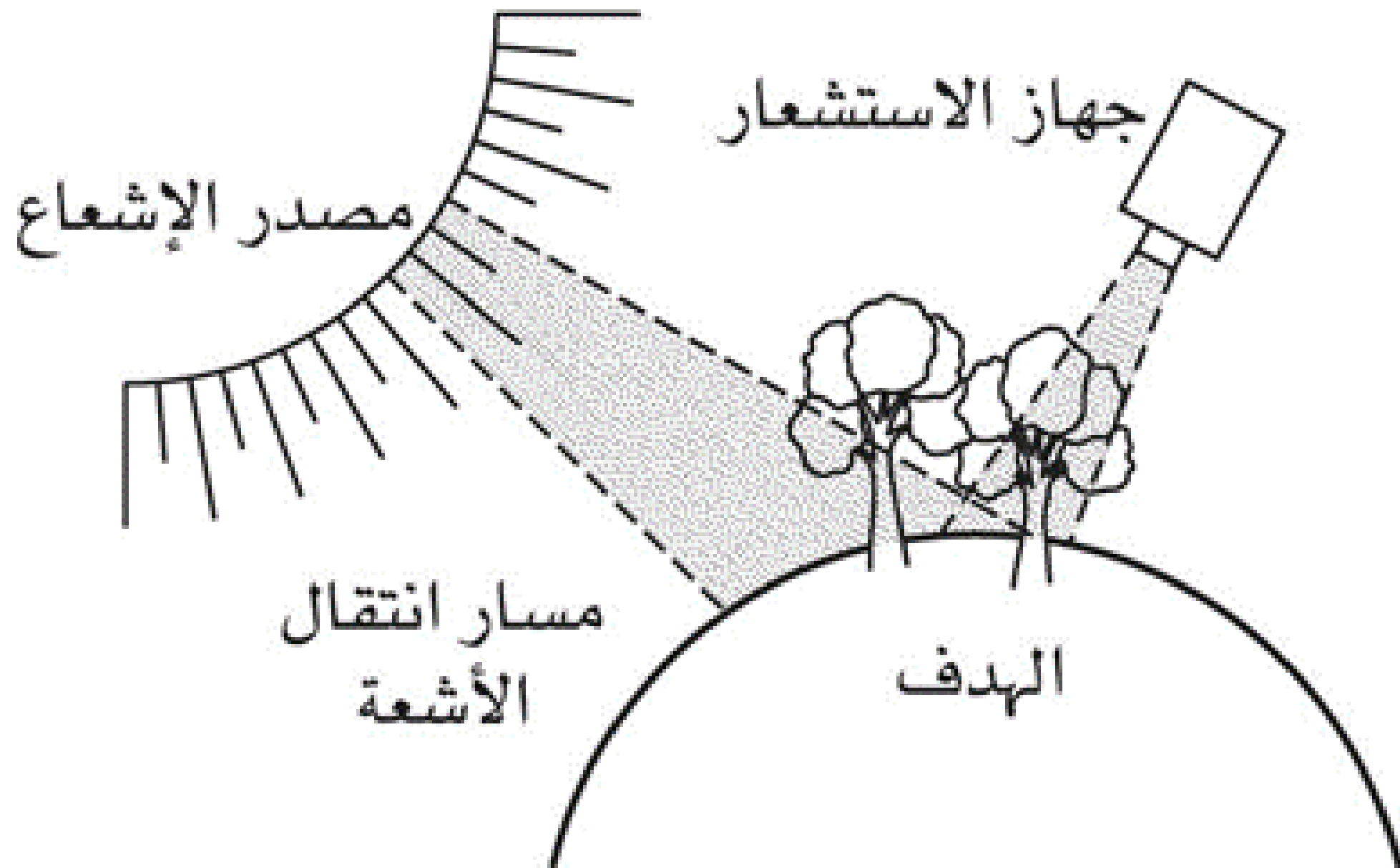
العنصر الأساسية لنظام الاستشعار عن بعد

لكي تتم عملية الاستشعار عن بعد لابد من توافر أربعة عناصر فيزيائية هي (الشكل ١)

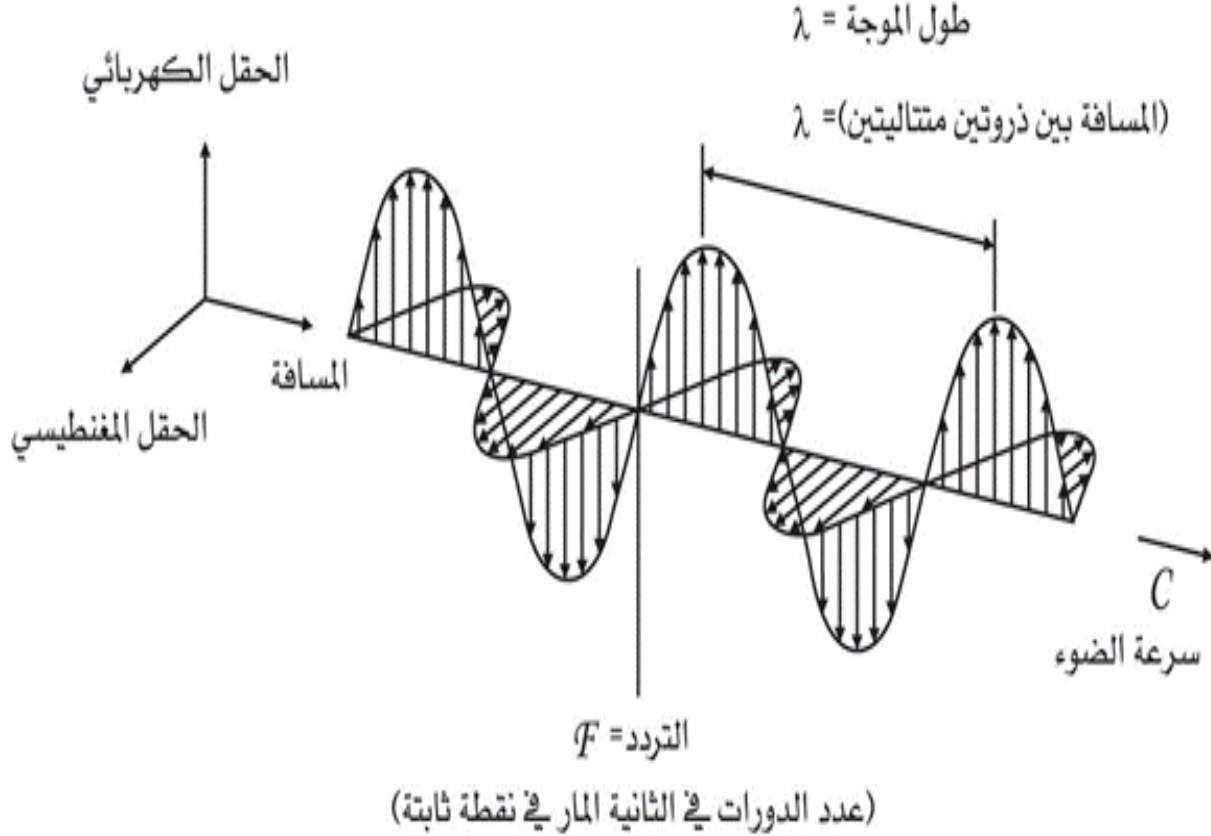
مصدر الطاقة: ليس الضوء المرئي وحده شكلاً من أشكال الطاقة الكهرمغناطيسية، فالأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة غاما هي أشكال أخرى مألوفة لهذه الطاقة تشع طبقاً لنظرية الموجات الكهرمغناطيسية الأساسية.

مسار الانتقال: لكي تتم عملية الاستشعار عن بعد لابد من وصول الأشعة من مصدر الطاقة إلى الهدف ومن الهدف إلى المستشعر، وهذا يتم عبر ما يسمى ممر الانتقال (Transmission Path) .

الهدف Target: يقصد به المادة المدروسة نفسها، إذ لا يمكن أن تتم عملية الاستشعار عن بعد من دون وجود مادة تكون هدفاً للدراسة مثل الحقول الزراعية والتكوينات الجيولوجية والمسطحات المائية والمنشآت العمرانية وغيرها.



مصدر الطاقة

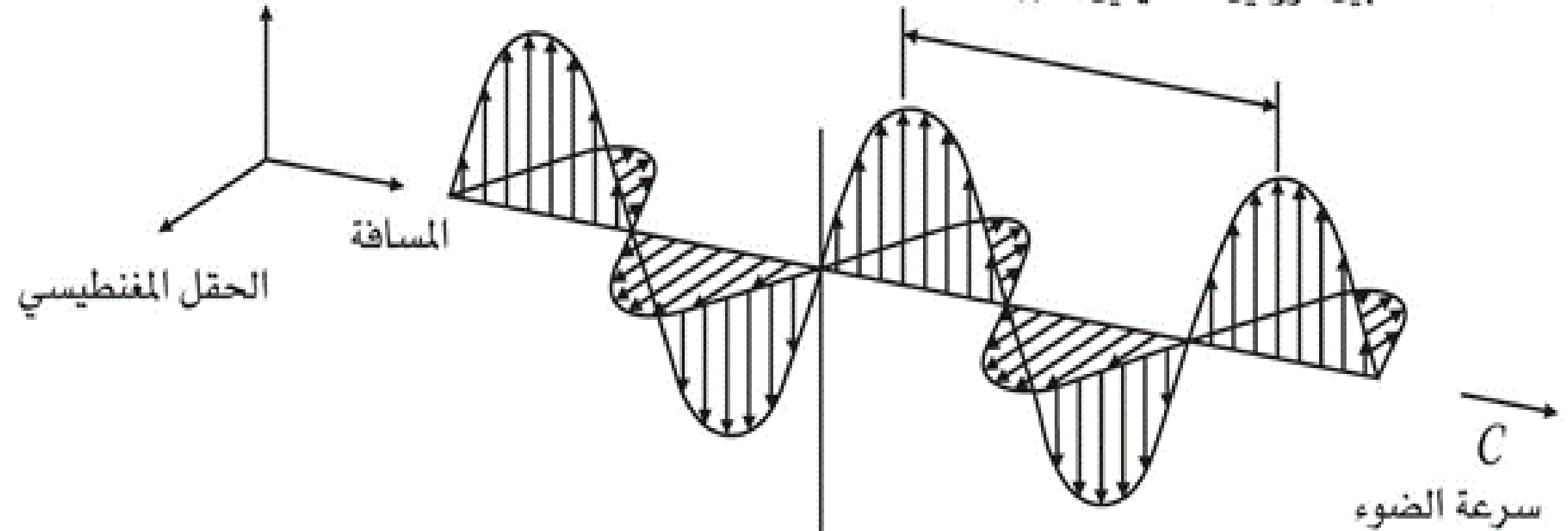


ويوضح الشكل (٢) انتشار الموجة الكهرومغناطيسية ومركباتها جيبياً وبسرعة الضوء c . وتسمى المساحة بين ذروة الموجة والذروة التي تليها طول الموجة λ ، ويسمى عدد الدورات المارة بنقطة ثابتة في الفراغ في وحدة الزمن تردد الموجة f . وعليه يكون $c = \lambda \cdot f$ حيث c سرعة الضوء وهي ثابتة في الفراغ وتساوي تقريباً 3×10^8 م/ثا.

الحقل الكهربائي

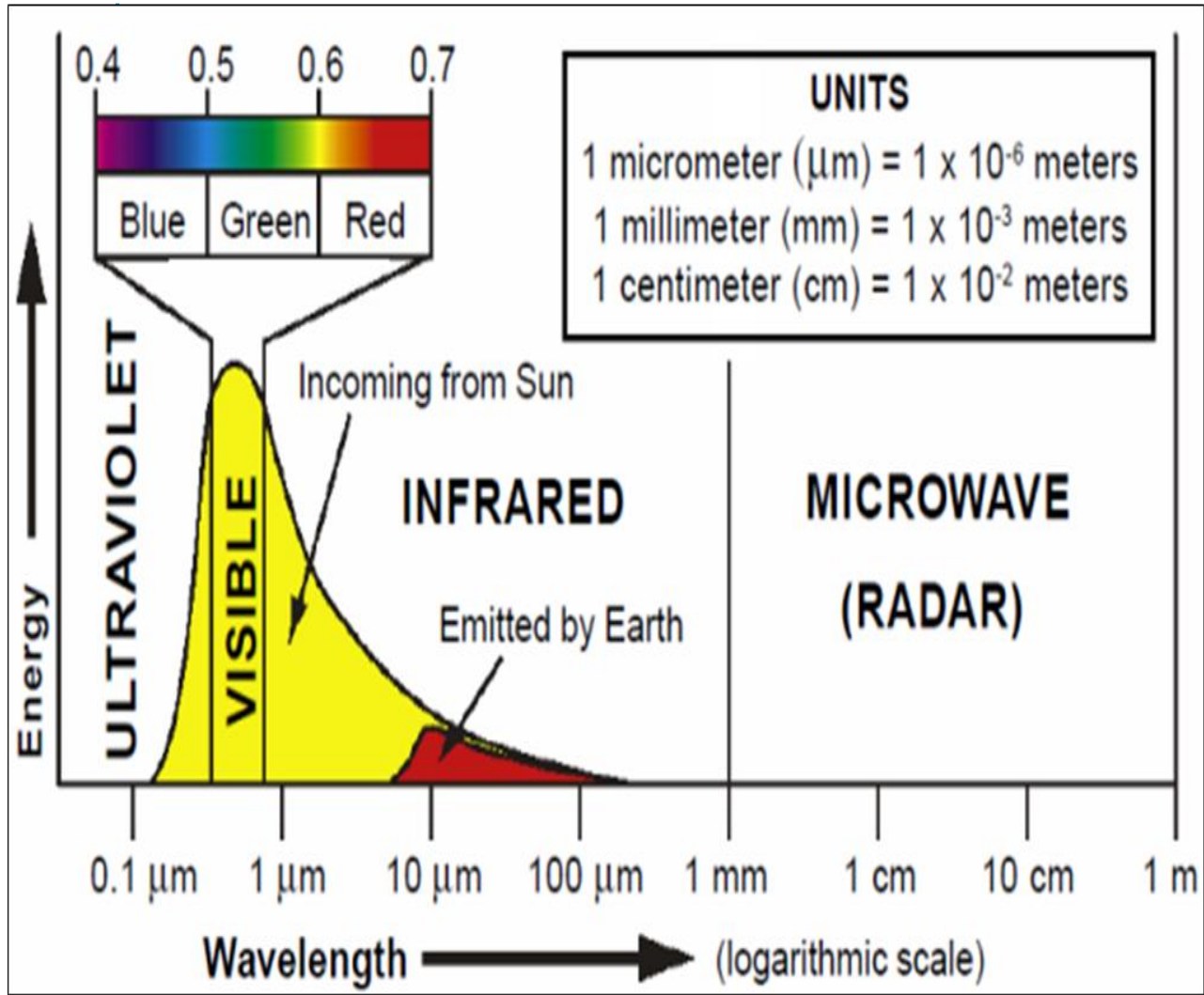
$\lambda =$ طول الموجة

$\lambda =$ (المسافة بين ذروتين متتاليتين)



$F =$ التردد

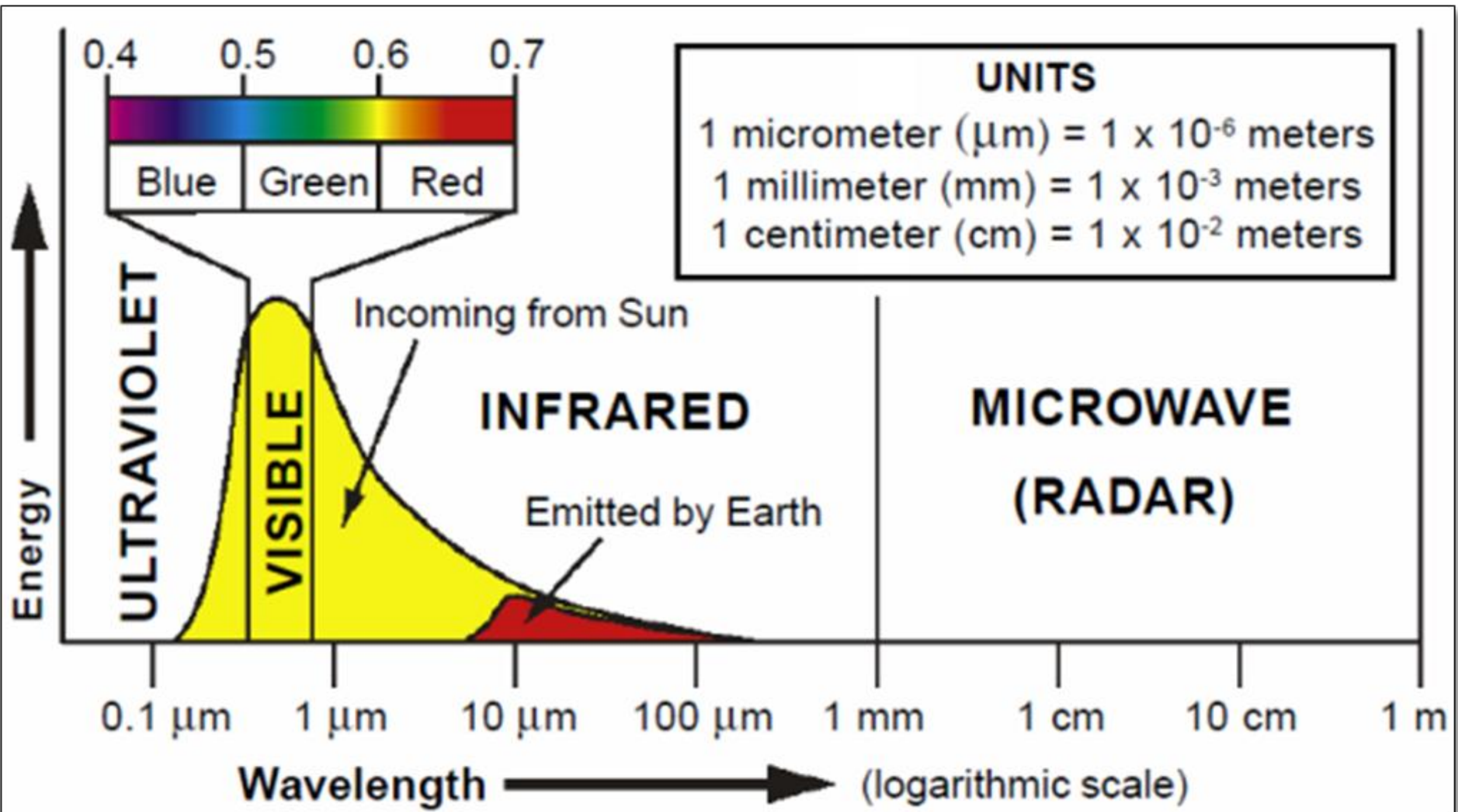
(عدد الدورات في الثانية المار في نقطة ثابتة)



القسم المرئي من الطيف يشغل حيزاً ضيقاً منه (الأزرق فالأخضر فالأحمر من 0.4 إلى 0.7 ميكرومتر). أما الأشعة فوق البنفسجية فتحتل المجال الأقصر (أقل من 0.4 ميكرومتر) في حين تحتل الأشعة تحت الحمراء المجال الأطول (أعلى من 0.7 ميكرومتر). وتحتل الموجات الميكروية في الطيف المجال من 1م إلى 1م.

ويعمل معظم منظومات الاستشعار عن بُعد في مجال واحد أو عدة مجالات من الطيف المرئي والأشعة تحت الحمراء المنعكسة والحرارية وفي القسم الميكروي من الطيف.

ويجب التفريق بين الأشعة تحت الحمراء المنعكسة والأشعة تحت الحمراء الحرارية (المنبعثة). فالأشعة تحت الحمراء الحرارية تتعلق مباشرة بإحساس المستشعرات بالحرارة في حين لا ينطبق هذا الأمر على الأشعة تحت الحمراء المنعكسة.



ويسمى طاقة الأشعة تحت الحمراء الحرارية، وهي أشعة غير مرئية ولا يمكن تصويرها ولكن يمكن استشعارها بوسائل حرارية كمقاييس الأشعة Radiometer أو الماسحات Scanners.

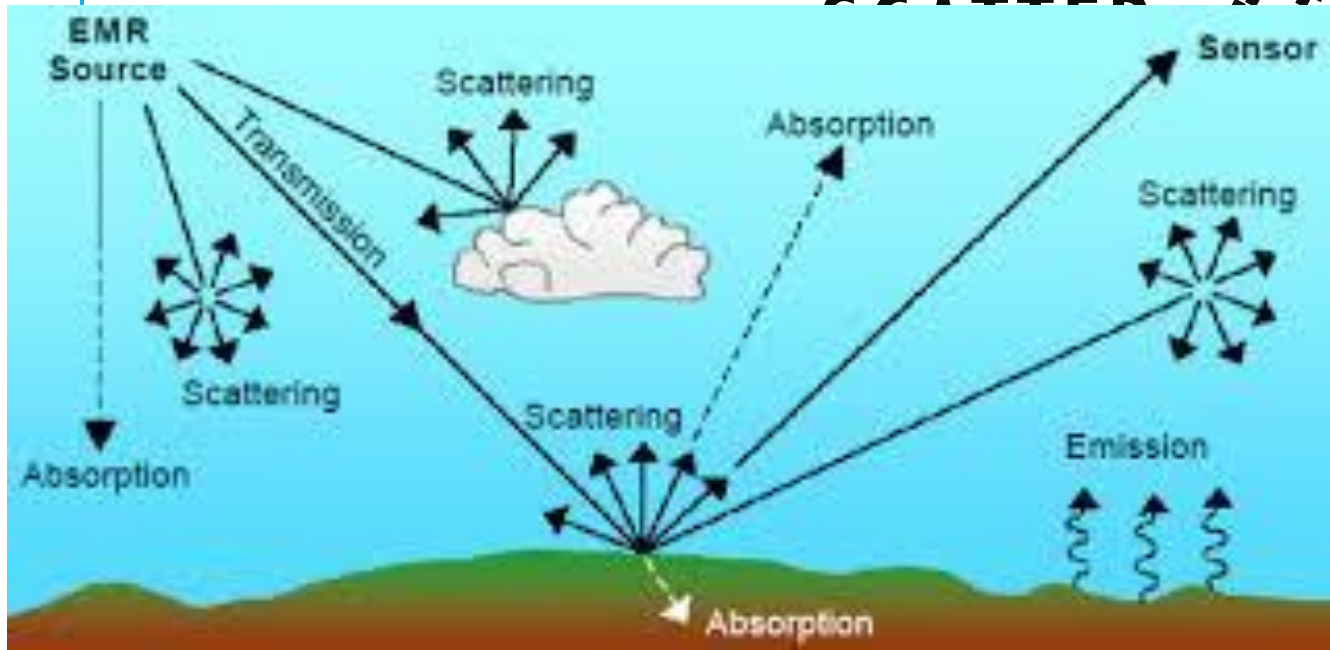
تكون طاقة إشعاع الشمس في ذروتها عند طول الموجة ٠.٥ ميكرومتر وإن العين وأفلام التصوير تتحسس الطاقة ضمن هذا المجال وعند هذا الطول من الموجة، وعليه فبوجود أشعة الشمس نتمكن من ملاحظة الظواهر والأجسام الأرضية بفضل انعكاس الأشعة عنها، في حين لا نلاحظ الطاقة الصادرة عن الظواهر الأرضية التي يزيد طول موجتها ٨ على ٩.٧ ميكرومتر، عند درجة الحرارة المحيطية ٣٠٠ كلفن، إلا بأنظمة تحسس غير تصويرية (غير فوتوغرافية).

مسار الانتقال

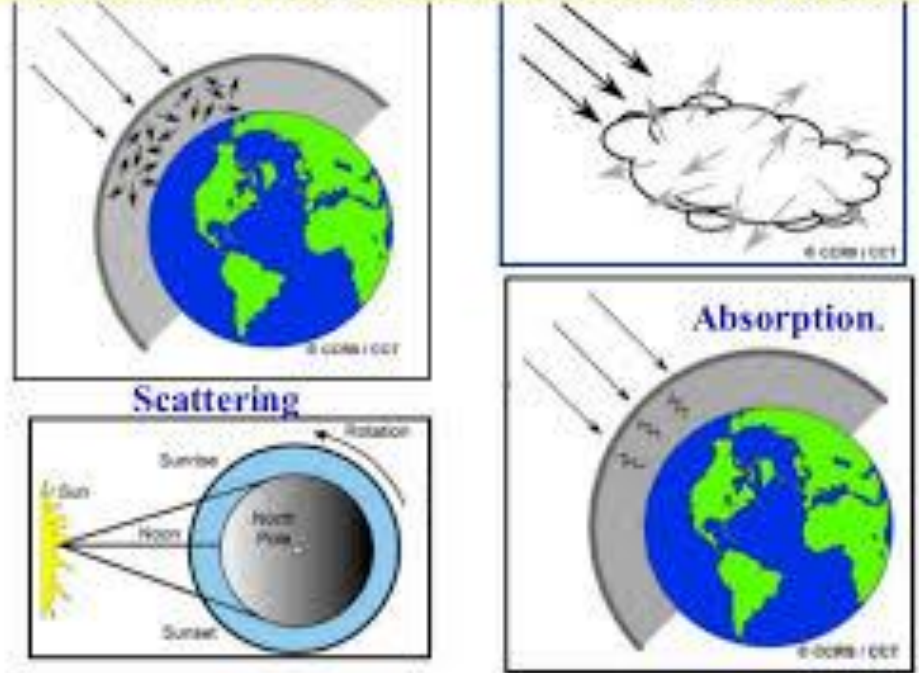
: لكي تتم عملية الاستشعار عن بعد لابد من وصول الأشعة من مصدر الطاقة إلى الهدف ومن الهدف إلى المستشعر، وهذا يتم عبر ما يسمى ممر الانتقال (Transmission Path) إن جميع الإشعاعات التي تتحسسها منظومات الاستشعار عن بعد، بغض النظر عن مصادرها، تمر في طبقات الجو ويختلف مسارها اختلافاً كبيراً. فالصور الفوتوغرافية الفضائية تنتج من انعكاس ضوء الشمس الذي يمر من خلال الغلاف الجوي مرتين، في حين تكشف المستشعرات الحرارية المحمولة في الطائرات الطاقة الصادرة من الأرض مباشرة، ومن ثم فإن مسار الإشعاع هو من سطح الظاهرة الأرضية إلى المستشعر.

وعلى هذا فإن تأثير الغلاف الجوي يختلف باختلاف الفروق في أطوال المسارات، كما يختلف باختلاف الطاقة المستشعرة وبطول الموجة. ويؤثر الجو أيضاً في مركبات الطيف (الموجات الطيفية) التي تتحسسها المستشعرات وذلك بسبب ميكانيكية التبعثر والامتصاص في الجو.

SCATTERING



Remote Sensing and its Applications in Soil Resource Mapping (ACSS-754)



MIE SCATTER

- تشتت مي : Mie Scatter ويحدث عندما تكون أقطار الجسيمات في الجو مساوية لأطوال موجات الطاقة التي تصطدم بها. ومن الأسباب الرئيسية لهذا التشتت وجود جسيمات الغبار وبخار الماء العالقين في الجو.

ENERGY INTERACTIONS IN THE EARTH'S ATMOSPHERE

Mie Scattering :

- which occurs when the wavelengths of the energy is almost equal to the diameter of the atmospheric particles
- longer wavelengths also get scattered compared to Rayleigh scatter



NONSELECTIVE SCATTER

- التشتت غير الانتقائي Nonselective Scatter: ويحدث عندما تكون أقطار الجسيمات المسببة للتبعثر أطول بكثير من أطوال موجات الطاقة الكهرومغناطيسية كالتبعثر الحاصل بفعل قطرات الماء التي تراوح أقطارها بين 5 و 100 ميكرومتر والتي تشتت كل الأشعة المرئية وتحت الحمراء بعثرة متساوية تقريباً.

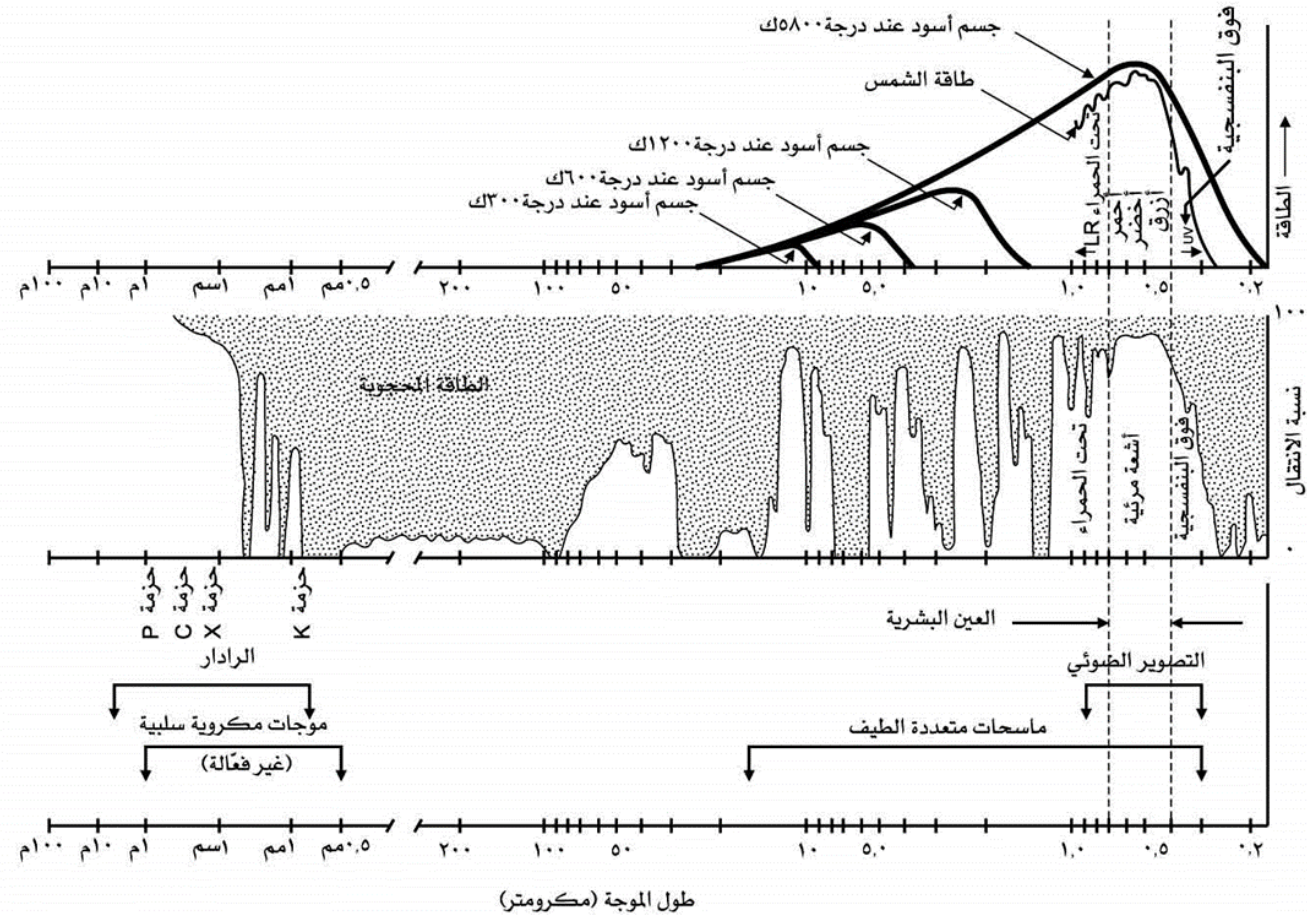
الامتصاص

الامتصاص: يؤدي الامتصاص إلى ضياع الطاقة في طبقات الجو، ويكون ذلك بامتصاص طول موجة معينة. وإن العوامل الرئيسية لامتصاص الإشعاعات هي بخار الماء، وذرات غاز الأوزون، وثاني أكسيد الكربون. وتمتص هذه الغازات الطاقة الكهرومغناطيسية في أطوال موجات محددة، وهذا يؤثر في الطيف الذي تلتقطه منظومات الاستشعار عن بعد. أما مجالات أطوال الموجات التي تمر إشعاعاتها من خلال طبقات الجو من دون امتصاص طاقتها أو تبعثرها فتعرف بالنوافذ الجوية

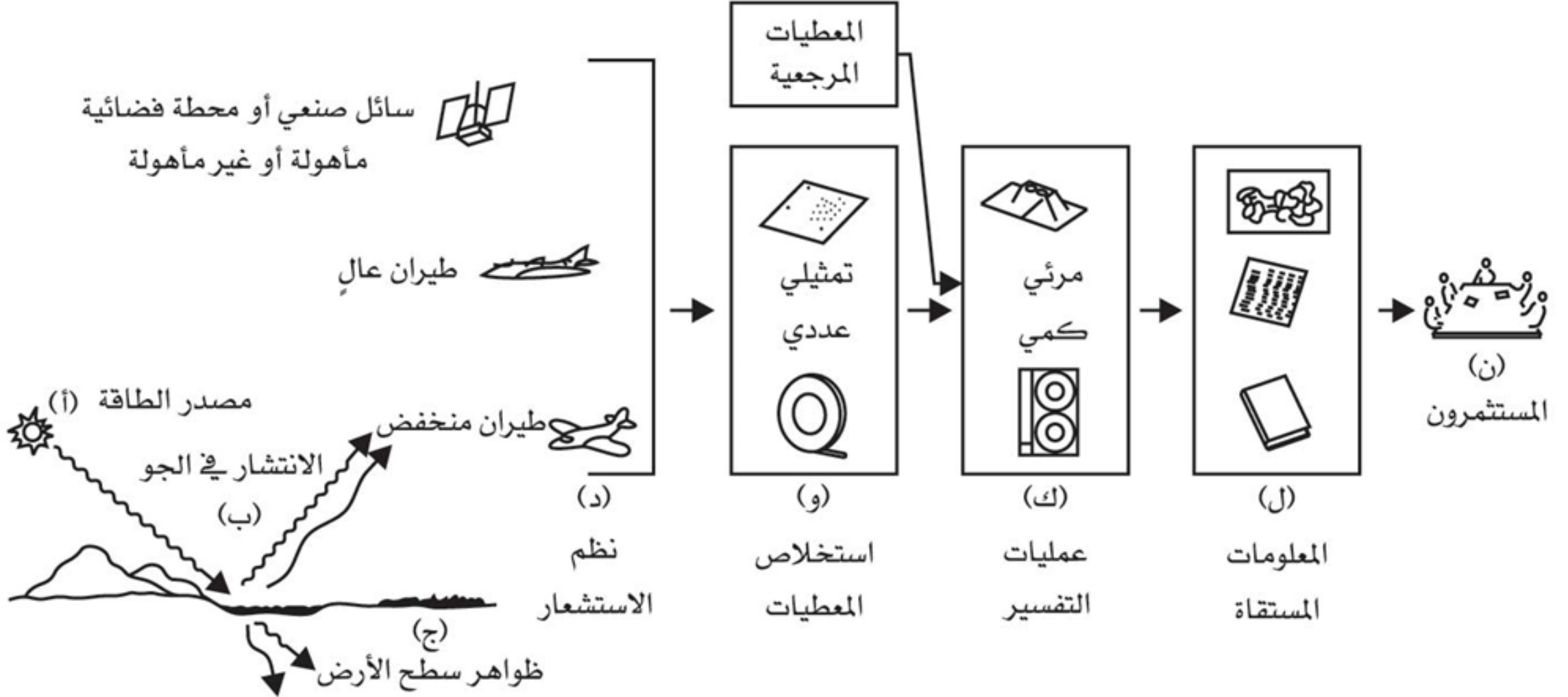
Atmospheric windows

الشكل (٧) خلاصة عن منحنيات الإشعاع الشمسي والجسم الأسود ومواصفات الانتقال عبر طبقات الجو ومجالات عمل أدوات الاستشعار عن بعد التي تستخدمها مؤسسة شيرز وستيفنسن

SCHERZ AND STEVENS. ١



تحليل المعطيات \Rightarrow الحصول على المعلومات



الهدف TARGET

الهدف Target: يقصد به المادة المدروسة نفسها، إذ لا يمكن أن تتم عملية الاستشعار عن بعد من دون وجود مادة تكون هدفاً للدراسة مثل الحقول الزراعية والتكوينات الجيولوجية والمسطحات المائية والمنشآت العمرانية وغيرها.

وهناك ثلاثة عوامل تجعل دراسة هذه المواد ممكنة بوساطة الاستشعار عن بعد هي:

أولاً: التباين الطيفي: يعتمد هذا العامل على كمية الأشعة المنعكسة عن الأهداف المدروسة ونوعيتها إذ تختص كل مادة من المواد بعكس كمية معينة من الأشعة الساقطة عليها وبنوعية خاصة. فالنباتات مثلاً تعكس الموجات ذات الأطوال ٠.٦ - ١.٤ ميكرومتر، في حين يعكس الماء الموجات ذات الأطوال ٠.٤ - ١.٤ ميكرومتر، لذلك تظهر كل مادة بصورة تميزها من بقية المواد، وهذا ما يدعى بالبصمة الطيفية Spectral signature، ولكن تجدر الإشارة إلى أن هذه البصمة تتأثر بالفصل من السنة والموقع الجغرافي، ومن الصعب عملياً أن تكون هذه البصمة واحدة في جميع المناطق أو في كل فصل من فصول السنة.

ثانياً: التباين الهيكلي: يتعلق هذا العامل بالمادة المدروسة ونمط ترتيبها، إذ تحافظ المادة على هيكلها وشكلها العام وتعطي المظهر نفسه باستمرار، فلأشجار والمنازل والطرق والبحيرات وشبكات التصريف والأنهار مظاهر خاصة، تظهر بها على الصور الفضائية وتميزها من باقي المواد المدروسة.

ثالثاً: التباين الزمني: يتعلق هذا العامل بالوقت الذي سجلت فيه المعطيات الفضائية، فإذا كان هناك حقل من الذرة أو القمح فإنه في مرحلة الإنبات يعطي مظهراً يختلف عن مرحلة الإشتاء (التفريع) أو النضج أو الحصاد. وذلك بسبب اختلاف مراحل النمو واختلاف أشكال النباتات وكثافتها.

جهاز الاستشعار

جهاز الاستشعار هو أداة يمكنها أن تستقبل وتسجل الأشعة المنعكسة عن المادة المدروسة أو المنبعثة منها ضمن مجال طيفي واحد أو عدة مجالات طيفية. وقد تم تصميم مستشعرات خاصة لدراسة الأرض من الفضاء تتلاءم مع النوافذ الجوية. وفي حالات خاصة يتم تصميم مستشعرات نوعية تتلاءم مع الجو أو طبيعة الدراسة، ويمكن تقسيم المستشعرات إلى ما يلي:

المستشعر

- كاميرات الفيديو والتصوير الجوي وكاميرات التصوير الفضائي.
- أجهزة قياس الأشعة (الراديو متر) التي تسجل الأشعة ضمن نطاقات طيفية معينة.
- أجهزة قياس الطيف (سبيكترومتر) التي تسجل الأشعة ضمن مجال طيفي معين.
- المواسح مثل الماسح المتعدد الأطياف (MSS) والماسح الغرضي (أو الموضوعي) M.T المحمولة على متن الأقمار (لاندسات) ، وهذه المواسح لا تستخدم أفلام التصوير في تسجيل الأشعة ولكن تقوم بعملية مسح لمنطقة منتظمة من الأرض، وقد مكن هذا النظام من تسجيل المعطيات على أقراص حاسوب ممغنطة باستخدام أرقام افتراضية تمثل مختلف الشدات اللونية للأهداف المدروسة، وتراوح قيم هذه الشدات بين ٠ و ٢٥٥ درجة من اللون الرمادي لمختلف المجالات الطيفية ويتم تسجيل شدة السطوح لأصغر مساحة يمكن تمييزها على الأرض. ولكل مستشعر أربع قدرات تمييز هي:

- قدرة التمييز المكاني: وهي أصغر مساحة يمكن أن يميزها المستشعر على سطح الأرض وتدعى عنصر الصورة .pixel

- قدرة التمييز الطيفي: وهي عدد النطاقات الطيفية التي يمكن أن يسجلها المستشعر.

- قدرة التمييز الإشعاعي: وهي أصغر كمية من الطاقة يمكن أن يسجلها المستشعر، والقيمة الإشعاعية أو شدة سطوع عنصر الصورة «البيكسل» هي معدل القيمة الإشعاعية الواردة من أجزاء البيكسل كافة.

- قدرة التمييز الزمني: وهي المدة الزمنية الفاصلة بين المسح والآخر للمنطقة نفسها. أي المدة الفاصلة بين الزيارة والأخرى للمنطقة من قبل القمر الاصطناعي.

وتجدر الإشارة إلى أن المستشعرات تقسم إلى نوعين من حيث اعتمادها على مصدر الطاقة هما:

- **المستشعرات الفعالة Active sensors**: وهي التي تصدر أشعة لإضاءة المظاهر المدروسة، مثل نظم الرادار.

- **المستشعرات غير الفعالة Passive sensors**: وهي التي تستشعر الطاقة المنعكسة والمنبثقة من المظاهر المدروسة مثل المستشعر HRV المحمول على القمر SPOT.

الصور الرقمية (DIGITAL IMAGE)

الطاقة الكهرومغناطيسية يمكن بيانها أو تحسسها سواء فوتوغرافيا (Photographic) او الكترونيا (Electronic) .

تستخدم عملية التصوير الفوتوغرافي التفاعلات الكيميائية على سطح الفيلم الحساس لتسجيل تغيرات الطاقة. ومن المهم أن نفرق بين مصطلحي الصور (Photographs) والمرئيات (Images) في الاستشعار عن بعد.

المرئية تعبر عن التمثيل الصوري (pictorial representation) بغض النظر عن طول الموجة أو الجهاز المستخدم في بيان و تسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية.

الصورة تعود الى نوع محدد من المرئيات ويتم فيها استخدام الأفلام لبيان وتسجيل الطاقة والصور يتم تسجيلها في نطاق أطوال الموجات من ٠.٣ الى ٠.٩ مايكرومتر، أي نطاق الضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء. تتكون الصورة الرقمية من عدد من المربعات الصغيرة المتراسة إلى جانب بعضها البعض مشكلة مصفوفة مكونة من أعمدة وصفوف وكل مربع من هذه المربعات يمثل ما يعرف بعنصر أو وحدة الصورة (PIXEL) هذه الوحدات الصغيرة المرصوصة بهذا النمط تمثل مكانياً مساحات أرضية صغيرة لأهداف على سطح الأرض، يطلق عليها خلايات أو عناصر أو وحدات أرضية (GROUND PIXELS).

DIVEL

الأسك

الأعمدة (c)

1,1				
	x			



الصفوف (r)

وبالتالي فإن الصورة الرقمية تتكون من عدد من الصفوف العرضية (r) بدءا من يسار الصورة إلى يمينها، و عدد من الأعمدة (c) بدءا من أعلى الصورة إلى أسفلها ، و بناءا على هذا الترتيب تكون نقطة الأصل لنظام الإحداثيات في الصورة الرقمية هي وحدة عنصر الصورة التي تقع في أقصى يسار الصورة و في الصف الأعلى و تكون إحداثياتها ١, ١ و في الشكل فإن إحداثيات الوحدة x هي (٢, ٣) أو وحدة الصورة الثانية في الصف الثالث . يمكن للصورة تمثيلها وعرضها بصورة رقمية (Digital format) من خلال تقسيم الصورة الى اقسام صغيرة متساوية المساحة والشكل وتسمى الخلايا او البيكسل (Pixels) وهذه الخلايا تمثل درجة اللمعان (Brightness) لكل مساحة بواسطة قيمة رقمية Digital (number).

أي أننا قد حولنا الصورة الفوتوغرافية الأصلية إلى مرئية رقمية، وهو ما يحدث عندما نقوم بعملية المسح الضوئي (Scanning) للصورة. أما المستشعرات التي تتحسس وتسجل الطاقة بصورة إلكترونية فإنها تتبع نفس المنهج من خلال تسجيل الطاقة في مصفوفة رقمية من البداية. يتم تجميع وتسجيل الطاقة في جزء صغير من مجال الأشعة الكهرومغناطيسية يسمى القناة (Channel) أو النطاق (Band).

تعتمد جودة الصورة الرقمية على عدد البيكسلات المكونة لها فكلما ازدادت عدد البيكسلات كلما حصلنا على نوعية أفضل. إذا ما تم تكبير الصورة الرقمية إلى حد معين (يختلف من صورة لأخرى) نلاحظ ظهور تشوه معين ناتج عن كون الصورة مركبة من بيكسلات، ويدعى هذا التشوه Pixelization وكلما كان عدد البيكسلات كبيراً كلما تأخر ظهور هذا التشوه عند التكبير أي كلما استطعنا تكبير الصورة أكثر.

لماذا الانتقال الى التصوير الرقمي

تحتاج الصورة التقليدية الى الكثير من العمل لتحويلها الى تنسيق رقمي ، ولكن باستخدام الكاميرا الرقمية فإن الصورة وفور التقاطها تكون بتنسيق رقمي مما يجعلها غاية في سهولة الاستخدام والتوزيع . فمثلاً يمكن إدراجها ضمن وثائق معالج نصوص ، وكذلك إرسالها عبر البريد الالكتروني أو نشرها عبر الانترنت حيث يستطيع أي شخص في العالم مشاهدتها . وفي كثير من الكاميرات يمكنك مشاهدة الصور فوراً من خلال شاشة صغيرة ملحقة مع الكاميرا أو وصل الكاميرا الى التلفاز ومشاهدة الصور الملتقطة ، حتى أن بعض الكاميرات مزودة بـ (مايكرو سكوب) يمكنك من مشاهدة صور كبيرة الحجم جداً على شاشة تلفزيون كبيرة . فالتصوير الرقمي هو تصوير آني دون تكلفة الفيلم . التحويل الى رقمي يوفر عليك ثمن أفلام وتكاليف إظهارها .

أنواع الصور الرقمية

هي تمثيل للصور الثنائية الأبعاد على الحاسوب بواسطة الصفر والواحد (0,1). وتتكون كل صورة رقمية على الكمبيوتر من البيكسل وهو أصغر وحدة في الصورة. وكل صورة هي مصفوفة تحتوي على صفوف وأعمدة من البيكسلات وكلما زادت عدد البيكسلات كلما كانت الصورة أوضح و تنقسم الصور الرقمية إلى:

١- صورة ثنائية :- Binary Image وهي الصورة التي تحتوي على اللونين الأبيض والأسود فقط وتحمل كل بيكسل بها إما الصفر أو الواحد.

٢- صورة متدرجة الرمادي : Grayscale Image وهي الصورة التي تحتوي الأبيض والأسود مع تدرجات الرمادي وتمثل شدتها بأرقام من ٠ إلى ٢٥٥ حيث يمثل الواحد اللون الأبيض والشدّة عندما تكون ٢٥٥ فإن اللون لهذه البيكسل يكون أسود وعند تمثيل هذه الصورة على الكمبيوتر تمثل عن طريق أعمدة متساوية و صفوف متساوية من البيكسلات كل بيكسل بها ٨ بيت تحدد الشدة من ٠ إلى ٢٥٥.

٣- الصور الملونة : Color Image هي الصور الرقمية التي تدعم الألوان عن طريق تخصيص ثلاثة خانات بكل بيكسل لتحديد شدة الثلاثة ألوان الأساسية (الأحمر والأخضر والأزرق) وكل خانة تحتوي ٨ بيت للكتابة عليها مثلا شدة الأخضر قد تكون ٠٠١٠٠٠٠٠ أي أن هناك ٢٤ بيت بكل بيكسل، ولكن بعض الصور قد تكون بها ٨ بيت فقط وتحتوي على ٢٥٦ لون فقط.

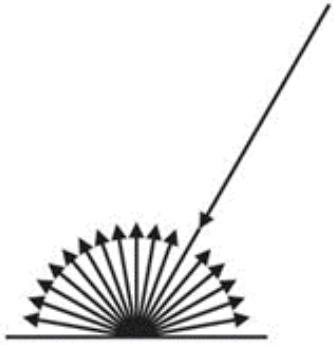
٤- يوجد طرق أخرى لتمثيل الصور مثل أن يتم تمثيل الصورة كدالة $f(x,y)$ وطرق أخرى....

وتعرض الصور الرقمية عن طريق الملفات GIF,Bmp,JPEG,PNG,RAW

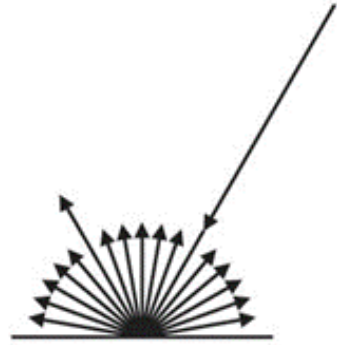
ويعطي الشكل (٧) خلاصة عن منحنيات الإشعاع الشمسي والجسم الأسود ومواصفات الانتقال عبر طبقات الجو ومجالات عمل أدوات الاستشعار عن بعد التي تستخدمها مؤسسة شيرز وستيفنسن ١٩٧٠ Scherz and Stevens. وأطوال موجات الرادار، والموجات المكروية غير الفعالة التي تخترق النافذة الجوية هي من ١ مم إلى ١ م أي في مجال الترددات من ٣٠٠ ميغاهرتز إلى ٣٠٠ غيغاهرتز.

وإن النقطة المهمة التي تلاحظ هي العلاقة بين منابع الطاقة الكهرومغناطيسية والنوافذ الجوية إضافة إلى حساسية المستشعرات وقدرتها على كشف الطاقة الكهرومغناطيسية وتسجيلها، ولهذا يجب أن يؤخذ بالحسبان الحساسية الطيفية للمستشعرات الممكن الحصول عليها، ووجود النوافذ أو غيابها في المجالات الطيفية المرغوب في الاستشعار من خلالها، ومصادر الطاقة وطيفها التي يمكن الاستفادة منها في عمليات الاستشعار.

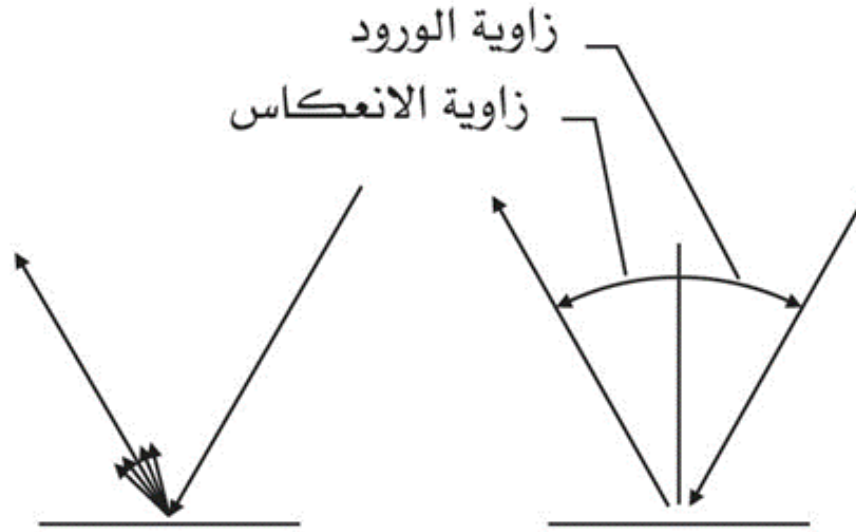
أنواع السطوح العاكسة



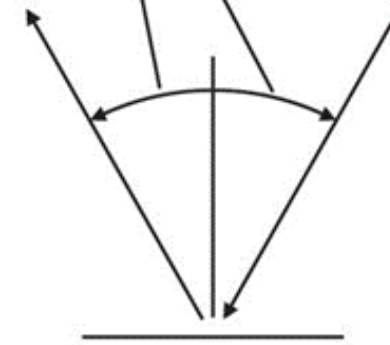
سطح عاكس ناثر
شبه تام



سطح عاكس ناثر
مثالي



سطح عاكس
شبه تام



سطح عاكس
تناظري مثالي

وعندما تسقط الأشعة الكهرومغناطيسية على ظاهرة من ظواهر سطح الأرض تكون هنالك ثلاث علاقات أساسية متبادلة بين الطاقة الكهرومغناطيسية وظواهر سطح الأرض.

ويمثل الشكل (٨) سقوط أشعة كهرومغناطيسية على سطح ماء فينعكس جزء من الطاقة الواردة ويمتص جزء آخر وينتقل جزء ثالث. وإذا طبق مبدأ حفظ الطاقة يكون:

$$EI(\lambda) = ER(\lambda) + EA(\lambda) + ET(\lambda)$$

حيث:

$$EI(\lambda) = \text{الطاقة الواردة.}$$

$$EA(\lambda) = \text{الطاقة الممتصة.}$$

$$ER(\lambda) = \text{الطاقة المنعكسة}$$

$$ET(\lambda) = \text{الطاقة المنتقلة.}$$

- المواسح مثل الماسح المتعدد الأطياف (MSS)والماسح الغرضي (أو الموضوعي) M.T المحمولة على متن الأقمار (لاندسات) ، وهذه المواسح لا تستخدم أفلام التصوير في تسجيل الأشعة ولكن تقوم بعملية مسح لمنطقة منتظمة من الأرض، وقد مكن هذا النظام من تسجيل المعطيات على أقراص حاسوب ممغنطة باستخدام أرقام افتراضية تمثل مختلف الشدات اللونية للأهداف المدروسة، وتراوح قيم هذه الشدات بين ٠ و ٢٥٥ درجة من اللون الرمادي لمختلف المجالات الطيفية ويتم تسجيل شدة السطوع لأصغر مساحة يمكن تمييزها على الأرض. ولكل مستشعر أربع قدرات تمييز هي:

قدرات التمييز للمستشعرات

- قدرة التمييز المكاني: وهي أصغر مساحة يمكن أن يميزها المستشعر على سطح الأرض وتدعى عنصر الصورة pixel.

- قدرة التمييز الطيفي: وهي عدد النطاقات الطيفية التي يمكن أن يسجلها المستشعر.

- قدرة التمييز الإشعاعي: وهي أصغر كمية من الطاقة يمكن أن يسجلها المستشعر، والقيمة الإشعاعية أو شدة سطوع عنصر الصورة «البيكسل» هي معدل القيمة الإشعاعية الواردة من أجزاء البيكسل كافة.

- قدرة التمييز الزمني: وهي المدة الزمنية الفاصلة بين المسح والآخر للمنطقة نفسها. أي المدة الفاصلة بين الزيارة والأخرى للمنطقة من قبل القمر الاصطناعي.

ولما كانت الأشعة تحت الحمراء القريبة غير مرئية فإنه تُحَضَّر لتسجيلها على أفلام حساسة وتجري عملية إزاحة للألوان المرئية، فتعطى الأشعة تحت الحمراء القريبة اللون الأحمر والأشعة الحمراء اللون الأخضر والأشعة الخضراء اللون الأزرق، وتحضر الأفلام الحساسة للأشعة تحت الحمراء القريبة من ثلاث طبقات لونية الأولى حساسة للأشعة الخضراء والثانية حساسة للأشعة الحمراء والثالثة حساسة للأشعة تحت الحمراء القريبة، ولأن الأشعة تحت الحمراء قليلة التأثير بالمعلقات الجوية فإن الصور الناتجة تكون نقية جداً بالمقارنة مع الصور المحضرة ضمن مجال الأشعة المرئية فقط، وكذلك فإن دمج الأشعة تحت الحمراء في الأشعة المرئية يعطي نتائج حساسة ودقيقة في التفريق بين الألوان، وهذا ما يعزز التباين بين المواد الأرضية المصورة، إذ تبدو أكثر وضوحاً ويمكن تفريق بعضها عن بعض بسهولة.

زرقاء	خضراء	حمراء	تحت حمراء قريبة
↓	↓	↓	↓
أزرق	أخضر	أحمر	لا يظهر
↓	↓	↓	↓
أسود	أزرق	أخضر	أحمر

زرقاء	خضراء	أخضر	تحت حمراء قريبة
-------	-------	------	-----------------

أزرق

أخضر

أحمر

أصفر

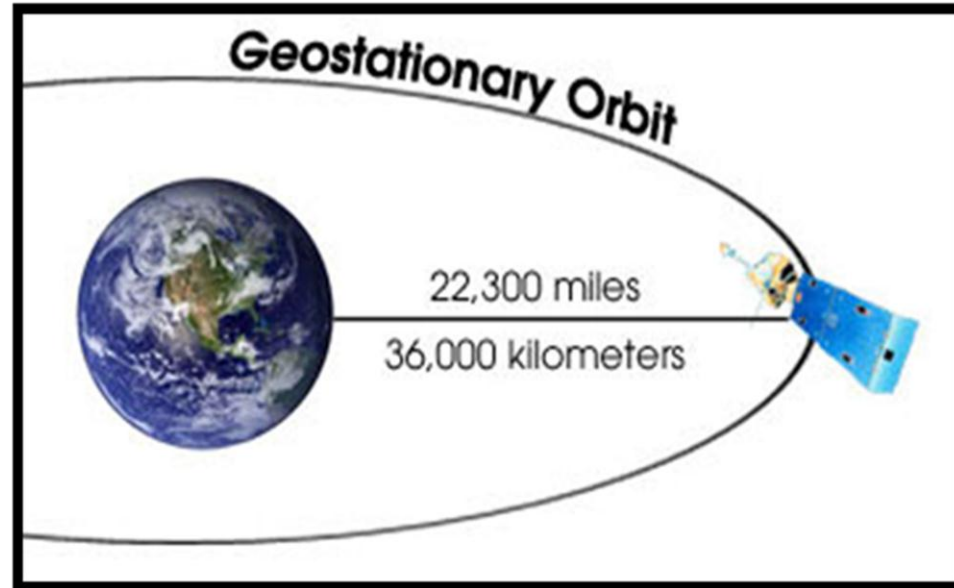
أبيض

مدارات الأقمار الاصطناعية

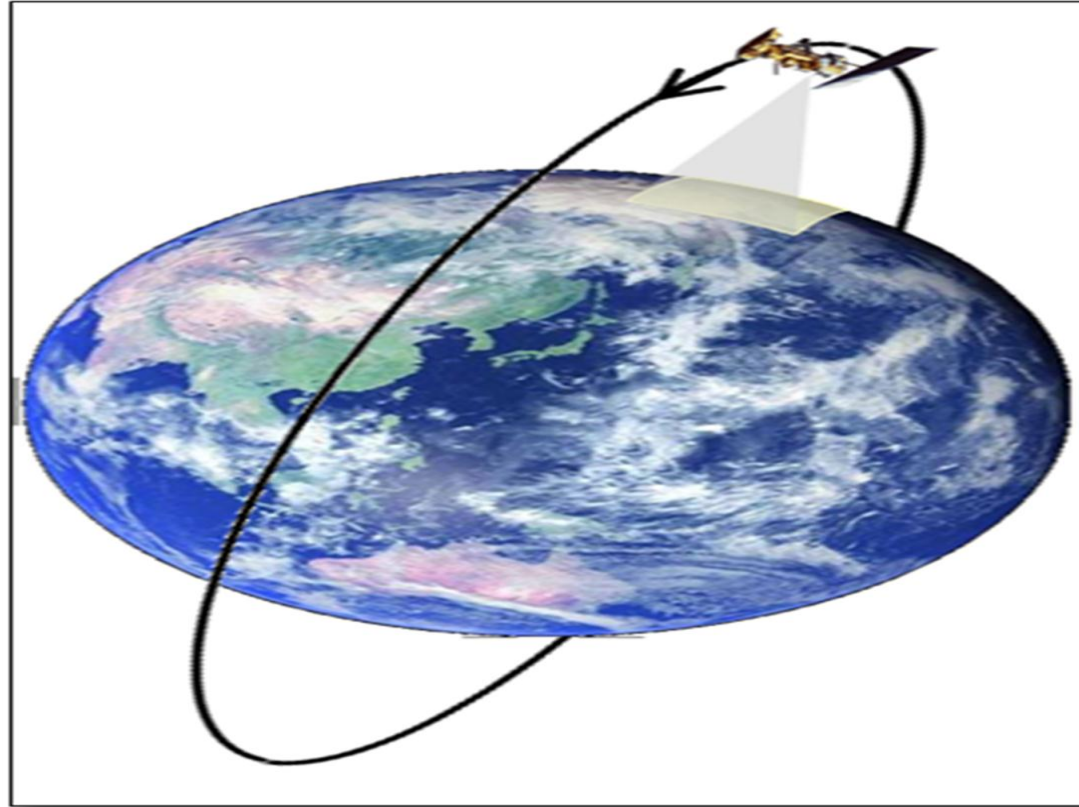
لكل قمر صناعي مدار orbit يناسب الهدف من المتحسس الذي يحمله القمر الصناعي، وتختلف المدارات طبقا للارتفاع (altitude ارتفاع المدار عن سطح الارض والتوجيه (orientation) و الدوران (rotation) بالنسبة للأرض.

Geostationary Orbits

ان الأقمار الصناعية الموضوعة على ارتفاعات عالية جدا تعمل على تحسس نفس المنطقة الجغرافية من الارض في كل الاوقات ويكون لها ما يسمى بالمدارات الثابتة مع الارض geostationary orbits. وهذه الاقمار الثابتة مع الارض تقع على ارتفاعات ٣٦٠٠٠ كيلومتر تقريبا و تدور بنفس سرعة دوران الارض . وهذه المدارات تسمح للأقمار الصناعية بتجميع معلومات مستمرة عن منطقة محددة من الارض، وتعد اقمار الاتصالات و اقمار المناخ من نوعية الاقمار الصناعية التي لها مدارات ثابتة. انظر الشكل الاتي :



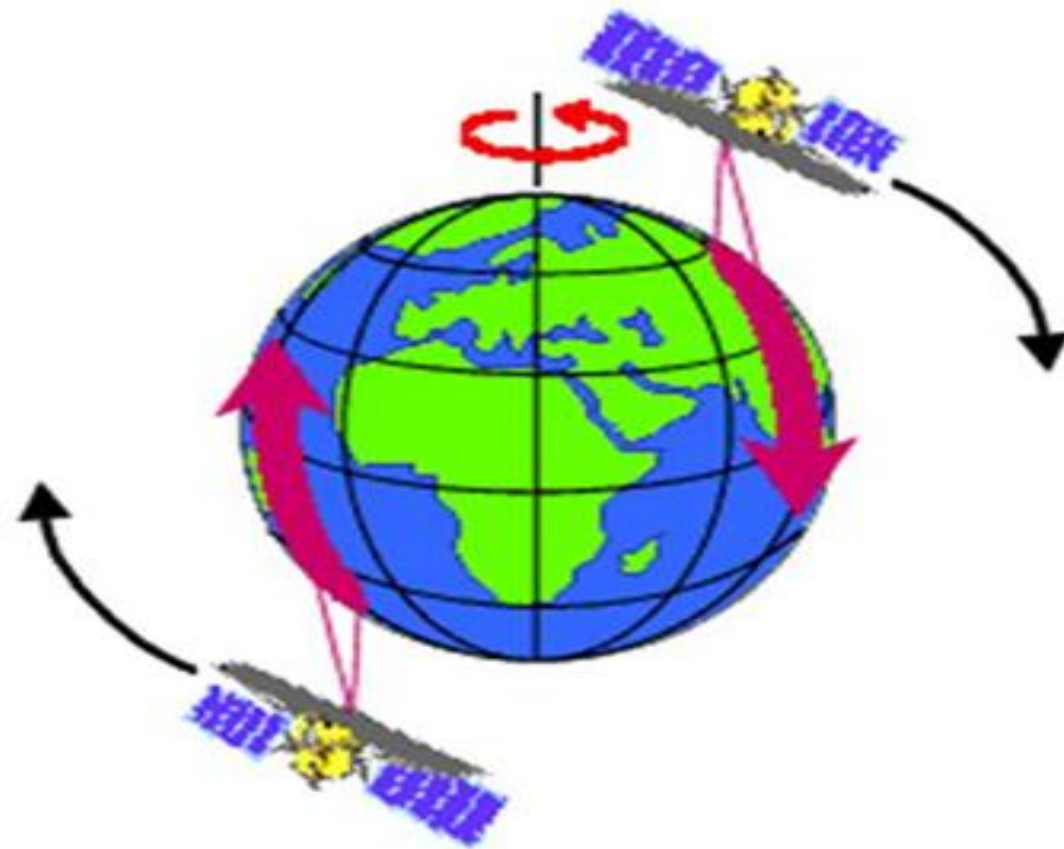
كما ان كثير من هذه المدارات تكون ايضا متزامنة مع الشمس sun-synchronous بحيث انها تغطي كل منطقة من العالم في وقت محلي ثابت constant local time وهو ما يطلق عليه اسم الوقت الشمسي المحلي. وهذا يضمن ظروف اضاءة متناسقة عند الحصول على المرئيات في فصل مناخي محدد . وهذه التقنية ضرورية لمتابعة التغيرات change detection بين مرئيات متعاقبة زمنيا وأيضا لدمج ولعمل تقنية الموزائيك mosaic (لعدة مرئيات معا). انظر الشكل التالي :



Near polar orbits المدارات شبه القطبية :توجد عدة منصات للاستشعار عن بعد مصممة لتدور في مدار غالبا من (الشمال الي الجنوب) بحيث أنها ومع دوران الأرض تتيح تغطية معظم سطح الأرض في فترة زمنية معينة. وهذه المدارات تسمى بالمدارات شبه القطبية near-polar orbits وجاء هذا المصطلح بسبب ان المدار يميل على الخط الواصل بين القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض. ان معظم الاقمار الصناعية للاستشعار عن بعد اليوم تكون من ذات المدارات شبه القطبية، اي ان القمر يسير باتجاه القطب الشمالي في احد اوجه الارض ثم يسير باتجاه القطب الجنوبي في النصف الثاني من مداره، وهذا ما يسمى بالمسار الصاعد ascending pass و المسار الهابط descending pass فإذا كان المدار متزامنا مع الشمس ايضا فعادة ما يكون المسار الصاعد في الجانب ذو الظل من الارض بينما يكون المسار الهابط في الجانب المضاء (المواجه للشمس) من الارض. ومن ثم فان المتحسسات passive sensors التي تقوم بتحسس و تسجيل الطاقة الشمسية الانعكاسية ستسجل الطاقة في المسار الهابط فقط. اما المتحسسات الموجبة active sensors التي لها مصدر اضاءة خاص بها (المتحسسات السالبة التي تسجل الاشعاع المنبعث) الحراري (فيمكنها ايضا التحسس في المسار الصاعد. انظر الشكل التالي :

”Polar orbit”

- Sunsynchronous orbit is also called polar orbit because satellite passes polar regions
- Ascending pass: satellite is flying from south to north
- Descending pass: satellite is flying from north to south



كلما يدور القمر الصناعي حول الأرض فإن المتحسس (يستشعر) جزءا من سطح الأرض، وهذه المنطقة هي ما يطلق عليها اسم (صف التحسس) أو swath وتختلف صفوف التحسس التي يمكن استشعارها من مستشعر الى اخر بحيث يتراوح عرضها ما بين عشرات و مئات الكيلومترات. وبالطبع فإن حركة دوران الأرض حول نفسها (من الغرب الى الشرق) فإن صف التحسس سيتحرك ناحية الغرب، مما يجعل القمر الصناعي يمر فوق صف تحسس اخر عند تتابع المسارات. ومن ثم فإن مدار القمر الصناعي و حركة الأرض معا يتيحان التغطية الكاملة لتحسس و استشعار لسطح الأرض من بعد. انظر الشكل التالي:



تتكمّل دورة كاملة من المدارات orbital cycle عندما يعود القمر الصناعي للمرور مرة ثانية فوق نفس النقطة على سطح الأرض تسمى نقطة النظير (Nadir point). وتختلف الفترة الزمنية لدورة المدارات من قمر صناعي الى اخر، ويطلق على هذه الدورة اسم "فترة اعادة الزيارة (revisit period).

وتعد فترة اعادة الزيارة هامة للغاية في تطبيقات الاستشعار عن بعد خاصة عند الحاجة لمرئيات متتالية، ومنها على سبيل المثال مراقبة انتشار تسرب بقعة من الزيت أو مراقبة اثار الفيضانات والكوارث Hazards. وفي حالة المدارات شبه القطبية near-polar orbits فإن المناطق ذات دوائر العرض المرتفعة high latitude سيتم تحسسها بتكرار أكبر من المناطق الاستوائية نتيجة التداخل بين المسارات المتجاورة للقمر الصناعي.

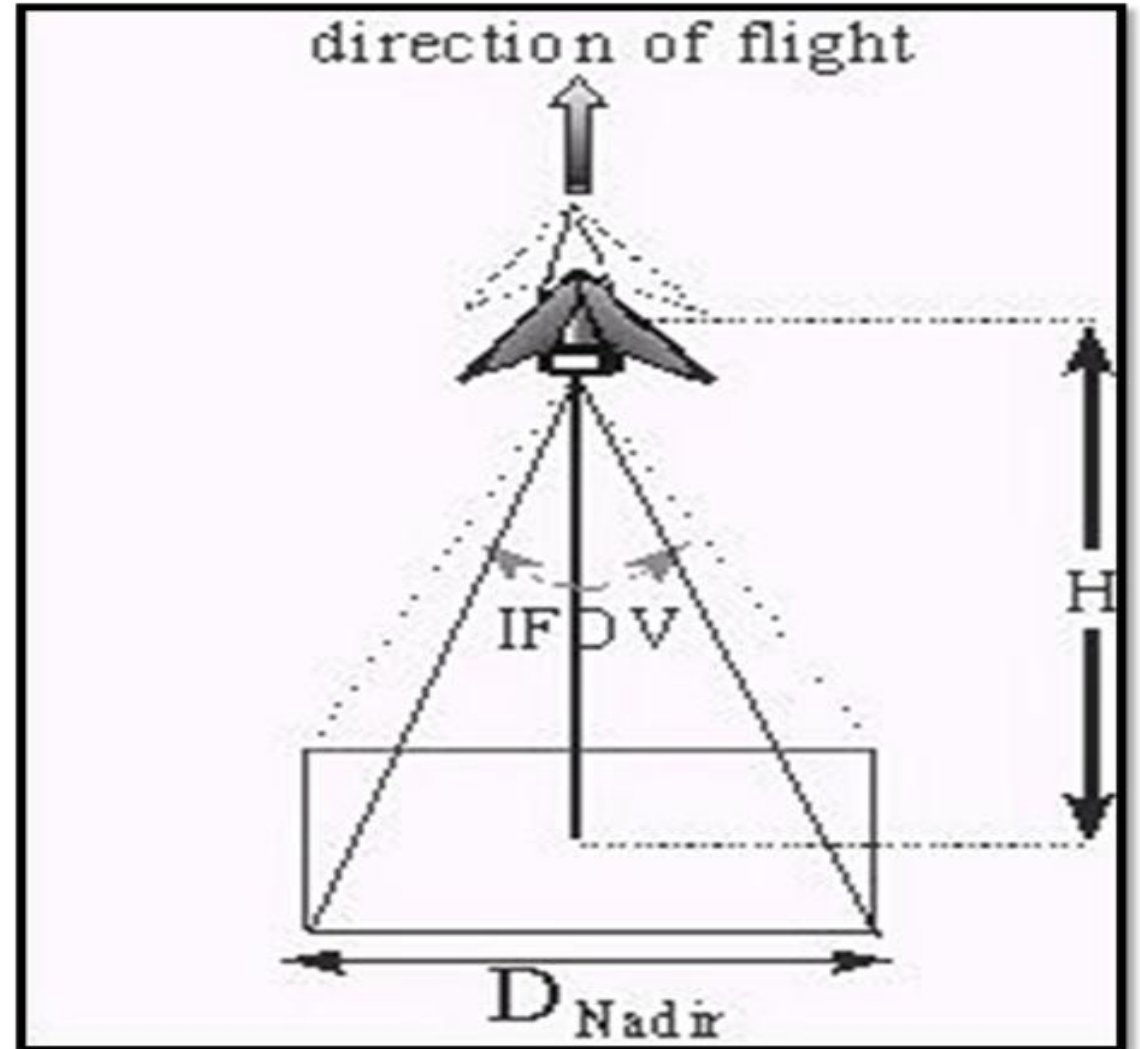
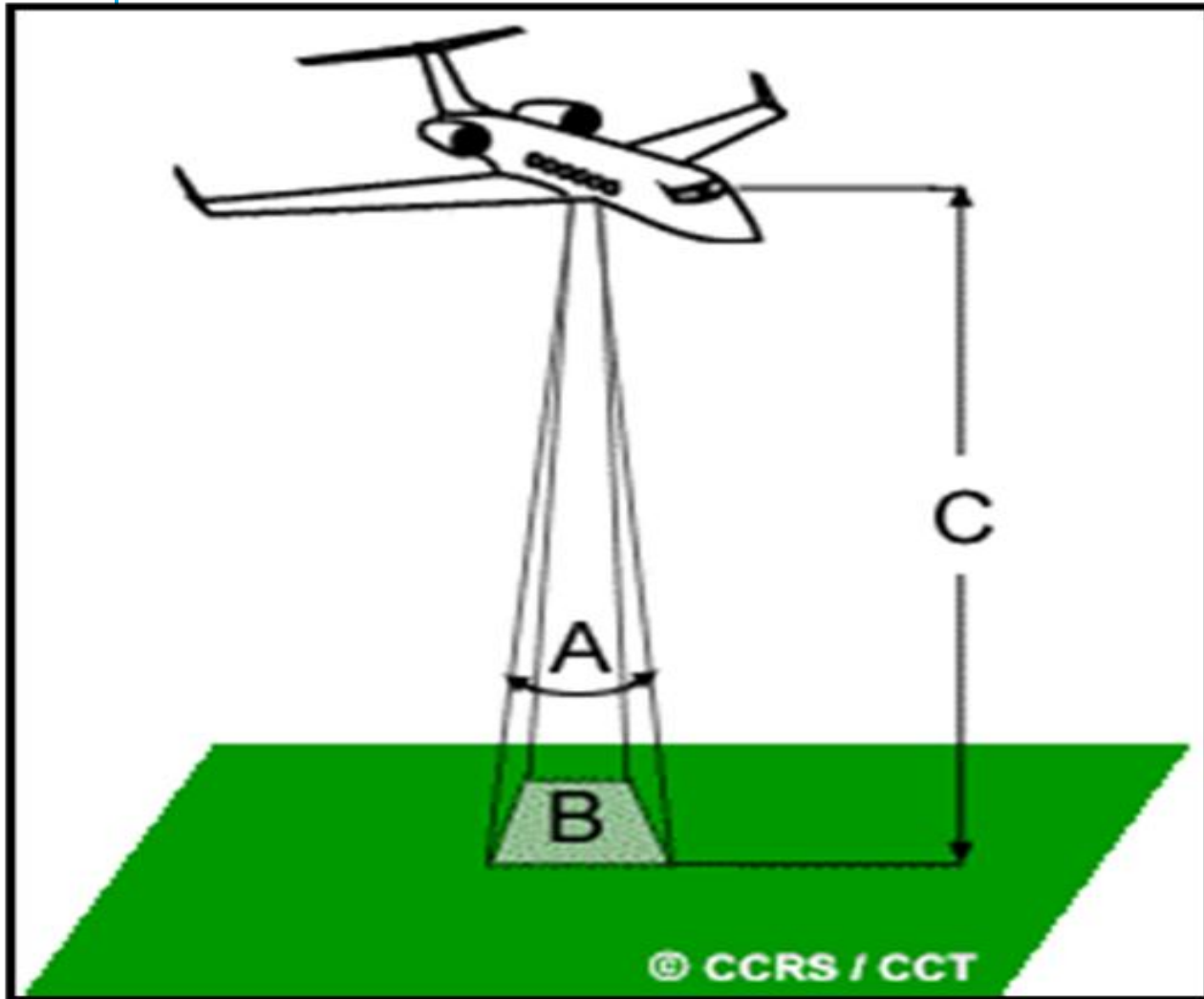
التغطية المكانية

في أجهزة الاستشعار عن بعد فإن المسافة بين الهدف و منصة الاستشعار تلعب دورا بالغ الأهمية في تحديد تفاصيل المعلومات التي تظهر المنطقة التي يتم تحسسها. ان المتحسسات الموجودة في المنصة تكون بعيدة جدا عن الهدف أي أنها تستشعر منطقة كبيرة ولا تستطيع اظهار التفاصيل الدقيقة. ويمكنك المقارنة ما بين ما يراه رائد الفضاء من داخل مكوك الفضاء و ما تراه أنت من داخل الطائرة، فرائد الفضاء يمكنه رؤية دولة بأكملها في منظر واحد لكنه لا يمكنه التمييز بين المباني المختلفة، بينما من بداخل الطائرة عند الطيران فوق مدينة يمكنه تمييز المباني والسيارات بوضوح لكن لا يمكنه رؤية منطقة كبيرة مثل رائد الفضاء .

وهذا الفرق موجود أيضا ما بين الصور الجوية و مرئيات الأقمار الصناعية. وتعتمد تفاصيل المرئية على درجة الوضوح المكانية spatial resolution لجهاز الاستشعار والتي تعرف بأنها مساحة أو حجم أصغر ظاهرة يمكن تحسسها smallest features can be detected وتعتمد درجة الوضوح المكانية للمستشعرات على ما يعرف باسم مجال الرؤية اللحظية Instantaneous Field of View أو (IFOV).

وهو مخروط الرؤية للمستشعر A ويحدد المنطقة الأرضية التي يمكن رؤيتها من ارتفاع محدد في لحظة زمنية محددة B. ويتم حساب مساحة المنطقة المرئية بضرب IFOV في ارتفاع المتحسس من سطح الأرض C وهذه المنطقة على الأرض تسمى خلية الوضوح resolution cell أي أقصى درجة وضوح مكاني للمستشعر. ومن ثم فأنه حتى يمكن استشعار هدف محدد فأن مساحته أو حجمه يجب أن تساوي أو أن تكون أكبر من خلية الوضوح. أي أنه في حالة أن مساحة الهدف أقل من مساحة خلية الوضوح فلن يمكن تحسسه او استشعاره. انظر الشكل التالي :

SATELLITE FIELD OF VIEW



كما سبق الإشارة فإن مرئيات الاستشعار عن بعد تتكون من مصفوفة من العناصر أو الخلايا (البكسل) pixels وهي أصغر وحدة على المرئية. وعادة تكون الخلايا مربعة وتمثل مساحة محددة من المرئية. يمكن تقسيم الدقة التمييزية إلى ثلاث أقسام أو ثلاث أنواع:

الدقة التمييزية المكانية spatial resolution

يقصد بقدرة التمييز المكاني أصغر بعد يمكن للمستشعر تحسسه، ومن ثم أصغر مساحة يمكن تسجيلها على سطح الكرة الأرضية، تسمى بعنصر الصورة pixel وتتكون الصورة الفضائية من ملايين من المصفوفات كالفيسفساء التي تتوضح جلياً عند تكبير الصورة، وتتلاشى عند تصغيرها لتشكل الغطاء الأرضي المصور من قبل القمر الصناعي أو المركبة عند ما نشير إلى الدقة الفضائية لإحدى الصور بانها تساوي ٢٠ متر فإن هذا يشير ان كل نقطة اساسية Pixel تمثل مساحة ارضية مقدار ٢٠ متر × ٢٠ متر = ٤٠٠ متر مربع، ولا يجب ان يفهم ذلك على ان الاشياء الارضية الاصغر من هذا المساحة لا تؤثر على القيم الرقمية للنقاط الاساسية حيث انه يتم مسح ضوئي لكل سم بالارض، وعلى هذا الاساس فان الانبعاث الطيفي يأتي من اجمالي مساحة النقطة الاساسية وبناء على ذلك نجد تغير في قيمة الدقة الفضائية طبقاً لنوعية الاقمار. وتصنف عموماً الى:

High spatial resolution: 0.41 - 4 m

Low spatial resolution: 30 - > 1000 m

, SEE NEXT FIG:

- MODIS: 250 - 1000 m
- Landsat MSS: 80 m
- Landsat 5, 7, 8: 30 m (15 m panchromatic)
- SPOT: 20 m
- ASTER: 15m
- Digital Globe 0.4 m (0.3m next year)

الدقة الطيفية SPECTRAL RESOLUTION

ويمكن تمييز الاهداف المختلفة في مرئية من خلال مقارنة استجابتها الطيفية في نطاق معين من أطوال الموجات. المجموعات الكبيرة مثل المياه و النباتات والصخور يمكنها أن تنفصل في مجالات مختلفة من أطوال الموجات مثل الطيف المرئي و الأشعة تحت الحمراء . لكن بعض المجموعات الدقيقة أو التفصيلية مثل أنواع الصخور قد لا يمكن تمييزها بسهولة باستخدام هاتين المجموعتين أو هذين النطاقين من أطوال الموجات وقد تحتاج لعمل مقارنة في مجال ضيق من مجالات الطيف الكهرومغناطيسي. ومن ثم فأنا نحتاج لمستشعر يكون له درجة وضوح طيفية (spectral resolution) عالية. فدرجة الوضوح الطيفية تعبر عن قدرة المتحسس في تحديد فترات دقيقة من أطوال الموجات، أي أنه كلما كانت درجة الوضوح الطيفية أدق كلما ضاق مجال أطوال الموجات لقناة أو نطاق محدد. فالأفلام الأبيض و الأسود تسجل أطوال الموجات الممتدة على نطاق الطيف المرئي، أي أن درجة وضوحها الطيفية خشنة coarse فهي لا تستطيع التمييز بين أطوال الموجات المختلفة داخل هذا النطاق وتسجل فقط الانعكاس في كل مجال الطيف المرئي. بينما على الجانب الآخر فإن الافلام الملونة لها درجة وضوح طيفية عالية بحيث أنها تستطيع تحسس الطاقة المنعكسة في أطوال الموجات الزرقاء و الخضراء و الحمراء كلا على حده. ومن ثم فهي تستطيع تمثيل الأهداف في عدة ألوان اعتمادا على مدى الانعكاس في كل نطاق من أطوال الموجات.

ان العديد من نظم الاستشعار عن بعد تسجل الطاقة في فترات متعددة من أطوال الموجات باستخدام درجات وضوح طيفية مختلفة، وهذه النظم يطلق عليها اسم "المتحسسات متعددة الوضوح الطيفي. (multi-spectral sensors) أما المتحسسات المتقدمة فيطلق عليها اسم "المتحسسات عالية الوضوح الطيفي (hyperspectral sensors) حيث أنها تستطيع تحسس مئات من النطاقات الطيفية الضيقة أو الدقيقة في الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء القريبة و المتوسطة. ومن ثم فإن درجة وضوحها الطيفية العالية تسهل من التمييز بين الأهداف المختلفة اعتمادا على الاستجابة الطيفية لكل هدف ارضي في كل نطاق طيفي ضيق . وعموا تصنف الدقة الطيفية الى :

High spectral resolution: - 220 bands

Medium spectral resolution: 3 - 15 bands

Low spectral resolution: - 3 bands.

الدقة الزمنية TEMPORAL RESOLUTION

ان درجة الوضوح المؤقتة أو الزمنية temporal resolution تعد مهمة في الاستشعار عن بعد او مايعبر عنها بفترة اعادة الزيارة revisit period والتي عادة ما تكون عدة ايام بالنسبة للأقمار الصناعية. ومن ثم فإن القيمة المطلقة لدرجة الوضوح المؤقتة أو الزمنية لنظام استشعار عن بعد لكي يقوم بتحسس نفس البقعة الأرضية مرة أخرى تمثل هذه الفترة.

لكن وبسبب التداخل overlap بين صفوف التحسس swaths للمدارات المتعاقبة كلما زادت دوائر العرض فإن هناك مناطق من الأرض سيتم تحسسها بتردد أكبر.

أيضا فإن بعض أنواع الاقمار الصناعية لديها القدرة علي توجيه مستشعراتها لتحسس نفس البقعة الأرضية في مدارات مختلفة بفترة تتراوح ما بين يوم الي خمسة أيام.

ومن ثم فإن درجة الوضوح الزمنية الحقيقية للمتحمس تعتمد على عدة عوامل ومنها قدرة القمر الصناعي و المتحمس ، تداخل صفوف التحسس و دائرة العرض.

ان القدرة على تجميع مرئيات لنفس المنطقة من سطح الأرض في فترات زمنية متعددة تعد من أهم عناصر تطبيق معلومات الاستشعار عن بعد. فالخصائص المكانية للأهداف قد تتغير مع مرور الوقت، وهذا ما يمكن اكتشافه من خلال تجميع و مقارنة المرئيات متعددة الوضوح الزمني

بعض الخصائص الطيفية والمكانية للأقمار الصناعية

اعادة الزيارة يوم	ارتفاع القمر كم	حجم التغطية كم	عدد النطاقات	الدقة المكانية		الاطلاق	القمر
				متعدد الاطياف	بانكروماتك		
8.3	٦١٧	١٥.٢	٤	١.٦٥	0.41	٢٠٠٨	GeoEye-1
٣.٥	٤٥٠	١٦.٨	٥	٢.٦	0.65	٢٠٠١	QuickBird
٣	٦٨١	١١.٣	٥	٣.٢	0.82	١٩٩٩	IKONOS
١	٦٩٤	٦٠	٥	٦	1.5	٢٠١٤	SPOT 7
١٦	٧٠٥	٦٠	١٤	٣٠	١٥	١٩٩٩	ASTER
١٦	٧٠٥	١٨٥	١١	٣٠	١٥	٢٠١٣	Landsat 8
١٦	٧٠٥	١٨٥	٨	٣٠	١٥	١٩٩٩	Landsat 7

وهي عموماً تصنف إلى :

High temporal resolution: < 24 hours - 3 days

Medium temporal resolution: 4 - 16 days

Low temporal resolution: > 16 days

مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد

أولاً: المصادر الفوتوغرافية وتشمل:

١. الأفلام العادية الأبيض والأسود

٢. الأفلام دون الحمراء ابيض واسود

٣. الأفلام العادية الملونة

٤. الأفلام دون الحمراء القريبة الملونة القريبة الملونة

٥. الصور متعدد الاطيف

2- 1 المصادر الفوتوغرافية:

كانت المصادر الفوتوغرافية حتى وقت قريب هي الوسيلة الوحيدة التي يمكن استخدامها للحصول على معلومات جوية، وهي لا تزال تلعب دوراً هاماً ضمن مصادر الاستشعار عن بعد المستخدمة في الوقت الحاضر.

وتجهز آلات الاستشعار الفوتوغرافية بأفلام أبيض وأسود أو ملونة وكلا النوعين يستشعر الأشعة المرئية فقط، أي إنها تسجل الانعكاسات التي تراها العين البشرية. وعلى الرغم من أن جميع الأفلام المستخدمة في المصادر الفوتوغرافية يمكن وضعها في فئتين رئيسيتين هما: الأفلام البانكروماتية الأبيض والأسود، والأفلام الملونة، إلا أننا، ولغرض التوضيح، سنقسم الأفلام المستخدمة في وسائل الاستشعار عن بعد الفوتوغرافية إلى خمسة أنواع انظر الشكل (2 - 1):

المصادر الفوتوغرافية

الصور
متعددة
الأطياف
أبيض
وأسود

الأفلام دون
الحمراء
القريبة
الملونة

الأفلام
الملونة
العادية

الأفلام دون
الحمراء
أبيض
وأسود

الأفلام
العادية
أبيض
وأسود

شكل (2 - 1)

1 - الأفلام العادية - أبيض وأسود:

وهذه الأفلام تعرف باسم الأفلام البانكروماتية Panchromatic أي أفلام حساسة لجميع ألوان الطيف المرئية في نطاق الموجات ما بين 0.39 - 0.72 ميكرومتر تقريبا. وهناك نوعان من هذه الأفلام هما:

أ - فلم الخرائط Mapping Film، والذي له حساسية لجميع الموجات المرئية.

ب - فلم التجسس Reconnaissance، والذي ألقى الحساسية لنطاق الموجات الزرقاء لتقليص تأثير التشبث الجوي.

وتمتاز الصور البانكروماتية - الأبيض والأسود عن باقي الأنواع الفوتوغرافية بما يلي:

أ - توفر الصور الجوية - الأبيض والأسود في جميع أنحاء العالم، حيث تستخدم بكثرة في إنتاج الخرائط الطبوغرافية، وبالتالي تتوفر للمستخدمين الآخرين عن طريق المؤسسات التجارية وهيئات التخطيط ومراكز التوزيع الأخرى.

ب - ملائمتها من الناحية الهندسية لغرض إنتاج الخرائط.

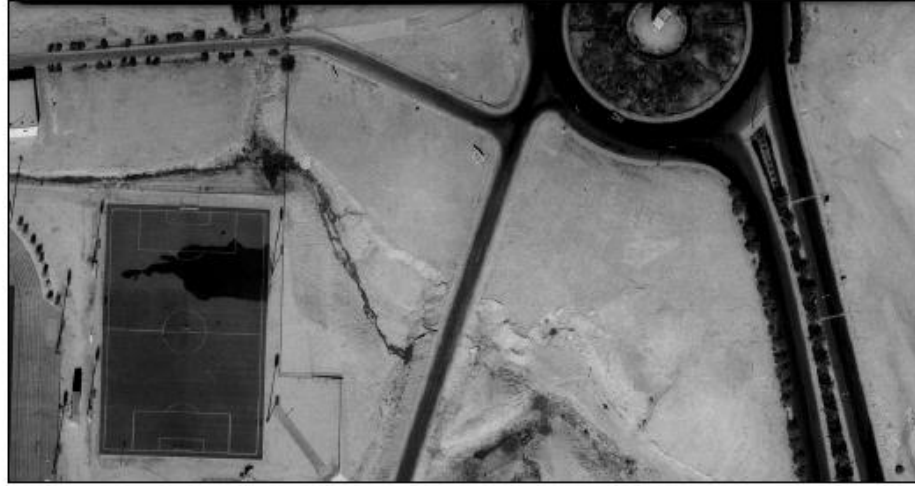
ج - قلة تكاليفها للتصوير والإنتاج، كما أن تحليلها المكاني Spatial Resolution جيد.

وتستخدم الصور البانكروماتية في عدد كبير من العلوم لأغراض كثيرة، منها على سبيل المثال:

أ - إنتاج الخرائط لمناطق الكثبان الرملية، ورواسب الجليد، والتكوينات الساحلية.

ب - تحديد أنواع المحاصيل الزراعية، وأمراض النباتات، وتعرية التربة.

ج - تخطيط المدن، والتخطيط الإقليمي، والدراسات الحضرية المحدودة، مثل الإحصاء السكاني ونمو المدن وامتدادها العمراني. شكل (2- 2).



شكل (2- 2) دوار وملعب ضمن حرم جامعة الملك سعود بالرياض على الصور البانكروماتية

2 - الأفلام دون الحمراء - أبيض وأسود:

تشبه خصائص الأفلام الحساسة للأشعة دون الحمراء القريبة - أبيض وأسود، خصائص الأفلام البانكروماتية - أبيض وأسود. والاختلاف الرئيس هو حساسيتها الطيفية التي تمتد أكثر من الموجات المرئية إلى الموجات بطول حوالي 1 ميكرومتر في نطاق الأشعة دون الحمراء القريبة. وهذا الفيلم يمكن أن يستخدم بطريقتين:

الطريقة الأولى: استخدام مرشح لتسجيل الموجات الحمراء القريبة.

الطريقة الثانية: استخدام مرشحات لتسجيل الموجات المرئية ودون الحمراء القريبة.

ومن مميزات هذا النوع من الصور:

أ - قدرتها على اختراق الضباب Haze .

ب - يحدث الانعكاس الأكبر من النباتات في نطاق الموجات دون الحمراء مع أن هذا ليس دائماً ميزة.

ج - أن المياه تمتص الأشعة دون الحمراء، وهذا يؤدي إلى ظهور المياه بلون داكن في الصور الجوية دون

الحمراء. لذا فإن هذا النوع من الصور ذو فائدة كبيرة لتحديد مناطق التقاء المياه مع اليابسة.

الاستخدامات:

أ - في دراسة النباتات لتحديد أنواع المحاصيل، والمحاصيل المريضة، وإعداد خرائط الغابات والنباتات شبه الطبيعية.

ب - دراسة وإعداد خرائط رطوبة التربة في الحقول الزراعية.

ج - مراقبة زحف الكثبان الرملية الجافة على مناطق التربة الرطبة.

د - تحديد مناطق تعرية التربة.

هـ - إعداد خرائط المواقع الأثرية.

و - تحديد فروع الأنهار وقنوات المياه والمستنقعات وحدود الشواطئ وغيرها من الأجسام المائية

شكل (2-3)



شكل (2 - 3) الصورة العليا بانكروماتية (أبيض وأسود) والسفلى حساسة للأشعة دون الحمراء القريبة (أبيض وأسود) . الصورة لجزء من مدينة جدة.

3 - الأفلام العادية - الملونة:

من الأفلام الأخرى المستخدمة في آلة التصوير التقليدية الأفلام الملونة التي تتكون من ثلاث طبقات، كل طبقة حساسة لموجات لون معين وتحتوي على الصبغة الملائمة، وهذه الألوان هي: الأزرق والأخضر

والأحمر، والتي يطلق عليها الألوان الرئيسية حيث إن أي لون آخر تراه العين البشرية هو في الواقع خليط من هذه الألوان.

وبما أن الصور الملونة تشبه تماماً الصورة التي تراها العين البشرية على الطبيعة، لذا فإن الأفلام الملونة تتفوق من حيث الأهمية على أفلام الأبيض والأسود، وهذا ليس دائماً صحيحاً، حيث إن هناك كثيراً من الاستخدامات ثلاثتها أفلام الأبيض والأسود أكثر من الأفلام الملونة، كالمساحة الجوية مثلاً، أو عندما تكون التكاليف المالية أساسية في الاختيار، إلا أن الصور الجوية الملونة ذات فائدة كبيرة بشكل خاص عندما تكون هناك صعوبة في التفريق بين الظاهرات المتشابهة.

الاستخدامات :

أ - الزراعة، حيث تساعد الألوان في التفريق بين الظاهرات على سطح الأرض، وفي تحديد أنواع المحاصيل، وأنواع الأشجار، وأمراض النباتات، وأنواع التربة.

ب - الجيولوجيا، حيث اتضح أنها أفضل من الصور الجوية البانكروماتية في إنتاج الصور الجيولوجية.

ج - الدراسات المائية والبحرية، حيث تستخدم في تحديد أعماق المياه، واتجاهات جريانها، وحدود

مناطق النضاب، في تحديد معالمها الجبلية الشكل (2-4)



شكل (2- 4) صورة جوية ملونة عادية لسواحل ميامي

4 - الأفلام دون الحمراء القريبة الملونة:

الأفلام دون الحمراء الملونة Colour Infrared لها نفس التركيب كالأفلام الملونة العادية حيث أنها تتكون من ثلاث طبقات كل منها حساس لموجات معينة من الأشعة الكهرومغناطيسية، ويكون تسجيل الألوان على الطبقات الثلاث في الأفلام دون الحمراء الملونة كالتالي:

- موجات النطاق الأخضر -تسجل على الطبقة الصفراء.

- موجات النطاق الأحمر -تسجل على الطبقة الأرجوانية.

- موجات نطاق الأشعة دون الحمراء -تسجل على الطبقة الزرقاء الداكنة.

هذه الارتباطات المختلفة في الأفلام دون الحمراء الملونة بين موجات نطاقات الأشعة الكهرومغناطيسية وطبقات الفلم الرئيسية تؤدي إلى تغير في الألوان بحيث تبدو الظاهرات بألوان تختلف عن الألوان الطبيعية التي تراها العين البشرية لهذه الظاهرات على الطبيعة، لذا فإنه يطلق على ألوان هذا الفلم اسم الألوان الكاذبة. فبينما تظهر النباتات الخضراء على الأفلام الملونة العادية، لأنها تعكس الأشعة الخضراء أكثر من الأشعة الزرقاء أو الحمراء، نجدها تظهر حمراء على الأفلام دون الحمراء القريبة الملونة لأنها تعكس الأشعة دون الحمراء القريبة أكثر من الأشعة الخضراء. وتظهر التربة على الصور الملونة خضراء -حمراء، حيث إنها تعكس أشعة خضراء -حمراء أكثر من الأشعة الزرقاء، أما على الصور الملونة دون الحمراء القريبة فتظهر بلون أزرق - أخضر. الشكل (2 - 5).



الاستخدامات:

أ - اكتشاف أمراض النباتات.

ب - مراقبة رطوبة التربة، وإعداد خرائط لها.

ج - تحديد المناطق المتأثرة بالفيضانات.

د - دراسة وتصنيف المناطق الحضرية.

شكل (2 - 5) الصورة العليا ملونة عادة تظهر فيها النباتات بلون أخضر

وفي الصورة السفلى الحساسية دون الحمراء القرية فتظهر النباتات بلون أحمر.



5 - الصور متعددة الأطياف Multispectral :

ويقصد بذلك استخدام عدة آلات تصوير موجهة لنفس الظاهرة أو المشهد. وقد تحمل آلات التصوير نفس الفلم الأبيض والأسود الحساس للأشعة دون الحمراء، كما أنه بالإمكان الاعتماد على أكثر من نوع من الأفلام في آلات التصوير لتعطي صوراً متنوعة في هذه النطاقات، كالأفلام البانكروماتية، ودون الحمراء القريبة الملونة.

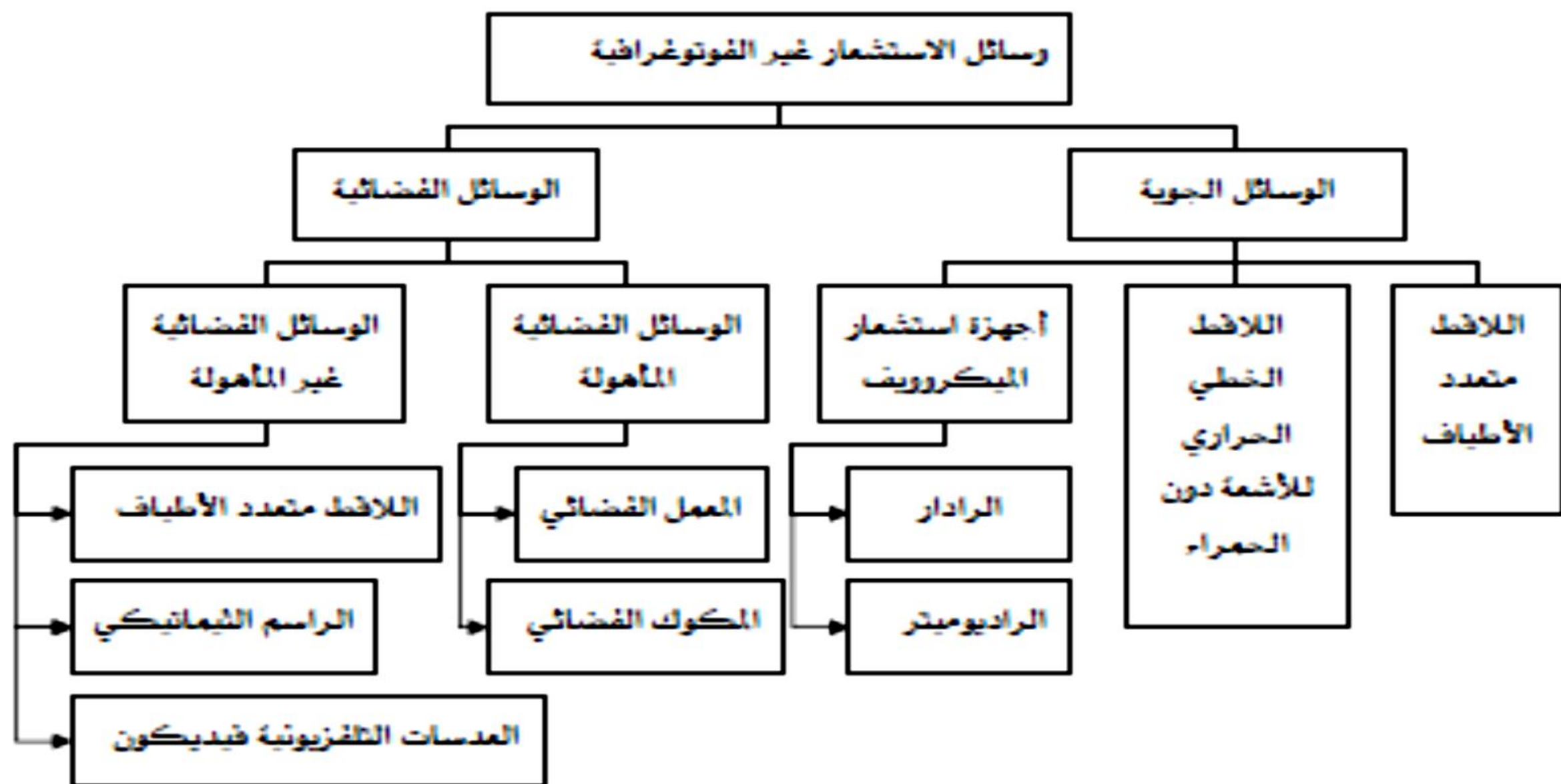
الاستخدامات:

- أ - تحديد أنواع المحاصيل.
- ب - دراسة فائض المجاري.
- ج - بعض الاستكشافات المعدنية.

2- 2 مصادر الاستشعار غير الفوتوغرافية

رأينا في الدرس السابق أن الوسائل الفوتوغرافية تستطیع استشعار جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي، والذي ينحصر في نطاق الأشعة المرئية ونطاق الأشعة دون الحمراء القريب. ولكي نستشعر بقية أقسام الطيف الكهرومغناطيسي نحتاج إلى أجهزة استشعار أخرى، لأن زجاج العدسات المستخدم في الاستشعار الفوتوغرافي يمتص الأشعة طويلة الموجات، كما أن الأفلام المتوفرة حساسة للأشعة المرئية دون الحمراء القريبة فقط.

وتختلف وسائل الاستشعار غير الفوتوغرافية تبعاً لنوع الوسيلة التي تحملها ، كالتائرات أو الأقمار الصناعية. وبصورة عامة يمكن أن تقسم الوسائل غير الفوتوغرافية حسب وسيلة الحمل إلى قسمين هما :
الوسائل الجوية و الوسائل الفضائية الشكل (2 - 6).



شكل (2 - 6) وسائل الاستشعار غير الفوتوغرافية بحسب وسيلة الحمل

1 - الوسائل الجوية :

يقصد بذلك وسائل الاستشعار عن بعد التي تحملها الطائرات العادية والتي تصل إلى ارتفاعات كبيرة فوق سطح الأرض ، حيث تقوم بتسجيل مناظر لسطح الأرض باستخدام الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من السطح. وأهم هذه الوسائل هي : اللاقط متعدد الأطياف وهو يستشعر موجات أقصر من 14 ميكروميتر، والرادار وهو يسجل موجات أطول من 5 ملم والراديو متر انظر الجدول 2 - 2.

الجدول 2 - 2 : التطاقات التي يستشعرها اللاقط متعدد الأطياف في المعمل الفضائي

رقم التطاق	طول الموجات (ميكروميتر)	التطاق الطيفي
1	0.41 - 0.45	ازرق
2	0.44 - 0.52	اخضر
3	0.49 - 0.56	اخضر
4	0.53 - 0.61	احمر
5	0.59 - 0.67	احمر - دون الحمراء الفوتوغرافية
6	0.64 - 0.76	دون الحمراء الفوتوغرافية
7	0.75 - 0.90	دون الحمراء الفوتوغرافية
8	0.90 - 1.08	دون الحمراء الفوتوغرافية
9	1.00 - 1.24	دون الحمراء الفوتوغرافية
10	1.10 - 1.35	دون الحمراء الفوتوغرافية
11	1.48 - 1.85	دون الحمراء الفوتوغرافية
12	2.00 - 2.43	دون الحمراء الفوتوغرافية
13	10.20 - 12.50	دون الحمراء الحرارية

2 - الوسائل الفضائية :

لقد تطور استخدام الوسائل الفضائية في الاستشعار عن بعد لدراسة الموارد الأرضية خلال العقدين الماضيين من مرحلة التطبيق العملي لحل كثير من المشكلات اليومية التي تواجه البشرية، بشكل لم يكن متوقفاً أن يتم في هذه المدة الزمنية القصيرة.

ويتركز استخدام الوسائل الفضائية في ثلاثة مجالات رئيسية وهي :

أ - دراسة موارد سطح الأرض.

ب - دراسة ومراقبة الطقس والمناخ.

ج - الاستخدامات العسكرية.

والوسائل الفضائية التي تستشعر الموارد الأرضية يمكن أن تكون مأهولة أو غير مأهولة.

أ - الوسائل الفضائية المأهولة :

وتشمل سفن الفضاء التي تحمل رجال الفضاء وأجهزة فوتوغرافية وتقوم بالتقاط صور ومناظر لسطح

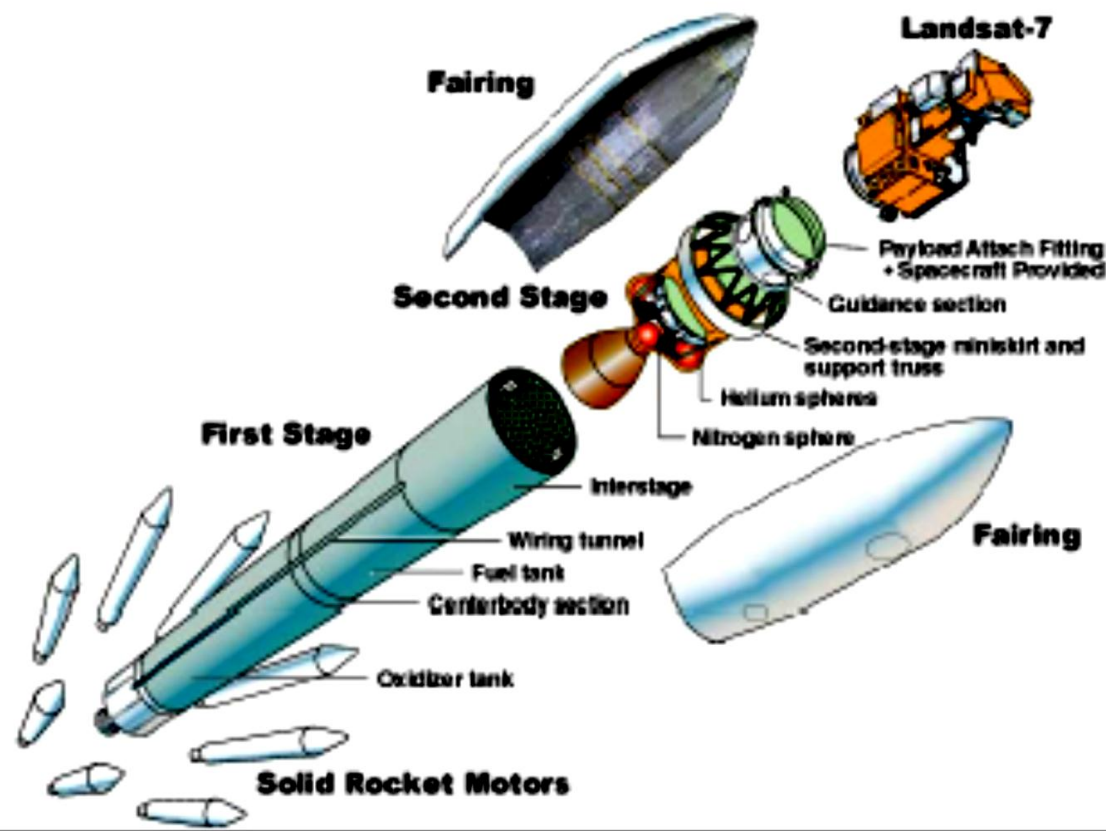
الأرض. وتتميز بكونها ذات مهام محددة وقصيرة جداً. ويتم تفسير صور ومناظر الوسائل الفضائية

المأهولة باستخدام وسائل التفسير الفوتوغرافية شكل (2 - 7). وهنا يجدر بنا أن نذكر أول رائد



الشكل (2 - 7)

Landsat-7 Delta II 7920-10 Launch Vehicle

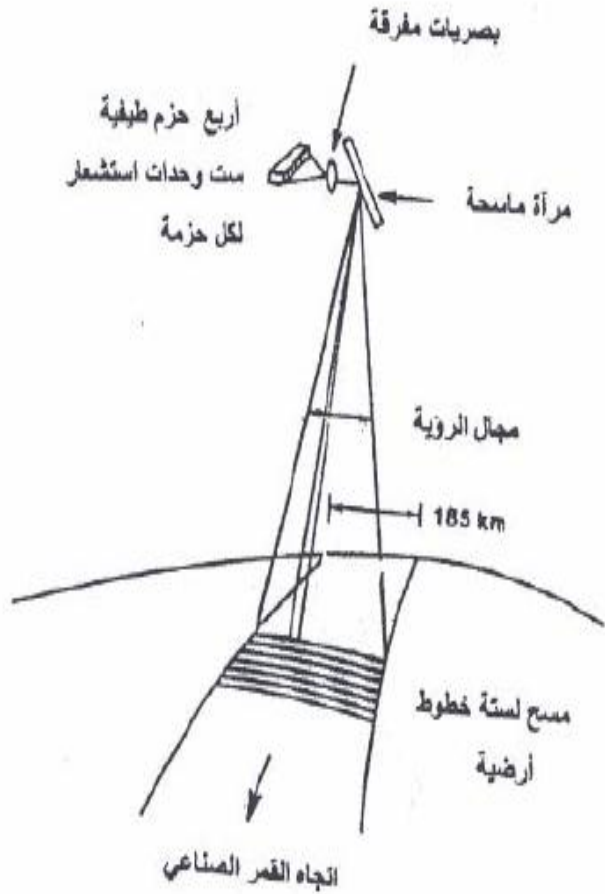


ب - الوسائل الفضائية غير المأهولة:

تحمل الوسائل الفضائية غير المأهولة أربع مجموعات من أجهزة الاستشعار: المجموعة الأولى والثانية تتكونان من أجهزة استشعار تسجل الموجات المرئية والقريبة من المرئية، والمجموعة الثالثة تتكون من أجهزة استشعار تسجل الموجات الحرارية في الأشعة دون الحمراء، والمجموعة الرابعة تتكون من أجهزة تسجل أشعة الميكرويف. وهنا نشير إلى أن الوسائل الفضائية التي تستشعر أحوال الطقس والمناخ جميعها غير مأهولة ولها دورة قصيرة جدا قد تصل إلى أقل من يوم ، ويتم وضع هذه الأقمار في مدارها بواسطة صواريخ خاصة بهذه المهمات كما هو مبين في الشكل (2 - 8).

شكل (2 - 8) الأقمار الصناعية تحمل إلى مدارها بواسطة صواريخ خاصة

اللاقط متعدد الأطياف



يتكون هذا النظام من ست وحدات استشعار ، تستطيع آل منها أن تتحسس عددا من الحزم الطيفية ، ومرآة دوارة تدور حول محور لها يصنع زاوية نصف قائمة مع الهدف ، و عندما تدور هذه المرآة تمسح سطح الأرض في اتجاه متعامد مع اتجاه حركة الحامل (طائرة أو قمر صناعي) ، فتستقبل المرآة الأشعة المنعكسة من سطح الأرض و تعكسها بدورها إلى وحدات الاستشعار الست . يوضح ذلك الشكل

٢

إن مثل هذه النظم هي التي تستخدم على الأقمار الصناعية الأمريكية المعروفة باسم لاندسات هو جهاز الماسح متعدد الأطياف *Multi Spectral Scanner- MSS* الذي يكون فيه عدد الحزم الطيفية التي يتحسسها الجهاز استشعار أربعة حزم ، و جهاز ماسح الخرائط الموضوعي *Thematic Mapper, TM*

و هو الذي يكون عدد الحزم المستشعرة بواسطة الجهاز استشعار سبعة حزم.

الشكل (2.2): نمط مسح الأرض بنظام الماسح متعدد الأطياف

بعض مصطلحات الأقمار الصناعية

١. الدقة التمييزية (RESOLUTION)

١. الدقة التمييزية الطيفية (SPECTRAL RESOLUTION)

٢. الدقة التمييزية المكانية (SPATIAL RESOLUTION)

٣. الدقة التمييزية الإشعاعية (RADIOMETRIC RESOLUTION)

٤. الدقة التمييزية الزمنية (TEMPORAL RESOLUTION)

الدقة التمييزية

DIGITAL IMAGING



Picture Elements
PIXELS

111	124	107	91	98	82	82	79	82	91	88	91	142	208	194	168	171	142	142	136	136
111	113	95	91	98	91	85	82	91	104	101	101	136	206	203	178	187	148	127	136	161
113	204	98	91	82	88	85	91	104	107	98	98	111	165	199	183	133	104	120	120	111
120	204	111	91	82	88	91	98	101	101	101	124	140	136	129	111	111	101	101	104	98
207	207	207	88	79	98	104	98	101	104	111	107	104	113	117	104	98	98	98	98	107
98	111	98	85	85	98	98	91	98	98	101	104	107	111	113	104	98	98	91	98	101
204	207	85	82	85	91	91	98	98	107	107	111	113	107	111	111	104	98	98	101	104
201	91	79	82	82	88	88	98	101	104	111	113	107	104	113	111	98	104	104	101	124
88	82	79	79	82	88	88	98	107	107	107	107	113	111	127	127	104	111	107	129	165
88	79	82	79	79	91	88	98	111	104	111	113	117	135	187	219	183	161	165	152	149
82	82	79	85	85	91	88	101	111	107	111	113	168	190	258	258	228	212	183	161	168
82	85	82	91	98	98	98	98	107	107	111	142	241	296	296	238	295	238	232	248	219
88	85	85	98	204	104	101	104	117	113	104	157	256	256	258	215	256	258	251	212	212
82	85	85	98	201	107	101	124	120	113	104	181	241	281	238	199	212	212	219	206	183
82	88	98	201	207	101	111	117	120	117	107	168	210	219	199	199	203	199	212	241	296
88	91	201	207	111	107	117	101	101	113	107	140	194	215	181	215	206	210	206	241	296
98	91	98	204	111	113	117	111	98	113	129	130	210	210	203	210	210	199	178	199	228
91	88	201	201	204	117	111	117	111	111	113	127	215	232	212	199	194	187	203	206	199
91	98	204	98	107	117	120	111	111	101	113	158	206	194	206	203	181	178	212	199	181
201	204	98	98	129	161	124	113	113	107	101	181	199	197	210	199	181	183	199	199	174
113	201	111	117	219	228	197	138	107	98	98	107	187	203	228	171	149	161	174	190	161

وهي عبارة عن قدرة نظام الاستشعار
عن بعد لتسجيل وعرض التفاصيل
الدقيقة لأي جسم

الدقة التمييزية الطيفية (SPECTRAL RESOLUTION)

وهي تعني مدى وعدد أطوال الموجات في الطيف الكهرومغناطيسي التي يمكن لجهاز الاستشعار عن بعد أن يتحسسها. كمثال فإن الدقة التمييزية للفلم البانكروماتي (أبيض وأسود) تقع في المدى 0.4 إلى 0.7 مايكرو متر حيث يسجل جهاز التحسس كل الضوء المنعكس بواسطة الأجسام.

وهي أصغر مسافة على الأرض يمكن الاستشعار عن بعد أن يميز بها جسمين متجاورين، وتسمى أيضا بالتحليل المكاني. فمثلا جهاز الاستشعار الموجود في القمر الصناعي (IKONOS) يمكن أن يميز الأجسام على الأرض على مسافة 1 متر،



- **Low spatial resolution (1 km):**
 - Major regional features are visible (rivers, urban areas, clouds)
 - Detailed features are NOT visible!

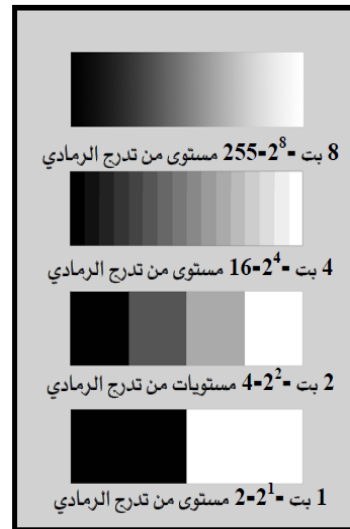
- **High spatial resolution (10 m):**

- Detailed features are visible!

- Usually high spatial resolution images are *expensive!!*

(RADIOMETRIC RESOLUTION) الدقة التمييزية الإشعاعية

وهي مقياس لحساسية الكاشف للاختلاف التي تحدث في قوة الإشارة الكهرومغناطيسية أثناء تسجيلها للأشعة المنعكسة من الأرض. فمثلا جهاز الاستشعار متعدد الأطياف في القمر لاندسات 5 يمكنه تسجيل الأشعة المنعكسة في 6 بت (6 bit)، أي في $2^6=64$ مستوى من تدرج الرمادي (Gray Scale)(الشكل 2-11).

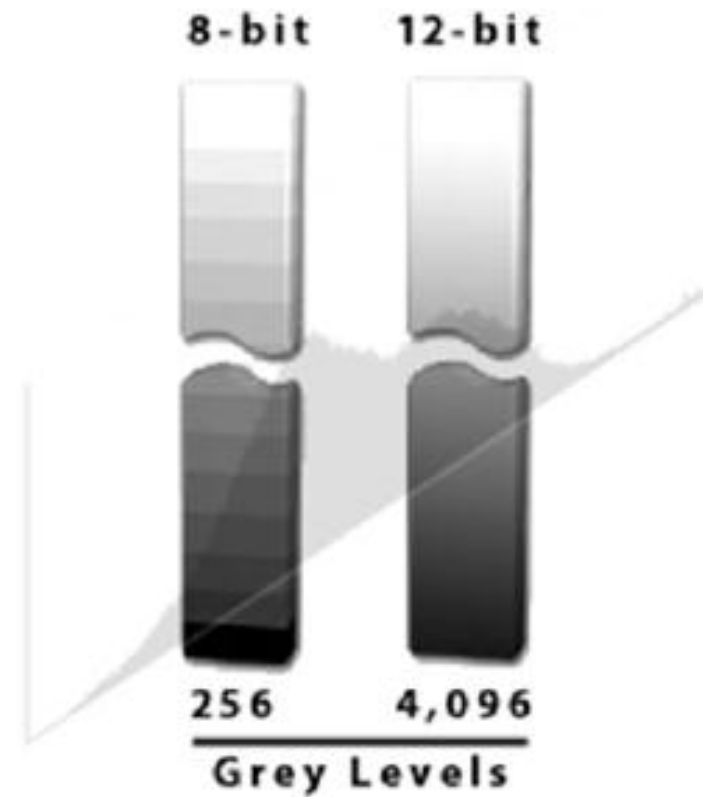


شكل (2-11): الدقة التمييزية الإشعاعية تعني كم مستوى من تدرج الرمادي (Gray Scale).

الدقة التمييزية الإشعاعية (RADIOMETRIC RESOLUTION)



By comparing a 2-bit image with an 8-bit image, we can see that there is a large difference in the level of detail discernible depending on their radiometric resolutions.

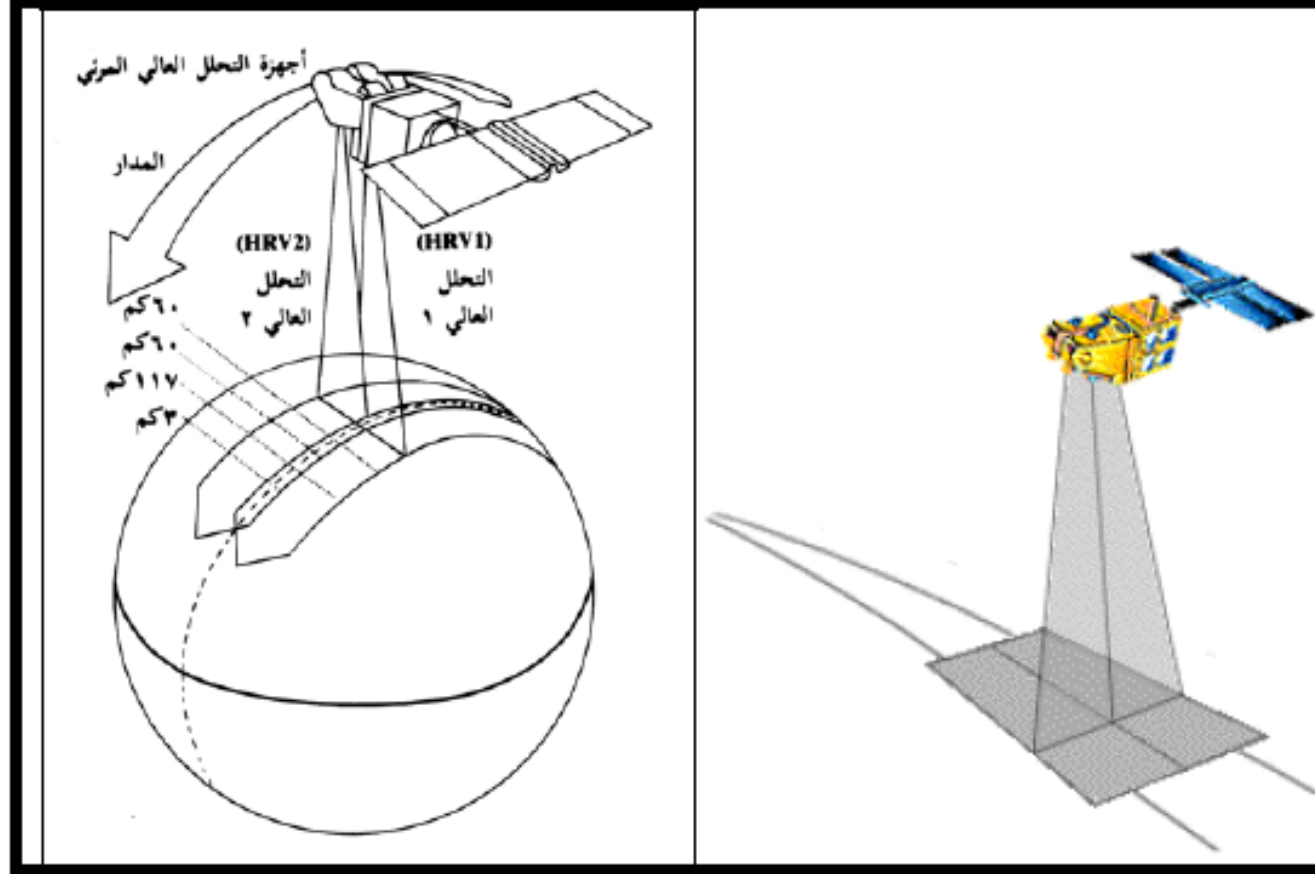


(TEMPORAL RESOLUTION) الدقة التمييزية الزمنية

هي تعني المدة الزمنية التي يأخذها جهاز التحسس ليغطي نفس المنطقة، وهي ذات أهمية كبيرة في مراقبة التغيرات الفيزيائية التي تحدث لمنطقة معينة في فترات زمنية متتالية مثل التدهور البيئي، ورصد الكوارث. كمثال على ذلك القمر الصناعي لاندسات5 يمكن أن يصور نفس المكان بعد 16 يوم من التصوير الأول.

٢. التغطية المكانية

مساحة التغطية الممكنة التي يغطيها المنظر الواحد. مثلا في القمر الصناعي (13×13 IKONOS) كيلومتر في المنظر الواحد. وهذه الميزة تؤثر بشكل كبير في حساب التكلفة المادية (الشكل 2- 12).



شكل (2- 12): التغطية المكانية للقمر الفرنسي SPOT

مساران كل مسار 60 كيلومتر بتداخل 3 كيلومتر

SENSOR RESOLUTION

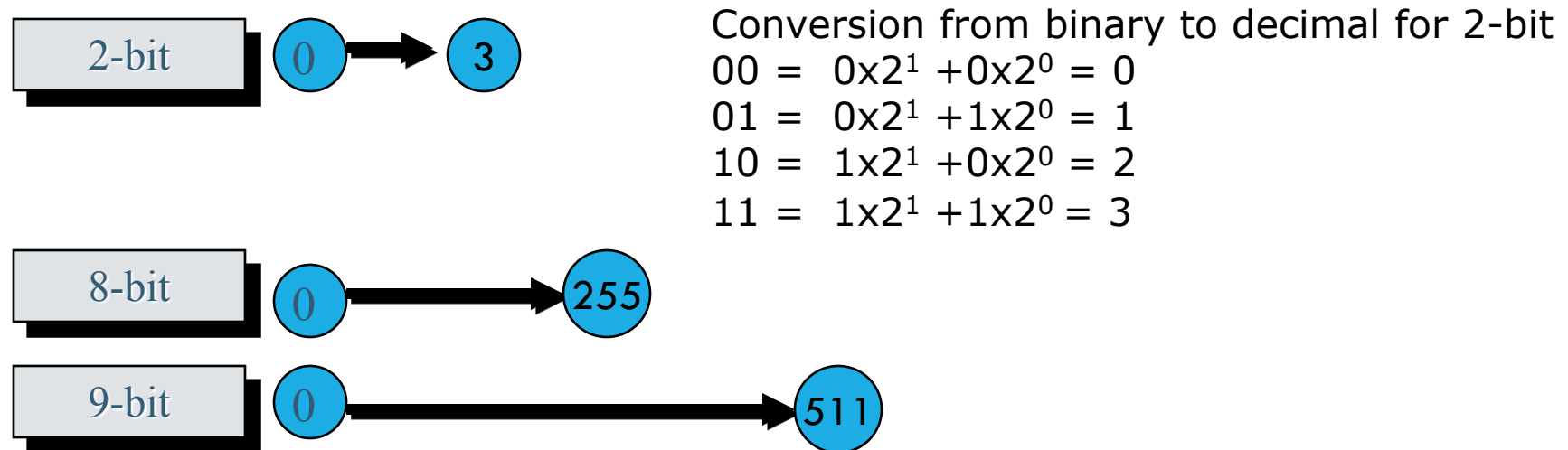
Spatial – the size of field of view (pixel size)

Spectral – range of EM spectrum each band of sensor detects

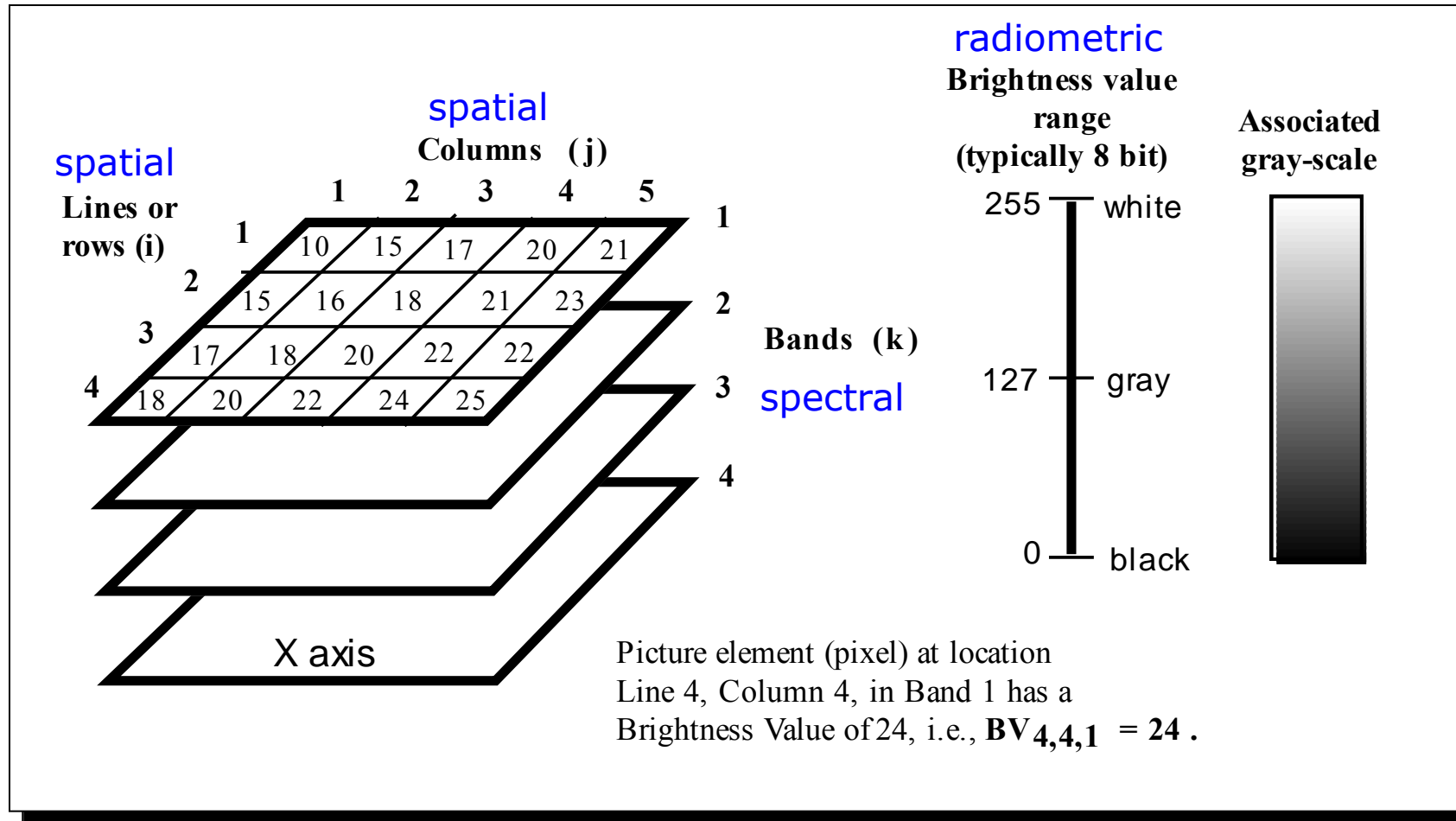
Temporal – frequency of measurements at a certain location

Radiometric – sensitivity of a sensor to difference in EM energy strength
(recording resolution of sensor)

Radiometric: a sensor records EM energy as brightness value (integer)



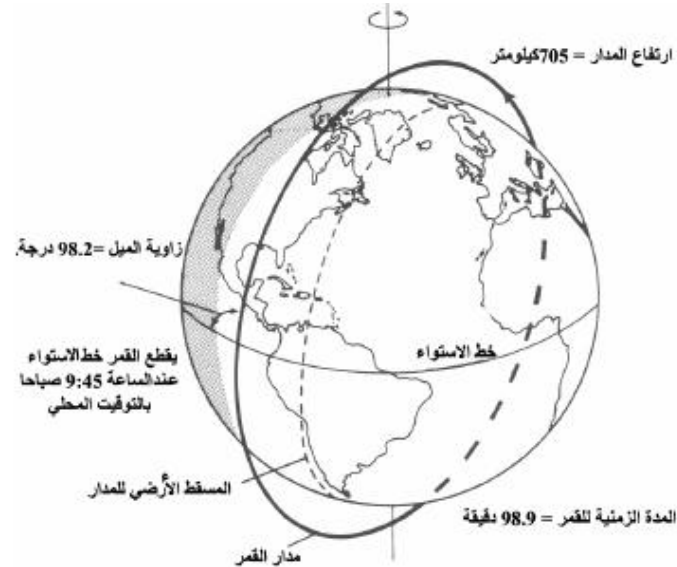
SENSOR RESOLUTION



٣. مدارات الأقمار الصناعية

تدور الأقمار الصناعية حول الكرة الأرضية في مدارات ثابتة ومحسوبة بدقة. وتكون هذه المدارات متزامنة مع الشمس لتتمكن من التصوير المرئي باستخدام أشعة الشمس المنعكسة من الأجسام (حسب نوع القمر)، ويمكن تحديد هذه المدارات بأربع معلومات (الشكل 2 - 13) وهي:

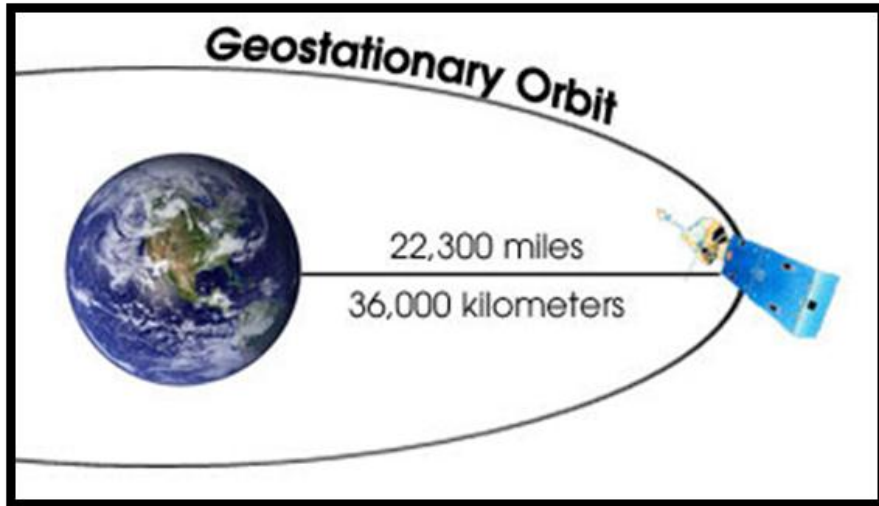
1. ميل المدار عن خط الاستواء بزاوية تسمى زاوية الميل (Inclination).
2. ارتفاع المدار عن سطح الأرض ويسمى (Altitude).
3. المدة الزمنية لإكمال الدورة الكاملة على الأرض وتسمى (Period) أو (Orbit Time).
4. وقت عبور خط الاستواء (Equatorial Crossing Time).



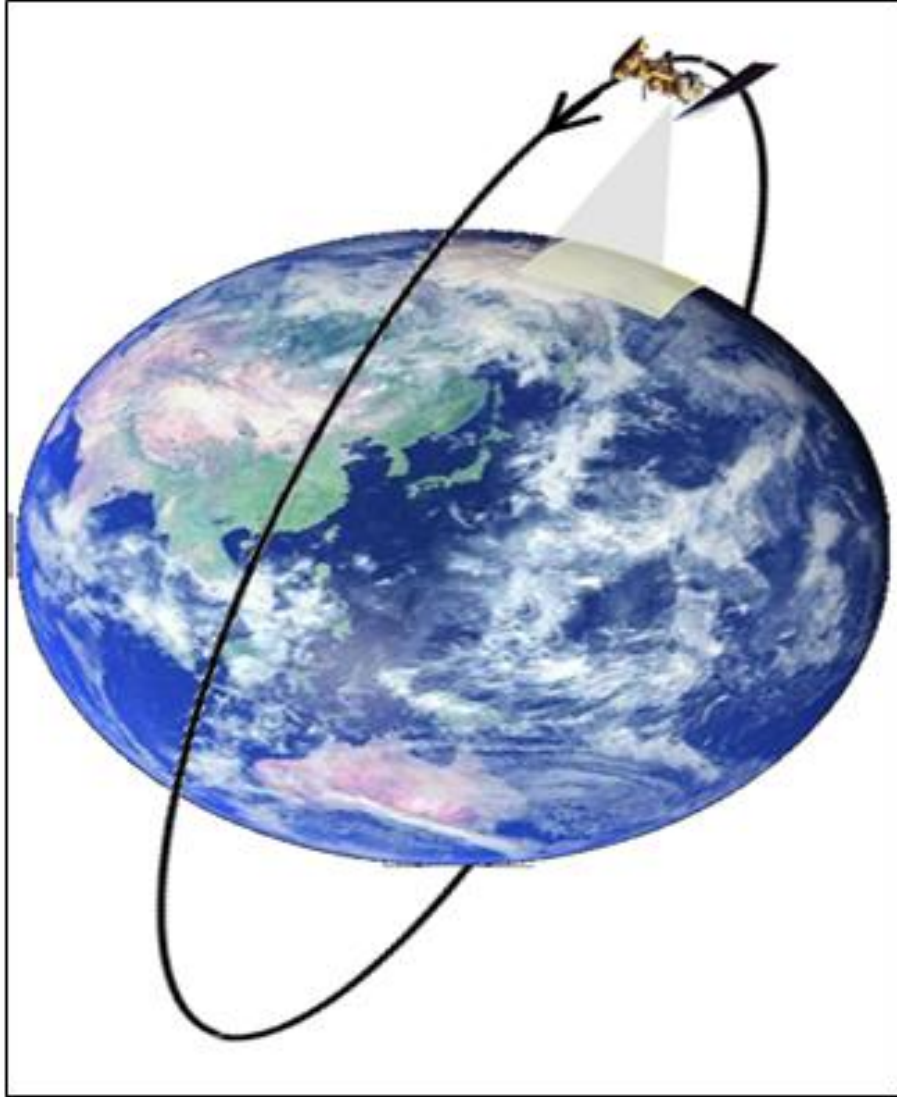
لكل قمر صناعي مدار ORBIT يناسب الهدف من المتحسس الذي يحمله القمر الصناعي، وتختلف المدارات طبقا لارتفاع المدار عن سطح الارض (ALTITUDE) والتوجيه (ORIENTATION) و الدوران نسبة للأرض

Geostationary Orbits

المدارات الثابتة مع الارض



ان الأقمار الصناعية الموضوعة على ارتفاعات عالية جدا تعمل على تحسس نفس المنطقة الجغرافية من الارض في كل الاوقات ويكون لها ما يسمى بالمدارات الثابتة مع الارض Geostationary orbits. وهذه الاقمار الثابتة مع الارض تقع على ارتفاعات 36,000 كيلومتر تقريبا و تدور بنفس سرعة دوران الارض . وهذه المدارات تسمح للأقمار الصناعية بتجميع معلومات مستمرة عن منطقة محددة من الارض، وتعد اقمار الاتصالات واقمار المناخ من نوعية الاقمار الصناعية التي لها مدارات ثابتة .



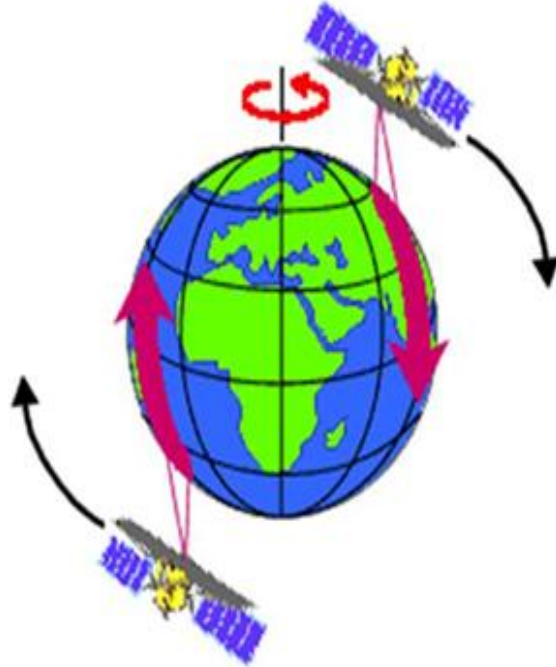
Near polar **orbits**

المدارات شبه القطبية

توجد عدة منصات للاستشعار عن بعد مصممة لتدور في مدار غالبا من (الشمال الي الجنوب) بحيث أنها ومع دوران الأرض تتيح تغطية معظم سطح الأرض في فترة زمنية معينة. وهذه المدارات تسمى بالمدارات شبه القطبية وجاء هذا المصطلح لان المدار يميل على الخط الواصل بين القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض. كما ان كثير من هذه المدارات تكون ايضا متزامنة مع الشمس Sun- synchronous بحيث انها تغطي كل منطقة من العالم في وقت محلي ثابت Constant local time وهو ما يطلق عليه اسم الوقت الشمسي المحلي. وهذا يضمن ظروف اضاءة متناسقة عند الحصول على المرئيات في فصل مناخي محدد . وهذه التقنية ضرورية لمتابعة التغيرات Change detection بين مرئيات متعاقبة زمنيا وأيضا لدمج ولعمل تقنية الموزائيك Mosaic (لعدة مرئيات معا). انظر الشكل التالي :

”Polar orbit”

- Sunsynchronous orbit is also called polar orbit because satellite passes polar regions
- Ascending pass: satellite is flying from south to north
- Descending pass: satellite is flying from north to south



ان معظم الاقمار الصناعية للاستشعار عن بعد اليوم تكون مدارات شبه القطبية، اي ان القمر يسير باتجاه القطب الشمالي في احد اوجه الارض ثم يسير باتجاه القطب الجنوبي في النصف الثاني من مداره، وهذا ما يسمى بالمسار الصاعد Ascending pass و المسار الهابط descending pass فإذا كان المدار متزامن مع الشمس ايضا فعادة ما يكون المسار الصاعد في الجانب ذو الظل من الارض بينما يكون المسار الهابط في الجانب المضاء (المواجه للشمس) من الارض. ومن ثم فان المتحسسات passive sensors التي تقوم بتحسس و تسجيل الطاقة الشمسية الانعكاسية ستسجل الطاقة في المسار الهابط فقط. اما المتحسسات الموجبة Active sensors التي لها مصدر اضاءة خاص بها فيمكنها التحسس في المسار الصاعد. انظر الشكل التالي :

المعالجة الرقمية للمرئيات IMAGE PROCESSING

للاستفادة من التقنيات المتوافرة في عصرنا الحالي فإن معظم بيانات الاستشعار عن بعد يتم تخزينها في صورة رقمية. ومن ثم فإن عملية معالجة المرئيات صارت تتم في صورة رقمية باستخدام أجهزة الكمبيوتر و برامجها المتخصصة مثل ERDAS ، ARCGIS GLOBAL MAPPER ، ENVI ، PCI GEOMATICA . وعادة ما تشمل هذه العملية عدة وظائف أو مراحل يمكن تقسيمها الى :

مرحلة المعالجة الأولية.

مرحلة المعالجة الخاصة.

تشمل مرحلة المعالجة الأولية الخطوات اللازمة قبل البدء في التحليل و استنباط المعلومات. وهذه الوظائف تنقسم الى التصحيح الراديومتري و التصحيح الهندسي للمرئية.

التصحيح الراديومتري radiometric correction

يشمل تصحيح التشوهات لبيانات المستشعر والضجيج أو التشوه الناتج تجرى لإزالة الأخطاء الناجمة عن التأثيرات الطبوغرافية و تأثيرات الغلاف الجوي علي قيم البيانات الرقمية للبيانات الرقمية إضافة الى هذه التأثيرات البيئية هناك تأثيرات عائدة الى عمل المتحسسات مما يفقد العلاقة القائمة بين البيانات الرقمية و الاجسام الارضية المرتبطة بها. ثم تحويل البيانات لمرئية

تمائل وبدقة الطاقة المنبعثة أو المنعكسة للمستشعر. ان الخطا الناجم عن المتحسسات و الذي يظهر على شكل خط اسود **line dropout** لعدم وجود بيانات يتم تبديله بخط تقديري اعتمادا على قيم الصفوف التي سبقته والتي تليه.

والأخطاء الناتجة عن التأثيرات البيئية و التي تشمل على الأخطاء الناجمة عن تأثير الغلاف الجوي من خلال امتصاصه و تشتيته للانبعاثات الالكترومغناطيسية للجسام الارضية التي لا تعتبر اخطاء بل مؤشرات يمكن الاستفادة منها و لكن لا بد من ازالة تأثيرها على البيانات الرقمية ولا بد من معرفة زمن التقاط الصورة خط الطول خط العرض لنطاق **zone** المرئية، ومتوسط ارتفاع المنطقة التي تمثلها المرئية بتعديل البيانات الاساسية لكل القنوات بما في ذلك الاقل تاثرا بالظروف الجوية اذ لم يتم الاخذ بعين الاعتبار فقط القنوات الاقل تاثرا بالجو فالتشتت الطيفي بفعل الجو يزيد من قيم البيانات الرقمية. التصحيح الهندسي

يشمل تصحيح التشوهات الهندسية الناتجة عن العلاقة الهندسية بين الأرض و المتحسس ثم تحويل البيانات الى نظام احداثيات يمثل الموقع الجغرافي الحقيقي (خطوط الطول) و دوائر العرض (على سطح الأرض). تأخذ القيم الأصلية للصورة إحداثيات اقل أو أعلى من إحداثياتها الحقيقية و بالتالي تفقد النقاط الأساسية العلاقات الهندسية فيما بينها لإجراء مثل هذا التصحيح يتم ارجاع الصورة اعتمادا على خارطة أو صورة فضائية أخرى مصححة أو باستخدام جهاز ال **GPS** و لإجراء تصحيح هندسي جيد لا بد من استعمال نموذج الارتفاع **DEM** و معلومات حول موقع المستشعر لتصحيح التشوهات و يسمى هذا التصحيح العمودي بـ **orthocorrection**.