الفصل الأول

الاستشعار عن بعد وتطبيقاته

Remote Sensing & Application

تُعد حواس البصر والسمع والشم في الإنسان من وسائل الاستشعار عن بعد، إذ تتلقى الموجات الضوئية أو الصوتية، أو جزيئات مواد كيماوية من مصدرها. ولا تستطيع عين الإنسان أن ترى الأشياء إلا عند وجود موجات ضوئية في أطوال معينة تنعكس من هذه الأجسام، أو إذا أصبحت هذه الأجسام ذاتها مشعة في المجالات الضوئية، التي تدخل في نطاق قدرات حساسية العين البشرية.

الاستشعار عن بعد Remote Sensing يطلق على العلم والتقنية التي تجميع المعلومات المأخوذة عن بعد للظواهر وتفسيرها، باستخدام طرق متعددة، من مسافات بعيدة، دون الحاجة إلى الاقتراب منها، ويكون ذلك تحت ظروف لا يمكن للعين البشرية أن تصل إليها، سواء كان ذلك نهاراً أو ليلاً.

لقد أحدثت التطورات التقنية في مجالات الحواسيب والاجهزه المرتبطة بها وإرسال العديد من الأقمار الاصطناعية ثورة في عالم البرمجيات التي استخدمت في تحليل البيانات المنبثقة عنها بحيث لا تستطيع الطرق التقليدية تحليلها وتفسيرها. ولم يقتصر الأمر لهذا الحد وانما قادت إلى تقليل من الجهد والكلفة ودقة عالية، وبذالك سهلة أجراء العديد من الدراسات التطبيقية في مختلف المجالات العلوم المكانية، لاسيما للحقول الجغرافية.اذ نقلت الجغرافية من الحقل الاكاديمى إلى الحقل التطبيقي.

والهدف الأول للاستشعار عن بعد هو تمكين الهيئات المسئولة عن التخطيط في دولة ما من إدارة مواردها الطبيعية واستخدامها بشكل فعال، فهي وسيلة أسرع وأدق وأقل تكلفة من الأساليب التقليدية المعتمدة حالياً، فالاستشعار عن بعد يمكن من جمع المعلومات وتحليلها وتصنيفها، وتقديم الخدمات لمستخدم هذه المعلومات، بما في ذلك إعداد ملفات للصور، كصور الأقمار الصناعية المختلفة، والصور الجوية، وتقديم المساعدات الممكنة للاستخدام الأمثل للموارد الاقتصادية.

يرجع تاريخ الاستشعار عن بعد بأسلوب التصوير من ارتفاعات كبيرة إلى عام ١٧٨٣م، حين قام فرنسيان برحلة استغرقت نصف ساعة بالبالون حول باريس، وبدأت

التطبيقات، في أول الأمر، بصورة محدودة بالملاحظة فقط، وأصبحت المنصات الجوية ذات أهمية كبيرة، حينما اكتشفت معالجات الصور الضوئية، على أساس وجود مركبات كيماوية معينة كبيرة ذات حساسية للضوء. إلا أن مصطلح الاستشعار من بعد Remote Sensing لم يظهر إلا في عام ١٩٦٠، ومنذ ذلك التاريخ أصبح مجالا جديداً من مجالات العلوم التطبيقية، ومع بداية عصر ارتياد الفضاء عام ١٩٥٧ والتقاط أول صورة فضائية لسطح الأرض بواسطة المركبة الفضائية Explorer-6 عام ١٩٥٩ بدأ اهتمام الإنسان ينصب على استخدام الأقمار الصناعية في الفضاء لحمل آلات التصوير وأجهزة الالتقاط المختلفة لمراقبة الكرة الأرضية وجمع المعلومات عنها، وكـان من الضروري أن تظهر بعض الجهات العلمية التي تهتم بذلك فظهرت وكالة الفضـاء الوطنية الأمريكيـة ناسا NASA ، National Aeronautic and Space Administration، والمنظمـة الوطنية للأجـواء والمحيطـات نووا) NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration، ووكالة الفضاء الفرنسية كنيس (Contre National d'Etudes Spatiales) CNES. وتعددت الأقمار الصناعية التي تدور في الفضاء، فمنها تلك التي تدور حول الكرة الأرضية من الشمال إلى الجنوب في مدار قطبى مروراً بخط الاستواء، ومنها تلك التي تتخذ مدارات ثابتة. وفي عام ١٩٧٢م أطلق أول قمر صناعي لدراسة الكرة الأرضية وملاحظاتها، كان ذلك إيذاناً بميلاد علم جديد، هو علم الاستشعار عن بعد، الذي أخذ يتطور بتقدم علم الحاسب الآلي، وتعدد أنواع الأقمار الصناعية، حتى أنشئت أخيراً درجاته العلمية المتخصصة.

وتعد مجموعة أقمار لاندسات Land satالأمريكية، ومجموعة أقمار سبوت الفرنسيةSPOT من أشهر الأقمار الصناعية التي تسهم في جمع المعلومات للاستخدامات السلمية في الوقت الراهن.

تتركز أهمية الاستشعار عن بعد في استكشاف الموارد ورصدها وتسجيلها، من ماء، ومعادن، وغطاء نباتي، وتربة، وما تحت التربة، وتسجيل التغيرات التي تطرأ على هذه الموارد، سواء كان هذا التغير ناتجاً عن الإنسان أو عن الطبيعة. ويكون الهدف بطبيعة الحال هو التنبؤ بالتغيرات، خاصة تلك التغيرات ذات التأثير السلبي، مثل الجفاف والفيضانات، والتصحر، وتآكل الشواطئ، والتلوث بمختلف أنواعه، واكتشاف موارد جديدة واستغلالها، وإعطاء المؤشرات لتخطيط حركة العمران. وباستخدام هذه المعلومات أيضا فإن المشروعات الكبيرة، ذات التأثير في البيئة، مثل إنشاء السدود، وحفر القنوات، وإنشاء البحيرات الصناعية، أو تجفيف البحيرات الطبيعية، واستغلال المناجم، يمكن أن تدرس في ضوء تكاملها مع البيئة المحيطة

وتأثيراتها بعيدة المدى، كما يمكن متابعتها بحيث تعالج آثارها في إطار هذه الصورة المتكاملة.

مفهوم الاستشعار عن بعد:

الاستشعار عن بعد علم قديم حديث، لم يتطور علم من العلوم بمعدل تطوره وهو علم يكاد يكون علما شاملا لمختلف العلوم والتطبيقات والاختصاصات، والاستشعار عن بعد باختصار هو رؤية مالا يرى.

لقد استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد في التنقيب عن الثروات والموارد الأرضية منذ سنين طويلة، آلا أن النمو والتطور السريع للاستشعار عن بعد وأنشطته المختلفة قد حدث في نهاية الأربعينات وبداية الخمسينات من القرن الماضي والذي تميز باستخدام واسع للتصوير الجوي بعد الحرب العالمية الثانية.

ظهر مصطلح الاستشعار عن بعد لأول مرة سنة (1960)، وهو يمثل ترجمة للعبارة الانكليزية Remote Sensing. ويعرف بأنه التقنية التي تسعى إلى تجميع المعلومات عن الأجسام والمظاهر الأرضية دون أن يكون هناك تماس فيزيائي بينها وبين المتحسس، ويعرف ايضا على انه : علم وفن وتقنية الحصول على قياسات جسم معين أو ظاهرة طبيعية عن بعد ودون إجراء تماس مباشر معها. وتعد الكاميرات وأجهزه الموجات القصيرة وأجهزه قياس الإشعاعات الطيفية والماسحات الالكترونية المتعددة الأطياف فضلا عن العين البشرية أنظمة لجمع المعلومات. وهناك تعريفات أخرى للاستشعار عن بعد، فيما يلي عرض لأهم هذه التعريفات:

- يقصد بالاستشعار عن بعد مجموع العمليات، التي تسمح بالحصول على معلومات عن شئ ما، دون أن يكون هناك اتصال مباشر بينه وبين جهاز التقاط هذه المعلومات.(Sabins,1987,12)
- الاستشعار عن بعد هو ذلك العلم، الذي يستخدم خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة، أو المنبعثة من الأشياء الأرضية، أو من الجو، أو من مياه البحر والمحيطات في التعرف عليها.
- يمكن النظر إلى الاستشعار عن بعد على أنه: مجموعة الوسائل، من طائرات، أو أقمار صناعية، أو بالونات، وأجهزة التقاط البيانات، ومحطات الاستقبال، ومجموعة برامج معالجة البيانات المستقبلة، التي تسمح بفهم المواد والظواهر من طريق خواصها الطيفية.
- الاستشعار عن بعد: هو علم يمكن من الحصول على بيانات الانعكاس والسلوك الطيفي للأشياء، التي يمكن أن تتحول إلى معلومات من خلال عمليات المعالجة والاستقراء.(Kolwell ،1983 ٦) .

لغرض تطبيق الاستشعار عن بعد بشكل فاعل في دراسة معينة يجب أن يكون هناك تكامل في المصادر المتعددة للبيانات وارتباط بعضها بالبعض الآخر وبطرائق تحليلها، واعتمادا على الهدف من الدراسة هنالك عدة شروط يجب توافرها لاستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وهي:

أولاً- تحديد المشكلة المراد دراستها.

ثانياً- تقدير إمكان دراسة المشكلة بتقنيات التحسس النائي.

ثالثاً- تحديد طرائق تجميع البيانات المناسبة للبحث.

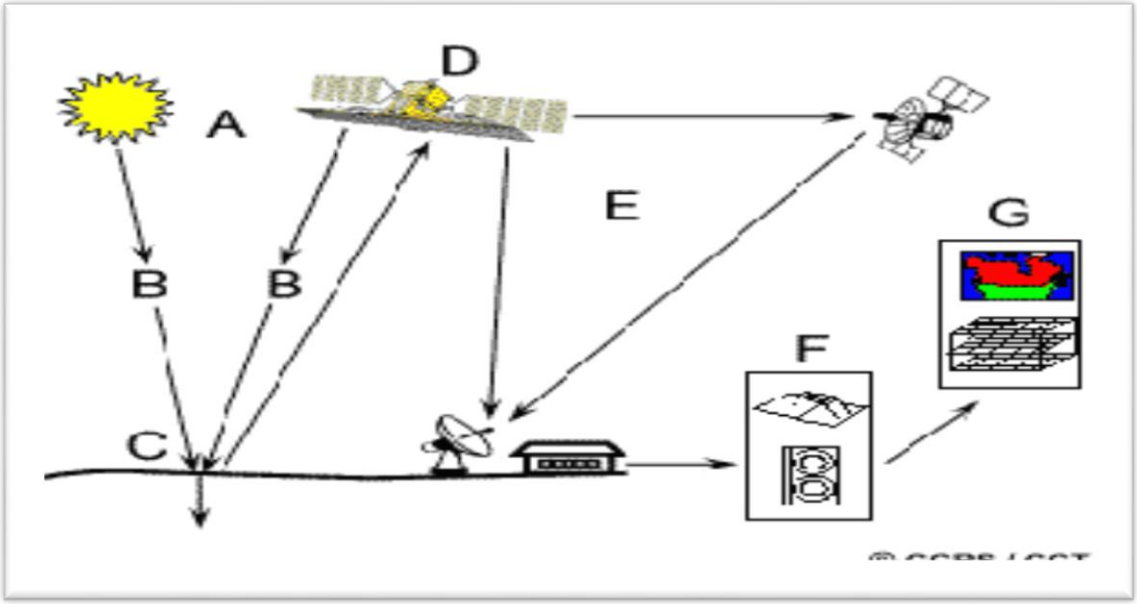
رابعاً- تعيين إجراءات تفسير البيانات المستخدمة.

خامساً- تحديد المعايير التي تقدر جوده المعلومات التي تم جمعها

أسس الاستشعار عن بعد Foundation of Remote Sensing

بما أن الاستشعار عن بعد هو مراقبة ظاهرة ودراستها بواسطة أجهزة تحمل مشعرات خاصة دون التماس الفيزيائي معها مباشرة فلابد من توفر عناصر معينة كي تتم عملية الاستشعار، يمكن إيجازها بأربعة عناصر هي **الشكل (١)**

شكل(١) التفاعل بين عناصر الاستشعار عن بعد



مصدر الطاقة Energy Sources :

تتحسس أجهزة الاستشعار عن بعد الطاقة الإشعاعية وتقوم بتسجيلها ويتم إرسال هذه الطاقة المنبعثة أو المنعكسة عن مظاهر سطح الأرض إلى أجهزة الاستشعار على شكل موجات، وتتم دراسة مظاهر سطح الأرض بواسطة أجهزة الاستشعار التي تعتمد على التقاط الطاقة الإشعاعية التي تدعى **الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation** ومصدره الأساسي الشمس، والإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الشمس لا يصل إلى أعماق المحيطات بل يصل إلى المناطق الضحلة لذلك فان عمليات الاستشعار عن بعد لا تشمل سوى هذه المناطق أما الأعماق فتتم دراستها بوسائل أخرى.

على العموم فان مصدر الإشعاع الكهرومغناطيسي أما أن يكون طبيعيا ناتجا عن الطيف الكهرومغناطيسي الذي يأتي من الشمس ويتألف من مجموعة كبيرة من الموجات المختلفة في أطوالها، او قد يكون من صنع الإنسان كالأشعة الميكروية التي يستخدمها الرادار والأجهزة الميكروية الأخرى.

الأشعة الكهرومغناطيسية:

يقصد بها جميع الموجات الإشعاعية التي تنتقل بشكل منظم وتسير بسرعة الضوء، ويمكن وصف هذه الموجات استنادا إلى طول الموجة او ترددها او سرعتها.*

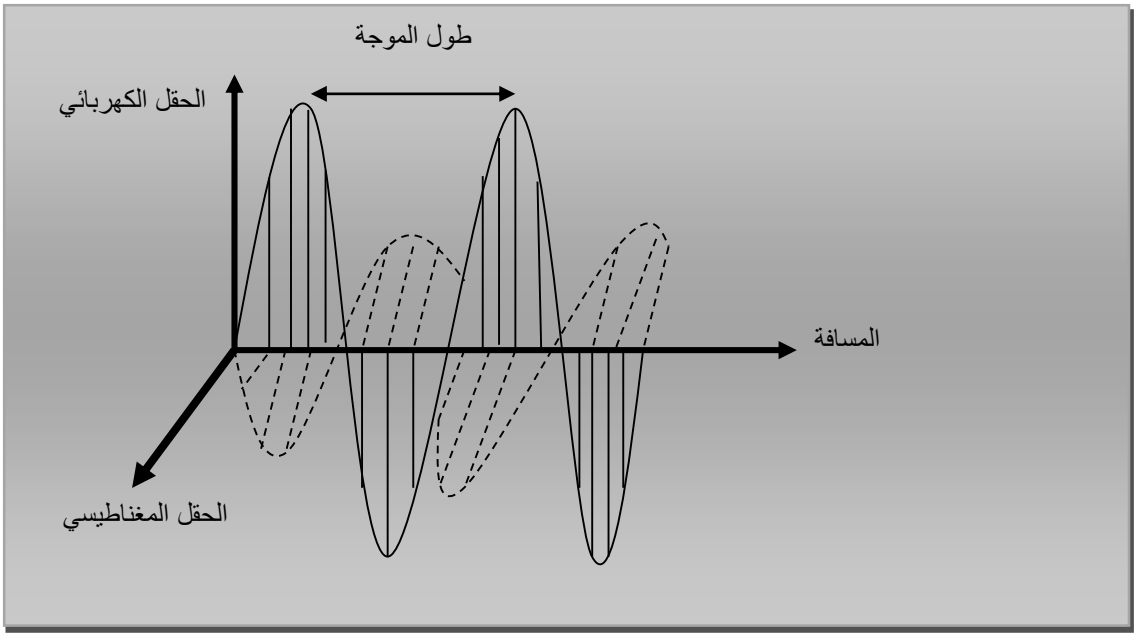
الشكل(٢)

---

* طول الموجة: هو المسافة التي تفصل بين ذروتين متتاليتين وتقاس بالميكروميتر ، و يرمز له (γ)

تردد الموجة: هو عدد الذروات التي تمر في نقطة ما من الفراغ خلال زمن محدد وتقاس بالهيرتز Hertz ، ويرمز له (V)

الشكل (2) مسار الموجة الكهرومغناطيسية الأساسية للاستشعار عن بعد



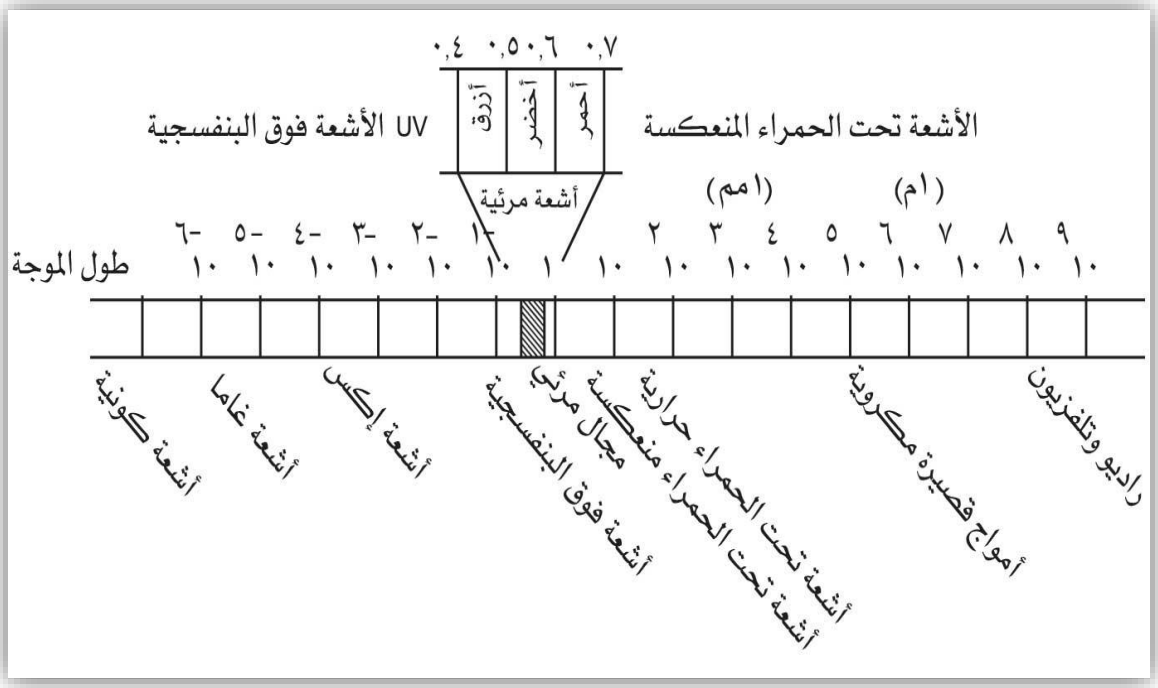
ويتم حساب طول الموجة عن طريق المعادلة التالية: $\gamma = \frac{C}{V}$

ولما كانت سرعة الموجة تساوي سرعة الضوء وهي ثابتة وبالتالي فان تردد الموجة يتناسب عكسيا مع طولها.(ليليساند وكيفر ،١٩٩٤، ٢١)

وبما أن الطاقة الكهرومغناطيسية تنتقل بطريقة مشابهة لطريقة انتقال الموجات آلا أنها تتشكل من حزم صغيرة تدعى الفوتونات (Photons) وان الطاقة الموجودة في جزئ الفوتون تتناسب مع ترددها، وبالتالي فأنها تتناسب عكسيا مع طول الموجة.وبما ان مجال طول الموجات الكهرومغناطيسية كبير فقد تم تقسيمها إلى نطاقات طاقة (Regions) متشابهة نوعا ما تبدأ من أشعة غاما القصيرة الموجة والعالية الطاقة وحتى موجات طويلة وطاقتها منخفضة وهي موجات الراديو، وبينهما توجد أنواع مختلفة من الأشعة هي (الأشعة السينية) و فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء وكل منها ينقسم إلى نطاقات اصغر الشكل (٣) (صيام، ١٩٩٥ ،٥٢)

الشكل (٣) طيف الموجات الكهرومغناطيسية

سرعة الموجة: هي جميع الموجات التي تنتقل بسرعة الضوء وهي (٣*١٠)٨ م/ثا ، ويرمز لها (C).



أ ـ **أشعة غاما Gama Rays:** هي أشعة متناهية في الصغر تتراوح أطوالها من 0.003-0.3 انغستروم.

ب ـ **أشعة X Rays:** هي أشعة ذات موجات أطوالها قصيرة تقع بين (0.3 -30) انغستروم وتدعى أشعة روتنجن Rontgen.

ج ـ **الأشعة فوق البنفسجية** Ultraviolet Rays: هي الأشعة التي تقع على الطيف المرئي وتتراوح أطوال موجاتها من (0.3 – 0.4) ميكرومتر وتوجد في طيف الأشعة الشمسية إذ يسير قسم منها مع أشعة الشمس ولكنها تضيع في طبقات الجز العليا، وتظهر في الجو بسهولة لأنها تصطدم بجزيئات الغلاف الجوي وتعطي السماء لونها الأزرق الذي يظهر في السماء الصافية الخالية من الغيوم.

د ـ **الأشعة المرئية Visible Rays:** أن الإشعاع الذي تراه العين البشرية هو الإشعاع الذي تقع موجاته بين (0.4- 0.7) ميكرومتر ويشمل هذا المجال مختلف ألوان الطيف المرئي التي تستطيع العين البشرية رؤيتها بدء من اللون الأحمر وحتى اللون البنفسجي.

هـ ـ **الأشعة تحت الحمراء Infrared Rays:** يطلق هذا التعبير على الأشعة التي تتراوح أطوال موجاتها بين (0.7 – 15) ميكرومتر، ومن ميزاتها تستطيع اختراق الضباب والغيوم وتقسم بدورها إلى ثلاثة أقسام هي:

- **الأشعة تحت الحمراء القريبة، وأطوالها (0.7– 1.3) ميكرومتر.**
- **الأشعة تحت الحمراء المتوسطة، وأطوالها (1.3– 3) ميكروميتر.**

❖ **الأشعة تحت الحمراء البعيدة او الحرارية، ويتم تحسسها عن طريق وسائل الاستشعار العادية.**

و - الأشعة الميكروية Microwave Rays: هي أشعة أطوال موجاتها من (1)ملم وحتى (1)متر، وتستخدم في أجهزة الاستشعار الفعالة (الرادار الراديو متر).

ي - الأشعة الراديوية Radio Wave: وطول موجات الأشعة الميكروية يقع بين (1)م وحتى (1) كم.

أن وسائل الاستشعار عن بعد لا تستخدم كافة مجالات الطاقة وإنما جزءا فقط من الطيف الكهرومغناطيسي يبدأ من مجال الأشعة فوق البنفسجية مرورا بالأشعة المرئية، ثم الأشعة تحت الحمراء القريبة فالمتوسطة فالبعيدة فضلاً عن ان الأشعة الراديوية، كما ان المجال المرئية له أهمية خاصة ومميزة ليس لرؤية الإنسان وإنما لأنه مجال جيد وأساسي للاستشعار.

وسائل الاستشعار عن بعد تكشف وتسجل طاقة الإشعاع (الفوتون) ضمن نطاق أو نطاقات خاصة بالمشعر Sensor الذي يقوم بجمع الإشعاع الكهرومغناطيسي وتسجيلها، وتعتمد كمية الطاقة المسجلة على طاقة الفوتونات الأصلية ضمن النطاق وعلى عدد الفوتونات التي تصل إلى الجهاز الحساس (المشعر) خلال الفترة الزمنية القصيرة لجمع الطاقة، ويختلف عدد الفوتونات (شدة الإشعاع) التي تصل إلى المشعر باختلاف كمية الطاقة الصادرة عن مصدر الإشعاع وكمية الطاقة الممتصة من قبل الغلاف الجوي- وكمية الطاقة المنعكسة في المعالم الأرضية

جهاز الاستشعار او المشعر Sensor

هي مجموعة من الأجهزة تتألف من آلات تصوير تحمل عدسات مختلفة، ووسائل لتحويل الإشارات ووحدة تسجيل على الأشرطة، وأجهزة ترقيم وغيرها، فضلاً عن شاشة عرض تلفزيونية، يتم وضع هذه المشعرات على متن وسائل مختلفة (منصات أرضية، طائرات، بالونات، حوامات، صواريخ، توابع صنعيه، مركبات فضائية ومكونات فضائية).

يعمل المشعر بنقل اختلاف شدة السطوع Bright variation حسب اختلاف محتوى الظاهرة، إذ تقوم آلات التصوير بتسجيل كمية الأشعة المنعكسة من الظاهرة على شكل أشارات الكترونية ثم تمريرها على كواشف تقوم بدورها بتوزيع الأشعة وتسجيلها وبثها إلى محطات الاستقبال الأرضية، وهذه المشعرات يمكن تقسيمها حسب مصدر الطاقة إلى نوعين:

❖ **مشعرات ذات أنظمة فعالة Active System:** هي أجهزة تطلق إشعاعات وتستقبلها بعد ان تصطدم بالظاهرة التي تقوم بدراستها مثل أجهزة الرادار والراديو متر.

- **مشعرات ذات أنظمة غير فعالة Passive System:** أجهزة لا تصدر الطاقة وإنما تعتمد على مصدر طاقة خارجي (الطاقة الشمسية)، مثل آلات التصوير المواسح المحمولة على متن التوابع الصنعية او الطائرات.

الممر الإشعاعي Radiation path:

المعلوم أن الشمس تصدر إشعاعات يتبعثر قسم منه في الجو بواسطة الجزئيات الموجودة في الغلاف الجوي وقسم منه يتم امتصاصه في الغلاف الجوي ويتم هذا الامتصاص بشكل رئيس بواسطة بخار الماء والأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون والأزون والكبريت وغيرها، أما الجزء الأخر يصل إلى الأرض من خلال ما يسمى بالنوافذ الجوية التي تسمح بمرور جزء من موجات الطيف الكهرومغناطيسي عبر الغلاف الجوي دون أن تكون معرضة للتبعثر أو الامتصاص، واهم هذه النوافذ بالنسبة للاستشعار عن بعد هي:

- ممر يقع في مجال الأشعة المرئية وتحت الحمراء يتراوح طولها بين 0.4 – 1.1 ميكرومتر.
- ممر يقع في مجال الأشعة الحمراء الحرارية طولها يتراوح بين 3 -5 ميكرومتر.
- ممر يقع في مجال الأشعة الحمراء طولها يتراوح بين 8 – 14 ميكرومتر.

الهدف او الظاهرة Target:

المقصود بالهدف كافة المظاهر على سطح الأرض التي تقع ضمن مجال الرؤيا للمشعر، فبمجرد أن تأخذ الموجات طريقها الي الهدف خلال الغلاف الجوي فأنها تتفاعل وتتمثل معه بثلاث طرق اما امتصاص أو انعكاس أو تشتيت وهذا يتوقف علي طبيعة الجسم الذي تصطدم به الموجات وخصائصه وطريقة تفاعله مع هذه الموجات.

قد يكون الهدف المراد تصويره منطقة مغطاة بالغطاء النباتي الطبيعي على سبيل المثال الغابات، او دراسة المسطحات المائية ومراقبة التلوث فيها او غير ذلك من المظاهر.

انبعاث الطاقة من المصدر الإشعاعي:

تصدر الأجسام ذات درجة الحرارة العالية طاقة أكثر من الأجسام ذات الحرارة المنخفضة ،ويقوم الفيزيائيون بإيجاد معادلات يتم من خلالها حساب الطاقة الصادرة عن الطيف عند درجة حرارة معينة من قبل سطح الجسم الأسود والذي هو عبارة عن جسم افتراضي يمتص كامل الأشعة التي تصطدم بسطحه ثم يبثها كاملة. (عيد، ٢٠١٠، ٣٥-٤٤)