جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الانبار / كلية الزراعة

قسم علوم التربة والموارد المائية

Remote Sensing:

Fundamentals & Applications

الأستشعار عن بعد :

أساسيات – تطبيقات

أ.م.د/ محمد عبد المنعم حسن

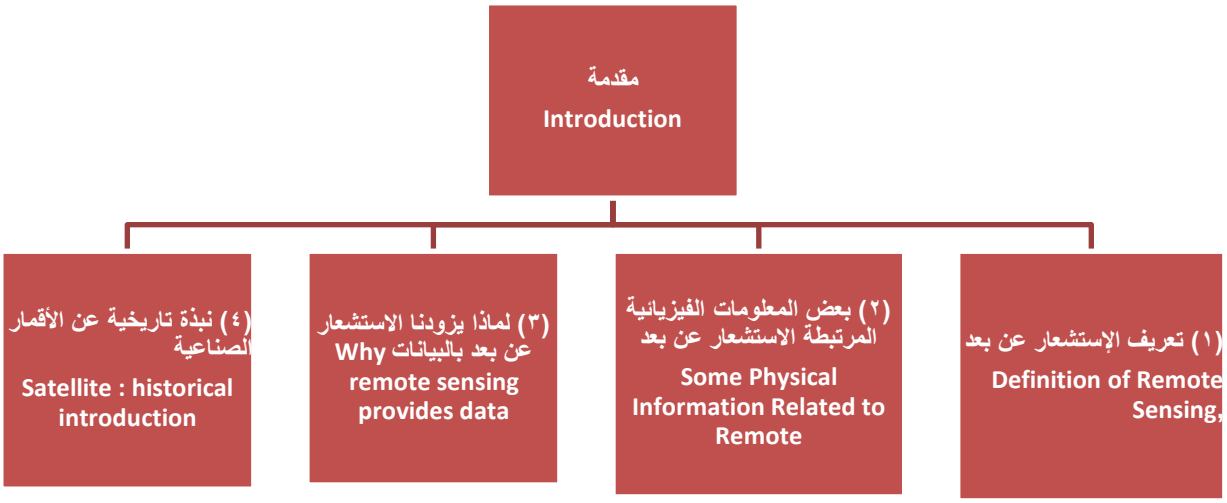
قسم علوم التربة الموارد المائية

كلية الزراعة *** جامعة الانبار

المحاضرة الاولى

المحاضرة الأولى : أساسيات الإستشعار عن بعد

Fundamentals of Remote Sensing



أساسيات الإستشعار عن بعدFundamentals of Remote Sensing

(1) تعريف ومفهوم الإستشعار عن بعد

Definition of Remote Sensing, and Why We Need

مفهوم الاستشعار عن بعد وتطوره ..

1.1- المقدمة :

الاستشعار عن بعد او التحسس النائي **Remote sensing** كما يطلق عليه في بعض الاقطار العربية

- لغوياً : هو انك تستشعر بشيء ما وهو بعيد عنك بمسافة مكانية وهذا الاستشعار قد يأخذ شكل "رؤية **view**" الشيء فقط او الخوض في ماهيته والتعرف على خصائصه .
- اما فنياً : فقد صاغ المختصين تعاريف عدة وجميعها تتفق في وصف بأنه " مجموعة تقانات تهدف الى جمع وتحليل المعلومات عن الظواهر الارضية او القريبة من الارض دون ان يكون هناك اتصال فيزيائي مباشر بين هذه الظواهر و التقانات المستخدمة ".
- وعرفه كول ول **well Col**، 1983 بأنه " علم و فن يستخدم الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة او المنبعثة من الاجسام الارضية للحصول على الصور والمعلومات الخاصة بالموارد الطبيعية المتجددة والتي يمكن تفسيرها والقياس عليها لاستخراج معلومات مفيدة ".

وهناك تعاريف اخرى ، وجميعها تتفق بأن علم الاستشعار عن بعد ذات مضمون كمي **Quantitative** ومضمون وصفي **Qualitative** ، فهو من ناحية يتضمن اجراء قياسات على مرئية الهدف المصور تشمل ابعاد الجسم كالطول والعرض والارتفاع او السمك او العمق والانحدار فضلاً الى كمية الاشعاعات المنعكسة او المنبعثة من الجسم ، ومن ناحية اخرى يتضمن تفسير الصور والمرئيات التي يتم الحصول عليها.

1.2- لمحة تاريخية للاستشعار عن بعد :

يعد الجغرافيون اول من وضع هذا المصطلح خلال حقبة الستينات من القرن العشرين.

ان استشعار سطح الارض وما تحته من مياه ومعادن وما فوقه من غازات وغيوم وظواهر اخرى ، لا يعد منهجاً جديداً بل هو قديم قدم خلق الانسان مع الاخذ بنظر الاعتبار اختلاف الوسيلة وتطورها . فمنذ قرون مضت ، كان الانسان يرتفع من سطح الارض ليشاهدها وليعرف المزيد من التفاصيل عن احوالها .

وقد بدأ بالصعود الى الاماكن المرتفعة كالتلال و الجبال للحصول على منظور اوسع مستخدماً حواسه التي من الباري عز وجل بها عليه. فقد استخدم الاذن التي تمثل حاسة السمع ويمكن عدها جهاز استشعار عن بعد له القدرة على استشعار الموجات الصوتية ، والجلد هو الاخر جهاز استشعاري له القدرة على التحسس بالموجات الحرارية، والعين لها القدرة على الاستشعار

بموجات الضوء ضمن المجال المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، والانف ذات القدرة على استشعار الروائح. اما حاستا التذوق واللمس فلا تتفقان مع اساسيات هذا العلم، اذ انهما يحتاجان لملامسة الهدف للتعرف عليه ومما تجدر الاشارة اليه هو انه لا تصح مقارنة الاستشعار بحواس الانسان مع نتائج ما يطلق عليه اليوم الاستشعار عن بعد لان الاستشعار البشري يتم عن طريق استلام المخ للاشارات الضوئية او حرارية او صوتية خارجية فيقوم بتفسيرها استناداً الى معلومات مخزونة حصل عليها عن طريق تجارب سابقة وهذه المعلومات تتأثر بعوامل عدة اهمها التمييز **prejudic** والاجهاد **fatigue** وهذا يجعل الاستشعار البشري وما يعتمد عليه من قياس وتحليل عمليات استشعارية غير كاملة. ومن ناحية اخرى هناك تشابه مادي بين الاجهزة الاستشعارية البشرية، والمعدات والاجهزة المستخدمة في علم الاستشعار عن بعد، اذ ان العين على سبيل المثال يمكن ان توصف كرديف في علم الاستشعار الحديث بالمتحسس **sensor** اما العقل فهو رديف لجهاز المعالجة والتحليل او ما نطلق عليه اليوم بالحاسوب.

وبعد استخدام الانسان لحواسه في الاستشعار، ونتيجة لحاجته الى مجال رؤية اوسع، بدأ منذ نهاية القرن التاسع عشر بأبتكار بعض الوسائل المتقدمة نسبيا آنذاك مثل الطائرات الورقية والحمام الزاجل بعد ربط الات تصوير بسيطة عليها.

وبعد اختراع الطائرة وتطور الات التصوير اخذ استخدام الاستشعار عن بعد يزداد بشكل كبير. ويمكن القول ان الطفرة النوعية والكمية في تطور هذا العلم لم تحدث الا بعد ان استطاع الانسان من غزو الفضاء ونشر الاقمار الصناعية المجهزة بوسائل استشعار متنوعة واستخدام الحاسوب في تحليل ماتجمعه هذه الاقمار من بيانات ومعلومات عن الاهداف المصورة.

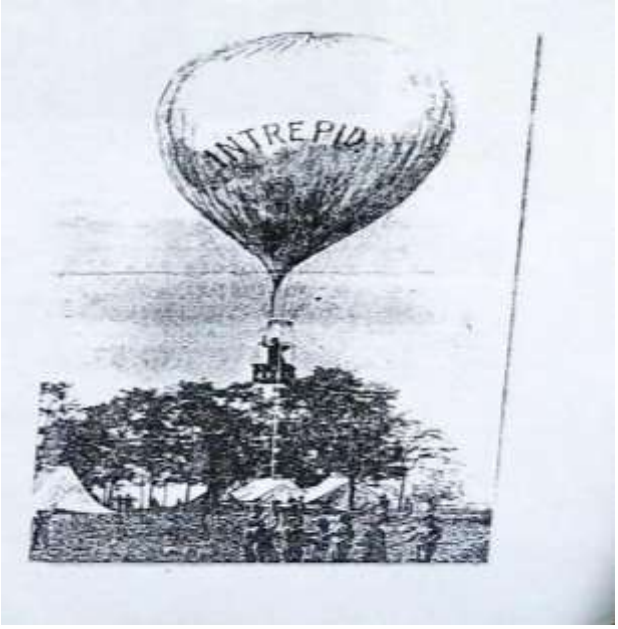
وبعد هذه المقدمة يمكن تمييز اربعة مراحل تأريخية لتطور علم الاستشعار عن بعد نوجزها بالآتي:.

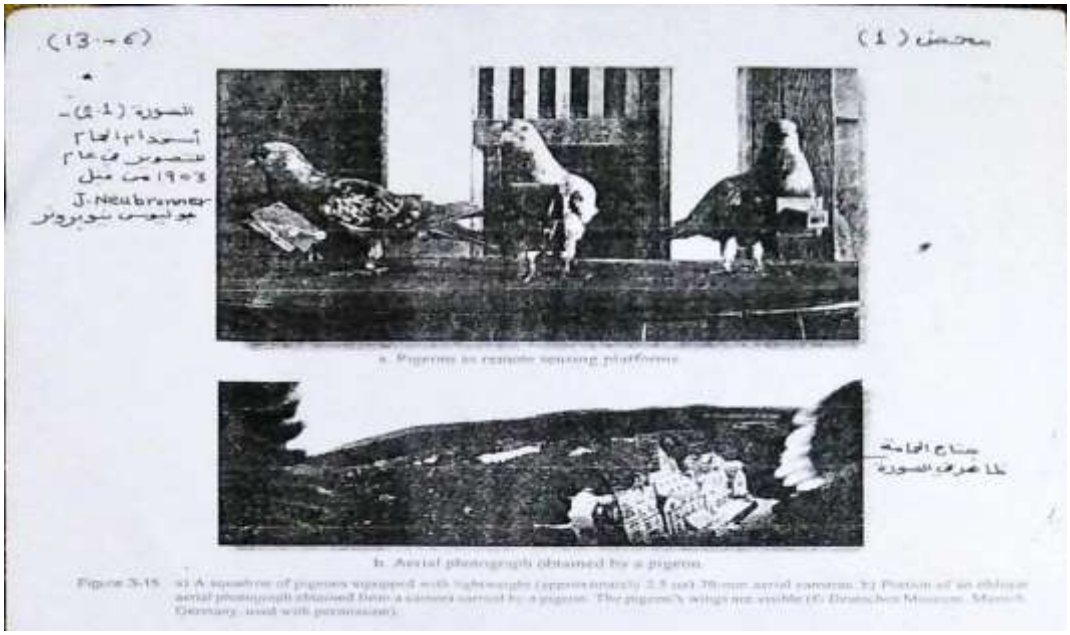
- **المرحلة الاولى (1839-1908) : تتميز بالآتي:.**

1- طولها الزمني.
2- ارتبطت باختراع آلة التصوير لذا تسمى بمرحلة اختراع التصوير الفوتوغرافي.
3- استخدمت فيها البالونات والمناطيد والحمام الزاجل والطائرات الورقية في التصوير. وتعد اولى المحاولات للتصوير الجوي.
4- استخدمت الصور الجوية المتحصل عليها في هذه المرحلة في مجالين رئيسيين هما؛ عمل الخرائط العامة اولاً واعمال الاستكشاف ثانياً، مثل استخدامهما المحدود خلال الحرب الاهلية الامريكية.

لقد اخذت اول صورة فوتوغرافية من قبل **Niepce&Dagerre** سنة 1839م، تلاها اول محاولة للتصوير الجوي باستخدام البالون من قبل الفرنسي **G.F. Tournachon** المعروف بأسم **Nadar** عام 1858م من ارتفاع (80متر) لقرية **Petit Bicetre**. وتعد الصورة الجوية لمدينة بوسطن الامريكية (الصورة 1.1)، اقدم صورة جوية متوفرة في الوقت الحاضر اخذت من قبل بلاك **James Wallac Black** في 13 تشرين الاول عام 1860م بوساطة منطاد على ارتفاع (630 متر).

وفي عام 1903م اخترع نبرونر **Juliws Neubrenner** آلة تصوير صغيرة الحجم وزنها (70 غرام) وقام بتعليقها على صدر حمامة واستطاع الحصول على صور سالبة ابعادها (38*38 ملم) (الصورة 2.1). اما استخدام الطائرات الورقية فقد كان مركزاً للحصول على معلومات عن الطقس. وتعود اول صورة مأخوذة من طائرة ورقية في عالم الانواء الجوية ارشيبالد **D.Arshibald** عام 1882م. وفي نهاية هذه المرحلة استخدم لورنس **G.R.Lawerence** الطائرة الورقية لتصوير مدينة سان فرانسسكو بعد الزلزال المدمر والحريق الكبير اللذين اصاباها خلال نيسان،1906م وكما في الصورة(3.1) المأخوذة من ارتفاع(600متر).





- **المرحلة الثانية (1908-1938) : تتميز بالآتي**

1- تم خلالها اختراع الطائرات لذا تسمى بمرحلة اختراع الطائرات.

وقد اخذت اول صورة من طائرة في 24 نيسان 1909م لمدينة سنتوسيللي الايطالية (الصورة1.3).

2- استخدمت في بداية هذه المرحلة اجهزة تصوير ارضية عادية وفي اواخر عام 1915م تم تصنيع آلة تصوير خاصة بالطائرات من قبل برابازون **More Brabazon**.

3- تم تصنيع اجهزة الرؤيا المجسمة (الستريوسكوب **Stereoscope**) كما في الشكل (1.1) وبواسطتها تم تفسير الصور الجوية الملتقطة خلال الحرب العالمية الاولى .

4- دخل استخدام الصور الجوية في هذه المرحلة الى المجال المدني حيث تمكن الجيلوجي بروكس **Brooks** من دراسة وتفيسير صور جوية لمنطقة شمال فرنسا. كما تم دراسة

بعض الظواهر الطبيعية مثل انواع الصخور والمسطحات المائية والآثار بوساطة الصور الجوية.

5- حصل خلالها وتحديداً بعد الحرب العالمية الاولى نطور سريع في وسائل الطيران واجهزء التصوير والعدسات.

من الممكن في نهاية هذه المرحلة الحصول على صور جوية بمقاييس كبيرة نتيجة للتطوير الذي حدث في العدسات المستخدمة، حيث انتجت شركة **Zeiss** اول عدسات ذات رؤيا واسعة عام 1934م وتبعتها الشركة السويسرية **Wild** بأنتاج عدسات اوسع منها.

6- اصبح استعمال الافلام الملونة في التصوير شائعاً وتمكن جودرد **George Goddard** عام 1937م من الحصول على اول صورة جوية ملونة بالأشعة المرئية.

الشكل يوضح انواع مختلفة من الاجهزة الرؤيا المجسية(الستريو سكوب)

- **المرحلة الثالثة (1939-1960):**

تزامنت هذه المرحلة مع اندلاع الحرب العالمية الثانية (1939-1944) وقد تميزت هذه المرحلة بالاتي:.

1- زادت استخدام الصور الجوية في مجالي الاستطلاع والتجسس. حيث ساهمت بدور كبير في كثير من المعارك الحاسمة التي حصلت خلال الحرب العالمية الثانية.
2- تم انشاء وتأسيس العديد من المعاهد والمراكز المتخصصة في تفسير الصورة الجوية. وبلغ عدد الجامعات والمعاهد التي تدرس موضوع التصوير الجوي عام 1946م نحو (13) معهداً وجامعة في الولايات المتحدة، واصبح عدد المقررات التي تتضمن موضوع الصور الجوية نحو (174) مقرراً في جامعات ومعاهد الولايات المتحدة خلال عام 1954م.
3- تم ابتكار التصوير الجوي الليلي من قبل الروس والامريكان، عن طريق الاضاءة الاصطناعية التي تلقى بوساطة مظلات جوية فتعطي الاضاءة الكافية المطلوبة للتصوير.
4- ازداد استخدام الصور الجوية في المجال المدني، حيث اصبح الحصول على معلومات عن عمق المياه امراً ميسوراً. وكانت القياسات التي اجريت على عمق المياه حول جزيرة اوكناوا اليابانية باستخدام الصور الجوية لا يزيد فيها معدل الخطأ عن (30سم). كما استخدمت الصور الجوية في دراسات المدن ومشكلاتها والمرور والصناعة وانتاج الخرائط واستخدام الارض ودراسة المحاصيل الزراعية والثروة الحيوانية والمراعي والنبت الطبيعي والصخور والتربة والصرف والطقس و الجيومورفولوجيا (اشكال سطح الارض).
5- يعد دخول الاشعة تحت الحمراء في التصوير سمة مميزة لهذه المرحلة وهي ذات انجاز كبير في علم الاستشعار عن بعد.
6- تحولت دراسة الصور الجوية خلال هذه المرحلة من حالة الوصف الى حالة التحليل الكمي للمعلومات التي تحويها الصورة الجوية.

- **المرحلة الرابعة (1960- لحد اليوم): تميزت هذه المرحلة بالآتي:**

1- استخدم الانسان الفضاء الخارجي فضلاً الى الغلاف الجوي للحصول على المعلومات عن بعد، لذا تسمى هذه المرحلة بمرحلة عصر الفضاء. فبسبب محدودية التصوير الجوي المألوف، فان المختصين بدئوا في البحث عن مكان اخر وطرائق جديدة ومتعددة للمراقبة من الفضاء الخارجي لمحتويات الغلاف الخارجي للكرة الارضية. فكانت النتيجة الحصول على اول صورة لسطح الارض التقطت بوساطة الكاميرا المحمولة على متن القمر ميركري **Mercury** عام 1960م .

وبلغ عدد الصور الملتقطة بهذه الكاميرا (39) صورة للأغراض الجيولوجية. وفي عام 1965م اقترحت القوة الجوية الامريكية على وكالة الفضاء الامريكية (ناسا **NASA**) صناعة واطلاق سلسلة اقمار صناعية لجمع المعلومات عن سطح الكرة الارضية ويمكن القول ان الاستشعار عن بعد بوساطة المركبات الفضائية المأهولة في جيميني 3(**Gemini III**) عام 1965م وبلغ عدد الصور الملتقطة نحو (1100) صورة اغلبها كانت ملونة بأستخدام الاشعة تحت الحمراء

(**IR)Infra-red**. واستمر التصوير الفضائي في سلسلة رحلات ابولو **Apollo** عام 1968م وانتهت عام 1979م وبلغ مجموع الصور الملتقطة نحو (350) صورة بعدة اطوال موجية. ومعظم اعمال التصوير في البرنامجين الاخريين تركزت في مناظر عامة عناحوال الطقس، والتضاريس والنبات والجغرافيا الاقليمية. ويجب الانتباه عند استخدام صور جيميني وابولو الى السلبيات المرافقة لهذه الصور منها؛ ان هذه الصور لم تكن عمودية تماماً ، كما ان تأثير ضل الغيوم قد يظهر بأشكال تشبه البحيرات على سطح الارض، اضاغة الى مقياسها الصغير جداً وقد تبعا برنامج سكاي لاب **Skylab** (1973-1974م) الذي سخر لأغراض الزراعة والغابات والجغرافيا ودراسة مياه البحار والمحيطات والتلوث واستخدام الارض والطقس والمناخ.

ويعد برنامج لاندسات **Landsat** الامريكي من برامج الاقمار الصناعية التي تعني بدراسة الارض ومواردها واكثرها شيوعاً على النطاق التجاري نظراً لغزارة و انتظام ودقة المعلومات المتحصل عليها من سلسلة الاقمار هذه. ففي 23 تموز 1972 م قامت وكالة ناسا بأرسال القمر **ERTS**-1 وسمي فيما بعد لاندسات-1 الذي انهى عمله بسبب مشكلات فنية في 6 كانون الثاني 1978م. ثم اطلقت لاندسات-2 في 22 يناير 1975م وتوقف عن العمل في تموز1983م.

وفي 5 آذار 1978م اطلق القمر لاندسات-3 واستمر لغاية ايلول 1983م. ثم ارسل لاندسات-4 في تموز 1982م ولاندسات-5 في آذار 1984م ولاندسات-6 في عام 1993م الذي لم يعمل بسبب الفشل في وضعه في مداره، واخيراً لاندسات-7 في 15 نيسان 1999م والذي لازال يعمل بمعية لاندسات-5 الى وقتنا الحاضر.

ويلي برنامج لاندسات الامريكي في الشهرة على النطاق التجاري، برنامج سبوت **SPOT** الفرنسي، والذي بدأ باطلاق القمر سبوت-1 في غعام 1086م، تلاه اطلاق الاقمار سبوت-2 وسبوت-3 والقمر سبوت-4 عام 1998م واخيراً سبوت-5. وبدأت الهند بر الفضائي عام 1988م حيث اطلقت الاقمار **IRS-1A** ثم **IRS-1B** عام 1991م. وكجزء في برنامج سبوت الفرنسي، اطلق الاتحاد الاوروبي قمرين بأسم **ERS**-1 و**ers**-2 في العامين 1991، 1995م. ام البرنامج الياباني فقد تضمن الاقمار **JERS**-1 عام 1992 و**adeos**-1 عام 1997مولكنه فشل بعد 7 اشهر من عمله، واخيراً **ADEOS**-2 عام 2002م.

ومن الاقمار الحديثة جداً ذات قدرة تمييز مكاني عالة جداً تصل الى (2.5)م هو القمر سبوت-5 حيث يعطي مشاهد تفصيلية والقمر **IKONOS** الامريكي ذات التمييز المكاني (1)م لصور البانكروماتك (الاسود والابيض) و(4)م للصور الملونه، والقمر **SPIN**-2 الروسي ذات التمييز المكاني(1)م واخيراً القمر **Quickbird** والذي حلق في 18 تشرين الاول عام 2001 وذات قدرة تمييز مكاني (0.9)م لصور البانكروماتك و (2.5)م للصور الملونه.

2- ظهر في هذه المرحلة مايعرف بالصور غير الفوتوغرافية والتي تساعد على رؤية ودراسة الاهداف باستخدام الموجات الطويلة والقصيرة من الطيف الكهرومغناطيسي. ففي الموجات القصيرة تسمح وسائل الاستشعار غير الفوتوغرافية بالرؤية في نطاق الاشعة فوق البنفسجية (**UV**)، وفي الموجات الطويلة يتم الاستشعار بوساطة ماسح **Scenner** او راديوميتر في نطاقات الاشعة تحت الحمراء القريبة **Near Infra-Red(NIR**) والمتوسطة **Middle Infra- Red(MIR**) والبعيدة او الحرارية **Far**

or Thermal Infra-Red(FIR,TIR) وبواسطة الرادار في نطاق الموجات الطويلة جداً **Micro wave or Radio wave**

وتستخدم وسائل الاستشعار غير الفوتوغرافية في دراسة المياه والمشكلات المتعلقة بها بوساطة الاشعة تحت الحمراء، وفي دراسة التضاريس والمناطق الحضرية بوساطة المواسح المتعددة الاطياف وفي دراسة التضاريس والتصاريف المائية والنباتات باستخدام الرادار، وفي دراسة التلوث ببقع الزيت في نطاق الاشعة فوق البنفسجية.

3- في صناعة الات التصوير المتعددة الاطياف بهدف دراسة الخواص الطبيعية للاجسام.
4- تميزت هذه المرحلة بنشاط بحثي كبير.

واجب بيتي

اتمنى لكم دوام التوفيق

2021/4/24

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار - كلية الزراعة
علوم التربة والموارد المائية

الاستشعار عن بعد

مدرس المادة: أ.م.د. محمد عبد المنعم

المرحلة الثالثة

المحاضرة الثاني: أسس وقواعد الاستشعار عن بعد

1.1- المقدمة:.

يستند الاستشعار عن بعد على عمليتين اساسيتين هما تسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية وتسمى ايضاً عملية الحصول على المعلومات **Data Acquistion** و عملية تحليل المعلومات **Data Analysis** وتشمل كل عملية على مجموعة عناصر(الشكل1.2) التي يمكن ايجازها بالاتي:

- عملية الحصول على المعطيات:

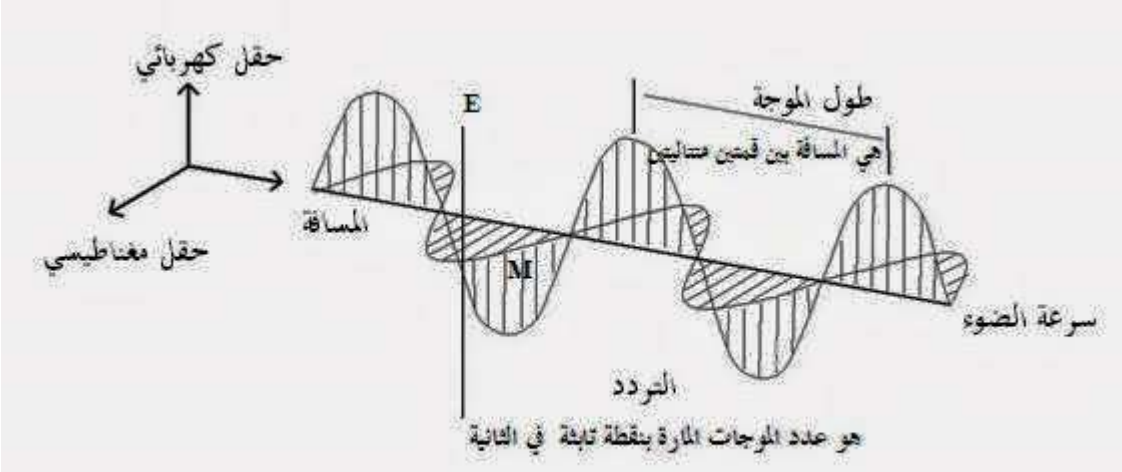
يحدث الاستشعار وتسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية نتيجة سلسلة من التفاعلات المعقدة بين الطاقة و المادة، حيث تعمل بشكل متداخل علة اظهار الاختلافات بين ظاهرة او هدف ما والظواهر والاهداف المحيطة بها. ان مستلزمات حصول هذه التفاعلات توافر العناصر الاتية والتي تمثل في ذات الوقت مكونات نظام الاستشعار:

- المصدر **Source:**

تعد الشمس المصدر الطبيعي للطاقة الكهرومغناطيسية والطاقة الكهرومغناطيسية هي الرابط بين مكونات نظام الاستشعار. ويقصد بالطاقة الكهرومغناطيسية جميع الطاقة (الاشعة) التي تسير بسرعة الضوء بشكل جيبي ولها مجالين قوة، يتعامد احدهما على الاخر، يمثل احدهما مجال كهربائي في حين يمثل الاخر مجال مغناطيسي وكما في الشكل (2.2).

تدعى المسافة بين قيمة موجة والقمة التي تليها بطول الموجة **warelength** ويرمز له بالرمز (ʎ) ويقرأ "لمدا" لاحظ الشكل(2.2). وعادة تستخدم وحدة "المايكرو (**µm**)" لقياس طول الموجة (حيث 1متر = 10^6 مايكرو متر).

ويدعى عدد القمم (الموجات) المارة بنقطة معينة ثابتة في الفضاء خلال وحدة الزمن ب التردد **Frequencyy (v** ويقاس بوحدات الهيرتز **Hertz** (سابقاً سايكل /ثانية **Cycle/sec**) .



شكل 2 : الموجة الكهرومغناطيسية

تخضع الموجات الكهرومغناطيسية في حركتها الى المعادلة العامة الاتية:

$$c = v\lambda$$

حيث: **c** = سرعة الضوء يساوي تقريبا $3 * 10^8$ م/ ثا. = 300000 كم/ثا

λ = طول الموجة (مايكرو ميتر).

v = التردد (هيرتز).

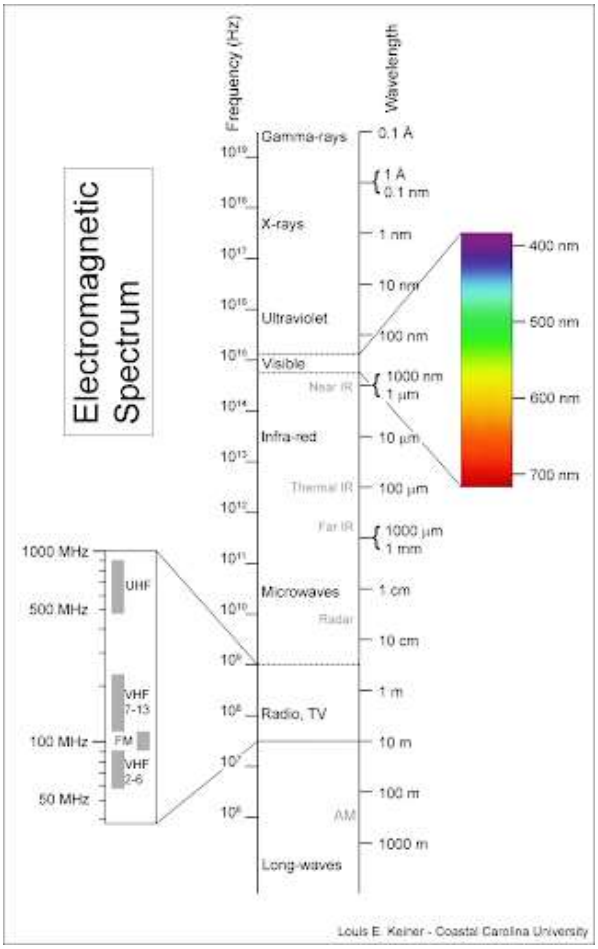
ومن المعادلة يتضح وجود علاقة عكسية بين التردد وطول الموجة.

لقد تم تصنيف الاشعة الكهرومغناطيسية الى عدة مجالات او نطاقات (**Bands**) استناداً الى اطوالها الموجية، ومرتسم التصنيف هذا يسمى الطيف الكهرومغناطيسي **Electromagnetic Spectnim** وكما في الشكل (2.3)، ومنه يلاحظ ان اقسام الطيف تشمل على:

اولاً:. اشعة الراديو **Radio rays**:

وتمثل النهاية اليمنى للطيف. وتمتلك هذه الاشعة اكبر طول موجي في الطيف الكهرومغناطيسي ($\lambda > 10^8 \mu m$) وتستخدم في نقل الاصوات (المذياع) واشارة التلفزيون والتلفون كما تستخدم في اجهزة السيطرة عن بعد **Remote Control** للتحكم في الاجهزة عن بعد.

ثانياً:، اشعة المايكروويف (المايكروية او الرادارية) **Microwave rays**:



وتتراوح اطوالها الموجية بين (1ملم-1م). تستخدم في الاتصالات ونقل المعلومات وفي الاستشعار عن بعد. و تستخدم اجهزة الرادار هذه الاشعة لتصوير الاهداف والظواهر. كما تستخدم هذه الاشعة في اجهزة الاستشعار الارضي كالراديوميتر.

ثالثاً:. الاشعة تحت الحمراء **Infrared (IR**):،

وتتراوح اطوالها الموجية بين (0.75 مايكروميتر- حوالي 1ملم). ويمكن تجزئة هذا النطاق من الاشعة الى ثلاثة اقسام هي:.

1- الاشعة تحت الحمراء القريبة **Near Infrared (NIR**):.

وطولها الموجي (0.73- 1.3) مايكروميتر.

2- الاشعة تحت الحمراء المتوسطة **Middle Infrared (MIR**):ز

وطولها الموجي محصور بين (1.3- 3.0) مايكروميتر.

3- الاشعة تحت الحمراء الحرارية (البعيدة) **Thermal (TIR) or Far Infrared (FIR**)):.

وطولها الموجي محصور بين (3.0مايكروميتر-حوالي1ملم).

رابعاً:. الاشعة المرئية **Visible or Light region**:.

وتشمل على الموجات الكهرومغناطيسية والتي اطوالها الموجية تتراوح بين (4.0-حوالي 0.73) مايكروميتر. وهذا الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي هو الذي تراه وتتحسس به العين البشرية. ويمكن تقسيم هذا النطاق من الطيف الى ثلاثة اقسام رئيسية هي:.

1- الاشعة الزرقاء المرئية **Visible Blue**:.

وطولها الموجي (0.4-0.5) مايكروميتر:.

2- الاشعة الخضراء المرئية **Visible Green**:.

وطولها الموجي (0.5- 0.6) مايكروميتر.

3- الاشعة الحمراء المرئية **Visible Red**:.

وطولها الموجي (0.6- حوالي 0.73) مايكروميتر.

وتعد اجزاء الطيف الاربعة السالف ذكرها من اهم اجزاء الطيف المستخدمة في معظم اجهزة الاستشعار عن بعد.

اما باقي اقسام الطيف والتي تشمل على الاشعة فوق البنفسجية **Ultra Violet (UV**) واشعة اكس **X-rays** واشعة كاما **ɤ-rays** والاشعة الكونية **Cosmic rays** فهي موجات قصيرة، وجميعها محدودة الاستخدام في الاستشعار عن بعد، ولها استخدامات اخرى في الصناعة والطب ... الخ

وهناك مصادر غير طبيعية **man-made** وهي من صنع الانسان. ومن ابرز تلك المصادر، الطاقة المستخدمة في استشعار اشعة مايكروويف من قبل اجهزة الرادار والطاقة التي تستخدمها الات التصوير **Comeras** باستخدام اجهزة الومض (**Flash**).

- تصنيف نضم الاستشعار استناداً الى نوع مصدر الطاقة الى :.

1- النظم الايجابية **Passive Systems**:.

وهي النظم التي تعتمد على الشمس كمصدر للطاقة. مثل الماسحات (**Scanners**) المحمولة على متن الاقمار الاصطناعية، والات التصوير التي لا تستعمل اجهزة الومض في عملية التصوير.

2- النظم السلبية (الفعالة او النشطة) **Active Systems**:.

وهي النظم التي تجهز نفسها بالطاقة لاكتشاف وتصوير الاهداف. مثل الرادار**Radar** والات التصوير التي تستخدم جهاز الومض للعمل. هذه النظم يمكنها العمل ليلاً ونهاراً وتحت مختلف الظروف على خلاف النظم الايجابية التي لايمكنها العمل الا بوجود الشمس.

- اساسيات الاشعاع وتوزع الطاقة:.

ان الاجسام الموجودة على سطح الارض والتي تزيد حرارتها عن الصفر المطلق، وبشكل مستمر اشعاعات كهرومغناطيسية تتوقف كميتها على درجة حرارة الجسم وحسب قانون استيفان-بولتزمان **Stefan-Boltzmann Law** وكالاتي:.

$$W=\sigma T^4$$

حيث **W** = الاشعاع المنبعث من سطح الجسم (واط/م**).-**^{2}

σ = ثابت ستيفان_بولتزمان (5.6697* 10^{-8} واط م$^{-2}$ كلفن**).**$^{-3}$

T = درجة حرارة الجسم المطلقة (**k**)، كلفن $^{-4}$

ومن قانون استيفان بولتزمان (المعادلة 2.2) يتضح ان الطاقة الكلية المنبعثة من جسم ما تتناسب مع درجة حرارته المطلقة وتزداد بشكل كبير عند اي زيادة في درجة حرارته (لماذا؟).

وفي ضوء ذلك فان الجسم الحار كالنار او الشمس يشع اشعاعات ذات ترددات عالية وموجات قصيرة ذات طاقة عالية، لذا فمن السهولة استشعارها عن بعد. وعلى العكس من ذلك نجد ان الاجسام الباردة كالارض مثلاً تشع الطاقة ببطئ وبموجات طويلة وترددات منخفضة وهي موجات ذات طاقة ضعيفة ويكون من الصعوبة استشعارها عن بعد وهذا ما يوضحه الشكل (4.2) الذي يشير الى:.

1- يتفاوت التوزيع الطيفي للطاقة المنبعثة تبعاً لدرجة حرارة الجسم الباعث.
2- المساحة تحت المنحني تساوي الاشعاع الكلي المنبعث (**w**).
3- وجود ازاحة للمنحنيات بأتجاه الموجات القصيرة.

ومن ناحية اخرى فأن الطول الموجي الذي عنده يصل اشعاع الجسم الاسود الى اقصى قمة له، يرتبط بدرجة حرارة الجسم حسب قانون الازاحة لواين **Wien's displacement law** وكالأتي:

$$\lambda m = \frac{A}{T}$$

حيث = **λm** اقصى طول موجي يصدر عن اشعاع الجسم الاسود .(مايكروميتر).

A = ثابت قيمته 2898 مايكروميتر.كلفن.

T = درجة حرارة الجسم (كلفن).

ويمكن ملاحظة العلاقة الرياضية (3.2) عندما نسخن قطعة حديد. اذ بتقدم تسخينها يتغير لونها نحو الموجات الاقصر فتبدأ بالأحمر الخفيف ثم البرتقالي ثم الاصفر وربما نصل الى الابيض عند استمرار التسخين.

ان درجة حرارة سطح الارض (التربة، المياه، الغطاء النباتي) هي حوالي 300 كلفن (27مْ). ومن قانون داين فأن اقصى طول موجي (ŕ́ʌ) للاشعاع الصادر من الارض وما عليها هو (9.7) مايكروميتر تقريباً وهو اشعاع يرتبط بالطاقة تحت الحمراء الحرارية (**TIR**) وهذا النوع من الاشعة لايمكن رؤيتها ولكن يمكن التحسس بها بواسطة بعض الاجزة مثل الراديوميتر **Radiometer** والماسحات **Scanners** قمة للطاقة تكون عند (0.5) مايكروميتر وهذا النوع من الطاقة (الطول الموجي) يمكن رؤيته والتحسس به من قبل عيوننا واغلب انواع افلام التصوير المستخدمة.

تفاعلات الطاقة مع الغلاف الجوي **Energy Interactions in the Atmosphere**

ان جميع الاشعاعات التي تكشفها المتحسسات (**Sensors**) اياً كان مصدرها، لابد لها ان تجتاز (تسافر) مسافة في الغلاف الجوي تسمى "طول المسار **Path Length**". ويختلف هذا الطول حسب نوع التصوير. فمثلاً التصوير من الفضاء يحصل عند اجتياز اشعة الشمس كامل سمك الغلاف الجوي للأرض ذهاباً واياباً، عند انطلاقها من مصدرها (الشمس) حتى وصولها الى المتحسس المحمول على القمر؛ في حين عند استخدام المتحسس الحراري في التصوير فأن هذا المتحسس سيكشف عن الطاقة المنبعثة مباشرةً من الهدف الارضي، اي ذهاباً فقط، لذا يكون المسار في هذه الحالة اقصر.

ان التأثير النهائي للغلاف الجوي على الاشعة المستشعر بها يتوقف على:.

1- طول المسار.
2- شدة اشارة الطاقة المراد استشعارها.
3- الظروف الجوية السائدة.
4- الطول الموجي للأشعاعات المراد استشعارها.

يظهر الغلاف الجوي تأثيره في عملية الاستشعار من خلال ظاهرتين هما، التشتت (التعثر) **Scattering** والامتصاص الجوي **Absorption** وفيما يلي وصفاً لها تبين الظاهرتين :

- التشتت **Scattering:.**

وهو تناثر للاشعاعات الكهرومغناطيسية القادمة الى الارض والمنعكسة عن سطح الارض بفعل جزيئات مادية مختلفة الانواع تتواجد بتراكيز مختلفة في طبقات الجو العليا والسفلى وله ثلاث انماط:

1- تشتت رايلي **Rayleigh Scatter**:

يحصل عندما تصطدم الاشعة الكهرومغناطيسية بجزيئات (دقائق) موجودة في الجو ذات اقطار اصغر من اطوال موجات الاشعة. ويتناسب تأثير تشتت رايلي عكسياً مع الاس الرابع لطول

الموجة. يسود هذا النوع من التشتت في الاشعة وذات الطول الموجي القصير. من الامثلة على الظواهر التي يسببها هذا النوع من التشتت هو لون السماء الازرق حيث بغيابه ستظهر السماء بلون اسود، ولكن اشعة الشمس تتفاعل مع جو الارض فتشتت الاشعة الاقصر (الموجات الزرقاء) بشكل اكبر من بقية الاشعة المرئية فتبدو السماء بلون ازرق.

وعند الشروق والغروب فأن السماء تبدو حمراء او برتقالية ويعود ذلك الى طول المسار الذي تسلكه اشعة الشمس عند هذين الوقتين مقارنة ببقية ساعات النهار، حيث خلال المسار الطويل (المسار المائل) يحصل امتصاص تام للموجات القصيرة (الزرقاء) ويبدأ تشتت للموجات الاطول (الحمراء والبرتقالية).

يعد تشتت رايلي مسؤولا عن ظاهرة الضباب او السديم (**Haze**) التي تظهر في الصور الفضائية والصور الجوية التي تؤخذ من ارتفاعات عالي، وتقلل من وضوح الصورة حيث يطغي اللون الرصاصي المزرق على الصورة ولغرض ازالة تأثير هذه الظاهرة، ويوضح مرشح **Filter** امام عدسة الكاميرا ليحجب نفاذ الموجات القصيرة.

2- تشتت ماي **Mie Scatter**:

يحدث عندما تكون اقطار الجزيئات العالقة في الجوو مساوياً لاطوال موجات الاشعة التي تصطدم بها. ان اهم الجزيئات المسببة لتشتت ماي هي جزيئات الغبار وجزيئات بخار الماء العالقة في الجو.

يؤثر تشتت ماي في الموجات الاطول اذا ما قورنت بتشتت رايلي، ويكون هذا التشتت معنوي في الجو الغائم.

3- التشتت غير الانتقائي **Non selective sctter**:

يحدث عندما تكون اقطار الجزيئات المسببة للتشتت اطول بكثير من اطوال الاشعاعات الكهرمغناطيسية، كالتشتت الحاصل بفعل قطرات الماء التي تتراوح اقطارها بين (5 – 100) مايكروميتر والتي تشتت كل الاشعة المرئية وتحت الحمراء المنعكسة (**RIR**) بشكل متساوي تقريباً، وبالتالي فأن هذا التشتت ليس انتقائياً اي ليس له علاقة بطول الموجه. ومما تجدر الاشارة اليه، ان كميات متساوية من الاشعة المرئية (الازرق، الاخضر، الاحمر) يحصل لها تشتت غير انتقائي مما يسبب ظهور السماء والضباب في بعض الاحيان باللون الابيض.

- الامتصاص **Absorption:.**

هو عملية فقدان للطاقة عند طول موجة معين وبهذا تحد هذه الظاهرة من المجال الطيفي الذي يمكن استخداامه في اجهزة الاستشعار. ان اكثر المواد امتصاصاً للاشعة الكهرومغناطيسية هي جزيئات بخار الماء وغاز ثاني اوكسيد الكاربون وغاز الاوزون.

تسمى اطول الموجات التي تمر اشعتها عبر طبقات الجو دون ان تمتص بالنوافذ الجوية **Atmospheric Windows** وكما في الشكل (5.2).

يبين الشكل (**a**-5.2) التوزيع الطيفي للطاقة التي تطلقها كل من الشمس والمعالم الارضية. ويمثل هذا المنحنيات اكثر مصادر الطاقة استخداماً في الاستشعار عن بعد.

اما في الشكل (**b**-5.2) فان المناطق المنقطة هي مناطق طيفية يمكن لمعلومات الاستشعار ان تنفذ من خلالها وهي ما نسميها بالنوافذ الجوية، اما المناطق المظللة الظاهرة في الشكل فهي مناطق طيفية لاتسمح بمرور الطاقة من خلالها.

ويلاحظ من الشكل (**c**-5.2) ان مدى حساسية العين (المدى المنظور) يتوافق بأن واحد مع نافذة جوية ومع ذروة الطاقة من الشمس.

ان الطاقة الحرارية المنبعثة من الارض التي يمثلها المنحني الصغير في الشكل (**a**-5.2) يتم الاستشعار بها من خلال النافذتين (3-5) مايكروميتر و (8-14) مايكروميتر، بأستخدام اجهزة مثل الماسحات الحرارية **Thermal Scanners** اما الماسحات متعددة الاطياف **Multi spectral scanners** فتتحسس بآن واحد، عبر عدة اطوال موجات ذات مدى ضيق يمكن تحديد موقعها في نقاط مختلفة، بدءاً من المنطقة الطيفية المتطورة حتى المنطقة الطيفية الحرارية. وتعمل الاجهزة الرادارية والمايكروية من خلال نافذة جوية توجد في المنطقة المحصورة بين 1ملم و 1متر.

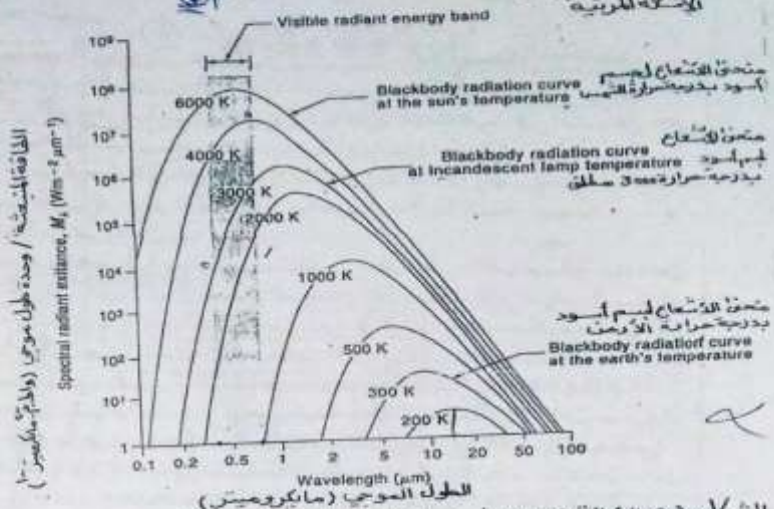
بسبب ظاهرة الامتصاص، لابد من مراعاة عدة عوامل اثناء اختيار جهاز الاستشعار واهمها:

1- الحساسية الطيفية لجهاز الاستشعار:. فعلى سبيل المثال لاداعي لشراء متحسس له القدرة على التحسس بالطول الموجي (100-150) مايكروميتر، فهذا الطول اساساً لاينفذ خلال الغلاف الجوي وبالتالي لايمكن التحسس به.
2- وجود او غياب النوافذ الجوية:. في المجالات التي سيجري التحسس من خلالها.
3- توفر مصدر الطاقة اللازمة وتركيبها الطيفي:.

(14 – 8) (12)

محصن (2)

الأشعة المرئية



الشكل (4-2) التوزيع الطيفي للطاقة المشعة من أجسام ذات درجات حرارة مختلفة.

1. 0.52 – 0.65 , اللون الأخضر

* اختلاف الأجسام الثانية يعكس الضوء من البياض وهو لا يعكس الأشعة من السماء من المحمرة.

الله الرحمن الرحيم

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار - كلية الزراعة
علوم التربة والموارد المائية

الاستشعار عن بعد

مدرس المادة: أ.م.د. محمد عبد المنعم

المرحلة الثالثة

المحاضرة الثالثة

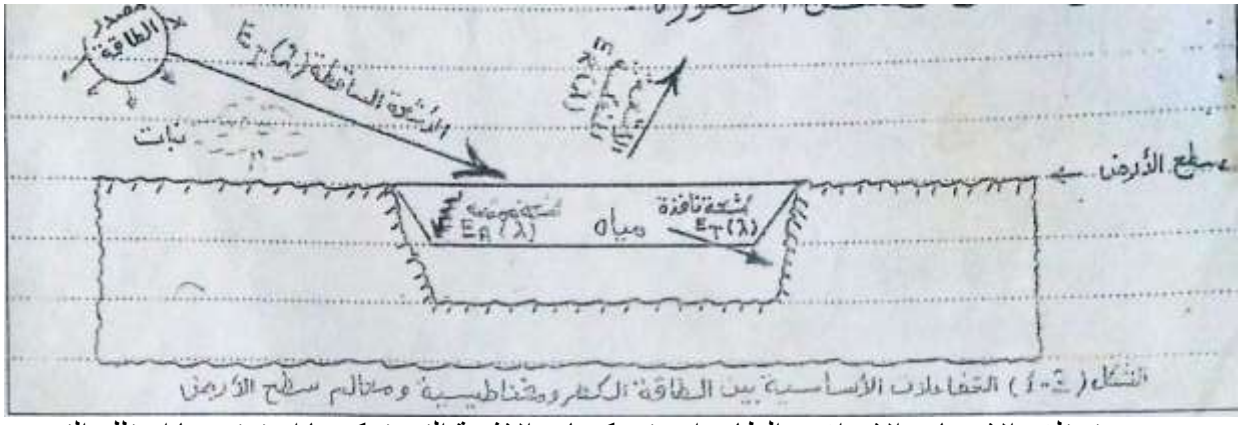
تفاعل الطاقة مع معالم سطح الارض

Energy Interactions with Earth Surface Features

عند سقوط الاشعة الصادرة من المصدر (الشمس او غيرها)، على الارض، تحصل ثلاث تفاعلات اساسية بين الاشعة الساقطة وبين معالم سطح الارض (التربة، النبات، المياه، الاجسام واهداف اخرى)؛ فالأشعة الساقطة **incident energy (E_I)** اما ان تنعكس **reflected energy (E_R)** او تمتص **absorbed energy (W_A)** او تنفذ **transmitted energy (E_T)** واستناداً الى قانون حفظ الطاقة فأن طاقة الاشعة الساقطة تساوي مجموع طاقة الاشعة المنعكسة والممتصة والنافذة، اي:

$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda) \ldots\ldots (3.1)$$

حيث ان $E_I(\lambda)$, $E_R(\lambda)$, $E_A(\lambda)$, $E_T(\lambda)$ هي طاقة الاشعة النافذة والممتصة والمنعكسة والساقطة كل بدلالة طولها الموجي، على التوالي. ويوضح الشكل (1.3) التفاعلات الاساسية بين الطاقة ومعالم سطح الارض.



تختلف الاجسام والاهداف والظاهرات في كميات الاشعة التي تعكسها او تمتصها او تلك التي تنفذ من خلالها، (وذلك تبعاً لتغاير صفات وخواص تلك الاجسام والظاهرات والاهداف، كما تختلف تبعاً لنوعية الاشعة الساقطة) (الطول الموجي للأشعة)

وهذا الاختلاف يسمح بتمييز اهداف واجسام وظاهرات مختلفة على نفس الصورة.

الانعكاسية الطيفية **Spectral Reflectance**:

يدعى الجزء المنعكس من الاشعة الكهرومغناطيسية الساقطة على سطح الارض على سطح الارض بالأنعكاسية الطيفية وهي دالة مرتبطة بالطول الموجي الذي يختلف حسب موقعه في الطيف الشمسي. وغالباً مايعبر عن الانعكاسية الطيفية رياضياً بمعامل الانعكاسية **Reflectance Index** الذي يمثل النسبة بين كمية الاشعة المنعكسة من الهدف الى الاشعة الساقطة الكلية عند طول موجي معين ويحسب كالآتي:

$$\%RI(\lambda) = \frac{ER\ (\lambda)}{EI\ (\lambda)} * 100 \ldots\ldots\ldots\ldots(3.2)$$

حيث:.

RI(λ): معامل الانعكاسية ، (%).

ER(λ), EI(λ): كما في المعادلة (4.1).

يعد الجزء المنعكس من الاشعة الساقطة ، ذات اهمية كبيرة في علم التحسس النائي، اذ ان كثير من اجهزة الاستشعار تسجل هذا الجزء من الاشعاع الساقط الكلي. وقد استخدمت قيم معامل الانعكاسية لدراسة وتحديد المكونات البيئية المختلفة، اذ ان لكل مكون صفاته الخاصة به التي تعمل على تحديد قيمة معامل الانعكاسية عند طول موجي معين، وتتوقف قيمة معامل الانعكاسية على:

1- الطول الموجي للأشعة الساقطة على الهدف.
2- زاوية سقوط الاشعة على الهدف.
3- الخصائص الكيميائية والفيزيائية للهدف.
4- درجة خشونة سطح الهدف.

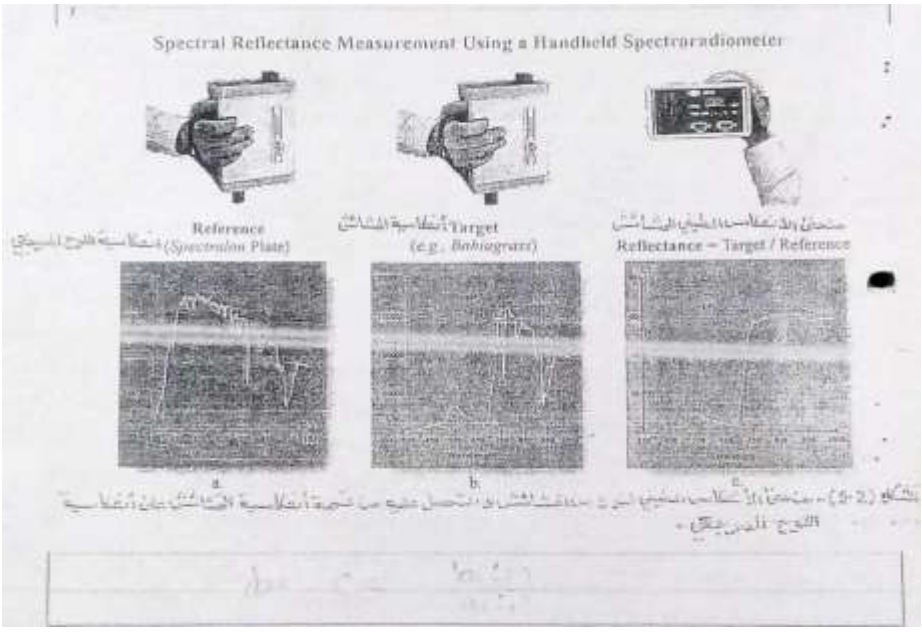
يستخدم العديد من الاجهزة الحقلية والمختبرية فضلاً الى المنصات الجوية والفضائية، لقياس الانعكاسية الطيفية للأهداف المختلفة الموجودة على سطح الارض .

ويوضح الشكل (2.3) جهاز قياس الاشعاع الطيفي المحمول يدوياً **Handheld Spectroradiometer** والذي يستخدم لقياس الانعكاسية الطيفية للأهداف الارضية في الجزء المرئي وتحت الاحمر وبأطوال موجية تتراوح بين 0.35 و 2.5 مايكروميتر تتلخص فكرة استخدام الجهاز على قياس انعكاسية لوح مرجعي (**L_r**) وانعكاسية الهدف تحت الدراسة (**L_T**) ومن القياسين يتم حساب طيفة الانعكاسية للهدف وفق المعادلة ادناه (**Macoy**، 2005):

$$P_T = \frac{LT}{Lr} * K \ldots\ldots..(3.3)$$

حيث:

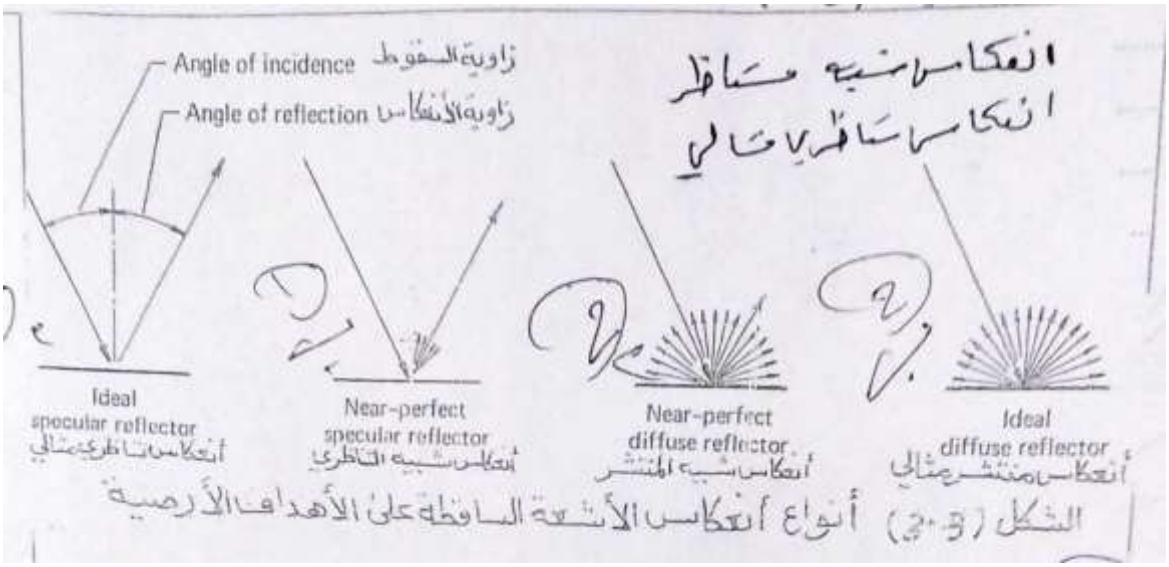
K: معامل تصحيح يمثل النسبة بين الاشعاعية الشمسية الى خروجية **exitance** اللوح المرجعي وتحت الظروف المثالية تقترب قيمته من 1.



انواع الانعكاس:

يمكن تصنيف انعكاس الاشعة من الاهداف الى نوعين استناداً الى خشونة سطح الهدف نسبة الى الطول الموجي للأشعة الساقطة وكالآتي:

1- الانعكاس التناظري (**specular) Symetric reflectance**: وفيه تكون زاوية سقوط الاشعة تساوي زاوية انعكاسها، كما وفي حالة انعكاس الاشعة من مرآة او سطح ماء ساكن او سطوح بعض انواع الترب والصخور. وهناك نوعين من هذا الانعكاس كما في الشكل (3.3). وعموماً هذا الانعكاس لا يفيد في الاستشعار عن بعد لانه يبدو انعكاساً لامعاً وباهراً على الصورة مما يحول دون امكانية تمييز الاهداف وكما في اللوحة (1.3).



2- الانعكاس المنتشر **Diffused reflectance**: وفيه يكون انعكاس الاشعة بشكل متماثل في كافة الاتجاهات كما هو الحال في انعكاس الاشعة من السطوح الخشنة. ترتبط خشونة او نعومة السطوح بطول موجة الاشعة الساقطة عليها. فعلى سبيل المثال السواحل الرملية يمكن ان تظهر كسطوح ناعمة عند سقوط الموجات الراديوية الطويلة عليها، في حين في الجزء المرئي من الطيف (الموجات القصيرة) فأن هذه السواحل تبدو سطوح خشنة. وبصورة عامة عندما يكون طول الموجة للأشعة الساقطة اصغر بكثير من تغير ارتفاعات السطح او حجم الجزيئات المكونة لسطح المادة، فأن هذا السطح يبدو خشناً ويعمل كسطح ناشر للأشعة.

ان هذا النوع من الانعكاس هو المفيد في تطبيقات الاستشعار عن بعد لانه يحتوي على معلومات طيفية عن لون السطح العاكس.

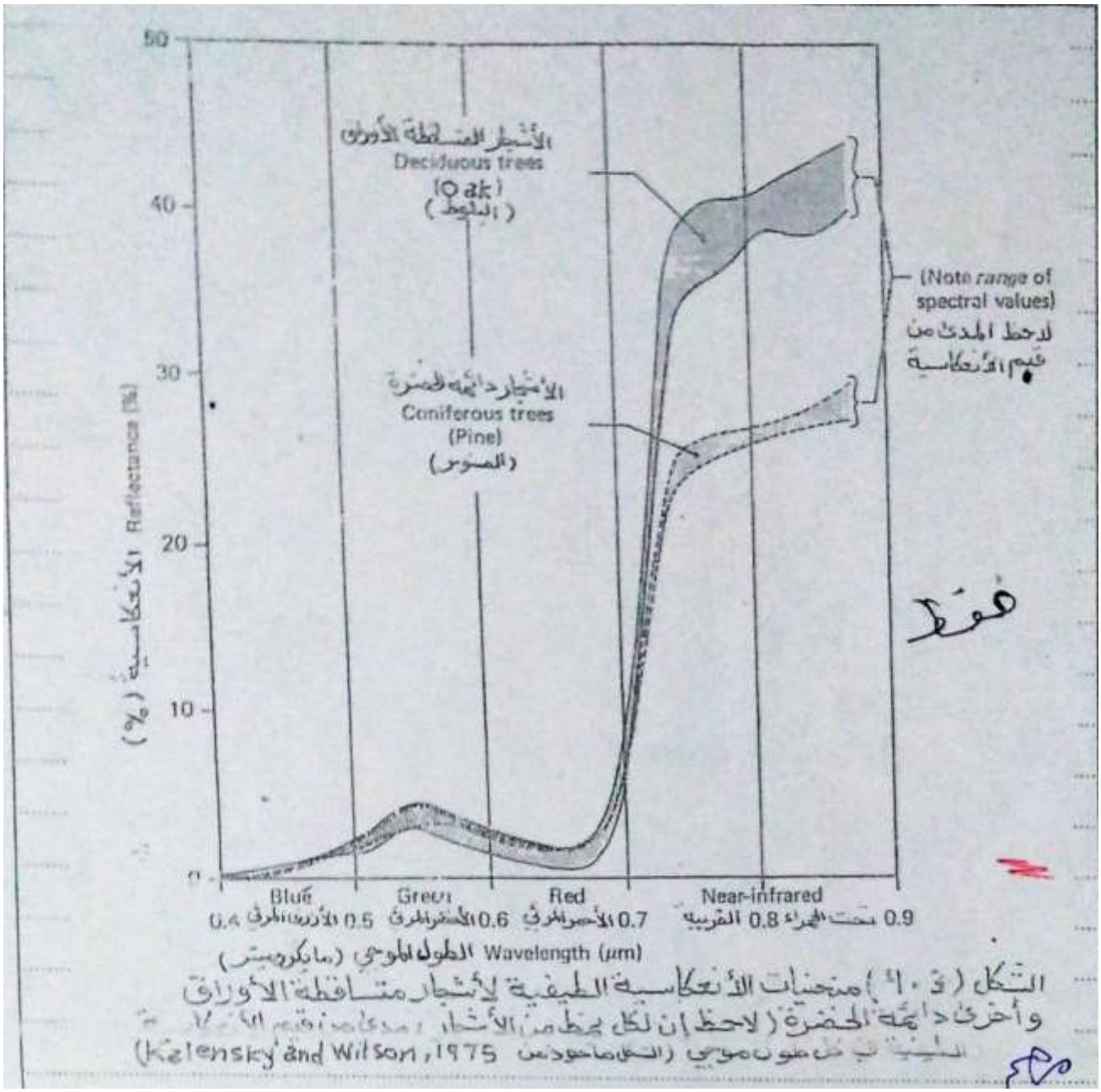
منحني الانعكاس الطيفي

Spectral Reflectance Curve

هو التمثيل البياني للعلاقة بين الانعكاسية الطيفية لجسم ما بدلالة طول الموجة، ويدعى ايضاً "البصمة الطيفية **Spectral Signature**" او "الهوية التعريفية للجسم الخاضع للدراسة". اذ ان لكل جسم، سلوك طيفي يميزه عن بقية الاجسام الاخرى، بل يختلف السلوك الطيفي لنفس الجسم من وقت لآخر. ويعطي شكل منحني الانعكاس الطيفي فكرة عن المميزات الطيفية للجسم، وله تأثير كبير في اختيار منطقة او مناطق الموجات التي تستخدم عند اجراء الاستشعار عن بعد في دراسة هدف معين.

ان التنوع الموجود في النباتات الطبيعية والمحاصيل الزراعية من حيث الشكل والتركيب ..... يجعل السلوك الطيفي للنباتات متنوعاً ومختلفاً من صنف الى آخر ومن نوع الى آخر، وهذا ماتؤكده منحنيات الانعكاسية الطيفية المتنوعة، اعتماداً على حالة التجانس في الكثافة النباتية والحالة الفيسيولوجية وحالة الخضرة لكل نوع. فمثلاً يوضح الشكل (4.3) منحنيات الانعكاسية

الطيفية لاشجار متساقطة الاوراق (عريفة الاوراق) **deciduous trees** مثل البلوط و اشجار دائمة الخضرة (ابرية او رفيعة الاوراق) **coniferous trees** مثل الصنوبر،



الشكل (٤٠) منحنيات الأنعكاسية الطيفية لأشجار متساقطة الأوراق وأخرى دائمة الخضرة (لاحظ إن لكل نمط من الأشجار مدى من قيم الأنعكاسية الطيفية في كل طول موجي (الشكل مأخوذ من Kalensky and Wilson, 1975)

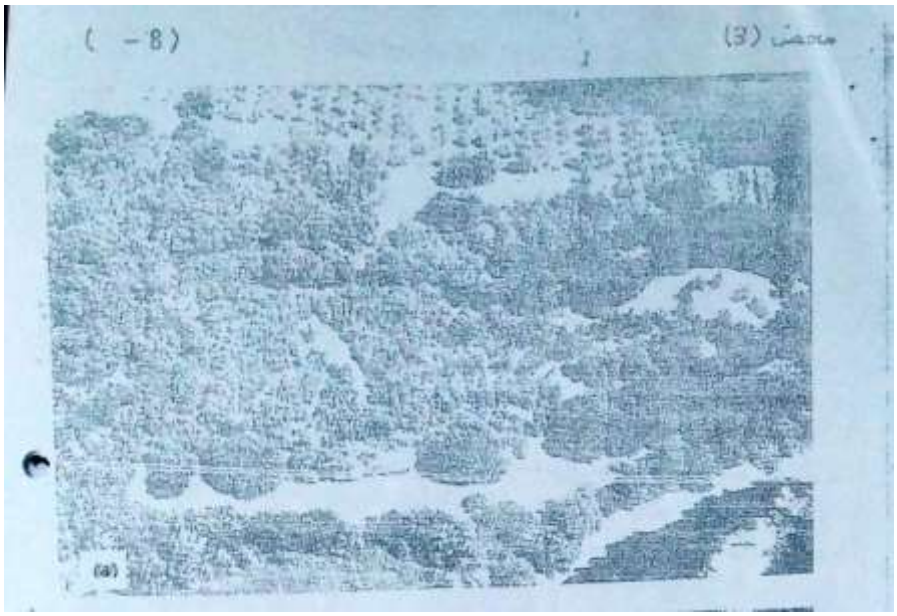
1- الانعكاسية الطيفية تختلف ضمن النمط الواحد من الاشجار والدليل وجود منحني انعكاس لكل نمط، وهذا يؤكد ان الانعكاسية الطيفية لأحد انواع الاشجار المتساقطة الاوراق وليكن النبق مثلاً لا تطابق ابداً الانعكاسية الطيفية لنوع آخر من الاشجار المتساقطة الاوراق وليكن.....

2- الانعكاسية الطيفية للدائمة الخضرة تختلف عن الانعكاسية الطيفية للمتساقطة الاوراق. وان قيم الانعكاسية للمتساقطة الاوراق اعلى مما هو عليه للدائمة الخضرة.

3- وجود تقارب في قيم الانعكاسية الطيفية في نطاق الاشعة المرئية لكلا النوعين من الاشجار، في حين ابدت تباين واضح في قيم الانعكاسية في مجال الاشعة تحت الحمراء، ولهذا فأنها تستخدم في عملية الفصل والتمييز بين تلك الاصناف (لاحظ اللوحة 2.3)
4- تشترك انواع النباتات المختلفة بسلوك طيفي متشابه من حيث حالة التباين في قيم الانعكاسية الطيفية لمدى من الاطوال الموجية المختلفة.

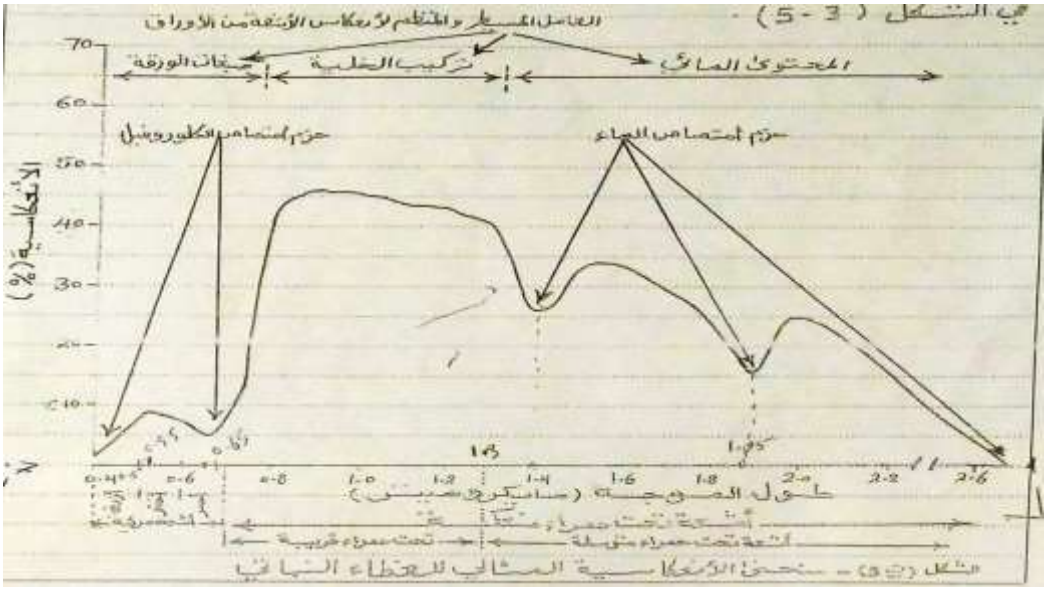
ومما يتقدم يتضح ان استخدم العين البشرية والتي تعتمد على الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي لاتنفع في عملية العزل بين غابات مختلطة (دائمة الخضرة ومتساقطة الاوراق) لان منحنيات الانعكاسية الطيفية لكل نمط من الاشجار تتداخل في معظم الجزء المتطور من الطيف، وبهذا ترى العين كلا النمطين من الاشجار بأن لهما نفس شدة الخضرة وبالتالي لايمكن التمييز.

وقد يقول قائل، انه بالأمكان تحسين عملية العزل بأستعمال معلومات مكانية لكل نمط شجري مثل حجم الشجرة وشكلها وموقعها... الخ، ولكن يصعب تحقيق ذلك من الجو. وعلى ذلك فأنه للتمييز طيفياً بين نمطي الاشجار، لابد من استخدام جهاز استشعار يستعمل الموجات تحت الحمراء القريبة في عملية التصوير. ويتمثل هذا الجهاز بآلة تصوير(**Camera**) مزودة بفلم اسود وابيض (غير ملون) يتحسس للموجات تحت الحمراء، فتبدو الاشجار المتساقطة الاوراق على هذا الفلم افتح لوناً بكثير من الاشجار دائمة الخضرة لأن المتساقطة الاوراق تعكس الاشعة تحت الحمراء اكثر من تلك التي تعكسها الاشجار دائمة الخضرة، وهنا ما توضحه اللوحة (2.3) حيث يلاحظ ان على اللوحة (**a**-1.3) صعوبة التمييز بين نمطي الاشجار لأن الصورة مأخوذة على فلم بانكروماتك **Panchromatic** (اسود وابيض) يتحسس للطيف المرئي فقط (0.4-0.7) مايكروميتر، على الرغم من وجود تغاير في الشكل، حيث الاشجار دائمة الخضرة ذات شكل مخروطي في حين يكون شكل تيجان الاشجار المتساقطة مستديرة. اما في اللوحة (**b**- 1.3) والمأخوذة بفلم اسود وابيض يتحسس للأشعة تحت الحمراء القريبة (0.9 – 0.7) مايكروميتر، فتبدو الاشجار دائمة الخضرة اكثر دكانة، وتصبح عملية التمييز ووضع الحدود لهذين النوعين من الاشجار امراً سهلاً. ويمكن اجراء عملية العزل والتمييز ورسم الحدود بين النمطين بأستخدام الحاسوب، اذا مسحت (**scan**) الصورة الكترونياً واعطيت نتائج المسح الى الحاسوب بدلالة الشدة اللونية.



منحني الانعكاس الطيفي للنبات

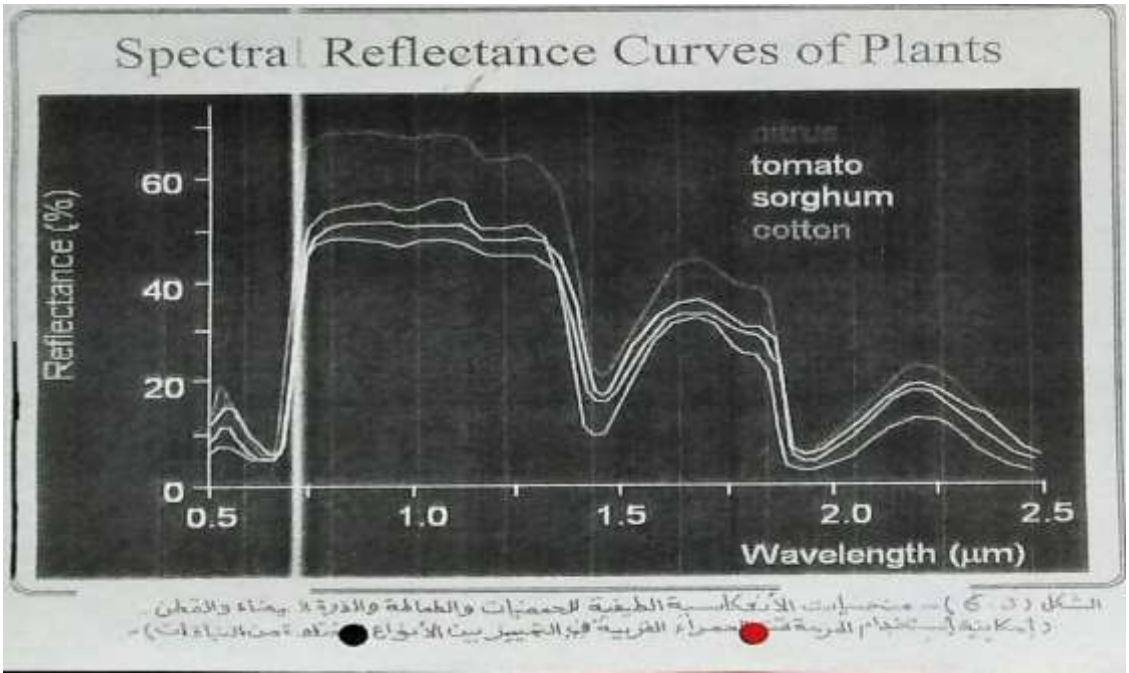
تتخذ جميع منحنيات الانعكاسية للنبات المظهر العام نفسه تقريباً فمنحني الانعكاس للنباتات الخضراء السليمة يظهر على شكل وديان **Valley** وقمم **Peak** ، يبدأ في حد ادنى في المنطقة الزرقاء من الطيف المرئي (0 . 4) مايكروميتر وبنسبة انعكاس اقل من (10)%، ثم تزداد عند المنطقة الخضراء وبالتحديد عند حوالي (0.55) مايكروميتر، ويعود الانعكاس الى الانخفاض عند المنطقة الحمراء (حوالي 0.65 مايكروميتر) وكما في الشكل (5-3).



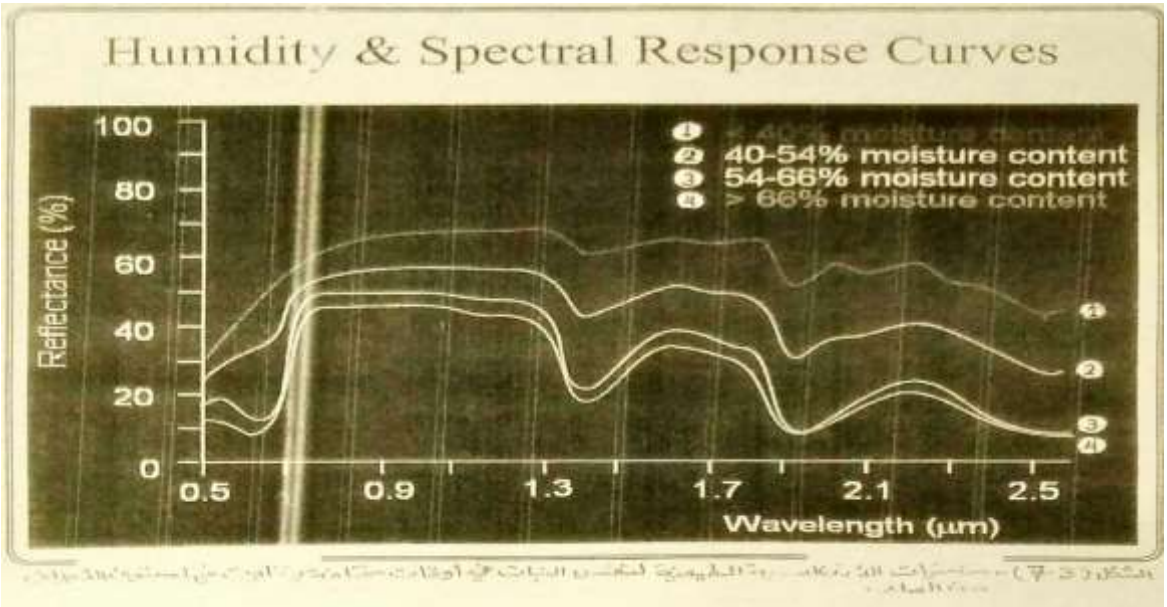
تدعى المواقع المنخفضة في منحني الانعكاسية للنبات او مناطق الانعكاس الدنيا ضمن منطقة الطيف المرئي بحزم امتصاص الكلوروفيل **Chlorophyll absorption bands** اذ ان الصبغات في ورق النبات وخاصة الكلوروفيل تقوم بأمتصاص الاشعة الواردة بشدة للحزم الطيفية (0.45) و (0.65) مايكروميتر، لذلك نرى بالعين البشرية النباتات السليمة بلون اخضر بسبب امتصاص اللونين الاحمر والازرق وعكس اللون الاخضر وعند تعرض النبات لمرض او آفة معينة، فأن الامتصاص الكلوروفيلي للونين الاحمر والازرق يقل ويزداد الانعكاس لهذين اللونين ويظهر لون النبات مصفراً (مزيجاً بين اللون الاحمر واللون الاخضر).

وفي مجال الاشعة تحت الحمراء المنعكسة **PIR** وتحديداً بالقرب من الطول الموجي (0.75) مايكروميتر، يحصل ارتفاع مفاجئ في منحني الانعكاس ويمتد حتى يغطي مجال الاشعة تحت الحمراء القريبة (1.3 – 0.75) مايكروميتر. ففي هذه المنطقة من الطيف يعكس النبات السليم حوالي (50)% من الاشعة الساقطة علية وينفذ الباقي عبر الاوراق ويكون الامتصاص في حده الادنى، ويكون تأثير الصبغات ضعيف على الخصائص الانعكاسية، والذي يتحكم بالأنعكاس في هذه المنطقة هو التركيب الداخلي لخلايا اوراق النبات **Cell structure**، وهذا التركيب يختلف بأختلاف نوع النبات، مما يسمح بتمييز انواع مختلفة من النباتات باستخدام هذا الجزء من الطيف وكما في الشكل (6 . 3).

اما في منطقة الاشعة تحت الحمراء المتوسطة **MIR** (من حوالي 1.3 الى حوالي 2.6



مايكروميتر) فأن انعكاسية ورقة النبات تتناسب عكسياً مع محتوى الاوراق من الماء ويوجد عند الموقع 1.4 و 1.9 و 2.65 مايكروميتر حدود دنيا للأنعكاس وتسمى هذه المواقع بحزم امتصاص الماء .



يعتمد تفسير النمط المميز لأي غطاء نباتي في المجال المرئي وتحت الاحمر على؛

1- بعد المساحة المرئية.
2- موقع الشمس والزاوية الشمسية (وهي الزاوية المحصورة بين اتجاه الشعاع، والاتجاه المرجعي الذي عادة مايمثل اتجاه الشمال باتجاه عقرب الساعة).
3- نسبة الضباب في الجوو وسرعة الرياح.
4- خصائص التربة تحت الغطاء النباتي.
5- شكل اوراق النبات ونوعه وتركيبه.

دلائل الغطاء الخضري **Vegetation Indices**:

هي صيغ رياضية بسيطة تستخدم في مجال الاستشعار عن بعد بهدف تحديد مدى احتواء سطح الارض على غطاء خضري او خلوه منه. وقد اقترحت العديد من الصيغ التي تعبر عن استخدام قيم الانعكاسية في بعض الحزم الطيفية وخصوصاً المرئية وتحت الحمراء القريبة، ذات العلاقة بكمية ونوعية والحالة الصحية للنبات. واكثر تلك الدلائل شيوعاً هو دليل الغطاء الخضري **Vegetation Index (VI)** والذي يحسب كالآتي :

$$\mathbf{VI} = \frac{NIR}{R} \quad \text{.....(3 . 4)}$$

حيث:

NIR= الانعكاسية في الاشعة تحت الحمراء القريبة.

R = الانعكاسية في الاشعة الحمراء المرئية.

كما يعد دليل الاختلاف الخضري المعدل **Normalized Difference Vegetabion Index (NDVI)** من الدلائل الشائعة الاستخدام في عزل كل من الغطاء الخضري والغيوم والماء والثلوج والمياه ويحسب كالآتي:

$$\mathbf{NDVI} = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(3 . 5)$$

حيث **NIR** و **R** كما في المعادلة (3 . 4) تتراوح قيم الاختلاف الخضري المعدل بين (-1) و (+1) حيث تشير القيم السالبة للدليل الى وجود الغيوم في الغلاف الجوي او المياه او الثلوج على سطح الارض، اذ ان هذه الاهداف تعكس كميات اكبر من الاشعة المرئية (الحمراء) مقارنة بالأشعة تحت الحمراء القريبة. وتشير القيم القريبة من الصفر لهذا الدليل الى وجود الصخور او الترب الجرداء بسبب عكسها لكميات متساوية من الاشعة المرئية والاشعة تحت الحراء القريبة. في حين تشير القيم الموجبة للدليل الى وجود الغطاء النباتي بسبب قدرة الغطاء النباتي على عكس كميات اكبر من الاشعة تحت الحمراء القريبة مقارنة بالأشعة المرئية. وكلما اقتربت قيمة الدليل من (+1) دل ذلك على وجود الغطاء النباتي بكثافة اكبر.

ومن الدلائل الاخرى ذات العلاقة بالمحتوى الرطوبي للجزء الخضري هو دليل الاختلاف المائي او الرطوبي المعدل **Normalized Difference Moisture or water Index (NDMI&NDWI)**. وقد شاع استخدامه في الزراعة والغابات والهيدرولوجي (علم المياه) ويستند الى قيم الانعكاسية في الحزمة تحت الحمراء القريبة للماسح العرضي ($\mathbf{NIR_{TM4}}$) وفي الحزمة تحت الحمراء المتوسطة لنفس الماسح ($\mathbf{MIR_{TM}}$5) ويحسب كالآتي:

$$\mathbf{NDMI\ or\ NDWI} = \frac{NIRTM4-MIRTM5}{NIRTM4+MIRTM5} \quad \ldots\ldots\ldots(3 . 6)$$

حيث:

$\mathbf{NIR_{TM4ft}}$ و $\mathbf{MIR_{TM5ft}}$ قيم الانعكاسية في الحزمتين تحت الحمراء القريبة والمتوسطة عند اقصى محتوى مائي للأوراق (اي عندما تكون الاوراق بكامل انتفاخها **RWC**).

وتحسب حالة الانتفاخ الكامل (**RWC**) كالآتي:

$$\mathrm{RWC} = \frac{W1-W2}{W3-W2} * 100 \quad \ldots\ldots..(3 . 8)$$

حيث:

1W: وزن الورقة في الحقل

2W: وزن الورقة بعد تجفيفها بالفرن

3W: وزن الورقة وهي منتفخة بالكامل (ممتلئة خلاياها بالماء).

- وهناك عشرات الدلائل الاخرى لامجال لذكراها ولغرض الاستزادة يمكن الرجوع الى كتاب (.(..... Remote

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية الزراعة
علوم التربة والموارد المائية
المرحلة الثالثة

بسم الله الرحمن الرحيم

الاستشعار عن بعد

المدرس المادة نظري +عملي
: أ.م.د. محمد عبد المنعم
أ.م.د. صلاح مرشد

المحاضرة الثانية

تعريف علم الاستشعار عن بعد:

"الاستشعار عن بعد هو علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة ويتم هذا الأمر عن طريق استشعار وتسجيل الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة ومن ثم معالجتها وتحليلها بهدف الحصول على خصائص الأهداف المدروسة".

مبدى الاستشعار عن بعد : تعتمد تقنيات الاستشعار عن بعد على مبدأ فيزيائي بسيط و هو أن سطوح الأجسام المختلفة تعكس الأشعة الساقطة عليها بدرجات مختلفة. وعليه فان معرفة الخصائص الطيفية للأهداف الطبيعية و كيفية انعكاسها على الصور الفضائية يملك أهمية كبيرة في عملية التفسير.

كما أن اختيار الوسيلة المناسبة من عمليات المسح و التصوير يمكن أن تساعد في التعرف على الأهداف بشكل أفضل.

المراحل الرئيسة للعملية الاستشعارية:

وبشكل عام يكمن القول أن الاستشعار عن بعد يعتمد بشكل أساسي على التفاعل الحاصل بين الأشعة الساقطة (أشعة الشمس، أو أية أشعة أخرى) و الأهداف المدروسة، وبالتالي يمكن تبسيط العملية الاستشعارية كما في الشكل(1):

الاستشعار عن بعد

المدرس المادة نظري +عملي

: أ.م.د. محمد عبد المنعم

أ.م.د. صلاح مرشد

المحاضرة الثانية

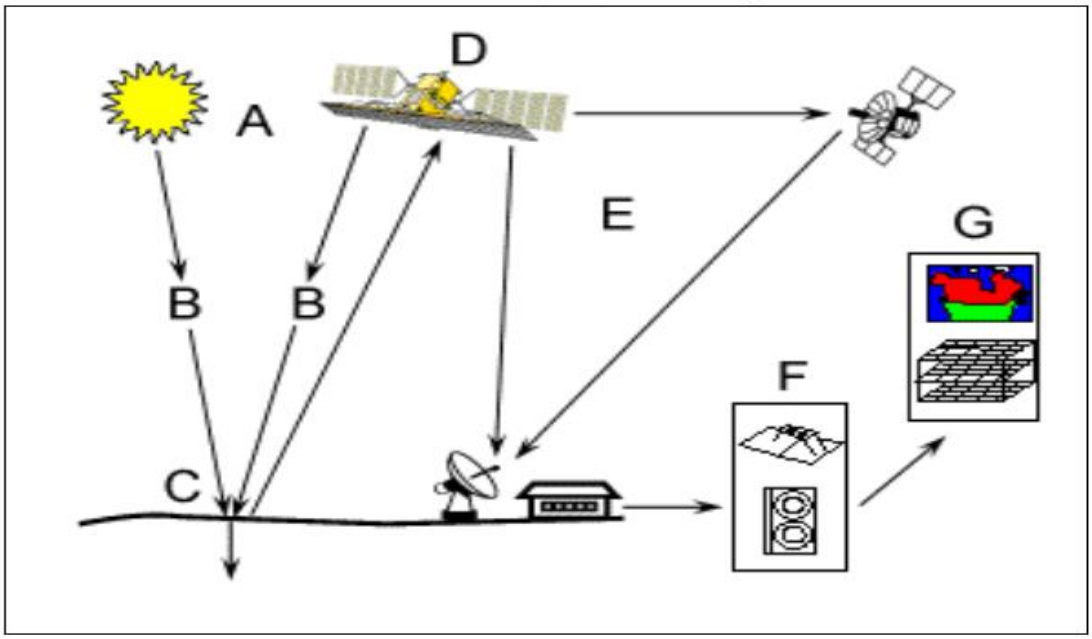
بسم الله الرحمن الرحيم

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الانبار – كلية الزراعة

علوم التربة والموارد المائية

المرحلة الثالثة



(الشكل 1) مراحل العملية الاستشعارية

تنقسم العملية الاستشعارية إلى سبعة مراحل أساسية هي:

أولاً – مصدر الطاقة أو الإضاءة:

إن أول ما تتطلبه العملية الاستشعارية وجود مصدر إضاءة أو مصدر طاقة وتعتبر الشمس مصدر الطاقة في معظم أنواع الاستشعار عن بعد وقد تستخدم مصادر أخرى والهدف من مصدر الطاقة هو إمداد الهدف المدروس بالطاقة الكهرومغناطيسية(A).

:ثانياً – الأشعة والغلاف الجوي:

ينما تنتقل الأشعة من مصدر الطاقة إلى الهدف المدروس فإنها تحتك مباشرة بالغلاف الجوي وتدخل معه في تفاعل يؤدي إلى تغير طبيعة الأشعة، و كذلك الأمر عند انعكاسها عن الهدف و مرورها بالغلاف الجوي مرة ثانية ويمكن أن يؤدي التفاعل الحاصل بين الأشعة المنعكسة والغلاف الجوي إلى تشوهها B

بسم الله الرحمن الرحيم

:ثالثاً – التفاعل مع الهدف

عندما تصل الأشعة إلى الهدف المدروس مرورا بالغلاف الجوي فإنها تدخل في تفاعل معه بالاعتماد على خصائص الهدف و طبيعة الأشعة

C

:رابعاً – تسجيل الأشعة المنعكسة من قبل الحساسات

بعد أن يتم انعكاس الأشعة الهدف المدروس أو إصدارها من قبله، تحتاج العملية الاستشعارية إلى حساس لجمع و تسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية

D

:خامسا – الإرسال والاستقبال والمعالجة

يتم إرسال الأشعة المسجلة واستقبالها في محطة استقبال أرضية ومعالجتها وتخزينها بشكل رقمي أو طباعي

E

:سادسا – التحليل والتفسير

يتم تحليل وتفسير الصور المستقبلة بصريا و/أو آليا للحصول على المعلومات المتعلقة بالهدف المدروس وإظهار خصائصه

F

:سابعا – التطبيقات

إن آخر عملية من عمليات الاستشعار عن بعد هو تطبيق المعلومات المستقاة من العملية الاستشعارية في حل مشاكل معينة تفيد في أحد الفروع العلمية

G

هذه المراحل السبعة تلخص العملية الاستشعارية من بدايتها إلى نهايتها وسوف يتم شرحها لاحقا وبالتفصيل

:الأشعة الكهرومغناطيسية

كما ذكرنا سابقا فإن العملية الاستشعارية تتطلب وجود مصدر طاقة ما لم يكن الهدف بحد ذاته مشعا (قادراً على إصدار الأشعة). هذه الطاقة يجب أن تكون على شكل أشعة كهرومغناطيسية.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية الزراعة
علوم التربة والموارد المائية
المرحلة الثالثة

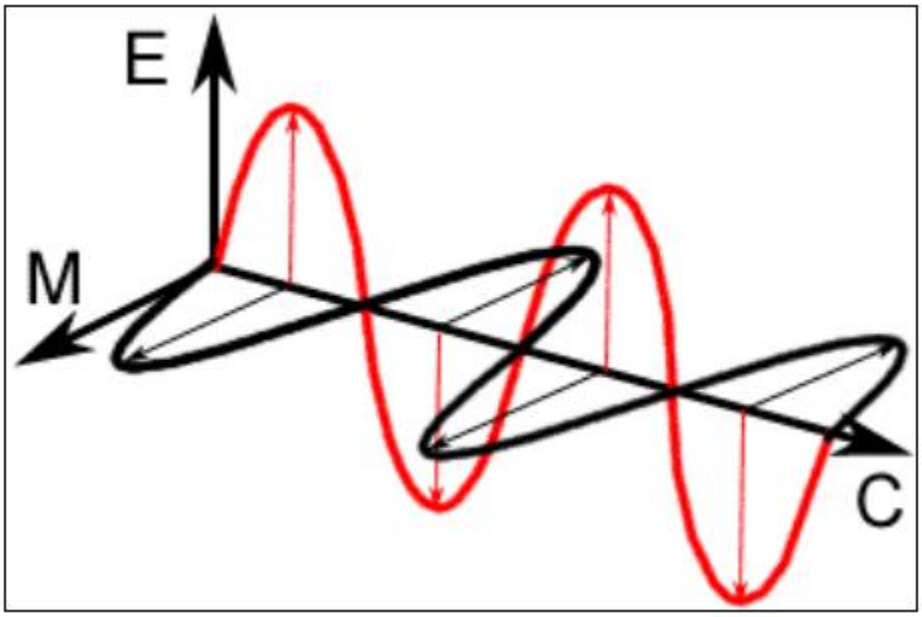
بسم الله الرحمن الرحيم

الاستشعار عن بعد

المدرس المادة نظري +عملي
: أ.م.د. محمد عبد المنعم
أ.م.د. صلاح مرشد

المحاضرة الثانية

كل الأشعة الكهرومغناطيسية تمتاز بصفات أساسية وتتصرف بطريقة تخضع لأسس النظرية الموجية كما في الشكل2



الشكل 2 الاشعة الكهرومغناطيسية

و الأشعة الكهرومغناطيسية تتألف من الحقل الكهربائي(E) والحقل المغناطيسي (M) الذي يصنع زاوية قائمة مع الحقل الكهربائي وكلا الحقلين ينتقلان بسرعة الضوء (C).

للأشعة الكهرومغناطيسية خصائصها الفريدة والمتعددة ولكن ما يهمنا منها لفهم وتمثل الاستشعار عن بعد خاصتان اثنتان (طول الموجة والتردد.)

طول الموجة:

وهو المسافة الفاصلة بين قمتي موجتين متتاليتين ويعبر عنه بإشارة لامدا λ ويقاس بالمتر(م) أو بأحد أجزائه:

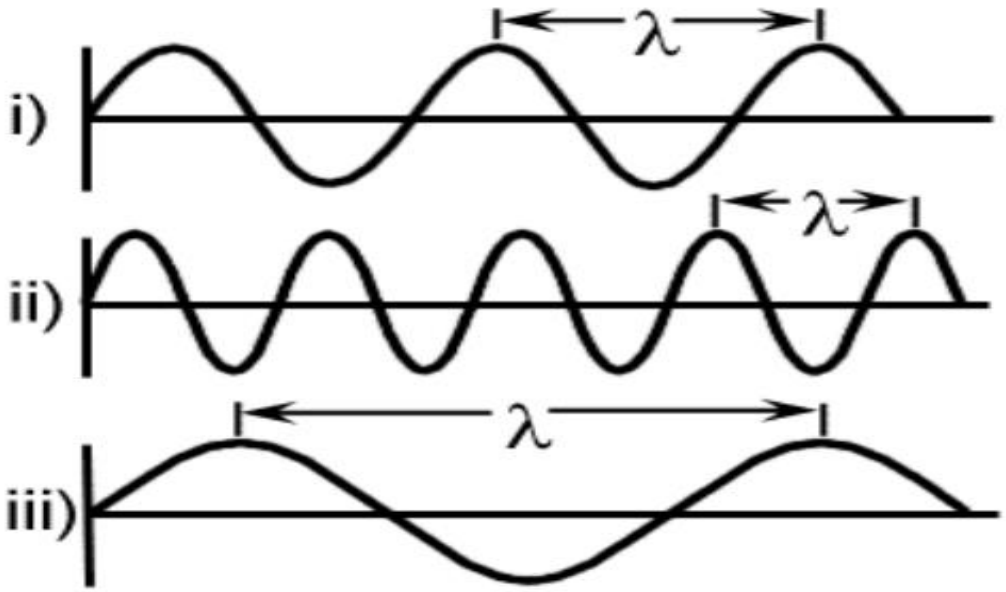
النانومتر(nm) ويساوي 10^{-9}

الميكرومتر(μ m) ويساوي 10^{-6}

السنتيمتر(cm) ويساوي 10^{-2}

التردد:

وهو عدد الموجات الدورية خلال وحدة الزمن ويعبر عنها بدورة في الثانية وتقاس عادة بالهرتز(Hertz)أو أحد مشتقاته. الشكل(3).



الشكل (3) الطول الموجي والتردد

:يرتبط الطول الموجي بالتردد بالعلاقة الرياضية التالية

$$C=\lambda\upsilon$$

حيثcهي سرعة الضوء .3x 10^{8} متر في الثانية ويعادل300000كم/ثانية

و λ الطول الموجي بالمتر

و ν التردد (دورة بالثانية)

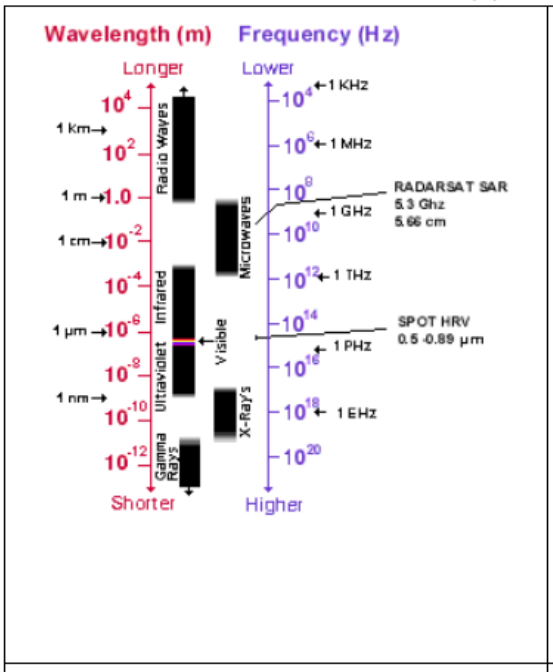
وبالتالي ترتبط الصفتان بعلاقة عكسية فكلما زاد طول الموجة انخفض التردد والعكس بالعكس.

:الطيف الكهرومغناطيسي

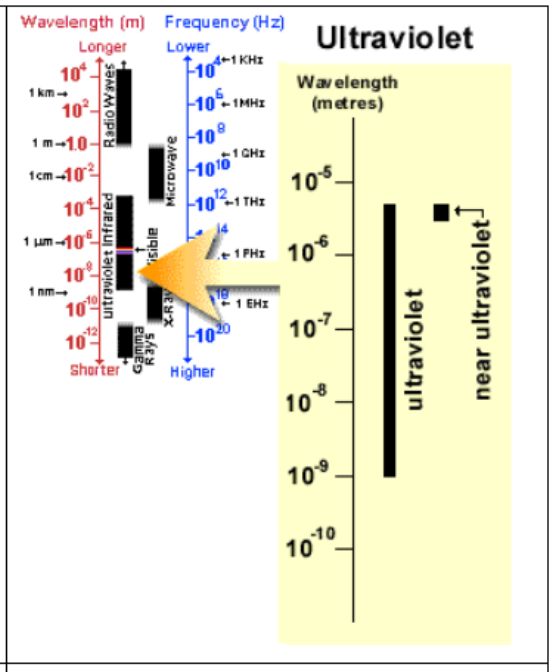
يتراوح الطيف الكهرومغناطيسي من الأمواج القصيرة جدا (كأشعة غاما و الأشعة السينية) إلى الأشعة فائقة الطول مثل الأمواج الميكروية و الراديوية. وهناك عدة مجالات من الطيف الكهرومغناطيسي تهم الاستشعار عن بعد الشكل4

المجال تحت البنفسجي (Ultraviolet):

وهو من أقصر الموجات التي تهم الاستشعار عن بعد لأن الكثير من الأجسام الطبيعية تشع ضوءا مرئيا عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية الشكل5



الشكل 4 الطيف الكهرومغناطيسي



الشكل 5 المجال فوق البنفسجي

المجال المرئي:

ن الضوء الذي تراه أعيننا يدعى بالمجال المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي. ومن الهام معرفة مدى صغر المجال المرئي مقارنة بغيره من المجالات. يغطي المجال المرئي الأشعة التي يتراوح طولها من 400 نانومتر إلى 700 نانومتر، الشكل(6).أقصر الأطوال الموجية المرئية هو البنفسجي و أطولها هو الأحمر. ويمكن تقسيم المجال المرئي إلى الأقسام التالية:

البنفسجي400 –446 : نانومتر.

الأزرق446 – 500 : نانومتر.

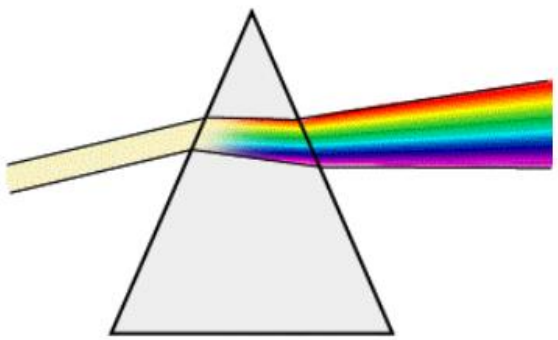
الأخضر 500 – 578 : نانومتر.

الأصفر 578 – 592 : نانومتر.

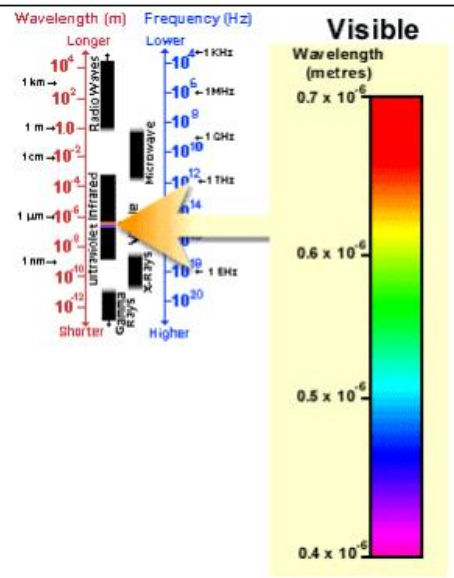
البرتقالي 592 – 620 : نانومتر.

الأحمر 620 – 700 : نانومتر

ويعتبر الأزرق والأخضر والأحمر الألوان الرئيسية نظرا لعدم إمكانية تشكيل أي لون من اللونين الآخرين. إلا أن كل الألوان الأخرى يمكن تركيبها من الأزرق و الأخضر و الأحمر. يمكن رؤية مكونات المجال المرئي عند مرور ضوء الشمس عبر الموشور الذي يقسم الأشعة إلى كميات متمايزة حسب طولها الموجي الشكل(7)



الشكل 7 انكسار الضوء عبر الموشور



الشكل رقم (6) المجال المرئي

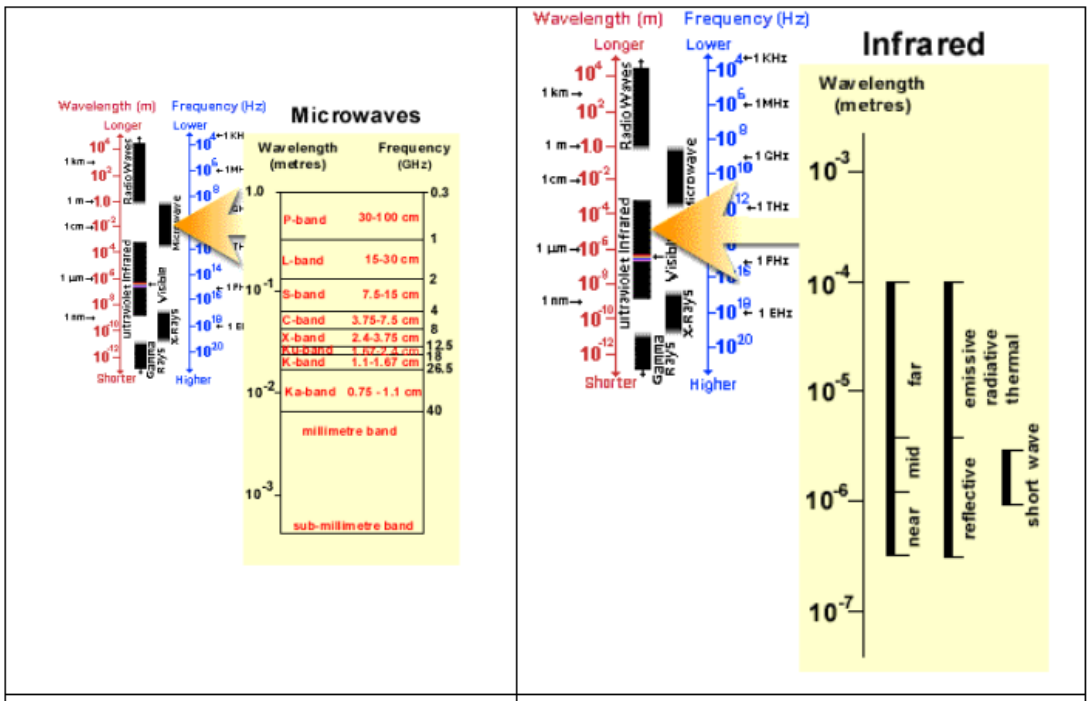
المجال تحت الأحمر:

وهو المجال الواقع بين الطول الموجي 700و 100,000نانومتر، الشكل(8).وهو أكبر بمائة مرة من المجال المرئي. يقسم المجال تحت الأحمر إلى نوعين حسب خصائص الأشعة في هذا المجال هما : الأشعة تحت الحمراء المنعكسة: وهي الأشعة المنعكسة عن الأهداف الطبيعية وتستخدم بنفس طريقة استخدام الأشعة المرئية في تطبيقات الاستشعار عن بعد وهي تغطي المجال من 700 إلى 3000 نانومتر أو 3 ميكرومتر. الأشعة تحت الحمراء الحرارية: وهي الأشعة التي تشعها الأجسام الطبيعية على شكل حرارة وبالتالي تختلف عن الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء

المنعكسة وتغطي المجال من 3 إلى 100ميكرومتر.

الأمواج الميكروية:

تتراوح الأمواج الميكروية من ا ميكرومتر إلى 1متر الشكل(9).ويعتبر هذا المجال هاما للاستشعار عن بعد و سنتطرق لها بالتفصيل لاحقا



الشكل 9 الأمواج الميكروية	الشكل 8 المجال تحت الأحمر

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار - كلية الزراعة
علوم التربة والموارد المائية

الاستشعار عن بعد

مدرس المادة: أ.م.د. محمد عبد المنعم

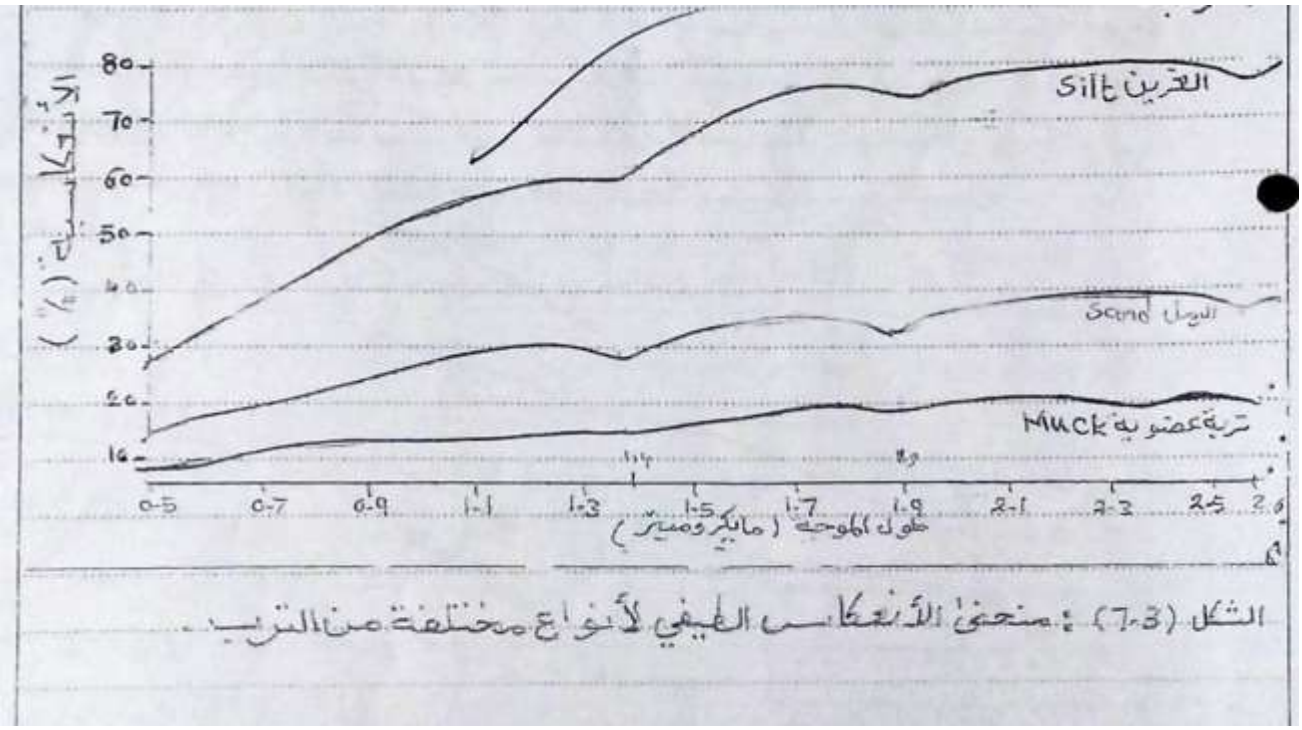
المرحلة الثالثة

المحاضرة الرابعة

منحني الانعكاس الطيفي للتربة:.

ان السلوك الطيفي للتربة, بصورة عامة, يختلف عن السلوك الطيفي لباقي مكونات البيئة الاخرى (الشكل 7 . 3). حيث تزداد قيم انعكاسية التربة بزيادة طول موجة الاشعاع الكهرومغناطيسي وخاصة في الجزأين المرئي وتحت الاحمر من الطيف. ويلاحظ من الشكل (7 . 3) غياب القمم والانخفاضات في منحني انعكاسية التربة تقريباً بأستثناء بعض المناطق الطيفية التي تمثل حزم امتصاص الماء وايونات الهيدروكسيل المكونة لبعض المعادن الحاوية عليها التربة وكما سيرد لاحقاً. يختلف منحني الانعكاسية بأختلاف انواع الترب, ويتأثر معدل انعكاس التربة بعدة عوامل اهمها:.

1- نسجة التربة (التوزيع الحجمي لمكونات التربة) وخشونة السطح حيث يوضح الشكل (7 . 3) منحني الانعكاس الطيفي لثلاث انواع من الترب.

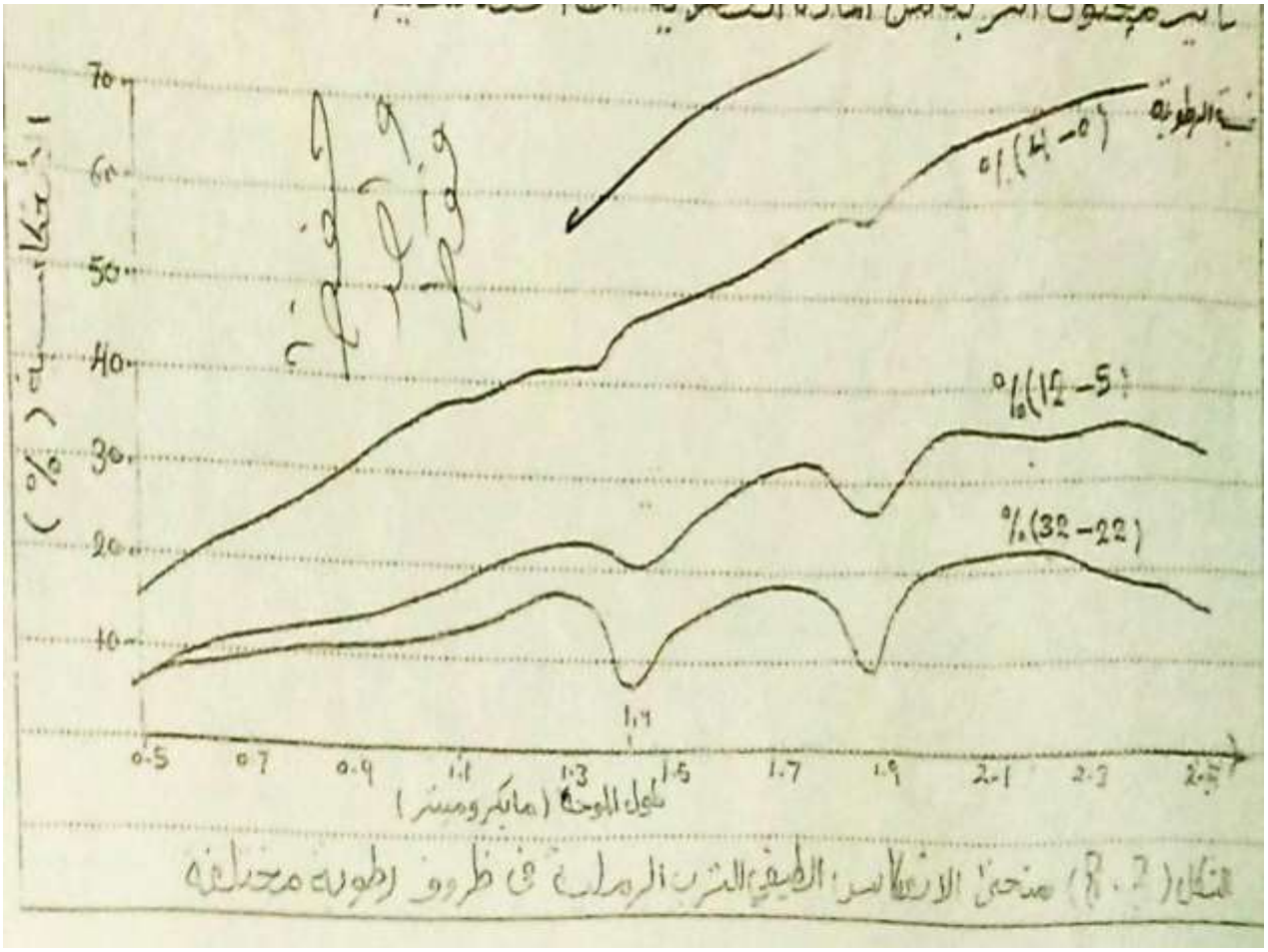


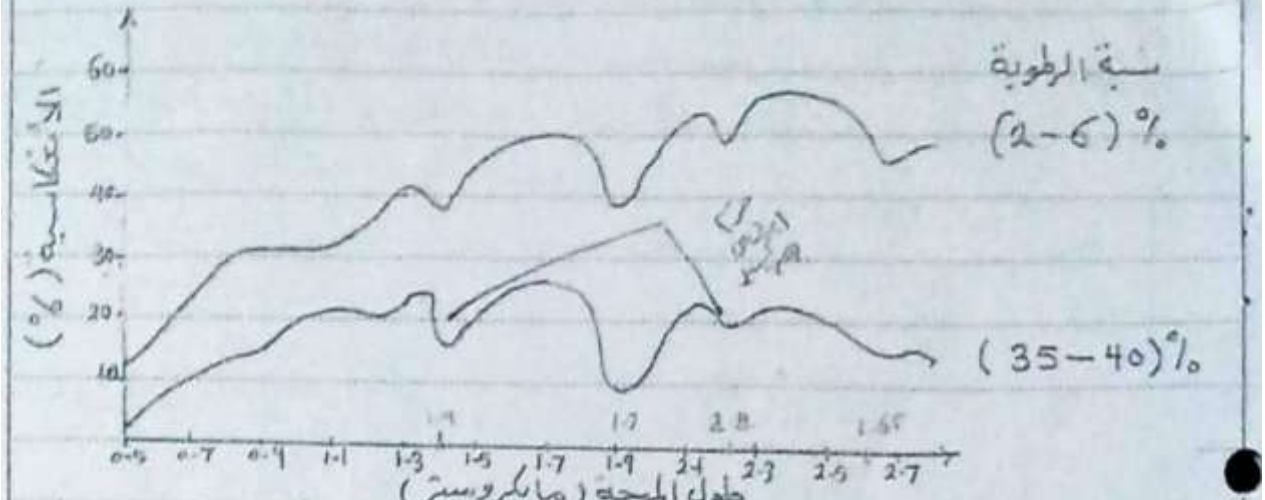
الشكل (7-3): منحنى الانعكاس الطيفي لأنواع مختلفة من الترب.

ويلاحظ من الشكل انه عند ثبات بقية العوامل المؤثرة على الانعكاسية فأن الترب ذاات النسجة الغرينية ذات انعكاسية اعلى من الترب الرملية والعضوية وقد يعود ذلك الى خشونة سطح التربة حيث ان زيادة خشونة السطح تقلل من انعكاسية التربة.

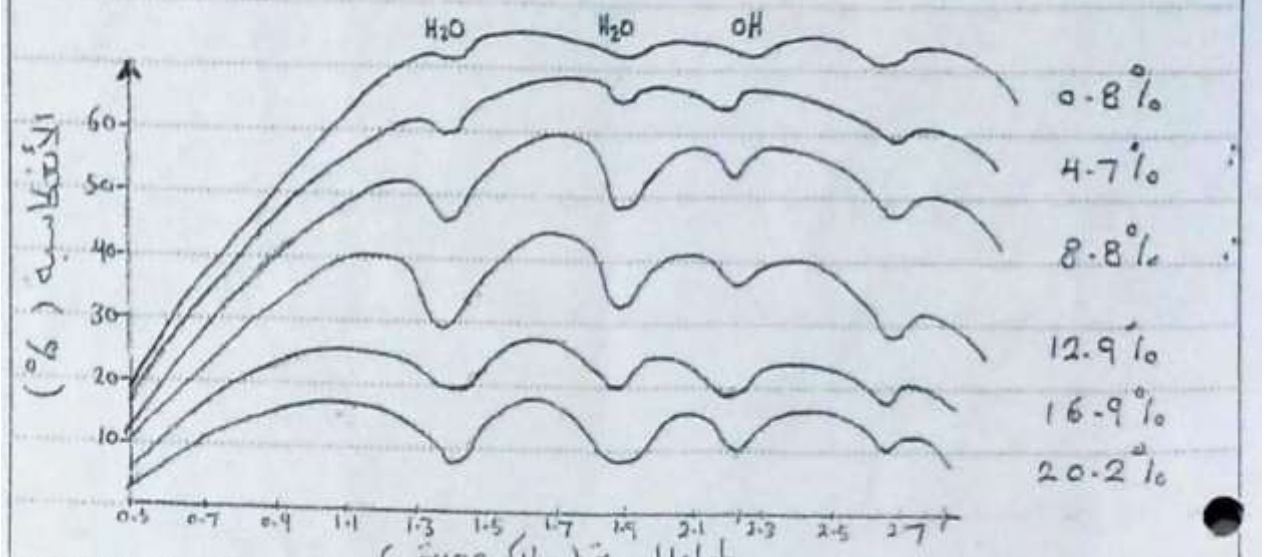
2- المحتوى الرطوبي للتربة.
3- نسبة اكاسيد الحديد في التربة.
4- محتوى التربة من المادة العضوية.

ان زيادة كل من المحتوى الرطوبي للتربة ونسبة اكاسيد الحديد والمادة العضوية, تؤدي الى نقص انعكاسية التربة. وبعد تأثير هذه العوامل على الانعكاسية متغير ومتداخل. ومما تجدر الاشارة اليه ان هناك حزم امتصاص للماء عند الاطوال الموجية 1.4 و 1.9 و 2.2 و 2.65 مايكروميتر. وتبرز الحزمتين 1.4 و 2.2 في الترب الطينية لتمثل حزم امتصاص الماء عندما يتواجد بصيغة ايونية لذلك تسمى هاتين الحزمتين بحزم امتصاص الهيدروكسيل وتوضح الاشكال (8 . 3) و (9 . 3) و (10 . 3) منحنيات الانعكاسية لترب ذات نسجات ومحتويات رطوبية مختلفة, فيما يمثل الشكل (11 . 3) تأثير محتوى التربة من اكاسيد الحديد على انعكاسيتها, والشكل (12 . 3) تأثير محتوى التربة من المادة العضوية على انعكاسيتها.

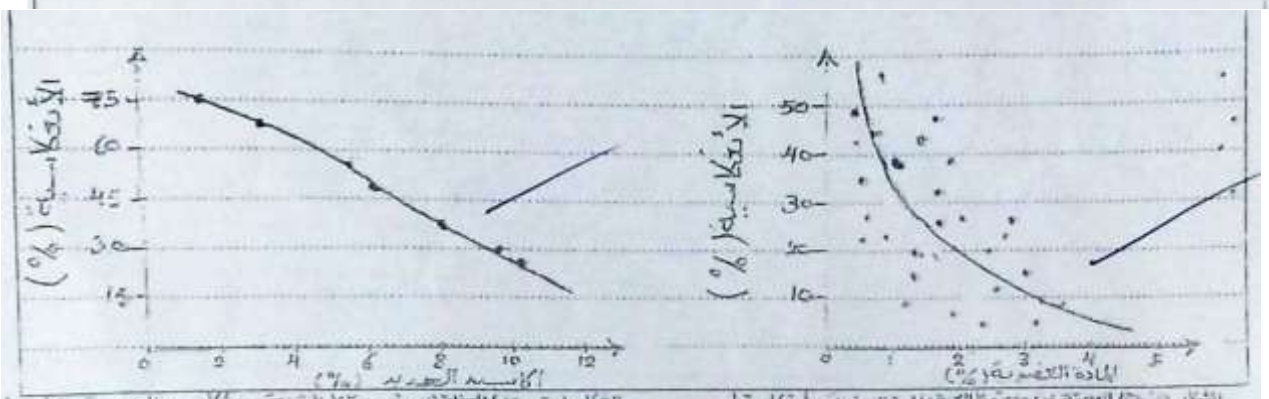




الشكل (9-3) منحنى الانعكاس الطيفي للترب الطينية في ظروف رطوبية مختلفة



الشكل (10-3) منحنى الانعكاس الطيفي للترب المزيجية في ظروف رطوبية مختلفة



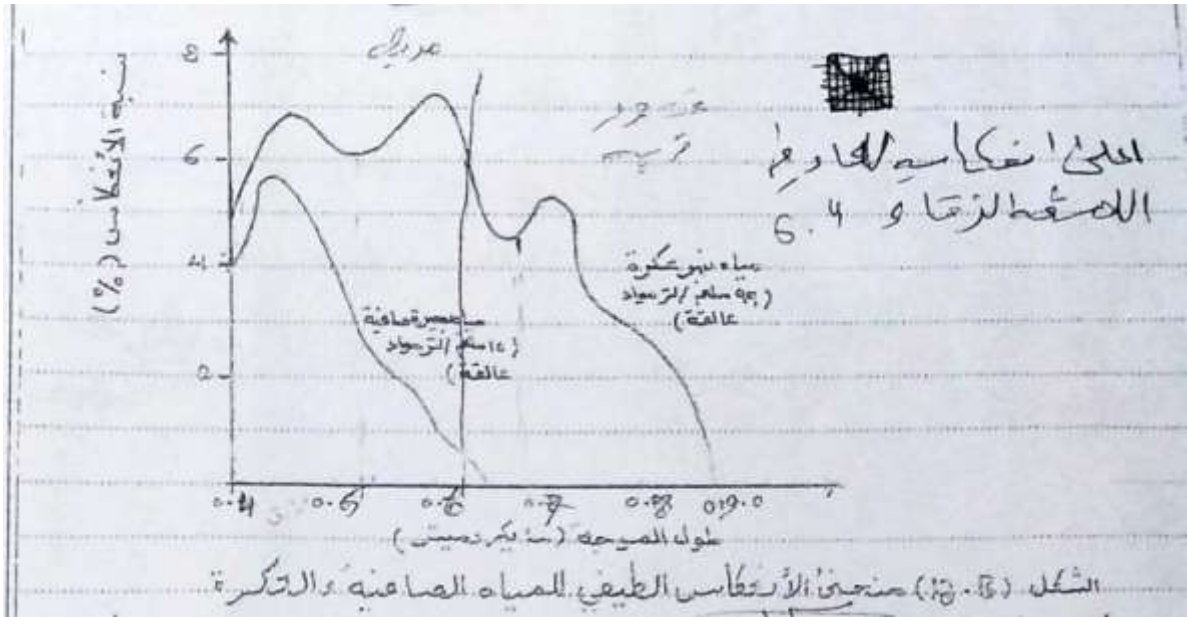
الشكل (11-3) العلاقة بين محتوى التربة من الحديد وانعكاسيتها

الشكل (12-3) العلاقة بين محتوى التربة من المادة العضوية وانعكاسيتها

ان محتوى التربة من الرطوبة ذات علاقة وثيقة بنسجتها. فالترب الرملية جيدة الصرف وذات محتوى رطوبي منخفض لذا فأن انعكاسيتها مرتفعة, وعلى العكس في الترب الطينية.

منحني الانعكاس الطيفي للمياه:

بصورة عامة تبدي الاجسام المائية اوطأقيم الانعكاسية الطيفية مقارنة ببقية المكونات الاخرى. بسبب قابليتها العالية على امتصاص ونفوذ الاشعة وخاصة ذات الموجات الطويلة نسبياً. يوضح الشكل (13 . 3) منحني الانعكاس في الجزء المرئي من الطيف عند الموجة (0.45) مايكروميتر.

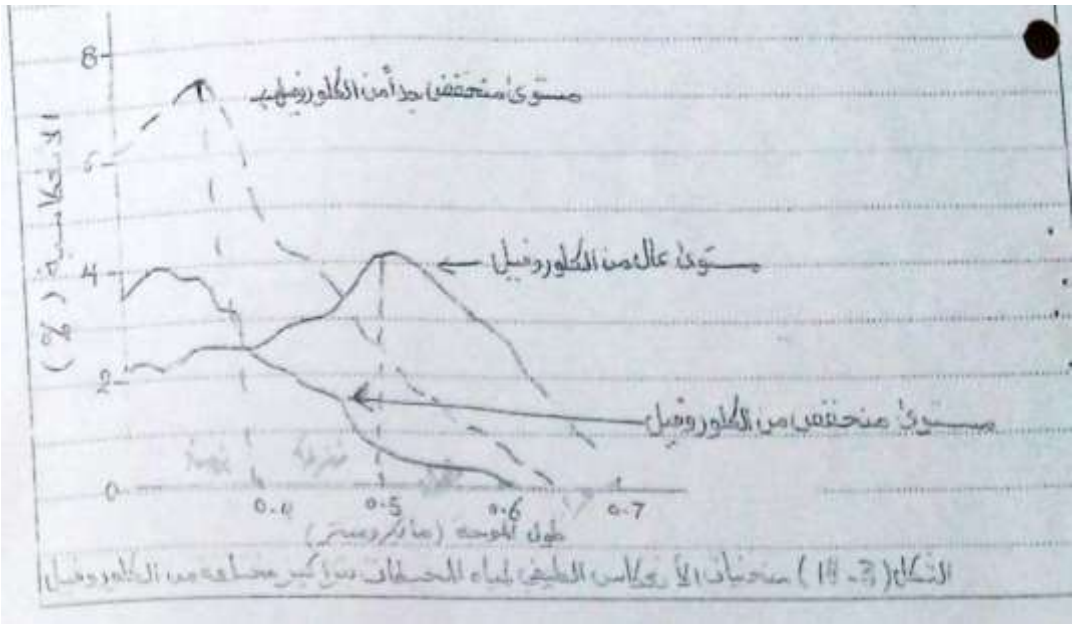


ويمكن تمييز الماء اينما وجد (سواء ماء حر او داخل الانسجة النباتية) بخاصية امتصاص الاشعة تحت الحمراء المنعكسة (القريبة **NIR** والمتوسطة **MIR**), اذ يبدو الماء في هذه المنطقة على الصورة بلون اسود (لاحظ اللوحة 2 . 3).

اما في مجال الطيف المرئي فيحدث انعكاس للأشعة ناتج اما من تفاعل الاشعة الساقطة مع سطح الماء وعندها يبدو سطح الماء براقاً وذلك بسبب ظاهرة الانعكاس التناظري, او من التفاعل مع قعر المياه فاذا كانت صافية فلا تمتص الا نسبة قليلة من الاشعة وخاصة في المجالين الاخضر والازرق من الطيف المرئي وتنفذ الاشعة بسهولة اما في المياه العكرة ونظراً لوجود مواد عضوية واخرى غير عضوية فتتغير خاصية نفوذ الاشعة, وبالتالي معامل انعكاسها. فالمياه الحاوية على رسوبيات عالقة لها معامل انعكاس عالي في المجال المرئي (الشكل 14 . 3), حيث ان زيادة تركيز الكلوروفيل في المحيطات مثلاً يقلل من انعكاسية المياه في الموجات الزرقاء ويزيدها في الموجات الخضراء. وقد تمت الاستفادة من هذه التغيرات في رصد وجود الطحالب **algae** وحساب كميتها, كما تعطي صورة واضحة لتحديد وجود او غياب الصبغات العضوية

في المناطق الساحلية ومنها تحديد افضل مناطق صيد الاسماك وكذلك الكشف عن بعض انواع الملوثات كبقع الزيت والنفط وبعض المخلفات الصناعية.

العديد من صفات الماء كتركيز الاوكسجين الذائب ودرجة تفاعله **(PH)** وتركيز الاملاح, يمكن ان يكون لها ارتباط بالخصائص الانعكاسية للمياه ولهذا يجب استخدام معطيات مرجعية مناسبة لتفسير التغاير الموجود في انعكاسية المياه بشكل صحيح.



وبصورة عامة, هناك عدة عوامل تؤثر على انعكاسية الاجسام المائية في الطبيعة اهمها:.

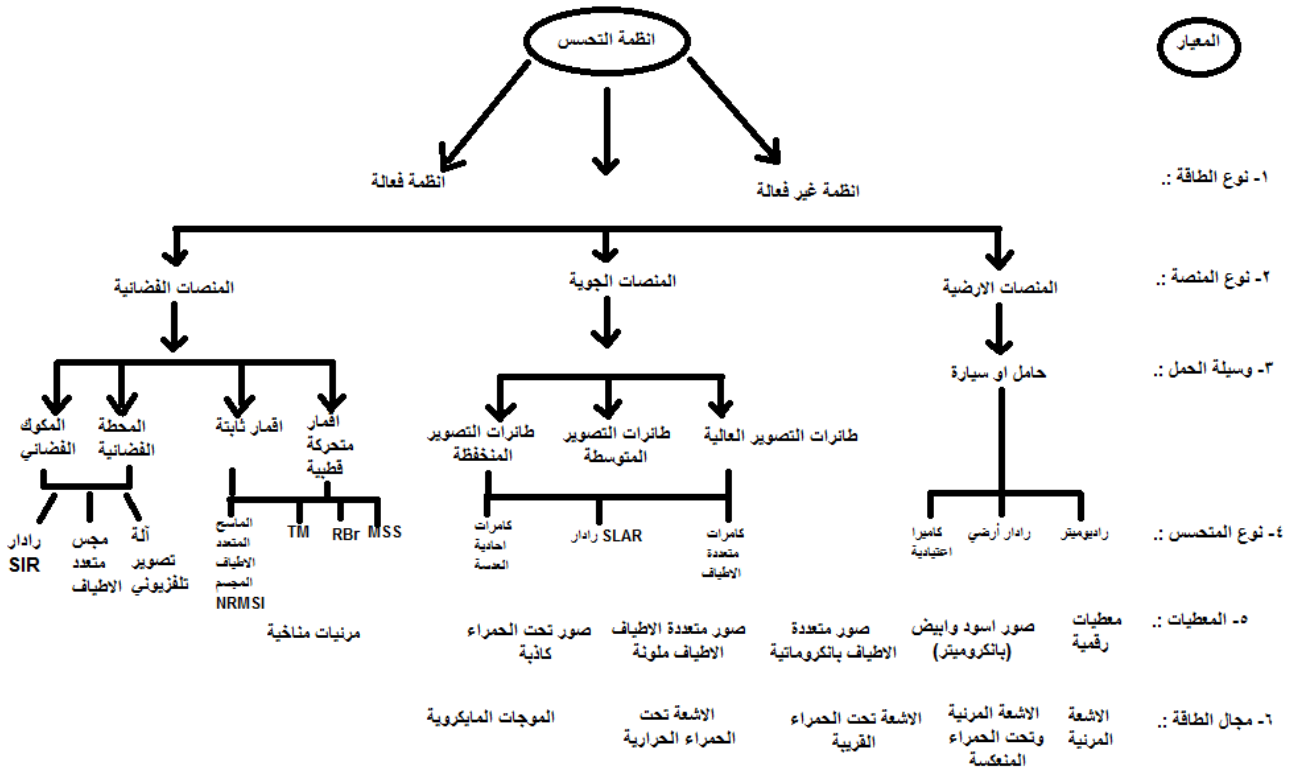
1- عمق الجسم المائي, اذ كلما زاد عمق الماء, قلت معه قيم الانعكاسية.
2- كمية ونوعية المواد العالقة في الماء.
3- درجة خشونة سطح الماء والتي تعتمد على سرعة حركة الماء والرياح.

المحاضرة الخامسة

انظمة التحسس Sensing Systems

هناك عدة معايير يمكن ان تستخدم في تصنيف انظمة التحسس المستخدمة في جمع المعلومات **Data Acquisition**. ومن ابرز تل المعايير المستخدمة كأسس لتصنيف انظمة التحسس هي نوع المنصة المستخدمة في تثبيت منظومة التحسس او طول موجة الأشعة المستخدمة وغيرها من المعايير..

ويوضح المخطط (1.4) تصنيف انظمة التحسس اعتماداً على معايير مختلفة.



المخطط (1-4) تصنيف انظمة التحسس باستخدام معايير مختلفة.

وقد سبق الحديث عن الانظمة غير الفعالة **Passive** والتي تستمد طاقتها من الشمس والانظمة الفعالة **Active** والتي تولد الطاقة اللازمة لعملها ذاتياً.

اما انواع منصات التحسس النائي فيمكن اجمالها بثلاث انواع رئيسية وهي المنصات الارضية **Ground Platform** وتشمل على استخدام كاميرات خاصة لأخذ صور حقلية او استخدام جهاز راديوميتر **Radiometer** متعدد المجالات (الشكل 1.4),او رادار محمول على سيارة

حقلية. وتستخدم هذه المتحسسات لمراقبة بعض التغيرات الطبيعية والحياتية على سطح الارض وباطنها.

ويتم بوضع هذه المتحسسات على حوامل **Stands** كتلك المستخدمة مع اجهزة المسح الحقلية **(Levels)**, او على مركبات خاصة تحمل ذراع متحرك يمكن تغيير طوله فوق الهدف المراد قياس ما ينعكس منه من اشعاع. اما المنصات الجوية **airborne platform** فتشمل على الطائرات وهذه تصنف حسب ارتفاعاتها كما سيرد لاحقاً في فصل التصوير الجوي. واخيراً المنصات الفضائية **spaceborne platform** التي تصنف الى مأهولة بالأنسان وتشمل على المحطة الفضائية والمكوك الفضائي, وغير مأهولة التي تشمل على الاقمار الاصطناعية القطبية (المتحركة) والمدارية (الثابتة).

تختلف وسائل الاستشعار تبعاً لنوع الوسيلة التي تحملها المنصات فقد تكون هذه الوسائل فوتوغرافية **Photographic** والتي يتركز استخدامها للأستشعار في الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي والجزء القريب من نطاق الاشعة تحت الحمراء **(NIR)** بأستخدام الافلام العادية الملونة او الابيض والاسود او تكون وسائل غير فوتوغرافية **Non-Photographic** والتي تستخدم في استشعار الاشعة المرئية وغير المرئية, وتختلف ه\ه الوسيلة عن الفوتوغرافية في طريقة تسجيل الطاقة وفي طريقة الاخراج وكما سيرد ذلك لاحقاً في الفصول القادمة.

التصوير الفوتوغرافي الجوي **Aerial Photography**:

- المفهوم والمبادئ :.

تتلخص تقانة التصوير الجوي تثبيت آلة تصوير خاصة أسفل طائرة المسح الجوي لتقوم بألتقاط صورة جوية متعاقبة وبمواصفات هندسية معينة. والتصوير الجوي شأنه شأن اي عملية تصوير عادي فهو يعتمد على الاشعة الضوئية المنعكسة من سطح الارض الى عدسة آلة التصوير الموجودة في الطائرة ومنها الى الفيلم الحساس الخام والذي بعد تحميضه يعطي الصورة الجوية.

وعلى اساس ما تقدم فأن الصورة الجوية هي صورة حقيقية للمعالم الارضية عند فترة الالتقاط تؤخذ بوساطة طائرات خاصة لتعطي صورة عن الاهداف المصورة بشكل مجسم, ويمكن استخدامها كخارطة اساس **Base map**, وبتفسيرها يمكن الحصول على بيانات تساعد في الدراسات الحقلية بما يضمن توفير الكثير من الوقت والجهد والمال اللازمة لأنجاز تلك الدراسات.

- اجهزة التصوير الجوي الفوتوغرافية :.

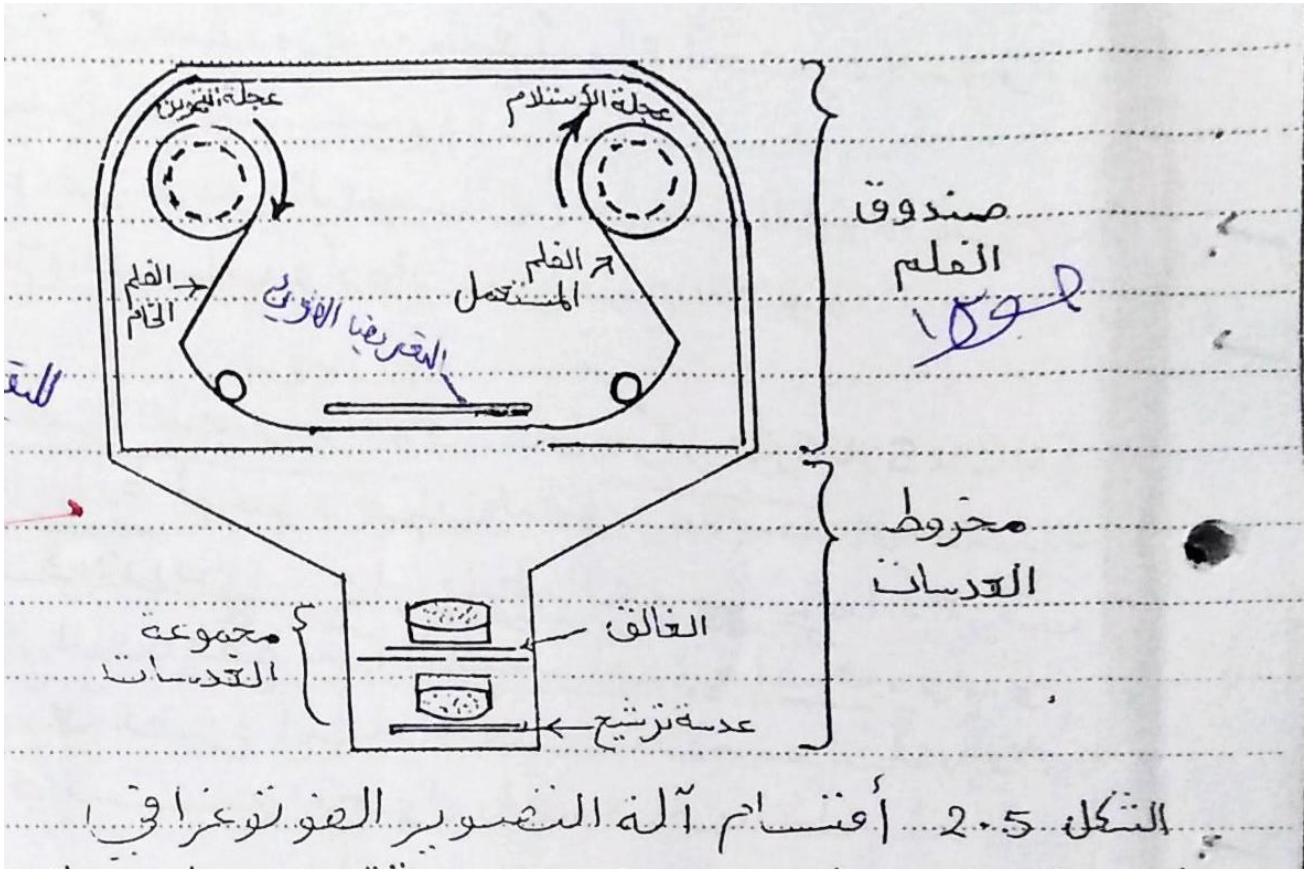
يتكون جهاز التصوير الجوي الفوتوغرافي العادي من اربعة اقسام رئيسية (الشكل 2.5).

1- صندوق او مخزن الفلم **Magazine**:

وهو عبارة عن صندوق محكم الغلق ضد دخول الضوء, وضع الفلم بداخله على هيئة شريط طوله حوالي 60م (200 قدم تقريباً), وعرضه 24سم (2.5 انج تقريباً). ويعطي هذا الشريط حوالي 250 صورة كل منها ذات ابعاد 23سم*23سم (9*9) انج.

2- عجلات الدفع **Drive Mechanism**:

وهي عبارة عن عجلتين توضعان داخل مخزن الفلم, تحتوي العجلة الاولى على الفلم الخام (قبل التصوير), ويطلق عليها عجلة التموين **Supply Spool**



الشكل 2.5 أقسام آلة التصوير الفوتوغرافي

وتتصل عجلة التموين بعجلة اخرى يطلق عليها اسم عجلة الاستلام **Take-Up Spool**, وهي تستلم الفلم عقب عملية التصوير. ويمر الفلم خلال انتقاله من عجلة التموين الى عجلة الاستلام بمنطقة التعريض الضوئي, حيث يتعرض الفلم للضوء الداخل من العدستين, ويتم تثبيت الفلم في هذه المنطقة على لوحة لجذب الفلم بوساطة التفريغ الهوائي **vacuum** عند اخذ كل صورة.

وتؤخذ الصورة الجوية خلال تقدم الطائرة الى الامام بشكل منتظم, ويتم ضبط الفترة الزمنية الفاصلة بين صورة واخرى مسبقاً.

وتعتمد الفترة الزمنية الفاصلة بين صورة واخرى على:.

1- ارتفاع الطائرة عن مستوى المرجع (سطح البحر).
2- سرعة الطائرة.

3- حجم الفلم.
4- البعد البؤري للعدسة.

3- مخروط العدسة **Lens Cone**:

وهو النتوء الموجود في مقدمة جميع انواع اجهزة التصوير, وهو مسؤول عن مهمتين اساسيتين:.

1- منع دخول ضوء عن طريق العدسات اكثر من الضوء المسموح به.
2- مأوى وحافظ لنظام العدسات وادوات ترشيح الضوء.
4- العدسات **Lens**:

تحتوي عدسات اجهزة التصوير الجوي على مركز بؤري **Focus** ومركب على مستوى اللانهاية لوجود جهاز التصوير على مسافة بعيدة عن الحسم المصور (سطح الارض). ويرتبط بالعدسات ما يعرف بالغالق **Shutter** الذي يقع بين العدسات الخلفية, ويقوم الغالق بالفتح والقفل تبعاً للفترة المطلوبة والمحددة مسبقاً, والغالق هو المصدر الوحيد الذي يسمح بدخول الضوء الى الفلم.

- انواع الات التصوير الجوي:

هناك اكثر من (100) نموذج من الات التصوير الجوية على قيد الاستعمال حالياً, ولكن اكثرها شيوعاً واستخداماً في دراسات التربة وعلم الارض هي:

- منظومات التصوير احادية العدسة **Single Lens Fram Camera Systems:**

وهي منظومات ذات خواص هندسية (تشوه العدسة **Lens distortion**, البعد البؤري **Focal length** ... الخ) معروفة ويتم معايرتها بصورة دورية مع آلة تصوير قياسية مختبرية, لذلك فأنها تعطي صور عالية الجودة ويمكن الحصول منها على قياسات دقيقة للمواقع والمسافات والارتفاعات.

لا تختلف المكونات الرئيسية لهذه المنظومة عن مكونات آلة التصوير الواردة في الفقرة (2.5).

ان المميزات الرئيسية لهذا النوع من آلات التصوير يمكن تلخيصها بالآتي:

1- تتكون العدسة من عدة اجزاء وبموقع ثابت نسبة الى المستوى البؤري.
2- توضع البؤرة على الما لانهاية , وتجلب الصورة الى البؤرة بحيث تقع على المستوى البؤري (هو المستوى الذي تقع عنده الصورة السلبية **Negative**) لذلك فأن النسبة $\frac{1}{O}$ في المعادلة الآتية تساوي صفراً, و **(i)** يجب ان يساوي **(f)**.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{O} + \frac{1}{i} \quad \text{.....} \quad \textbf{(5.1)}$$

حيث **f** = البعد البؤري لعدسة آلة التصوير (وهو المسافة بين الفلم ومركز العدسات)

O = بعد الجسم (الهدف) عن عدسة آلة التصوير.

I = بعد الصورة السلبية عن العدسة داخل آلة التصوير

5- امتلاك هذا النوع من آلات التصوير على القدرة على تدوير مجموعة التصوير بكاملها وذلك لتصحيح اي انحراف (**Grab**) اثناء طيران الطائرة.

ويوضح الجدول (1.5) مواصفات هذا النوع من آلات التصوير المجموعة :

المعيار	المحمولة على متون المنصات الجوية		المحمولة على متون المنصات الفضائية	
نوع المنصة التي تحمل جهاز التصوير	**WildHeerbrugg RC-10**	**Zeiss Oberkochen RMK A8.5/2.3**	**Skylab 190 B Earth Terrain**	**Spacelab Zeiss RMK 30/23 Metric Camera**
نوع العدسة	**Wide angle**	**Super wide angle**	**Normal angle**	**Normal angle**
زاوية مجال الرؤية (درجة)	**94**	**125**	**32**	**42**
البعد البؤري (ملم)	**125**	**85**	**407.2**	**300**
ابعاد الصورة (ملم)	**230*230**	**230*230**	**115*115**	**230*230**
ارتفاع خط الطيران (م)	**1525**	**1700**	**38500**	**25000**
المساحة المغطاة (كم^2)	**5.4**	**8.7**	**12300**	**36200**
قدرة التمييز الارضي (م)	اقل من (1)م	اقل من (1)	**30**	**20**

(*) عن سعدوني وآخرون,1995.

- منظومات التصوير متعدد الطيف **Multispectral Frame Camera Sy:.**

وهي عبارة عن آلة تصوير مصممة بحيث تسمح أعتيادياً بالحصول على اربع صور جوية لنفس المساحة الارضية في آن واحد ولكن بأستخدام عدة تركيبات من المرشحات **filters** والافلام **films**.ومن امثلة هذه المنظومات منظومة التصوير كارل زايس جينا **Carl Zeiss Jena-MKF-6M** متعدد الطيف المستعملة على متن محطة الفضاء السوفيتية ساليوت -6 وكذلك المستخدمة في مهمات سويوز السوفيتية. وتتكون من اربعة عدسات مثبتة في جسم المنظومة ذات بعد بؤري (125)ملم لكل عدسة وتحوي على ستة مرشحات طيفية تتراوح بين (0.84 - 0.48) مايكروميتر ويمكن الانتخاب منها.

ان الصورة الجوية الناتجة تكون متنوعة, حيث ان كل عدسة تستشعر نطاقاً معيناً من الطيف وبأستخدام افلام مختلفة يمكن الحصول على صور اسود وابيض عادي او ملونة عادية او اسود وابيض ولكن بالأشعة تحت الحمراء او ملونة بالأشعة تحت الحمراء.

يستفاد من صور هذه المنظومات في تحديد انواع المحاصيل الدراسية فائض المجاري المائية, وحدود التكوينات الجيومورفولوجية وفي بعض الاستكشافات المعدنية.

- منظومات التصوير واطئة الكلفة **Low Cost Camera Systems:**

يمكن استخدام آلات التصوير (35) ملم المحمولة باليد في عملية التصوير الجوي, فقد استخدمت هذه الآلات على متن طائرات خفيفة وامكن الحصول على عدد كبير من الصور الجوية الناجحة.

- هناك نوعين من منظومات التصوير واطئة الكلفة وهي آلات التصوير ذات الشريط الفلمي **Strip Cameras** وآلات التصوير البانورامي **Panoramic Camera**. ويتم التصوير بهذه الآلات وذلك بتحريك الفلم امام شق ثاب في المستوى البؤري اثناء تقدم آلة التصوير الى الامام. استخدم النوع الاول في التطبيقات المدنية لدراسة البيانات الخطية المستقيمة مثل تحديد مسار الطرق الدولية السريعة او خطوط نقل الكهرباء. بينما استخدم النوع الثاني بشكل واسع في الاستكشاف الجوي (التجسس) من ارتفاعات عالية حيث استخدمت هذه الكاميرات على متن طائرة الاستكشاف **U**-2 العائدة الى مؤسسة ناسا. وتتميز هذه الآلة بعدسة طول بعدها البؤري (610)ملم ومجال رؤية حقلية اجمالية (120) درجة وبفلم طوله (2000)م ويمكنها التصوير من ارتفاع (19800)م.
- لقد تم تثبيت هذا النوع من الآت التصوير على متن الطائرات الموجهه عن بعد (بدون طيار) **Remotly Piloted Aircraft** وقد امكن تحقيق المزايا الاتية كما ذكرها **Tomlins , 1983.**

1- ان هذا النوع من الطائرات لاتحتاج الى مدرج للاقلاع والهبوط.
2- بامكان الطائرة ان تعمل وهي تطير على ارتفاعات واطئة وبسرعة قليلة.
3- سهولة تشغيل هذه الطائرة اذ لا تحتاج الى طاقم متخصص.
4- تقدم فرصة للحصول على منظر جوي لمساحات صغيرة وبأسعار رخيصة جداً. وتم تطبيقها بنجاح في الكشف عن الاصابات المرضية في المزارع والغابات وكذلك في المناطق ذات الطوبوغرافية الخطرة واخيراً في عمليات التجسس على القطعات العسكرية (الداغستاني, 2004).

المحاضرة السادسة

انواع الافلام المستخدمة في التصوير الفوتوغرافي

كانت الوسائل الفوتوغرافية حتى وقت قريب هي الوسيلة الوحيدة التي يمكن استخدامها للحصول على معلومات جوية, وهي لاتزال ذات دور مهم ضمن وسائل الاستشعار المستخدمة في الوقت الحاضر.

ان جميع الافلام المستخدمة في الوسائل الفوتوغرافية يمكن وضعها في مجموعتين رئيسيتين هما؛ الافلام البانكروماتية (الابيض والاسود), والافلام الملونة وتحدد نوعية الفلم المستخدم طبيعة الصورة الكامنة و درجة اللون على الصورة والنمط الفوتوغرافي.

وبشكل عام تتكون افلام التصوير من مستحلب **Emulision** وهو عبارة عن حبيبات لهاليد الفضة مثبتة بمادة الجيلاتين على قاعدة بلاستيكية شفافة. اما آلية تكون الصورة على الفلم فهي تبدأ عندما تسقط الاشعة المنعكسة عن الاجسام الارضية على المستحلب, يحدث تفاعل كيميائي يتضمن حصول اختزال لبعض حبيبات الهاليد مكوناً صورة طيفية كامنة **Latent image** والتي تتحول بعد تحميض الفلم الى صورة سالبة ومنها تطبع الصورة الجوية, وفيما يلي وصفاً لمجموعتي المستحلبات (الافلام) الرئيسية:

اولاً:. الافلام غير الملونة (الاسود والابيض) **Black & White Films**: ويمكن تصنيفها الى ثلاث انواع حسب حدود الطيف الذي تتحسس له مستحلبات هذه الافلام.

1- افلام الاورثوكروماتك **Orthochromatic**: يتحسس هذا الفلم لجزء الطيف الممتد من الازرق الى الاخضر اي لطول موجي (0.6 – 036) مايكروميتر.
2- افلام البانكروماتك **Panchromatic**: وهي حساسة لجميع موجات الطيف المرئي اي بين (0.72 – 0.36) مايكروميتر ويوضح الشكل (3-5) منحني الحساسية الطيفية لهذه الافلام. تستخدم الصور البانكروماتية في انتاج الخرائط لرواسب الجليد والميتة, فتضهر الدبابات او العربات الاخرى بألوان مميزة عن النباتات المحيطة بها رغم وجود عناصر التمويه.

تستخدم هذه الافلام مع مرشح للأشعة تحت الحمراء في عدة تطبيقات اهمها:.

1) تحديد انواع المحاصيل والمحاصيل المريضة واعداد خرائط الغابات والنباتات.
2) دراسة واعداد خرائط رطوبة التربة في الحقول الزراعية.
3) تحديد حدود التكوينات الجيولوجية عندما تتطابق مع عمق التربة والرطوبة التي تحتويها.
4) مراقبة زحف الكثبان الرملية الجافة على مناطق التربة الرطبة.
5) تحديد مناطق تعرية التربة.
6) اعداد خرائط المواقع الاثرية.
7) تحديد فروع الانهار وقنوات الري والمستنقعات وحدود الشواطئ وغيرها من الاجسام المائية (لاحظ اللوحة 2.5).

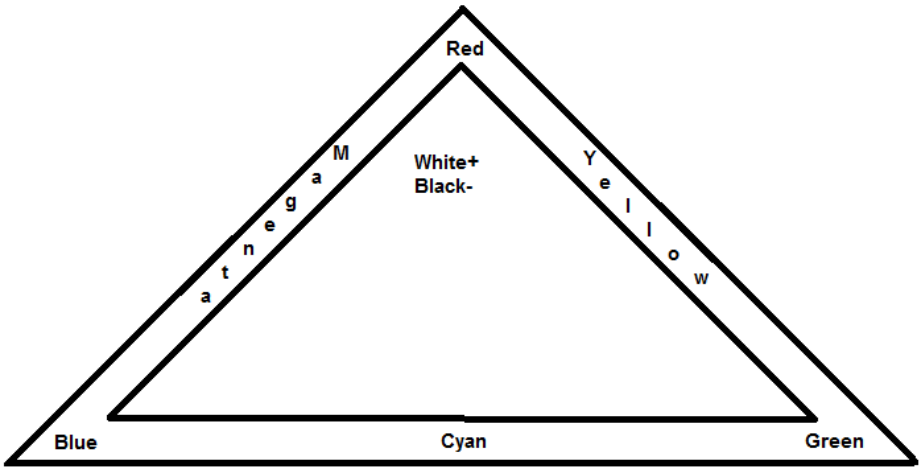
ويجب ان نتذكر دائماً ان اللون الرمادي في الافلام ما تحت الحمراء ينتج من اختلاف طبيعة الاهداف (الاجسام) وليس من اختلاف الوانها الحقيقية.

ومما تجدر الاشارة اليه ان مشكلة التصوير في الموجات الاقصر من 0.4 مايكروميتر (نطاق الاشعة فوق البنفسجية) تكمن في جانبين؛ الجانب الاول ان الغلاف الجوي يمتص او يبعثر هذه الطاقة, والجانب الثاني ان العدسات المستخدمة في الآت التصوير تمتص مثل هذه الطاقة. ان افلام التصوير التي تتحسس لموجات الاشعة فوق البنفسجية مفيدة في رصد التلوث النفطي (طبقات النفط فوق المياه والتربة).

ثانياً:. الافلام الملونة **Color Films**:.

ان الميزة الرئيسية في استخدام الافلام الملونة تكمن في قدرة العين البشرية على تمييز اختلافات الالوان حيث يمكن تمييز (200) لون مختلف على الصورة الجوية الملونة وبالمقابل تتمكن عين الانسان من تمييز نحو (30 – 20) تدرج من تدرجات اللون الرمادي الموجودة على صورة البانكروماتك.

يعتمد الادراك الحسي للون بصورة اساسية على نسب كميات الالوان الرئيسية الثلاثة (الازرق والاخضر والاحمر) والتي تنعكس من الهدف وبتجميع او اضافة هذه الالوان الثلاثة, يمكن الحصول على كافة الالوان الاخرى, وتسمى الالوان الرئيسية الثلاثة بألوان الجمع الاولية **Additive Primaries Colours**. ويبين الشكل



(4 – 5) تأثير التراكب الجزئي للضوء الازرق والاخضر والاحمر.

شكل (4 – 5) تأثير التراكب الجزئي للضوء الأزرق والاخضر والاحمر (عن **Sabins** , 1987).

فعند جمع الالوان الرئيسية الثلاثة بنسب متساوية نحصل على اللون الابيض. وعند مزج اللون الاحمر مع الاخضر نحصل على اللون الاصفر **Yellow** وعند مزج الازرق والاحمر يتيح اللون الارجواني **Magenta** واذا مزج اللون الازرق والاخضر يتكون اللون السماوي **Cyan** ويطلق على الالوان الاصفر والارجواني

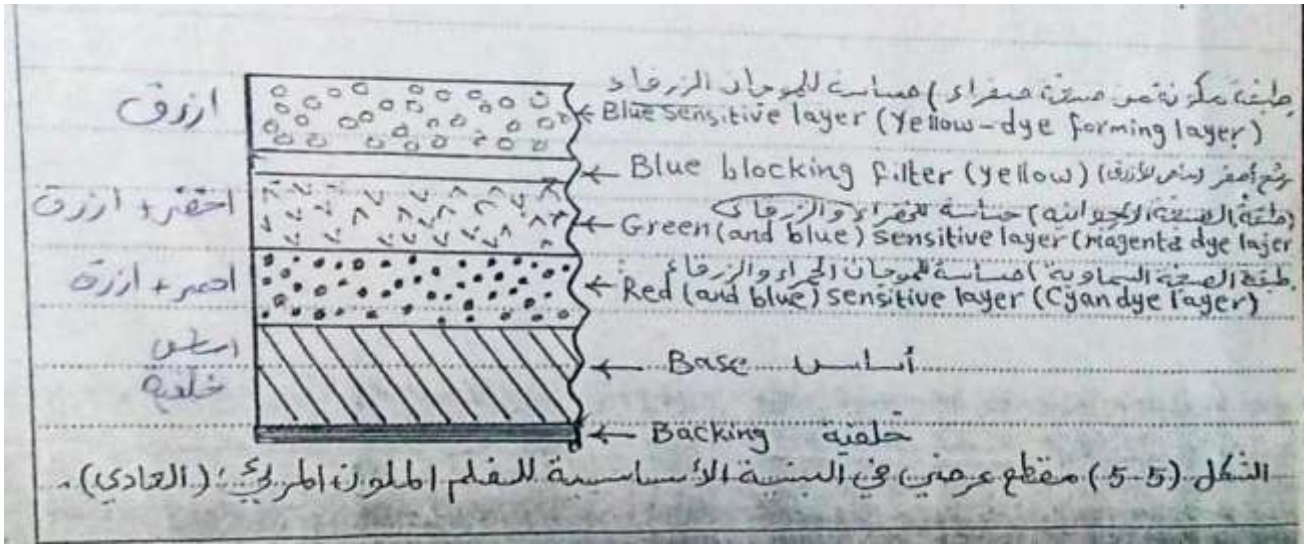
والسماوي بالألوان المتممة **Complementary Colour** او الوان الطرح الاولية **Subtractive Primaries Colours** ويتكون كل منها من طرح احد الوان الجمع الاولية من الضوء الابيض, اي ان الصبغة الصفراء تمتص اللون الازرق من الضوء الابيض, فمثلاً عند امتصاص اللون الازرق يبقى اللونين الاخضر والاحمر, ومزيجهما هو الاصفر. وبنفس الطريقة كأن الصبغة الارجوانية تمتص اللون الاخضر من الضوء الابيض والصبغة السماوية تمتص اللون الاحمر. اما مزج الصبغات الثلاث (الاصفر والارجواني والسمائي), ينتج اللون الاسود.

وعلى هذا الاساس فأن فلم التصوير الملون المرئي, يصنع بثلاث طبقات من مستحلب هالوجينات الفضة, تكون احداها حساسة للضوء الازرق والثانية للضوء الاخضر والثالثة للضوء الاحمر على التوالي. وخلال عملية الطبع والتظهير تدخل الوان الاصفر والارجواني والسماوي في كل طبقة من طبقات المستحلب الثلاث.

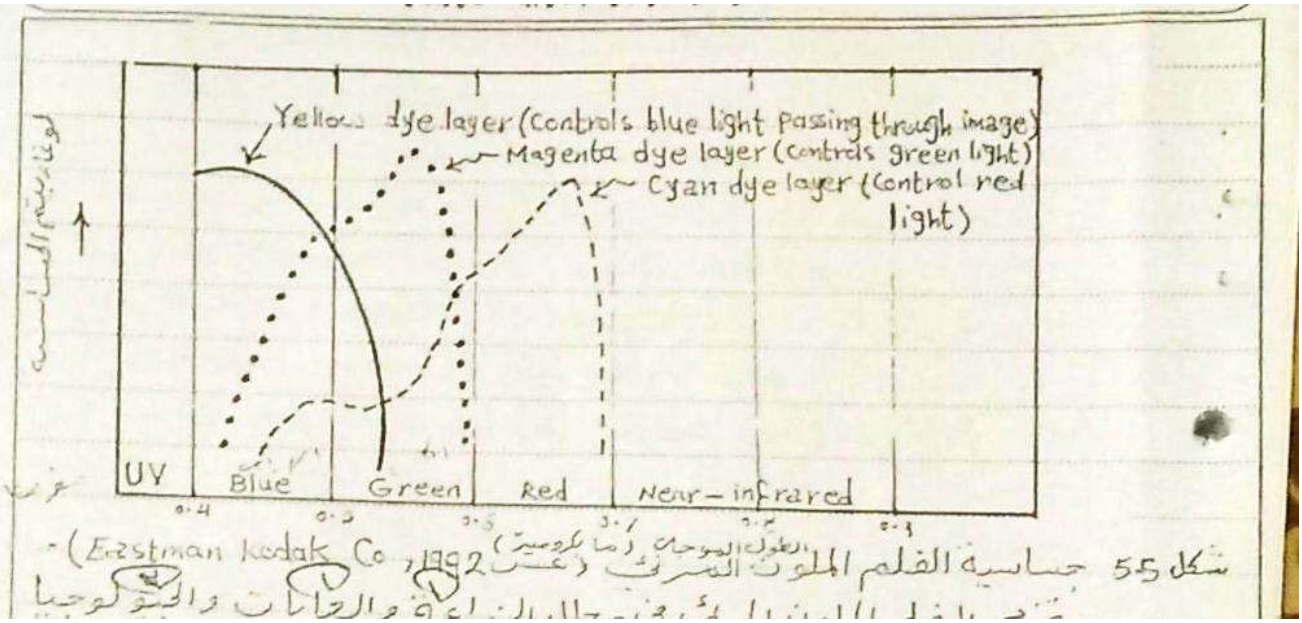
ويوضح الشكل (5 – 5) الحساسية الطيفية لفلم التصوير الملون المرئي.

ومقطع عرضي في البنية الاساسية للفلم ويكون تسجيل الالوان على الطبقات الثلاث في الافلام الملونة المرئية كالآتي:

1. الموجة الزرقاء تسجل على طبقة الصبغة الصفراء.
2. الموجة الخضراء تسجل على طبقة الصبغة الارجوانية.
3. الموجة الحمراء تسجل على طبقة الصبغة السماوية.



الشكل (5-5) مقطع عرضي في البنية الأساسية للفلم الملون المرئي (العادي).



شكل 5.5 حساسية الفلم الملون المرئي (Eastman Kodak Co., 1992)

يستخدم الفلم الملون المرئي في مجال الزراعة والغابات والجيولوجيا والجيومورفولوجيا وفي الدراسات المائية والبحرية ودراسة الآثار والدراسات الحضرية.

اما النوع الثاني من الافلام الملونة فهو الفلم الملون تحت الاحمر **colored infrared** وتتراوح حساسية هذا الفلم بين (0.36 – 0.90) مايكروميتر ويتكون من ثلاث طبقات كل منها حساس لموجات معينة من الاشعة الكهرومغناطيسية (الشكل **a**- 6.5), ويكون تسجيل الالوان على الطبقات الثلاثة الاولى كالآتي:

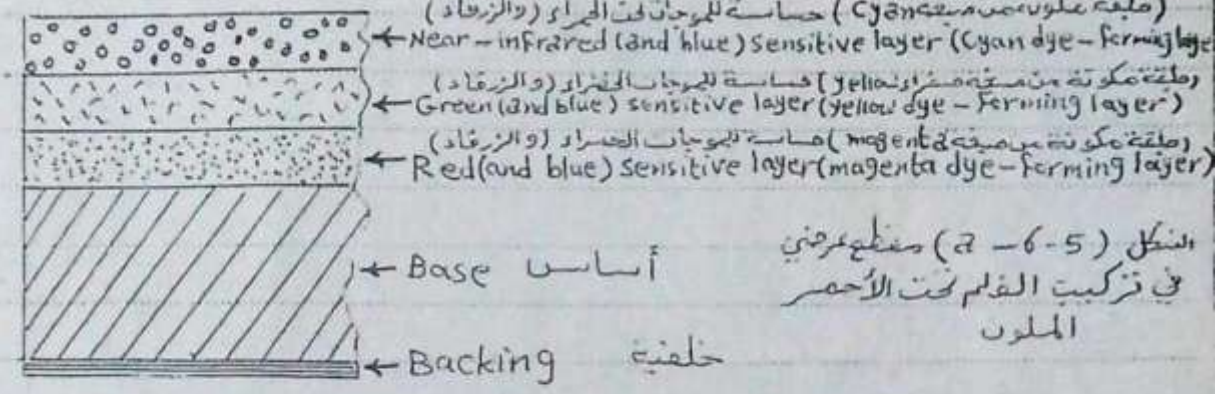
1. موجات النطاق الاخضر_ تسجل على الطبقة الصفراء.
2. موجات النطاق الاحمر_ تسجل على الطبقة الارجوانية **Magenta**.
3. موجات الاشعة تحت الحمراء_ تسجل على الطبقة السماوية **Cyan**.

ولا يصل الاشعاع الازرق الى الفلم حيث ان المرشح الاصفر المركب على العدسات عند التصوير يمتص الموجات الزرقاء.

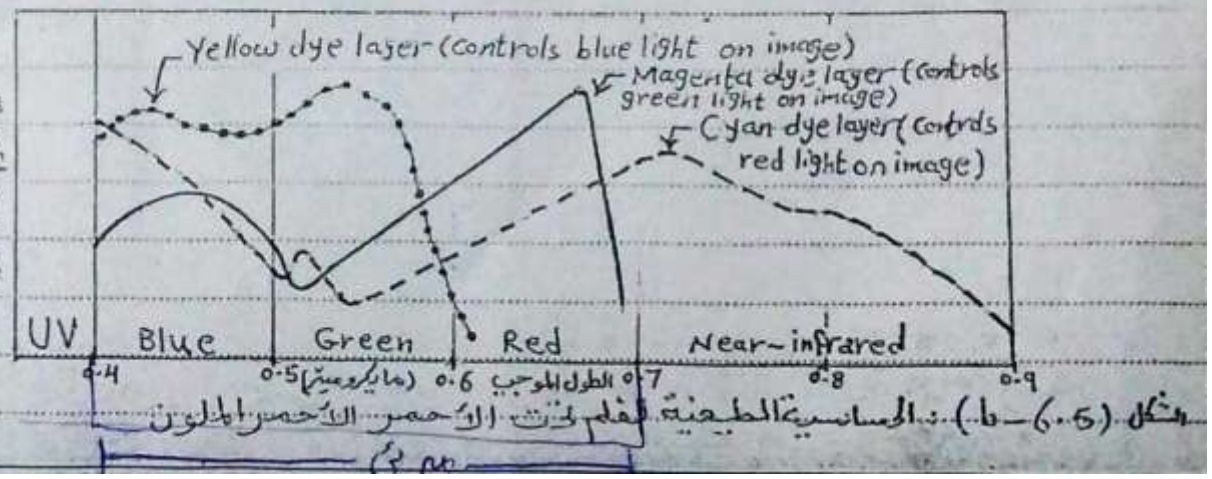
ان الارتباطات المختلفة في الافلام تحت الحمراء الملونة بين موجات الاشعة الكهرومغناطيسية و طبقات الفلم الرئيسية تؤدي الى "تغيير الالوان **Color shift**" , بحيث تبدو الاجسام والاهداف المصورة بألوان تختلف عن الوانها الطبيعية التي تراها العين لذا فأنه يطلق على الوان هذا الفلم اسم " الالوان الكاذبة **False Colors**".

فبينما تظهر النباتات خضراء على الفلم الملون المرئي لأنها تعكس الاشعة الخضراء اكثر من الزرقاء والحمراء, نجدها تظهر حمراء على الافلام تحت الحمراء الملونة لأنها تعكس الاشعة تحت الحمراء القريبة اكثر من الاشعة الخضراء (لاحظ اللوحة 3.5). اما التربة فتظهر في الفلم الملون المرئي بلون اخضر _ احمر حيث انها تعكس اشعة خضراء _ حمراء اكثر من الاشعة الزرقاء, اما على الفلم تحت الاحمر الملون فتظهر بلون ازرق _ اخضر يسبب تأثير "تغير الالوان".

ويطلق على هذا الفلم عدة اسماء اهمها "فلم تحت الحمراء الملون" و "فلم اكتشاف التمويه" و "الفلم ذات الالوان الكاذبة" ويوضح الشكل (**b**_ 6.5) الحساسية الطيفية لهذا الفلم.



الشكل (5-6-a) مقطع عرضي في تركيب الفلم تحت الأحمر الملون



الشكل (5-6-b): الحساسية الطيفية لفلم تحت الأحمر الملون