جامعة بغداد
كلية التربية للعلوم الصرفة/ ابن الهيثم
قسم الفيزياء
المرحلة الثالثة

University of Baghdad
College of Education for Pure Science/ Ibn Al-Haitham
Department of Physics
3th Class

أساسيات التحسس النائي
(Fundamentals of Remote Sensing)

أعداد:

الأستاذ الدكتور تغريد عبد الحميد ناجي

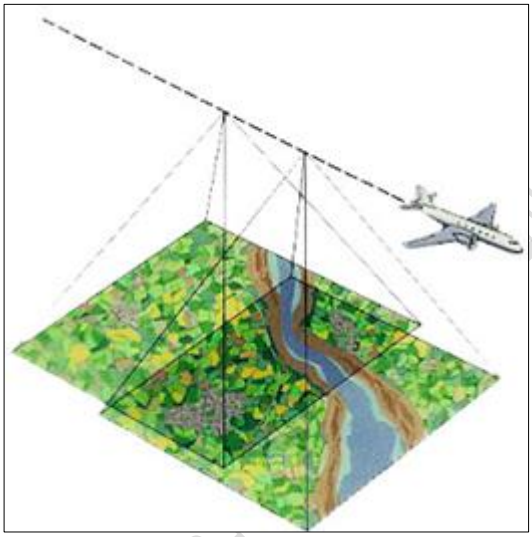
الفهرس

ت	الموضوع	رقم الصفحة
.1	المقدمة	1
.2	تعريف التحسس النائي	1
.3	مكونات نظام التحسس النائي	3
.4	مراحل التحسس النائي	3
.5	المميزات الأساسية لبيانات التحسس النائي	5
.6	أنظمة التحسس النائي	6
.7	أجهزة آلات التصوير لنظام التحسس النائي	7
.8	تصنيف الطاقة الكهرومغناطيسية ومجالات تطبيقاتها	9
.9	الغلاف الجوي	10
.10	تفاعل الطاقة مع مكونات الغلاف الجوي	13
.11	تفاعل الأشعة مع الأهداف على سطح الأرض	19
.12	الهدف	21
.13	نماذج تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع أهداف سطح الارض	22
.14	انبعاث الاشعاع الكهرومغناطيسي من مواد سطح الارض في موجات الأشعة تحت الحمراء الحرارية	24
.15	جهاز التحسس النائي (المتحسس)	25
.16	الخصائص الرئيسية لأجهزة التحسس النائي	26
.17	وسائل مصادر المعلومات	32
.18	تركيب الألوان	39
.19	المنصة	43
.20	الاقمار الصناعية	43
.21	الصورة الرقمية	46
.22	القيمة الرقمية	47
.23	النطاقات أو الحزم الطيفية	48
.24	طرائق تحويل الصورة الى الصيغة الرقمية	49
.25	أنواع الصور الرقمية	49
.26	أجهزة نظام التحسس النائي	52

.27	نظام الموقع العالمي GPS	56
.28	نظام المعلومات الجغرافية GIS	56
.29	تحليل المرئيات	59
.30	عناصر التفسير البصري	59
.31	معالجة الصور الرقمية	62
.32	اهمية معالجة الصور الرقمية	64
.33	المعالجة الأولية للصور	65
	المصادر	67

1. المقدمة (Introduction)

يخضع سطح الكرة الارضية والفضاء الى تصوير مستمر بنظم التحسس النائي الجوية أوالفضائية تختلف عن آلة التصوير الضوئية التقليدية في انها تعمل في أجزاء كبيرة من مجالات الطيف الكهرومغناطيسي وتأتي هذه الصور الجوية أوالفضائية في شكل مصفوفة من الارقام يستطيع الباحث معالجة هذه الارقام بتقانات متقدمة تؤدي الى تحسين الصورة والى استخلاص معلومات منها, لتستعمل في مجالات عدة. شكل (1) يوضح صور جوية ملتقطة باستعمال مستشعرات جوية موضوعة في طائرات ذات اجنحة متزنة.



شكل (1) صور جوية

حيث تعد هذه الصور من مصادر البيانات الهامة للكثير من التطبيقات الهندسية وعلوم الارض المختلفة ولكل ما له صلة بالبحث عن مصادر الثروة التي تحتضنها الكرة الارضية مثل متابعة نمو النباتات وأنواع الحبوب وتحديد مواقع الموارد الطبيعية المختلفة على سطح الارض وتخطيط المناطق الحضرية والريفية وتقييم التلوث ومتابعة الكوارث الطبيعية المختلفة للتخفيف من آثارها, وكذلك في علوم الفضاء والتنبأ بالطقس والعمليات العسكرية وتحديد الاهداف.

إن الاستعمال الامثل للصور الرقمية في هذه التطبيقات يتطلب فهما لعملية التحسس النائي ولتقانات معالجة البيانات الرقمية لهذه الصور التي تحتوي على معلومات هائلة.

ويعرف التحسس النائي كالاتي:

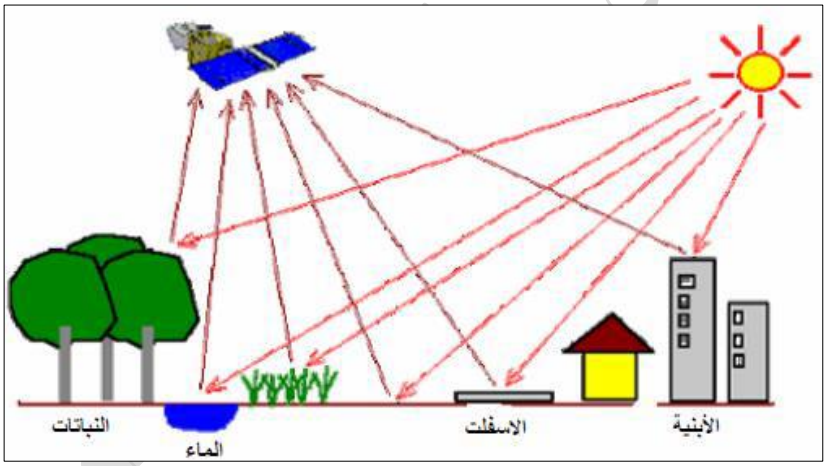
2. التحسس النائي (Remote Sensing) او الاستشعار عن بعد

هو تقانة لمراقبة ودراسة والتعرف على جميع الظواهر الكونية بالفضاء او على سطح الكرة الارضية وباطنها من خلال مجموع العمليات التي تسمح بالحصول على معلومات عن شئ ما دون أن يكون هناك اتصال مباشر بينه وبين جهاز التقاط هذه المعلومات.

وهو العلم الذي يستعمل خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة (Reflected) التي تتراوح بين μm (3 - 0.3) ، أو المنبعثة (Emitted) μm (15 - 3) من قبل الظواهر الارضية، أو من الجو، أو من مياه البحر والمحيطات في التعرف عليها, وذلك من خلال أجهزة لالتقاط هذه الموجات, موضوعة على منصات الأقمار الصناعية اوالطائرات اوالبالونات.

تستعمل ألفاظ عدة للإشارة إلى مصطلح التحسس النائي هو الاستشعار عن بعد او الاستشعار من بعد. حيث استعمل لفظ (Remote sensing) لأول مرة في الخمسينات من القرن العشرين بواسطة أخصائية رسم الخرائط البحرية (Evelyn Pruitt). و بدأ تصميم نظم التصوير الرقمي وإعداد برامج استعمالها في استكشاف مصادر الثروة الأرضية منذ عقد الستينات من القرن الماضي.

تشكل المعلومات المسجلة والمرتبطة بالطاقة الكهرومغناطيسية التي يتلقاها جهاز التحسس النائي ما يسمى بالبيان أو المرئية (Image). المرئية مرتبطة بانعكاس الموجات الكهرومغناطيسية عبر الأوساط المخترقة وبنوعية وحالة الهدف المرسل لهذه الموجات. فالاهداف المختلفة (فيزيائيا أو كيميائيا) تعكس او تبعث أنواعا وكميات مختلفة من الطاقة.



شكل (2) تفاعل الطاقة الكهرومغناطيسية مع المظاهر (الاهداف) الارضية

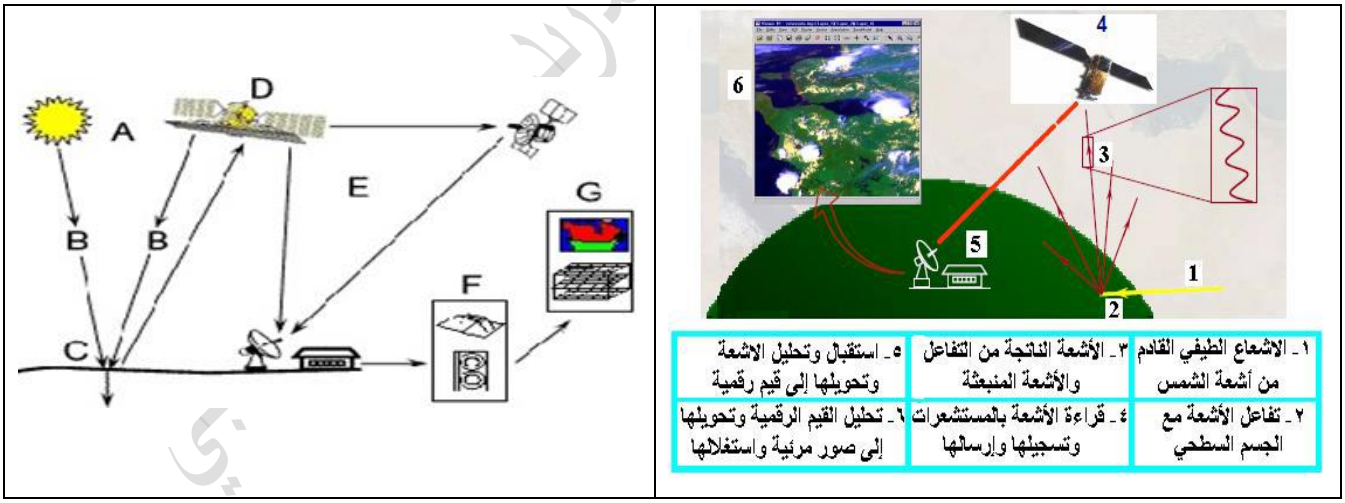
تتوقف طاقة الاشعة الكهرومغناطيسية أو ترددها على عدة ظواهر او حالات الطاقة مثل (الانعكاس ,انتشار, الامتصاص, الحيود,.....الخ).

التحسس النائي ليس وسيلة مستقلة بذاتها بل لابد من ربطها بالحقائق الارضية من خلال الدراسات الميدانية (الحقلية) والتحاليل المعملية. فهو يحقق السرعة في الإنجاز والاقتصاد في التكاليف وتجاوز الظروف الطبيعية كعوامل المناخ وتضاريس السطح. مع الحصول على كم هائل من البيانات التي يتم تفسيرها بشكل علمي دقيق مما يساهم في ايجاد الحلول لكثير من المشكلات (البيئية, الزراعية, موارد المياه,.....الخ)

3. مكونات نظام التحسس النائي

تتكون منظومة التحسس النائي من مجموعة من العناصر المترابطة الاساسية الاتية :

1. **المصادر الإشعاعية (A):** والتي قد تكون طبيعية مثل الشمس أو أصطناعية (إنتاج ذاتي) مثل نظام الليدار والرادار.
2. **الغلاف الجوي (B):** تعد ممر انتقال الطاقة الكهرومغناطيسية.
3. **الاهداف (C):** وهو كل ما يقع أمام أجهزة التحسس النائي التي تقيس كمية الاشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من مختلف الاهداف (الاجسام).
4. **أجهزة التحسس النائي (المتحسسات او المجسات) (D):** مثل الكاميرات و الأجهزة المتعددة النطاقات التي تسجل الاشارات الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من مختلف الاهداف على سطح الارض.
5. **حاملات او منصات أجهزة التحسس النائي (D):** تعدد المنصات المستعملة في نظام التحسس النائي, حيث يمكن أن تكون موضوعة علي الأرض مثل المستشعرات الارضية أو في الجو أي داخل الغلاف الجوي (طائرة أو بالون) أو في الفضاء أي خارج الغلاف الجوي (قمر صناعي أو مكوك الفضاء).
6. **المحطات الارضية (E):** يتم فيها استقبال ومعالجة وتسجيل وحفظ المعلومات المرسلة من أجهزة التحسس النائي. هنا يتم تحويل الإشعاع إلى صور.
7. **التفسير والتحليل (F):** يتم بوساطة أشخاص متخصصين وبرمجيات حاسوبية متخصصة.
8. **الاستعمال او التطبيقات (G):** حسب موضوع الدراسة والجهات ذات الاهتمام.



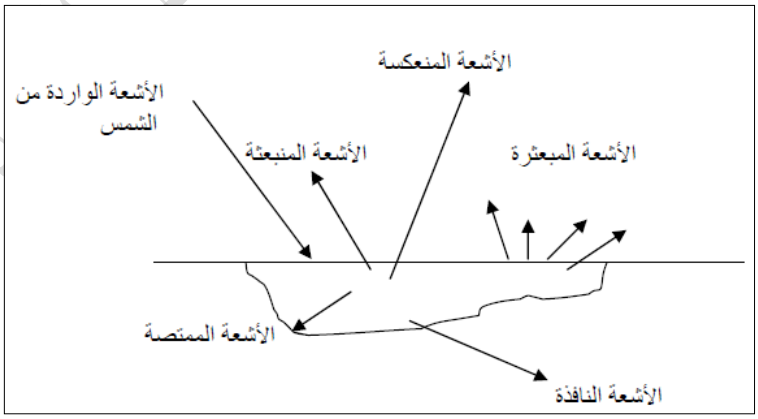
شكل (3) مكونات نظام التحسس النائي

4. مراحل التحسس النائي Stage of Remote Sensing

آلية عمل تقانة التحسس النائي تتضمن مرحلتين أساسيتين هما كالاتي:

1- مرحلة التقاط او جمع البيانات (Data Accusation): هي عملية تكوين الصور الرقمية عن طريق جمع البيانات بأستعمال أجهزة الالتقاط (أجهزة التحسس النائي اومتحسسات وكواشف).

تقتضي هذه المرحلة وجود مصدر للطاقة، التي ترسل في إتجاه الأرض على شكل أشعة. ثم تنتشر هذه الأشعة عبر الغلاف الجوي حتى تصل إلى الأرض، و تسمى حينئذ الأشعة الواردة (Incident radiation), ثم تتفاعل هذه الأشعة مع الهدف على الأرض فمنها ما يمتصه الهدف فيتحول إلى طاقة أخرى وهي في الغالب تكون طاقة حرارية و تسمى الأشعة الممتصة (Absorbed radiation) , و ينتج منها طاقة تنبعث من الجسم تسمى الأشعة المنبعثة (Emitted radiation), و منها ما يخترق الهدف و يسمى الطاقة النافذة (Transmitted radiation), ومنها ما ينعكس من الهدف بزاوية إنعكاس مساوية لزاوية السقوط و تسمى الأشعة المنعكسة (Reflected radiation) وهي التي تصل إلى جهازالتحسس النائي بعد مرورها خلال الغلاف الجوي فيحولها إلى أعداد رقمية (Digital Numbers, DN) وتكون الصورة الرقمية. إذا كان إنعكاس الأشعة متشتتاً تسمى الأشعة المبعثرة (Scattered radiation), كما موضحة بالشكل ادناه التفاعلات المختلفة التي تحصل للطاقة الشمسية حتى تصل إلى جهازالتحسس النائي. و تشير الحقائق الفيزيائية إلى أن الأشعة المنبعثة والنافذة والمنعكسة تتغير شدتها حسب طول الموجة و حسب خصائص الهدف الذي تسقط عليه الطاقة الواردة. إن هذه الأشعة المنعكسة من الهدف تمر من خلال طبقات الغلاف الجوي حتى تصل إلى جهاز التحسس النائي (Sensor) المحمول جوا على الطائرة أو فضاءا على القمر الإصطناعي. ثم يقوم جهاز جهاز التحسس النائي بدوره بتقوية الأشعة (Amplification) المنعكسة و التي غالبا ما تصل إليه في حالة ضعيفة خاصة مع بعد المسافة بين الهدف و الجهاز . ثم يقوم بتحسس هذه الأشعة بعد تقويتها و يحولها إلى تيار كهربائي تتناسب شدته مع شدة الأشعة الواصلة و أخيرا يسجل هذا التيار الكهربائي تسجيلا عدديا . وعليه فإن الأشعة المنعكسة من الهدف تكون قد تحولت بواسطة جهاز جهاز التحسس النائي إلى مجموعة من الأعداد الرقمية (Digital Numbers, DN) تتناسب قيمتها مع شدة الأشعة. و بما أن الأشعة المنعكسة تختلف شدتها حسب الهدف الذي انعكست منه, فإن الأرقام التي يتم تسجيلها بواسطة الجهاز تعبر عن شدة الأشعة المنعكسة و بالتالي عن الهدف الذي انعكست منه.



شكل (4) تفاعلات الطاقة الشمسية قبل وصولها إلى جهاز التحسس النائي

2- تحليل البيانات (Data Analysis). وتشمل معالجة وتصنيف وعرض البيانات الرقمية (الصور الجوية والفضائية).

5. المميزات الأساسية لبيانات التحسس النائي The Basic Characteristic of Remote Sensing Data

يمكن ان نلخص أهم المميزات الأساسية كالاتي:

1. **تحسين الشمولية المكانية** (Improvement spatial comprehensiveness): تغطي المرئيات الفضائية مناطق واسعة من سطح الأرض في فترة زمنية وجيزة وبسرعة بما يوفر إمكانية للاستكشاف والمقارنة والتعرف على المعالم الأرضية والغطاء النباتي ومواقع الموارد الطبيعية والتخطيط الحضري.
2. **قابلية وقف الحدث** (Capability to stop Action): تختلف بيانات التحسس النائي عن العين البشرية بأنها توقف الحدث في عالم متحرك لهذا تفيد في دراسة الظواهر الديناميكية المتحركة مثل الفيضانات, الحرائق, الزلازل, البراكين وغيرها ومقارنتها مع ذلك قبل وقوعه.
3. **ديمومة التسجيل** (Permanent Recording) **او التكرارية** : الصور الجوية والمرئيات الفضائية هي من الناحية العلمية سجلات دائمة لأحداث وقعت ويمكن بواسطة الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض وفق مدار ثابت الأبعاد وبشكل متزامن مع دوران الأرض حول الشمس من الحصول على مرئيات متكررة لنفس المناطق وبفترات زمنية متساوية وبهذا يمكن دراسة التغيرات التي تحدثها الطبيعة او يد الإنسان على سطح الأرض ومتابعة تطورها, ومدى تأثيرها على مجرى الحياة كمنحني ايجابي مطلوب.
4. **اتساع مجال الحساسية الطيفية** (Broadened Spectral Sensitivity): يمكن لفلم التصوير الجوي أن يرى ويسجل مجالا من طول الموجة ضمن الطيف الكهرومغناطيسي أوسع بنحو مرتين من المجال الذي ترى فيه العين البشرية. وفي التصوير الفضائي سيكون مجال الاتساع أوسع بكثير.
5. **زيادة قوة التمييز المكانية ودقة الأبعاد** Increased Spatial Resolution and Geometric (Fidelity): إن الانتقاء الصحيح لآلة التصوير ونوع الفلم ومتغيرات الطيران تمكن من تسجيل تفاصيل مكانية بالغة الدقة على الصور الفوتوغرافية والمرئيات الفضائية أكثر مما تراه العين المجردة . بيانات الأقمار الاصطناعية تمتاز بالتعددية الطيفية ضمن مجال الطيف الكهرومغناطيسي مما يتيح الحصول على تفاصيل ومعلومات رقمية أكثر دقة من أية وسيلة أخرى وبقدرة تميزية طيفية ومكانية تتناسب مع نوعية المتحسس المستعمل أثناء عملية المسح.
6. **توفير الوقت والجهد** (Reduced time and Effort): تبقى التكاليف والجهود متواضعة نسبيا فيما إذا ما قورنت مع كثافة المعلومات المتوفرة المتعددة الأطياف إلى جانب توفير الوقت والجهد, الآن أصبحت مرئية فضائية واحدة يمكن أن تغطي مساحة أرضية مقدارها ($34.000\ km^2$).
7. **إمكانية الربط ببرامج أخرى :**توفر وسهولة استعمال كثير من البرامج المتخصصة بالتحسس النائي. تربط البيانات والمعلومات المستنتجة من المشهد بنظام المعلومات الجغرافية (GIS) وقواعد البيانات (Data base).
8. **أرشفة ضخمة** من الصور الملتقطة بحيث يمكن الرجوع إليها عند الحاجة.
9. **إمكانية تحديد تاريخ التصوير :**لأنه من الضروري للتطبيق الذي ستستعمل فيه الصور تحديده.

10. سرعة التقاط الصور وسهولة توفر والحصول على البيانات بشكل مستمر لمناطق يصعب الوصول إليها بالطرائق التقليد. وسهولة نسبية في التعامل مع بيانات الصور. مع سرعة الحصول على النتائج حيث تتوفر البيانات في صورة رقمية ومخزنة بالحاسوب

6. أنظمة التحسس النائي (Remote Sensing Systems):

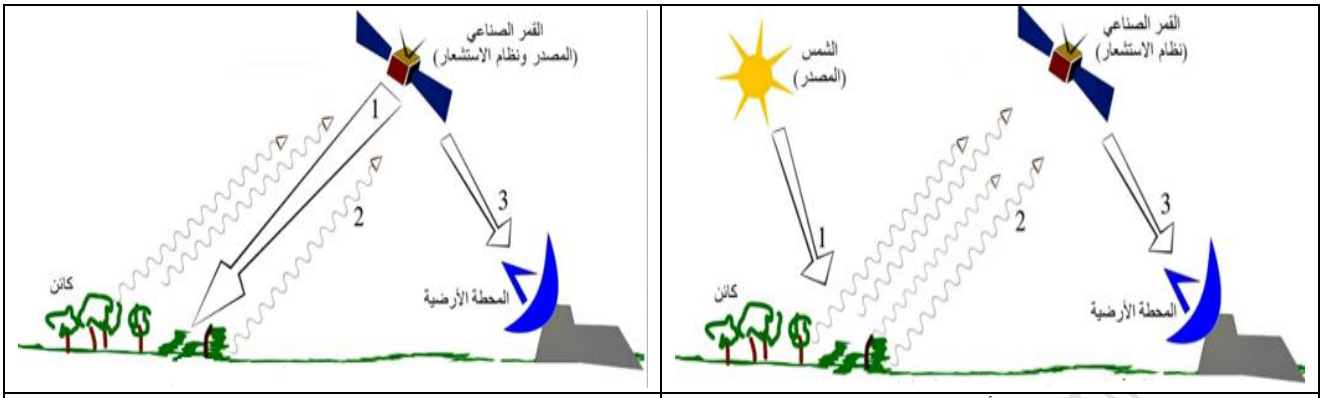
تنقسم انظمة التحسس النائي الى نوعين مختلفين حسب المصدر المستعمل في توليد الاشعة لإضاءة الهدف, كالاتي:

1- **نظام التحسس النائي الغير نشط أو السلبي (Passive RS):** يعتمد هذا النظام على مصدر الأشعة الشمسية كمصدر طبيعي للطاقة التي ترسل الى سطح الارض, لتتفاعل مع مختلف الاجسام وتنعكس جزء من الاشعة الكهرومغاطيسية من جديد أو تنبعث من الأهداف ذاتها على شكل طاقة حرارية لتستقبلها أجهزة التحسس النائي وتسجلها على هيئة بيانات رقمية. مثل الكاميرا ونظام التصوير متعدد الطيف.

إن الأشعة المنعكسة لا يمكن رصدها وقياسها وتسجيلها إلا في ساعات النهار, وذلك لانعدام الأشعة الشمسية المنعكسة ليلاً، أما الأشعة المنبعثة عن الأهداف (وهي بمعظمها أشعة حرارية في مجال الاشعة تحت الحمراء الحرارية) فيمكن رصدها و قياسها وتسجيلها ليلا ونهارا ولكن ذلك يعتمد على أن كمية هذه الأشعة أذا كانت كافية لرصدها وقياسها وتسجيلها.

2- **نظام التحسس النائي الفعال او النشط (Active RS):** يعتمد هذا النظام على مصدر اصطناعي لتوليد الاشعة الكهرومغاطيسية حيث يحتوي جهاز التحسس النائي على مصدر طاقة لإضاءة الهدف, ويقوم بتوجيهها نحو الهدف مباشرة الذي يقوم بدوره بعكسها نحو أجهزة التحسس النائي الموجودة على متن الطائرات او الاقمار الصناعية ليتم تسجيلها, ليقوم بتحويلها الى هيئة بيانات رقمية (صور رقمية), يمكن استعمال هذا النظام بغض النظر عن الظروف الجوية وظروف الإضاءة ولكن يشترط أن يكون جهاز التحسس النائي مزودا بمصدر طاقة كافية لإضاءة الهدف. يستعمل ايضا هذا النظام في المجالات الطيفية غير المتوفرة في أجهزة التحسس النائي السلبي كالأمواج الميكروية وخير مثال على هذه الأجهزة (أجهزة التحسس النائي الليزرية (الليدار) والرادارية).

ومع أن نظام التحسس النائي النشط له مميزاته مثل قابليته للإستعمال تحت كل الظروف الجوية و إمكانية عمله بالليل و النهار، إلا أنه أكثر تعقيدا في التطبيق. و لذلك فإن استعمال الأشعة الطبيعية (أشعة الشمس) أو الطاقة الطبيعية هي الأكثر استعمالا في عمليات التحسس النائي. وعليه سيكون التركيز في هذا المنهج على الصور الناتجة من نظام التحسس النائي السالب التي تعتمد على تحسس أشعة الشمس التي تنعكس من الأهداف على سطح الأرض, ليكون موافقا لمقرر معالجة الصور الرقمية.



أ	ب

شكل (5) أنظمة التحسس النائي (أ) نظام التحسس النائي السلبي و (ب) نظام التحسس النائي النشط

7. أجهزة آلات التصوير لنظام التحسس النائي:

هنالك ثلاث انواع اساسية للأجهزة التي تتحسس او تستشعر الأشعة الكهرومغناطيسية و تسجلها لننتج منها صورا لسطح الأرض و ما عليه من أهداف, وهي كالاتي:

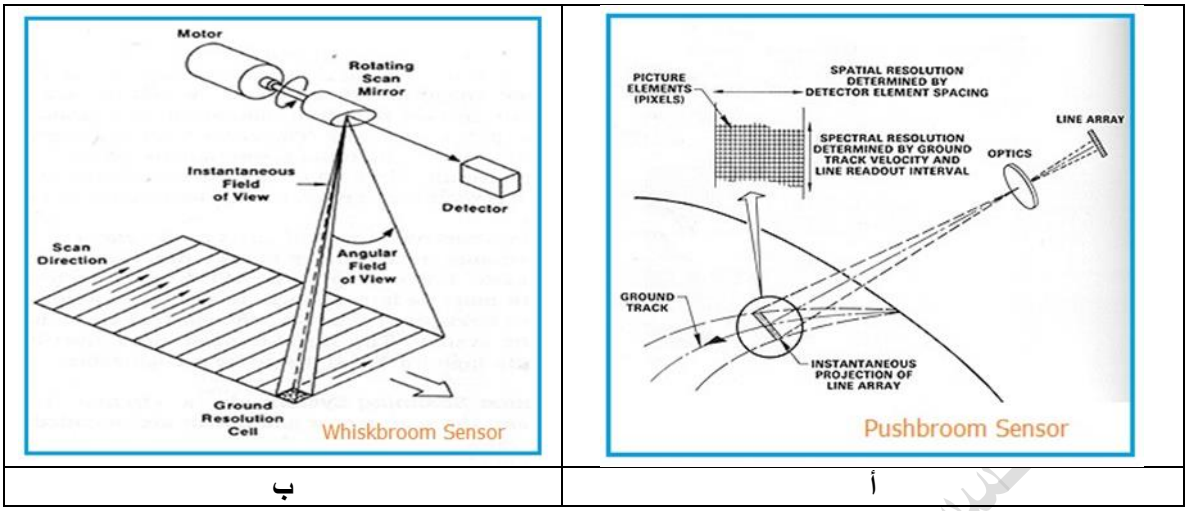
1- **آلات التصوير الضوئي (الفوتوغرافي) (Photographic Cameras) :** التي يتم فيها تسجيل الأشعة المنعكسة من الهدف على فيلم بعد مرورها خلال عدسة آلة التصوير و بعد تفاعلات كيمائية تظهر صورة الهدف على الفيلم. هذه الأجهزة تستطيع فقط أن تسجل حزمة الطيف المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR), وتكون مخرجاته صورا فوتوغرافية.

2- **أجهزة التحسس النائي الإلكترونية (Electronic Sensors):** تتميز بحساسيتها الطيفية العريضة و التي تنتج إشارات كهربائية بعد وصول الأشعة إليها ثم تحول هذه الإشارات إلى أعداد رقمية تسجل على شريط ممغنط تتناسب مع كمية الأشعة الواصلة إليها و يكون الناتج صورا رقمية (Digital Image) يمكن أيضا تحويلها إلى صور مرئية سواء كان ذلك على شاشة أو على فيلم.

ان هذا النوع من أجهزة التحسس النائي هو الذي ينتج لنا الصور الرقمية التي نحن بصدد دراستها و لذلك سنتحدث عنه بتفصيل أكثر. هنالك العديد من أنواع اجهزة التحسس النائي الإلكتروني أو التصوير الرقمي فيما يأتي نبذة قصيرة عن نوعين أكثرها استعمالا:

- **نظام الصف الخطي linear array system (along-track or pushbroom):** يصور في موجات الأشعة المرئية وتحت الحمراء المنعكسة (NIR & MIR) وتكون مخرجاته صورا رقمية.
- **نظام المسح الخطي line-scanning system (across-track or whiskbroom):** يصور في موجات الأشعة المرئية وتحت الحمراء المنعكسة (NIR & MIR) وتحت الحمراء الحرارية (المنبعثة) (FIR) وتكون مخرجاته صورا رقمية.

3- **نظام الرادار (Radar system):** يصور بأشعة الرادار الصناعية (الموجات الميكروية) وتكون مخرجاته صورا رقمية.



ب أ

شكل (6) أجهزة التحسس النائي الإلكترونية (أ) نظام الصف الخطي و (ب) نظام المسح الخطي

وتتميز الصور الرقمية عن الصور الفوتوغرافية التي يتم التقاطها بواسطة آلات التصوير الضوئية الفوتوغرافية بعدة مميزات,منها:

1- هو أن مدى التدرج الرمادي الذي يمكن أن تعرض فيه الصور الرقمية أكبر بكثير من المدى الذي يمكن أن تعرض فيه الصور الفوتوغرافية ، حيث أن هذه الصورة الفوتوغرافية تتفاوت في المدى الرمادي الذي يمكن أن تعرض فيه بين 15 إلى 30 درجة فقط، في حين نجد أن الصورة الرقمية يمكن عرضها في مدى رمادي يصل إلى 128 درجة واكثر.

2- الصورة الرقمية تحتوي على معلومات على شكل أرقام و لذلك فإن تحليلها بواسطة النماذج والتقانات الرياضية يصبح أسهل بكثير من حال الصور الفوتوغرافية . إن هذه الخاصية تجعل من الصورة الرقمية قابلة للنسخ عدة مرات من دون أن يؤثر ذلك على قوة وضوحها ، و ذلك بعكس الصور الفوتوغرافية التي يقل تكرارها بالنسخ من قوة وضوحها . و البيانات الرقمية يسهل إرسالها بالبريد الإلكتروني مما يمكن الباحثين الذين يريدون العمل على نفس البيانات من الوصول إليها في سهولة و يسر .

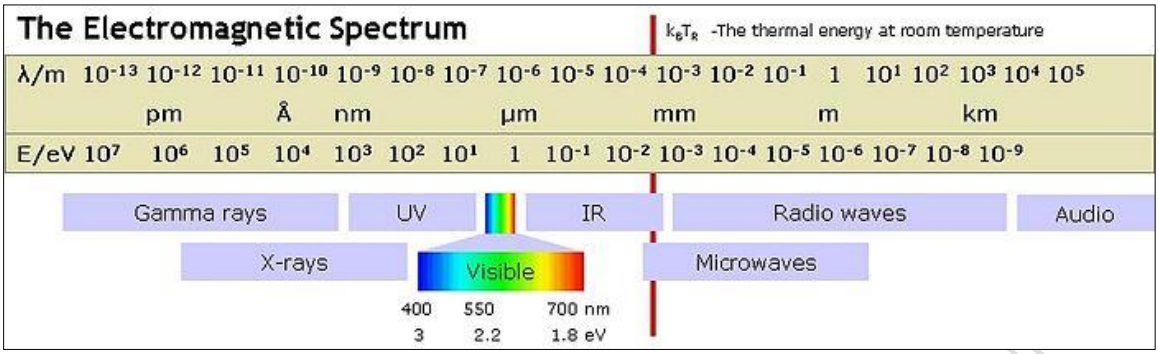
3- إضافة إلى ذلك فإن التطور الهائل في صناعة و تقانة الحاسبات الآلية قد ساعد كثيرا في التعامل الرياضي مع بيانات الصورالرقمية الهائلة الكم مما سهل إمكانية تطبيق تقانات تؤدي إلى تخزين بيانات الصور الرقمية و تحسينها و تحليلها و عرضها و تصنيفها أو تفسيرها يدويا و آليا و الحصول على أكبر قدر من المعلومات منها . إن هذه التقانات سريعة التطور و تشكل جزءًا هامًا من نظم التحسس النائي و المساحة التصويرية الرقمية ، والتي يطلق عليها **(معالجة الصور الرقمية).**

8. تصنيف الطاقة الكهرومغناطيسية ومجالات تطبيقاتها:

الأشعة الكهرومغناطيسية هي طاقة على شكل موجات بأطوال مختلفة تسير بسرعة الضوء (3×10^{10}) cm/ sec , يتناقص ترددها بزيادة طول الموجه. وتصنف موجات الاشعاع الكهرومغناطيسي حسب أطوالها إلى نطاقات (Bands) او حزم ابتداءا من الأشعة القصيرة جدا إلى الموجات الطويلة مثل موجات الراديو. والنطاق (الحزمة) هو جزء محدد من الطيف الكهرومغناطيسي قد يكون واسعا أو يكون ضيقا. عين الانسان حساسة وتمييز الموجات المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي, بينما أجهزة التحسس النائي حساسة لموجات الاشعة المرئية والغير مرئية.

جدول (1) مصدر الطاقة (Source of Energy) الكهرومغناطيسية التي يتكون طيفها من المناطق الأتية:

المنطقة الطيفية	الطول الموجي	التفاصيل
أشعة كاما	< 0.03 nanometers	تمتص بالكامل في الغلاف الجوي الأرضي, لا تستعمل في نظام التحسس النائي.
الأشعة السينية (X-Ray)	(0.03 to 30) nanometers	تمتص بالكامل في الغلاف الجوي الأرضي, لا تستعمل في نظام التحسس النائي.
الأشعة فوق البنفسجية	> 0.3 micrometers	يمتص بواسطة أوزون الغلاف الجوي بالكامل, لا تستعمل في نظام التحسس النائي.
الأشعة فوق البنفسجية التصويرية (UV)	(0.3 to 0.4) micrometers	متاحة لإجهزة التحسس النائي لقياس الظواهر الأرضية بواسطة أفلام مخصصة لذلك.
الضوء المرئي (Visible)	(0.4 to 0.7) micrometers	متاحة لإجهزة التحسس النائي لقياس الظواهر الأرضية بواسطة أفلام مخصصة لذلك.
الأشعة تحت الحمراء (IR)	(0.7 to 15) micrometers	متاحة لإجهزة التحسس النائي لقياس الظواهر الأرضية بواسطة أفلام مخصصة لذلك. ينقسم الى مجموعتين نسبة الى خواص الاشعاع: 1. المنعكسة (μm (0.7 to 3.5)). وتنقسم الى تحت الحمراء القريبة (NIR), وتحت الحمراء المتوسطة (MIR). 2. المنبعثة (μm (3.5 to 15)).
1. الأشعة تحت الحمراء القريبة المنعكسة Reflected (NIR)	(0.7 to 1.3) micrometers	متاحة لإجهزة التحسس النائي لقياس الظواهر الأرضية بواسطة أفلام مخصصة لذلك.
2. الأشعة تحت الحمراء المتوسطة المنعكسة Reflected (MIR)	(1.3 to 3.5) micrometers	متاحة لإجهزة التحسس النائي لقياس الظواهر الأرضية بواسطة أفلام مخصصة لذلك.
3. الأشعة تحت الحمراء الحرارية المنبعثة البعيدة Thermal (FIR)	(3.5 to 15) micrometers	متاحة لإجهزة التحسس النائي. لا يمكن لهذا الطول الموجي أن يلتقط بواسطة الأفلام الفوتوغرافية. بدلا من ذلك، تستعمل أجهزة تحسس نائي ميكانيكية لتصوير هذه الحزمة الموجية.
الأشعة المايكروية – الرادار Microwave	(0.1 to 100) centimeters	يمكن للأطوال الموجية الطويلة لهذه الحزمة الموجية أن تنفذ من خلال الغيوم ، الضباب و الأمطار. تتكون الصور هنا من خلال المتحسسات الفعالة التي تصدر هذه الأشعة.
الأشعة الراديوية	> 100 centimeters	لا تستعمل عادة في التحسس النائي على الأرض.



شكل (7) ترتيب الطيف الكهرومغناطيسي وفقًا للطاقة

9. الغلاف الجوي (ممر انتقال الطاقة الكهرومغناطيسية):

غلاف الأرض الجوي: هو طبقة كروية تحيط الارض تتألف من خليط من غازات تحيط بالكرة الأرضية مجذوبة إليها بفعل الجاذبية الأرضية .ويحوي على 78% من غاز النيتروجين و 21 % غاز الأوكسجين والاركون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والهيدروجين والهليوم والنيون والزينون .ويحمي الغلاف الجوي الأرض من امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ويعمل على اعتدال درجات الحرارة على سطح الكوكب.

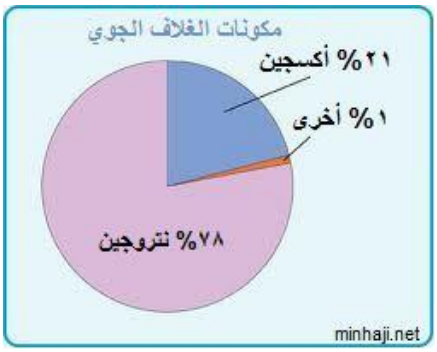
ممر الإنتقال (Transmission Path): المسار الذي تقطعه الأشعة من مصدر الطاقة إلى الهدف ومن الهدف إلى جهاز التحسس النائي. ان جميع الإشعاعات التي تتحسسها منظومات التحسس النائي، بغض النظر عن مصادرها، تمر في طبقات الجو وتتفاعل مع مكوناته (الثابتة والمتغيرة) تبعا:

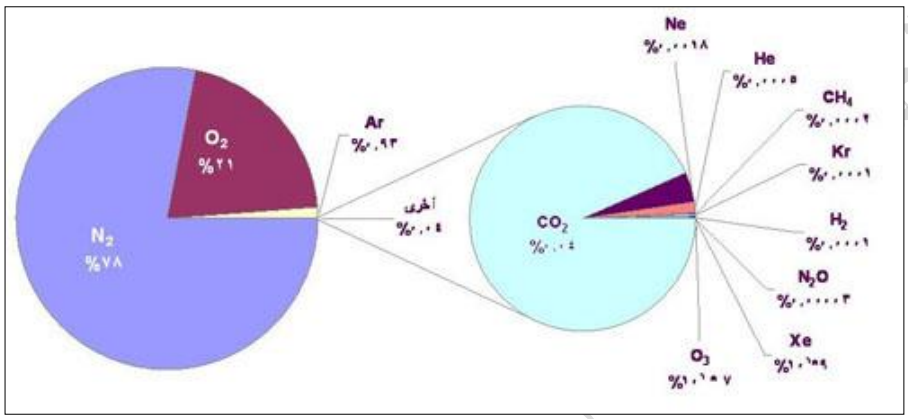
- لطولها الموجي وزاوية سقوطها.
- طول المسار الذي تقطعه (عمق الغلاف الجوي).
- شكل و تركيب ووسط الظاهرة المراد دراستها.

وعليه فانه من الضروري التعرف على تأثير الغلاف الجوي على الإشعاع الكهرومغناطيسي لأن ذلك يحدد الموجات التي يمكن استعمالها لجمع المعلومات عن الظواهر باستعمال أجهزة التحسس النائي.

1.9. مكونات الغلاف الجوي الرئيسية:

1- **المكونات الثابتة:** وهي انواع مختلفة وكميات متباينة من الغازات موجودة ضمن مكونات بالغلاف الجوي. والتي تتكون بصورة رئيسية من الاوكسجين والنتروجين وبصورة قليلة من (ثاني أوكسيد الكاربون والنيون الخ.....). يمكن تمثيل النسب المئوية لمكونات الغلاف الجوي بقرص ممثلة بحجم فضاء الغلاف الجوي كما موضح بالشكل الأتي.





شكل (8) النسب المئوية لمكونات الغلاف الجوي

2- **المكونات المتغيرة:** وهي مكونات غير ثابتة تظهر بصورة مختلفة من مكان الى آخر وبين وقت وآخر (مثل: الاوزون, بخار الماء, اول اوكسيد الكاربون, الامونيا, ثاني اوكسيد الكبريت, الخ....). ان هذه المكونات موزعة بصورة غير منتظمة في الغلاف الجوي .

فعلى سبيل المثال: الامونيا (NH_3) و ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2) تنتج كمحصلة من المصانع والمعامل ولذلك تظهر بصورة اكبر في المناطق المكدسة بالمصانع. أما الاوزون (O_3) فأنه ينتج في الغلاف الجوي ويكون مرّكز في منطقة أو طبقة الاوزونوسفير.

المكونات الصلبة من الغازات ايضا تعد مكونات متغيرة خلال الغلاف الجوي, يكون مصدرها نتيجة اسباب طبيعية بسبب البراكين والرياح, او اصناعية بسبب حرائق الغازات والمصانع. تتواجد المكونات الصلبة بكميات قليلة في المرتفعات العالية من الغلاف الجوي حيث تتركز بكميات كبيرة خلال الخمس كيلومترات الاولى من سطح الكرة الارضية في منطقة أو طبقة التربوسفير تحديدا, لان كثافة هذه المكونات لوحدة الحجم تتناسب عكسيا مع الارتفاع.

2.9. طبقات الغلاف الجوي:

يقسم الغلاف الجوي الى سبع طبقات متراصة من الاسفل الى الاعلى:

1. طبقة التروبوسفير Troposphere.
2. طبقة التربوبوز Tropopose.
3. طبقة الستراتوسفير Stratosphere.
4. طبقة الاوزونوسفير Ozonosphere.
5. طبقة الميزوسفير Mesosphere.
6. طبقة الايونوسفير Ionosphere.
7. طبقة الايكزوسفير Axzeosphere: وهي الطبقة الخارجية التي توجد فيها الاقمار الاصطناعية تدور في الفضاء بمدارات ثابتة وعلى ارتفاع يتراوح تقريبا بين *Km* (775-1300).

والمعروف ان حوالي 98 % من كتلة الغلاف الجوي تتركز في الطبقتين الاولى والثانية .

طبقة التروبوسفير (Troposphere): تعد من اهم طبقات الغلاف الجوي وتسمى بطبقة التغيرات التي تحدث فيها معظم التغيرات الجوية التي نلمسها يوميا من سحب ورياح وعواصف (ظواهر المناخ). ومظاهر الطقس من حرارة وضغط جوي حيث تقل فيها درجات الحرارة مع الارتفاع. وهي الطبقة التي تحتوي على معظم بخار الماء و O_2 الأكسجين و CO_2 ثاني اكسيد الكربون والنتروجين وتتركز فيها انشطة الإنسان.

تتألف هذه الطبقة من ارتفاعين:

- **الاول**: يتراوح بين *Km* (5 - 0) و يعد الطبقة الدنيا ويحدث فيها ظاهرتين وهي ظاهرة إستطارة مي وإستطارة الغير انتقائي.
- **الثانية**: يتراوح بين *Km* (8 - 5) و يعد الطبقة العليا ويحدث فيها ظاهرة إستطارة رايلي.

10. تفاعل الطاقة مع مكونات الغلاف الجوي:

إن تأثير الغلاف الجوي يختلف باختلاف الفروق في أطوال مسارات الطاقة التي تستلمها وتسجلها أجهزة التحسس النائي وبطول الموجة, وذلك بسبب ميكانيكيات الإستطارة (التبعثر) والامتصاص في الجو.

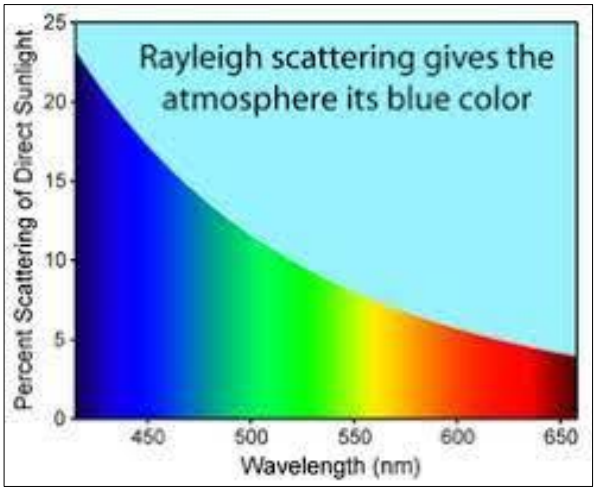
1.10 الإستطارة (التبعثر) في الجو: تحدث ثلاثة أنواع من الإستطارة في طبقة الجو التروبوسفير وهي كالاتي:

1. إستطارة رايلي (Rayleigh scatter):

عند مرور الضوء خلال وسط يحوي دقائق اصغر حجماً من الطول الموجي لهذا الضوء يحدث ما يسمى باستطارة رايلي Rayleigh Scattering ، نسبةً الى اللورد رايلي الذي وجد ان شدة استطارة (تشتت) الاشعة المارة خلال وسط ما تتناسب عكسياً مع الاس الرابع للطول الموجي لهذه الاشعة، اي ان الطول الموجي الاقصر سيعاني تشتت اكبر من الطول الموجي الاطول.

شكل (9) استطارة رايلي

يحدث هذا النوع من الاستطارة في طبقة التربوسفير بين الارتفاع (5-8) كيلومتر فوق سطح الارض ويعتمد هذا الأنتشار على طول موجة الاشعاع المتفاعل حيث يزداد الأنتشار مع نقصان الطول الموجي (علاقة عكسية), كما موضح بالشكل 10.



شكل (10) سلوك استطارة رايلي

يتفاعل الأشعاع مع جزيئات الجو الصغيرة الحجم والتي هي أصغر بكثير في قطرها من طول موجة الاشعاع المتفاعل معها ...($R < \lambda$) مثل الغبار و N_2 ، O_2 . أن أثر إستطارة رايلي يتناسب مع الأسس الرابع الطول الموجة, كالمعادلة أدناه:

$$\text{إستطارة رايلي (Rayleigh scatter)} = \frac{1}{\lambda^4}$$

مثال:

إستطارة رايلي للضوء البنفسجي (v) $= \frac{1}{(0.38\ \mu m)^4}$ ، $\lambda_{Violet} = 0.38\ \mu m$

إستطارة رايلي للضوء الأزرق (blue) $= \frac{1}{(0.48\ \mu m)^4}$ ، $\lambda_{blue} = 0.48\ \mu m$

فالضوء الأزرق يستطار او ينتشر اربع أضعاف الضوء الأحمر والاشعة البنفسجية بست عشرة مرة من الضوء الأحمر, كما في العلاقات الاتية:

إستطارة رايلي للضوء الازرق = 4 (إستطارة رايلي للضوء الأحمر)

إستطارة رايلي للضوء البنفسجي = 16 (إستطارة رايلي للضوء الأحمر)

إستطارة او أنتشار الموجات القصيرة اكثر من إستطارة الموجات الطويلة. فالسماء الزرقاء هي أوضح دليل لإستطارة رايلي لان أقطار جزيئات الجو هي تقريباً بطول الموجات الزرقاء.

ففي غياب الإستطارة سوف تبرو السماء سوداء وعند شروق الشمس وغروبها تبدو السماء برتقالية أو حمراء.

ومع المسار الأطول يكون الإستطارة للموجات القصيرة تام مما يجعلنا نرى فقط الموجات الطويلة والاقل أنتشاراً او استطارة للونين (البرتقالي والأحمر) هذا النوع من الإستطارة **مسؤول عن اللون الأزرق للسماء** حيث تشتت الاشعاعات الزرقاء القصيرة من الطبقات العليا للتضفي اللون الازرق على القبة السماوية . أما في وقت الفجر والغروب فتكون التشتت كامل للون الأزرق وتصل الأرض الالوان (الحمراء والبرتقالي).

أن **استطارة رايلي هو أحد الاسباب الرئيسية لظاهرة الضباب** من حيث الرؤيا فأن الضباب يقلل من شدة وضوح أو تباين الصورة الملتقطة من قبل أنظمة التحسس النائي. يمكن **تقليل الضباب من الصورة باستعمال مرشح أمام عدسة الكاميرا التي لاتسمح بنفوذ الموجات القصيرة.**

بأختصار:

- تحدث عندما تكون أقطار الجسيمات العالقة في الجو أصغر من أطوال موجات الإشعاعات الساقطة ($R < \lambda$).
- تتناسب إستطارة رايلي عكسياً مع الاس الرابع لطول الموجة ($\text{Rayleigh scatter} = \frac{1}{\lambda^4}$).
- تحدث إستطارة رايلي في طبقة الجو العليا للتروبوسفير بين الارتفاع (5-8) كيلومتر ، وهو المسؤول عن ظهور السماء باللون الأزرق (السماوي) لأن الأشعة القصيرة ضمن الطيف المرئي (الأشعة الزرقاء) تستطاراكثر من الأشعاعات الطويلة. في ساعات الشروق والغروب تقطع الأشعة مسافة أطول عبر الغلاف الجوي وهذا ما يؤدي إلى إستطارة كاملة للأشعة القصيرة تاركا المجال لوصول كمية كبيرة من الأشعة طويلة الموجة (كالاشعة الحمراء والبرتقالي).
- تؤثر على الاطوال الموجية الاقل طولا.
- يعد أحد الاسباب الرئيسية لحدوث ظاهرة الضباب.
- من الأسباب الرئيسية لهذه الإستطارة الغبار و N_2 , O_2.

س/ لماذا تبدو السماء زرقاء نهاراً؟

إن السماء تظهر نهاراً باللون الازرق لأن الجزيئات في الغلاف الجوي تُشتّت الضوء الازرق القادم من الشمس، أكثر مما تشتت الضوء الاحمر، وعندما ننظر الى الشمس قبل الغروب نرى ضوء احمر-برتقالي وذلك لأن الضوء (الاطوال الموجية الطويلة) الذي يصل الى اعيننا يمر بمسار اطول في الغلاف الجوي, ويعاني تشتت اكبر ضمن الاطوال الموجية القصيرة. إذ يتكون ضوء الشمس خلال مدى واسع من الاطوال الموجية المرئية تكوّن بمجموعها الضوء الابيض، تبدأ هذه الاطوال الموجية من الاحمر (موجة اطول) وتنتهي بالبنفسجي (موجة اقصر)، يمكن رؤية هذه الاطوال عند مرور الضوء الابيض خلال موشور (كما في تجربة نيوتن الشهيرة) مما ينتج عنه طيف الوان شبيه بقوس قزح.

س/ ما الذي يسبب الاستطارة أو التشتت؟ الغبار ام الجزيئات؟

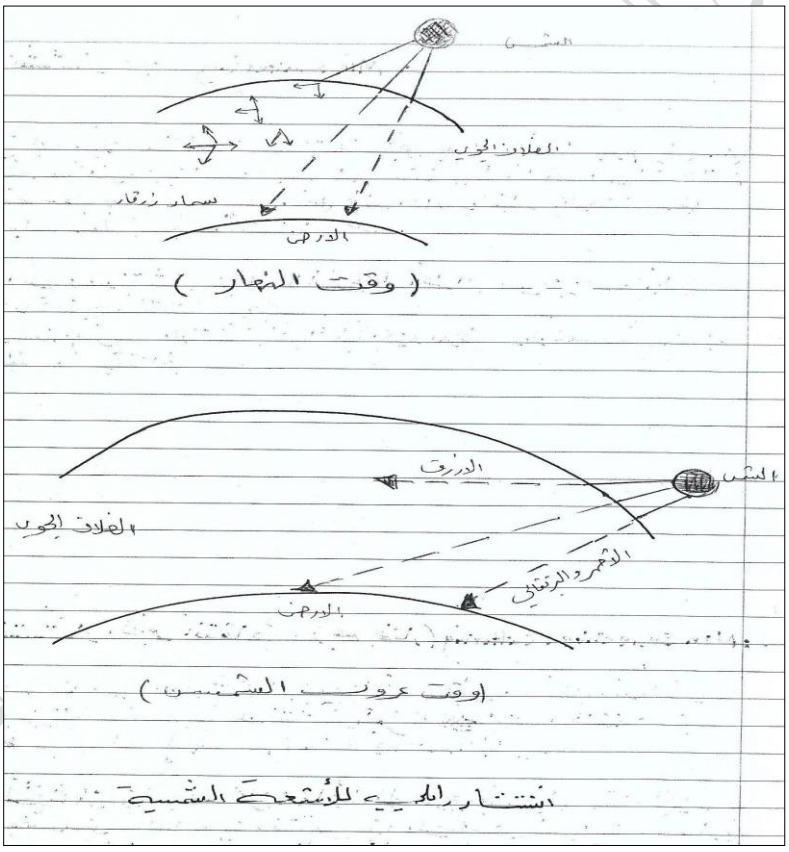
ان سبب الاستطارة هو دقائق الغبار وبخار الماء، واذا كان هذا صحيحاً لاختلف لون السماء اعتماداً على نسبة الرطوبة والغبار، لكن العلماء اقترحوا ان جزيئات الاوكسجين والنيتروجين توجد بكثرة في الغلاف الجوي بصورة تسمح بحدوث الاستطارة.

س/ اذا كانت الاطوال الموجية القصيرة تعاني تشتت اكبر، لماذا لا نرى السماء باللون البنفسجي؟ كونه يمتلك طول موجي اقصر.

الضوء البنفسجي يشكل قسم صغير من الطيف الشمسي, لذا عند مرور ضوء الشمس خلال غلاف الارض الجوي يتم امتصاص الضوء البنفسجي بواسطة طبقات الجو العليا، لذا تصل لنا كمية قليلة من الضوء البنفسجي.

س/ علل تتجنب معظم انظمة التحسس النائي تحسس وتسجيل اطول الموجات في نطاق الموجات الفوق البنفسجية ونطاق الموجات الزرقاء من طيف الاشعة الكهرومغناطيسية.

ج/ يكون تحسس وتسجيل اطوال الموجات فوق البنفسجية والزرقاء صعب بسبب استطارتها وامتصاصها في طبقات الجو. فغاز الاوزون في الطبقات العليا للغلاف الجوي يمتص كثيرا من الاشعة فوق البنفسجية ذات طول موجة الاقل من (0.3 مايكرومتر) تقريبا, كما تؤثر استطارة رايلي على اطوال الموجات القصيرة بدرجة اكبر من تأثيره على اطوال الموجات الكبيرة مما يتسبب في كون بقية الاشعة فوق البنفسجية والموجات القصيرة الطول من الضوء المرئي (اللون الازرق) ستتناثر و تستطار بدرجة اكبر كثيرا من بقية انواع الاشعة. وبالتالي فأن ما يتبقى من هذة الاشعة لايستطيع الوصول والتفاعل مع اهداف سطح الارض. **في الحقيقة فأن الضوء الازرق يستطار 4 مرات اكثر من الضوء الاحمر, بينما تبلغ استطارة الاشعة فوق البنفسجية التصويرية (UV) والضوء البنفسجي 16 مرة اكثر من الضوء الاحمر.**



2. إستطارة مي (Mie Scatter):

- تحدث عندما تكون أقطار الجسيمات في الجو مساوية لأطوال موجات الطاقة التي تصطدم بها ($R \cong \lambda$).
- يحدث هذا النوع في طبقة الجو الدنيا للتروبوسفير بين الارتفاع (0-5) كيلومتر. حيث تكثر الجزيئات الخشنة ويزداد أكثر ما يمكن في الأجواء الغائمة.
- تؤثر على الاطوال الموجية الاكثر طولا.
- من الأسباب الرئيسية لهذه الإستطارة وجود جسيمات الغبار وبخار الماء العالقين في الجو.

3. الإستطارة غير الانتقائي (Nonselective Scatter):

- تحدث عندما تكون أقطار الجسيمات المسببة للإستطارة أطول بكثير من أطوال موجات الطاقة الكهرمغناطيسية كالإستطارة الحاصلة بفعل قطرات الماء ($R > \lambda$).
- يحدث هذا النوع في طبقة الجو الدنيا للتروبوسفير بين الارتفاع (0-5) كيلومتر.
- يؤثر على كل الاطوال الموجية.
- سمي بالغير انتقائي علي اساس عمله حيث ان نسبه الإستطارة في الضوء المرئي واحدة و متساوية و بالتالي يستطيراللون الازرق و الاخضر و الاحمر بنسب متساوية, فيكون اللون الابيض.
- يسبب عدم وضوح بالرؤيا وغيومها. لذا يبدو الضباب والغيوم بمظهر أبيض.

2.10 الامتصاص (Absorption) :

تقوم مكونات الغلاف الجوي بامتصاص جزء من الأشعة ذات الأطوال الموجية المختلفة والمحددة. يحدث امتصاص الأشعة في الغلاف الجوي بسبب ثلاثة غازات جوية رئيسة وهي كالاتي:

1. الأوزون أو الاوكسجين الثقيل (O_3): في طبقة الاوزونوسفير. يقوم بامتصاص الأشعة (فوق البنفسجية) الضارة للانسان, لولا وجود هذه الطبقة في الغلاف الجوي لاحترق جلد الانسان عند التعرض لاشعة الشمس.
2. ثاني أوكسيد الكربون (Co_2) : في الطبقة السفلى للتربوسفير. يمتص هذا الغاز الاشعاع بقوة في نطاق الاشعة تحت الحمراء البعيدة (FIR) (الحرارية) في مجال الطاقة الكهرومغناطيسية, مما يتسبب في احتفاظ الغلاف الجوي بالحرارة وهو المؤدي لظاهرة الاحتباس الحراري (ارتفاع حرارة الأرض).
3. بخار الماء (H_2O): في الطبقة السفلى للتربوسفير. يمتص الطاقة في كلا من نطاق الاشعة تحت الحمراء المنعكسة المتوسطة (MIR) و القريبة (NIR) وايضاً موجات الميكروويف. يختلف وجود بخار الماء في الطبقات السفلي من الغلاف الجوي من مكان لآخر ومن وقت لاخر طوال العام، **فعلى سبيل المثال**: فان المناطق الصحراوية فيها القليل من بخار الماء بينما المناطق المدراية فيها تركيز اعلى من بخار الماء اي رطوبة عالية.

تمتص الغازات الطاقة ليس على طول الطيف الكهرومغناطيسي بل في أجزاء محددة منه و هذا ما يدعونا إلى البحث عن تلك الأجزاء التي لا تتأثر بالغلاف الجوي لاستعمالها في عمليات التحسس النائي، هذه الأجزاء ندعوها نوافذ الغلاف الجوي (Atmospheric Windows).

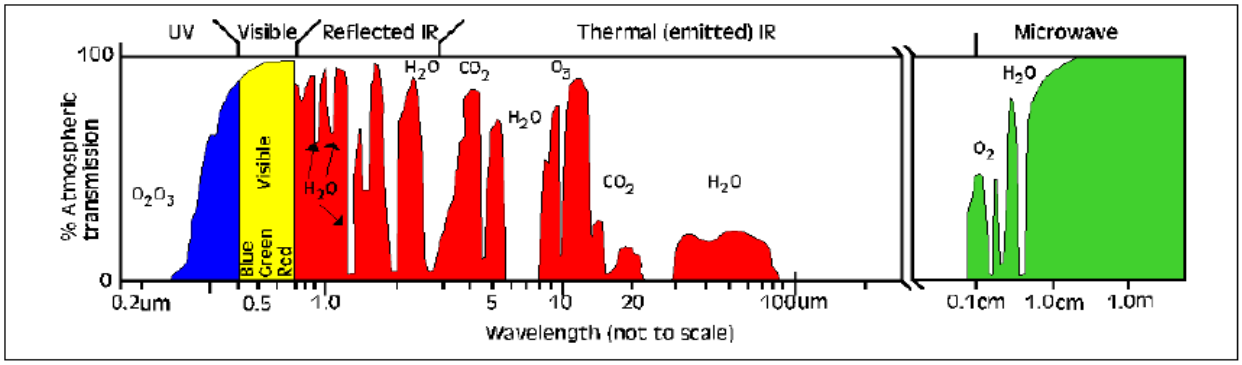
3.10 نوافذ الغلاف الجوي (Atmospheric Windows):

هناك مناطق من الطيف الكهرومغناطيسي لا يحدث فيها امتصاص بواسطة الغلاف الجوي ومن ثم فإن إشعاعات هذه المناطق هي التي يمكنها العبور من الغلاف الجوي ، ولذلك فإن هذه المناطق هي المستعملة في عمليات التحسس النائي، يطلق على هذه المناطق التي تسمح بنفاذ الاشعة دون امتصاص او تبعثر ولا تغير في خواص هذه الاشعة الكهرومغناطيسية او فقدان جزء من طاقتها **بالنوافذ الجوية أو الطيفية. وهي عبارة عن حزم موجية محددة (متعددة) الطول الموجي موجودة ضمن الغلاف الجوي تمتاز بنفوذية عالية وهي التي يمكن استعمالها لجمع المعلومات عن الظواهر بواسطة أجهزة التحسس النائي.**

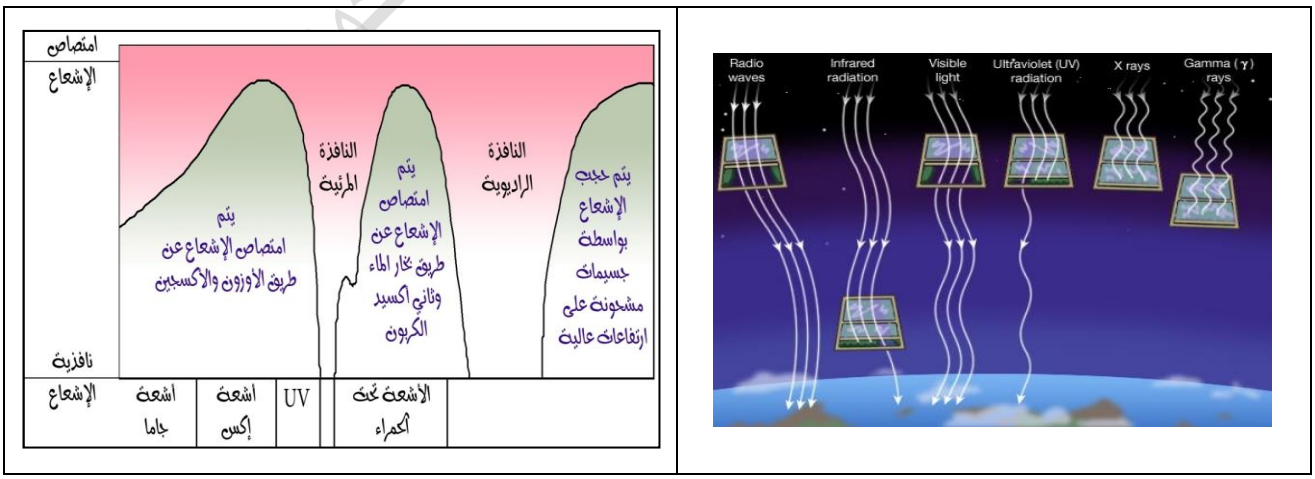
تعد موجات الأشعة المرئية وموجات الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة وموجات الأشعة تحت الحمراء الحرارية وموجات أشعة الرادار (الميكروويف) هي أفضل الموجات لجمع المعلومات بتقانة التحسس النائي. مع ملاحظة أن أستطارة الأشعة الزرقاء يحد من استعمالها في التصوير من الفضاء.

ومن أهم هذه النوافذ الجوية المستعملة في نظام التحسس النائي هي كالاتي:

1- $(0.3 \text{ to } 1.3)\ \mu m$.
2- $(1.5 \text{ to } 1.8)\ \mu m$.
3- $(2 \text{ to } 2.6)\ \mu m$.
4- $(3 \text{ to } 5)\ \mu m$.
5- $(8 \text{ to } 14)\ \mu m$.
6- $(1mm \text{ to } 1cm)$.



علاقة الطول الموجي بالإرسال الجوي العالي مع تكوين (تولد) النوافذ الجوية وهي مناطق اللون الأزرق والاصفر والأحمر والاخضر والمناطق باللون الأبيض هي مناطق امتصاص للأشعة



شكل (11) النوافذ الجوية (الطيفية) الموجودة في الغلاف الجوي وحزم الامتصاص

11. تفاعل الأشعة مع الأهداف على سطح الأرض :

إن الأشعة التي لا تمتص من قبل الغلاف الجوي أو تستطار فيه تصل إلى سطح الأرض وهنا يمكن أن نميز ثلاث حالات من تفاعل الأشعة الساقطة مع الأجسام المنتشرة على سطح الأرض.

1. **الامتصاص Absorption (A) :** حيث يقوم الهدف بامتصاص الأشعة إلى داخله.
2. **الانتقال Transmission (T) :** تنتقل الطاقة عبر الهدف (الجسم) .
3. **الانعكاس Reflection (R) :** يقوم الهدف بعكس الأشعة إلى الغلاف الجوي.

إن الانعكاس هو مايهمنا في دراسة نظام التحسس النائي.

1.11 الانعكاس (Reflection):

تبرز من خلال تفاعل الجزيئات على سطح الأرض مع أشعة الطيف الكهرومغناطيسي, حيث ان لكل ظاهرة أرضية خاصية في انعكاس الأشعة الواردة إليها وهذا الاختلاف في خاصية الانعكاس هو المهم في تطبيق التحسس النائي.

يحسب الانعكاس بأستعمال معادلة توازن الطاقة الاتية:

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

الأشعة المنعكسة = الأشعة الساقطة –(مجموع الأشعة الممتصة + الأشعة النافذة أو المارة)

$$E_R(\lambda) = E_I(\lambda) - (E_A(\lambda) + E_T(\lambda))$$

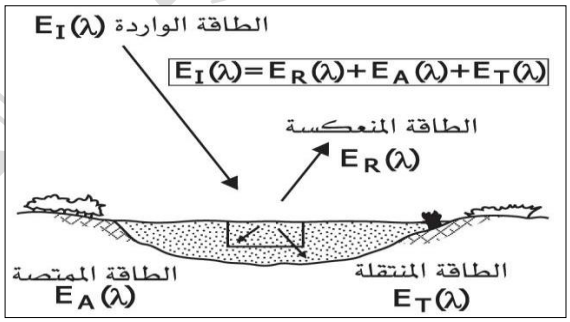
حيث ان:

$E_R(\lambda)$ =طاقة الأشعة المنعكسة (Reflected Energy)

$E_I(\lambda)$ = طاقة الأشعة الساقطة أو الواردة (Incident energy)

$E_A(\lambda)$ = طاقة الأشعة الممتصة (Absorbed Energy)

$E_T(\lambda)$ = طاقة الأشعة المنتقلة او النافذة أو المارة أو المرسلة (Transmitted Energy)



شكل (12) معادلة توازن الطاقة نتيجة تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الوسط المادي (الاهداف)

تقاس الخواص الانعكاسية لجسم ما على سطح الأرض بجزء الطاقة المنعكسة من سطح هذا الجسم وهو تابع لطول الموجة ويسمى معامل الانعكاس الطيفي ويعبر عنها رياضيا كنسبة مئوية (%) بالمعادلة الاتية :

$$R(\lambda) = (E_R(\lambda) / E_I(\lambda)) \times 100\ \%$$

$R(\lambda)$ = معامل الانعكاس الطيفي.

$$\text{معامل الانعكاس} = \frac{\text{كمية الأشعة المنعكسة لموجة معينة}}{\text{كمية الأشعة الساقطة للموجة نفسها}} \times 100\ \%$$

ظاهرة الالبيدو (الضوء المنعكس): تعرف على أنّها نسبة الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة من سطح جسم ما الى نسبة الطاقة الكهرومغناطيسية الواردة (الساقطة) على سطح هذا الجسم.

كيف يتم تحديد الالبيدو:

يساعد الالبيدو على معرفة انعكاسية الأشعة عن الأسطح، ويتم عادةً قياسه وفق مقياسٍ يتراوح بين 0 و1، وتختلف الأسطح في الألبيدو إلا أنها تتراوح جميعًا بين النسبة 0 و1.

- **القيمة 0 :**تعطى القيمة صفر للأسطح الماصة بشكلٍ كبيرٍ، أي تلك التي تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية وتأخذ كل الضوء الذي يصلها، وتتميز الأسطح السوداء بدرجة ألبيدو صفرية.
- **القيمة 1 :**هذه النتيجة تعتبر دليلًا على أن السطح لا يمتص الضوء الوارد بل يعكسه، وعادةً ما تكون هذه القيمة دليلًا ومؤشرًا على اللون الأبيض.

بسبب اختلاف خصائص المواد او الظواهر الموجودة على سطح الارض وطبيعة موادها وطول الموجة الواردة, تختلف كمية الأشعة المنعكسة منها في الموجات المرئية وتحت الحمراء والأشعة تحت الحمراء الحرارية المنبعثة وأشعة الرادار.

يتأثر الانعكاس بالعوامل الاتية:

1. طول الموجة الواردة.
2. زاوية سقوط أشعة الشمس (العصر في الصيف غير العصر في الشتاء)
3. الخواص الفيزيائية والكيميائية للهدف.
4. نسيج سطح الهدف (خشن أو ناعم).

اختلاف كميات الأشعة التي يسجلها جهاز التحسس النائي للأجسام والمعالم والمناطق الأرضية يجعلها تظهر على الصور بدرجات مختلفة من اللون الرمادي الأمر الذي يمكن من التمييز بين الظواهر المختلفة. فكلما انخفضت كمية الأشعة المسجلة للظاهرة كلما كان لونها على الصورة داكنا (قاتما) dark والعكس صحيح.

انواع الانعكاس :

1. **الانعكاس التناظري (Symmetric):**

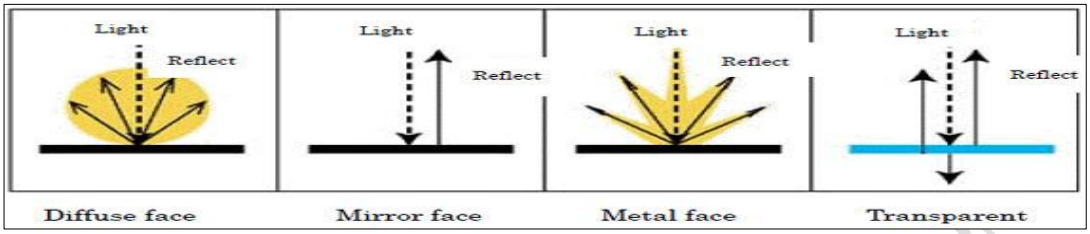
وهو ارتداد معظم الأشعة عن سطح الجسم وفق زاوية واحدة. يحدث عندما يكون السطح ناعماً كالمرآة مثل الماء الساكن وبعض أنواع الترب والصخور وتكون زاوية سقوط الأشعة تساوي زاوية انعكاسها وهذا النوع من الانعكاس لا يفيد في التحسس النائي, لأنه يبدو في الصورة الفضائية ضوءاً لامعاً وباهراً مما يقلل من أمكانية التميز بين الأشياء.

2. **الانعكاس المنتشر(Diffused Reflectance Absorption):**

تحدث عندما يكون الانعكاس بمثابة عاكس مثالي لان المادة ذات السطح الخشن (Rough) تعكس الاشعاعات بشكل متماثل في كافة الاتجاهات تقريبا, يعتمد على خشونة السطح مقارنة بطول موجة الأشعة الواردة عليه. فبعض الأجسام تنشر الأمواج القصيرة وتعكس الطويلة منها. ففي المجال المرئي من الطيف تظهر المواد الرملية الناعمة سطوحاً خشنة, بينما تبدو التضاريس الصخرية سطوحاً عاكسة ناعمة في مجال الأمواج الطويلة وبصورة عامة عندما يكون طول موجة الأشعة الواردة أصغر بكثير من تغير ارتفاعات السطح أو حجم الجزيئات المكونة لسطح المادة فأن هذا السطح يبدو خشناً ويعمل سطحاً ناشراً ويعطي معلومات طيفية ولونية مميزة للسطح الناشر بعكس العواكس البراقة

وهذا الانعكاس هو النوع المفيد في التطبيقات التحسس النائي حيث يمكن تميز الأجسام بعضها عن البعض الأخر, إلا أنه في الواقع لا توجد عواكس مثالية ناشرة تعكس الأشعة بشكل متناظر تماماً.

تقع الأجسام من حيث صفاتها الانعكاسية بين الانعكاس التناظري الكامل و الانعكاس المنتشر (الانتشار الكامل) .



شكل (13) تفاعل الإشعاع الكهرو مغناطيسي مع الوسط المادي

12. الهدف (Target): هو جميع مواد الارض (الظاهرة الأرضية المراد دراستها) التي تتضمن مجال رؤية نظام التحسس النائي الذي يسجل الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة او المنبعثة من هذه المواد او الاهداف, حيث تتغير قيمة الطاقة بتغير الاهداف مما يساعد في استنباط البيانات والكشف عن هوية الهدف المدروس.

وتتباين الأهداف فيما بينها من خلال:

1. التباين الطيفي: يعتمد هذا العامل على كمية الأشعة المنعكسة عن المواد المدروسة ونوعيتها إذ تختص كل مادة من المواد بعكس كمية معينة من الأشعة الساقطة عليها. فالنباتات تعكس الأطوال الموجية μm (0.6 to 1.4), والماء يعكس الأطوال الموجية μm (0.4 to 1.4). لذا يظهر انعكاس كل هدف بصورة تميزه عن بقية الانعكاسات للاهداف الاخرى. كل هدف (مادة مدروسة) له نمط مميز من الاشعاعات المنعكسة وفي شروط محددة تماما يدعى بالبصمة الطيفية (Spectral Signature) أوبما يسمى بمنحني الانعكاس الطيفي للهدف (Spectral reflectance curve), هو توزيع الطاقة التي يبعثها الهدف تبعا لطول الموجة.

تتأثر البصمة الطيفية بالاتي:

- الفصل من السنة.
- الموقع الجغرافي.

لذا من الصعب عمليا الحصول على بصمة طيفية واحدة لكل الاهداف في جميع المناطق أو في كل فصل من فصول السنة

البصمة الطيفية (الاستجابة الطيفية او منحنى الانعكاس الطيفي) : هو نمط مميز لأشعة الطاقة المنعكسة من كل هدف ويختلف من هدف الى آخر. يستعمل لتمييز أهداف سطح الارض عن بعضها البعض. تتأثر هذه القاعدة بالفصل من السنة والموقع الجغرافي. ومن الصعب عمليا ان تكون البصمة واحدة في جميع المناطق أو لكل فصل من فصول السنة.

2. التباين الهيكلي : يتعلق هذا العامل بتركيب ومظهر المادة المدروسة.

3. التباين الزمني: يتعلق هذا العامل بالوقت الذي يسجل فيه البيانات الفضائية لظاهرة أرضية مراد دراستها, مثال على ذلك: صور فضائية ملتقطة بأزمنة مختلفة متعاقبة لنفس المنطقة لدراسة المراحل المختلفة للمحاصيل الزراعية والتغير الحاصل بها من مرحلة أنبات, تفرع, نضج ثم حصاد. يرجع سبب اختلاف المراحل الى أختلاف نمو و أشكال النباتات وكثافتها.

13. نماذج تفاعل الإشعاع الكهرو مغناطيسي مع أهداف سطح الارض:

سوف نعرض امثلة تفصيلية لأهداف سطح الارض وكيف تتفاعل مع الطاقة في نطاق الضوء المرئي ونطاق الاشعة تحت الحمراء, وهي كالاتي:

1. **الصخور (Rocks):** التركيب الكيميائي للصخور يشبه التركيب الكيميائي للتربة لاحتوائهم على بيروكسيد الكالسيوم او مايسمى فوق أكاسيد الكالسيوم (CaO_2). لذا انعكاس الاشعة من سطح الصخور هو تقريبا نفس الانعكاس من سطح التربة اي ان منحني الانعكاسية الطيفية (البصمة الطيفية) للهدفين تقريبا متشابه مع بعض الاختلاف بالانعكاسية عند منطقة الطيف المرئي, يرجع السبب الى لون الصخور. اضافة لاحتواء بعض الصخور على المحتوى المائي في تركيبها الكيميائي, فبزيادة المحتوى المائي يلاحظ وجود انخفاض في منحني الانعكاسية الطيفي عند منطقة الطيف الاشعة تحت الحمراء المتوسطة عند الحزم μm (1.4, 1.9).

2. **الغيوم (Clouds):** وجد ان انعكاسية منطقة الغطاء الثلجي لا يمكن ان تميز عن انعكاسية الغيوم عند الطيف المرئي والاشعة تحت الحمراء القريبة. وهذه مشكلة كبيرة بصور التحسس النائي فالهدفين لونهما ابيض بالصور وقد تكون انعكاسيتهما عالية جدا عند الطيف μm (0.5, 1.1), وكذلك عند منطقة الاشعة تحت الحمراء الحرارية فإن الغيوم والثلوج لهما المدى الحراري نفسه. يمكن التميز بين انعكاسيتهما لبعض اجهزة التحسس النائي عند طيف الاشعة تحت الحمراء المتوسطة عند الطيف μm (1.55, 1.75) و μm (2.10, 2.35), حيث تملك الغيوم انعكاسية عالية جدا عند هذه الاطوال الموجية وتظهر بيضاء بالصور, بينما الثلوج تملك انعكاسية منخفضة جدا وتظهر داكنة بالصور. يمكن ايضا ببساطة التمييز بينهما والكشف عن الغيوم بالصور خلال حساب ظل الغيوم (Shadow) في صور التحسس النائي, حيث ان الغيوم تأخذ مساحة واسعة بالصور,عند استخراج الظل لصور التحسس النائي كبعد ثالث للصورة.

3. **اوراق النباتات Leaves :** فيها مادة الكلورفيل ستمتص بقوة الاشعاع ضمن الطول الموجي للون الأزرق والأحمر وستعكس طول موجة اللون الاخضر, لذا تبدو النباتات خضراء اللون ويزداد اخضرارها في فصل الصيف حيث تكون مادة الكلوروفيل في أقصى قيمتها. بينما في فصل الخريف تكون مادة الكلورفيل اقل, مما يجعل انعكاس اللون الاخضر أقل أو امتصاص اقل في اللون الاحمر مما يجعل لون النباتات احمر أو اصفر (اللون الاصفر ما هو الا مكون من كلا اللونين الاحمر والاخضر). التركيب الداخلي لصحة النبات يعمل كعاكس انتشاري مثالي في الاشعة تحت الحمراء القريبة (NIR). فأن قياس ومتابعة الاشعة تحت الحمراء القريبة المنعكسة (NIR) يعد مقياسا لمدى صحة النباتات في تطبيقات التحسس النائي.

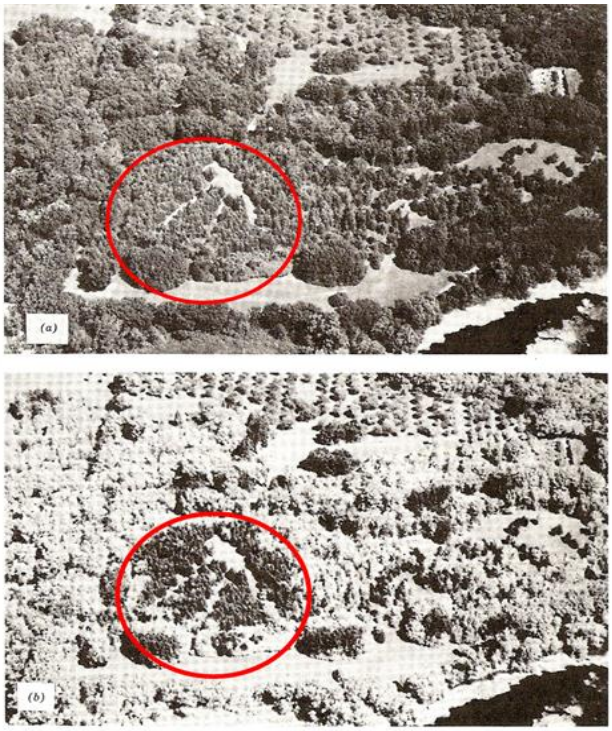


Figure 1.9 Low-altitude oblique aerial photographs illustrating deciduous versus coniferous trees, June 29, 1970. *(a)* Panchromatic photograph recording reflected sunlight over 0.4 to 0.7 μm wavelength band. *(b)* Black and white infrared photograph recording reflected sunlight over 0.7 to 0.9 μm wavelength band.

+ الصورة (a) و الصورة (b) تغطي منطقة واحدة يوجد فيها نوعين من الأشجار هما الأشجار النفضية deciduous مثل القيقب maple والأشجار دائمة الخضرة coniferous مثل الصنوبر pine.

+ وقد استخدم في تصوير الصورة (a) فيلم باللون الأبيض والأسود حساس للأشعة المرئية 0.4 - 0.7 ميكرومتر). أما الصورة (b) فقد استخدم في تصويرها فيلم باللون الأبيض والأسود حساس للأشعة تحت الحمراء القريبة (0.7- 0.9 ميكرومتر).

+ بالنظر إلى المنطقة المحددة بدائرة في الصورتين يلاحظ تشابه لون الأشجار في صورة الأشعة المرئية (a) مع لون الأشجار الأخرى المحيطة بها، بينما في صورة الأشعة تحت الحمراء (b) يلاحظ اختلاف لون الأشجار فيها عن لون الأشجار المحيطة بها.

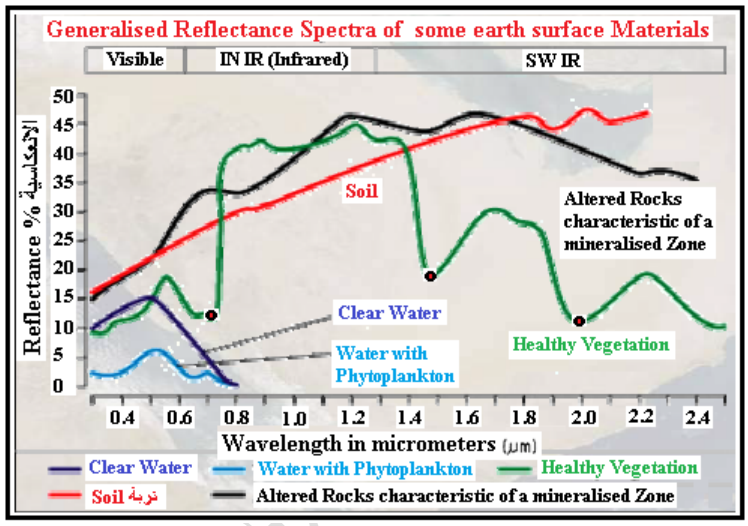
+ السبب في ذلك هو أن معامل الانعكاس للأشعة المرئية يتشابه لجميع النباتات لأن جميع النباتات تمتص الأشعة الزرقاء والأشعة الحمراء وتعكس الأشعة الخضراء. في حين أن معامل الانعكاس في موجات الأشعة تحت الحمراء يختلف من نبات إلى آخر الأمر الذي يمكن من التمييز بين النباتات المختلفة.

4. **<u>الحمم البركانية الجارية (النشاط البركاني):</u>** من بيانات الأشعة تحت الحمراء الحرارية وبيانات الرادار المحمول على مكوك الفضاء, يتم مراقبة الحمم البركانية الجارية (النشاط البركاني) وإعداد خرائط.

5. **<u>المسطحات المائية</u>:** يمكن تحديد المسطحات المائية بسهولة باستعمال الاطوال الموجية الخاصة بمنطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والمتوسطة (MIR). بينما يمكن تحديد بعض حالات المياه بصورة أفضل بالأطوال الموجية للأشعة المرئية .الماء الصافي يظهر بمظهر أسود، والماء العكر يظهر باللون الأزرق. وقد استعملت معلومات الأقمار الاصطناعية (التصوير بحزم طيفية متعددة) في تطبيقات متنوعة كحساب إمتداد الفيضانات في الأنهار الكبرى. فأن المياه تظهر باللون الازرق أو الازرق مخضر نتيجة الانعكاس القوى للموجات تحت الحمراء المتوسطة (MIR), وتظهر المياه داكنة عند رؤيتها بالاشعة تحت الحمراء القريبة (NIR), وذلك بسبب امتصاص اطوال الموجات الكبيرة من الضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) بدرجة اكبر من الاشعة تحت الحمراء المتوسطة (MIR). فإذا وجدت مواد عالقة في الطبقة العليا من المسطح المائي فأنها ستسبب في انعكاس افضل ومظهر اكثر لمعاناً, لكن هذه المواد العالقة قد تسبب ارتباكاً مع المياه الضحلة النظيفة, حيث أن كلاهما سيظهران متشابهين بدرجة كبيرة, ان الكلوروفيل في الطحالب يمتص الاشعة الزرقاء بدرجة اكبر ويعكس اللون الاخضر مما يجعل المياه تظهر اكثر اخضراراً عند وجود الطحالب ، ايضاً فأن حالة المسطحات المائية (النعومة والخشونة والمواد العائمة) قد تسبب في تعقيدات اكثر عند تفسيرمكونات هذه المسطحات وتفاعلها في ظاهرة الانعكاس المنتشر.

من خلال هذه الامثلة نلاحظ وطبقا لطبيعة الهدف ولطول موجة الاشعاع المستعمل فيمكننا أن نرى صور مختلفة من تفاعلات الامتصاص والنفاذ والانعكاس. بقياس الطاقة المنعكسة (او المنبعثة) من أهداف سطح الارض في عدة اطوال موجات, نستطيع بناء او تكوين الاستجابة الطيفية أو البصمة الطيفية لكل هدف. فاذا قارنا الاستجابة الطيفية لعدة اهداف ارضية يمكننا ان نفرق بينهم بصورة افضل من التفرقة بينهم في طول موجة واحد فقط, لانه كل هدف يعطي نسبة انعكاس مختلفة عن الاخر.

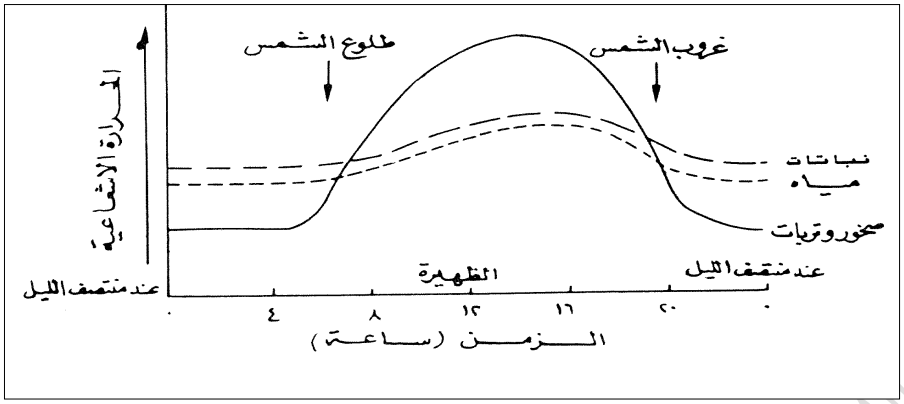
فعلى سبيل المثال: المياه والنباتات قد يعكسان الاشعة بصورة متشابهة في الضوء المرئي, لكنهما منفصلان تماماً ومختلفان عند التعامل مع الاشعة تحت الحمراء, معرفة اي جزء من نطاق الضوء الكهرومغناطسي يجب ان نبحث ليمكننا الوصول الى تفسير وتحليل افضل وادق للإشعاع وكيفية تفاعله مع الاهداف الارضية.



شكل (14) منحنيات الانعكاسية الطيفية لمظاهرسطح الأرض المختلفة (الماء الصافي والعكر والنبات الصحي والتربة والصخور) وأنماط الاستجابة الطبيعية لها ومناطق الامتصاص

14. <u>انبعاث الاشعاع الكهرومغناطيسي من مواد سطح الارض في موجات الأشعة تحت الحمراء الحرارية:</u>

- جميع مواد السطح تشع طاقة في موجات تحت الحمراء الحرارية سواء في النهار أو الليل. وهذا يمكن من جمع المعلومات عن الظواهر في جميع الأوقات (النهار والليل).
- الحرارة الفعلية للأجسام (التي تقاس بالترمومتر*) تسمى بالحرارة الحركية Kinetic Temperature أما الحرارة الخارجة من الأجسام فتسمى الحرارة الاشعاعية Radiant Temperature، وهي التي يمكن قياسها بأجهزة التحسس النائي.
- دائما تكون الحرارة الاشعاعية للمواد على سطح الأرض أقل من حرارتها الحركية؛ وذلك بسبب قدرة الانبعاث Emissivity للمواد.
- تختلف كمية الحرارة الاشعاعية لمواد سطح الأرض خلال اليوم الواحد حيث ترتفع بشكل عام مع طلوع الشمس، وتبلغ ذروتها بين الساعة الواحدة والثالثة ظهرا، ثم تبدأ في الانخفاض الى أن تصل الى معدل ثابت بعد منتصف الليل.



شكل (15) منحني أختلاف كمية الحرارة الاشعاعية لمواد سطح الأرض بأختلاف الوقت خلال اليوم الواحد.

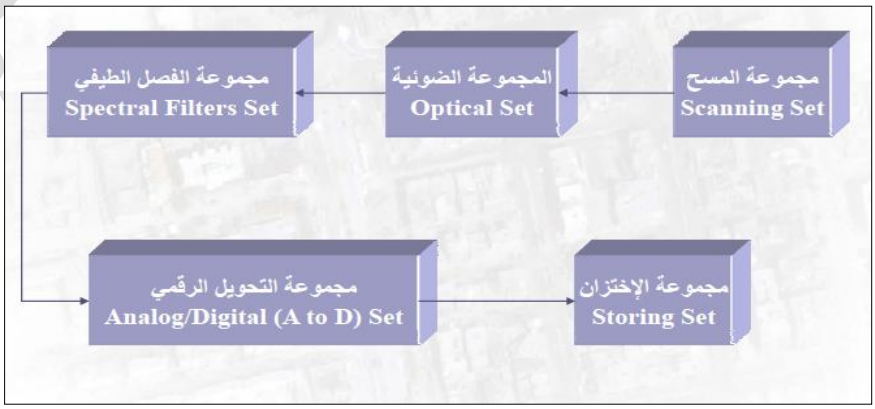
* الترمومتر: مقياس درجة الحرارة أو المحرار.

15. <u>جهاز التحسس النائي (المتحسس) (Sensor):</u> أداة تستقبل وتسجل الأشعة المنعكسة أو المنبعثة عن المادة المدروسة منها ضمن مجال (حزمة) طيفي واحد أو عدة مجالات طيفية. وتقسم اجهزة التحسس النائي إلى ما يأتي:

- كاميرات الفيديو والتصوير الجوي و التصوير الفضائي.
- أجهزة قياس الأشعة (الراديومتر) التي تسجل الأشعة ضمن حزم طيفية معينة.
- أجهزة قياس الطيف (سبيكترومتر) التي تسجل الأشعة ضمن حزمة طيفية معينة.
- أجهزة المسح والتي تقوم بعملية مسح لمنطقة منتظمة من الأرض.

1.15 <u>المكونات الاساسية لجهاز التحسس النائي:</u>

1. مجموعة المسح (Scanning Set).
2. المجموعة الضوئية (Optical Set).
3. مجموعة الفصل الطيفي (Spectral filter Set).
4. مجموعة التحويل الرقمي (Analog/Digital (A to D Set.
5. مجموعة الاختزان (Storing Set).



شكل (16) المكونات الاساسية لجهاز التحسس النائي

16. الخصائص الرئيسية لأجهزة التحسس النائي:

1. تصمم أجهزة التحسس النائي لتكون قادرة على تسجيل قيم رقمية للأشعة المنعكسة أو المنبعثة أو المرتدة (العائدة) لتكون كل قيمة منها تمثل منطقة جغرافية معينة قد تكون صغيرة أبعادها $(1 \times 1)\ m^2$ كما في صور القمر الصناعي الأمريكي إكونوس IKONOS أو كبيرة أبعادها $(1 \times 1)\ km^2$ كما في الأقمار الصناعية لمراقبة الطقس.

2. تختلف أجهزة التحسس النائي في طريقة تسجيلها لهذه القيم ولذا تبرز ثلاثة أسئلة هامة هي:
   - ما هو نطاق أو نطاقات الأشعة التي يسجلها الجهاز ؟
   - وكم عدد درجات المقياس الرمادي* التي صمم الجهاز ليسجل فيها؟
   - وما هي أبعاد (حجم) المنطقة الجغرافية التي تمثلها قيمة رقمية واحدة على الصورة؟

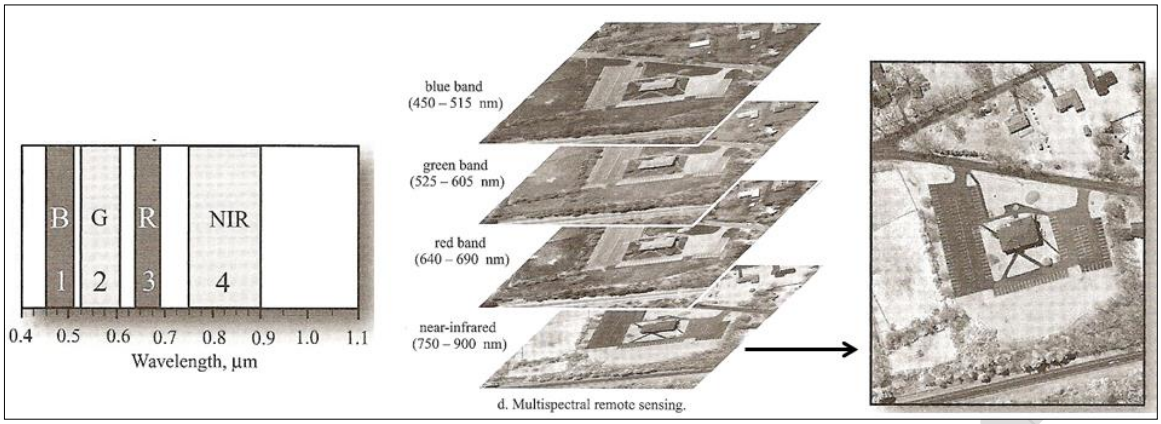
وللإجابة على هذه الأسئلة فإن الأمر يتطلب التعرف على أربعة مفاهيم أساسية, حيث أن لكل جهاز تحسس نائي أربع قدرات تمييز وهي كالاتي:

- الدقة التمييزية الطيفية Spectral resolution.
- الدقة التمييزية الراديومترية Radiometric resolution.
- الدقة التمييزية المكانية Spatial resolution.
- الدقة التمييزية الزمنية Temporal resolution.

* **المقياس الرمادي (التدرج الرمادي):** يتدرج بين اللونين الأسود والأبيض حيث يكون الأسود في المقياس عند الصفر والأبيض عند أعلى درجة فيه وما بينهما درجات اللون الرمادي.

1.16. الدقة التمييزية الطيفية (Spectral resolution)

- ✓ ترتبط الدقة التمييزية الطيفية في جهاز التحسس النائي على مدى أطوال الموجات في الطيف الكهرومغناطيسي (عرض الحزمة الطيفية) وبعدد الحزم الطيفية التي صمم الجهاز ليسجل الأشعة فيها.
- ✓ إذا كان المدى كبيراً أو الحزمة عريضة فيقال عليه التمييز الطيفي الخشن (Coarse). أما إذا كانت الحزمة التي يمكن تحسسها ضيقة فيوصف التمييز بأنه تمييز طيفي ناعم (Fine).
- ✓ تعد الحزم الطيفية الضيقة أفضل في التمييز بين الظواهر التي تكون الفروق في أطيافها قليلة لأن هذه الفروق البسيطة قد تختفي بأخذ متوسط الأشعة في النطاق الواسع.
- ✓ استعمال الصور متعددة الحزم أفضل للتمييز بين الظواهر من استعمال صورة مكونة من نطاق واحد.



شكل (17) عدد من الحزم الطيفية ومدى اطوالها الموجية.

يمكن تصنيف اجهزة التحسس النائي حسب دقتها الطيفية كالاتي:

1. اجهزة تحسس نائي احادية اللون (Panchromatic): تجمع البيانات ضمن منطقة الطيف المرئي وتقوم بتسجيلة في نطاق واحد.
2. اجهزة تحسس نائي متعددة النطاقات (الحزم) (Multispectral): تجمع البيانات ضمن منطقة الطيف المرئي والاشعة تحت الحمراء, ويسجل البيانات في عدد من النطاقات دون العشرة.
3. اجهزة تحسس نائي عديدة النطاقات (Hyperspectral): تجمع البيانات ضمن منطقة الطيف المرئي والاشعة تحت الحمراء, وتسجل البيانات في عدد من النطاقات فوق العشرة وقد تبلغ عدة مئات.

2.16. الدقة التمييزية الراديومترية (Radiometric resolution)

- ✓ ترتبط الدقة التمييزية الراديومترية في جهاز التحسس النائي بعدد درجات المقياس الرمادي التي صمم ليسجل فيها الأشعة التي تصل إليه من الأجسام الأرضية حسب شدتها.
- ✓ يعبر عن دقة التمييز الراديومترية بما يسمى بالأرقام الثنائية (n) binary digits (bits) .

البت (bits): يمثل اصغر وحدة قياس للبيانات داخل الحاسوب يمثل برقم ثنائي binary digits لة قيمة من قيمتين (0 او 1).

إذا كانت دقة التمييز الراديومترية (8-bit) لصورة رقمية فإن:

عدد المستويات او التدرجات الرمادية = $2^n = 2^8 = 256$ مستوى رمادي

حيث ان: n يمثل عدد بتات كل مستوى رمادي

علما ان : وحدات عدد المستويات او التدرجات الرمادية هي (مستوى رمادي).

اي ان **المقياس الرمادي او (التدرج الرمادي)** يتكون من 256 درجة او مستوى رمادي من خلال تطبيق العلاقة اعلاه.

المقياس الرمادي: يتدرج بين اللونين الأسود والأبيض حيث تكون قيمة **الأسود** فيه **صفر والأبيض 255** وما بينهما درجات مختلفة من اللون الرمادي تزداد دكانة باتجاه الصفر.

✓ لاستخراج القيم المتاحة لبكسل الصور الرقمية عندما تكون دقتها الراديومترية (n) بالعلاقة الاتية:

القيم المتاحة لبكسل الصور الرقمية = (0 الى (2^n-1)).

حيث ان قيم كل بكسل بالصوره يتراوح بين الصفر و 2^n-1.

✓ معظم صور التحسس النائي تكون بدقة تمييز راديومترية قدرها (8-bit) أي المقياس الرمادي فيها مكون من 256 درجة.

✓ كلما زادت دقة التمييز الراديومترية لجهاز التحسس كلما زادت درجة وضوح البيانات المسجلة بواسطتها.

✓ لاستخراج عدد البتات الكلية للصورة الرقمية الثنائية الابعاد (I(r,c)), تطبق العلاقة الاتية:

عدد البتات الكلية للصورة الرقمية (B) = $n \times r \times c$

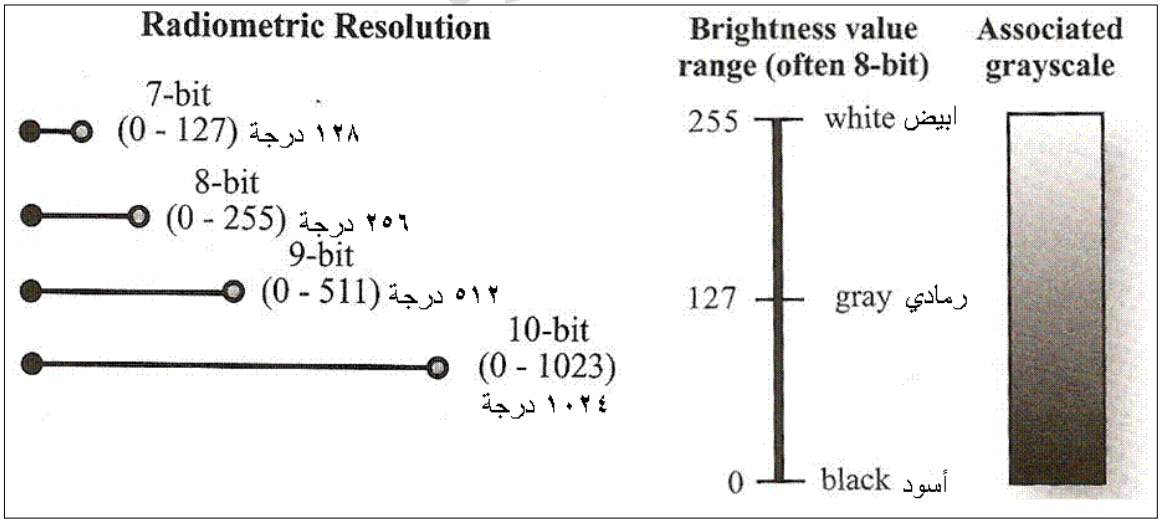
حيث ان:

n = يمثل عدد بتات كل مستوى رمادي.

B =عدد البتات الكلية للصورة الرقمية

r × c = ابعاد الصورة الرقمية

علما ان : وحدات ال (B) هي بت (Bit).

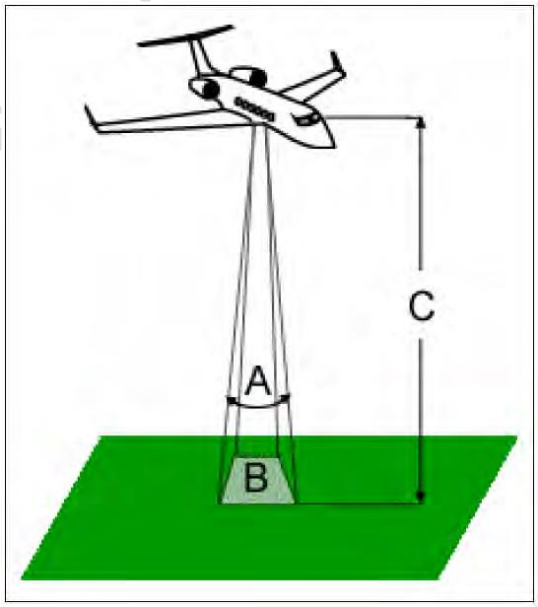


شكل (18) امثلة لقيم مختلفة للدقة التمييزية الراديومترية ومدى قيم الاضاءة والمقياس الرمادي لكل قيمة.

3.16. الدقة التمييزية المكانية (Spatial resolution)

- ✓ ترتبط الدقة التمييزية المكانية بقدرة جهاز التحسس النائي على تسجيل تفاصيل الأجسام والظواهر ليمكن رؤيتها وتمييزها امرا" ممكنا" على الصورة.
- ✓ يسعمل في الغالب مجال الرؤية الآني (Instantaneous field of view) (IFOV) لتحديد الوضوح المكاني في الصورة الرقمية.
- ✓ يعرف مجال الرؤية الآني بأنه منطقة جغرافية في الغالب مربعة الشكل, حيث يسجل جهاز التحسس النائي في آن واحد متوسط الأشعة التي تصل إليه من الأجسام فيها؛ ويمثل هذه المنطقة الجغرافية في الصورة خلية pixel واحدة لها قيمة رقمية معينة ترتبط بإحدى درجات المقياس الرمادي، وتحدد قيمتها كمية الأشعة التي يسجلها الجهاز.
- ✓ أبعاد مجال الرؤية الآني (IFOV) هي التي تحدد مقدار الدقة التمييزية المكانية, فمثلا إذا يكون طول ضلع المنطقة الجغرافية لحقل الرؤية اللحظي (30 m) فإن الدقة التمييزية المكانية في الصورة يساوي (30 m)، وإذا كان (1 m) فالدقة التمييزية المكانية (1 m) وهكذا.

مجال الرؤية الآني: هو مخروط الرؤية لجهاز التحسس النائي (A) ويحدد المنطقة الأرضية (B) التي يمكن رؤيتها من ارتفاع (C) في لحظة زمنية محددة. ويتم حساب مساحة المنطقة المرئية بضرب IFOV في ارتفاع لجهاز التحسس النائي من سطح الأرض. وهذه المنطقة على الأرض تسمى خلية دقة التمييز resolution cell أي أقصي درجة تمييز مكاني لجهاز التحسس النائي. يمكن تحسس اي هدف محدد على الارض تكون مساحته او حجمة يجب ان يساوي خلية دقة التمييز.



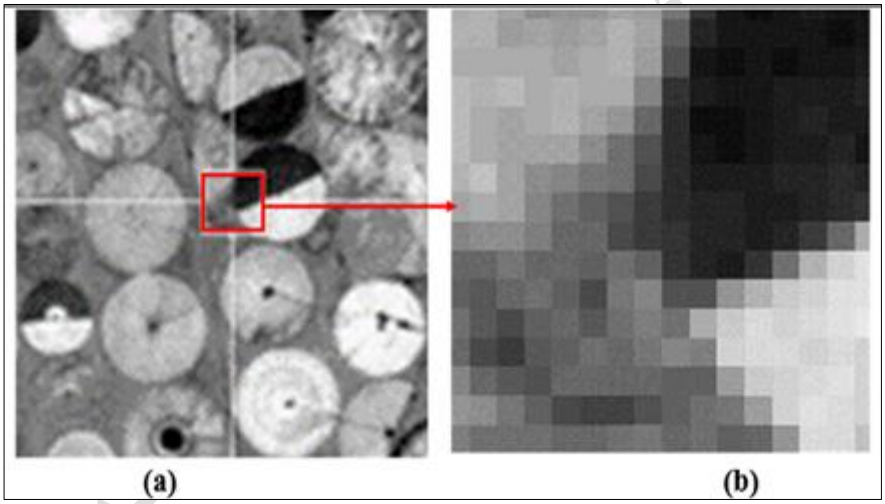
شكل (19) مجال الرؤية الآني (IFOV)

الصور الرقمية لاجهزة التحسس النائي تتكون من مصفوفة من العناصراو الخلايا تسمى بكسل ,(pixels) وهو أصغر وحدة علي الصورة (المرئية). تكون البكسلات عبارة عن خلايا مربعة وتمثل مساحة محددة من الصورة.

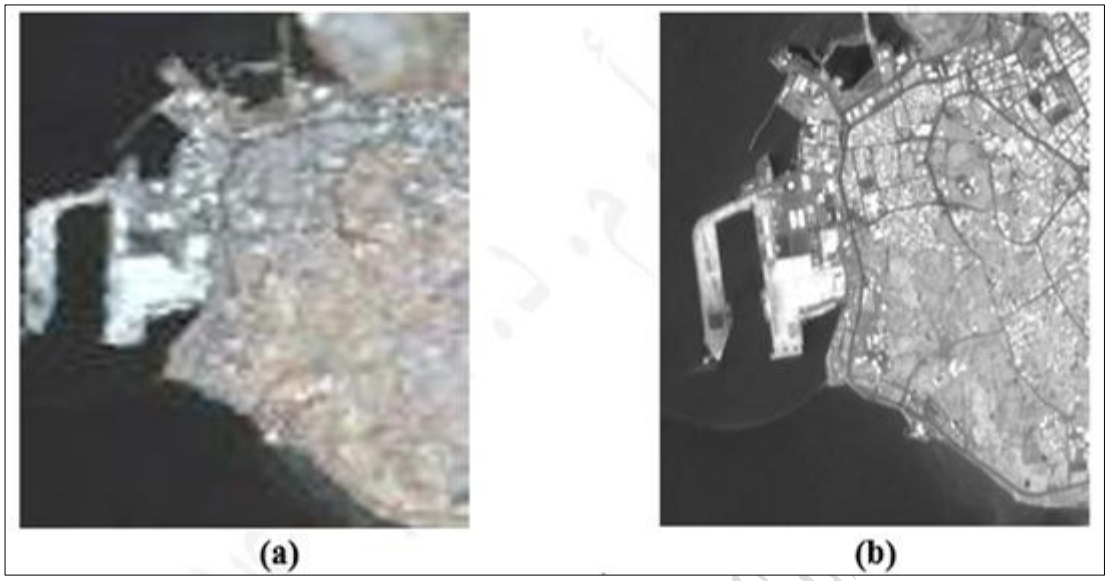
من المهم التفرقة بين حجم البكسل (pixel size) ودقة التمييز المكاني (spatial resolution), ففي حالة أن جهاز التحسس النائي له دقة تمييز مكاني (20 متر) فان كل بكسل على الصورة الرقمية سيمثل على الارض مساحة مقدارها (20 × 20) متر مربع. وفي هذه الحالة فأن حجم البكسل يساوي دقة التمييز المكاني.

- ✓ كلما تكون **قيمة** الدقة التمييزية المكانية **صغيرة** كلما تكون الدقة التمييزية المكانية **عالية** وكلما **تزداد القدرة على تمييز** الظواهر الصغيرة والعكس صحيح.

جميع الاجسام (objects) والمعالم (features) والمناطق (areas) الارضية التي تظهر بصور التحسس النائي سواء كانت طبيعية ام مرتبطة بأنشطة الانسان تعد ظواهر جغرافية لانها توجد في مواقع جغرافية محددة بخطوط طول ودوائر عرض (الاحداثيات الجغرافية), كما لها علاقة مكانية مع بعضها البعض يحددها بالدرجة الرئيسية الاتجاة والمسافة والارتفاع عن سطح البحر.



شكل (20) **(a)** يعرض صور رقمية للحزمة الرابعة لجهاز التحسس النائي (MSS) التي يكون فيها دقة التمييز المكانية (30×30) m^2 و **(b)** تكبير جزء من الصورة فظهرت مناطق مربعة تعرف بخلايا عناصر الصورة او (Pixels) وكل واحدة منها تمثل منطقة جغرافية مربعة أبعادها (30×30) m^2 تقريبا. ولكل خلية من خلايا الصورة قيمة رقمية معينة ترتبط بإحدى درجات المقياس الرمادي وفقا لمتوسط كمية الاشعة التي يسجلها جهاز التحسس النائي من المنطقة الجغرافية التي يقابلها.



شكل (21) الصورتان تغطيان جزء من مدينة جازان (أحدى المناطق الادارية التابعة للمملكة العربية السعودية **(a)** دقة التمييز المكانية $(30 \times 30)\ m^2$ و **(b)** دقة التمييز المكانية $(10 \times 10)\ m^2$

يمكن تصنيف اجهزة التحسس النائي حسب دقتها المكانية كالاتي:

1. اجهزة تحسس نائي ذات دقة مكانية منخفضة فوق 100 متر.
2. اجهزة تحسس نائي ذات دقة مكانية متوسطة دون 100 متر وفوق 5 سم.
3. اجهزة تحسس نائي ذات دقة مكانية عالية دون 5 سم.

4.16. الدقة التمييزية الزمنية (Temporal resolution)

تعد مؤشر لعدد المرات التي يستطيع جهاز التحسس النائي تصوير نفس المنطقة في فترة زمنية محددة . على سبيل المثال فإن جهاز التحسس النائي الذي يحمله القمر الصناعي الأمريكي لاندسات يستطيع أن يصور منطقة معينة على سطح الأرض كل 16 يوم ، في حين أن القمر الصناعي الفرنسي سبوت يزور نفس المنطقة كل 3 يوم . و هذا المؤشر له أهميته في عمليات دراسة مراقبة التغير الذي يحدث على سطح الأرض . كلما قلت الفترة الزمنية التي تفصل بين كل زيارة يقوم بها القمر الصناعي لمنطقة معينة على سطح الأرض و الزيارة التي تليها كلما زاد عدد المرات التي يصور فيها جهاز التحسس النائي المحمول على هذا القمر خلال الفترة الزمنية المحددة، وتكون بالتالي دقته التمييزية الزمنية أعلى من ذلك الذي يزورالمنطقة نفسها عدد مرات أقل في نفس الفترة الزمنية المحددة.

17. وسائل مصادر المعلومات:

1.17. الوسائل الجوية: وهي أجهزة التحسس النائي التي تحملها الطائرات العادية والتي لاتصل الى أرتفاعات كبيرة فوق سطح الارض. ومن أهم هذه الوسائل هو (أجهزة الرادار والراديوميتر) التي تعد أحدى أجهزة التحسس الميكروووية.

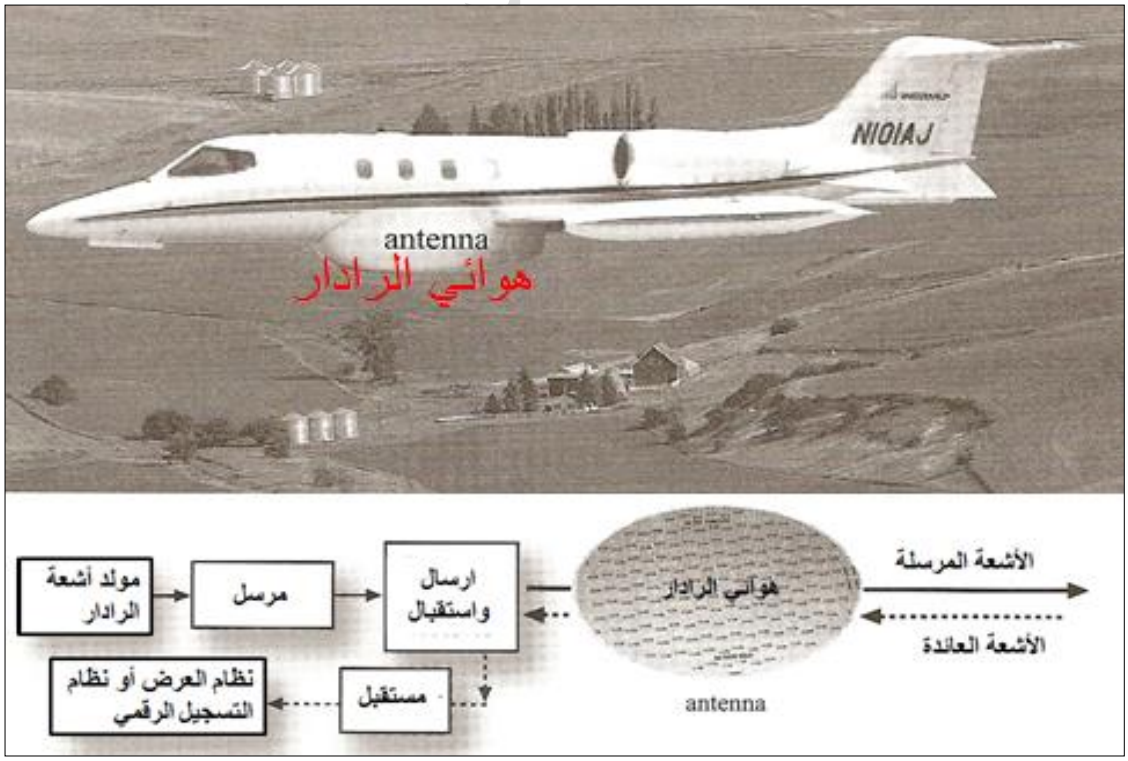
جهاز التحسس الرادار (Radar):

يعد الرادار أهم أجهزة التحسس النائي يستعمل لجمع المعلومات عن الظواهر الأرضية في مختلف الأوقات (الليل والنهار), يعد جهاز تحسس نائي نشط. أشعة الرادار قادرة على اختراق الغيوم وفي بعض الأحيان تخترق سطح الأرض بعمق يصل لعدة أمتار. يصدر الرادار نبضات من الأشعة الكهرومغناطيسية في موجات الميكروووية باتجاه الأرض، ثم يسجل الزمن الذي تستغرقه للوصول الى الهدف (Target) وكمية الطاقة العائدة اليه. تتأثر كمية الأشعة العائدة الى جهاز الرادار من السطح بعدة عوامل بعضها **مرتبط بخصائص سطح الأرض** وفي مقدمتها:

- ✓ الخصائص الكهربائية للسطح (Electrical properties of the surface).
- ✓ خشونة سطح الأرض (Surface Roughness).
- ✓ طبوغرافية السطح.

في حين أن بعض العوامل مرتبط بخصائص جهاز الرادار مثل:

- ✓ طول الموجة المسعملة في التصوير.
- ✓ زاوية الانخفاض والاستقطاب (Polarization).



الشكل (22) المنصة الجوية (الطائرة) الحاملة لجهاز الرادار مع ألية عمل الرادار.

2.17. الوسائل الفضائية: تعد الصور الفضائية الملتقطة من اجهزة التحسس النائي لمنصة الاقمار الصناعية أهم وأكثر وسيلة مستعملة بالوقت الحاضر. يتركز استعمال اجهزة التحسس النائي الاقمار الصناعية في ثلاثة مجالات مهمة من حيث الدقة المكانية, وهي كالاتي:

1) **أجهزة التحسس النائي ذات دقة مكانية عالية:** أكثر استعمالاتها في التخطيط الحضري وعمليات التجسس أو الأهداف العسكرية مثل أجهزة القمر (Quick Bird) بدقة تمييزمكانية (61 cm).
2) **أجهزة التحسس النائي ذات دقة مكانية متوسطة:** أكثر استعمالاتها في التطبيقات البيئية، الريفية والزراعية، والتخطيط الأقليمي، مثل القمرLandsat-7 وبدقة تمييزمكانية m^2 (30 × 30).
3) **أجهزة التحسس النائي ذات دقة مكانية منخفضة:** أكثر استعمالاتها في رصد الأحوال الجوية ودراسة الطقس، مثل قمر (NOAA-17) بدقة تمييزمكانية (1 km).

الوسائل الفضائية المأهولة مثل:

- المعمل الفضائي
- المكوك الفضائي

وهي تشمل سفن الفضاء التي تحمل رجال الفضاء وأجهزة فوتوغرافية وتقوم بالتقاط صور ومناظر لسطح الأرض وتتميز بكونها ذات مهام محددة وقصيرة جداً ويتم تفسير صور ومناظر الوسائل الفضائية المأهولة باستعمال وسائل التفسير الفوتوغرافية كما الشكل الاتي. أول رائد فضاء مسلم صعد إلى الفضاء عبر الوسائل المأهولة هو الأمير سلطان بن سلمان بن عبدالعزيز آل سعود.

شكل (23) عملية اطلاق مركبة فضائية مأهولة

الوسائل الفضائية الغير المأهولة مثل:

- اللاقط متعدد الاطياف.

تحمل الوسائل الفضائية الغير المأهولة أربعة مجاميع من أجهزة التحسس النائي وهي:

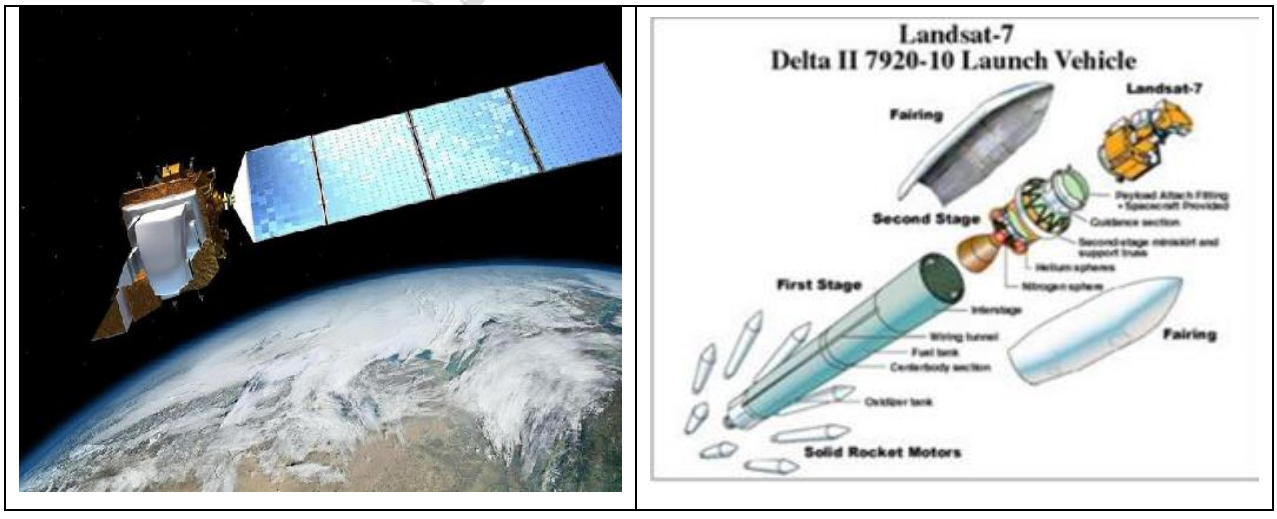
1. **المجموعة الاولى والثانية:** تسجل صور فضائية ضمن الحزم من الطيف **المرئي وتحت الحمراء القريبة والمتوسطة المنعكسة (NIR, MIR).**
2. **المجموعة الثالثة:** تسجل صور فضائية ضمن الحزم من الطيف الحراري **للاشعة تحت الحمراء البعيدة (FIR).**
3. **المجموعة الرابعة:** تسجل صور فضائية ضمن الحزم **الميكروووية.**

وهنا نشير إلى أن الوسائل الفضائية التي تستشعر أحوال الطقس والمناخ جميعها غير مأهولة ولها دورة قصيرة جداً قد تصل إلى أقل من يوم، ويتم وضع هذه الأقمار في مدارها بواسطة صواريخ خاصة بهذه المهمات، عند الكلام عن الأقمار الصناعية لا يمكننا حصر الكم الهائل من التطور الملحوظ والمتسارع بهذه التقانة.

وأهم ميزات هذا القمر الصناعي هي:

1. توفير معلومات لمعظم أجزاء الأرض.
2. عدم وجود قيود سياسية أو حقوق طبع .
3. الانخفاض النسبي لتكاليف الحصول على بيانات .
4. تكرار التحسس لأي منطقة على سطح الأرض.
5. قلة التشويه في المشاهد الملتقطة.

ولقد أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) حتى الآن مجموعة من الأقمار الصناعية ضمن سلسلة لاندسات (Landsat) وأعطتها أرقاماً متسلسلة لاندسات 1 ، لاندسات 2، ..... لاندسات 9 .



شكل (24) مركبة فضائية غير مأهولة (القمرلاندسات الامريكي)

جدول (2) اصدارات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات (Landsat)

Instrument	Picture	Launched	Terminated	Duration	Notes
Landsat 1		23 July 1972	6 January 1978	5 years, 6 months and 14 days	Originally named Earth Resources Technology Satellite 1. Landsat 1 carried two vital instruments: a camera built by the Radio Corporation of America (RCA) known as the Return Beam Vidicon (RBV); and the Multi spectral Scanner (MSS) built by the Hughes Aircraft Company.
Landsat 2		22 January 1975	25 February 1982	7 years, 1 month and 3 days	Nearly identical copy of Landsat 1. Payload consisting of a Return Beam Vidicon (RBV) and a Multi spectral Scanner (MSS). The specifications of these instrumentswere identical to Landsat 1.
Landsat 3		5 March 1978	31 March 1983	5 years and 26 days	Nearly identical copy of Landsat 1 and Landsat 2. Payload consisting of a Return Beam Vidicon (RBV) as well as a Multi spectral Scanner (MSS). Included with the MSS was a short-lived thermal band. MSS data was considered more scientifically applicable than the RBV which was rarely used for engineering evaluation purposes.
Landsat 4		16 July 1982	14 December 1993	11 years, 4 months and 28 days	Landsat 4 carried an updated Multi Spectral Scanner (MSS) used on previous Landsat missions, as well as a Thematic Mapper.
Landsat 5		1 March 1984	5 June 2013 [12]	29 years, 3 months and 4 days	Nearly identical copy of Landsat 4. Longest Earth-observing satellite mission in history. Designed and built at the same time as Landsat 4, this satellite carried the same payload consisting of a Multi Spectral Scanner (MSS) as well as a Thematic Mapper.
Landsat 6		5 October 1993	5 October 1993	0 days	Failed to reach orbit. Landsat 6 was an upgraded version of its predecessors. Carrying the same Multi spectral Scanner (MSS) but also carrying an Enhanced Thematic Mapper, which added a 15m resolution panchromatic band.

Landsat 7		15 April 1999	Still active	22 years, 6 months and 6 days	Operating with scan line corrector disabled since May 2003.[13] The main component on Landsat 7 was the Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Still consisting of the 15m-resolution panchromatic band, but also includes a full aperture calibration. This allows for 5% absolute radiometric calibration.[14]
Landsat 8		11 February 2013	Still active	8 years, 8 months and 10 days	Originally named Landsat Data Continuity Mission from launch until 30 May 2013, when NASA operations were turned over to United States Geological Survey (USGS).[15] Landsat 8 has two sensors with its payload, the Operational Land Imager (OLI) and the Thermal InfraRed Sensor (TIRS).[16]
Landsat 9		27 September 2021	Still active	24 days	Landsat 9 is a rebuild of its predecessor Landsat 8.[17][18]

جدول (3) خصائص اصدارات القمر الصناعي لاندسات (Landsat)

Landsat 1–5 Multispectral Scanner (MSS)

Landsat 1–3 MSS	Landsat 4–5 MSS	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 4 – Green	Band 1 – Green	0.5 – 0.6	60*
Band 5 – Red	Band 2 – Red	0.6 – 0.7	60*
Band 6 – Near Infrared (NIR)	Band 3 – NIR	0.7 – 0.8	60*
Band 7 – NIR	Band 4 – NIR	0.8 – 1.1	60*

Landsat 4–5 Thematic Mapper (TM)

Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 – Blue	0.45 – 0.52	30
Band 2 – Green	0.52 – 0.60	30
Band 3 – Red	0.63 – 0.69	30
Band 4 – NIR	0.76 – 0.90	30
Band 5 – Shortwave Infrared (SWIR) 1	1.55 – 1.75	30
Band 6 – Thermal	10.40 – 12.50	120* (30)
Band 7 – SWIR 2	2.08 – 2.35	30

Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 – Blue	0.45 – 0.52	30
Band 2 – Green	0.52 – 0.60	30
Band 3 – Red	0.63 – 0.69	30
Band 4 – NIR	0.77 – 0.90	30
Band 5 – SWIR 1	1.55 – 1.75	30
Band 6 – Thermal	10.40 – 12.50	60* (30)
Band 7 – SWIR 2	2.09 – 2.35	30
Band 8 – Panchromatic	0.52 – 0.90	15

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)

Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 - Ultra Blue (coastal/aerosol)	0.435 - 0.451	30
Band 2 - Blue	0.452 - 0.512	30
Band 3 - Green	0.533 - 0.590	30
Band 4 – Red	0.636 – 0.673	30
Band 5 – NIR	0.851 – 0.879	30
Band 6 – SWIR 1	1.566 – 1.651	30
Band 7 – SWIR 2	2.107 – 2.294	30
Band 8 – Panchromatic	0.503 – 0.676	15
Band 9 – Cirrus	1.363 – 1.384	30
Band 10 – Thermal 1	10.60 – 11.19	100* (30)
Band 11 – Thermal 2	11.50 – 12.51	100* (30)

جدول (4) المقارنة بين الاقمار الصناعية لاندسات (5 & 7)

القمر الصناعي	جهاز التحسس النائي	دقة التمييز المكانية	دقة التمييز الزمنية	عدد الحزم (النطاقات) الطيفية
Landsat_5	TM	(30 × 30) m^2 for (Visible, NIR & MIR) bands, & (120 × 120) m^2 for FIR band	Every 16 day	7_bands
Landsat_7	ETM+	(30 × 30) m^2 for (Visible, NIR & MIR) bands, (120 × 120) m^2 for FIR band, & (15 ×15) m^2 for Panchromatic band	Every 16 day	8_bands

الاقمار الصناعية (التوابع) المستعملة في التحسس النائي

1- سلسلة لاندسات (Land sat) الأمريكية بثلاثة اجيال (1,2,3) (4,5) (6,7).
2- سلسلة سبوت الفرنسية (Spot) لمراقبة الأرض وهي ملكية مشتركة بين فرنسا والسويد وبلجيكا وقد بدأ سبوت 1 و2 و3 العمل عام 1986 م و1990 م و 1993 م على التوالي وتستخدم هذه الأقمار بمراقبة استخدامات الأرض والزراعة والغابات والجيولوجيا وإنتاج الخرائط والتخطيط الإقليمي وهي مزودة بأجهزة استشعار عالية الدقة (HRV) (High Resolution Value) لها قدرة أخذ صور مجسمة بتغطية (80 كم لكل صورة).
3- التابع إيكينوس (Ikonos) الأمريكي الذي أطلق عام1999 م يلتقط صور للأرض بقوة تميزية لا تقل عن (1 * 1 متر) والذي أحدث طفرة بأعمال المساحة والخرائط.
4- سلسلة التابع جيرس الياباني (Jers - 1) يستخدم للرصد وحصر الأراضي ويحمل أجهزة استشعار متعددة الأطياف وجهاز راداري نشط وتتميز صوره بوضوح أكثر من سبوت ولاندسات.
5- سلسلة التوابع ايرس الهندي (Irs - 1) مزود بأجهزة استشعار متعددة الأطياف لتزويد الحكومة الهندية بمعلومات عن الزراعة ، الجيولوجيا ، المياه لعمليات المسح ولإدارة الموارد الطبيعية وينتج صور متعددة الأطياف بالأطوال الموجية المرئية والقريبة من الأشعة تحت الحمراء إلا أن الحزمة البانوكروماتية والتحت الحمراء المتوسطة والصور المجسمة غير متوفرة.
6- سلسلة التوابع أيسا الأوربية (ERS - 1) ESA التي تعطي صور لجميع حالات الطقس والمياه الساحلية والحقول الثلجية ولمراقبة بيئة الأرض وحالة البحر يفتقر إلى حزمة درجة وضوح عالية التباين بانكروماتية كما لا يستطيع تحقيق تغطية متعددة الأطياف .
7- سلسلة التوابع للقمر نواه الأمريكية (وهي خاصة بالأنواء الجوية) (NOAA).
8- التابع رادارسات الكندي (Radar sat) يمتاز بوضوح عالي للمناطق القطبية والزراعة والغابات وإدارة موارد المياه والمحيطات والغطاء الأرضي وعلم شكل الأرض والبيئة والبحوث الأساسية للخواص الطيفية وللصخور والتربة والحياة النباتية ومفهوم هندسة (MOMS) ذي الكاميرا الثلاثية الخطوط يعتبر الأساس لتصميم الأقمار الصناعية ولإنتاج الخرائط.
9- القمر الاصطناعي (Almaz 1) وهو قمر روسي يستخدم للأغراض المدنية وله رادار بدرجة وضوح عالية ويستخدم لرصد الأرض ودراسة حالة الطقس ليلاً ونهاراً ويمتاز بقدرة عالية على الرؤيا المجسمة الأمر الذي يجعله متفوقا على معظم الأنظمة الأخرى.
10- القمر الاصطناعي الياباني (MOMS 1 , 2) يحمل أجهزة استشعار سلبية مصممة لالتقاط الصور بالمناطق المرئية والقريبة من تحت الحمراء وأمواج المايكروويف ويستخدم لمراقبة المحيطات ورصد المحاصيل والغابات والبيئة وليست كل صوره صالحة لإنتاج الخرائط لافتقارها للحزمة البانوكروماتية وليست له القدرة على التجسيم كالقمرين سبوت ولاندسات.

18. تركيب الألوان (Color composition):

1. تركيب الألوان الحقيقي (True color composition).

- ❖ يتم دمج ثلاثة صور (3 bands) لنفس المنطقة ضمن طيف الاشعة المرئية (visible region).
- ❖ يتم إعطاء كل صورة اللون الحقيقي لها.

لذلك سميت تركيب الألوان الحقيقي.

اللون الأحمر (R) ← الصورة للأشعة الحمراء
اللون الأخضر (G) ← الصورة للأشعة الخضراء
اللون الأزرق (B) ← الصورة للأشعة الزرقاء

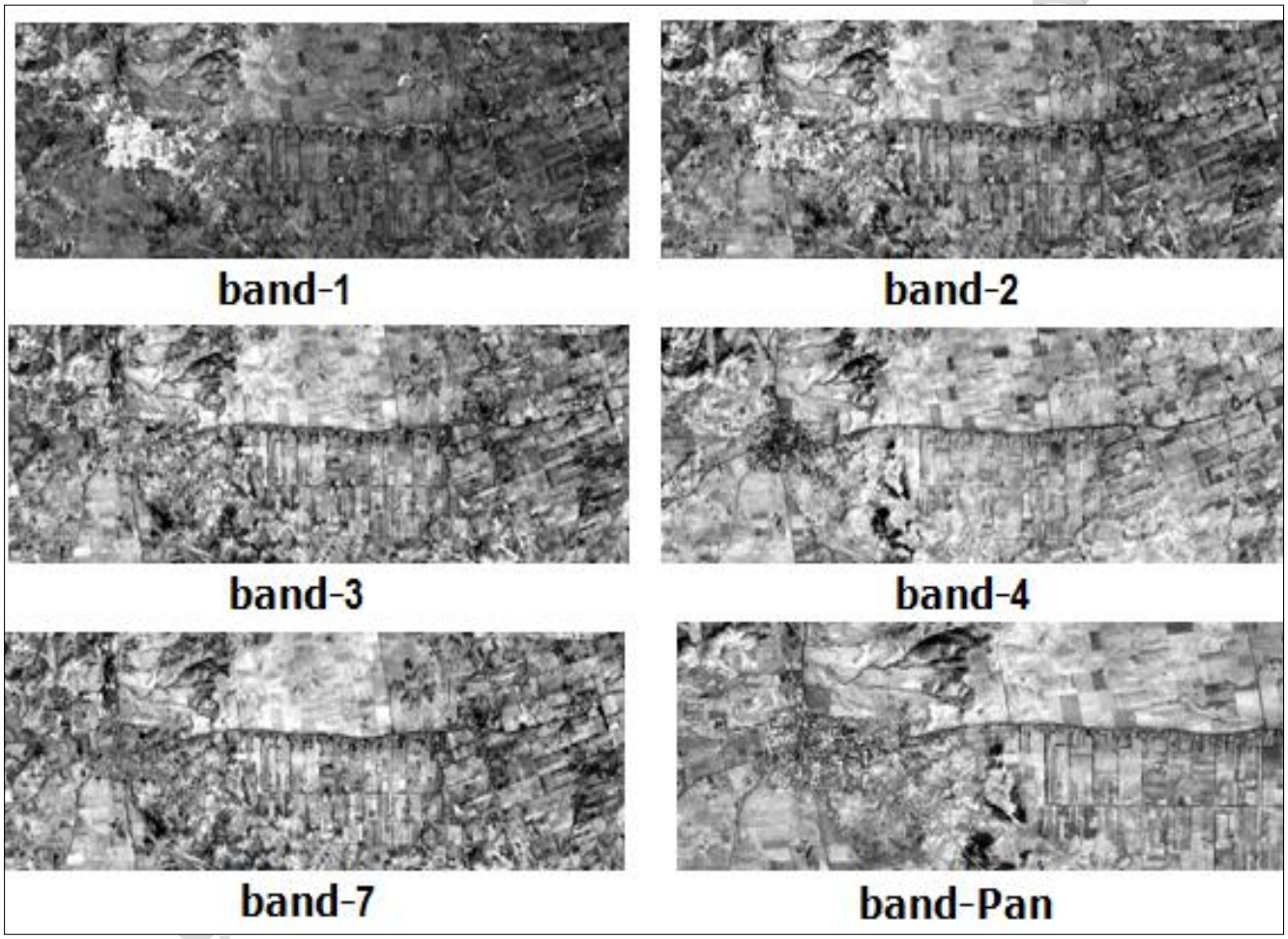
- o يظهر كل شي بلونه الحقيقي كما تراه من طائرة تحلق.
- o تظهر المناطق المائية كالبحر باللون الأسود القاتم (لأن المناطق المائية تمتص الطاقة الكهرومغناطيسية في كافة الألوان).
- o المناطق المائية التي يحدث فيها ترسيب (المواني) تظهر بلون أخضر بنى قاتم.
- o المناطق العشبية تظهر بلون بنى محمر.
- o مناطق الغابات تظهر بلون قاتم.

2. تركيب الألوان الغير حقيقي (False color composition):

- ❖ يتم دمج ثلاثة صور (3 bands) لنفس المنطقة.
- ❖ أحد هذه الصور مأخوذة في منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) أو (MIR) و الآخرين في منطقة الأشعة الحمراء (Red) و الخضراء (Green).

اللون الأحمر (R) ← الصورة للأشعة تحت الحمراء
اللون الأخضر (G) ← الصورة للأشعة الحمراء
اللون الأزرق (B) ← الصورة للأشعة الخضراء

- عند دمج هذه الصور تعطى صور ملونة مكونة من ثلاثة صور فوق بعض.
- المناطق الزراعية او الغابات تظهر كألوان مشتقة من اللون الأحمر.
- المناطق العمرانية تظهر كمشتقات من اللون الأزرق.
- المناطق المائية تظهر باللون الأسود.
- يمكن تحديد المناطق العمرانية على أساس إنها المناطق المحددة بالشوارع الرئيسية.
- المناطق العشبية و الحشائش تظهر باللون الأحمر البرتقالي.
- تظهر مناطق الغابات باللون الأحمر القاتم.



شكل (25) بعض الحزم الرقمية لجهاز التحسس النائي (ETM+) للقمر الصناعي (Landsat 7).

شكل (26) أنواع الصور طبقا لاجهزة التحسس النائي المستعملة.

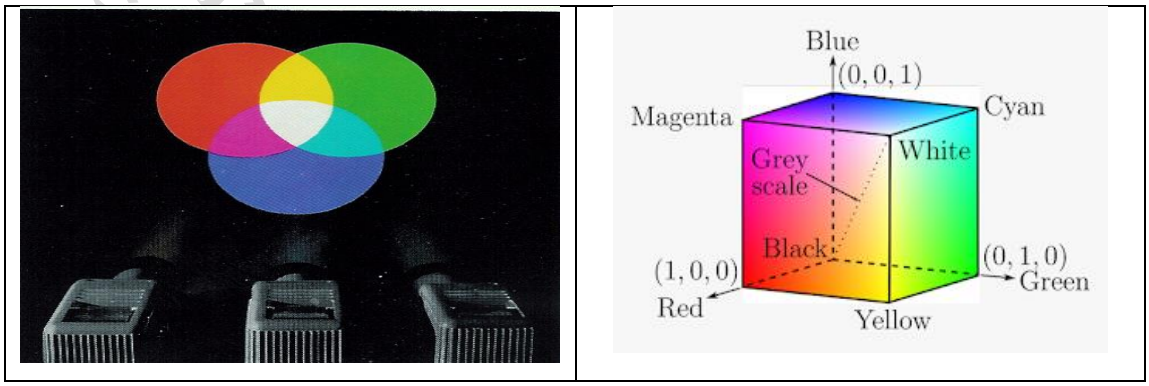
عملية جمع الألوان تتم بتراكب أطياف الألوان الرئيسية الثلاثة في نظام الألون RGB والتركيب اللوني:

في مجال نظام التحسس النائي تستطيع اجهزة التحسس النائي أن تستشعر أجزاء من الطيف الذي لا يمكن للعين المجردة أن تدركه مثل الأشعة تحت الحمراء. و حتى نستطيع أن ندرك ما تمثله هذه الحزم الطيفية لابد من إسقاطها على ألوان العرض الرئيسية RGB حتى تتكون لنا بذلك صورة ملونة.

إن استعمال التركيب اللوني الزائف يبرز بعض الظواهر بألوان أكثر وضوحا، بهدف التركيز على ظواهر معينة أثناء عملية التفسير. و في هذا الباب تقوم برامج التحسس النائي بتحويل التدرج الرمادي إلى التمثيل اللوني سواء كانت الألوان طبيعية أو زائفة.

هناك عدد من نماذج الألوان المستعملة في برامج التحسس النائي مثل نموذج الألوان:

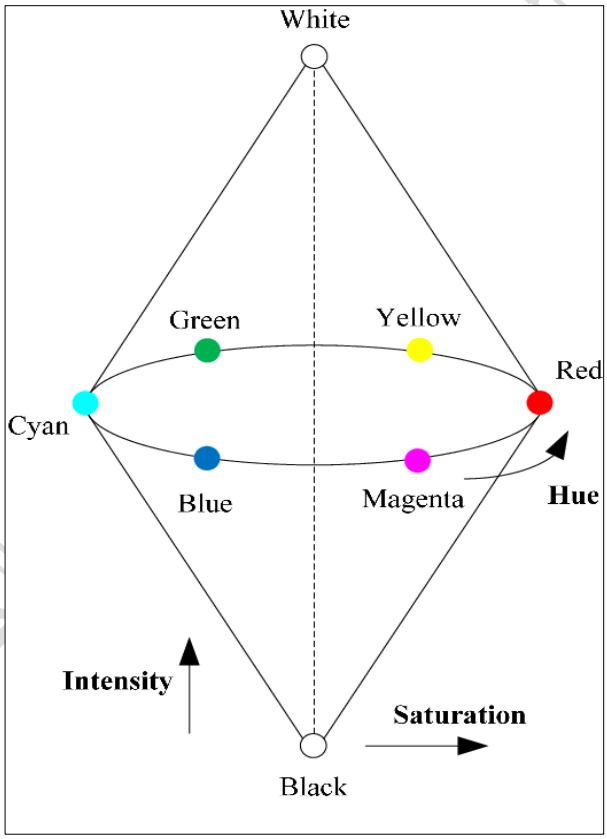
- نموذج الألوان (RGB) الذي يمثل (اللون الاحمر, اللون الاخضر, اللون الازرق) (Red, Green, Blue).
- نموذج الالوان (HSI) الذي يمثل (اللون, التشبع, شدة الاضاءة) (Hue, Saturation, Intensity).



شكل (27) الفضاء اللوني (RGB)

فبالنسبة لنموذج الألوان RGB فإنه يتكون من الألوان الثلاثة الأساسية الأحمر و الأخضر و الأزرق. كل الألوان الأخرى تنتج بمزج هذه الألوان الثلاثة مع بعضها البعض بنسب متفاوتة. و في حالة تساوي القيم الثلاثة ستصبح في مستوى تدرج الرمادي. و يمكن تمثيل هذا النموذج اللوني بشكل مكعب يمثل اللون الأسود نقطة الأصل لنظام إحداثياته (0,0,0) و اللون الأبيض يتكون من مجموع قيم الألوان الرئيسية (255,255,255).

لكن هذا النموذج ليس الأمثل في كل التطبيقات، و لهذا يتم في بعض الحالات معالجة الصور الرقمية الاستعانة بنموذج HSI الذي يعتمد على تدرج اللون والتشبع وشدة الإشعاع في تحليل مختلف الظواهر الجغرافية. وتتوفر عدد من برامج معالجة الصور الرقمية او الفضائية على معادلة خاصة بتحويل الصور من نظام الألوان RGB إلى نظام HSI. يمكن تمثيل هذا النموذج اللوني بشكل مخروط.



شكل (28) الفضاء اللوني (HSI)

ملخص لآلية عمل نظام التحسس النائي يتم بأربعة مراحل رئيسة وهي كالاتي:

1. جمع البيانات بوساطة المستشعرات وبثها الى محطات الاستقبال الارضية.
2. خضوع هذه البيانات لمعالجة اولية ثم معالجة نهائية.
3. تفسر هذة البيانات Data بعد تحولها الى صورة رقمية .
4. استعمال الصور في رسم البيانات الدقيقة والخرائط التي تخدم مختلف المجالات.

19. المنصة (Platform):

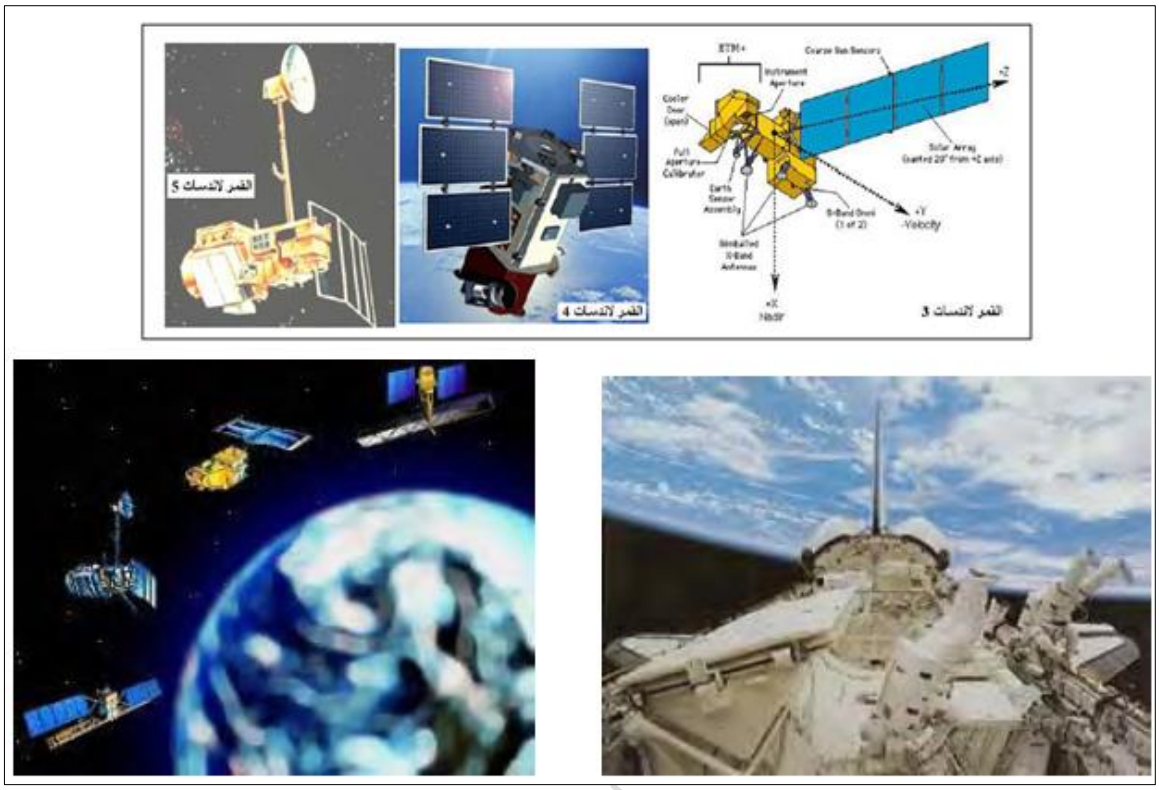
هي الاجهزة التي تقوم بحمل جهاز التحسس النائي, وتشمل مختلف أنواع المركبات وبارتفاعات مختلفه مثل: (السيارات, البالونات, الطائرات, الصواريخ, مركبات الفضاء, محطات مدارية والاقمار الصناعية).

20. الاقمار الصناعية (Satellite):

هي أجسام مادية تدورحول الارض في مدارات محددة وتقوم بوظائف معينه منها ماهو خاص بالاتصالات أو المسح الجيولوجي أو البحث العلمي أو الارصاد الجوي وغيرها. فهي تعد مركبات أو منصات تحمل أجهزة التحسس النائي وتسير في خطوط منتظمة يطلق عليها خطوط التصوير.

تتكون نظم الاقمار الصناعية بصفة عامة من الاجزاء الاتية:

1. **جهاز الماسح**: وهوالنظام الكلي لاقتناء (حصول) البيانات ويحتوي على الجزء الحساس والكاشف.
2. **جهاز الحساس:** وهو الجهاز المختص بتجميع الطاقة وتحويلها الى قيم رقمية وعرضها في صورة مناسبة للحصول على معلومات منها.
3. **جهاز الكاشف** : وهو جهاز مثبت في نظام الجزء الحساس لتسجيل الاشعاعات الكهرومغناطيسية.

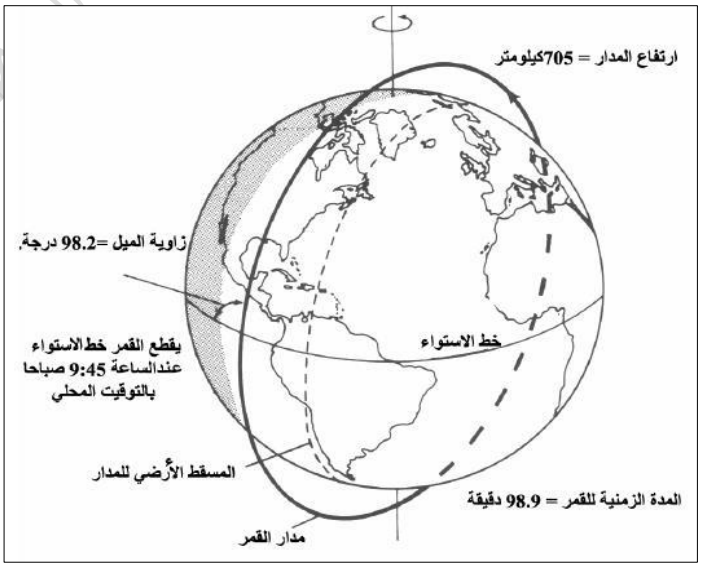


شكل (29) الأقمار الصناعية (غير المأهولة)

20. 1. مدارات الاقمار الصناعية (Satellite orbit):

المدار : هوعبارة عن مسارات ثابتة ومحسوبة بدقة تدوربها الاقمار الصناعية حول الكرة الارضية وتكون متزامنة مع الشمس لتتمكن من التصوير المرئي باستعمال اشعة الشمس المنعكسة من الاهداف (حسب نوع القمرالصناعي).

يعتمد نوع المدار على غرض وقدرات جهاز التحسس النائي وتتغير المدارات بتغير ارتفاعها عن سطح الارض واتجاه دورانها مقارنة بدوران محور الارض.



شكل (30) عناصر المدار للقمر الصناعي لاندسات 7

يوجد ثلاثة أنواع اساسية من المدارات وهي كالاتي:

1. **المدار الثابت جغرافيا (Geostationary):**

هومدار ثابت ومرتفع بالنسبة للارض ودورانه مواز لاتجاه دوران الارض حول محورها (من الغرب الى الشرق), سرعتة الزمنية في مداره تساوي سرعة دوران الارض. اي يبقى القمر في مدار ثابت لذا يغطي بقعة ثانية من الارض دائما.

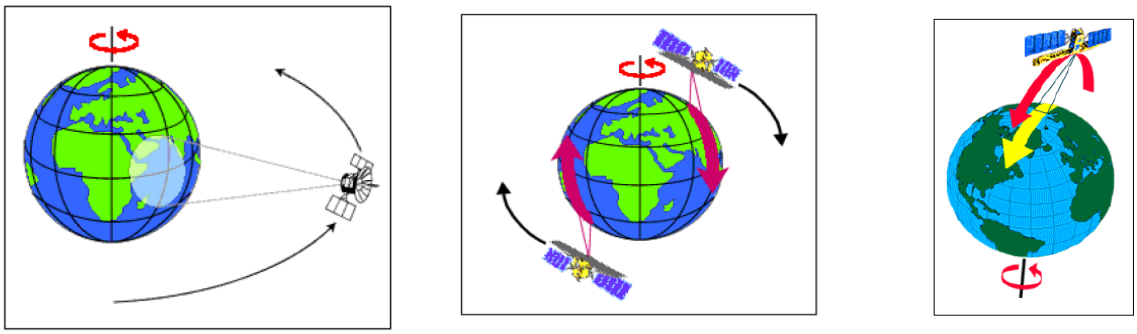
2. **المدار شبة القطبية (Near Polar) :**

مدار منخفض يدور فيه القمر الصناعي من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي في اتجاة دوران الارض, حيث يكون القمر الصناعي فوق بقعة مضاءه بالشمس باستمرار.

3. **المدار المنخفض (Low Orbit):**

يدور هذا المدار حول الارض بموازاة خط الاستواء وعلى ارتفاع منخفض وهو قليل الاستعمال وغالي التكلفة.

أن معظم الأقمار الصناعية لنظام التحسس النائي اليوم تكون من ذات المدارات شبه القطبية، أي أن القمر يسير باتجاه القطب الشمالي في احد اوجه الارض ثم يسير باتجاه القطب الجنوبي في النصف الثاني من مداره، وهذا ما يسمي بالمسار الصاعد (ascending pass) و المسار الهابط (descending pass) . فإذا كان المدار متزامن مع الشمس ايضا فعادة ما يكون المسار الصاعد في الجانب ذو الظل من الأرض بينما يكون المسار الهابط في الجانب المضاء (المواجه للشمس) من الأرض. ومن ثم فان المستشعرات التي تقوم بتحسس و تسجيل الطاقة الشمسية الانعكاسية, ستسجل الطاقة في المسار الهابط فقط . أما المستشعرات الموجبة التي لها مصدر اضاءة خاص بها او المستشعرات السالبة التي تسجل الاشعاع المنبعث (الحراري) فيمكنها أيضا التحسس في المسار الصاعد .

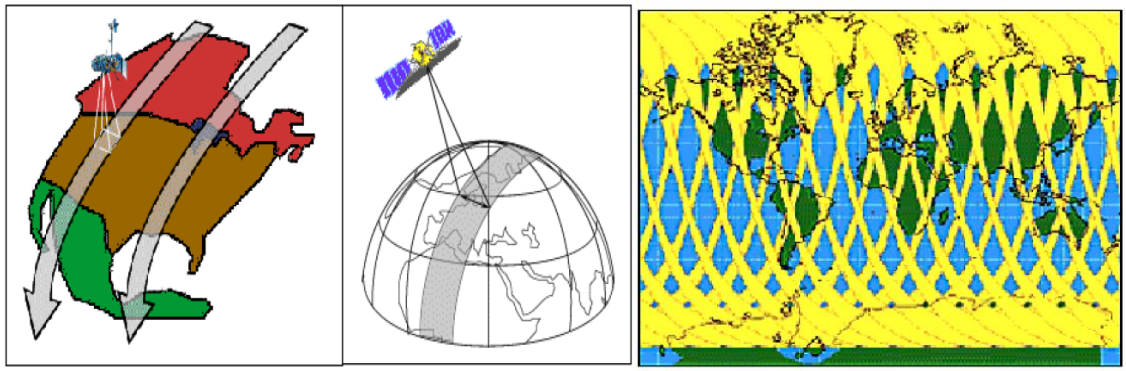


المدارات الثابتة للأقمار الصناعية — المسار الصاعد و المسار الهابط للأقمار الصناعية — المدارات شبه القطبية للأقمار الصناعية

شكل (31) أنواع مدارات الاقمار الصناعية

20. 2. خصائص المدار للقمر الصناعي:

1. يطلق لفظ صف على الشريط الذي يرسمه القمر الصناعي على الارض تحته اثناء مروره.
2. يتخذ الصف شكل شريط يلف الارض من القطب للقطب.
3. يطلق على النقطة التي تمثل مسقط القمر الصناعي على الارض اسم (السمت).
4. بعد اتمام القمر الصناعي دورة حول الارض فان انحراف يحدث لمداره مما يسمح له برسم صف جديد مجاور للصف الذي قام برسمه في طيرانه السابق.
5. تتجاور الصفوف لتغطي الارض كلها.
6. تتداخل الصفوف فيما بينها ويقل هذا التداخل بالاقتراب من خط الاستواء ويزداد بالاقتراب من القطبين.



دورة مدارات الأقمار الصناعية صفوف تحسس الأقمار الصناعية

شكل (32) خصائص مدار القمر الصناعي

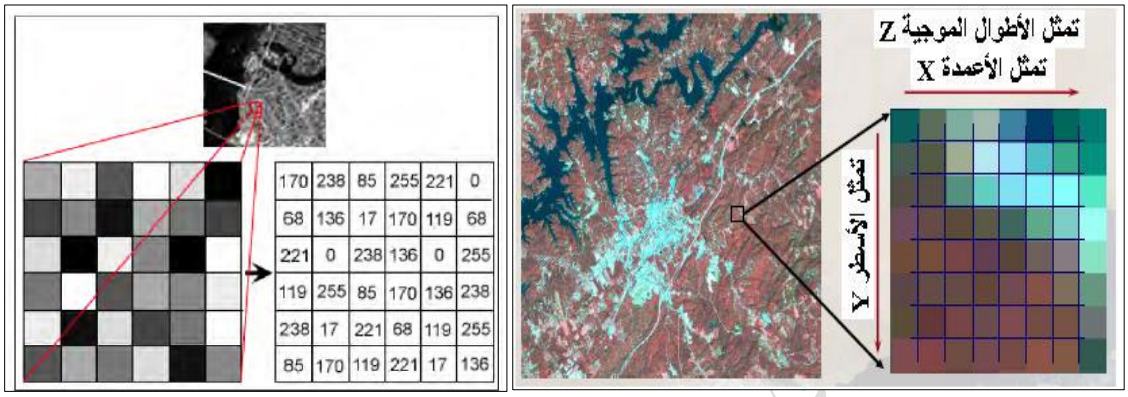
21. الصورة الرقمية (Digital Image):

هي الصور التي يتم الحصول عليها من عمليات تحويل البيانات الطيفية إلى معلومات. وهي عبارة عن مصفوفة ثنائية الابعاد تتألف من عدد من المربعات الصغيرة المتراصة الى جانب بعضها البعض مكونة من أعمدة (c) وصفوق (r), كل مربع يمثل أصغر عنصر بالصورة ويسمى بوحدة الصورة أو البكسل (Pixel).

مختصر كلمة (**Pi**cture × **el**ement) تحمل قيم مختلفة حسب قيمة الانعكاس الطيفي الذي تقيسه اجهزة التحسس النائي الموجودة على المركبات الفضائية. وتمثل الصورة الرقمية ب (I(x,y)) او (I(r,c)). كلما زادت عدد البكسلات كلما كانت الصورة أوضح. يحتوي كل بكسل صوره على قيمة رقمية تسمى (Digital Number) مختصرها (DN). تسجل الأعداد الرقمية في الصور الرقمية عادة في مدى أعداد يمتد من (صفر - 63) أو من (صفر –127) او من (صفر - 255) او من (صفر - 511) او من (صفر – 1023) او من (صفر – 2047). تمثل مجالات المدى المذكوره مجموعة الأعداد الصحيحة التي يمكن تسجيلها باستخدام مقاييس ترميز حاسوب ثنائية ذات عدد من البتات (6 و 7 و 8 و 9 و 10 و 11) على التوالي. أي ($64=2^6$ ، $128=2^7$, $256=2^8$, $512=2^9$, $1024=2^{10}$, $2048=2^{11}$).

تعد الصورة الرقمية الناتج النهائي لجهاز التحسس النائي (مثل الصور الفضائية والجوية).

ينظر الكثير إلى الصور او المشهد الفضائية (Space Images) باعتبارها امتداد للصور الجوية إلا أنها تتميز عن الصور الجوية بأنها تحتوي على الكثير من المعلومات الطيفي (Spectral Information) حسب تصميمها. وإن الحصول على المعلومات الطيفية منها تابع لعلم تحليل البيانات الرقمية للتحسس النائي.



شكل (33) قيم الانعكاس الطيفي بالمشهد أو الصورة الفضائية مع أصغر وحدة صورية (بكسل)

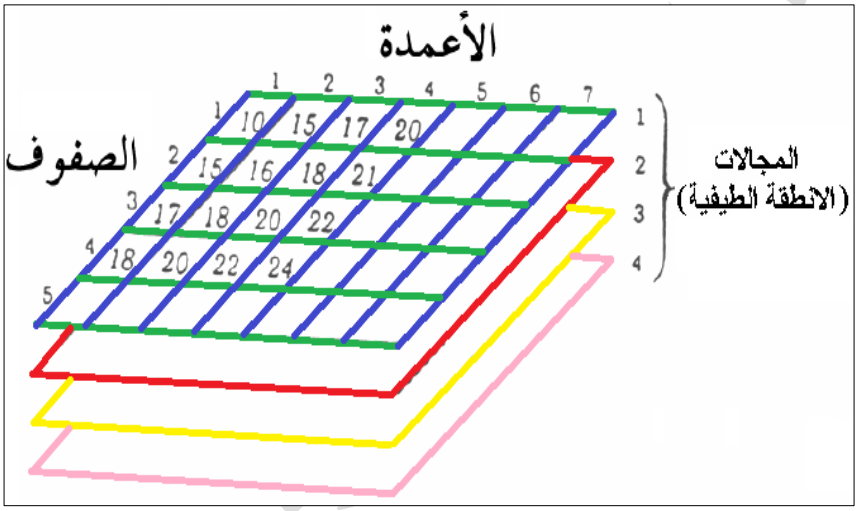
22. القيمة الرقمية (Digital Number):

يمثل التدرج الرمادي مقياس لشدة الإضاءة أو كم الاشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس عن مساحة الارض أو الموقع الذي يمثله البكسل وهي قيم أعداد صحيحة موجبة تتولد من تحويل الاشارة الكهربائية الصادرة عن المستشعر الى ارقام صحيحة موجبة على مقياس التدرج الرمادي (gray scale). حيث ان الصفر بالتدرج الرمادي يمثل اللون الاسود وأعلى قيمة بالتدرج الرمادي تمثل اللون الابيض مثل قيمة 255 في نظام (8 bit), اي التدرج يتراوح مابين (0 الى 255) وما بينهما يمثل اللون الرمادي.

شكل (34) مستويات التدرج الرمادي

23. النطاقات أو الحزم الطيفية (Bands):

يقوم جهاز التحسس النائي باستقبال الاشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس عن سطح الارض من خلال مجموعة المسح والمجموعة الضوئية ثم يقوم بتمرير هذا الاشعاع عبر مجموعه الفصل الطيفي (المرشحات) ليتم فصل كل حزمة (نطاق) مميزه من الطاقة على حدا ويتم تسجيلها في صورة رقمية مستقلة. يطلق على هذه الصورة باسم النطاق (Band) والتي تمثل الاشعاع الكهرمغناطيسي المنعكس عن الارض في نطاق معين من الطاقة مثل (الحزمة الزرقاء، الخضراء، الحمراء، الخ,.....). يتم جمع الصور (النطاقات المختلفة) الناتجة عن المرشحات المختلفة وخزنها في ملف واحد رقمي. تتميز الصور الرقمية للاقمار الصناعية بأنها عديدة النطاقات, فالنطاق الواحد يظهر بتدرج رمادي اللون. يمكن الدمج بين عدة بطاقات للحصول على صورة رقمية ملونه.

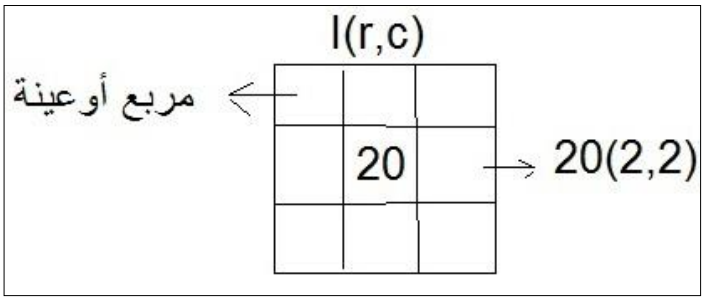


شكل (35) مكونات الصور الفضائية الرقمية

ملاحظة: يغطى العراق بين من 19 الى 24 مشهد بأقمار لاندسات الأمريكية.

24. طرائق تحويل الصورة الى الصيغة الرقمية :

1. **الطريقة الاولى** : تعتمد على قيم الصورة نفسها حيث تكون على شكل عينات (Image sampling)



2. **الطريقة الثانية** :تعتمد على حساب عدد المستويات الرمادية وعلى عدد البيانات الكلية التي تحتاجها مصفوفة الصورة الرقمية I (r, c) والتي يمكن استخراجهما من القوانين الاتية :

عدد المستويات او التدرجات الرمادية $= 2^n$

عدد البتات الكلية للصورة الرقمية (B) $= c \times r \times n$

مثال 1: مصفوفة صورة رقمية ثنائية الابعاد (128 × 128) ملتقطة بجهاز تحسس نائي له دقة راديومترية (6 bit), أوجد:

1. عدد المستويات الرمادية المطلوبة للصورة.
2. عدد البتات الكلية للصورة كاملة.

25. أنواع الصور الرقمية:

1. الصور الثنائية (Binary Images): وهي الصور التي تكون قيمها بعد التحويل أما صفر او واحد اي اما اسود او ابيض. ويمكن تحويل كل انواع الصور الى الصور الثنائية عن طريق مايسمى العتبة (Threshold), قبل قيمة العتبة هو الصفر وبعد قيمة العتبة واحد. الصورة الثنائية هي ابسط انواع الصور لا تمتلك لون ثالث بل فقط الابيض والاسود ويمثل ب (1 bit), اي كل بكسل بالمصفوفة الرقمية يأخذ قيمة واحدة اما صفر او واحد.

تحسب العتبة بطريقتين:

1. **الطريقة الاولى:** هي اختيار اي رقم من ارقام المصفوفة الاتية, مثل الرقم 15 فكل رقم اقل من 15 يمثل صفر في المصفوفة. وكل رقم اكبر او يساوي 15 يمثل واحد. فيصبح تمثيل المصفوفة الناتجة بالشكل الاتي:

مثال 2:

12	14	28
40	5	9
15	20	7

→

0	0	1
1	0	0
1	1	0

مثال 3:

شكل (36) صوره ثنائية (مخطط كانن)

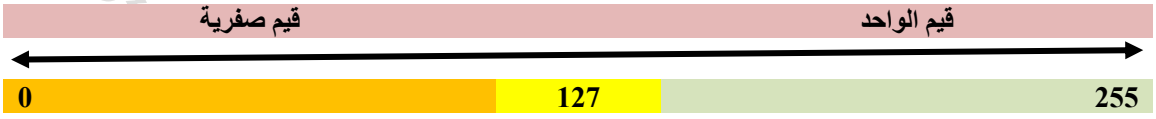
2. **الطريقة الثانية**: نستخرج المعدل عن طريق تحديد اكبر واقل قيمة في المصفوفة نجمعهم ونقسمهم ع 2 كالاتي:

$$\text{المعدل} = \frac{5 + 40}{2} \sim 22.5 \quad 22$$

تكون قيمة العتبة هي (22), فتصبح المصفوفة الناتجة كالاتي:

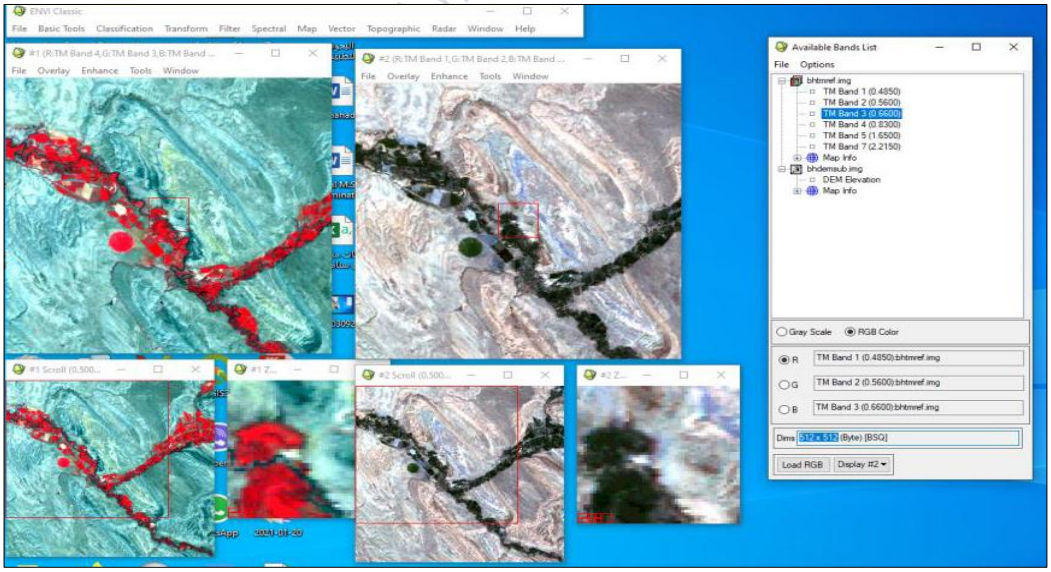
0	0	1
1	0	0
0	0	0

2.صور التدرج الرمادي (Gray Scales Images): يمثل هذا النوع من الصور على أساس لون واحد للصورة او ما يسمى بال (Monochrome). حيث يمتلك معلومات عن قيم الاضاءة للصورة فقط ولا يمتلك معلومات عن اللون, والتي تمثل (8 bit) لكل بكسل بالصورة يعني (2^8 = 256). اي ان قيم بكسلات الصوره تتراوح بين (0) الى (255) من مستويات الاضاءة المختلفة. يعد هذا النوع من الصور سهل في التحويل الى نوع الصور الثنائية.



شكل (37) صوره ذات تدرج رمادي

3. **الصور الملونة (Color Images)**: تمتلك الصور الملونة موديل معين, يتكون من ثلاث حزم (3 bands). كل حزمة تمثل لون واحد بمعنى ثلاث الوان احادية للصورة, كل لون يشار له بتمثيل معين هو الاحمر (Red) و الاخضر (Green) والازرق (Blue) ويسمى (RGB). كل لون او صورة تمثل (8 bit). الصورة الملونة تمتلك (24 bit).
4. **الصور متعددة الحزم (Multispectral Images)**: تلتقط من قبل آلات التصوير خاصة, تحوي العديد من الحزم قد تصل في بعض الاحيان الى مئات من الحزم. يمكن تحويلها من صورة متعددة الحزم الى صورة ملونة عن طريق تسقيط هذه الحزم بطريقة معينة تسمى بالتخطيط (Mapping) لكي تصبح للصورة ثلاث الوان (حزم) رئيسية فقط (RGB).



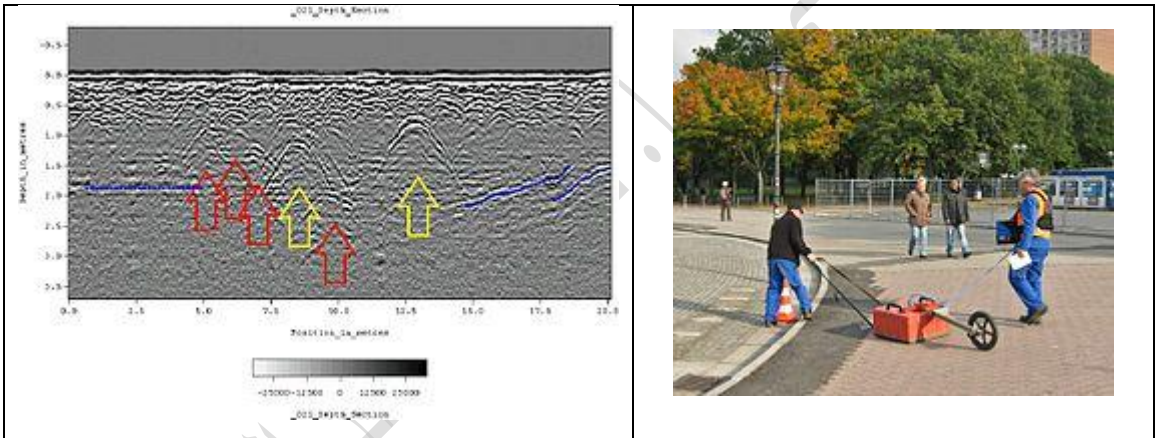
شكل (38) مشهد فضائي متعدد الحزم باستعمال برنامج (ENVI 5.3) للقمر لاندسات 5

يعرض الشكل اعلاه مشهد فضائي متعدد الحزم (تركيب الالوان الحقيقي والغير حقيقي (الزائف)) باستعمال برنامج (ENVI 5.3) للقمر لاندسات 5 يتألف من 7 حزم طيفية (مرئية وحزم IR) محدد عليه ارقام الحزم واطوالها الموجية مع عرض مشهد يمثل ارتفاعات المنطقة و حجم المشهد (صفوف × الاعمدة).

26.أجهزة نظام التحسس النائي

1. جهاز رادار قياس الارض (GPR)

يقوم هذه الجهاز بقياس التغيرات في طبقات الارض عن طريق قياس تسجيل وانعكاس الموجات الكهرومغناطيسية. يعد جهاز تحسس نائي فعال او نشط (ايجابي), حيث يستعمل في الفيزياء الجيولوجية لقياس الطبقات الارضية العليا لاغراض التعدين, وكذلك في الاغراض العسكرية للبحث عن الغام من مختلف الانواع . يستخدم هذا الجهاز الموجات الراديوية ضمن نطاق تردد من 1 الى 1000 ميكاهيرتز بحيز طول موجة عريض, يرسل نبضات قصيرة جدا من على سطح الارض وموجه الى باطن الارض ويسجل الصدى بعد انعكاس تلك الموجات على حدود الطبقات الارضية او مناطق رواسب بين تلك الطبقات ويقوم ايضا بقياس وتسجيل الفترة الزمنية للانعكاس. تنتشر الموجات الكهرومغناطيسة من باطن الارض انتشارا مختلفا تبعا لتكوينات وشكل وكثافة مادتها. لذلك تختلف شده الانعكاس وتشتت الموجات في الطبقات المختلفة.



أ ب

شكل (39) جهاز رادار قياس الارض (GPR) (أ) البحث عن الآثار بالرادار الارضي و (ب) انعكاس الرادار تحت الارض على شكل قمعي دليل على وجود اثار قبور تحت الارض

2. **جهاز الراديومتر** :- هو إحدى أجهزة التحسس النائي السلبية. يقيس كمية الطاقة المنعكسة من المشهد الذي يتحسسه في نطاق الموجات المايكروووية من الأشعة الكهرومغناطسية .فهو بعكس جهاز الرادار يعتمد على مصدر الطاقة الطبيعي لذا يعد جهاز الراديومتر جهاز تحسس نائي سلبي .

لقد اثبت جهاز الراديومتر اهميتة في الدراسات والتطبيقات المناخية والبحرية كما انه يشبه جهاز الرادار في كونه حساس لرطوبة والتربة والجليد .

يقسم جهاز الراديومتر الى نوعين حسب طريقة وضعها على الأرض :

الأول :- يثبت على الأرض بواسطة حامل أحادي الأرجل أو ثلاثي الأرجل.

الثاني :- يمكن حملة باليد .

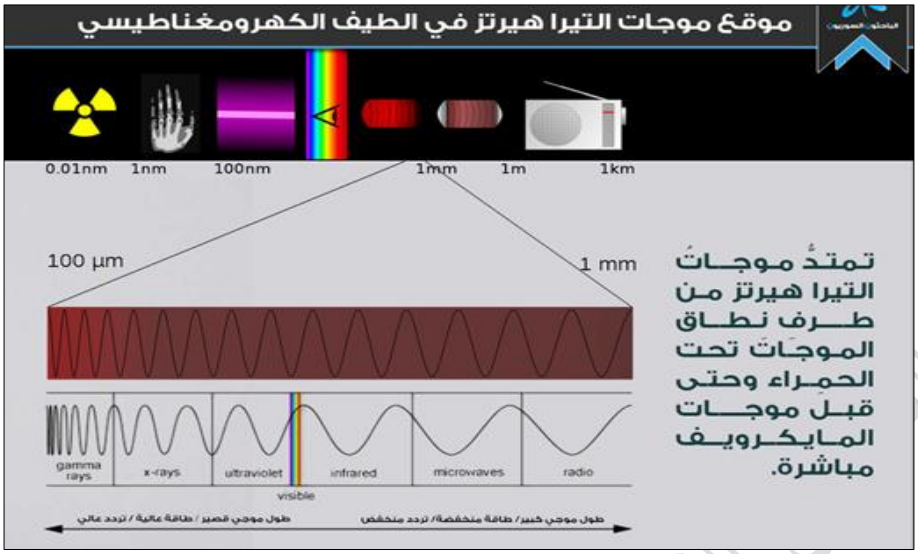
وفي كلا النوعين يتم التقاط بيانات الانعكاس من مساحة أرضية تتراوح بين $(1\text{-}1.5)\ m^2$. وعند إجراء اي قياسات راديومترية ينبغي الاخذ في الحسبان:

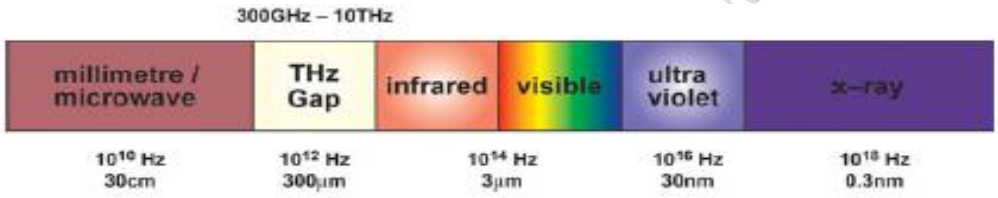
- تاريخ اجراء الدراسة.
- زمن التقاط البيانات.
- الظروف المناخية.
- زاوية التقاط بيانات الانعكاس.
- ضرورة اجراء معايره للجهاز قبل استعماله .

شكل (40) مقياس أشعة الراديومتر مركب على قاعدة أرضية

3. تقانة التيراهيرتز الحديثة وتطبيقاتها

تيراهيرتزهي موجات كهرومغناطيسية آمنة غير مؤيّنة تستعمل في تطبيقات عديدة مثل التصوير الطبي وتعد اقل خطورة من بقية الاشعاعات وغير ضارة للكائنات الحية. اضافة الى ذلك استعمال تقانة التيراهيرتز يوفر الكثير من الوقت والجهد من خلال تقليل عدد العمليات الجراحية المتكررة في حالات سرطان الثدي والجلد. تقع في الحيز بين الموجات تحت الحمراء والموجات المايكروية, ويتراوح تردد منطقة موجات التيراهيرتز بين (0.3 - 10) THz, يعادل طول موجة قدره 1 مليمتر. وتيرا هي بادئة تسبق وحدة التردد الهيرتز ب (10^{12}).





الشكل (41) طيف الأشعة التيراهيرتز

اجتذبت موجات تيراهيرتز اهتمامًا متزايدًا مؤخرًا بسبب قدرتها على المرور غير الهدّام عبر الأجسام الصلبة والرخوة، كما تساعد أيضًا على إنتاج صور للاجزاء الداخليّة للأشياء. وبالإضافة إلى ذلك، تُعدّ طاقة فوتون التيراهيرتز أضعف من طاقة فوتون الأشعة السينيّة x-ray، وعلى عكس الأشعة السينيّة. موجات التيراهيرتز ليست نشطة بما فيه الكفاية, أي ليس لديها ما يكفي من الطاقة لإزالة الإلكترون من الذرّة (تأين) وكسر الروابط الكيميائية، وبذلك لا يكون لها نفس الآثار الضارّة على الأنسجة البشريّة والحمض النوويّ DNA .

لا ينتشر الإشعاع THz بشدة في الأنسجة بسبب الامتصاص القوي للأشعة THz بالماء ، يمكن أن يكون تصوير بهذه الاشعة أداة مفيدة للتحري عن الأنسجة الرخوة .هذه الخصائص الفريدة لأشعة THz تجعلها مؤهلة للاستعمال في مختلف التطبيقات الطبية ، وجزءا كبيرًا لجوانب معينة من التشخيص.

استعمال موجات التيراهيرتزفي التصوير الطبي كأداة تشخيصية وهي **تقانة تصوير جديدة** تستعمل الإشعاع الغيرمؤين للحصول على كل من معلومات النطاق الزمني والتردد. لذلك لديها إمكانات اكبرمن تقانات التصوير الطبي الأخرى ويفضل استعمالها في الطب في استعمال الجسم الحي للتصوير. هذه الخصائص الفريدة لأشعة التيراهيرتز تجعلها مؤهلة للاستعمال في مختلف التطبيقات الطبية . وان أحدث الإنجازات في مجال التصوير الطبي بشكل كبير هو الكشف المبكر عن امراض السرطان وتسوس الاسنان قبل أن يكون مرئيًا أو حساسًا لأي وسيلة تعريف, والعلاج للعديد من الحالات المرضية.

اكتشف أحدث الأبحاث التي تهدف إلى فحص خصائص تيراهيرتز على سرطان الجلد وأنسجة سرطان الثدي والقولون أن معامل الانكسار ومعامل الامتصاص للأنسجة الورمية أعلى بالمقارنة مع الأنسجة الطبيعية. هذا التمييز ممكن بسبب ارتفاع محتوى الماء والتغييرات الهيكلية التي تحدث في السرطان. مع زيادة كثافة الخلايا والبروتين في الخلايا المتضررة من المرض.

التطبيقات الطبية المختلفة للتصوير بموجات التيراهيرتز هي:

- الكشف المبكر عن السرطان.
- تصوير الأنسجة (خزعة).
- العناية بالأسنان.
- اختبار الدم.
- تشخيص هشاشة العظام و التهاب المفاصل.
- التصوير المقطعي (Tomography Imaging)

اظهرت امكانيات تصوير التيراهيرتز لمجموعة واسعة من المواد لأن هذه الموجاتَ تَخترقُ تقريباً كُلّ المواد. من خصائص هذه الموجات بان لها فوائد واضحة اكثر من تقنيات التصوير الأخرى. حيث يوفر قياسات المجال الكهربائي الناتجة من موجات THz معلومات عن شدة وتردد الموجة. وباستعمال تحويل فورييه يتم الكشف عن خصائص مهمة لموجة THz. عند تطبيق هذه الموجات THz لعينة ما يمكن تحديد بنية العينة. من تصوير THz انه أصبح من الممكن أيضا الحصول على معلومات طيفية جنبا إلى جنب مع المعلومات التركيبية.

يمكن توليد موجات التيراهيرتز من عدة مصادر:

1. اشباه الموصلات (بلورات الحاله الصلبة).
2. البصريات الغير خطية
3. بلازما الهواء (تأين الهواء): وجد ان الهواء قادرعلى توليد موجات التيراهيرتز بشدة وأنماط انبعاثية اتجاهية عالية. بعرض نطاق اكبر من (100 THz), من خلال عملية تأين الهواء وتشكيل البلازما.
4. المياه السائلة: يعد الماء واحد من اغنى موارد الارض , يمكن توليد موجات التيراهيرتز من سمك رقيق من الماء اقوى ب 1.8 مرة من موجات التيراهيرتزالناتجة من بلازما الهواء بنفس الظروف التجريبية. لان الماء مركب شديد الامتصاص لموجات التيراهيرتز, فاعتقد الكثير من العلماء سيكون من المستحيل استعماله بهدف توليد موجات التيراهيرتز.

27. نظام الموقع العالمي GPS (Global Positioning System)

وهو نظام ملاحي عبر الاقمار الصناعية يوفر معلومات عن الموقع والوقت في جميع الاحوال الجوية في اي مكان على او بالقرب من الارض. يعتمد على موجات الراديو الصادرة من الاقمار الصناعية ويوفر:

(1) معلومات دقيقة عن المواقع ثلاثية الابعاد (خط طول وعرض وارتفاع).

(2) معلومات ملاحية (اي تحديد موقع المركبة وسرعتها واتجاه مقدمتها).

(3) تحديد الزمن المستعملين في كل انحاء العالم وبشكل مستمر ومستقل عن الشروط المحولة .

من مميزاتة يعطي دقة عالية جدا في حالة تحديد موقع وسرعة ووقت ويوفر تغطية عالمية واشارته متاحة للمستعملين في اي مكان على الارض سواء كان في الماء او الهواء او اليابسة. ويعمل في كافة الظروف الجوية وعلى مدى 24 ساعة باليوم . وله امكانية انجاز الكثير من العمل بعدد من الافراد وبجهود اقل.

اقسامة :- يتكون نظام ال (GPS) من ثلاثة اقسام رئيسية وهي كالاتي-:

1. قسم الفضاء ويتالف (24-31) قمر صناعي.
2. قسم التحكم.
3. قسم المستعمل.

طريقة عملة:

يتالف نظام تحديد الموقع من 31 قمر صناعي يحوم حول الكرة الارضية . يقوم كل قمر ببث اشارة تحدد موقعة وزمن بث الاشارة بوساطة ساعة ذرية . يقوم الجهاز الاستقبال GPS باستقبال ثلاثة اشارات قادمة من ثلاثة او اكثر من الا قمار الصناعية . فيسجل وقت الاستقبال وسرعة انتقال الاشارة (الموجة) لذا يمكن لجهاز ال GPS ان يحدد المسافة التي تفصل جهاز GPS عن القمر الصناعي (ليس الموقع) . وعند استقبال 3 اشارات من 3 اقمار صناعية مختلفة فان نقطة تقاطعهم تحدد موقع جهاز الاستقبال GPS .

28. نظام المعلومات الجغرافية GIS (Geographic Information System)

تقانه حاسوبيه لجمع وإدارة ومعالجة وتحليل وعرض البيانات ذات الطبيعة المكانية.

ويقصد بكلمة مكانية (Spatial) أن تصف هذه البيانات معالم (features) جغرافية على سطح الأرض، سواءأ كانت هذه المعالم طبيعية كالغابات والأنهار أم اصطناعية كالمباني والطرق والجسور والسدود. يستعمل مصطلح معالم للإشارة أيضاً إلى الظواهر البيئية مثل المد والجزر والتلوث وغيرها.

حيث يمتاز بالقدرات الآتية :

- إمكانية الربط بين البيانات المكانية والوصفية.
- القدرة على التعامل مع عدة طبقات من البيانات في وقت واحد.
- القدرة على تنظيم وتحليل المعلومات الجغرافية.
- المساهمة في دعم اتخاذ القرارات.

مصادر بيانات GIS:

1. علم الجغرافية وبناء ورسم الخرائط Cartography
2. علم المساحة والجيوديسيا Geodesy
3. علم الهندسة المدني والتخطيط العمراني.
4. علم الفوتوكرامتري Photogrammetry
5. علم البيئة.
6. علم الاستشعار عن بعد و نظام تحديد الموقع العالمي GPS
7. علم الرياضيات والاحصاء وعلم الحاسوب.

الشكل (42) مصادر بيانات GIS

مكونات المعلومات الجغرافية (GIS):

1- البيانات المكانية والوصفية (بيانات جغرافية وبيانات الجداول المتعلقة بها).
2- الآلات (Hardware) أجهزة الحاسوب.
3- البرامج (Software).
4- الاشخاص.

أنواع البيانات المكانية:

1- **البيانات المتجهة (Vector Data)** هي البيانات التي تكون على هيئة اشكال نقطة وخط ومساحة (Point, Line, polygon) تعبر بمجموعها عن العالم الحقيقي, تستعمل في وصف الأشياء الثابتة لكنة غير مفيد في وصف الأشياء دائمة التغير مثل نوع التربة، الحالة البيئية لمنطقة معينة أو شكل الشاطئ في فترة زمنية محددة

2- **البيانات الشبكية (Raster Data)** وهي البيانات الصورية مثل صور الاقمار فضائية او صور الخرائط حيث تترتب تلك البيانات بنظام الحاسبة الالكترونية على شكل خلايا منتظمة لكل خلية قيمة واحدة و هذه الخلية تسمى عنصر (البكسل)هو يدل على لون و ألوان العناصر تتراوح ما بين (255 – 0) لون, وتستعمل في وصف الأشياء الدائمة التغير في الشكل أو الخصائص.

أنواع البيانات المتجهة:

1- نقاط (Points).
2- خطوط (Lines).
3- مضلعات (Polygons).

مقارنة بين البيانات الاتجاهية والشبكية

Vector Data	Raster Data
اقتصادية	**غير اقتصادية تميل الى استهلاك مساحات تخزين كبيرة**
توفر مستوى عالي من الدقة في تمثيل الموقع وتحديد مكانه	**تتميز بوضوح منخفض**
استعمالها في الحسابات الرياضية صعب نسبيا	**اسهل في تنفيذ الحسابات الرياضية**

تطبيقات نظام (GIS):

1- إدارة الأزمات
2- الخدمات الطبية
3- التخطيط العمراني وحماية البيئة
4- الدراسات الاقتصادية والاجتماعية وتحسين الإنتاجية
5- استخدامات الأراضي وإدارة المرافق
6- استنتاج شكل سطح الأرض وبناء الخرائط.

فوائد نظم المعلومات الجغرافية (GIS):

- ✓ تخفيض زمن الإنتاج وتحسين الدقة.
- ✓ تخفيض العمالة.
- ✓ تخفيض التكلفة.

29. تحليل المرئيات

يمكن الإستفادة من البيانات المستشعرة في استخراج المعلومات المفيدة من المرئيات الذي يعرف بإسم تفسير و تحليل المرئيات. و تشمل تحديد او تعريف الأهداف المختلفة و قياسها من اجل استنباط معلومات مفيدة عنها .

الأهداف التي يمكن ظهورها على المرئية كالآتي :

1- اهداف قد تكون صورة نقطة او خط او مساحة مثل طريق مسطحات مائية, الخ.

2- أهداف قابلة للتمييز و تكون مختلفة عن الأهداف المحيطة بها لنفس المرئية.

يتم معظم تفسيروتحليل المرئيات بصورة بصرية او بشرية, و تتم هذه العملية بعد طباعة المرئيات على الورق او بفحص بيانات رقمية معروفة على شاشة الكومبيوتر.

في حالة توافر البيانات في الصيغة الرقمية ممكن عمل المعالجة والتحليل الرقمي بإستعمال الكومبيوتر والبرامج المتخصصة. يتميز التفسير البصري انه لا يحتاج الى اجهزة متقدمة او غالية الثمن مثل التفسير الرقمي, حيث انه مقصور على تحليل قناة واحدة او صورة واحدة في نفس الوقت. اما التحليل الرقمي في بيئة الكومبيوتر فإنه يتعامل مع مرئيات مركبة من عدة قنوات او من عدة ازمنة. وهومفيد جدا لتحليل عدة نطاقات و التعامل مع كم هائل من البيانات المستشعرة و بسرعة اكبر كثيرا من التحليل البشري .

30. عناصر التفسير البصري

ان تحديد الأهداف هو مفتاح لعملية التفسير و استخراج المعلومات. و تشمل هذه العملية محاولة رصد الإختلافات بين الأهداف و محيطها و المقارنه بين الأهداف المختلفة من خلال رصد بعض العناصر المرئية/ البصرية و منها: درجة اللون , الشكل , الحجم و النمط , النسيج , الظل و التواجد .

1. **درجة اللون (Tone):** هي اللمعان النسبي للمرئيات الغير ملونة, او اللون للمرئيات الملونة لهدف معين على المرئية. وتعد العامل الرئيسي للتمييز بين عدة اهداف او معالم .

الشكل (43) درجة اللون

2. **الشكل (Shape):** وهو الهيئة العامة اوالإطار الخارجي للهدف, وهو عنصر هام للتمييز بين عدة أهداف.

- **مثال** الحواف المستقيمة التي تدل على اهداف عمرانية او زراعية (حقول), بينما الأهداف الطبيعية مثل حواف الغابات تكون متعرجة الشكل.
- **مثال اخر** الحقول الزراعية التي يتم ريها باستعمال نظم الري الدائرية ستظهر على الصورة اشكال دائرية في المرئية.

الشكل (44) الشكل

3. **الحجم (Size):** يعتمد حجم الأهداف على المرئية على مقياس رسمها. مقارنة حجم هدف معين مع حجم الأهداف المحيطة به على المرئية يكون عاملا هاما في عملية التفسير.

- **مثال** منطقة مدنية بها العديد من المباني, فأن الاهداف اوالمباني الكبيرة ترجح وجود منشآة صناعية بينما الاهداف او المباني الصغيرة تشيرالى مباني سكنية.

الشكل (45) الحجم

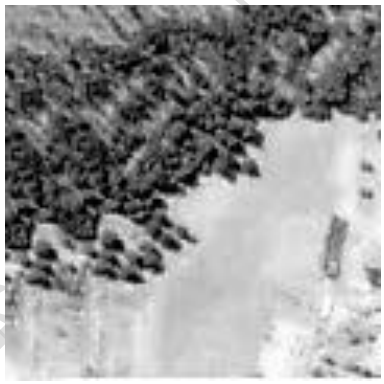
4. **النمط (Pattern):** هو الترتيب المكاني للأهداف القابلة للتمييز. ان التكرار المتماثل لنفس درجات اللون و النسيج ينتج عنها انماط يمكن تمييزها.

- **مثال** بساتين الفاكهة تتميز بالأشجار المتباعدة بصورة منتظمة ,وايضا الشوارع في مدينة و المساكن منتظمة المسافات.

الشكل (46) النمط

5. **النسيج (Texture):** يمثل ترتيب و تكرار الإختلافات في درجة اللون لمنطقة معينة على المرئية.

- ✓ **النسيج الخشن (rough):** يتكون من درجات لون متعددة حيث تتغير درجة اللون بصورة مفاجئة في منطقة صغيرة. يكون للاسطح الخشنة والتركيبات غيرالمنتظمة مثل الغابات.
- ✓ **النسيج الناعم (smooth) :** يكون له تغير بسيط في درجة اللون.عادة ما يكون النسيج الناعم نتيجة اسطح منتظمة مثل الحقول الزراعية والإسفلت والأرض العشبية .



الشكل (47) النسيج

6. **الظل (Shadow):** هوعامل مهم من عوامل التفسير البصري. يوفر لنا معلومات عن الإرتفاعات النسبية للأهداف على المرئية مما يسهل تمييزها. قد يكون الظل عائقا ايضا في عملية التفسير لإنه قد يؤثرعلى الأهداف الواقعة في منطقة الظل ذاتها. فائدة الظلال لتفسير التضاريس خاصة في مرئيات الرادار.

الشكل (48) الظل

7. **التواجد (Association):** عامل التواجد او الترابط يدل على العلاقة بين الأهداف المحيطة بالهدف المراد تمييزه .

- **مثال** المنشأت الصناعية تتواجد بالقرب من خطوط المواصلات, بينما المناطق السكنية تتواجد او تترابط مع المدارس و الملاعب.
- **مثال** وجود بحيرة مترابطة مع القوارب والمنطقة الترفيهية المجاورة, كما في الشكل (49).

الشكل (49) التواجد

31. معالجة الصور الرقمية

تعرف بأنها أحد فروع علم الحاسوب وهي مصطلح عام لمدى واسع من التقانات التي تهتم بأجراء مجموعة عمليات حاسوبية لمعالجة وتعديل الصور الرقمية بطرائق مختلفة بهدف تحسينها لمعايير محددة او استخلاص بعض المعلومات منها. الصورة الرقمية تمثل مصفوفة ثنائية الابعاد بواسطة الصفر والواحد (0, 1).

تاريخيا, فان حقل معالجة الصور الرقمية نمى من هندسة الكهرباء كتوسيع لفرع معالجة الاشارات.

تمر الصور الخام في نظام معالجة الصور الرقمية بمراحل عديدة متتالية قبل مرحلة تفسير وتحليل الصور وذلك لزيادة المقدرة التفسيرية لها وهي كالاتي:

1. استحصال الصورة بواسطة آلة التصوير.
2. المعالجة الابتدائية كتصفية الصورة من التشويش لغرض تحسينها او اجراء عمليات جبرية لها (جمع, طرح, ضرب وقسمة) او تدوير, الخ.....
3. تحسين الصورة ويقصد به ابراز التفاصيل المحجوبة او ببساطة توضح الخصائص المهمة في الصورة. مثل زيادة التباين في الصورة.
4. استعادة الصورة وهو محاولة اعادة بناء او استرجاع الصورة التي تعرضت (تدهور) بواسطة استعمال المعرفة المسبقة لظواهر التدهور.
5. ضغط الصورة تتعامل مع تقانات لخفض متطلبات التخزين لحفظ الصور, او متطلبات عرض الحزمة لغرض النقل.

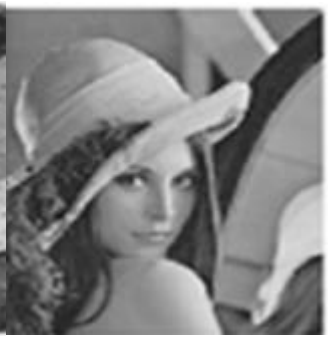
6. تقطيع او تقسيم الصورة لفصل المعلومات المهمة مثل فصل جسم عن الخلفية. تتعلق بأجراء تجزئة الصورة الى كائناتها.
7. تصنيف الانماط وهي عملية اخذ تلك المعلومات عالية المستوى وتحديد الكائنات في الصورة.
8. تمثيل ووصف الصورة, تمثيل الصورة تقوم بتحويل مخرجات مرحلة التقسيم الى صيغة تناسب معالجة الحاسوب. هذه الصيغة اما ان تكون حدود المناطق او كامل المنطقة نفسها. وصف الصورة تتعامل مع استخلاص الصفات وهي اكتساب معلومات صورة عالية المستوى مثل الحدود والاشكال والالوان للصورة.
9. تمييز الصورة وهي عملية وضع علامات للكائنات بالاعتماد على وصفها.

الصورة المستعادة

صورة بها تشويه

تحسين الصورة عن طريق تمديد التباين

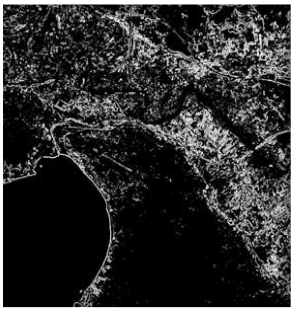
صورة ذات تباين ضعيف



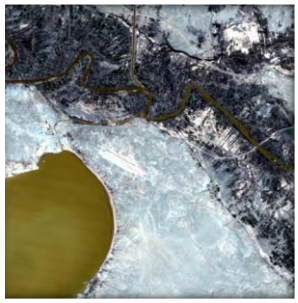
صوره تم ازالة الضوضاء او التشويش كمعالجة ابتدائية

صورة فيها تشويش

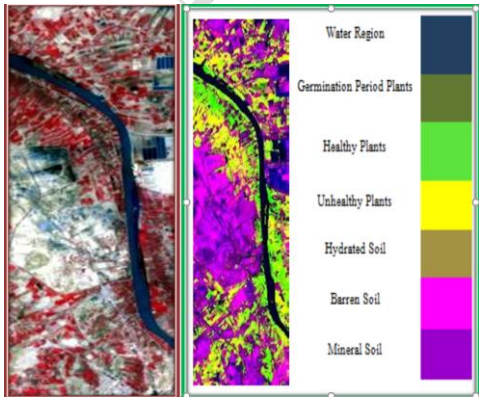
صورة قبل الضغط (102 كيلو بايت) ، صورة بعد الضغط (10.44 كيلو بايت)



تمثيل ووصف الصورة (ابراز حواف الكائنات)

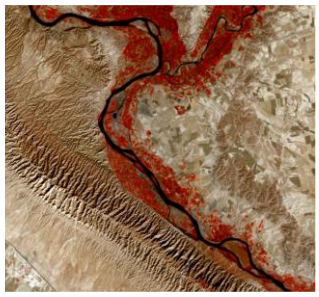


صورة فضائية لمنطقة الرمادي غرب العراق

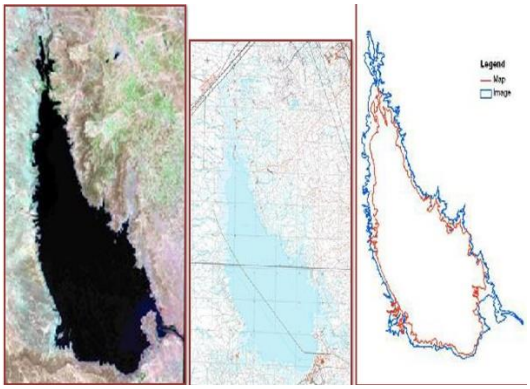


تصنيف الانماط و تمييز الصورة عن طريق وصف الكائنات بجدول (يمثل كل كائن بلون معين محدد بعملية التصنيف)

تقطيع الصورة لفصل مناطق المزروعات عن بقية اغطية الارض (كالتربة والمياه والابنية الخ)



صوره فضائية شمال مدينة سامراء



تمثيل ووصف الصورة (تم دراسة التغير بساحل بحيره الثرثار لسنتين مختلفتين باستعمال صورة فضائية وخارطة)

شكل (50) امثلة تطبيقية لمراحل معالجة الصور الرقمية

32. اهمية معالجة الصور الرقمية

توجد اهمية كبير للمعالجة الرقمية للصور في مجال فهم وادراك الصورة والتعرف على الانماط او الاشكال الملتطقة من أجهزة التحسس النائي لموارد سطح الارض. حيث يمكن استعمالها في المجالات المدنية والزراعية والعسكرية وفي الملاحة بالاعتماد على الخرائط او صور فضائية او جوية او طبية.

حيث يتم التعامل مع الصور الرقمية داخل الحاسوب كاشارة ثم تطبق طرائق المعالجة الرقمية او مراحلها لهذه الاشارة من خلال المرشحات (الفلاتر) والتعرف على الانماط او الاجسام ضمن الصورة مثلا تحسس وجود اورام في صورة شعاعية.

عندما تلتقط الصور باجهزة التحسس النائي يتم حفظها بأحد النساقات او الصيغ اشهرها كالاتي:

1. JPEG (للصور او البيانات ذات حجوم صغيرة (تضغط البيانات))
2. TIFF (يستعمل للخرائط)
3. BMP (للصور ذات الحجوم الكبيرة)
4. IMG (للصور الفضائية في برامج المعالجة الصورية)
5. PNG (للرسومات المتحركة)

اغلب الصيغ بصورة عامة تتضمن معلومات الرأس (Header) والبيانات الخام للصورة وتشمل:

1. عدد الصفوف (الارتفاع).
2. عدد الاعمدة (العرض).
3. عدد الحزم.
4. عدد البتات لكل نقطة.
5. نوع الملف.
6. قد يتضمن معلومات عن ضغط الصورة.

33. المعالجة الأولية للصور (Image Preprocessing)

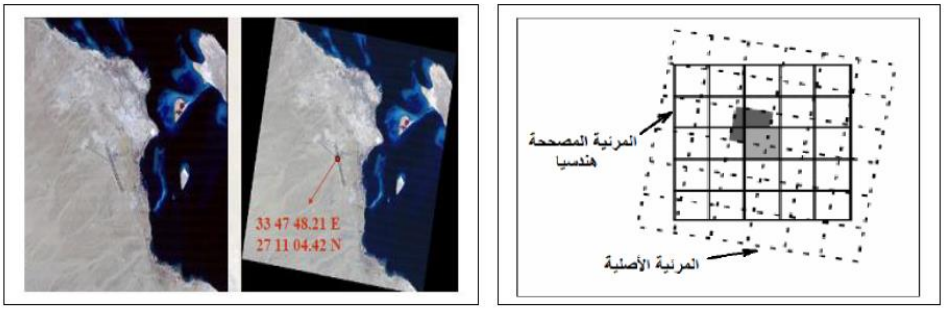
تهدف الإجراءات إلى تصحيح الصور المشوهة لإيجاد تمثيل حقيقي للمشهد الأصلي، وتعتمد طبيعة المعالجة كلياً على خصائص جهاز التحسس النائي المستعمل في الحصول على هذه الصور الفضائية وتتضمن عملية المعالجة هذه تصحيح التشوهات الهندسية وإزالة التشوهات الإشعاعية وإزالة الضجيج.

1. التصحيحات الهندسية للتشوهات (Geometric Correction):

إن علمية تصحيح الصور الفضائية تعطي الصورة الصفة المكانية حيث يمكن ربطها مع الخرائط الجغرافية وربط الصور المتجاورة ببعضها ويمكن إجراء التحاليل المكانية مثل الاطوال والمساحات. تحتوي الصور الخام عادة على تشوهات هندسية بحيث لا يمكن أن نعمل منها خرائط أو ناخذ منها قياسات مباشرة، وتتراوح مصادر هذه التشوهات بين تغير ارتفاع منصة جهاز التحسس النائي، وسرعة القمر الصناعي، وبين بعض العوامل الأخرى مثل انحناء سطح الأرض، وانكسار الأشعة في الغلاف الجوي والازاحة بفعل اختلاف التضاريس والغرض من التصحيح الهندسي هو تصحيح هذه التشوهات التي تسببها هذه العوامل بحيث تجعل الصور المصححة موحدة هندسياً مع الخارطة.

تكون دقة الابعاد في بيانات الاقمار الصناعية مختلفة عما عليه بالحقيقة وذلك ناتج عن الاختلاف في ارتفاع وسرعة القمر الصناعي ولتفادي ذلك يتم تصحيح الأبعاد بالرجوع إلى نقاط الضبط الأرضية (**Ground Control Point = GCPs**) حيث تعاد نمذجة على هذه النقاط ويتم إنجاز التصحيح الهندسي على مرحلتين: -

- **المرحلة الاولى:** تعالج التشوهات المنتظمة مثل الناتجة عن انحراف المسح، سرعة القمر، دوران الأرض، حيث يمكن تصحيح التشوهات المنتظمة بتطبيق صيغ رياضية يتم الحصول عليها بتحليل مصادر التشوهات رياضياً.
- **المرحلة الثانية**: تعالج التشوهات غير المنتظمة حيث يتم تصحيحها بربط الصور الفضائية بنقاط تحكم أرضية كافية وموزعة توزيعاً جيداً وفق معادلات الضبط المعروفة.



شكل (51) التصحيح الهندسي للتشوهات الهندسية باستعمال نقاط التحكم الأرضية

يوضح الشكل اعلاه التصحيح الهندسي للتشوهات الهندسية باستعمال نقاط التحكم الأرضية نتيجة:

1. الالتواء في البيانات نتيجة لدوران الأرض (Skewing).
2. تطابق المشهد أو البيانات مع الخارطة (Image Registration).

2. التصحيحات الإشعاعية (Radiometric Correction):

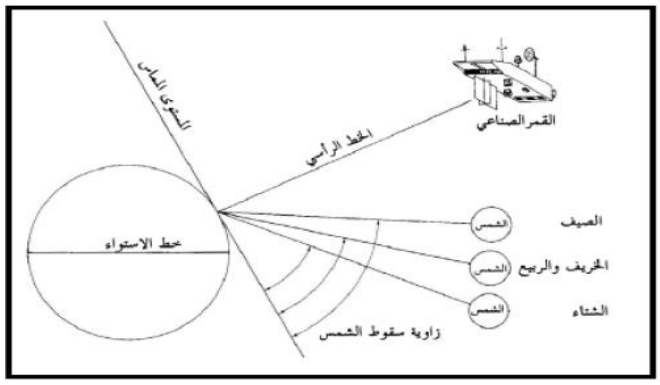
أ. إزالة التشوهات الإشعاعية الناتجة عن عدم استجابة أحد أجهزة التحسس النائي.

ب. إزالة التشوهات الإشعاعية الناتجة عن تأثير الغلاف الجوي (Atmospheric scattering correction) أن تأثير الاستطارة الذي تحدثه مكونات الغلاف الجوي وخصوصاً للأطوال الموجية القصيرة (الأزرق وفوق البنفسجية) يسبب تشتت هذه الأطوال وتبعثرها، وهذا التشتت يسبب إضاءة عالية على القنوات ذات الطول الموجي القصير وبالتالي سوف يؤدي إلى عدم وضوح المعالم الأرضية لها ولهذا يتم معالجة هذه الإضاءة العالية.

ت. إزالة التشوهات الإشعاعية الناتجة عن وضعية الرؤية وخصائص جهاز التحسس النائي.

ث. إزالة التشوهات الإشعاعية الناتجة عن تغير زاوية الإضاءة.

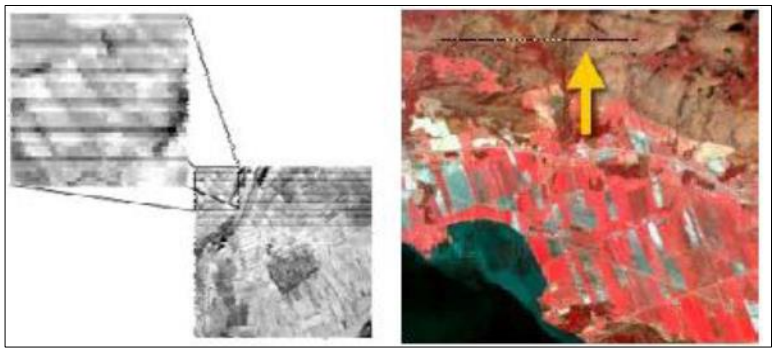
ففي الدراسات التي تتطلب صوراً من أزمنة أو مواقع مختلفة لابد من تصحيح زاوية ارتفاع الشمس لتقدير موقع الشمس في الفصول المختلفة بالنسبة للأرض في حساب شدة انعكاس الأشعة من الأجسام.



شكل (52) اختلاف زاوية سقوط الشمس باختلاف فصول السنة

3. إزالة الضجيج (الضوضاء أو خطوط الاضطراب) (Missing Scanning Line or Noise Removal):

ضجيج الصور هو أي اضطراب غير مرغوب فيه في معطيات الصور الفضائية ينجم عن قصور في جهاز التحسس النائي، حيث يتوقف جهاز التحسس النائي عن العمل أثناء عملية المسح مما ينتج عنه ظاهرة ظهور الخطوط البيضاء ويجب إزالة هذا الضجيج آلياً عن طريق بعض البرامج المتوفرة التي بدورها تحسب المتوسط الحسابي بين السطور (الأعلى والأسفل مثلا) وتعيد المعلومات المفقودة، دون المساس بالسطور الأخرى.



شكل (53) ظاهرة ظهور الخطوط أو ظاهرة التخطيط

1. الحسن, عصمت محمد, 2007, "معالجة الصور الرقمية في الاستشعار عن بعد", جامعة الملك سعود, كلية الهندسة.
2. داود, جمعه محمد ٢٠١٥, " اسس تطبيقات الاستشعار عن بعد", القاهره, جمهوريه مصر العربية.
3. عاشور, مصباح محمد, 2006, "الاستشعارعن بعد اسس وتطبيقاته", كلية الاداب, قسم السياحة والاثار.
4. الطائي, محمد عيدان محمود, 2017, " محاضرات منهج الاستشعارعن بعد ", المعهد التقني بالموصل, قسم المساحة.
5. الداغستاني ؛ نبيل صبحي ٢٠٠٣؛ "الاستشعاري يعد الاساسيات والتطبيقات" ؛ دار المناهج ؛ عمان الاردن
6. خليل , تور كان احمد, 2008, " تمييز المظاهر الارضية بإستخدام التحسس النائي", كلية الهندسة / جامعة الموصل.
7. شولي, منار محمد احمد, 2008, "دراسة غطاءات الأراضي في منطقة نابلس باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد", كلية الدراسات العليا / جامعة النجاح الوطنية.
8. إبراهيم, ناصر طراف, 2019, " معالجة الصور الفضائية عالية الدقة للمسح السريع في إعداد الخرائط الغرضية واستعمالات الأراضي", مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية.

التحسس النائي / أ. د. تغريد عبد الحميد ناجي