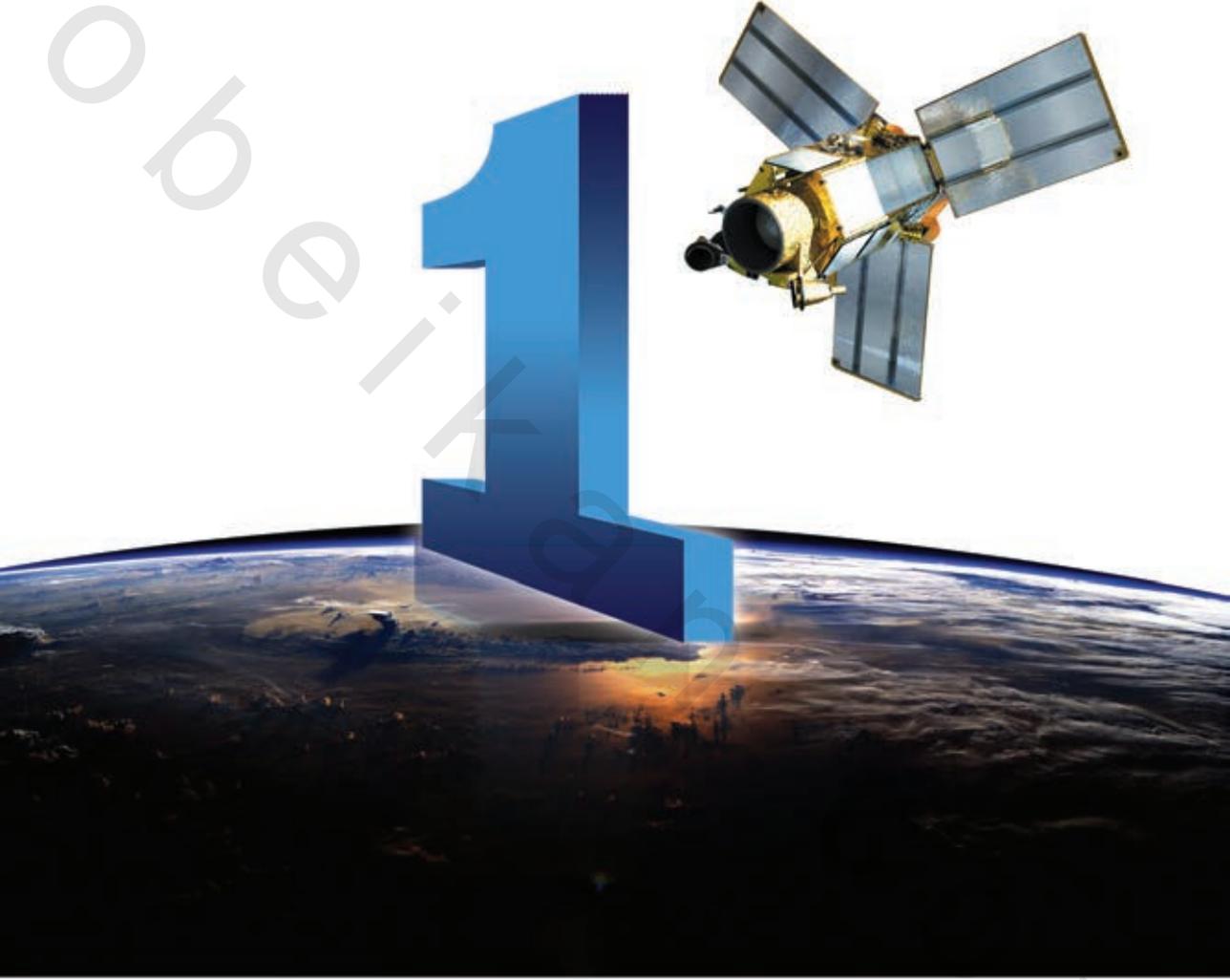


# الفصل الأول



أساسيات الاستشعار عن بعد

oboeikan.com

### ١-١ ماهو الاستشعار عن البعد؟

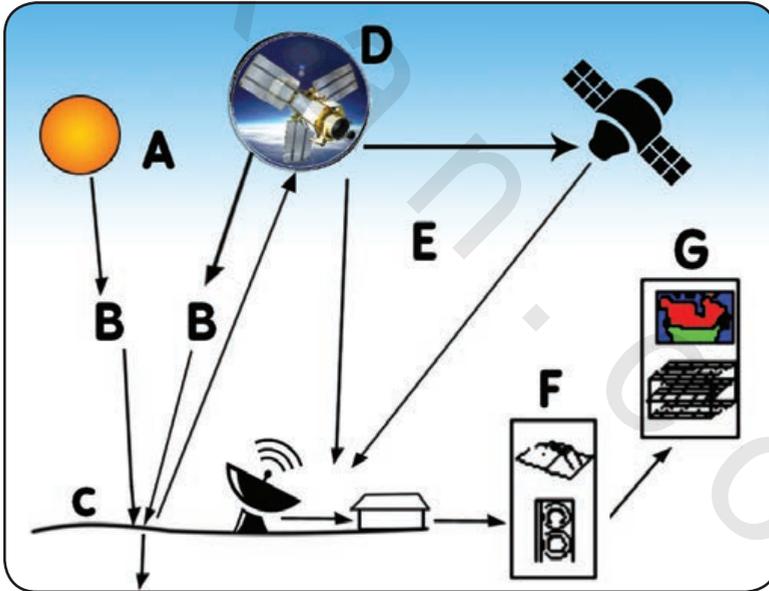
الاستشعار عن البعد: هو علم الحصول على معلومات عن سطح الأرض بدون الاقتراب منه، ويتم ذلك عن طريق استشعار و تسجيل الطاقة المنعكسة أو المنبعثة من سطح الأرض ومعالجتها وتحليلها لاستخراج ما بها من معلومات للتطبيقات المختلفة .

وتتضمن عملية الاستشعار التفاعل بين الأشعة الساقطة و الأهداف المقصودة ...، ومن أبسط الأمثلة في هذا المجال، استخدام أنظمة التصوير المختلفة (مع الإشارة إلى أن الاستشعار عن البعد يمكن أن يتم أيضا بنوعيات أخرى من المستشعرات).

وهناك سبعة عناصر تتضمنها عملية استخدام أنظمة التصوير في الاستشعار عن البعد، وهي:

#### ١- مصدر الطاقة /الإضاءة (A):

مصدر لإضاءة المنطقة المستهدفة (A) أو بث طاقة كهرومغناطيسية في اتجاهها، هو أول العناصر التي يجب توافرها لتنفيذ عملية الاستشعار عن البعد.



#### ٢. الغلاف الجوي (B):

خلال مسار الطاقة من مصدرها، فإنها تمر عبر الغلاف الجوي (B)، و تتفاعل مع الهدف... كما أنها قد تمر خلاله مرة أخرى أثناء مسارها (انعكاسها) من الهدف إلى جهاز الاستشعار.



### ٣. الهدف (المنطقة المستهدفة) (C):

بمجرد وصول الإشعاع إلى الهدف C، فإنه يتفاعل معه، ويختلف أسلوب وطريقة التفاعل طبقاً لطبيعة كلا من الهدف ونوعية الأشعة.

### ٤. تسجيل الطاقة (D):

بعد سقوط الأشعة على الهدف، فإنها تنعكس أو تنعكس، حيث يتم التقاط هذه الأشعة (جمعها) بواسطة جهاز الاستشعار، وقد يكون الهدف نفسه هو مصدر انبعاث هذه الأشعة التي تصل إلى جهاز الاستشعار الذي يقوم بتجميع وتسجيل هذا الإشعاع الكهرومغناطيسي.

### ٥. الإرسال والاستقبال ومعالجة البيانات (E):

الطاقة التي يقوم المستشعر بتسجيلها (E) يتم إرسالها (غالباً بصورة إلكترونية) للمحطة الأرضية التي تقوم باستقبال ومعالجة البيانات وتحويلها إلى صور مرئية.

### ٦. تحليل واستنتاج المعلومات (F):

بعد الحصول على الصورة الناتجة، يجب أن يتم تحليلها للحصول على المعلومات المطلوبة عن المنطقة التي تم تصويرها.

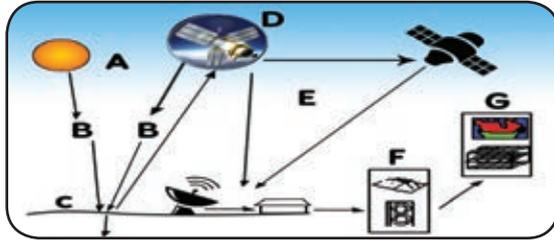
### ٧. التطبيقات (G):

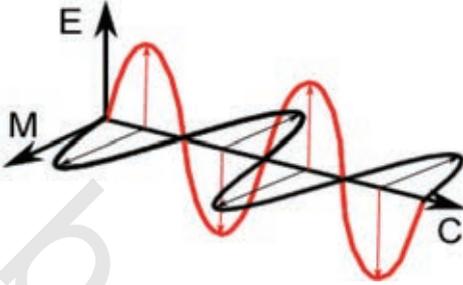
آخر مرحلة من عملية الاستشعار عن بعد، هي استخدام المعلومات التي تم الحصول عليها في فهم طبيعة المنطقة المستهدفة، أو اكتشاف بعض المعلومات الجديدة عنها، أو المساهمة في حل مشكلة معينة.

تلك هي العناصر السبعة لعملية الاستشعار عن بعد، من أول خطوة وحتى المرحلة الأخيرة. وسوف نقوم في هذا الكتاب بتغطية هذه العناصر بشكل مفصل وبالترتيب.

## ٢.١ الإشعاع الكهرومغناطيسي:

مصدر الطاقة يمثل أول عنصر من عناصر الاستشعار عن بعد، حيث يقوم بإرسال الإشعاع للهدف (إلا إذا كانت الطاقة التي يتم استشعارها منبعثة من الهدف نفسه). وتكون هذه الطاقة على هيئة إشعاع كهرومغناطيسي.

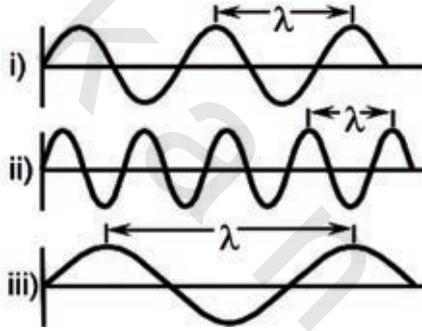




الإشعاع الكهرومغناطيسي بشكل عام له خصائص معروفة طبقاً للنظرية الموجية، حيث إنه يتكون من مجالين، مجال كهربائي (E)، وهو يختلف في مقداره ولكن اتجاهه عمودي على اتجاه حركة الأشعة نفسها، ومجال مغناطيسي (M).

يكون اتجاهه عمودياً على اتجاه المجال الكهربائي، وسرعة كلا المجالين تساوي سرعة الضوء.

من أهم الخصائص التي يجب العلم بها لفهم عملية الاستشعار عن بعد، هما خاصيتا الطول الموجي والتردد:



**الطول الموجي:** هو طول دورة موجية واحدة، ويمثل المسافة بين قمتين موجيتين متتاليتين، ويرمز له بالرمز (λ)، ويقاس الطول الموجي بالمتر أو مشتقاته كالنانومتر (nm)، ميكرومتر (μm)، ملليمتر (mm)، سنتيمتر (cm).

**التردد:** عدد الدورات الموجية التي تمر بنقطة محددة خلال وحدة زمنية واحدة، ويقاس التردد بالهرتز (Hz) ومضاعفاته، ويكافئ الهرتز دورة موجية واحدة في الثانية.

هناك علاقة تربط بين الطول الموجي و التردد .....  $C = v * \lambda$

حيث إن (C) هي سرعة الضوء وتساوي (3 × 10<sup>8</sup> م/ث)

v تمثل التردد (دورة / ث).

λ تمثل الطول الموجي (متر).



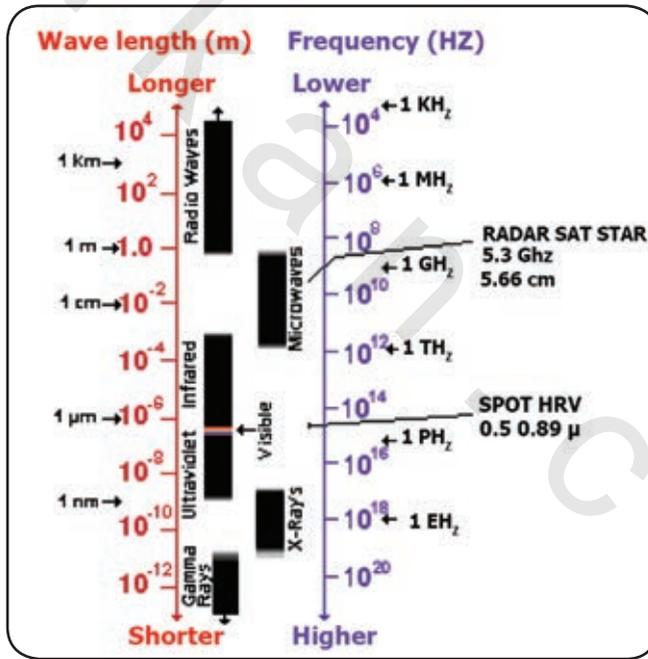
من هذه المعادلة يتضح أن العلاقة بين الطول الموجي والتردد هي علاقة عكسية، فكلما زاد الطول الموجي قل التردد، والعكس صحيح.

يجب فهم خواص الأشعة «الكهرومغناطيسية» عن طريق خاصيتي الطول الموجي والتردد، وذلك لفهم المعلومات المستخرجة من بيانات الاستشعار عن بعد.

فيما يلي سوف نقوم بتصنيف الموجات الكهرومغناطيسية بناءً على تلك الخواص:

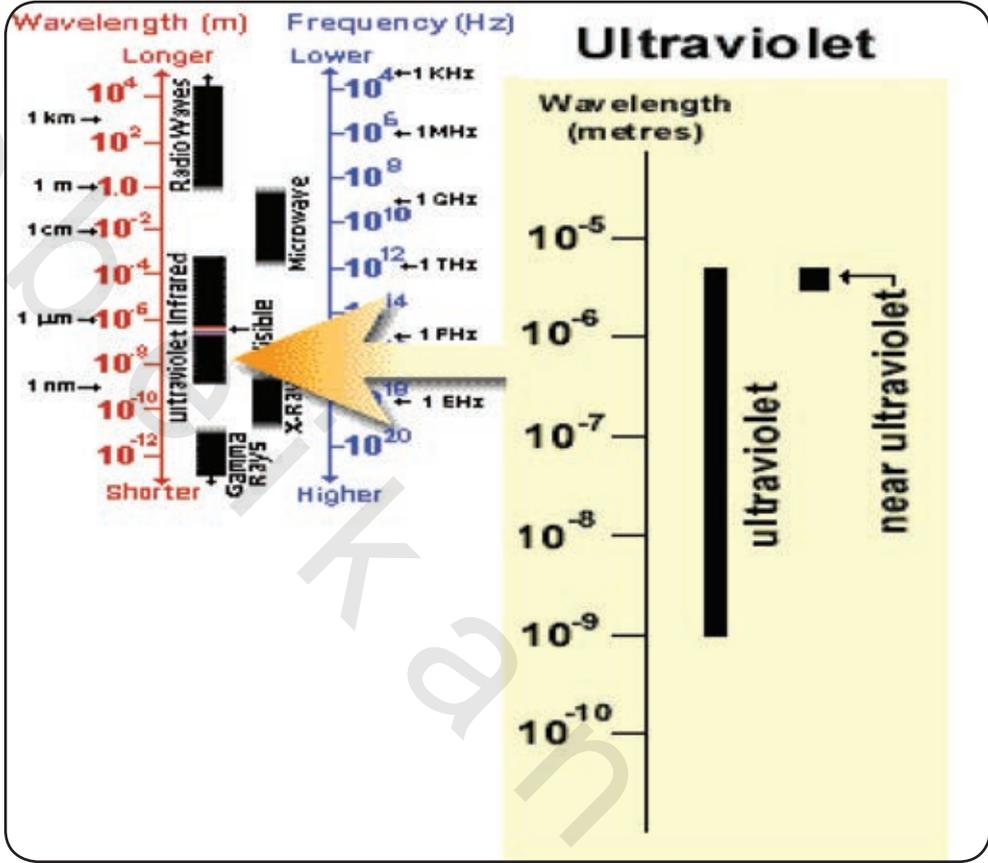
### ٣-١ الطيف الكهرومغناطيسي:

يتراوح الطيف الكهرومغناطيسي من الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة (مثل أشعة جاما والأشعة السينية) إلى الأشعة ذات الأطوال الموجية الأكبر (مثل أشعة الميكروويف، وموجات البث الإذاعي). هناك أكثر من نطاق في الطيف الكهرومغناطيسي مستخدم في مجال الاستشعار عن بعد.



**الأشعة فوق البنفسجية (UV)** لها أقصر طول موجي في الطيف الكهرومغناطيسي، وهي ذات قيمة عملية في معظم أعراض الاستشعار عن بعد، وتقع في النطاق التالي لنطاق اللون البنفسجي من الضوء المرئي مباشرة، وهناك بعض المواد الموجودة على سطح الأرض، مثل الصخور والمعادن، تبت (تسع) ضوء مرئياً إذا ما تمت إضاءتها بالأشعة فوق البنفسجية.



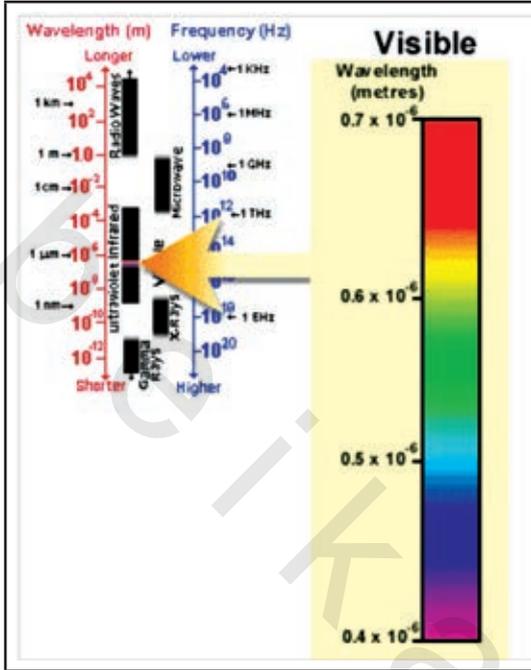


**الضوء المرئي** : هو الجزء الذي تستطيع أن تميزه أعيننا من الطيف الكهرومغناطيسي، ويمثل الضوء المرئي جزءاً صغيراً جداً بالنسبة للطيف الكهرومغناطيسي بشكل عام .

حيث يوجد حولنا الكثير من الإشعاعات غير المرئية يمكن استشعارها بواسطة أجهزة استشعار عن بعد ...

وتتراوح قيم الأطوال الموجية التي تقع في نطاق الضوء المرئي ما بين (٠,٧-٠,٤) ميكرومتر تقريباً، ويعتبر اللون الأحمر هو أطول طول موجي في الحيز المرئي، واللون البنفسجي هو أقصرها، فالضوء المرئي هو الجزء الوحيد في الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن أن نعبّر عنه باستخدام الألوان .

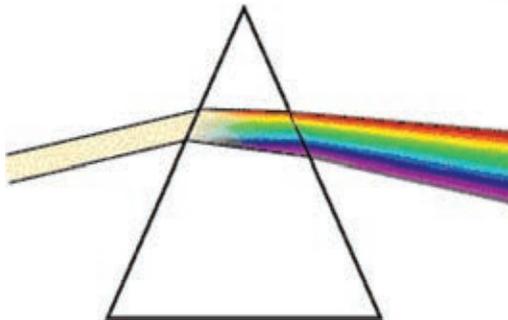




البنفسجي:  $0.4 - 0.446$  ميكرومتر  
 الأزرق:  $0.446 - 0.5$  ميكرومتر  
 الأخضر:  $0.5 - 0.578$  ميكرومتر  
 الأصفر:  $0.578 - 0.592$  ميكرومتر  
 البرتقالي:  $0.592 - 0.620$  ميكرومتر  
 الأحمر:  $0.620 - 0.7$  ميكرومتر



Wavelength →

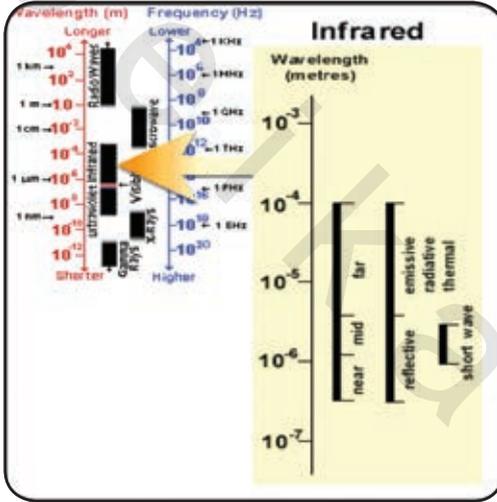


البنفسجي:  $0.4 - 0.446$  ميكرومتر  
 الأزرق:  $0.446 - 0.5$  ميكرومتر  
 الأخضر:  $0.5 - 0.578$  ميكرومتر  
 الأصفر:  $0.578 - 0.592$  ميكرومتر  
 البرتقالي:  $0.592 - 0.620$  ميكرومتر  
 الأحمر:  $0.620 - 0.7$  ميكرومتر



**الألوان الأولية للطيف المرئي** : وتتمثل في «الأزرق والأخضر والأحمر»، حيث إنه لا يمكن تكوين أي لون منها من اللونين الآخرين، ولكن جميع الألوان الأخرى يمكن تكوينها من دمج الألوان الرئيسية الثلاثة بنسب مختلفة.

ورغم أننا نرى ضوء الشمس كلون واحد متناسق، إلا أنه في الحقيقة يتكون من أشعة ذات أطوال موجية مختلفة، تتمثل في الأشعة فوق البنفسجية، والضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء... الجزء المرئي من تلك الأشعة يمكن رؤية مكوناته من الألوان إذا ما تم تمرير ضوء الشمس خلال منشور زجاجي، حيث يقوم بكسر أشعة الضوء مما يؤدي إلى خروج الألوان من الجهة الأخرى للمنشور، كل منها بزاوية انحراف مختلفة حسب طولها الموجي، وبالتالي نستطيع رؤيتها متفرقة.



المنطقة التالية من الطيف الكهرومغناطيسي التي لها أهمية، هي «منطقة الأشعة تحت الحمراء»، والتي تغطي منطقة كبيرة من الأطوال الموجية، تمتد من ٠,٧ ميكرومتر إلى ١٠٠ ميكرومتر، والتي تعتبر أكثر من مئة ضعف مساحة النطاق المرئي.

ويمكن تقسيم نطاق الأشعة تحت الحمراء إلى فئتين طبقاً لخواصها الإشعاعية، هما الأشعة تحت الحمراء المنعكسة، والأشعة تحت الحمراء الحرارية (أو المنبعثة).

تستخدم الأشعة تحت الحمراء المنعكسة في أغراض الاستشعار عن بعد بأساليب تماثل استخدام الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، وتغطي الأطوال الموجية (من ٠,٧ - إلى ٣) ميكرومتر.

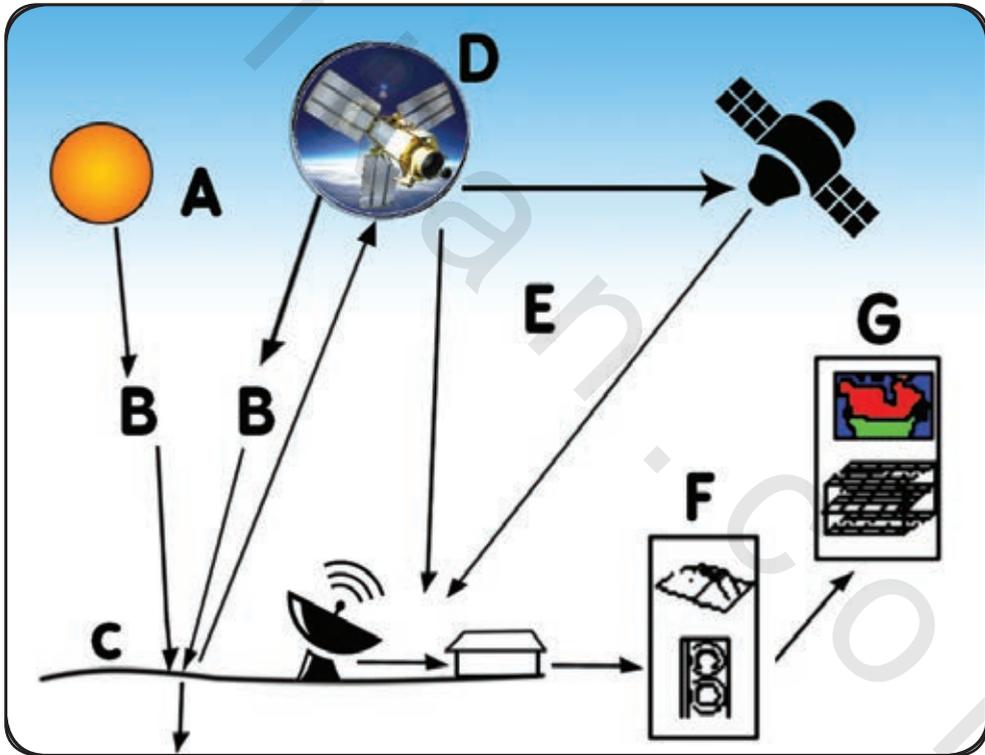
الأشعة تحت الحمراء الحرارية تختلف عن الأشعة المرئية، والأشعة تحت الحمراء المنعكسة، فهي تمثل الطاقة المنبعثة من سطح الأرض على هيئة حرارة، وتغطي منطقة الأطوال الموجية من ٣ ميكرومتر إلى ١٠٠ ميكرومتر.



يوجد حيز آخر من الطيف بدأ مؤخراً يلقي الاهتمام في مجال الاستشعار عن بُعد هو «حيز أشعة الميكروويف»، والذي يمتد من ١ ملليمتر إلى ١ متر. ويمثل أكبر أطوال موجية مستخدمة في الاستشعار عن بعد. و الأطوال الموجية القصيرة في هذا الحيز لها خواص قريبة من خواص الأشعة تحت الحمراء الحرارية، بينما الأطوال الموجية الأطول لها خواص قريبة من موجات إذاعة الراديو.

### ١ - ٤ التفاعلات مع الغلاف الجوي:

قبل أن تصل الأشعة المستخدمة في الاستشعار عن بعد إلى سطح الأرض، فإنها تمر عبر الغلاف الجوي، الجسيمات والغازات الموجودة بالغلاف الجوي يمكنها أن تؤثر على الضوء والإشعاع القادمين من الخارج، هذه التأثيرات تحدث نتيجة خواص التشتت (Scattering) والامتصاص (absorption).

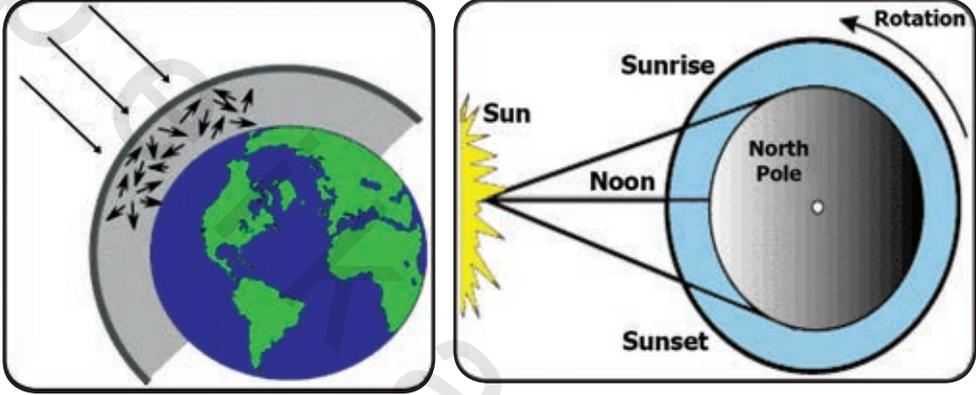


## أساسيات الاستشعار عن بعد

**التشتت (Scattering)** يحدث عندما تصطدم الجسيمات و جزيئات الغاز الكبيرة الموجودة في الغلاف الجوي بالأشعة الكهرومغناطيسية، و تتسبب في انحرافها عن مسارها الأصلي .

يتوقف مقدار «التشتت» على عدة عوامل منها «الطول الموجي» للإشعاع، و كمية الجسيمات و الغازات الموجودة بالغلاف الجوي، و المسافة التي تقطعها الأشعة خلال الغلاف الجوي .

**يوجد ثلاثة أنواع من التشتت تحدث، سوف نتكلم عن كل منها:**



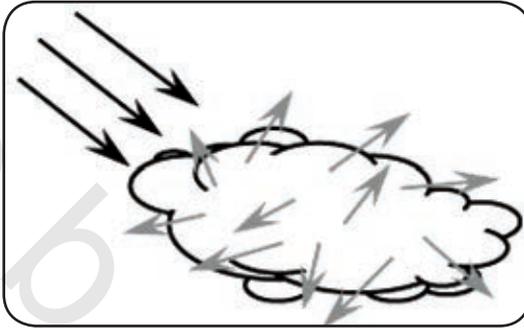
**تشتت رايلييه (Rayleigh Scattering):** سمي باسم العالم البريطاني «جون ويليم رايلييه» .

يحدث هذا النوع من التشتت عندما تكون الجسيمات الموجودة بالغلاف الجوي صغيرة جداً بالمقارنة مع الطول الموجي للإشعاع ، و هذه الجسيمات قد تكون ذرات من الغبار أو جزيئات أوكسجين و نيتروجين .

يؤثر تشتت رايلييه على الأطوال الموجية القصيرة هذه أكثر من الطويلة ، و يعتبر هو أكثر أنواع التشتت تأثيراً في طبقات الغلاف الجوي العليا، بسبب هذه الظاهرة فإن «السماء» تظهر زرقاء أثناء النهار ، فعندما تمر أشعة الشمس خلال الغلاف الجوي، تشتت الأطوال الموجية القصيرة للضوء المرئي (الطول الموجي للون الأزرق) أكثر من باقي الأطوال الموجية للضوء المرئي .

عند شروق الشمس وغروبها، فإن الضوء يقطع مسافة أكبر من تلك التي يقطعها في منتصف النهار، وبالتالي يكون التشتت للأطوال الموجية القصيرة تم بالكامل، وبالتالي جزء أكبر من الأطوال الموجية الأكبر يخترق الغلاف الجوي، وبالتالي يتغير لون السماء إلى لون مائل «للحمرة» .





### تششت ماي (Mie Scattering):

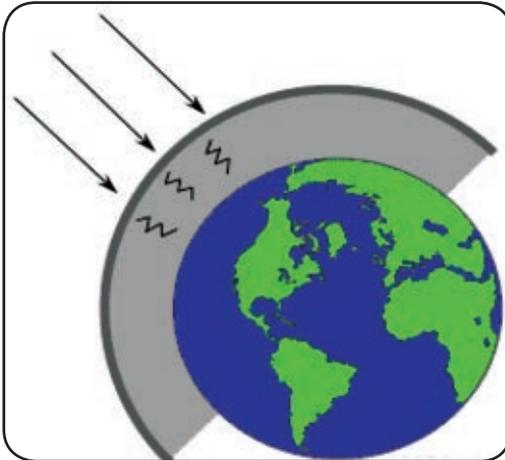
سمي بذلك نسبة للعالم "جوستاف ماي" يحدث عندما يكون حجم الجسيمات يساوي تقريبا حجم الطول الموجي للإشعاع، تعتبر المسببات الأساسية له هي جزيئات الغبار والملوثات والدخان وبخار الماء، ويؤثر بشكل أكبر في أطوال موجية أطول من تلك التي يؤثر فيها تششت رايليه، و يحدث بشكل أكبر

في الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي، حيث تتواجد الجسيمات الكبيرة بكثرة، ويتضح تأثيره أكثر كلما كانت السماء ملبدة بالغيوم.

**التشتت الغير انتقائي (Nonselective Scattering):** و يحدث عندما تكون الجسيمات بالغلاف الجوي أكبر من الطول الموجي للإشعاع، و تتسبب في هذا النوع من الإشعاع قطرات الماء وجسيمات الغبار الكبيرة.

جاءت تسميته من كونه يؤثر على جميع الأطوال الموجية بشكل متساو تقريبا، هذا النوع من التشتت هو المسئول عن ظهور «الضباب والغيوم» باللون الأبيض، وذلك لأن الألوان الأزرق والأخضر والأحمر يحدث لها تشتت بشكل متساو، مما يؤدي لظهور اللون الأبيض (أزرق + أخضر + أحمر = أبيض).

**الإمتصاص "Absorption":** هو الخاصية الرئيسية الثانية التي تؤثر على الموجات الكهرومغناطيسية في الغلاف الجوي.



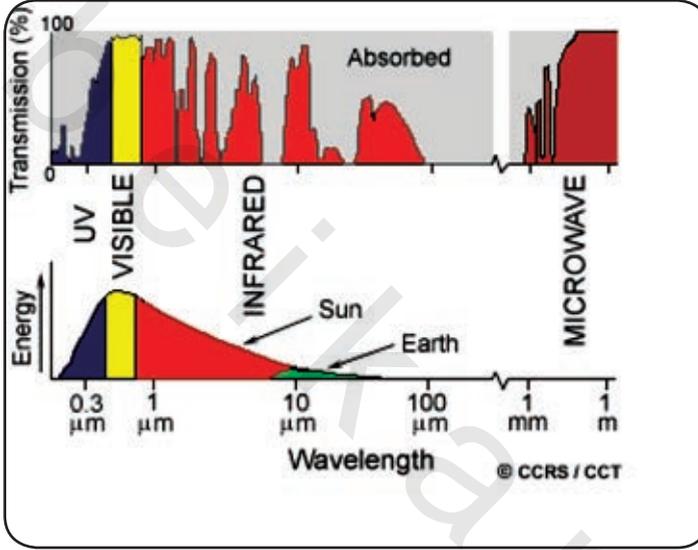
وعلى عكس التشتت، فإن هذه الظاهرة تجعل الجزيئات في الغلاف الجوي تمتص الطاقة بمختلف أطوالها الموجية... ويعتبر «غاز الأوزون و ثاني أوكسيد الكربون و بخار الماء» هي أهم وأكثر مكونات الغلاف الجوي التي تمتص الإشعاعات.

«الأوزون» يقوم بامتصاص الجزء الضار من الأشعة فوق البنفسجية الذي يؤثر على الكائنات الحية القادمة من الشمس، فبدون هذه الطبقة الواقية في الغلاف الجوي سوف تحترق بشرتنا بمجرد تعرضها لأشعة الشمس.



## أساسيات الاستشعار عن بعد

«غاز ثاني أكسيد الكربون» عادة ما يشار إليه بغاز الصوبات الزجاجية، وذلك لأنه يمتص الإشعاع خاصة في الجزء البعيد من نطاق الأشعة تحت الحمراء (الأشعة تحت الحمراء الحرارية)، مما يؤدي إلى احتباس تلك الحرارة داخل الغلاف الجوي و عدم تسربها للفضاء الخارجي .



«بخار الماء» الموجود بالغلاف الجوي يمتص معظم الأشعة تحت الحمراء ذات الأطوال الموجية الكبيرة، وكذلك أشعة الميكروويف ذات الأطوال الموجية القصيرة. ويختلف وجود بخار الماء في الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي كثيرا من مكان لكان وأيضاً باختلاف الوقت من السنة، فعلى سبيل المثال، كتلة الهواء فوق «الصحراء» بها

كمية بسيطة من بخار الماء الذي يمتص الطاقة، بينما في المناطق «الاستوائية» يتركز بخار الماء بشكل كبير (مناطق عالية الرطوبة) .

لأن تلك الغازات تمتص الطاقة الكهرومغناطيسية لمناطق معينة من الطيف، بالتالي فإننا لا نستطيع استخدام كل مناطق الطيف في عملية الاستشعار عن بعد.

المناطق التي لا تؤثر فيها ظاهرة الامتصاص بشكل كبير، هي التي تستخدم في الاستشعار عن بعد، وتسمى "نوافذ الغلاف الجوي"، وبمقارنة الخصائص الطبيعية لأهم مصدري طاقة، وهما الشمس والأرض، بنوافذ الغلاف الجوي المتاحة لنا، نستطيع تحديد الأطوال الموجية الملائمة أكثر لعملية الاستشعار عن بعد .

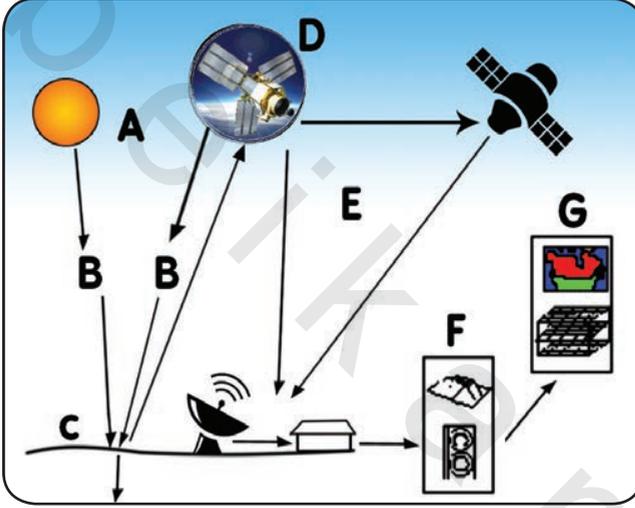
فالجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، ملائم لطبيعة الغلاف الجوي، وأقصى مستويات طاقة الشمس، و الحرارة المنبعثة من الأرض ملائمة للطول الموجي الذي يساوي تقريبا ١٠ ميكرومتر في مجال طيف الأشعة تحت الحمراء الحرارية .

وبذلك نكون وصلنا لنهاية رحلة الطاقة الكهرومغناطيسية من مصدرها إلى سطح الأرض، سوف نتعرض فيما يلي لما يحدث لتلك الأشعة عندما تصل إلى سطح الأرض:

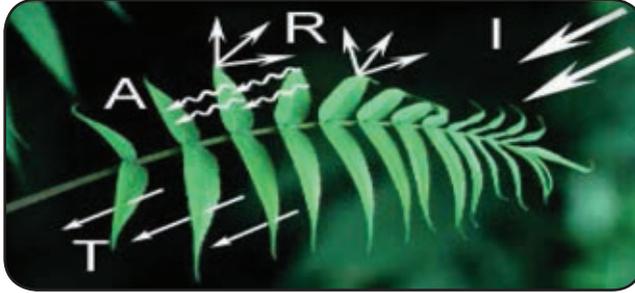


## ٥-١ تفاعل الإشعاع مع الهدف:

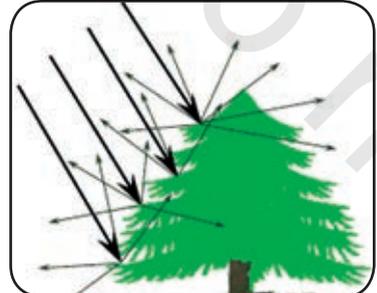
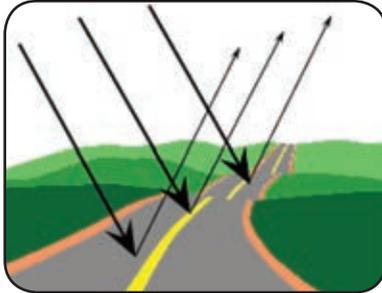
الإشعاع الذي لم يمتص أو يمتصت يستطيع الوصول لسطح الأرض، توجد ثلاث صور من التفاعلات تحدث بين الإشعاع الساقط (I) و الهدف، وهي: الامتصاص (A)، الانتقال (T)، والانعكاس (R)، كل الأشعة الساقطة تتفاعل مع السطح الذي سقطت عليه بوحدة أو أكثر من تلك الصور، نسبة حدوث كل واحدة منها تعتمد على الطول الموجي للأشعة الساقطة ونوع المادة التي سقط عليها الإشعاع والظروف المحيطة.



الامتصاص (A) يحدث عندما يمتص الهدف الأشعة (الطاقة) الساقطة عليه، ويحدث الانتقال (T) عندما يمر الإشعاع الساقط خلال الهدف، ويحدث الانعكاس (R) عندما يرتد الإشعاع الساقط عن الهدف ويغير اتجاهه، في مجال الاستشعار عن بعد، نهتم أكثر بقياس الأشعة المنعكسة عن الهدف.



يوجد نوعان من الانعكاس هنا، الانعكاس المنتظم (انعكاس شبيه بالمرآة)، والانعكاس العشوائي.

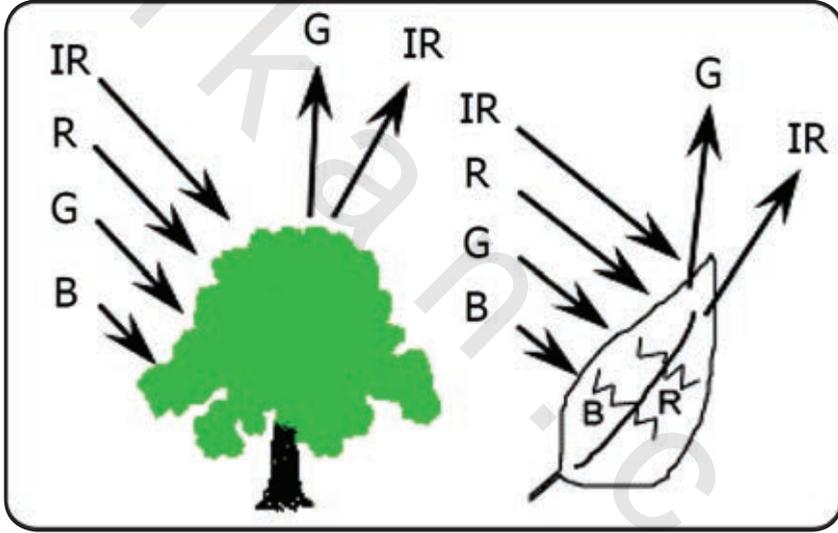


## أساسيات الاستشعار عن بعد

عندما يكون السطح ناعماً (منتظماً) ، نحصل على انعكاس منتظم، والذي تكون فيه معظم الطاقة المنعكسة عن السطح موجهة إلى اتجاه واحد فقط .

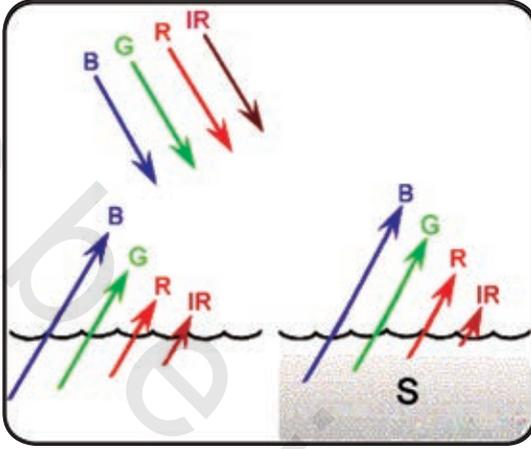
عندما يكون السطح خشناً (غير منتظم)، تتجه الأشعة المنعكسة تقريباً في كل الاتجاهات بشكل متساو، معظم ظواهر سطح الأرض تتراوح بين السطح المنتظم تماماً وغير منتظم تماماً، وذلك يعتمد على وعورة السطح و الطول الموجي للإشعاع القادم. فإذا كانت الأطوال الموجية للإشعاع أصغر من تفاصيل السطح أو الأجزاء المكونة له، فإن الانعكاس غير المنتظم سيكون هو الأكثر ظهوراً، مثال على ذلك ، الرمال ذات الحبيبات الناعمة سوف تظهر كسطح ناعم متساوي بالنسبة للأطوال الموجية الطويلة لأشعة الميكروويف ، ولكنها ستظهر بشكل أقل انتظاماً و نعومة بالنسبة للأطوال الموجية للضوء المرئي .

فيما يلي سنعرض مثالين للأهداف الموجودة على سطح الأرض ، وكيف تتفاعل معها الطاقة الخاصة بالأطوال الموجية للضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء:



**أوراق الشجر:** تمتص مادة «الكلوروفيل الكيميائية» الموجودة بأوراق الشجر إشعاع اللونين الأحمر والأزرق بقوة ولكنها تعكس الأطوال الموجية للون الأخضر. وبالتالي تظهر أوراق الشجر شديدة الخضرة في فصل الصيف حيث تكون مادة الكلوروفيل آنذاك في أقصى قيمة لها، أما في فصل الخريف، فتقل مادة الكلوروفيل بالأوراق، وبالتالي يقل امتصاص اللون الأحمر وتزيد كمية اللون المنعكسة، فتظهر الأوراق حمراء أو صفراء (الأصفر هو خليط من اللونين الأحمر والأخضر). كما أن التكوين الداخلي لورقة الشجر السليمة، يعمل كسطح عاكس غير منتظم تماماً ، وذلك للأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء القريبة، فلو كانت أعيننا تستطيع الإحساس بها ، كانت ستبدو الأشجار ساطعة جداً بالنسبة لنا عند تلك الأطوال الموجية، وبالتالي يستخدم العلماء تلك الأشعة لمعرفة إذا كانت الأشجار سليمة أم لا.





**المياه:** تمتص المياه الأطوال الموجية الكبيرة في حيزي الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة بدرجة أكثر من امتصاصها للأطوال الموجية القصيرة في حيز الضوء المرئي.

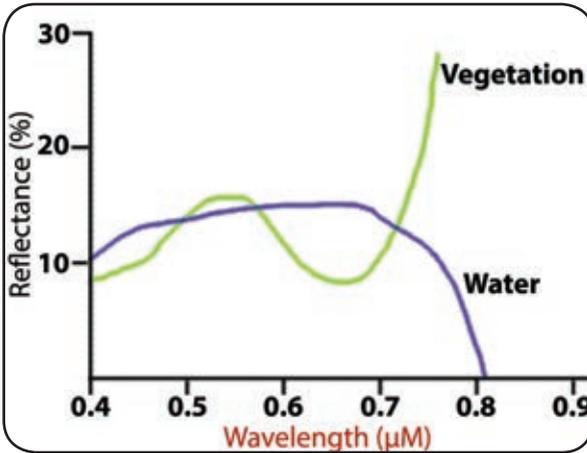
لذلك تظهر المسطحات المائية «بلون أزرق أو لون أزرق مائل للخضرة»، نتيجة الانعكاس القوي لتلك الأطوال الموجية القصيرة، وتظهر بلون «داكن» إذا استخدمنا اللون الأحمر أو الأشعة تحت الحمراء لرؤيتها، أما إذا كانت هناك بعض الرواسب العالقة في الطبقات

العليا للماء، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الانعكاس وظهور الماء بشكل أكثر سطوعاً.

وجود الرواسب العالقة (S) يمكن أن يؤدي إلى تشابه واختلاط بينها وبين المسطحات المائية الضحلة ولكنها نقية، وذلك نظراً للتشابه الكبير بين تلك الظاهرتين، كما أن وجود مادة الكلوروفيل في الطحالب البحرية يؤدي إلى امتصاص الأطوال الموجية للون الأزرق، ويعكس اللون الأخضر، مما يجعل المياه تظهر باللون الأخضر عند وجود الطحالب، بالتالي فإن أي تغيير في سطح المياه يؤثر على اللون المنعكس عنها.

مما سبق نستنتج أن الاستجابة للإشعاعات تختلف حسب تكوين الهدف المراد تصويره، والأطوال الموجية المستخدمة.

يمكن تحديد الاستجابة الطيفية لمعظم الأهداف على سطح الأرض عن طريق قياس الطاقة

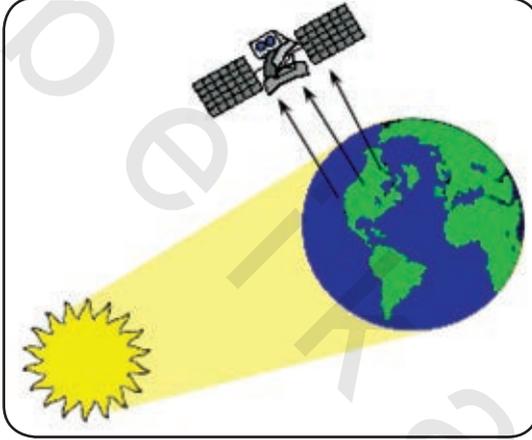


المنعكسة أو المنبعثة منها عند استخدام أطوال موجية مختلفة. ويمكن التمييز بين الأهداف المختلفة عن طريق مقارنة أنماط الاستجابة الخاصة بها، ولكن قد لا نستطيع التمييز بينها إذا استخدمنا طولاً موجياً واحداً. فعلى سبيل المثال، المسطحات المائية والمزروعات قد تتشابه عند استخدام الضوء المرئي، ولكن دائماً يمكن التمييز بينهما عند استخدام الأشعة تحت الحمراء.

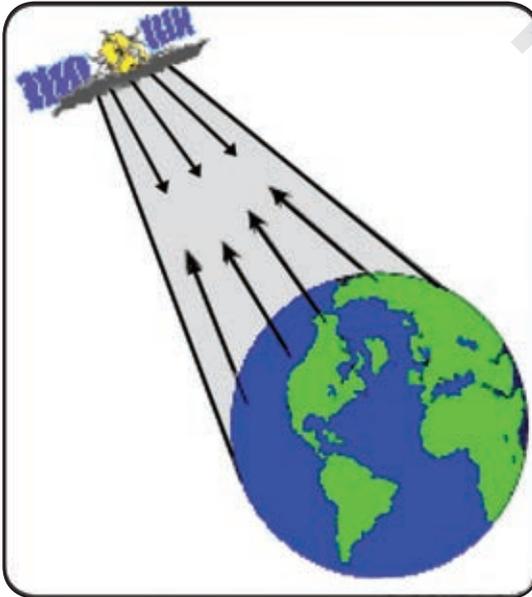


ولكن ذلك لا يعني أن الاستجابة الطيفية ثابتة دائماً لنفس الهدف ، فهي تختلف باختلاف الوقت ( كدرجة خضرة أوراق الأشجار) والمكان، ولذلك فإن فهم العوامل المؤثرة على الاستجابة الطيفية، وكذلك معرفة أي جزء من الطيف يجب استخدامه، ضروريان للفهم الصحيح لتفاعلات الأشعة الكهرومغناطيسية مع الأسطح .

### ١ - ٦ الاستشعار السلبي والإيجابي:



ذكرنا أكثر من مرة خلال هذا الفصل أن «الشمس» هي مصدر الطاقة والإشعاع، حيث تمدنا الشمس بمصدر طاقة ملائم جداً لعملية الاستشعار عن بعد، فطاقة الشمس إما أن تنعكس كما يحدث مع الأطوال الموجية للضوء المرئي ، أو تمتص ويعاد انبعاثها من جديد، كما يحدث مع الأشعة تحت الحمراء الحرارية .



أنظمة الاستشعار عن بعد التي تقيس الطاقة الموجودة طبيعياً تسمى «مستشعرات سلبية»، ويمكنها فقط قياس الطاقة الموجودة بالفعل، وبالتالي لا يمكن استخدامها إلا في الوقت الذي تضئ فيه الشمس الأرض، لأنه لا توجد طاقة منعكسة عن سطح الأرض أثناء الليل، أما الطاقة المنبعثة بشكل طبيعي من الأرض (مثل الأشعة تحت الحمراء الحرارية)، فيمكن استشعارها نهاراً أو ليلاً، طالما كانت كمية الطاقة المنبعثة كبيرة بما يكفي لاستشعارها وتسجيلها .

على الجانب الأخرى يوجد نوع ثان من المستشعرات وهو «المستشعرات الإيجابية»، والتي تمتلك مصدر الطاقة الخاص بها . يقوم المستشعر بإرسال الطاقة باتجاه الهدف المراد استكشافه، ثم يقوم باستشعار وقياس الطاقة المنعكسة عن الهدف، من مميزات استخدام هذا النوع من المستشعرات،



القدرة على استخدامه في أي وقت بغض النظر عما إذا كان الوقت نهراً أو فصلاً معيناً من فصول السنة، وكذلك استشعار بعض الأطوال الموجية التي لا توفرها الشمس بكفاءة كبيرة مثل «أشعة الميكروويف»، وكذلك التحكم بشكل أكبر في الطريقة التي يضاء بها الهدف، ولكن المستشعرات الإيجابية تحتاج أن تولد كمية كبيرة من الطاقة الملائمة لإضاءة الأهداف المراد تصويرها .

### ٧.١ خصائص الصور :

قبل أن ننتقل للفصل التالي، والذي يتعرض بالتفصيل للمستشعرات وخصائصها، يجب أن نفهم بعض المصطلحات والمفاهيم الأساسية المرتبطة بصور الاستشعار عن بعد .



الطاقة الكهرومغناطيسية يمكن استشعارها عن طريق التصوير الفوتوغرافي أو استشعارها إلكترونياً .

عملية التصوير الفوتوغرافي تستخدم تفاعلات كيميائية على سطح فيلم حساس للضوء لتسجيل التغيرات في الطاقة .

يجب التمييز بين مصطلح «صورة» (Image) ومصطلح «صورة فوتوغرافية» (Photograph) في مجال الاستشعار عن بعد .

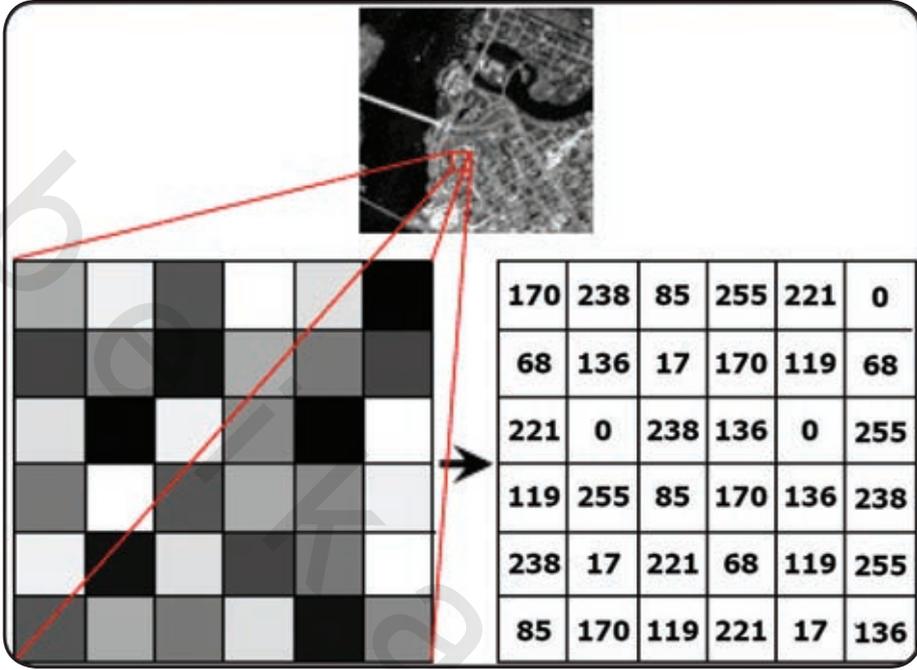
**الصور (Images):** تدل على أي تمثيل صوري، بغض النظر عن الأطوال الموجية أو أجهزة الاستشعار عن بعد المستخدمة لاستشعار وتسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية .

**الصور الفوتوغرافية (Photographs):** تستخدم بشكل خاص للدلالة على الصور التي تسجل على فيلم فوتوغرافي .

الصورة الموجودة بالأعلى هي صورة باللونين «الأبيض والأسود» لمدينة «أوتاوا بكندا»، تم التقاطها في المجال المرئي لللطيف، في حزمة الأطوال الموجية من ٠,٣ ميكرومتر إلى ٠,٩ ميكرومتر .

بناءً على التعريفات السابقة، يمكننا القول: بأن كل الصور الفوتوغرافية هي صور، ولكن ليست كل الصور هي صور فوتوغرافية. ولذلك سوف نستخدم مصطلح صورة (Image) دائماً ما لم يذكر غير ذلك .





يمكن كذلك تمثيل الصور الفوتوغرافية رقمياً عن طريق تقسيم الصورة إلى أجزاء صغيرة متساوية في المساحة، تسمى عناصر الصورة أو «البكسل» (Pixels)، وتمثل شدة اللون وسطوعه لكل جزء من أجزاء الصورة، وتعبّر عنها بقيمة عددية. وهو ما يمثله الشكل بالأعلى.

باستخدام التعريفات السابقة، فإن تلك الصورة هي صورة رقمية للصورة الفوتوغرافية الأصلية، فيتم عمل مسح ضوئي للصورة، ثم تقسم إلى أجزاء صغيرة (Pixels)، ويكون لكل «بكسل» قيمة عددية تمثل شدة اللون، ويقوم «الكمبيوتر» بتمثيل كل رقم كدرجة لونية محددة.

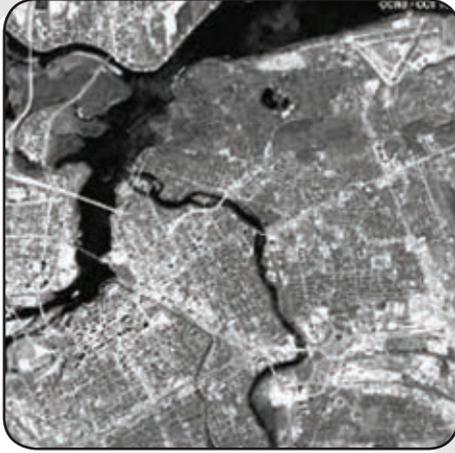
المستشعرات التي تقوم بتسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية، تسجل الطاقة على شكل مصفوفة من الأرقام.

وبذلك فإنه توجد طريقتان لتسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية، إما عن طريق تمثيلها على هيئة صورة، أو تمثيلها رقمياً، ويتم استخدام الطريقتين بالتبادل مع بعضهما.

في الجزء السابق، تكلمنا عن الجزء المرئي من الطيف، والألوان. وتستطيع أعيننا تمييز الألوان، لأن بإمكانها تمييز كافة الأطوال الموجية للضوء المرئي، وتقوم عقولنا بمعالجة تلك المعلومات لنتمكن من رؤية الألوان المختلفة.



هل يمكننا تخيل شكل العالم لو كانت أعيننا تميز قدراً صغيراً من الأطوال الموجية فقط؟ ذلك هو حال الكثير من المستشعرات، فإن المعلومات التي يتم الحصول عليها باستخدام نطاق صغير من الأطوال الموجية، يتم تخزينها في قناة أو نطاق (Channels or Bands). ونقوم بدمج عدة قنوات معاً، ممثلين في الألوان الثلاثة الأساسية (الأزرق، الأخضر، الأحمر)، وكل قناة تمثل أحد الألوان الأساسية، والقيمة الرقمية لكل «بكسل» تمثل شدة اللون و سطوعه، وبالتالي نحصل على صورة ملونة.



عندما نستخدم الطريقة السابقة، لتمثيل قناة واحدة، فإننا نكون في الحقيقة نمثل هذه القناة عبر الألوان الأساسية الثلاثة، ولأن شدة اللون لكل بكسل ستكون واحدة في الألوان الثلاثة، فبالإضافة نحصل على صورة من تدرجات اللون الرمادي من اللون الأسود وحتى الأبيض.

