جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الأنبار
كلية الآداب
قسم الجغرافية

أنواع المستشعرات

المرحلة الثانية

اعداد:

أ.د. احمد سلمان حمادي م.م. آيات حازم جاسم

انواع المستشعرات

المستشعرات تقسم إلى نوعين من حيث اعتمادها على مصدر الطاقة هما:

1-**مجسات سلبية (passive sensors)** ، وهذا يعنى أن هذه المجسات التي تعتمد على الأشعة المنعكسة من الأهداف على سطح الأرض لا يمكن أن تعمل إلا خلال الوقت الذي تقوم فيه الشمس بإرسال الضوء إلى الأرض لأنه لا توجد أشعة منعكسة متاحة في الليل، أما الطاقة التي تنبعث أو تشع بشكل طبيعي من الأجسام مثل الأشعة تحت الحمراء الحرارية) فيمكن اكتشافها ليلاً أو نهاراً، طالما أنها تحتوي على كمية طاقة كبيرة وكافية لكي يتم تسجيلها

2-**المجسات الفعالة (active sensors)** فهي تقوم بتوليد وإرسال الأشعة الكهرومغناطيسية نحو الهدف المراد دراسته وبالتالي ترتد الأشعة من الهدف نحو المجس الذي يقوم بقياسها وتسجيلها مثل مجسات الرادار والليزر ومن مزايا المجسات النشطة قدرتها على الحصول على بيانات في أي وقت من أوقات النهار أو الليل، كما أن لها القدرة على اختراق الغيوم والضباب والأمطار، وتتطلب هذه المجسات القدرة الكاملة والفعالة لتوليد كمية كبيرة من الطاقة وبشكل كاف لتمييز الأهداف

خصائص الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation

إن الطاقة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Energy) هي المصدر الرئيسي لأنواع الطيف الكهرومغناطيسي الذي يعتبر أساس عمل كما يعتبر الإشعاع الكهرومغناطيسي الاستشعار عن بعد Electromagnetic Radiation (EMR) الوسيط الذي يتم عن طريقه بث الطاقة الكهرومغناطيسية على هيئة موجات (Waves) في الفضاء، ويحمل الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة التي تحتوي على البيانات الخاصة بالظاهرة أو الهدف الموجود على سطح الأرض إلى المجس، ويمكن تمييز الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة طول الموجة والسعة ،والتردد والاتجاه والسرعة والاستقطاب، وتماسك الإشعاع.

مكونات الإشعاع الكهرومغناطيسي

يتكون الإشعاع الكهرومغناطيسي من حقلين هما حقل كهربائي (E) يقع في الاتجاه العمودي على المسار الذي يمر فيه الإشعاع، وحقل مغناطيسي (M) يمر بزاوية قائمة على الحقل الكهربائي شكل (2.1)، وكلا الحقلان يسيران بسرعة الضوء.

هناك خاصيتان من خصائص الإشعاع الكهرومغناطيسي يجب معرفتهما وذلك لفهم الاستشعار عن بعد، هما الطول الموجي (Wavelength)، والتردد (Frequency)، فالطول الموجي يمثل المسافة بين قمتي موجتين متتاليتين

بمعنى أنه المسافة بين قمة موجة وقمة الموجة التي تليها من موجات الإشعاع الكهرومغناطيسي،) وهذا هو طول دورة موجة واحدة

ويقاس طول الموجة بالمتر (m) أو أجزاء المتر، مثل النانومتر ويساوي ($mm=10^{-9}$ metres)، والمايكرومتر ويساوي ($um = 10^{-6}$metres) والسنتيمتر ($cm=10^{-}$ ^{2}metres)، وعادة يتم استعمال المايكرومتر كمقياس

لقياس الطول الموجي في نظم الاستشعار عن بعد.

أما التردد فهو عدد دورات الموجة التي تعبر نقطة ثابتة في الثانية الواحدة ويرمز له بالرمز (F) ويقاس التردد بالهرتز (Hz) ومضاعفاته، وهناك خاصية مهمة هي فترة الموجة (T) وتعرف بأنها الفترة الزمنية التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة، ويرتبط التردد والطول الموجي مع الفترة الزمنية من خلال

❖ الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum

تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي للإشعاع الكهرومغناطيسي، وضوء الشمس هو مصدر الإضاءة على كوكب الأرض بحيث يستخدمه الدماغ لبناء صورة متكاملة للمشاهد التي يراها الانسان، وبذلك تستطيع العين البشرية رؤية مختلف المظاهر الطبيعية والبشرية على كوكب الأرض أثناء النهار، إن سبب تسمية الطيف المرئي بهذا الاسم يعود إلى أن العين البشرية تستطيع كشفه ورؤيته ، وهناك أنواع أخرى من إشعاعات الطاقة الكهرومغناطيسية إلا أنها غير مرئية بالعين المجردة مثل الأشعة القصيرة (المايكرويف)، والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة غاما، وجميع هذه الأنواع تعتبر أطياف تشع طبقاً لنظرية الموجات الكهرومغناطيسية.

لقد أوضح العالم الفلكي السير وليام هيرشيل إشعاعات الطيف الكهرومغناطيسي ذات الأطوال الموجية الأطول من موجات الطيف المرئي وسماها الأشعة تحت الحمراء (infrared) وتعني نطاق الأشعة التي تلي الضوء الأحمر الموجود ضمن نطاق الأشعة المرئية وقد تبين لاحقاً وجود نطاقات لإشعاعات كهرومغناطيسية موجودة أيضا قبل الضوء البنفسجي ولذلك سميت الأشعة فوق البنفسجية .

ويتكون الطيف الكهرومغناطيسي من عدة نطاقات طيفية، بدءاً بالموجات ذات الأطوال الموجية القصيرة مثل أشعة غاما والأشعة السينية إلى الموجات ذات الأطوال الموجية الطويلة مثل المايكروويف وموجات الراديو، ويقع نطاق الطيف المرئي ضمن نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي

1- **نطاق الراديو والموجات الدقيقة** يغطي نطاق الراديو الأطوال الموجية التي يكون طولها الموجي أطول من (3)cm) بتردد أقل من (3)، ويغطي نطاق المايكروويف المنطقة المجاورة لنطاق الراديو، أقل من (1)(mm) بطول موجي قدره (30)، وفي هذه النطاقات تكون أغلب التفاعلات محكومة بالدوران الجزيئي، خصوصاً في أطوال الموجة الأقصر، ويستعمل هذا النطاق غالباً في مجس الراديوميتر (radiometers) والاسبيكترومتر (spectrometers وأنظمة الرادار،

إن معظم مجسات الأقمار الصناعية التي تعمل في نطاق الميكروويف تستخدم الأطوال الموجية بين (3)cm و (25) cm) ويمكن أن يخترق الإشعاع في هذه الأطوال الموجية السحب، بحيث يعتبر استخدام مرئيات الرادار مفيداً في المناطق المعتدلة والاستوائية التي تبقى مغطاة بالسحب لأوقات طويلة، لأن المجسات التي تعمل بالأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء الحرارية لاتستطيع اختراق السحب فوق المناطق المراد تصويرها

ونظراً لأن مستوى طاقة الميكروويف المنبعثة من الأرض منخفضة جداً، فإن مجسات الاستشعار عن بعد التي تستخدم موجات الميكروويف تقوم بتوليد إشعاعات كهرومغناطيسية ذاتية وترسلها باتجاه الأهداف على سطح الأرض، ومن ثم تنعكس مرة أخرى باتجاه المجس الذي يستقبلها ويسجلها على هيئة مرئية فضائية، ومعظم تلك المرئيات يتم إنتاجها بواسطة الرادارات وتعتبر المرئيات التي ينتجها رادار SAR مثالاً على هذا النوع لأن رادارات SAR تستطيع الكشف عن خشونة سطح المحيطات، ورصد التيارات والموجات البحرية، والتعرف على رطوبة التربة.

2- نطاق الأشعة تحت الحمراء Infrared Band

يغطي نطاق الأشعة تحت الحمراء المنطقة الطيفية من 0 إلى 3um) ويقسم هذا النطاق إلى عدة نطاقات ثانوية مثل نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) Near-Infrared وسُميت كذلك لأنها قريبة من الأشعة المرئية، ولذلك تستطيع أفلام التصوير الجوي الحديثة التقاط صور جوية ضمن نطاق هذه الأشعة، ويتراوح طول أشعة (NIR) بين (0.7m و ((m 11))، ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة (MIR) ويتراوح طولها الموجي بين 1.1um) و (1.8 um) ، ونطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة (SWIR) Short Wave-Infrared، ويتراوح طولها الموجي بين (1.8m) و 2.5 m)، أما الأشعة تحت الحمراء الحرارية (Thermal Infrared) فتتراوح بين (3) (m) إلى 100am وهي إشعاعات منبعثة من الأجسام الموجودة على سطح الأرض، وتعتمد كمية الإشعاع والطول الموجي على درجة حرارة الجسم وتختلف من جسم إلى آخر (Rees, 2001).

3- نطاق الطيف المرئى Visible Band

إن الضوء المرئي هو جزء من الاشعاع الكهرومغناطيسي تتراوح أطواله الموجية بدءاً من الضوء الأزرق عند الطول الموجي (0.4 am) وحتى m0.7) عند الضوء الأحمر ، والألوان الأساسية في الطيف المرئي هي اللون الأزرق والأخضر والأحمر، وتعرف على هذا النحو لأنه لا يمكن إنشاء أي لون واحد أساسي من اثنين آخرين، ولكن يمكن أن تتكون جميع الألوان الأخرى عن طريق المزج بين الأزرق والأخضر والأحمر بنسب مختلفة

وعلى الرغم من أننا نرى ضوء الشمس بلون موحد أو متجانس، إلا أنه يتكون من مختلف الأطوال الموجية بدءا من الأشعة فوق البنفسجية في المقام الأول ثم الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي ويمكن أن يظهر الجزء المرئي من هذا الإشعاع في الألوان المكونة له عندما يتم تمرير أشعة الشمس من خلال المنشور الذي يقسم الضوء وفقاً للأطوال الموجة

جدول الألوان الرئيسية في نطاق الطيف المرئي

الضوء	نطاق الموجة (μm)
الأحمر	0.780-0.622
البرتقالي	0.622-0.597
الأصفر	0.597-0.577
الأخضر	0.588-0.492
الأزرق	0.492-0.455
البنفسجي	0.455-0.3690

4- نطاق الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet والأشعة السينية X-ray

يغطي نطاق الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet) النطاق الطيفي من (um0.03 إلى m0.4، وتلعب مستويات الطاقة الإلكترونية الدور الرئيسي في تفاعل حالة الموجة وتستعمل المجسات فوق البنفسجية بشكل رئيسي لدراسة الأجواء الكوكبية أو لدراسة السطوح التي ينعدم فيها الغلاف الجوي بسبب عدم شفافية الغازات في هذه الأطوال الموجية القصيرة.

أمـا النطـاق الطيفـي للأشـعة السـينية X-ray فيتـراوح مـن (nm0.03) إلـى (mm0.3) وأشعة غاما (Gamma وطولها الموجي أقل من (nm0.03) وتستخدمان على أقل مستوى بسبب عدم الشفافية في الغلاف الجوي واستخدامهما محدد بالمركبات الفضائية أو الطيران المنخفض .

جدول (2.2): تفاعل نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي مع الغلاف الجوي

النطاق	طول الموجة	نوعية التفاعل مع الغلاف الجوي
أشعة جاما	$< 0.03\ nm$	أشعة مرسلة من الشمس وتمتص بشكل كامل في مناطق الغلاف الجوي العليا ولا يتم استخدامها في الاستشعار عن بعد إلا بواسطة طائرات التصوير
أشعة إكس	$0.03 - 30\ nm$	تمتص بشكل كامل في مناطق الغلاف الجوي ولا يتم استخدامها في الاستشعار عن بعد
الأشعة فوق البنفسجية	$0.03 - 0.4\ \mu m$	الطول الموجي الأقل من $0.3\mu m$ يمتص بشكل كامل بواسطة الأوزون
الأشعة فوق البنفسجية الفوتوغرافية	$0.3 - 0.4\ \mu m$	تنفذ من خلال الغلاف الجوي ويمكن تسجيلها بواسطة الأفلام
الأشعة المرئية	$0.4 - 0.7\ \mu m$	يمكن تسجيلها بواسطة الأفلام والصور الفوتوغرافية
الأشعة تحت الحمراء	$0.7 - 100\ \mu m$	تتفاعل مع المواد على سطح الأرض بأطوال موجية مختلفة ومتعددة
الأشعة تحت الحمراء الحرارية	$3 - 5\ \mu m$ $8 - 14\ \mu m$	المرئيات الفضائية التي تؤخذ في هذه الأطوال الموجية تتم بواسطة ماسحات بصرية وليس بواسطة الأفلام
أشعة المايكروويف	$0.1 - 100\ cm$	أشعة ذات أطوال موجية طويلة تستطيع اختراق السحب والضباب
الرادار	$0.1 - 100\ cm$	الشكل النشط من أشعة المايكروويف المستخدمة في الاستشعار عن بعد وبأطوال موجية مختلفة

❖ تفاعل الطاقة الكهرومغناطيسية مع الغلاف الجوي

إن حوالي 35% من الإشعاع الساقط على الأرض ينعكس مرة أخرى إلى الغلاف الجوي ويمتص الغلاف الجوي 17% من الإشعاع في حين أن 48% يتم امتصاصها بواسطة الأجسام الموجودة على سطح الأرض، كما نجد أن حوالي 46% من مجموع الطاقة الكلية المرسلة من الشمس تقع في نطاق الطيف المرئي، وتتفاعل الطاقة الكهرومغناطيسية أثناء مرورها بالغلاف الجوي مع الجزيئات والغازات العالقة به، وينقسم هذا التفاعل إلى نوعين هما التشتت والامتصاص، وكليهما يتفاوتان في تأثيرهما من طيف كهرومغناطيسي إلى آخر.

1- التشتت (التبعثر) Scattering

يتسبب التشتت أو التبعثر بحرف الإشعاع الساقط عن مساره ويحدث نتيجة للتفاعل بين الإشعاع الكهرومغناطيسي وجزيئات الغاز أو الجزيئات الأخرى الموجودة في الغلاف الجوي، وتتراوح هذه الجزيئات في الحجم من جزيئات مجهرية تساوي تقريباً نفس طول موجات الإشعاع الكهرومغناطيسي) إلى جزيئات بحجم قطرة المطر، وينقسم التشتت إلى ثلاثة أقسام وذلك على النحو التالي:

أ- تشتت رايلي Rayleigh Scattering

يسود تشتت رايلي حينما يتفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي بالجزيئات العالقة في الغلاف الجوي التي يكون حجمها أصغر من الطول الموجي للإشعاع الساقط، ومن أمثلة هذه الجزيئات الصغيرة جدا الغبار وجزيئات النيتروجين والأكسجين

إن تشتت الموجات القصيرة أكثر من الموجات الطويلة، ويعزى ذلك إلى أن التشتت يتناسب عكسياً مع مربع قوة الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي ، فعلى سبيل المثال نجد أن مقدار تشتت الضوء الأزرق (0.4 um) يبلغ 16 ضعف الأشعة تحت الحمراء القريبة (m0.8) ولذلك نشاهد لون السماء هو اللون الأزرق، وذلك ناتج عن هذا النوع من التشتت فلو

انعدم وجود هذه الجزيئات في الغلاف الجوي فإن السماء ستبدو سوداء، فأشعة الشمس تجتاز الغلاف الجوي ويحدث تشتت للطول الموجي الأزرق أكثر من الأطوال الموجية المرئية الأخرى، أما عند شروق الشمس وغروبها فإن أشعة الشمس تقطع مسافة أطول أثناء مرورها بالغلاف الجوي ولذلك تبدو السماء برتقالية أو حمراء

ويمتاز تشتت رايلي بحدوث استقطاب قوي لأشعة الشمس الساقطة ويزداد الاستقطاب بقوة عند شروق الشمس وغروبها، وبناءً على ذلك يجب أن تؤخذ قوة الاستقطاب في الاعتبار عند استخدام مقياس الاستقطاب أثناء قياس الأشعة المرئية وتحت الحمراء الساقطة على سطح الأرض. ويمكن القول بأن تشتت رايلي يعتمد على الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي ولا يعتمد على الظروف الجوية السائدة في الغلاف الجوي.

ب- تشتت مي Mie Scattering

يحدث تشتت مي عندما يكون طول موجة الإشعاع القادم مماثل في الحجم لجزيئات الغلاف الجوي وتعتبر جزيئات الغازات وبخار الماء وذرات الغبار من أكبر المسببات لحدوث هذا النوع من التشتت، ويقتصر على المناطق المنخفضة من الغلاف الجوي حيث تتواجد جزيئات الغلاف الجوي بشكل كبير ومركز.

ج- التشتت اللاانتقائي

يحدث عندما يكون حجم الجزيئات أكبر من الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي وتعتبر قطرات الماء وجزئيات الغبار الكبرى هي المسئولة عن حدوث هذا النوع من التشتت ومن أبرز الأمثلة على ذلك تأثير الغيوم خاصة الغيوم التي تشتمل على قطرات الماء، ولا تستطيع أقمار الاستشعار عن بعد البصرية اختراق الغيوم التي تعتبر مؤثر رئيسي في حجب مظاهر سطح الأرض في نظم التصوير السالبة، إضافة إلى وجود ظلال الغيوم على سطح الأرض كمؤثر ثانوي.

2- الإمتصاص Absorption

الإمتصاص هو الآلية الرئيسية الأخرى في تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الغلاف الجوي، يقوم الغلاف الجوي بامتصاص جزء من الطاقة الكهرومغناطيسية قبل وصولها إلى سطح الأرض، وأكثر عناصر الغلاف الجوي الرئيسية التي تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية هي غاز الأوزون وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون والماء. يقوم غاز الأوزون بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية المرسلة من الشمس وهي أشعة ضارة تعمل على تدمير الأنسجة في الكائنات الحية، ومن دون وجود هذا الغاز في الغلاف الجوي، فإن جلد الكائنات الحية تتعرض للحروق وتتعرض لسرطان الجلد عند نفاذية هذه الأشعة إلى سطح الأرض أو عند تعرض جسم الإنسان لأشعة الشمس لفترة طويلة، أما غاز ثاني أكسيد الكربون فيقوم بامتصاص جزء من الأشعة تحت الحمراء البعيدة ويتسبب في إحتباس الحرارة داخل الغلاف الجوي، وهو الغاز الرئيسي المرتبط بمشكلة الاحتباس الحراري أما بخار الماء في الغلاف الجوي فيمتص جزء كبير من الأشعة تحت الحمراء، إضافة إلى أجزاء بسيطة من الموجات القصيرة (الميكروويف). إضافةً إلى ماسبق، فإن وجود بخار الماء في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي يختلف اختلافاً كبيراً من موقع إلى آخر وفي أوقات مختلفة من السنة،

فعلى سبيل المثال، نجد أن كتلة الهواء فوق المناطق الصحراوية تحتوي على مقدار قليل جداً من بخار الماء لامتصاص الأشعة الكهرومغناطيسية، في حين أن المناطق الاستوائية تحتوى على معدلات عالية من بخار الماء تزيد من تركز الرطوبة العالية، وبالتالي تساهم بشكل كبير في امتصاص أجزاء واسعة من الأشعة الكهرومغناطيسية ، إن هذه الغازات تقوم بامتصاص الطاقة الكهرومغناطيسية في مناطق محددة جداً من الطيف وبالتالي فالأطوال الموجية الأخرى من الطيف الكهرومغناطيسي التي لا تتأثر بالامتصاص من قبل جزيئات الغلاف الجوي، تسمى (نوافذ جوية) ينفذ منها الإشعاع الكهرومغناطيسي إلى سطح الأرض وتعتبر مفيدة ويمكن استغلالها والاستفادة منها في نظم الاستشعار عن بعد.