التحسس النائي Remote Sensing

المحتويات:

1. أساسيات التحسس النائي.
2. أجهزة الأستشعار.
3. تحليل الصور.
4. التطبيقات في التحسس النائي.

Reference: Principles of Remote Sensing (editors: Klaus Tempfile et.al.)

1. أساسيات التحسس النائي Fundamentals of Remote Sensing

1.1. تعريف التحسس النائي:

التحسس النائي (الأستشعار عن بُعد) هو العلم للحصول على معلومات حول سطح الأرض دون الاتصال به فعلياً. ويتم ذلك عن طريق استشعار وتسجيل الطاقة المنعكسة أو المنبعثة ومعالجة تلك المعلومات وتحليلها وتطبيقها.

1.2. عناصر التحسس النائي:

أن عمليات الأستشعار عن بُعد يجب أن تتضمن سبعة عناصر رئيسية (انظر الشكل 1).

1. مصدر طاقة كهرومغناطيسية Source of Electromagnetic Energy (A)

يجب أن يتوفر مصدر طاقة كهرومغناطيسية لأضاءة الهدف قيد الدراسة.

2. الغلاف الجوي Atmosphere (B)

الغلاف الجوي يمثل الوسط الذي ينتقل فيه الطاقة الكهرومغناطيسية من المصدر الى الهدف وثم من الهدف الى المستشعر وأن هذه الطاقة ستتفاعل أيضاً مع الغلاف الجوي. أن هذا الأنتقال والتفاعل يستغرق اقل من ثانية واحدة.

3. التفاعل مع الهدف Interaction with the Target (C)

عند أنتقال الطاقة الكهرومغاطيسية من المصدر الى الهدف فأن الأشعاع يتفاعل مع الهدف أعتماداً على خصائص كل من الهدف والأشعاع.

4. **تسجيل الطاقة بواسطة المستشعر (D) Recording of Energy by the Sensor**

يعمل المستشعر بجمع وتسجيل الأشعاع الكهرومغناطيسي بعد تشتته أو أنعكاسه من الهدف.

5. **الإرسال والاستقبال والمعالجة (E) Transmission, Reception, and Processing**

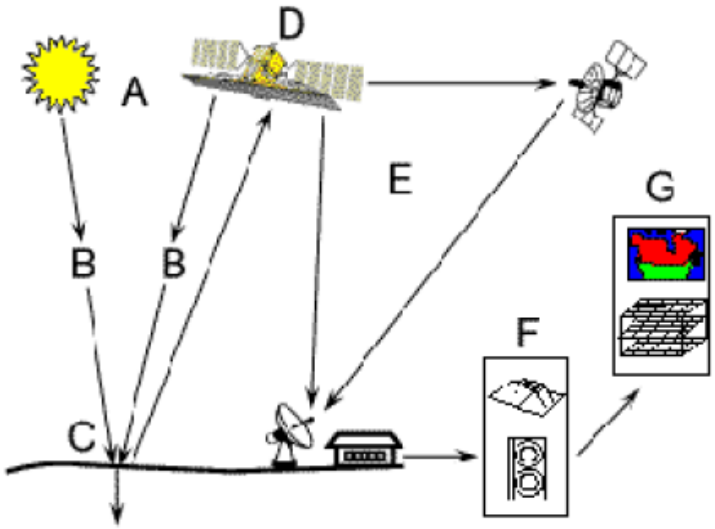
تتضمن عمليات الأستشعار عن بعد نقل البيانات الرقمية المسجلة بواسطة المستشعر إلى محطة الاستقبال والمعالجة حيث تتم معالجة البيانات في صورة.

6. **التفسير والتحليل (F) Interpretation and Analysis**

يتم تفسير الصورة المعالجة ، بصريًا أو رقميًا أو إلكترونيًا ، لاستخراج معلومات حول الهدف الذي تم إضاءته.

7. **التطبيق (G) Application**

تطبيق المعلومات التي تم أستخلاصها من الصور حول الهدف من أجل فهمه بشكل أفضل أو الكشف عن بعض المعلومات الجديدة أو المساعدة في حل مشكلة معينة.

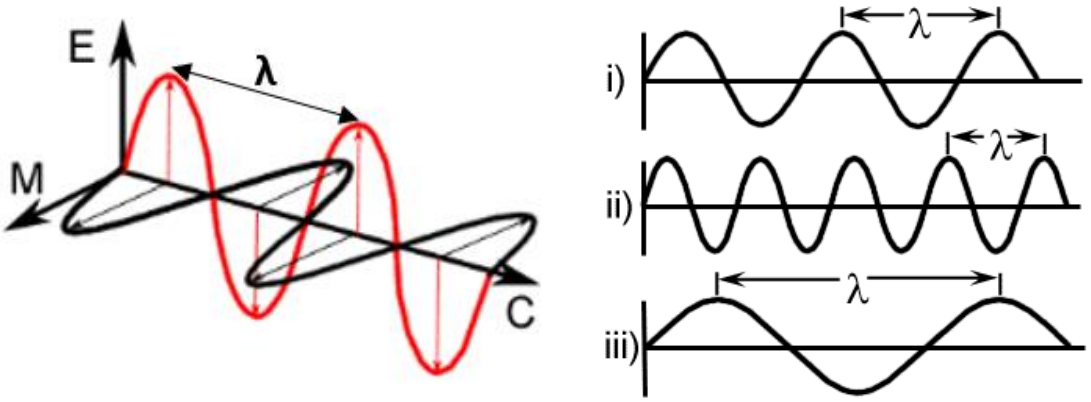


الشكل (1) رسم تخطيطي يبين عناصر الأستشعار عن بعد

1.3. الأشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation

- أهم متطلبات عمليات الأستشعار عن بُعد هو مصدر طاقة لأضاءة الهدف. هذه الطاقة هي في شكل إشعاع كهرومغناطيسي.
- يتكون الإشعاع الكهرومغناطيسي من مجال كهربائي (E) يختلف في الحجم في اتجاه عمودي على الاتجاه الذي ينتقل فيه الإشعاع ، ومجال مغناطيسي (M) موجه بزوايا قائمة على المجال الكهربائي. يتحرك كلا المجالين بسرعة الضوء (C).

- الطول الموجي (Wavelength) والتردد (Frequency) أهم خاصيتين للأشعاع الكهرومغناطيسي لفهم الأستشعار عن بُعد.
- الطول الموجي هو طول دورة الموجة الواحدة ويرمز لها (λ). يقاس الطول الموجي بالأمتار (م) أو أجزاء المتر.
- يشير التردد إلى عدد دورات الموجة التي تمر بنقطة ثابتة لكل وحدة زمنية. يُقاس التردد عادةً بالهرتز (Hz) ، أي ما يعادل دورة واحدة في الثانية ، ومضاعفات مختلفة من هرتز.
- يرتبط الطول الموجي (λ) والتردد (ν) بالعلاقة التالية $c = \lambda.\nu$ حبيث c تمثل سرعة الضوء (الأشعاع الكهرومغناطيسي) وتساوي 3×10^8 km/s .
- يرتبط الاثنان عكسيا ببعضهما البعض. كلما كان الطول الموجي أقصر ، كلما زاد التردد والعكس صحيح. يعد فهم خصائص الإشعاع الكهرومغناطيسي من حيث الطول الموجي والتردد أمرًا بالغ الأهمية لفهم المعلومات التي سيتم استخراجها من بيانات الاستشعار عن بُعد.



الشكل (2) خصائص الموجة الكهرومغناطيسية

1.4. الطيف الكهرومغناطيسي The Electromagnetic Spectrum

- يمتد الطيف الكهرومغناطيسي من الأطوال الموجية القصيرة عند أشعة كاما الى الأطوال الموجية الطويلة عند الموجات الراديوية.
- هنالك سبع مناطق رئيسية في الطيف الكهرومغناطيسي التي يكون البعض منها مفيدة للأستشعار عن بُعد كما مبين في الشكل (3):

1. الطيف المرئي The visible

تغطي الأطوال الموجية المرئية نطاقاً من حوالي 0.4 µm إلى 0.7 µm . أطول طول موجي مرئي هو اللون الأحمر والأقصر هو البنفسجي. أن الضوء هو الجزء الوحيد من الطيف الذي يمكن أن تكتشفه أعيننا ويمكن ربطه بمفهوم الألوان ويمثل مدى صغير جداً من الطيف الكهرومغناطيسي بالنسبة لبقية الأطياف.

2. الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet (UV)

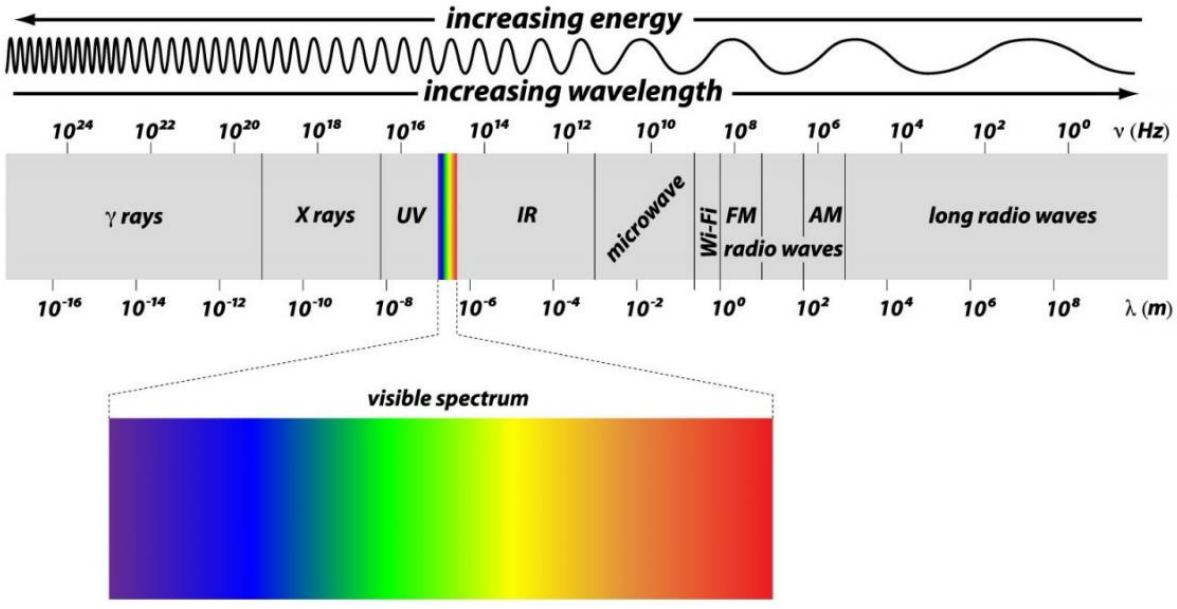
يمتلك جزء الفوق البنفسجي من الطيف أطوال موجية أقصر من اللون البنفسجي من الطيف المرئي. تمتد الأطوال الموجية من حوالي 0.01 µm الى 0.4 µm . يعتبر هذا الجزء من الطيف مفيد عملياً للأستشعار عن بُعد حيث أن بعض المواد الموجودة على سطح الأرض ، وخاصة الصخور والمعادن ، تتوهج أو تصدر ضوءاً مرئياً عند إضاءتها بواسطة الأشعة فوق البنفسجية.

3. الطيف تحت الحمراء Infrared (IR)

- تمتد الأطوال الموجية للمنطقة تحت الحمراء من حوالي 0.7 µm الى 100 µm .
- يمكن أن تقسم المنطقة تحت الحمراء الى فئتين أستناداً الى خصائص الطيف وهما تحت الحمراء المنعكسة (reflected IR) والحرارية أو المنبعثة (emitted or thermal IR).
- يستخدم الأشعاع في منطقة تحت الحمراء المنعكسة لعمليات الأستشعار عن بعد ويمتد هذا الطيف من 0.7 µm الى 3.0 µm .
- تمثل الأشعة تحت الحمراء الحرارية الإشعاع المنبعث من سطح الأرض على شكل حرارة. تغطي الأشعة تحت الحمراء الحرارية أطوال موجية من حوالي 3.0 µm إلى 100 µm.

4. الميكروويف Microwave

تمتد الأطوال الموجية لمنطقة الميكروويف من حوالي 1 mm إلى 1 m. يغطي هذا الطيف أطول الأطوال الموجية المستخدمة في الاستشعار عن بُعد. الأطوال الموجية الأقصر لها خصائص مشابهة لمنطقة الأشعة تحت الحمراء الحرارية بينما تقترب الأطوال الموجية الأطول من الأطوال الموجات الرادوية.



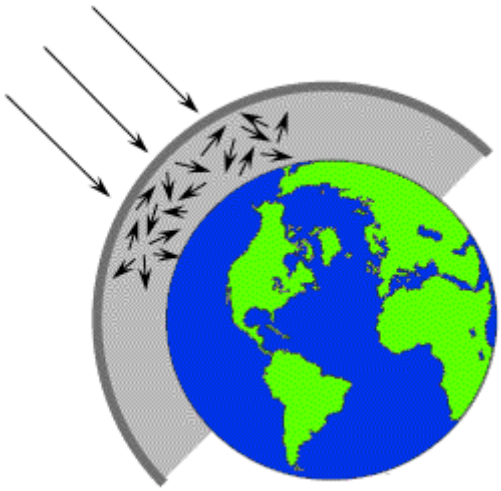
الشكل (3) أطياف الأشعاع الكهرومغناطيسي

1.5. تفاعلات الأشعاع مع الغلاف الجوي Interactions of radiation with the atmosphere

يواجه الأشعاع الكهرومغناطيسي أثناء أنتقالة خلال الغلاف الجوي على طول المسار من المصدر الى الهدف على سطح الأرض سلسلة من التأثيرات نتيجة التفاعلات مع الجسيمات والغازات في الغلاف الجوي. هذه التأثيرات هي نتيجة آليات التشتت (Scattering) والأمتصاص (Absorption).

1.5.1. التشتت Scattering

يحدث التشتت عندما تتفاعل الجسيمات أو جزيئات الغاز الكبيرة الموجودة في الغلاف الجوي مع الإشعاع الكهرومغناطيسي وتتسبب في أنحراف مسار الإشعاع من مساره الأصلي (أنظر الشكل 4). يعتمد مقدار التشتت الذي يحدث على عدة عوامل بما في ذلك الطول الموجي للإشعاع ، ووفرة الجسيمات أو الغازات ، والمسافة التي يقطعها الإشعاع عبر الغلاف الجوي. هناك ثلاثة أنواع من التشتت:



الشكل (4) تشتت الأشعاع الكهرومغناطيسي

1. **تشتت رايلي Rayleigh scattering**

- يحدث تشتت رايلي عندما تكون الجسيمات صغيرة جداً مقارنة بطول موجة الإشعاع.
- يمكن أن تكون هذه جسيمات مثل الغبار أو جزيئات النيتروجين والأوكسجين.
- يسبب تشتت رايلي في تشتت أطوال موجية الأقصر أكثر بكثير من الأطوال الموجية الأطول.
- تشتت رايلي هو آلية التشتت السائدة في الغلاف الجوي العلوي. حقيقة أن السماء تظهر زرقاء أثناء النهار هي بسبب هذه الظاهرة.

2. تشتت مي Mie scattering

- يحدث تشتت مي عندما تكون الجسيمات بنفس حجم الطول الموجي للإشعاع.
- يعد الغبار وحبوب اللقاح والدخان وبخار الماء من الأسباب الشائعة لتشتت مي والتي تميل إلى التأثير على أطوال موجية أطول من تلك التي تتأثر بتشتت رايلي.
- يحدث تشتت مي في الغالب في الأجزاء السفلية من الغلاف الجوي حيث تكون الجسيمات الأكبر أكثر وفرة.

3. تشتت غير أنتقائي Nonselective scattering

- يحدث تشتت غير أنتقائي عندما تكون الجسيمات أكبر بكثير من الطول الموجي للإشعاع.
- يمكن أن تسبب قطرات الماء وجزيئات الغبار الكبيرة هذا النوع من التشتت.
- سمي بالتشتت غير أنتقائي من حقيقة أن جميع الأطوال الموجية مبعثرة بشكل متساوٍ. يتسبب هذا النوع من التشتت في ظهور الضباب والغيوم باللون الأبيض لأعيننا لأن الضوء الأزرق والأخضر والأحمر جميعها مشتتة بشكل متساوٍ تقريبًا.

1.5.2. الأمتصاص Absorption

الأمتصاص هي ظاهرة أمتصاص طاقة الاشعة الكهرومغناطيسية بأطوال موجية مختلفة بواسطة الجزيئات في الغلاف الجوي. الأوزون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء هي العناصر الثلاثة الرئيسية لمكونات الغلاف الجوي التي تمتص الإشعاع.

- **الأوزون Ozone**

يعمل الأوزون على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية الضارة (لمعظم الكائنات الحية) من الشمس. بدون هذه الطبقة الواقية في الغلاف الجوي ، ستحترق بشرتنا عند تعرضها لأشعة الشمس.

- **ثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide**

يميل ثاني أكسيد الكربون إلى امتصاص الإشعاع بقوة في جزء الأشعة تحت الحمراء البعيدة من الطيف - تلك المنطقة المرتبطة بالتسخين الحراري - والتي تعمل على حبس هذه الحرارة داخل الغلاف الجوي.

- **بخار الماء Water vapour**

يمتص بخار الماء في الغلاف الجوي الكثير من الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة والموجات القصيرة.

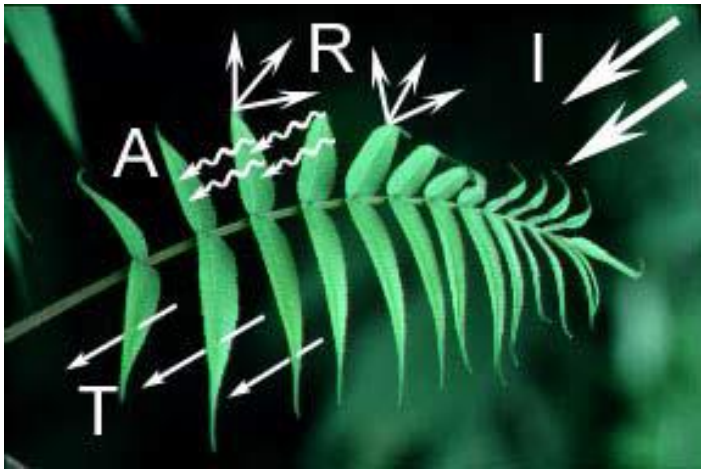
النوافذ الجوية Atmospheric windows

هي مناطق الطيف الكهرومغناطيسي التي لا تتأثر بشدة بامتصاص الغلاف الجوي وبالتالي تكون مفيدة لأجهزة الاستشعار عن بعد. على سبيل المثال:

- الجزء المرئي من الطيف يتوافق مع كل من نافذة الغلاف الجوي ومستوى طاقة الذروة للشمس.
- الطاقة الحرارية المنبعثة من الأرض تتوافق مع نافذة حوالي 10 ميكرومتر في جزء الأشعة تحت الحمراء الحرارية من الطيف
- ترتبط النافذة الكبيرة بأطوال موجية تتجاوز 1 مم بمنطقة الميكروويف.

1.6. تفاعل الأشعاع مع الهدف Interacting the radiation with the target

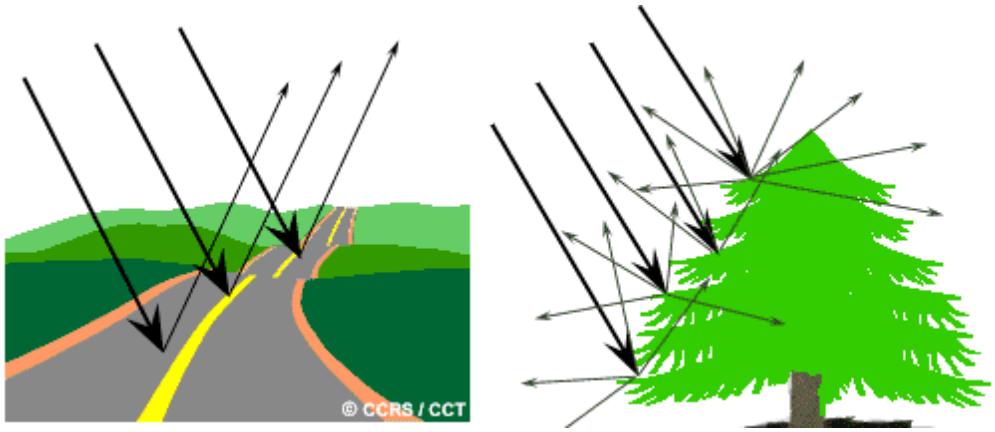
- يمكن للإشعاع الذي لا يُمتص أو يتناثر في الغلاف الجوي أن يصل إلى سطح الأرض ويتفاعل معه.
- هناك ثلاثة أشكال من التفاعل يمكن أن تحدث عندما يسقط الأشعاع (I) على السطح. هي: امتصاص ((Absorption (A) والانتقال ((Transmission (T) والانعكاس ((Reflected (R).
- سوف تتفاعل طاقة الساقط الكلية مع السطح بطريقة واحدة أو أكثر من هذه الطرق الثلاث. ستعتمد نسب كل منها على الطول الموجي للطاقة والمادة وخصائص المادة للهدف.
- يحدث الامتصاص عندما يتم امتصاص الإشعاع في الهدف بينما يحدث الأنتقال عندما يمر الإشعاع عبر الهدف. يحدث الانعكاس عندما يرتد الإشعاع عن الهدف ويعاد توجيهه.
- في الاستشعار عن بعد ، يهتم بقياس الإشعاع المنعكس من الأهداف.
- هناك نوعين من الانعكاس ، والتي تمثل الطريقة التي تنعكس بها الطاقة من الهدف: الانعكاس المرآوي والانعكاس المنتشر.



الشكل (5) يوضح أشكال تفاعل الطاقة الكهرومغناطيسية مع الهدف

الانعكاس المرآوي والانعكاس المنتشر specular reflection and diffuse reflection

- عندما يكون السطح أملساً ، نحصل على انعكاس مرآوي أو شبيه بالمرآة حيث يتم توجيه كل (أو تقريباً كل) الطاقة بعيداً عن السطح في اتجاه واحد.
- يحدث الانعكاس المنتشر عندما يكون السطح خشناً وتنعكس الطاقة بشكل موحد تقريباً في جميع الاتجاهات.
- تقع معظم سمات سطح الأرض في مكان ما بين العاكسات المرآوية تمامًا أو العاكسات المنتشرة تمامًا.
- يعتمد ما إذا كان هدف معين يعكس الأشعاع بشكل مرآوي أو منتشر على خشونة السطح بالمقارنة مع الطول الموجي للإشعاع الوارد.
- إذا كانت الأطوال الموجية أصغر بكثير من الاختلافات السطحية أو أحجام الجسيمات التي تشكل السطح ، فإن الانعكاس المنتشر سيسود.
- على سبيل المثال ، قد تبدو الرمال الدقيقة ناعمة إلى حد ما إلى الموجات الدقيقة ذات الطول الموجي الطويل ، ولكنها ستبدو خشنة جداً بالنسبة للأطوال الموجية المرئية.



الشكل (6) يوضح الأنعكاس المرآوي (الأيسر) والمنتشر (الأيمن)

مثالين على الأهداف عند سطح الأرض:

الأوراق Leaves

- مركب كيميائي في الأوراق يسمى الكلوروفيل يمتص بقوة الإشعاع في الأطوال الموجية الحمراء والزرقاء ولكنه يعكس الأطوال الموجية الخضراء.
- تظهر الأوراق لنا أكثر خضرة في الصيف ، عندما يصل محتوى الكلوروفيل إلى أقصى حد. في الخريف ، يوجد محتوى أقل من الكلوروفيل في الأوراق ، لذلك يكون الأنعكاس أكثر نسبيًا للأطوال الموجية الحمراء ، مما يجعل الأوراق تظهر حمراء أو صفراء.
- يعمل الهيكل الداخلي للأوراق الصحية كعاكسات منتشرة ممتازة لأطوال موجات الأشعة تحت الحمراء القريبة.
- يعد قياس الانعكاس القريب من الأشعة تحت الحمراء ومراقبته إحدى الطرق التي يمكن للعلماء من خلالها تحديد مدى صحة (أو عدم صحة) الغطاء النباتي.

الماء Water

- يمتص الماء الطول الموجي المرئي الأطول والأشعة تحت الحمراء القريبة أكثر من الأطوال الموجية المرئية الأقصر. وبالتالي ، يبدو الماء عادةً باللون الأزرق أو الأخضر المزرق بسبب الانعكاس الأقوى عند هذه الأطوال الموجية الأقصر.
- إذا كانت هناك رواسب معلقة موجودة في الطبقات العليا من الجسم المائي سيظهر اللون الظاهر للماء تحولا طفيفا لأطوال موجية أطول.
- إذا كانت المياه الضحلة (ولكن الصافية) يمتص الكلوروفيل الموجود في الطحالب المزيد من الأطوال الموجية الزرقاء ويعكس اللون الأخضر ، مما يجعل لون الماء يبدو أكثر اخضراراً عند وجود الطحالب.

الأستجابة الطيفية Spectral response

- الأستجابة الطيفية هي مقدار ونوع الطاقة الكهرومغناطيسية التي تنعكس (أو تنبعث) من الأهداف على سطح الأرض عند مجموعة متنوعة من الأطوال الموجية المختلفة.
- تعتمد الأستجابة الطيفية على التركيب المعقد للهدف الذي يتم النظر إليه ، وأطوال موجات الإشعاع المعنية.
- يمكن بناء استجابة طيفية لجسم بمقارنة أنماط الاستجابة للسمات المختلفة.
- يمكن أن تكون الاستجابة الطيفية متغيرة تمامًا حتى لنفس الهدف ، ويمكن أن تختلف أيضًا مع الوقت والموقع.