محاضرات فى الإستشعار من بعد:

مفاهيم أساسية

وسام الدين محمد

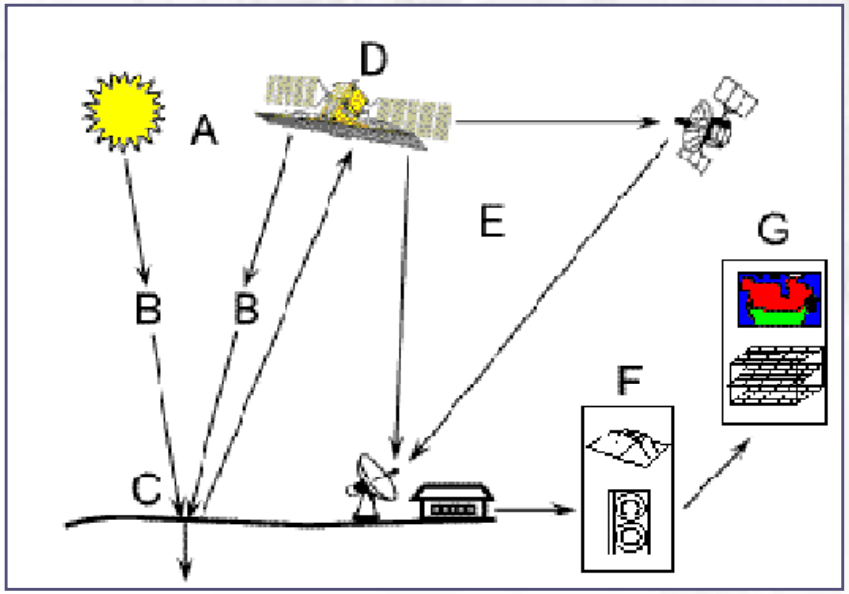
ما هو الإستشعار من بعد

- تستخدم ألفاظ عدة للإشارة إلى المصطلح الإنجليزي Remote Sensing منها "الإستشعار من بعد" و"الإستشعار عن بعد" و"التحسس النائى" والترجمة الأولى هي الأكثر شيوعاً.
- جرى إستخدام اللفظ Remote Sensing لأول مرة في خمسينات القرن العشرين بواسطة أخصائية رسم الخرائط البحرية إيفيلين بروت Evelyn Pruitt لدى مكتب أبحاث الأسطول بالولايات المتحدة U.S. Office of Naval Research (ONR).
- يستخدم المصطلح الإستشعار من بعد للإشارة إلى:
  - العلم الذي يهتم بمسائل إستخدام تقنيات التصوير الجوي أو الفضائي في مجال رسم وتحديث الخرائط.
  - العلم الذي يهتم بالتفسير الصور الجوية والفضائية.
  - العلم الذي يهتم:
    - طرق جمع البيانات عن الكائنات أو الظواهر على سطح الأرض أو سطح الأرض نفسه بإستخدام مجسات Sensors بعيدة عن هذا السطح.
    - طرق تحليل وتفسير هذه البيانات.
    - تطوير وتحسين أساليب جمع البيانات وكذلك تفسيرها.

المفهوم العام للإستشعار من بعد

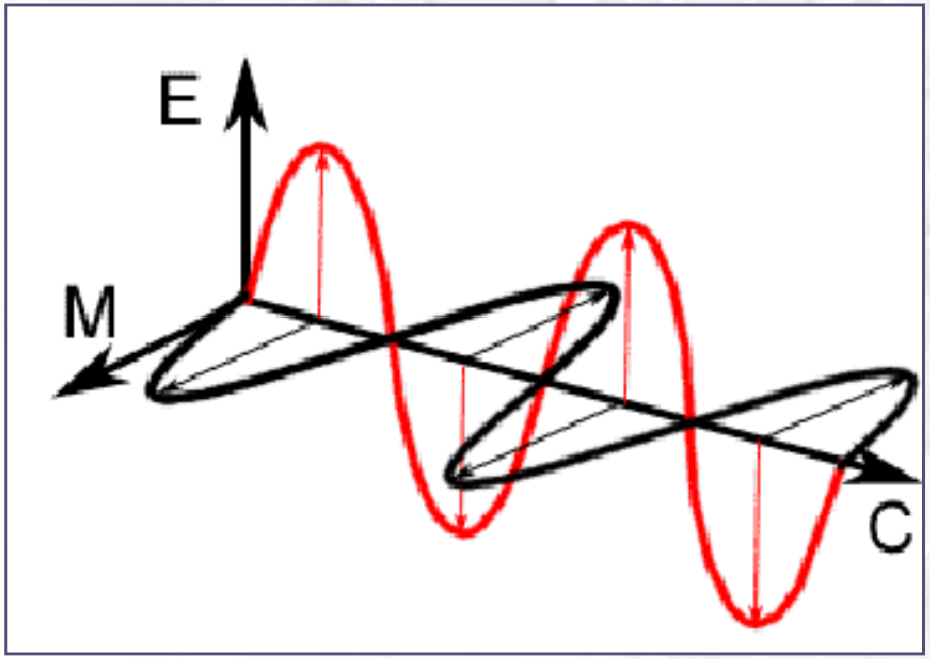
تعتمد الفكرة الأساسية لجمع وتفسير البيانات حول سطح الأرض على تفاعل فيزيائي يحدث بين أشعة الشمس الساقطة على مظاهر سطح الأرض وهذه المظاهر ذاتها. وهذه العملية يمكن توضيحها من خلال نظام من سبعة عناصر.

- مصدر طاقة (A): يستلزم وجود مصدر طاقة ينتج إشعاع كهرومغناطيسي كعنصر رئيسي في النظام، وعلى أساس إستقلال مصدر الطاقة عن المجس يتم تصنيف نظم الإستشعار من بعد إلى فعالة Active وهي النظم التي تمتلك مصدر خاص للطاقة مثل الرادار، وإلى غير فعالة Passive وهي النظم التي تعتمد على الشمس أي أي مصدر خارجي للطاقة الكهرومغناطيسية.
- الإشعاع والغلاف الجوي (B): يتفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي في رحلته من المصدر إلى سطح الأرض والعكس مع الغلاف الجوي مما يؤثر على الإشعاع عند تفاعله مع سطح الأرض وإلتقاطه بواسطه المجس.
- التفاعل مع مادة سطح الأرض (C): يختلف تفاعل الإشعاع مع مادة سطح الأرض بإختلاف التركيب الكيميائي والفيزيائي والظروف المحيطة لهذه المادة.
- المجس (D): حيث يتم تسجيل الإشعاع الكهرومغناطيسي المرتد عن سطح الأرض.
- النقل والمعالجة (E): حيث يتم نقل قيم الإشعاع المرتد عن مادة سطح الأرض ومسجلة بواسطة المجس إلى محطات الإستقبال الأرضي.
- التفسير والتحليل (F): حيث يتم بواسطة أشخاص متخصصين وبرمجيات حاسوبية متخصصة.
- الإستخدام (G).



Electromagnetic Radiation الإشعاع الكهرومغناطيسي

- في حالة وجود:
  - حقل كهربي Electrical Field (E) يتغير في الشدة في إتجاه.
  - حقل مغناطيسي Magnetic Field (M) يتغير في الشدة في إتجاه عمودي على إتجاه تغير الحقل الكهربي.
- ينشأ الإشعاع الكهرومغناطيسي كموجة تنتشر في الإتجاه العمودي (C) على المستوى الذي يضم الحقل الكهربي والحقل المغناطيسي.

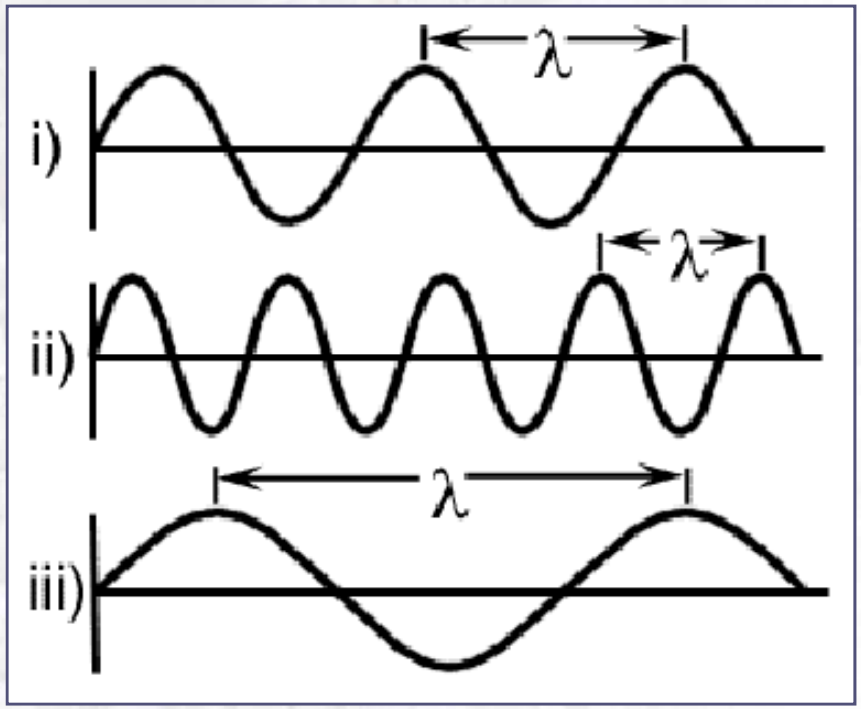


الطول الموجي Wavelength

- يعتبر أهم ما يميز الإشعاع الكهرومغناطيسي هو الطول الموجي Wavelength الذي يرمز له بالرمز λ (ويسمى لامدا).
- يعرف الطول الموجي بأنه المسافة الفاصلة بين نقطتين متتاليتين لهما نفس الطور Phase على الموجة الواحدة.
- وحدة قياس الطول الموجي هي المتر وكسوره مثل النانومتر (10^{-9} متر) و الميكرومتر (10^{-6} متر) والسم (10^{-2} منر).
- من خصائص الإشعاع الكهرومغناطيسي تردده Frequency وهو عدد الموجات الكاملة التي ينتجها المصدر في الثانية الواحدة.
- يرمز للتردد بالرمز ν (ويسمى نيو).
- يرتبط الطول الموجي والتردد ببعض من خلال علاقة بسيطة هي:

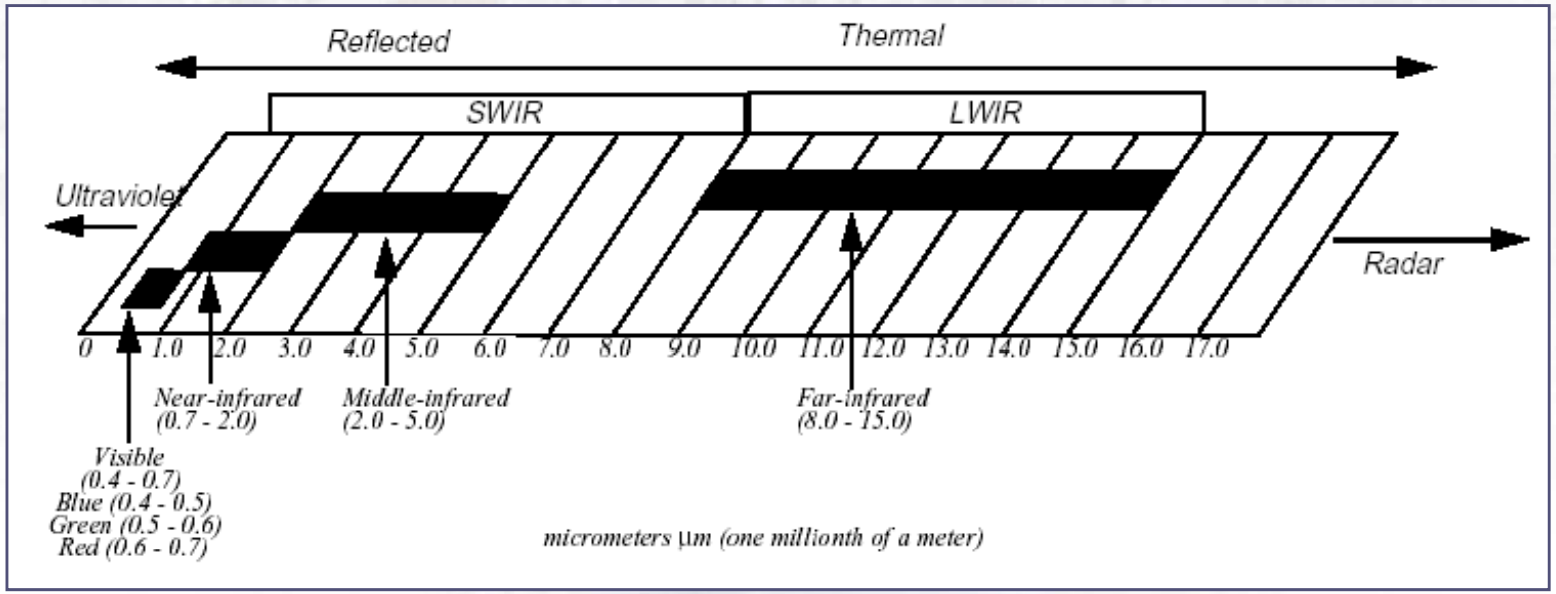
$$C=\nu\lambda$$

حيث C هو سرعة الضوء.

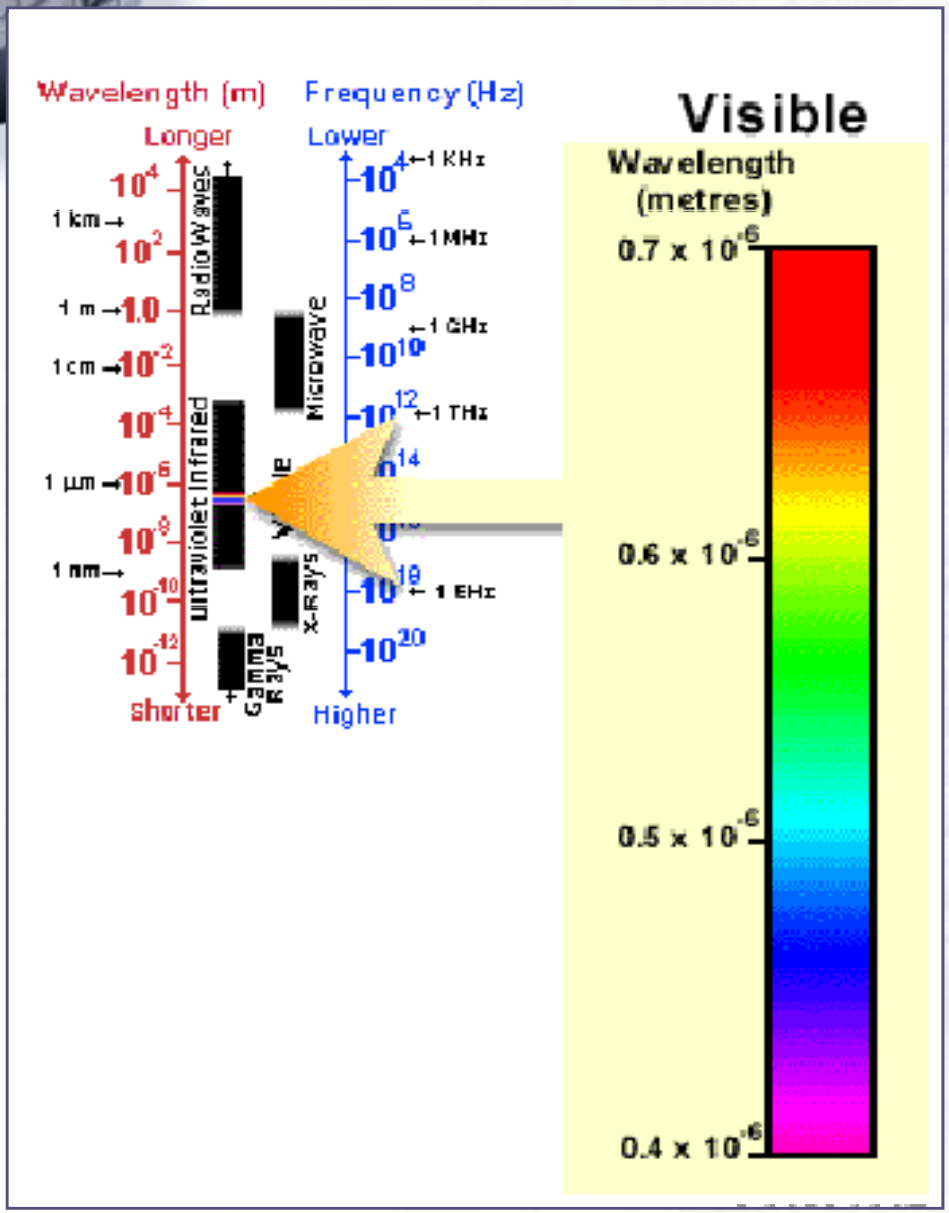


الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum

- يستخدم المتخصصين اللفظ "الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum" للإشارة على التصنيف الذين وضعوه لجميع أنواع الإشعاعات الكهرومغناطيسية.
- يبدأ الطيف الكهرومغناطيسي من الإشعاعات ذات الطول الموجي القصير مثل آشعة جاما والإشعة السينية وينتهي عند الإشعاعات ذات الأطوال الموجية الكبيرة مثل آشعة الراديو والرادار.
- جرت العادة على تقسيم الطيف الكهرومغناطيسي إلى مناطق أهمها:
  - منطقة طيف فوق البنفسجية Ultraviolet Region.
  - منطقة الطيف المنظور Visible Region.
  - منطقة طيف تحت الحمراء Infrared Region.
  - منطقة طيف الميكروويف Microwave Region.



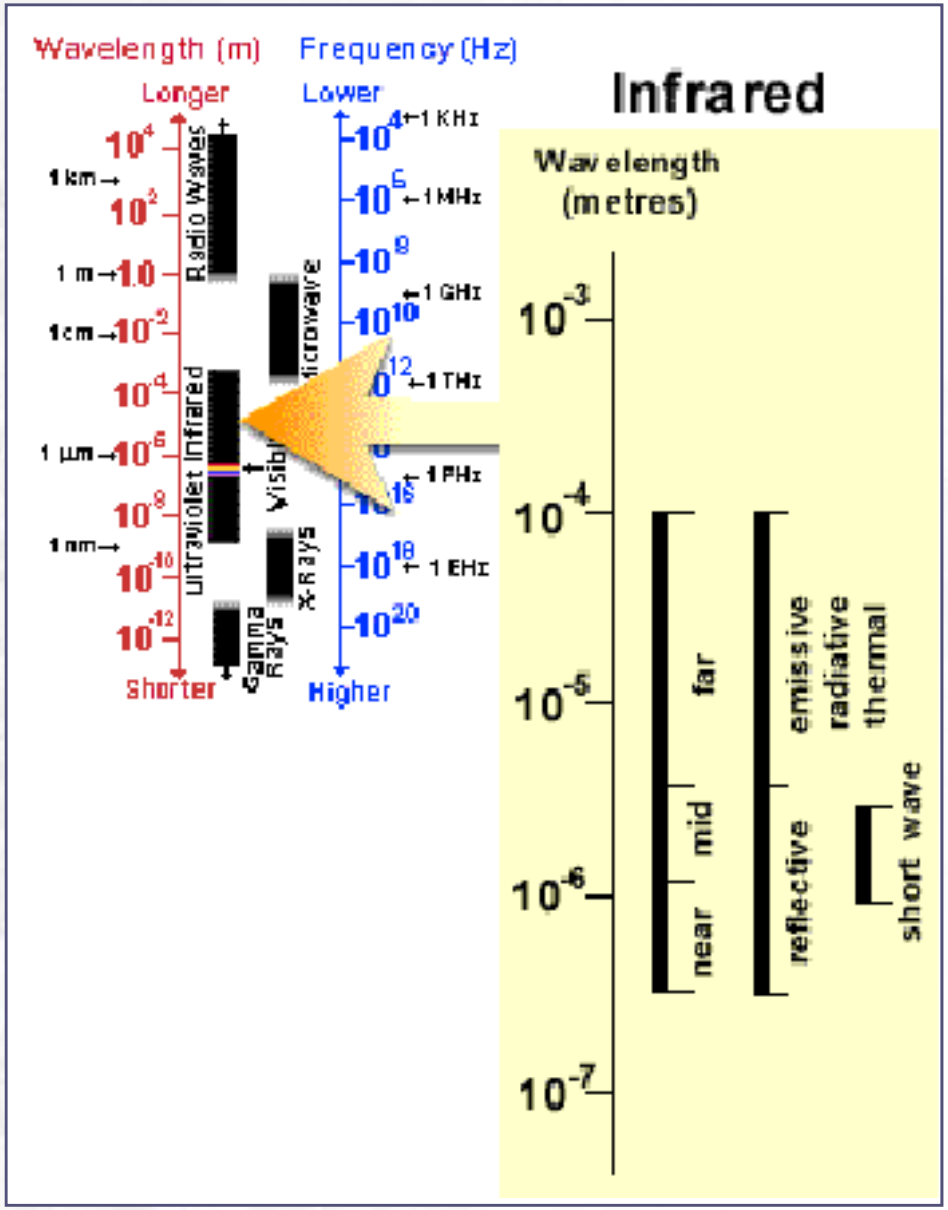
الطيف المنظور Visible Region



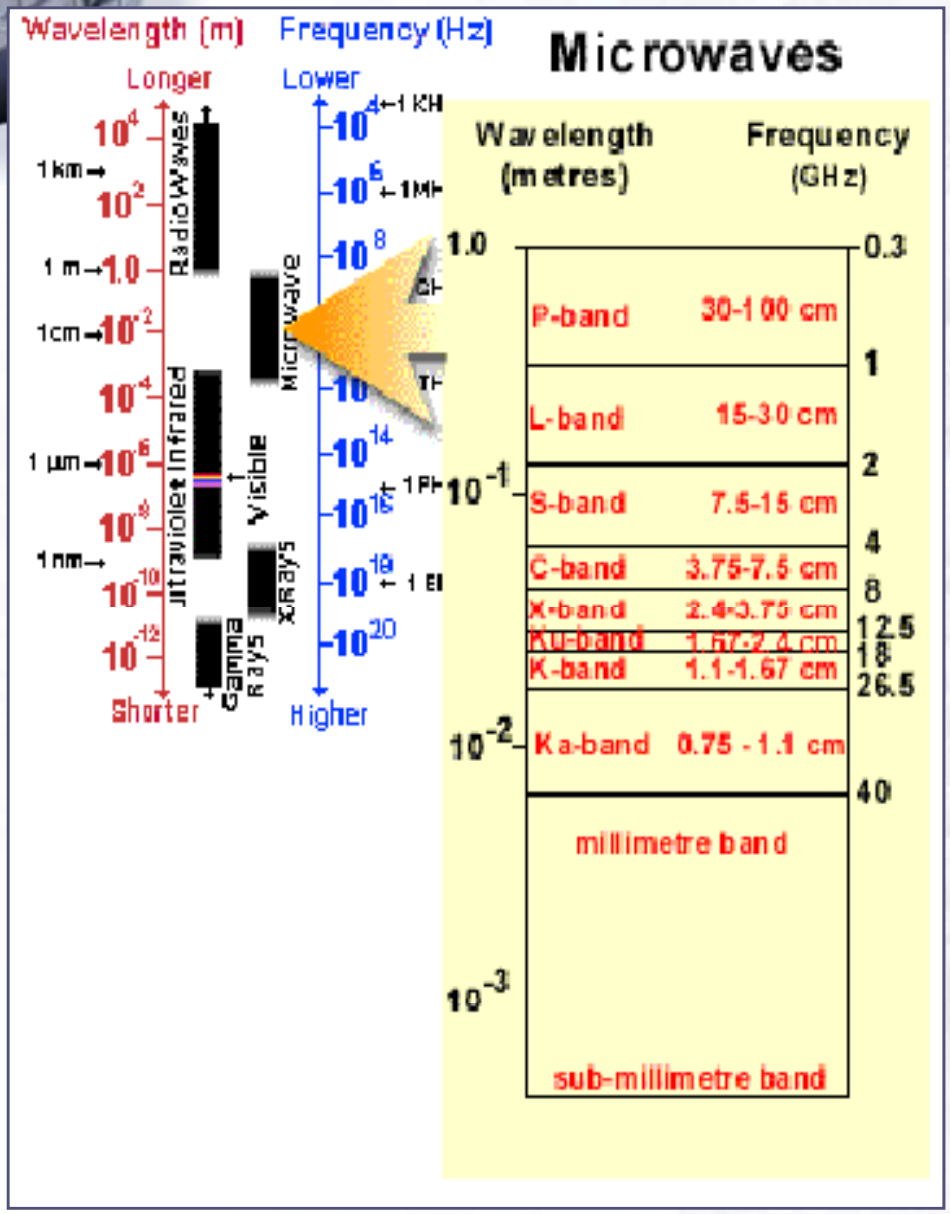
- هي تلك المنطقة من الطيف التي يمكن تمييز إشعاعاتها بالعين المجردة أو آلات التصوير العادية.
- يمكن تقسيم هذه المنطقة إلى مناطق أصغر توازي الألوان التي يمكن للعين البشرية ان تميزها، وهذه المناطق هي:
  - **اللون البنفسجي: من 0.4 وحتى 0.446 µm.**
  - **اللون الأزرق: من 0.446 وحتى0.5 µm.**
  - **اللون الأخضر: من 0.5 وحتى 0.578 µm.**
  - **اللون الأصفر: من 0.578 وحتى 0.592 µm.**
  - **اللون البرتقالي: من 0.592 وحتى 0.62 µm.**
  - **اللون الأحمر: من 0.62 وحتى 0.7 µm.**
- وقد وجد أن الألوان الأزرق والأخضروالأحمر هي الألوان الأساسية الحقيقية أما ماهو دونها فهو تراكيب مختلفة النسب من هذه الألوان.

Infrared Region طيف تحت الحمراء

- تشغل منطقة طيف تحت الحمراء ما بين الطول الموجي 0.7 وحتى 100 µm.
- يتم تقسيم هذه المنطقة إلى منطقتين فرعيتين:
  - تحت الحمراء المنعكسة Reflected Infrared ما بين 0.7 وحتى 3 µm.
  - تحت الحمراء الحرارية Thermal Infrared ما بين 3 وحتى 100 µm.
- الإشعاعات الصادرة في منطقة تحت الحمراء المنعكسة تكون منعكسة عن مادة سطح الأرض وصادرة عن مصدر الطاقة.
- الإشعاعات الصادرة في منطقة تحت الحمراء الحرارية تكون صادرة عن أي مادة تزيد درجة حرارتها عن الصفر المطلق.



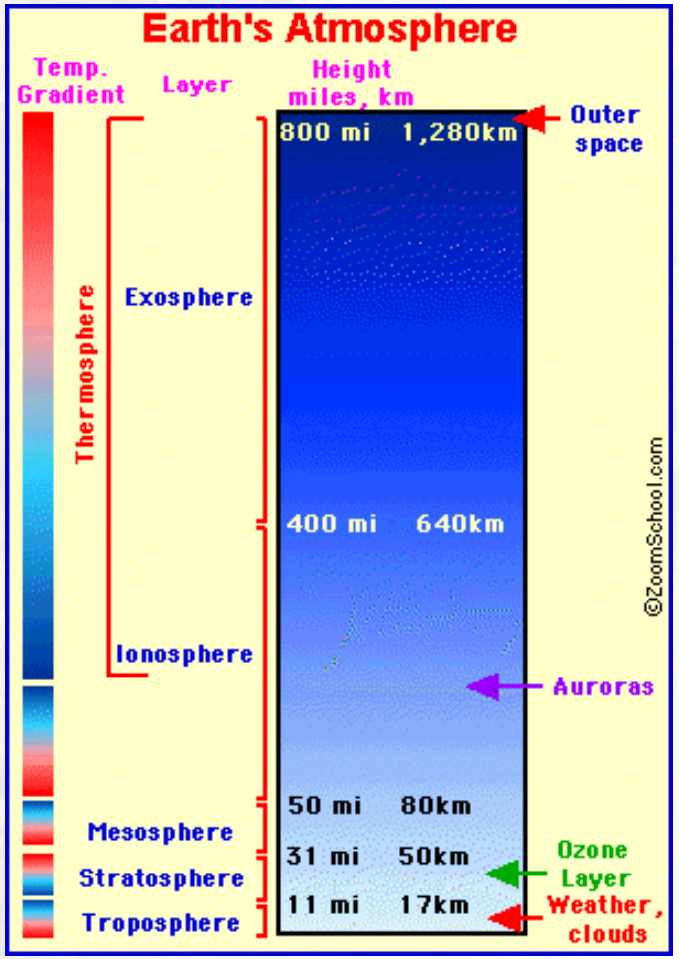
Microwave Region طيف الميكروويف



- تشغل منطقة الميكروويف ما بين 1 mm وحتى 1 m.
- تماثل موجات الميكروويف القصيرة موجات تحت الحمراء الحرارية.
- تماثل موجات الميكروويف الطويلة موجات الراديو.
- أنظمة الإستشعار من بعد العاملة في نطاق طيف الميكروويف غالباً ما تكون من النوع الفعال.
- أنظمة الإستشعار من بعد العاملة في نطاق طيف الميكروويف لها أهمية خاصة في البلدان الشمالية مثل كندا حيث تكثر السحب ويصبح من الصعب الإعتماد على أنظمة الإستشعار من بعد التي تعمل في منطقتي الطيف المنظور وتحت الحمراء.
- تختلف آشعة الميكروويف عن الطيف المنظور وتحت الحمراء حيث أن مردودها لا يعتمد على التركيب الفيزيائي والكيميائي لمادة سطح الأرض بقدر ما يعتمد على شكلها.

الغلاف الجوي Atmosphere

- الغلاف الجوي هو قشرة كروية سمكها نحو 1200 كم.
- يتكون الغلاف الجوي من خليط من الغازات المختلفة أهمها الأكسيجين وتبلغ نسبته حوالي 21% والنيتروجين وتبلغ نسبته حوالي 78% ونسب ضئيلة من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وغازات أخرى خاملة.
- يقسم الغلاف الجوي إلى خمسة أقسام تمثل كل منها قشرة تحيط بالأرض، هذه الأقسام هي:
  - التروبوسفير Troposphere.
  - الستراتوسفير Stratosphere.
  - الميزوسفير Mesosphere.
  - الآيونوسفير Ionosphere.
  - الإكسوسفير Exosphere.



تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الغلاف الجوي

- يمكن رصد نوعين رئيسيين من التفاعلات بين الإشعاع الكهرومغناطيسي والغلاف الجوي هي:
  - التبعثر Scattering.
  - الإمتصاص Absorption.

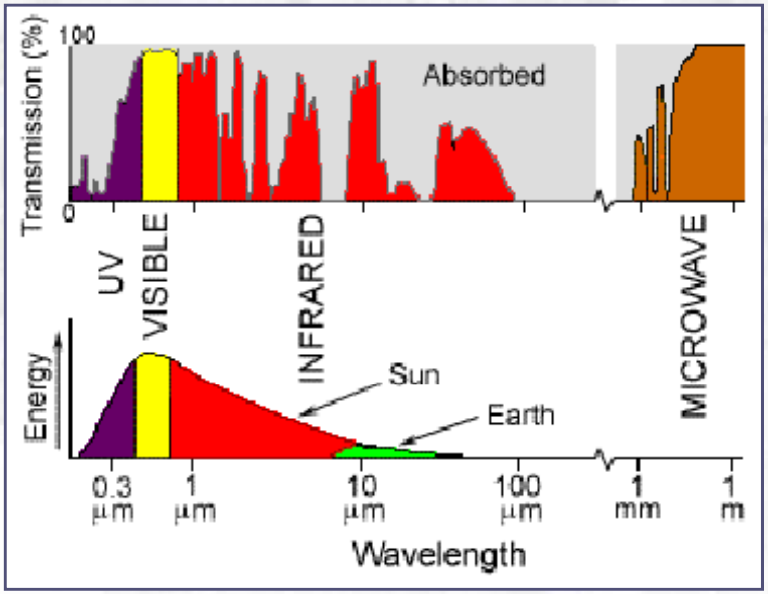
التبعثر Scattering

- التبعثر هو تشتت الإشعاع الكهرومغناطيسي المار عبر الغلاف الجوي نتيجة إصطتدامه بجزيئات الغلاف الجوي.
- يوجت ثلاثة أنواع مختلفة من التبعثر هي:
  - تبعثر رايلي Rayleigh Scattering.
  - تبعثر ماي Mie Scattering.
  - التعثر اللا إنتقائي Non Selective Scattering.

- تبعثر رايلي Rayleigh scattering:
  - يحدث عند تشتت الإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط بفعل جزيئات صغيرة الحجم مقارنة بالطول الموجي للإشعاع الساقط.
  - يحدث هذا النوع من التشتت في الطبقات العليا من الغلاف الجوي.
  - يعتبر هذا النوع من التشتت مسئول عن اللون الأزرق للسماء حيث تتشتت الإشعاعات الزرقاء القصيرة في الطبقات العليا لتضفي لون أزرق على القبة السماوية، أما في وقت الفجر والغروب فيكون التشتت كامل للون الأزرق وتصل الأرض الألوان الحمراء والبرتقالية.
- تبعثر ماي Mie Scattering:
  - يحدث عند تشتت الإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط بفعل جزيئات مقاربة في الحجم للطول الموجي للإشعاع الساقط.
  - يحدث في الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي.
- التبعثر اللاإنتقائي Non Selective Scattering:
  - يحدث عند تشتت الإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط بفعل جزيئات أكبر حجماً من طول الموجي للإشعاع الساقط.
  - يؤثر على كل الأطوال الموجية.
  - يسبب عدم وضوح الرؤية وغيومها.

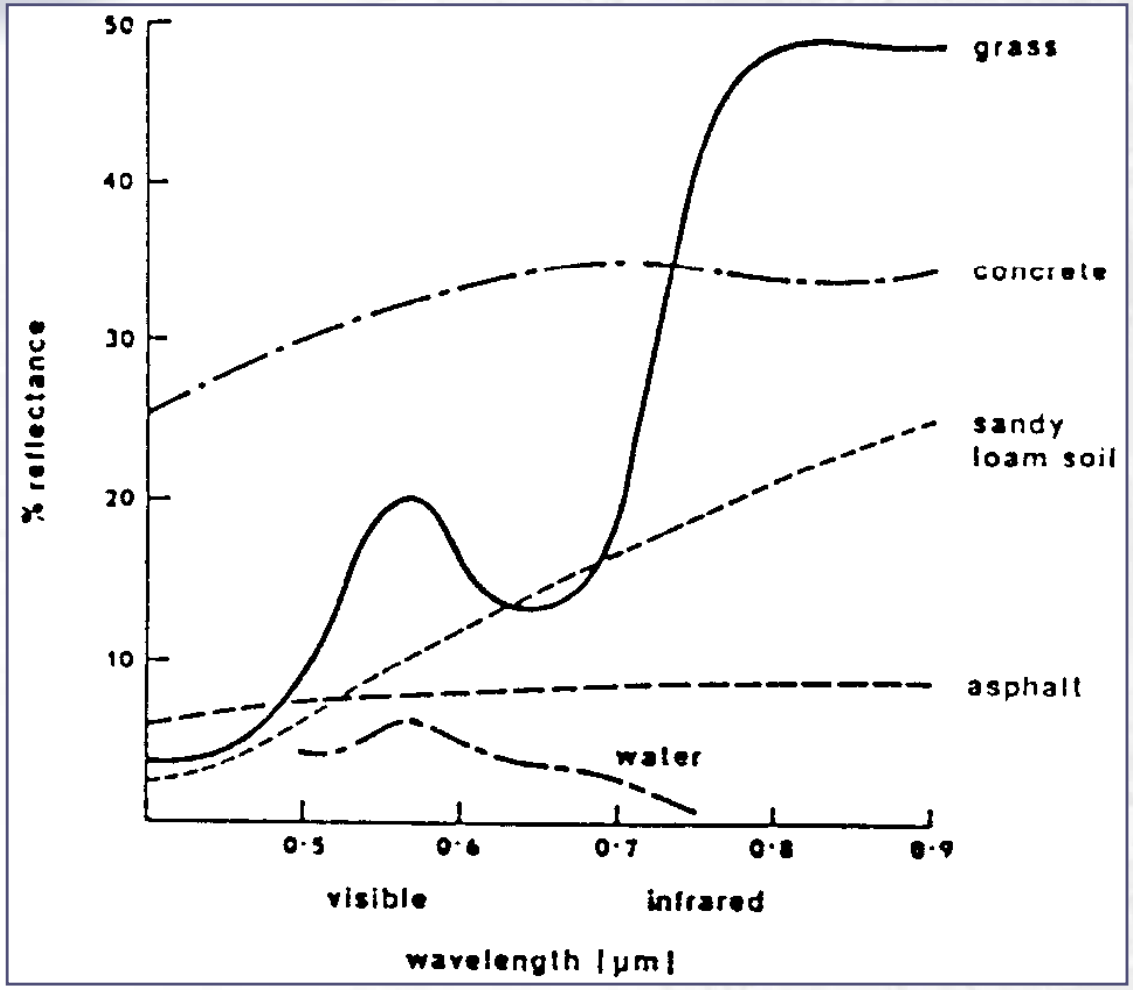
الإمتصاص Absorption

- الإمتصاص عملية يحدث فيها إمتصاص لطاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي بواسطة جزيئات الغلاف الجوي.
- الأوزون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء هي أهم مركبات الغلاف الجوي التي تمتص الإشعاعات الكهرومغناطيسية.
- هناك مناطق من الطيف الكهرومغناطيسي التي لا يحدث فيها إمتصاص بواسطة الغلاف الجوي ومن ثم فإن إشعاعات هذه المناطق هي التي يمكنها العبور من الغلاف الكهرومغناطيسي، ولذلك فإن هذه المناطق هي المستخدمة في عمليات الإستشعار من بعد.
- يطلق على هذه المناطق أسم النوافذ الجوية Atmospheric Windows.

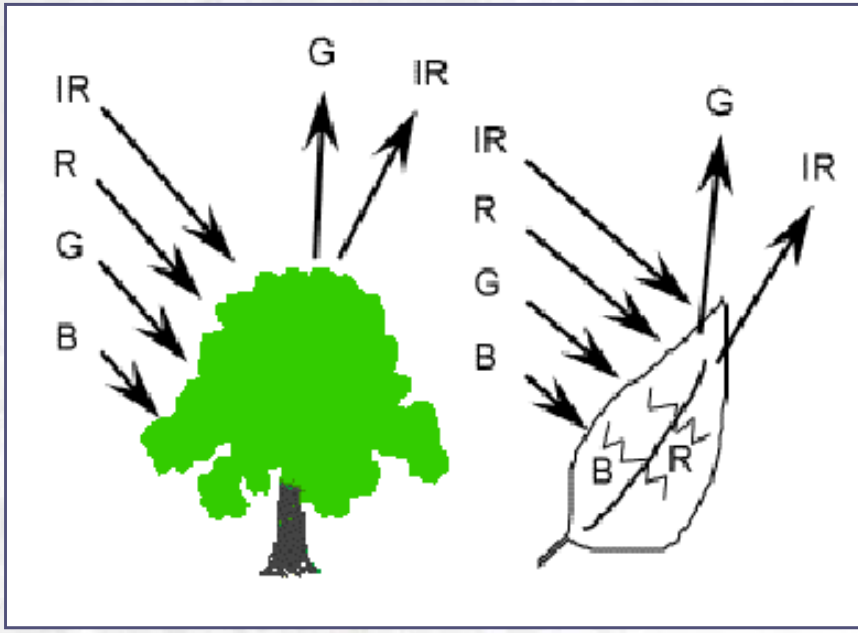


تفاعل الطاقة الكهرومغناطيسية مع مادة سطح الأرض

- عند سقوط الإشعاع الكهرومغناطيسي على مادة سطح الأرض فإنه يتفاعل معها بثلاثة طرق هي: الإمتصاص Absorption، المرور Transmission، والإنعكاس Reflection.
- بيانات الإستشعار من بعد هي تسجيل الإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس عن سطح الأرض.
- لكل مادة في الكون نمط مميز من الإشعاعات المنعكسة يطلق عليه أسم البصمة الطيفية Spectral Signature.
- تستخدم البصمة الطيفية لتمييز مختلف مواد سطح الأرض عن بعضها البعض.



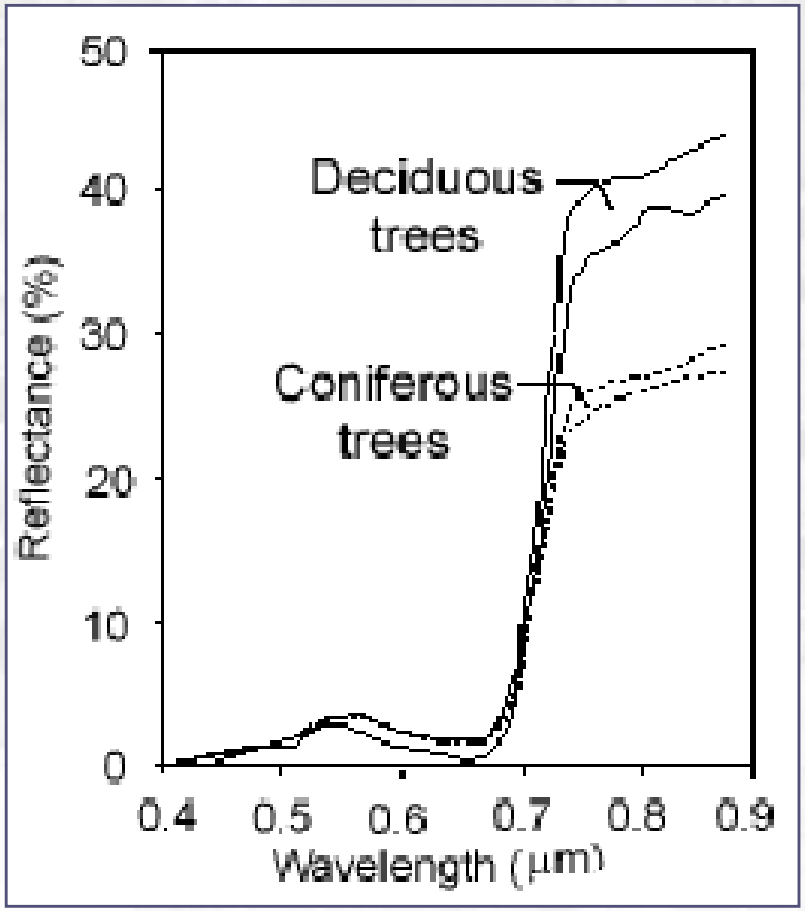
- نتيجة لوجود الكلورفيل في النباتات فإن النباتات تمتص الأطوال الموجية الحمراء والزرقاء، ويرتد عنها الطول الموجي الأخضر ومن ثم تظهر خضراء للعين.
- في أوقات الصيف والربيع تكون كمية الكلورفيل أقصى ما يكون، مما يعني إمتصاص كامل للأطوال الموجية ولهذه يظهر لون النبات أخضر زاهي.
- في أوقات الخريف والشتاء تقل كمية الكلورفيل، لذلك تقل الكمية الممتصة من اللون الأحمر وتبدأ في الإنعكاس، لذلك تظهر النباتات باللون الأصفر (الأحمر والأخضر).



أسئلة للمراجعة

- هل يمكن أن تعتمد عمليات الإستشعار من بعد على شئ آخر غير الإشعاع الكهرومغناطيسي؟
- العنصر الرئيسي في عمليات الإستشعار من بعد هو مصدر الطاقة. أذكر مصدر شائع للطاقة الكهرومغناطيسية مبيناً كيف يمكن للإنسان أن يشعر بها بدون إستخدام آلات؟
- بإعتبار أن سرعة الضوء هي $3*10^8$ متر/ثانية، فما هو الطول الموجي لإشعاع كهرومغناطيسي تردده 500000 جيجا هرتز؟
- فسر لماذا يتفادى مصممو مجسات الإستشعار من بعد تصميمها بحيث تسجل الإشعاع الكهرومغناطيسي في منطقة فوق البنفسجية.
- ما هي الظروف الجوية المناسبة للقيام بعمليات تسجيل الإشعاع الكهرومغناطيسي؟
- عند التطلع للقمر في الليالي التي لا يكون مكتملاً فيها يظهر جزء منه نتيجة لإنعكاس آشعة الشمس عليه، ومع ذلك يمكن للراصد أن يلاحظ بقية القمر الغير مضاء ظاهراً، فما هو مصدر الضوء الذي أظهر هذا الجزء في رأيك؟.

- الشكل التالي يبين الإستجابة الطيفية لنوعين من الأشجار أحدها الأشجار النفضية deciduous والآخر الصنوبرية coniferous، ما هي أفضل منطقة في الطيف الكهرومغناطيسي يمكن التفرقة بين هذين النعين فيها بإستخدام بيانات مسجلة بواسطة مجس الإستشعار من بعد.



مراجع للإطلاع

- CCRS, 2004, **"Fundamentals of Remote Sensing"**, Chapter I: Introduction

- Lillesand & Kiefer, 2000, **"Remote Sensing and Image Interpretation"**, Chapter 1: Concepts and Foundations of Remote Sensing.

- Jensen, 2000, **"Remote Sensing of the Environment"**, Chapter 2: Electromagnetic Radiation Principals.