

الفصل الثاني: الأقمار الصناعية و المتحسسات

1-2 التحسس النائي من على الأرض و من الجو و من الفضاء

لكي يمكن للمتحسس أن يجمع و يسجل الطاقة المنعكسة أو المنبعثة من الهدف أو السطح المطلوب يجب أن يكون موضوعا في منصة platform لا تلامس هذا الهدف أو هذا السطح. وتتعدد المنصات المستخدمة في التحسس الناس بحيث يمكن أن تكون موضوعة على الأرض أو في الجو أي داخل الغلاف الجوي (طائرة أو بالون) أو في الفضاء أي خارج الغلاف الجوي (قمر صناعي أو مكوك الفضاء). تستخدم المتحسسات الأرضية في تسجيل معلومات تفصيلية عن السطح بالمقارنة بالمتحسسات الجوية أو الفضائية. وفي بعض الأحيان فإن هذا يستخدم بغرض التعرف التفصيلي على خصائص الأهداف التي تم تحسسها بمتحسسات أخرى حتى نستطيع أن نفهم و نحلل جيدا معلومات المرئيات.



شكل (1-2) المتحسسات الأرضية

أما المتحسسات الجوية فغالبا ما تكون موضوعة في طائرات ذات أجنحة متزنة مع أن طائرات الهليكوبتر تستخدم أحيانا. ويتم استخدام الطائرات في تجميع و تسجيل معلومات تفصيلية.



شكل (2-2) المتحسسات الجوية

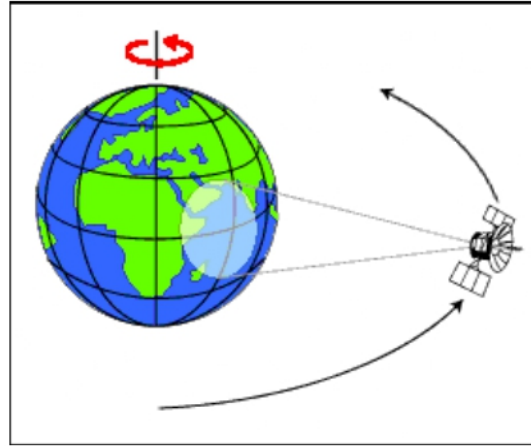
ان التحسس النائي من الفضاء يتم باستخدام المتحسسات في الأقمار الصناعية satellites وأيضا في مكوك الفضاء وتتعدد أنواع الأقمار الصناعية بصفة عامة لتشمل: أقمار الملاحة، أقمار الاتصالات، أقمار دراسة الأرض وهي المجموعة التي تشمل أقمار التحسس النائي. وبسبب مدارها حول الأرض فإن الأقمار الصناعية تتيح لنا تغطية متكررة للأرض وبصورة مستمرة.



شكل (2-3) المتحسسات الفضائية

2-2 خصائص الأقمار الصناعية

لكل قمر صناعي مدار orbit يناسب الهدف من المتحسس الذي يحمله القمر الصناعي، وتختلف المدارات طبقا للارتفاع (ارتفاع المدار عن سطح الأرض) والتوجيه و الدوران بالنسبة للأرض. فالأقمار الصناعية الموضوعة على ارتفاعات عالية جدا بحيث انها تري نفس المنطقة من الأرض في كل الاوقات يكون لها ما يسمى بالمدارات الثابتة مع الأرض **geostationary orbits**. وهذه الاقمار الثابتة مع الأرض تكون على ارتفاعات تقريبا 36000 كيلومتر و تدور بنفس سرعة الأرض بحيث انها تكون كما لو كانت ثابتة بالنسبة لسطح الأرض، تسمح بتجميع معلومات مستمرة عن منطقة محددة من الأرض، وتعد اقمار الاتصالات و اقمار المناخ من نوعية الاقمار الصناعية التي لها مدارات ثابتة.

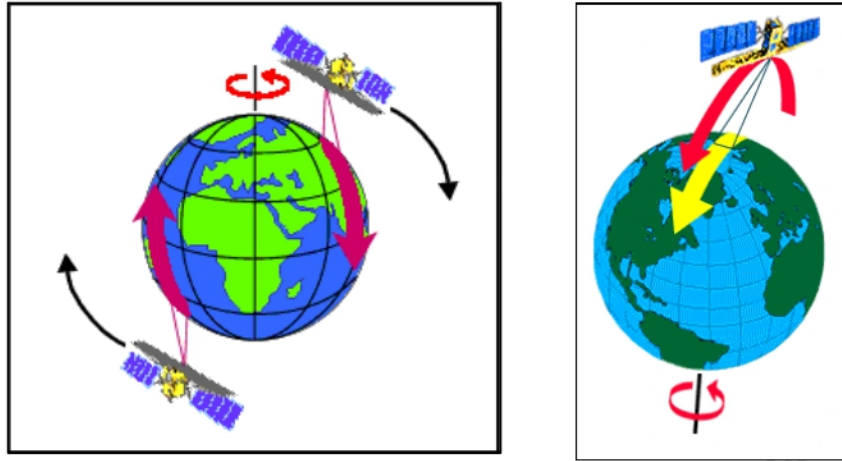


شكل (2-4) المدارات الثابتة للأقمار الصناعية

توجد عدة منصات للتحسس النائي مصممة لتدور في مدار (غالبا من الشمال الى 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 علي 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.

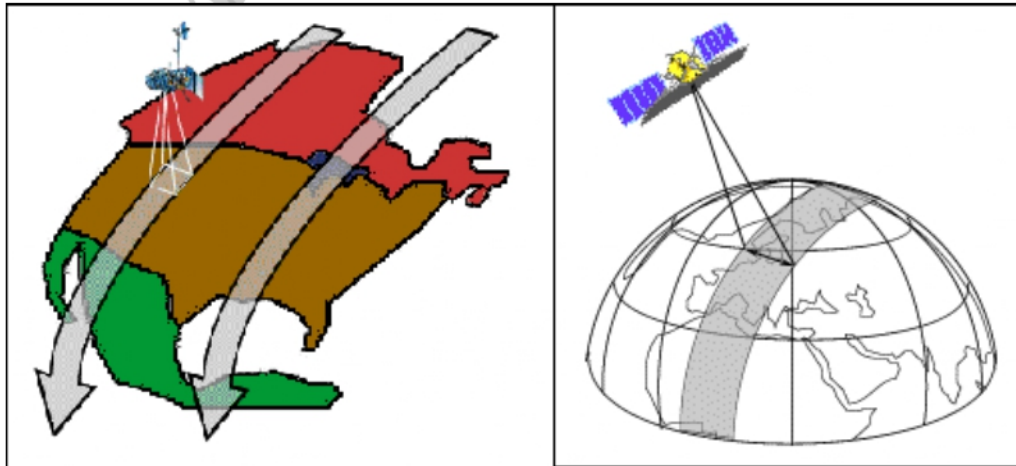
ان معظم الاقمار الصناعية للتحسس النائي اليوم تكون من ذات المدارات شبه القطبية، اي ان القمر يسير باتجاه القطب الشمالي في احد اوجه الارض ثم يسير باتجاه القطب الجنوبي في النصف الثاني من مداره، وهذا ما يسمى بالمسار الصاعد **ascending pass** و المسار الهابط **pass descending**. فإذا كان المدار متزامن مع الشمس 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 التي تقوم بتحسس و تسجيل الطاقة الشمسية الانعكاسية فستسجل الطاقة في المسار الهابط فقط. اما المتحسسات الموجبة التي لها مصدر اضاءة خاص بها او المتحسسات السالبة التي تسجل الاشعاع المنبعث (الحراري) فيمكنها ايضا التحسس في المسار الصاعد.



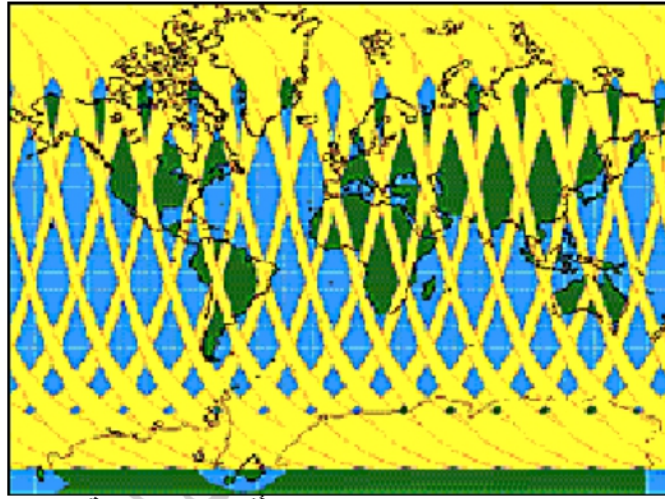
شكل (5-2) المدارات شبه القطبية شكل (6-2) المسار الصاعد و المسار الهابط
للأقمار الصناعية للأقمار الصناعية

كلما يدور القمر الصناعي حول الأرض فإن المتحسس يرى جزءا من سطح الأرض، وهذه المنطقة هي ما يطلق عليه اسم **(صف التحسس swath)**. وتختلف صفوف التحسس التي يمكن تحسسها (او استشعارها) من متحسس الى اخر بحيث يتراوح عرضها ما بين عشرات و مئات من الكيلومترات. عند 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 سطح الأرض من بعد.



شكل (7-2) صفوف تحسس الأقمار الصناعية

تتكمّل دورة كاملة من المدارات عندما يعود القمر الصناعي للمرور مرة ثانية فوق نفس النقطة على سطح الأرض (تسمى نقطة الندير **nadir point**). وتختلف الفترة الزمنية لدورة المدارات من قمر صناعي الى اخر، ويطلق على هذه الدورة اسم (فترة اعادة الزيارة). وتعد فترة اعادة الزيارة هامة للغاية في عديد من تطبيقات التحسس النائي خاصة عند الحاجة لمرئيات متتالية، ومنها على سبيل المثال مراقبة انتشار تسرب بقعة من الزيت أو مراقبة اثار الفيضانات. وفي حالة المدارات شبه القطبية فإن المناطق مرتفعة دوائر العرض سيتم تحسسها بتكرار أكبر من المناطق الاستوائية نتيجة التداخل بين المسارات المتجاورة للقمر الصناعي حيث أن المسارات يتكون متقاربة عند القطبين.

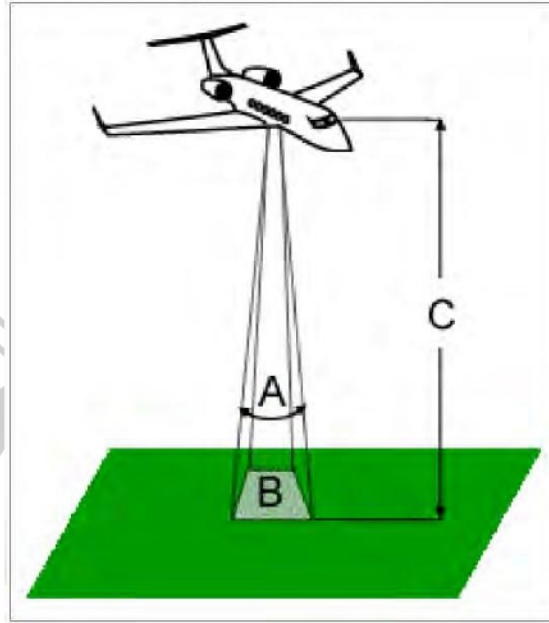


شكل (2-8) دورة مدارات الاقمار الصناعية

3-2 درجة الوضوح المكانية و حجم الخلية والمقياس

لعدة أجهزة من أجهزة التحسس النائي فإن المسافة بين الهدف و منصة التحسس 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 تتتحسس منطقة كبيرة ولا تستطيع اظهار التفاصيل كاملة. 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 داخل 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. تعتمد تفاصيل المرئية على **درجة الوضوح المكانية spatial resolution** لجهاز التحسس والتي تعرف بأنها مساحة أو حجم أصغر ظاهرة يمكن تحسسها. وتعتمد درجة الوضوح المكانية للمتحسسات الالايجابية على ما يعرف باسم **مجال الرؤية اللحظية View of Field Instantaneous** (أو اختصارا IFOW)، وهو مخروط الرؤية للمتحسس A ويحدد المنطقة الأرضية B التي يمكن رؤيتها من ارتفاع محدد C في لحظة زمنية محددة . ويتم حساب مساحة المنطقة المرئية بضرب IFOW في ارتفاع المتحسس من سطح الأرض C، وهذه المنطقة على الأرض تسمى **خلية الوضوح resolution cell** أي أقصى درجة وضوح مكاني للمتحسس. ومن ثم لتحسس 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.



شكل (2-9) درجة الوضوح المكانية

أن مرئيات التحسس النائي تتكون من مصفوفة من **العناصر أو الخلايا (بكسل pixels)**، وهي أصغر وحدة على المرئية. وعادة تكون الخلايا مربعة وتمثل مساحة محددة من المرئية. ومن المهم التفرقة بين **حجم البكسل pixel size** و درجة الوضوح المكانية فهما ليسا شيئا واحدا في جميع الحالات.

ففي حالة أن المتحسس له درجة وضوح مكانية 20 متر والمرئية من هذا المتحسس تظهر بوضوح كامل فإن كل بكسل سيمثل (20 × 20) متر علي الأرض. وفي هذه الحالة فإن حجم البكسل يساوي درجة الوضوح المكانية. لكن من الممكن أن تظهر مرئية باستخدام حجم بكسل مختلف عن درجة وضوحها المكانية، فمثلا في حالة عرض ملصقات (بوستر) مرئيات سطح الأرض فنستخدم حجم خليه يمثل مساحة كبيرة (أكبر من درجة الوضوح المكانية الأصلية لهذه المرئية).

يقال للمرئيات التي تعتمد على اظهار الأهداف الكبيرة فقط أن لها درجة وضوح مكانية خشنة أو قليلة، بينما في المرئيات التي لها درجة وضوح مكانية دقيقة أو عالية فيمكن اظهار الأهداف الصغيرة. فأقمار التحسس النائي العسكرية على سبيل المثال مصممة بحيث يمكنها تحسس كل ما يمكن من التفاصيل، أي أن لها درجة وضوح مكانية عالية أو دقيقة. أما الأقمار الصناعية التجارية فتوفر مرئيات لها درجة وضوح مكانية تتراوح بين عدة أمتار الي عدة كيلومترات. وكقاعدة عامة فكلما زادت درجة الوضوح المكانية كلما قلت المساحة الأرضية التي يمكن رؤيتها.



درجة وضوح مكانية قليلة

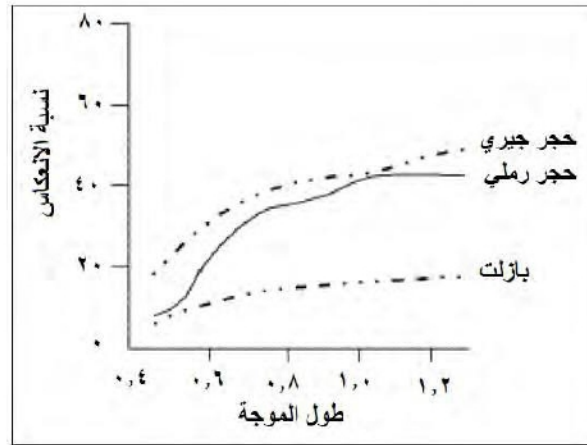
درجة وضوح مكانية عالية

شكل (2-10) اختلاف درجات الوضوح المكانية

تعرف نسبة المسافة على المرئية أو الخريطة الى المسافة الأرضية الحقيقية المناظرة باسم مقياس الرسم scale. فإذا كان لديك خريطة لها مقياس رسم 1: 100.000 (مثلا: الهدف يبلغ طوله على الخريطة 1 سنتيمتر سيكون طوله الحقيقي على الأرض 100.000 سنتيمتر (أي 1 كيلومتر). ومن ثم فإن الخرائط أو المرئيات الفضائية التي لها قيمة صغيرة من نسبة الخريطة/الأرض (1 / 100.000) علي سبيل المثال. يطلق عليها اسم الخرائط أو المرئيات صغيرة المقياس، بينما تلك التي لها نسبة أكبر (مثلا 1 / 5.000) تسمى كبيرة المقياس.

4-2 درجة الوضوح الطيفية

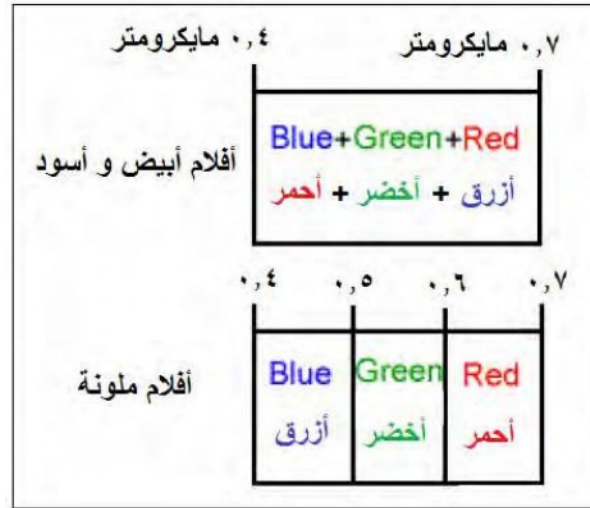
أن الاستجابة الطيفية spectral response أو منحنيات الانبعاث الطيفي emissivity curves spectral تميز الانعكاس أو الانبعاث للهدف باستخدام أطوال موجات مختلفة. ويمكن تمييز الاهداف المختلفة في مرئية من خلال مقارنة استجابتها الطيفية في مجال من أطوال الموجات. فالمجموعات الكبيرة مثل المياه و النباتات يمكنها أن تنفصل في مجالات مختلفة من أطوال الموجات مثل الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء.



شكل (2-11) اختلاف الاستجابة الطيفية للأهداف

لكن بعض المجموعات الدقيقة أو التفصيلية مثل أنواع الصخور قد لا يمكن تمييزها بسهولة باستخدام هاتين المجموعتين أو هذين المجالين من أطوال الموجات وقد تحتاج لعمل مقارنة في مجال ضيق من مجالات الضوء الكهرومغناطيسي. ومن ثم فأنا نحتاج لمتحسس 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 والأسود (أو الرمادية) تسجل أطوال الموجات الممتدة على نطاق الضوء المرئي، أي أن درجة وضوحها الطيفية خشنة فهي لا تستطيع التمييز بين أطوال الموجات المختلفة داخل هذا النطاق وتسجل فقط الانعكاس في كل مجال الضوء المرئي.

بينما على الجانب الآخر فإن الأفلام الملونة لها درجة وضوح طيفية عالية بحيث أنها تستطيع تحسس الطاقة المنعكسة في أطوال الموجات الزرقاء و الخضراء و الحمراء كلا على حدا. ومن ثم فهي تستطيع تمثيل الأهداف في عدة ألوان اعتمادا على مدى الانعكاس في كل نطاق من أطوال الموجات.



شكل (2-12) درجات الوضوح الطيفية للأفلام المختلفة

ان العديد من نظم التحسس النائي تسجل الطاقة في فترات متعددة من أطوال الموجات باستخدام درجات وضوح طيفية مختلفة، وهذه النظم يطلق عليها اسم **(المتحسسات متعددة الوضوح الطيفي sensors multispectral)**. 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 الاشعة تحت الحمراء القريبة و المتوسطة. ومن ثم فإن درجة وضوحها الطيفية العالية تسهل من التمييز بين الأهداف المختلفة اعتمادا على الاستجابة الطيفية لكل هدف في كل نطاق طيفي ضيق.

2-5 درجة الوضوح الراديومترية

بينما ترتيب البكسل أو الخلايا يصف تكوين المرئية ذاتها، فإن الخصائص الراديومترية هي التي تصف المعلومات الحقيقية لمحتوي المرئية الفضائية. في كل مرة يتم الحصول على مرئية (سواء على فيلم أو باستخدام متحسس) فإن حساسيتها لكمية الطاقة الكهرومغناطيسية هي التي تحدد درجة الوضوح الراديومترية radiometric resolution. فالوضوح الراديومتري لمرئية يصف قدرتها على التمييز بين الفروقات البسيطة جدا من الطاقة، فكلما زادت درجة الوضوح الراديومترية لمتحسس كلما زادت حساسيته لاكتشاف الفروق في الطاقة المنعكسة أو المنبعثة.

يتم تسجيل بيانات الطاقة من خلال أعداد موجبة تتراوح بين الصفر الى أس محدد للعدد 2. وهذا الاس يقابل عدد البت bit المستخدمة في ترميز الأرقام في النظام الثنائي binary format. فكل بت تسجل الأس المرفوع له الرقم 2 (مثلا: 1 بت = $2^1 = 2$). ويعتمد الحد الأقصى المتاح لمستويات اللمعان على عدد البت المستخدم في تمثيل الطاقة المنعكسة. فعلى سبيل المثال فان كان متحسس يستخدم 8 بت في تسجيل البيانات، فهناك ($2^8 = 256$) قيمة رقمية متاحة وستتراوح ما بين الصفر و 255. أما في حالة استخدام 4 بت فقط فسيكون هناك ($2^4 = 16$) قيمة رقمية متاحة فقط وستتراوح ما بين الصفر و 15، ومن ثم فستكون درجة الوضوح الراديومترية أقل. وعادة ما يتم تمثيل بيانات المرئية باستخدام نطاق (حزمة) من درجات اللون الرمادي grey tones، حيث يكون اللون الأسود ممثلا بالرقم صفر واللون الأبيض ممثلا بالرقم الأقصى المتاح (مثل رقم 255 في البيانات ذات الثمانية بت). وبمقارنة مرئية بدرجة وضوح راديومترية 2 بت بمرئية أخرى لها درجة وضوح راديومترية 8 بت فيمكننا رؤية أن هناك فروق كبيرة في مستوي التفاصيل في كلا منهما.

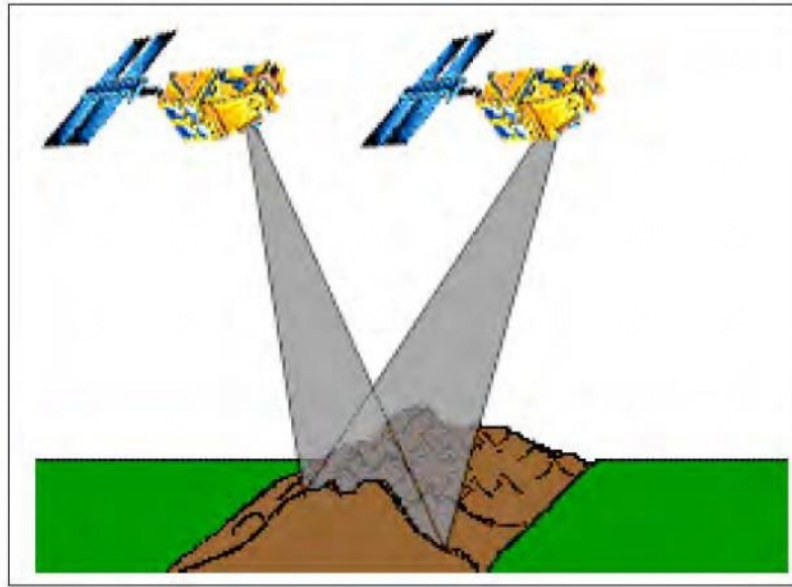


شكل (2-13) الاختلاف في درجات الوضوح الراديومترية

2-6 درجة الوضوح الزمنية

أن درجة الوضوح الزمنية temporal resolution تعد مهمة في التحسس النائي. وقد سبق أن تحدثنا عن فترة اعادة الزيارة والتي عادة ما تكون عدة أيام بالنسبة للأقمار الصناعية. ومن ثم فإن القيمة المطلقة لدرجة الوضوح الزمنية لنظام التحسس النائي لكي يقوم بتحسس نفس البقعة الأرضية مرة أخرى هي هذه الفترة. لكن وبسبب التداخل بين صفوف التحسس swaths للمدارات المتعاقبة، كلما زادت دوائر العرض فإن هناك مناطق من الأرض سيتم تحسسها بتردد أكبر. أيضا فإن بعض أنواع الأقمار الصناعية لديها القدرة على توجيه متحسساتها لتحسس نفس البقعة الأرضية في مدارات مختلفة بفترات تتراوح ما بين يوم إلى خمسة أيام. ومن ثم فإن درجة الوضوح الزمنية الحقيقية لمتحسس تعتمد على عدة عوامل ومنها قدرة القمر الصناعي و المتحسس ذاته وأيضا تداخل صفوف التحسس ودائرة العرض. ان القدرة على تجميع مرئيات لنفس المنطقة من سطح الأرض في فترات زمنية متعددة تعد من أهم عناصر تطبيق معلومات التحسس النائي. فالخصائص المكانية للأهداف قد تتغير مع مرور الوقت، وهذا ما يمكن اكتشافه من خلال تجميع و مقارنة المرئيات متعددة الوضوح الزمني Multi temporal images.

فعلى سبيل المثال فإنه وفي خلال موسم النمو فإن النباتات المختلفة تكون في حالة تغير مستمر ومن ثم فإن قدرتنا على متابعة هذا التغير تعتمد على متى وبأي تردد يمكننا الحصول على المرنثات. وباستخدام التحسس في فترات زمنية مختلفة وبصفة دورية فيمكننا متابعة التغيرات التي تحدث على سطح الأرض سواء كانت تغيرات طبيعية (مثل التغير في الغطاء النباتي او الفيضان) أو تغيرات بشرية (مثل النمو العمراني والتحصن), فعامل الزمن في التحسس النائي يكون مهما.



شكل (2-14) درجة الوضوح الزمنية

يقدم الجدول الاتي بعض خصائص عدة اقمار صناعية للتحسس النائي:

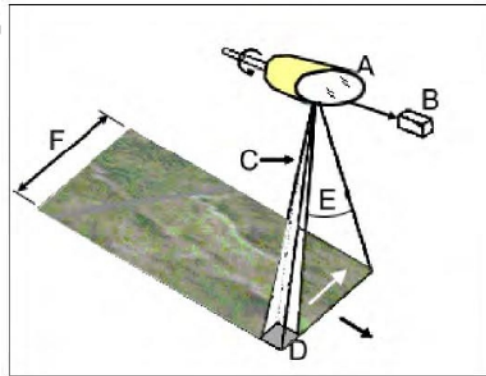
أمثلة لبعض خصائص عدة أقمار صناعية للتحسس النائي (للاطلاع)

القمر	الاطلاق	الوضوح المكاني (م)		عدد النطاقات	طول البكسل (كم)	ارتفاع القمر (كم)	اعادة الزيارة (يوم)
		بانكروماتية	متعدد الاطيف				
WorldView-3	٢٠١٤	٠.٣١	١.٢٤	٢٩	١٣.١	٦١٧	١
GeoEye-1	٢٠٠٨	٠.٤١	١.٦٥	٤	١٥.٢	٧٧٠	٨.٣
WorldView-2	٢٠٠٩	٠.٤٦	١.٨٤	١٣	١٧.٦	٧٧٠	١.١
Pleiades-1B	٢٠١٢	٠.٥	٢.٠	٥	٢٠	٦٩٤	١
QuickBird	٢٠٠١	٠.٦٥	٢.٦	٥	١٦.٨	٤٥٠	٣.٥
IKONOS	١٩٩٩	٠.٨٢	٣.٢	٥	١١.٣	٦٨١	٣
EgyptSat-2	٢٠١٤	١.٠	٤.٠	٤	٤٦.٦	٧٢٠	
SkySat-2	٢٠١٤	١.١	٢.٠	٥	٨	٤٥٠	١
SPOT-7	٢٠١٤	١.٥	٦.٠	٥	٦٠	٦٩٤	١
SPOT-6	٢٠١٢	١.٥	٦.٠	٥	٦٠	٦٩٤	١
RapidEye	٢٠٠٨	٥.٠	١٠.٠	٥	٧٧	٦٣٠	٥.٥
ASTER	١٩٩٩	١٥	٣٠	١٤	٦٠	٧٠٥	١٦
LandSat-8	٢٠١٣	١٥	٣٠	١١	١٨٥	٧٠٥	١٦
LandSat-7 ETM	١٩٩٩	١٥	٣٠	٨	١٨٥	٧٠٥	١٦

7-2 المسح متعدد الأطياف

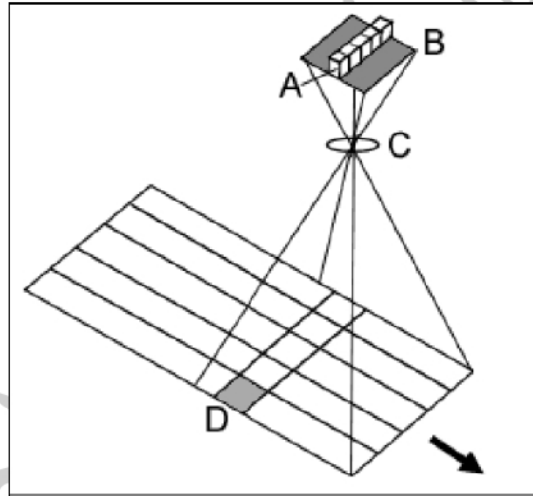
تقوم عدة نظم التحسس النائي بتجميع البيانات باستخدام نظم المسح التي تستخدم متحسس له مجال رؤية ضيق IFOV يسمح سطح الأرض لبناء مرئية ثنائية الأبعاد. ويمكن استخدام نظم المسح سواء من الطائرة أو من القمر الصناعي. ونظام المسح الذي يسمح بتجميع البيانات في عدة نطاقات من الطاقة يطلق عليه اسم مسح متعدد النطاقات Multispectral scanner أو اختصارا MSS. ويوجد نوعين أو طريقتين للمسح في الماسحات متعددة النطاقات: المسح ضد المسار (across-track scanning), والمسح عبر المسار (long- track scanning).

تقوم ماسحات ضد المسار بمسح الأرض في عدة خطوط تكون موجهة عموديا على اتجاه حركة منصة التحسس (أي عمودية على اتجاه مسار القمر الصناعي). وكل خط يتم مسحه بالتأرجح من أحد جانبي المتحسس الى الجانب الآخر باستخدام مرآة متحركة (A)، وكلما تقدم القمر للأمام تتم عمليات مسح متعاقبة لبناء مرئية ثنائية الابعاد لسطح الارض. ويتم فصل الطاقة المنعكسة أو المنبعثة الى عدة مكونات كهرومغناطيسية بحيث يتم تحسس كلا منها بصورة مستقلة. وتوجد متحسسات داخلية (B) كلا منها حساس لنطاق محدد من اطوال الموجات بحيث يقوم كل متحسس بقياس الطاقة لنطاق معين من النطاقات وتحويل هذه الطاقة الي بيانات رقمية يقوم بتخزينها. ويحدد مجال الرؤية IFOV للمتحسس (C) وارتفاع منصة التحسس قيمة الدقة المكانية للخلية الأرضية التي يتم استشعارها (D). أما المجال الزاوي للرؤية view of field angular (E) فهو قيمة تأرجح المرآة بالدرجات المستخدمة في مسح خط، ومن ثم فهو يحدد عرض مسار التحسس swath على الأرض (F). فالماسحات في الطائرات عادة ما تستطيع التأرجح لزوايا كبيرة (بين 90 و 120 درجة) بينما ماسحات الأقمار الصناعية وبسبب ارتفاعاتها العالية فلا يمكنها التأرجح الا لزوايا صغيرة (ما بين 10 و 20 درجة). وحيث أن المسافة ما بين المتحسس والهدف تزيد في حواف مسار التحسس فإن درجة الوضوح المكانية (حجم الخلية) يصبح أكبر أيضا مما يتسبب في حدوث تشوه هندسي geometric distortion في المرئية. أيضا زمن مجال الرؤية للخلية الواحدة (يسمى زمن الكمون dwell time) يكون قصيرا جدا فإنه يكون مؤثرا في تحديد درجات الوضوح المكانية و الراديو مترية و الطيفية للمتحسس.



شكل (2-15) المسح بطريقة ضد المسار

تقوم ماسحات عبر المسار along-track scanners باستخدام الحركة الامامية للمستشعر لتسجيل خطوط مسح متعاقبة وبناء المرئية ثنائية الأبعاد عموديا علي اتجاه الطيران. لكن بدلا من استخدام مرآة المسح المتأرجحة فإن هذه الماسحات تستخدم مجموعة خطية من المتحسسات linear array of detectors (A) موضوعة على المستوى البؤري focal plane للمرئية (B) الذي يكونه نظام العدسات (C) lens system والذي يتحرك في نفس اتجاه حركة المسار (أي عبر المسار). ويقوم كل متحسس بقياس الطاقة لخلية أرضية محددة (D)، وبالتالي فإن حجم المتحسس و مجال الرؤية IFOV يحددان درجة الوضوح المكانية للنظام. وبالطبع فهناك حاجة لعدة مجموعات خطية من المتحسسات حتى يمكن قياس عدة نطاقات من الطاقة الكهرومغناطيسية. وبالتالي فإن الطاقة المتحسسة من كل متحسس في كل مجموعة خطية يتم تسجيلها رقميا لبناء المرئية المطلوبة.



شكل (2-16) المسح بطريقة عبر المسار

وللماسحات عبر المسار عدة مميزات عن الماسحات ضد المسار، فوجود مجموعات من المتحسسات يسمح بان يقوم كلا منهم بتحسس الطاقة لكل خلية ارضية في فترة زمنية اطول (زمن الكمون) وهذا يزيد من كمية الطاقة المتحسسة وأيضا من درجة الوضوح الراديومتريية. كما أن زمن الكمون الأطول يسهل مجال الرؤية IFOV أصغر ومن ثم يحسن كثيرا من درجة الوضوح المكانية ودرجة الوضوح الطيفية. وحيث أن المتحسسات تكون أجهزة الكترونية فهي عادة ما تكون أصغر حجما و أخف وزنا و أقل استهلاكاً للطاقة، وبالتالي فهي أكثر كفاءة ولها عمر افتراضي أطول حيث أنها لا تتكون من أية أجزاء متحركة (مثل مرآة التأرجح).

في كل الأحوال (بطريقة التحسس ضد المسار أو عبر المسار) فإن نظم المسح تتفوق على نظم التصوير الفوتوغرافية. فالمجال الطيفي لنظم التصوير مقصور فقط على الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء القريبة، بينما الماسحات متعددة النطاقات MSS تستطيع زيادة هذا المجال الى الاشعة تحت الحمراء الحرارية. كما أن لها درجات وضوح طيفية أكبر من نظم التصوير. أيضا فإن نظم المسح تقوم بتسجيل الطاقة الكترونيا مما يسمح بقياس و تسجيل هذه الطاقة بدقة عالية. وتتطلب نظم التصوير الفوتوغرافية الامداد المستمر بالأفلام و تحتاج لعمليات معالجة الأفلام على الأرض بعد التقاط الصور، بينما التسجيل الالكتروني لنظم المسح يسهل من ارسال البيانات الى محطات الاستقبال والمعالجة الفورية لها على الكمبيوتر.

8-2 التصوير الحراري

توجد عدة متحسسات متعددة النطاقات MSS يمكنها تحسس الاشعة تحت الحمراء الحرارية thermal infrared بالإضافة لنطاقات الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء القريبة. لكن تحسس الطاقة المنبعثة من الأرض في نطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية (بين 3 و 15 مايكرومتر) يختلف عن تحسس الاشعة المنعكسة. المتحسسات الحرارية تقيس درجة حرارة السطح و الخصائص الحرارية للأهداف. عادة ما تكون المرئيات الحرارية المتحسسة باستخدام ماسحات ضد المسار تقوم بتحسس الاشعاع المنبعث فقط في النطاق الحراري من الطاقة الكهرومغناطيسية. للتحليل يتم اظهار المرئية الحرارية بدرجات اللون الرمادي حيث تظهر الحرارة الدافئة بلون فاتح و تظهر الحرارة الباردة بلون داكن.



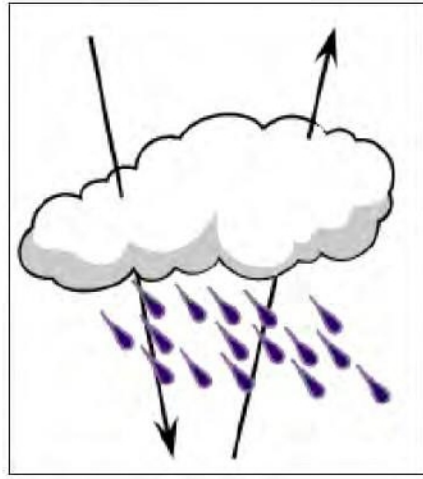
شكل (2-17) مرئية حرارية

حيث ان نطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية كبير نسبيا (بالمقارنة بنطاق الضوء المرئي) فان تأثير التشتت في الغلاف الجوي يكون قليلا لهذه الاشعة. لكن على الجانب الاخر فان الامتصاص يؤثر بقوة على نطاقين الاول من 3 - 5 مايكرومتر و الثاني من 8 - 14 مايكرومتر. وبما أن الطاقة تنخفض كلما زاد طول الموجة فان المتحسسات الحرارية عادة ما يكون لها مجال رؤية IFOV كبير وذلك لضمان وصول كمية كافية من الطاقة الي المتحسس. و تكون درجة الوضوح المكانية للمتحسسات الحرارية خشة بالمقارنة لدرجة وضوح المرئيات في نطاق الضوء المرئي و نطاق الاشعة الحمراء القريبة. ويمكن الحصول علي المرئيات الحرارية نهارا او ليلا (بسبب ان الاشعاع منبعث و ليس منعكس) وتستخدم لعدة انواع من التطبيقات في الاستكشاف العسكري و المخابراتي و ادارة الكوارث (مثل متابعة حرائق الغابات) ومراقبة فقدان الحرارة.

2-9 التحسس النائي بالموجات القصيرة

يشمل التحسس النائي بالموجات القصيرة أو المايكروويف microwave remote sensing تحسس موجبا و سالبا. ان جزء المايكروويف من النطاق الطيفي يغطي مجال أطوال موجات (يتراوح بين 1 سنتيمتر الي 1 متر تقريبا).

وبسبب هذا الطول الكبير من الموجات (مقارنة بالضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء) فإن للمايكروويف خصائص هامة في التحسس النائي. فالإشعاع طويل الموجة يمكنه اختراق غطاء السحب و ذرات التراب و الغبار والمطر حيث أن أشعة المايكروويف لا تتأثر بالتشتت في الغلاف الجوي الذي يؤثر علي أطوال الموجات القصيرة. وهذه الخاصية تمكننا من تحسس و اكتشاف طاقة المايكروويف تحت أية ظروف مناخية و بيئية، أي يمكننا تجميع البيانات في أي وقت.



شكل (2-18) المايكروويف لا تتأثر بالظروف المناخية

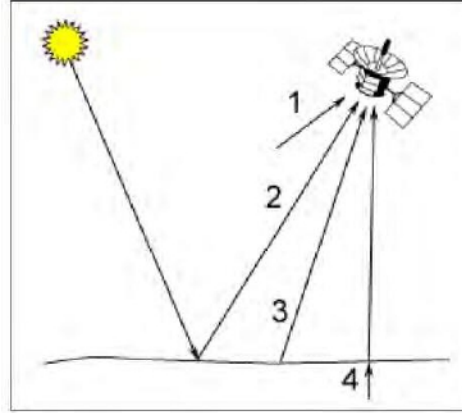
التحسس النائي السالب بالمايكروويف يشبه مبدأ التحسس بالأشعة تحت الحمراء الحرارية، فكل الأهداف تبث طاقة مايكروويف لكن بكميات قليلة بصفة عامة. فمتحسس المايكروويف السالب يقوم بتحسس طاقة المايكروويف الطبيعية المنبعثة في مجال رؤيته. وهذه الطاقة المنبعثة تتعلق بخصائص درجة الحرارة و الرطوبة للأهداف أو السطوح التي تنبعث منها. وعادة ما تكون متحسسات المايكروويف السالبة راديومتر أو ماسحات تعمل بدون وجود أنتنا (أو طبق استقبال) تستخدم لتحسس و تسجيل طاقة المايكروويف. ويمكن أن تكون طاقة المايكروويف المتحسسة بمتحسس سالب اما:

(١) منبعثة من الغلاف الجوي أو

(٢) منعكسة من أسطح أو

(٣) منبعثة من أسطح أو

(٤) منتقلة من أسطح أخرى.



شكل (2-19) مصادر التحسس المايكروويف السالب

تشمل تطبيقات التحسس النائي السالب بالمايكروويف الارصاد المناخية و الهيدرولوجيا و دراسات المحيطات. فمن الممكن استخدام المايكروويف لقياس مكونات الغلاف الجوي مثل محتوى بخار الماء و محتوى الاوزون. أيضا يمكن لأخصائي الهيدرولوجيا استخدام المايكروويف السالب لقياس رطوبة التربة حيث أن المايكروويف المنبعث من التربة يتأثر بمحتوي الرطوبة. أما تطبيقات المحيطات فتشمل عمل خرائط ثلوج البحار و التيارات البحرية و الرياح السطحية بالإضافة لدراسة التلوث مثل تسرب الزيت و البترول.

يعتمد المتحسس الموجب بالمايكروويف على مصدر خاص به للأشعة القصيرة يمكنه اضاءة الأهداف المتحسسة مثل تقنية الرادار RADAR.

10-2 التشوه الهندسي في المرئيات

يتعرض أي نوع من المرئيات (سواء نظم التصوير من الطائرات او نظم المسح متعدد النطاقات من الاقمار الصناعية) الى عدة تشوهات هندسية geometric distortions. وهذه التشوهات موجودة في اي نظام تحسس نائي حيث اننا نحاول تمثيل سطح الارض المجسمة ثلاثية الأبعاد من خلال مرئية ثنائية الأبعاد. وهذه الأخطاء قد تكون بسبب عدة عوامل تشمل على سبيل المثال:

1. المنظومة البصرية للمتحسس (عدسات او المرايا).

2. حركة نظام المسح.

3. حركة او عدم ثبات المنصة.

4. دائرة عرض و ارتفاع و سرعة المنصة . والذي يشمل تغير سرعة المنصة و ارتفاعها اثناء التحسس. وهذه التأثيرات مؤثرة عند استخدام الطائرات كمنصات للتحسس إلا انها اقل تأثيرا بدرجة كبيرة مع منصات الاقمار الصناعية التي يكون لها مدارات اكثر ثباتا
5. تغير تضاريس سطح الارض
6. تكور ودوران الارض. حركة دوران الارض ناحية الشرق تتسبب في ان تأرجح نظم المسح سيغطي منطقة الى الغرب قليلا من الخط السابق. ومن ثم فإن المرئية الناتجة ستكون منحرفة skewed وهو ما يعرف بالتشوه الانحرافي distortion skew والذي يكون شائعا في مرئيات الماسحات متعددة النطاقات.

بعد استعراض الخصائص العامة للمتحسسات و الأقمار الصناعية سيتم عرض أنواع محددة من المتحسسات (باستخدام الأقمار الصناعية) التي تعمل في نطاق الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء القريبة.

11-2 أقمار و متحسسات الطقس

تعد أقمار مراقبة الطقس واحدة من أوليات الأقمار الصناعية المدنية في التحسس النائي حيث تم اطلاق أول قمر للطقس (قمر TIROS-1) في عام ١٩٦٠ بواسطة الولايات المتحدة الامريكية. وفي خلال الخمس سنوات التالية تم اطلاق عدد من هذه الأقمار في مدارات شبه قطبية polar near- orbits تقدم تغطية عالمية كاملة لنماذج الطقس. وقدمت وكالة الفضاء الأمريكية (المعروفة اختصارا باسم ناسا NASA) في عام ١٩٦٦ أول مرئية تغطي نصف الكرة الأرضية تبين توزيع السحب كل نصف ساعة. والآن توجد عدة دول تدير نظم أقمار صناعية لمراقبة و متابعة الظروف المناخية حول العالم. وبصفة عامة فإن هذه الأقمار تستخدم متحسسات لها دقة وضوح مكانية قليلة أو خشنة (بالمقارنة بأقمار رصد الأرض) وتقدم تغطية مكانية كبيرة. أما درجة وضوحها الزمنية فتكون عالية حتى يمكنها تقديم أرصاد متكررة لسطح الأرض والرطوبة و غطاء السحب مما يسمح بمراقبة شبة مستمرة للظروف المناخية العالمية ومن ثم امكانية التنبؤ.

أقمار NOAA AVHRR

تتبنى وكالة الفضاء الأمريكية عدة نظم أخرى من الأقمار الصناعية المخصصة للتطبيقات المناخية تسمح بالحصول علي تغطية كاملة للأرض وفي فترات مستمرة لا تتجاوز 6 ساعات لأي بقعة في العالم. والمستشعر الرئيسي الموجود في هذه الأقمار يسمى الراديو متر المتقدم عالي الدقة جدا AVHRR. اختصارا أو Advanced Very High Resolution Radiometer. يتحسس هذا المتحسس الاشعاع في النطاق المرئي و الاشعة تحت الحمراء القريبة و المتوسطة و الحرارية كما في الجدول الاتي:

خصائص مرئيات أقمار الطقس NOAA AVHRR

النطاق	طول الموجة (مايكرومتر)	الوضوح المكاني (كم)	الاستخدام
١	(0.68 – 0.58) الطيف المرئي	1.1	السحب، الغيوم، الثلوج
٢	(1.1 – 0.725) الاشعة تحت الحمراء القصيرة	1.1	المياه، النباتات، المسح الزراعي
٣	(3.93 – 3.55) الاشعة تحت الحمراء المتوسطة	1.1	حرارة سطح البحر، البراكين، حرائق الغابات
٤	(11.3 – 10.3) الاشعة تحت الحمراء الحرارية	1.1	حرارة سطح البحر، رطوبة التربة
٥	(12.5 – 11.5) الاشعة تحت الحمراء الحرارية	1.1	حرارة سطح البحر، رطوبة التربة

ومع أن بيانات AVHRR مستخدمة على نطاق واسع في نظم التنبؤ و التحليل للطقس، الا أنها أيضا مناسبة لتطبيقات أخرى تشمل درجات حرارة سطح البحر ومراقبة النبات الطبيعي وظروف نمو المحاصيل.

12-2 أقمار و متحسسات أرصاد الأرض

أقمار لاندسات:

أطلقت ناسا أول قمر صناعي للتحسس النائي مصمم ومخصص لدراسة و مراقبة سطح الأرض في عام 1972 وهو القمر الصناعي لاندسات Landsat-1 (كان اسمه الأول هو قمر تقنية موارد الارض (Earth Resources Technology Satellite) او اختصارا ERTS-1)).

وتم تصميم لاندسات كقمر تجريبي لدراسة امكانية تجميع كم هائل من البيانات حول العالم متعددة النطاقات لسطح الأرض باستخدام عدة أقمار صناعية. وفي عام 1983 انتقلت مسؤولية ادارة برنامج لاندسات من ناسا الى الهيئة الامريكية للطقس و المحيطات NOAA، وفي عام 1985 تحول البرنامج الي برنامج تجاري يسمح بتقديم البيانات للمستخدمين المدنيين. وكل أقمار لاندسات موضوعة في مدارات شبه قطبية متزامنة مع الشمس near-polar sun-synchronous orbits وكانت الأقمار الثلاثة الاولى على ارتفاع 900 كيلومتر بينما باقي الأقمار التالية على ارتفاع 700 كيلومتر مما يسمح بفترة اعادة زيارة تبلغ 16 يوم.



شكل (20-2) أحد الأجيال الأولى لأقمار لاندسات

توجد عدة متحسسات على متن أقمار لاندسات وتشمل نظم كاميرات تسمي BRV ونظم ماسحات متعددة الأطياف MSS والماسح الموضوعي Thematic Mapper أو TM. وكل متحسس يجمع بيانات على مسار يبلغ عرضه 185 كيلومتر، أي أن عرض المرئية الواحدة يبلغ (185×185) كيلومتر. ويقوم الماسح متعدد الأطياف بتحسس الأهداف في أربعة نطاقات طيفية ولكلا منهم درجة وضوح مكانية تقريبا (60×80) متر ودرجة وضوح راديومترية 6 بت (اي 64 رقم).

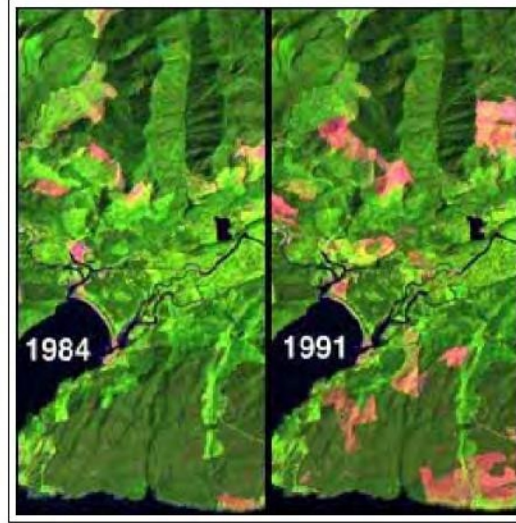
وبدءا من عام 1992 تم ايقاف العمل بالماسح المتعدد MSS وإحلاله بالماسح الموضوعي TM وبالتالي فقد تحسن درجة الوضوح الراديومتري للبيانات حيث بلغت 8 بت (أي 256 رقم) لكل النطاقات. وتبلغ درجة الوضوح المكانية للماسح الموضوعي 30 متر (120 متر لنطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية). استخدمت بيانات TM و MSS في عدد كبير من تطبيقات التحسس النائي والتي تشمل ادارة الموارد و الخرائط و مراقبة البيئة و اكتشاف التغيرات.

نطاقات المتحسس MSS في أقمار لاندسات

طول الموجة (مايكرومتر)	القناة	
	لاندسات ١، ٢، ٣	لاندسات ٤، ٥
٠.٥ - ٠.٦ (أخضر)	MSS 1	MSS 4
٠.٦ - ٠.٧ (أحمر)	MSS 2	MSS 5
٠.٧ - ٠.٨ (تحت الحمراء القريبة)	MSS 3	MSS 6
٠.٨ - ١.١ (تحت الحمراء القريبة)	MSS 4	MSS 7

نطاقات المتحسس TM في أقمار لاندسات

الاستخدام	طول الموجة (مايكرومتر)	القناة
التمييز بين التربة و النباتات، رسم خطوط الشواطئ، تحديد الأهداف العمرانية	٠.٤٥ - ٠.٥٢ أزرق	TM 1
خرائط النبات الأخضر (قمة الانعكاس)، تحديد الأهداف العمرانية	٠.٥٢ - ٠.٦٠ أخضر	TM 2
التمييز بين النباتات و غير النباتات حتي وان كانت خضراء اللون، تحديد الأهداف العمرانية	٠.٦٣ - ٠.٦٩ أحمر	TM 3
تحديد أنواع و صحة و محتوى النباتات، رطوبة التربة	٠.٧٦ - ٠.٩٠ تحت حمراء قريبة	TM 4
رطوبة التربة ورطوبة النبات، التمييز بين المناطق المغطاة بالسحب و المغطاة بالتلوج	١.٥٥ - ١.٧٥ تحت الحمراء المتوسطة 1	TM 5
رطوبة التربة وعمل الخرائط الحرارية	١٠.٤ - ١٢.٥ تحت حمراء حرارية	TM 6
التمييز بين أنواع الصخور والمعادن، محتوى الرطوبة في التربة	٢.٠٨ - ٢.٣٥ تحت الحمراء المتوسطة 2	TM 7



شكل (2-21) مراقبة التغيرات أحد تطبيقات مرئيات لاندسات

يعد لاندسات 8 أحدث أقمار سلسلة لاندسات وتم اطلاقه في 11 فبراير 2013، وهو يمسح الأرض كاملاً كل 16 يوم، وتسمح هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS بالتحميل المجاني لمرئياته بعد 24 ساعة. كما تم اضافة متحسسات جديدة في لاندسات 8 منهم متحسس مصور الأرض الفعال Operational Land Imager (اختصاراً OLI) و متحسس الاشعة تحت الحمراء الحرارية Thermal Infrared Sensor (اختصاراً TIRS).



شكل (2-22) قمر لاندسات 8

نطاقات المتحسسات الجديدة في قمر لاندسات 8

النطاق	طول الموجة (مايكرومتر)	الدقة المكانية (متر)
Band 1 ضباب الشواطئ	٠.٤٣ - ٠.٤٥	٣٠
Band 2 الأزرق	٠.٤٥ - ٠.٥١	٣٠
Band 3 الأخضر	٠.٥٣ - ٠.٥٩	٣٠
Band 4 الأحمر	٠.٦٤ - ٠.٦٧	٣٠
Band 5 تحت الحمراء القريبة	٠.٨٥ - ٠.٨٨	٣٠
Band 6 تحت الحمراء المتوسطة ١	١.٥٧ - ١.٦٥	٣٠
Band 7 تحت الحمراء المتوسطة ٢	٢.١١ - ٢.٢٩	٣٠
Band 8 البانكروماتي	٠.٥٠ - ٠.٦٨	١٥
Band 9 السحاب الرقيق	١.٣٦ - ١.٣٨	٣٠
Band 10 تحت الحمراء الحرارية ١	١٠.٦٠ - ١١.١٩	١٠٠ يعد معالجتها لتصبح ٣٠
Band 11 تحت الحمراء الحرارية ٢	١١.٥٠ - ١٢.٥١	١٠٠ يعد معالجتها لتصبح ٣٠

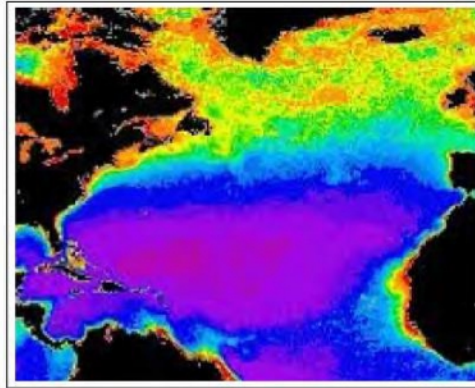
13-2 أقمار و متحسسات أرصاد البحرية

قمر Nimbus-7:

تشكل المحيطات ثلثي الكرة الأرضية وتلعب دوراً هاماً في النظام المناخي العالمي، ومن ثم فتوجد عدة نظم أقمار صناعية مخصصة لدراسة المحيطات. تم اطلاق أول قمر من هذه الفئة (القمر Nimbus-7) في 1978 حاملاً متحسس من نوع الماسح الملون لمناطق الشواطئ Coastal Zone Color Scanner (أو اختصاراً CZCS). يسمح مدار هذا القمر الصناعي بتغطية كاملة للأرض كل ستة أيام، ويتم التحسس في ست نطاقات طيفية بدقة 800 متر كما في الجدول ادناه. استخدمت هذه القياسات لرسم خريطة لتركيز الكلوروفيل في الماء، وتوزيع الرواسب، ودرجة ملوحته، ودرجة حرارة المياه الساحلية والتيارات المحيطية. وقد توقف هذا القمر الصناعي في عام 1986.

نطاقات المتحسس CZCS

القناة	طول الموجة (مايكرومتر)	العناصر المستشعرة
١	٠.٤٣ - ٠.٤٥	امتصاص الكلوروفيل
٢	٠.٥١ - ٠.٥٣	امتصاص الكلوروفيل
٣	٠.٥٤ - ٠.٥٦	المادة العضوية gelbstoff
٤	٠.٦٦ - ٠.٦٨	تركيز الكلوروفيل
٥	٠.٧٠ - ٠.٨٠	النبات السطحي
٦	١٠.٥٠ - ١٢.٥٠	الحرارة السطحية



شكل (23-2) أحد مرئيات أقمار CZCS

14-2 متحسسات أخرى

يوجد أنواع أخرى من المتحسسات الأقل شيوعا لأغراض أخرى من التحسس النائي، ومنها المتحسسات الاتية.

1. الفيديو:

مع أنها أقل من حيث درجة الوضوح المكانية من المرئيات الرقمية، إلا أن كاميرات الفيديو تقدم وسيلة مفيدة للحصول على البيانات. ومن التطبيقات التي تستفيد من الفيديو عمليات مراقبة الكوارث الطبيعية (مثل الحرائق و الفيضانات) وتقدير المحاصيل وأمراضها ومراقبة المخاطر البيئية وأيضا المراقبة الأمنية لأجهزة الشرطة. وتسجل كاميرات الفيديو الاشعاع في النطاق المرئي وأيضا الأشعة تحت الحمراء القريبة وفي بعض الأحيان الأشعة تحت الحمراء المتوسطة.

2. نظم FLIR:

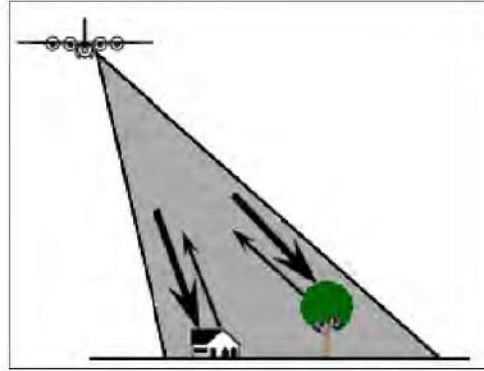
تعمل نظم FLIR (Forward Looking Infrared) اختصار الاشعة تحت الحمراء للحركة الأمامية (مثل المتحسسات الحرارية بنظام ضد المسار ، لكنها تقدم منظر مائل وليس منظر الندير لسطح الأرض. وعادة ما تستخدم هذه المتحسسات في الطائرات أو الهليكوبتر لتحسس المنطقة التي تقع أمام الطائرة. ومن أمثلة تطبيقات هذه المتحسسات عمليات البحث و الانقاذ والعمليات العسكرية و أيضا مراقبة حرائق الغابات.

3. تقنية LiDAR:

تعمل تقنية التحسس و قياس المسافات بالضوء Light Detection And Ranging كنظام تحسس نائي موجب active sensor بطريقة مشابهة للرادار. وهنا يتم اطلاق أشعة ليزر من المتحسس ومن ثم تحسس وقياس الطاقة المنعكسة من الأهداف التي يقع عليها الليزر. وقياس الزمن المستغرق من لحظة الاطلاق الى لحظة عودة الليزر للمتحسس يمكن حساب المسافة بينهما. وبصورة عالية الكفاءة يتم استخدام هذه التقنية في قياس الارتفاعات و أعماق المياه. كما تستخدم هذه التقنية أيضا في دراسات الغلاف الجوي مثل قياس محتوى الجزيئات في كل طبقة من طبقات الغلاف الجوي و مراقبة التيارات الهوائية وتقدير كثافة الهواء.

4. تقنية RADAR:

تعمل تقنية التحسس و قياس المسافات بالراديو Ranging And Detection Radio (الرادار) كمتحسس موجب active sensor, حيث يطلق متحسس الرادار موجات قصيرة الى الأهداف ثم يتحسس الطاقة المنعكسة مرة أخرى. يتكون متحسس الرادار من جهاز بث transmitter حيث يطلق نبضات من المايكروويف الى الأهداف و جهاز استقبال receiver وطبق استقبال أو أنتنا antenna الذي يقوم باستقبال جزء من الطاقة المنعكسة أو المتشتتة من الأهداف المختلفة ونظام الكتروني لمعالجة و تسجيل البيانات. وقياس فرق الزمن بين زمن ارسال النبضات و زمن استقبال المنعكس منها (اي الزمن المستغرق من لحظة اطلاق الاشعة الى لحظة عودة الاشعة للمتحسس) يمكن حساب المسافات بين الرادار و هذه الأهداف. وقياس قوة الإشارة (كمية الطاقة) المنعكسة يمكن التمييز بين عدة أنواع من الأهداف يمكن تكوين مرئية ثنائية الأبعاد لسطح الأرض.

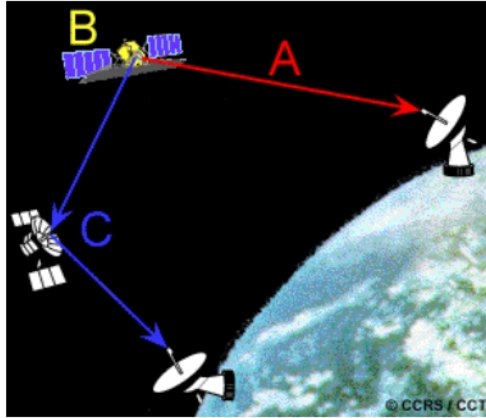


شكل (24-2) مبدأ الرادار في التحسس النائي الموجب بالميكروويف

ومن مميزات متحسسات الرادار أنها تقنية تعتمد على مصدر طاقة خاص بها ومن ثم يمكنها العمل نهاراً أو ليلاً، كما أن الأشعة القصيرة قادرة على اختراق السحب والمطر والعمل في كل الظروف المناخية. تعود فكرة استخدام موجات المايكروويف وانعكاسها من الأهداف إلى العالم Hertz في عام 1886. ومع بداية القرن العشرين تم تطوير أول جهاز رادار لاكتشاف السفن. وفي العشرينات و الثلاثينات من نفس القرن تم التوصل إلى أجهزة الرادار الأرضية لاكتشاف الأهداف من بعد. وفي الحرب العالمية الثانية تم تطبيق رادار المرنّيات لاكتشاف الطائرات و السفن. ثم تلا ذلك تطوير ما يعرف بالرادار الجوي الجانبي side-looking airborne radar (ام اختصارا SLAR) للتطبيقات العسكرية و الاستكشاف. وفي الستينات من القرن العشرين تم ابتكار رادار المنفذ الاصطناعي Radar Aperture Synthetic (او اختصارا SAR) أيضاً للتطبيقات العسكرية. وبعد ذلك بدأ استخدام هذه الأجهزة للتطبيقات و المشروعات المدنية سواء الأجهزة المحمولة جواً أو الأجهزة الفضائية.

15-2 استقبال و بث و معالجة البيانات

في التحسس النائي باستخدام الطائرات فإن البيانات المتحسّسة يتم استرجاعها و تحليلها بمجرد هبوط الطائرة. أما بيانات الأقمار الصناعية فتحتاج للبث الرقمي إلى سطح الأرض وذلك من خلال ثلاثة بدائل: (A) بث البيانات مباشرة إلى محطة استقبال أرضية إذا كانت في مجال رؤية القمر الصناعي، فإن لم تكن المحطة الأرضية في مجال رؤية القمر فيتم تخزين البيانات على متن القمر ذاته لحين بثها للمحطة الأرضية في وقت لاحق (B)، كما يمكن أيضاً إرسال البيانات للمحطة الأرضية من خلال نظام للأقمار الصناعية لحمل و بث البيانات (C)، أي يتم نقل البيانات من قمر صناعي إلى آخر لحين بثها للمحطة الأرضية المناسبة.



شكل (25-2) طرائق بث بيانات التحسس النائي

تصل البيانات للمحطة الأرضية في صورة رقمية خام, وعند الحاجة يتم معالجة هذه البيانات لتصحيح الأخطاء والتشوهات المنتظمة الهندسية وتشوهات الغلاف الجوي ثم وضعها في صورة قياسية. وعادة ما يتم كتابة البيانات على وسائط تخزين مثل الاسطوانات المدمجة CD أو الشرائط من خلال نظام أرشيف تفصيلي معين.