

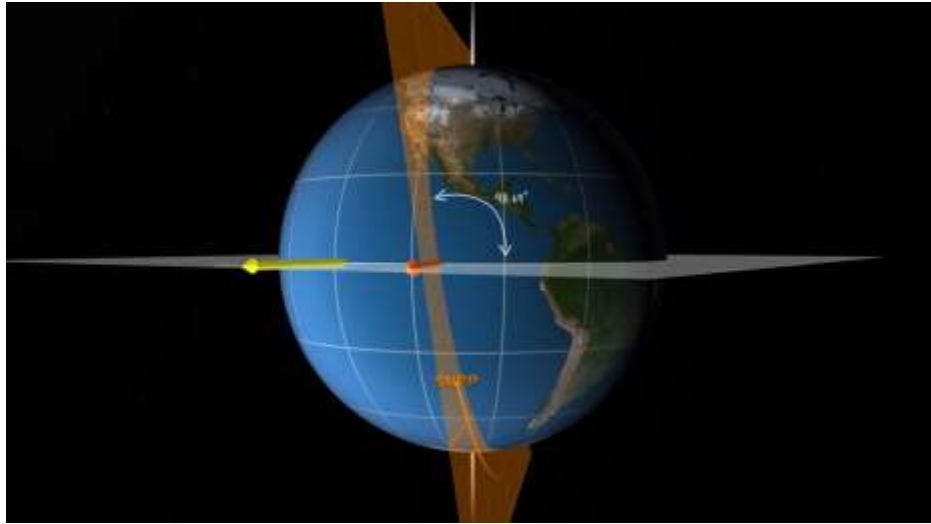
## ما هو الاستشعار عن بعد؟

تلخيص مقال من موقع ناسا: <https://earthdata.nasa.gov/learn/remote-sensing#orbits>

الاستشعار عن بعد هو جمع المعلومات عن بعد. ناسا تراقب الأرض والأجسام الكوكبية الأخرى باستخدام أجهزة الاستشعار عن بعد الموجودة على الأقمار الاصطناعية والمدارات التي تكتشف وتوثق الطاقة المنعكسة أو المنبعثة. ، تتيح المستشعرات عن بُعد ، التي توفر منظورًا عالميًا ووفرة من البيانات حول أنظمة الأرض ، تمكنا من اتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على الوضع الحالي ، وبالتالي التنبؤ بمستقبل كوكبنا.

### مدارات

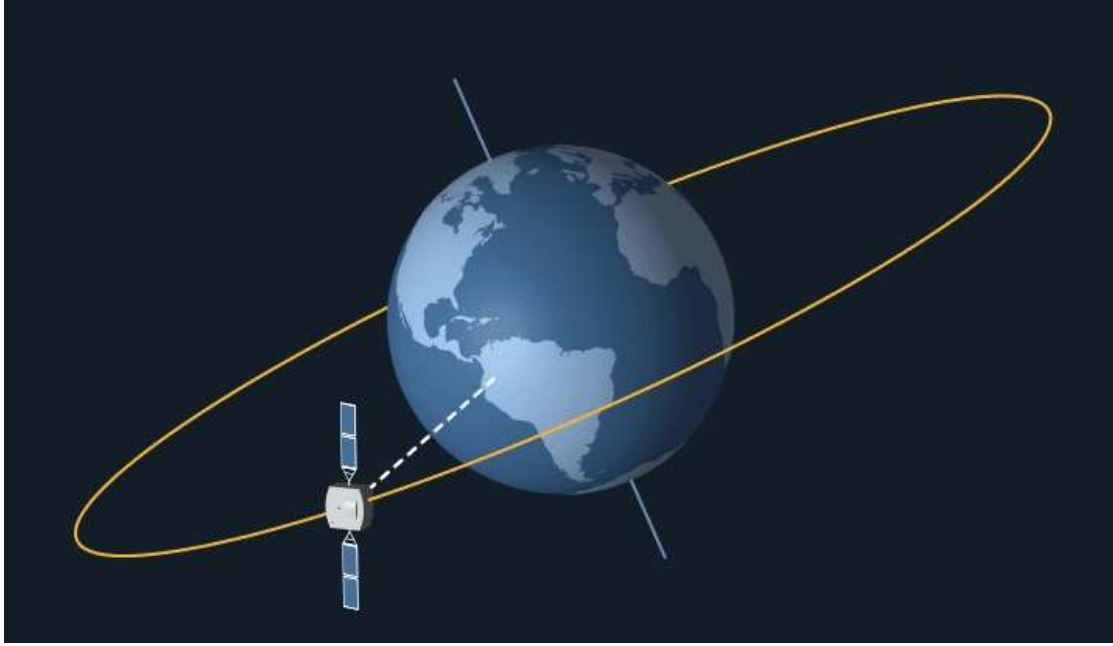
هناك ثلاثة أنواع رئيسية من المدارات التي تتواجد فيها الأقمار الاصطناعية: المدار القطبي. مسار غير قطبي منخفض ومسار جغرافي ثابت.



مستوى الدوران القطبي (JPSS) NOAA / NASA Joint Polar Satellite System مع علامة تصف ميل المسار بمقدار 98.69 درجة.

تقع الأقمار الاصطناعية في المدارات القطبية في مستوى مداري مائل 90 درجة تقريبًا بالنسبة للمستوى الاستوائي. يسمح هذا الاتجاه للقمر الاصطناعي بتصوير الأرض بكاملها ، بما في ذلك المناطق القطبية ، ورصد المواقع التي يصعب الوصول إليها من الأرض. العديد من الأقمار الاصطناعية التي تدور في مدار قطبي متزامنة مع الشمس ، هذا يعني أنه بعد مرور عدد من المدارات يعود القمر الاصطناعي مرارًا وتكرارًا على نفس الأماكن في نفس الوقت من اليوم (في نفس الوقت تقريبًا) وهكذا تبدأ الدورة مرة أخرى كل بضعة أيام. القمر الاصطناعي بول سومي (شراكة NASA مع NOAA) وهو مثال على قمر اصطناعي مدار قطبي يوفر تغطية يومية للعالم.

مدارات غير قطبية في مدار أرضي منخفض (**Low Earth Orbit - LEO**) تقع عادة على ارتفاع أقل من 2000 كم فوق سطح الأرض ، على سبيل المثال - يبلغ ارتفاع محطة الفضاء الدولية حوالي 400 كم. لا توفر هذه المسارات تغطية عالمية ولكنها تغطي مناطق عند خطوط عرض معينة. مهمة بحث هطول الأمطار العالمية (**GPM**) مثال لقمر اصطناعي غير قطبي ، في مدار أرضي منخفض ، يغطي المنطقة الواقعة بين 65 درجة شمالاً و 65 درجة جنوباً.



القمر الصناعي في المدار الثابت بالنسبة للأرض

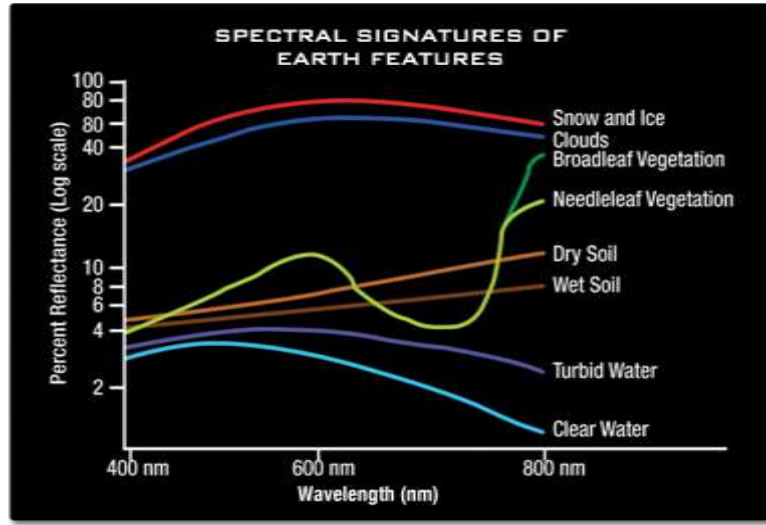
تتم تزامن الأقمار الاصطناعية المستقرة بالنسبة إلى الأرض مع دوران الأرض ومدارها بنفس معدل الدوران: 24 ساعة لكل مدار. لذلك ، فإن هذه الأقمار الاصطناعية دائماً فوق نفس النقطة. تلتقط الأقمار الاصطناعية المستقرة بالنسبة إلى الأرض نفس المنطقة من الأرض في كل لحظة وبالتالي توفر تغطية شبه مستمرة لمنطقة واحدة. الأقمار الاصطناعية الخاصة بالطقس ، مثل سلسلة الأقمار الاصطناعية لرصد البيئي العاملة ذو المدار الثابت بالنسبة إلى الأرض (**GOES**)، هم مثال لهذا النوع من المهام.

### التوقيع الطيفي

المصدر الرئيسي للإشعاع الذي تقيسه الأقمار الاصطناعية هو الشمس. تعتمد كمية الطاقة الشمسية المنعكسة على خشونة السطح ومدى بياضه (مدى انعكاس السطح للضوء بدلاً من امتصاصه). للثلج ، على سبيل المثال بياض مرتفع جداً ، لأنه يسترجع ما يصل إلى 90٪ من الطاقة التي تصله من الشمس ، بينما يعيد المحيط حوالي 6٪ فقط ، وابتلع الباقي. في كثير من الأحيان ، عندما يتم امتصاص الطاقة ، يتم إعادة انبعاثها - بأطوال موجية أطول. على سبيل المثال ، يتم إعادة انبعاث الطاقة التي يمتصها المحيط كأشعة تحت الحمراء.

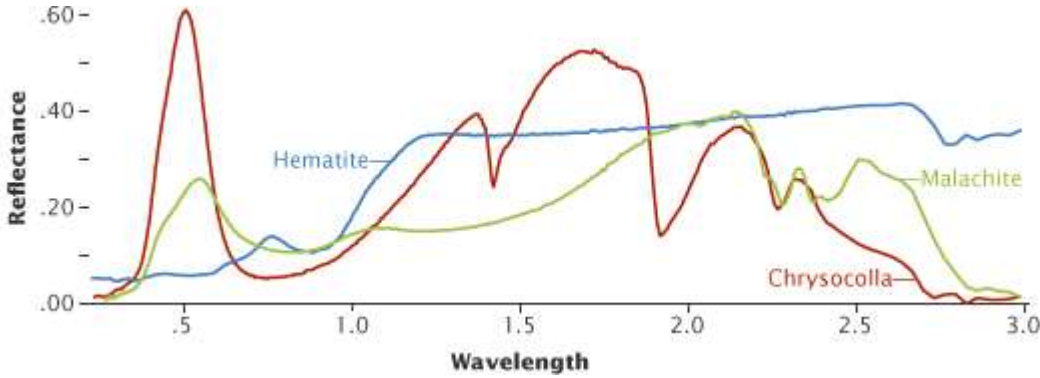
كل الأشياء على الأرض تعود أو تبتلع أو تنقل الطاقة التي يختلف مقدارها وفقاً لطول الموجة. كل مادة لها "بصمة إصبع" فريدة (تماماً كما أن بصمة إصبعك فريدة بالنسبة لك). يمكن للباحثين استخدام هذه المعلومات لتحديد السمات

المختلفة للأرض مثل الأنواع المختلفة من الصخور والمعادن. عدد المجالات الطيفية التي تم تحديدها بواسطة أداة معينة قوت القدرة على التمييز بين المواد المختلفة.



التواقيع الطيفية لخصائص الأرض المختلفة ضمن طيف الضوء المرئي. الصورة من : جيني آين

لمزيد من المعلومات بما في ذلك مقاطع الفيديو المرفقة حول الطيف الكهرومغناطيسي ، شاهد [جولة في الطيف الكهرومغناطيسي](#) التابع لناسا.



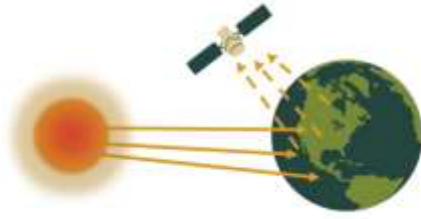
يقارن هذا الرسم البياني انعكاس الضوء من (خام الحديد) وانعكاس الضوء من الملكيت والكريزوكولا (معادن غنية بالنحاس) بدلالة مدى الطول الموجي بين 200 و 3000 نانومتر. صورة ناسا بواسطة روبرت سيمون ، باستخدام البيانات من مختبر التحليل الطيفي USGS .

وذلك لان الحديد والنحاس لهما ألوان مختلفة في الضوء المرئي ، فإن المعادن الغنية بالحديد والنحاس تعكس أو تشتت كمية مختلفة من الضوء في مناطق مختلفة من طيف الأشعة تحت الحمراء.

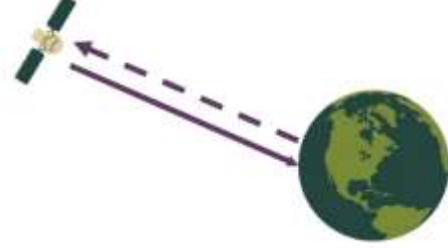
### أنواع المستشعرات

تستخدم أجهزة الاستشعار الموجودة على الأقمار الاصطناعية والطائرات الشمس كمصدر للضوء. بدلاً من ذلك ، يتم مساعدتهم من خلال الإشعاع الذي ينقلونه بأنفسهم. في كلتا الحالتين يقومون بقياس الطاقة المرتجعة / المتناثرة إلى الكاشف. تسمى أجهزة الاستشعار التي تستخدم الطاقة الطبيعية من الشمس أجهزة الاستشعار السلبية ؛ تسمى المستشعرات التي توفر مصدر الإشعاع الخاص بها بأجهزة الاستشعار النشطة.

Passive Sensors



Active Sensors



رسم تخطيطي لجهاز استشعار سلبى مقابل جهاز استشعار نشط

تشمل أجهزة الاستشعار السلبية أنواعًا مختلفة من أجهزة الاستشعار: أجهزة الاستشعار الراديوية - أجهزة الاستشعار التي تقيس شدة الإشعاع الكهرومغناطيسي في نطاقات طيفية مختارة. أجهزة قياس الطيف - أجهزة مصممة لاكتشاف وقياس وتحليل التركيب الطيفي للإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس.

تعمل معظم الأنظمة المنفصلة المستخدمة في تطبيقات الاستشعار عن بعد في الطيف الكهرومغناطيسي للضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء والأشعة تحت الحمراء الحرارية والميكروويف. تقيس هذه المستشعرات درجة حرارة السطح والبحر وخصائص الغطاء النباتي وخصائص السحب وشوائب الجسيمات وغيرها من الخصائص الفيزيائية.

لاحظ أن معظم أجهزة الاستشعار السلبية لا يمكنها اختراق غطاء سحابة كثيف. لذلك ، فإن مراقبة المناطق الاستوائية على سبيل المثال ، حيث الغطاء السحابي الكثيف متكرر ، محدودة.

تقوم العديد من المستشعرات النشطة بنقل والتقاط الصدى والوقت بين الإرسال والاستقبال. بهذه الطريقة تُقاس المسافة من الطبقات التي تعكس الإشعاع الراديوي (يسمى هذا الجهاز بالرادار). تقيس هذه المستشعرات أيضًا ارتفاع الأرض ودرجة التشتت أو الانعكاس من طبقات مختلفة. تعمل معظم المستشعرات النشطة في شريط الميكروويف من الطيف الكهرومغناطيسي ، مما يمنحها القدرة على القياس عبر الغلاف الجوي. هذه الأنواع من أجهزة الاستشعار مفيدة من بين أشياء أخرى لقياس الملاحم العامودية للغبار الجوي (كثافة الجسيمات العائمة على ارتفاعات مختلفة في الغلاف الجوي) ، وهيكل الغابات ، وهطول الأمطار والرياح ، ومناطق المد والجزر ، وطبقات الجليد.

يوفر الرابط [Earthdata Remote Sensors](#) قائمة بجميع المستشعرات السلبية والنشطة المستخدمة في أبحاث علوم الأرض التابعة لوكالة ناسا.

### مميزات مهمة

القرار هو القدرة على فصل التفاصيل. يلعب القرار دورًا في تحديد كيفية استخدام بيانات المستشعر. يعتمد ذلك على مدار القمر الصناعي وتصميم المستشعر. هناك أربعة أنواع من الدقة يجب مراعاتها عند تصميم مهمة الاستشعار عن بعد:

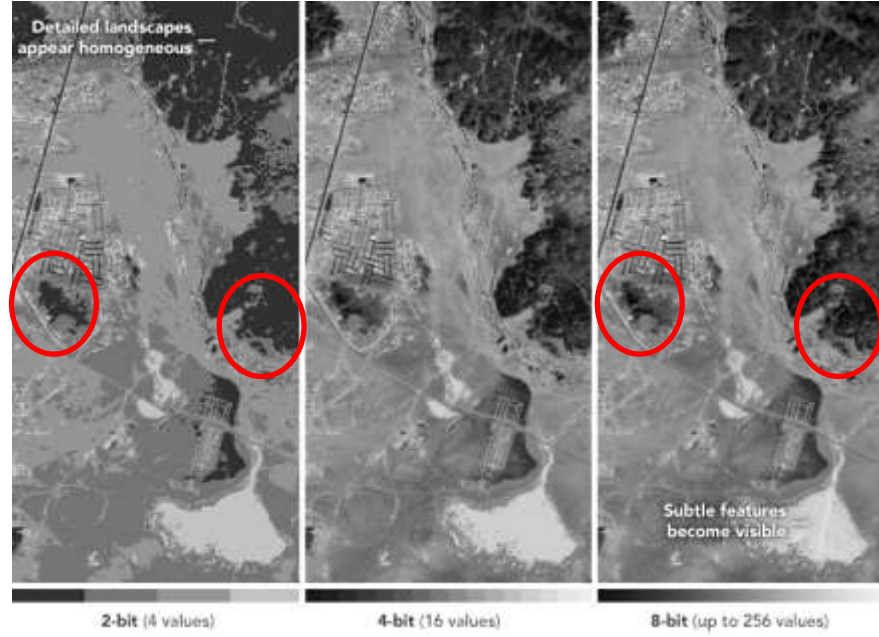
و. الدقة الراديومترية - القدرة على التمييز بين انعكاسات شدة الإشعاع القريبة.

ب. الدقة المكانية - القدرة على التمييز بين التفاصيل المتجاورة جغرافياً.

ج. الدقة الطيفية - القدرة على التمييز بين الانعكاس عند الأطوال الموجية القريبة.

د. الدقة مؤقتة - الفصل بين الأحداث المتجاورة في الوقت المناسب.

**دقة قياس الإشعاع** - كلما زادت دقة قياس الإشعاع ، قل الفرق في كمية الإشعاع المنعكس. على سبيل المثال ، عند تقييم جودة المياه ، يلزم دقة قياس إشعاعي عالية لملاحظة الفروق الدقيقة في المحيط ، والتي يمكن أن تتأثر على سبيل المثال بوجود الطحالب في مناطق معينة. لاحظ الاختلافات بين الصور التالية. يتم قياس دقة قياس الإشعاع بعدد البتات (النقاط) لكل بكسل ويمكن رؤية تأثيرها في الصور التالية:

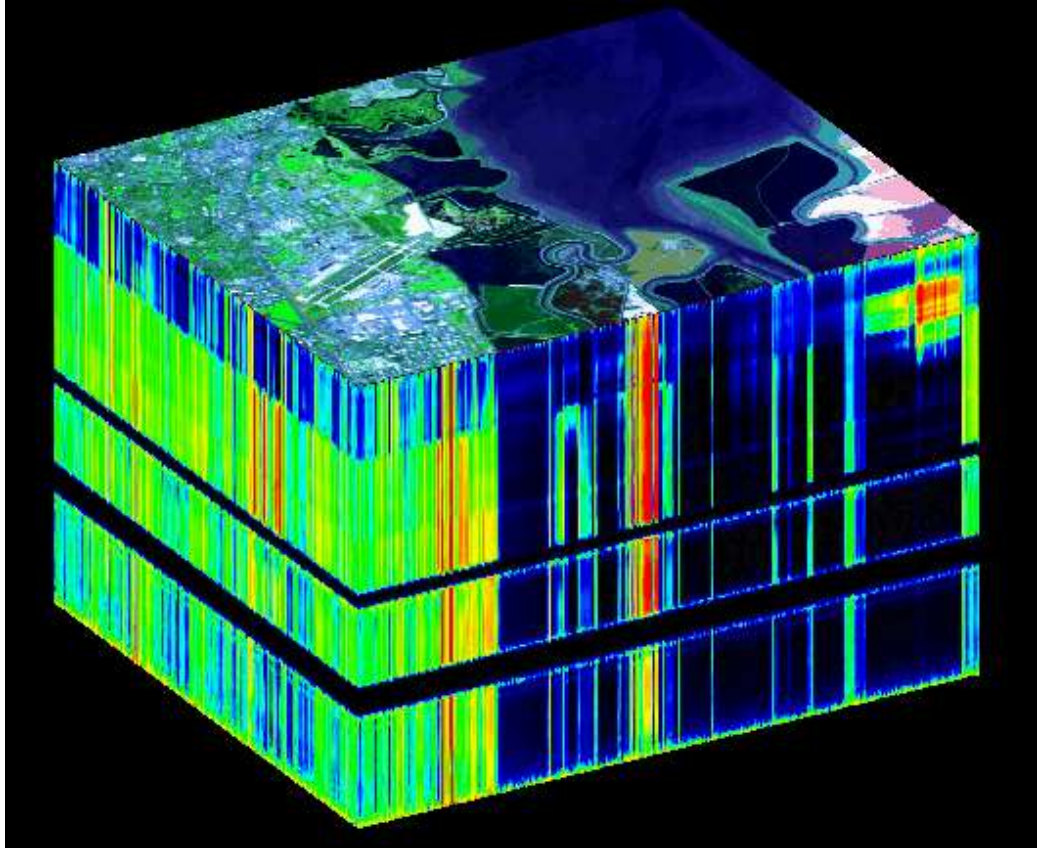


يتم تحديد **الدقة المكانية** من خلال مساحة المنطقة التي يمثلها كل بكسل داخل صورة رقمية ، على سبيل المثال ، معظم المناطق التي يشاهدها جهاز **MODIS** لها دقة مكانية تبلغ كيلومترًا واحدًا ؛ يمثل كل بكسل مساحة 1 كم 2 على الأرض. وكلما زادت الدقة (يغطي البكسل مساحة أصغر) ، ستلاحظ التفاصيل الأصغر في الصورة أدناه يمكنك رؤية الفرق بين الصور بدقة 30 م / بكسل ، 100 م / بكسل و 300 م / بكسل.



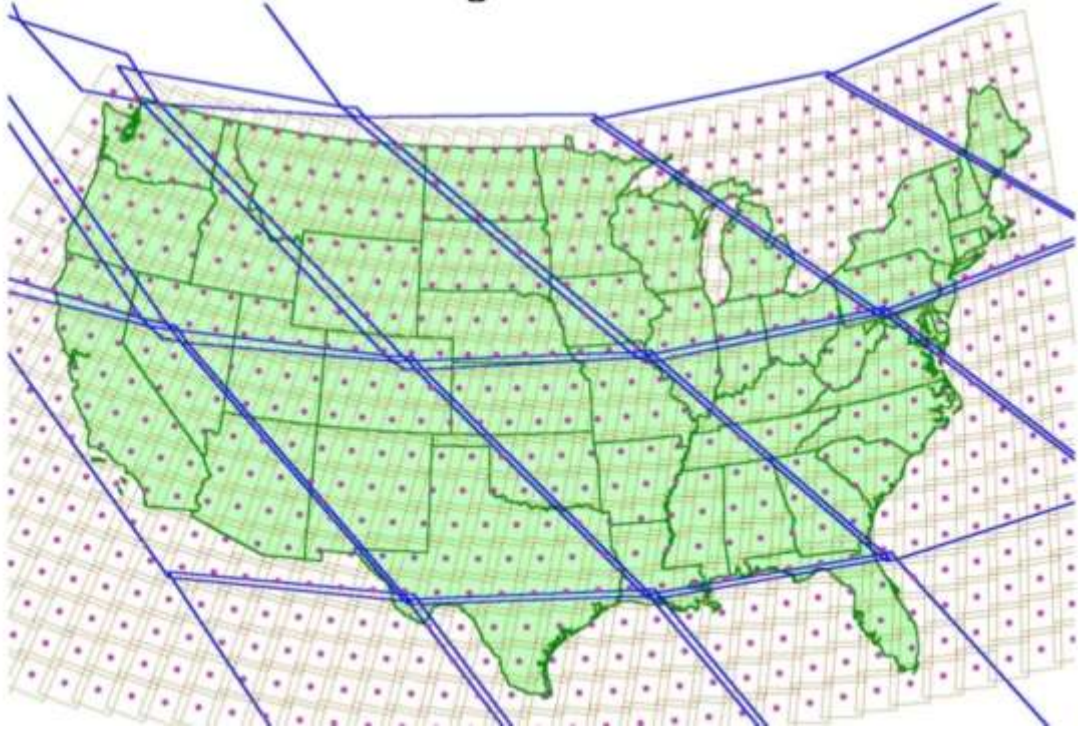
بيانات القمر الاصطناعي لاندسات 8 بتاريخ 7 يوليو 2019 فوق ريكيافيك ، أيسلندا. المعلومات من مرصد الأرض التابع لناسا.

**الدقة الطيفية** هي قدرة المستشعر على تمييز الأطوال الموجية أو الألوان القريبة من بعضها البعض. تميز العين البشرية بين ثلاثة ألوان مختلفة (الأحمر والأزرق والأخضر) ولكن هناك مستشعرات متعددة الأطياف يمكنها تمييز عشرات الألوان المختلفة. هناك أجهزة استشعار فائقة الطيف تحتوي على مئات إلى آلاف القنوات الطيفية المختلفة. كلما كان نطاق الطول الموجي ضيقاً في كل قناة وصغر التداخل بينهما ، كانت الدقة الطيفية (إمكانية فصل الألوان) أفضل. لذلك فإن التمييز بين أجهزة الاستشعار ذات الدقة الطيفية العالية يمكن أن يوفر مزيداً من المعلومات.



التصوير باستخدام مستشعر فائق الطيف هو في الواقع مجموعة من الصور التي تمثل كل صورة صورة بلون مختلف. تمثل الصورة العلوية مجموع كل الصور في المكعب. تم تصوير الشرائح العلوية في المكعب في الجزء المرئي من الطيف (بدءاً من الطول الموجي 400 نانومتر) ، وتم تصوير الجزء السفلي بالأشعة تحت الحمراء (حتى الطول الموجي 2500 نانومتر).

يتم تعريف **الدقة المؤقتة** بالوقت الذي يستغرقه القمر الصناعي لإكمال عدد من الدورات حتى يحوم مرة أخرى فوق نفس النقطة وفي نفس الوقت من اليوم. هذا هو وقت دورة التصوير. تعتمد هذه الدقة على المسار وعرض مجال رؤية المستشعر. كلما صغر حجم "البلاط" الذي يغطيه القمر الصناعي ، زاد عدد الهفوات التي يتعين عليه القيام بها حتى يعود لتصوير نفس المنطقة في ذلك الوقت من اليوم. نظراً لأن حركة الأقمار الاصطناعية المستقرة بالنسبة إلى الأرض تطابق سرعة دوران الأرض ، فإن الدقة الزمنية عالية والقدرة التصويرية لمنطقة معينة مستمرة تقريباً. الأقمار الاصطناعية في المدارات القطبية (انظر الصورة الأولى في المقالة ، المدار باللون البرتقالي) لها دقة مؤقتة منخفضة ، والتي يمكن أن تتراوح من يوم واحد إلى 16 يوماً. على سبيل المثال ، تتمتع MODIS بدقة مؤقتة تتراوح من يوم إلى يومين ، مما يسمح لنا بعرض خريطة توضح خصائص الأرض التي تتغير من يوم لآخر. من ناحية أخرى ، فإن Landsat لديها عرض حقل أضيق ودقة مؤقتة تبلغ 16 يوماً ، وبالتالي لا تظهر التغييرات اليومية ولكن التغييرات نصف الأسبوعية.



يقوم القمران بتصوير الأرض بأكملها. كل صورة مُمثلة ببلاط في الصورة ، باللون الأزرق توجد مربعات MODIS مقارنة ببلاطات القمر الاصطناعي لاند سات ممثلة بمستطيلات صفراء مع نقطة أرجوانية في الوسط. القمر الاصطناعي موديس لديها مساحة أخذ عينات أكبر بكثير من القمر الاصطناعي لاندسات ؛ السماح بحل مؤقت من يوم إلى يومين مقارنة بالقمر الاصطناعي Landsat لمدة 16 يوماً مع التركيز على المناطق الأصغر.

السؤال الذي يطرح نفسه ، لماذا لا نبني مستشعراً بدقة إشعاعية ومكانية وطيفية وزمنية عالية؟

لا يمكن دمج كل الميزات التي تريدها في قمر صناعي واحد. على سبيل المثال: للحصول على معلومات عالية الدقة (مثل القمر الاصطناعي Landsat) ، يلزم وجود منطقة تصوير أضيق. ومع ذلك ، تتسبب منطقة التصوير الضيقة في مرور المزيد من الوقت بين معلومات في منطقة معينة ونتيجة لذلك تكون الدقة المؤقتة أقل. لذلك على الباحثين التنازل عن الدقة في ميزة معينة للحصول على دقة في ميزة أخرى. من المهم جداً فهم نوع البيانات المطلوبة لكل دراسة. على سبيل المثال ، عندما ندرس الطقس ، وهو ديناميكي للغاية بمرور الوقت ، فإن الدقة الزمنية العالية أمر بالغ الأهمية. عند التحقيق في التغييرات في الغطاء النباتي الموسمي ، يمكن التضحية بدقة مؤقتة عالية لصالح دقة طيفية أعلى و / أو استبانة مكانية.

### تفسير الصورة

بعد جمع البيانات ، تتم معالجتها في صور بمجموعات مختلفة من المجالات الطيفية التي تؤكد على الظواهر المختلفة. يجب تحليل الصور وتفسيرها. لمساعدتهم في اتخاذ قرارات مختلفة مهمة لإدارة الموارد الزراعية على سبيل المثال أو لتقدير مدى الكوارث. هناك عدة تأكيدات لتحليل الصور وتفسيرها:

1. تعرف على حجم الصورة - (تحديد حجم مجال الرؤية) - في هذا النهج ، هناك اعتبارات مختلفة تعتمد على الدقة المكانية للصورة. يوفر كل مجال من مجالات الرؤية ميزات مختلفة ذات أهمية. على سبيل

المثال ، عند مراقبة فيضان ، ستظهر طريقة عرض تفصيلية عالية الدقة المنازل والشركات التي تحيط بها المياه. سيظهر مجال الرؤية الأوسع أجزاء المقاطعة أو المدينة التي غمرتها المياه وقد يُظهر أيضًا مصدر المياه. ستظهر رؤية أوسع المنطقة بأكملها - نظام النهر المغمور أو سلاسل الجبال والوديان التي تؤثر على التدفق. ستظهر نظرة على نصف الكرة الأرضية حركة أنظمة الطقس المرتبطة بالفيضانات.

2. مقارنة الأنماط والأشكال والأنسجة - يسهل التعرف على العديد من الميزات بناءً على النمط أو شكلها. على سبيل المثال المناطق الزراعية لها شكل هندسي - الدوائر أو المستطيلات والخطوط المستقيمة عادة من صنع الإنسان ، مثل المباني أو الطرق أو القنوات.

3. إعداد اللون - عند استخدام اللون للتمييز بين الميزات ، من المهم معرفة مجموعة القنوات الطيفية المستخدمة لإنشاء الصورة. الصور الملونة الحقيقية أو الطبيعية بثلاث قنوات من الأحمر والأخضر والأزرق ، هي في الأساس ما نراه بأعيننا إذا نظرنا من الفضاء. يختلف لون الغابات المتساقطة الأوراق وفقًا للموسم وبالتالي يختلف اللون في الصورة: في الربيع والصيف - أخضر فاتح ؛ في الخريف - برتقالي ، أصفر ؛ وفي الشتاء - الحرارة. مثال آخر: الأرض العارية عادة ما تكون ذات لون بني ؛ ومع ذلك ، فإن لونه يعتمد على تركيبته المعدنية. أحياناً يكون للأسطح المختلفة نفس اللون على سبيل المثال: الجليد والثلج أبيضان ، ولكن السحب بيضاء أيضاً. سيؤدي اختيار الألوان المناسبة إلى تسهيل فصلها عن طريق طرق التحليل الطيفي. من المهم العثور على قنوات الألوان المناسبة التي ستنجح لك التمييز بين التفاصيل المختلفة.

4. استخدام المعلومات التي حصلنا عليها - يساعد التعرف على المنطقة التي تراقبها في تحديد معالمها. على سبيل المثال ، معرفة أن المنطقة قد تم حرقها مؤخراً يمكن أن يساعد في تحديد سبب اختلاف الغطاء النباتي فيها قليلاً.