

الاستشعار عن بعد

1. المقدمة:

يعتمد تطور أي بلد على جمع وحصر المعلومات الجغرافية في الموارد الطبيعية والاقتصادية الصناعية وغيرها ، وذلك لاستخدامها في التنمية الشاملة والتخطيط المستقبلي ولإيجاد حلول للمشكلات المرتبطة بذلك البلد ، وقد تعددت أساليب ومصادر هذه الأساليب التقليدية مثل (الأعمال الميدانية والخرائط والاحصاءات وجمع المعلومات) وغير ذلك ، إلا أن التوسع في الحاجة إلى البيانات الجغرافية ، سواء من حيث الحجم المساحي أو دقة التفاصيل جعلت الأساليب التقليدية غير عملية وغير كافية من حيث السرعة في الحصول على المعلومات ودقتها.

وقد شهد العالم اليوم تطورا كبيرا في ابتكار طرق جديدة لاستكمال جمع البيانات عن الأهداف الأرضية دون الوصول إليها وملاستها وهو ما يعرف بعلم الاستشعار عن بعد إذ وفر هذا العلم بيانات ذات شمولية أكبر ودقة أعلى وكلفة أقل وفوائد أخرى كثيرة سنذكرها لاحقاً ، مما أدى إلى اتساع استخدامه وتطبيقه في الدراسات والمجالات المختلفة مثل (الدراسات المائية والزراعية والجيولوجية والبيئية) وغيرها والتي تعد ذات أهمية كبرى في وضع وصياغة الخطط التنموية والمستقبلية للبلدان في العالم.

2. تعريف ومفهوم الاستشعار عن بعد:

يعرف الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) بأنه هو علم وفن الحصول على معلومات عن جسم أو منطقة أو ظاهرة من خلال تحليل معطيات يتم اكتسابها بجهاز استشعار لا يلمس ذلك الجسم أو الظاهرة المدروسة باستخدام الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من ذلك الجسم أو الظاهرة. وهناك عدة تسميات مترجمة تطلق على مصطلح (Remote Sensing) ، منها الاستشعار عن بعد أو التحسس النائي أو الاستشعار من بعد أو الكشف عن بعد أو الجس النائي.

ويشبه الاستشعار عن بعد في كثير من الوجوه عملية القراءة فقراءتك لهذه الكلمات هي في الواقع استشعار عن بعد، إذ تقوم عيونك بدور المستشعرات أو المتحسسات (Sensors) تتحسس بالضوء المنعكس من هذه الصفحة، والمعطيات التي هي تحصل عليها عيونك هي نبضات تتناسب مع كمية الضوء المنعكس من المساحات المضيئة والمظلمة من الصفحة ويقوم حاسوبك العقلي بتحليل هذه المعطيات وتفسيرها ليتمكنك من تفسير المساحات المظلمة من الصفحة المقروءة على أنها مجموعة من الحروف المكونة لكلمات بعد ذلك تستطيع التعرف على الجمل التي تكونها الكلمات وتفسير معاني المعلومات التي تتضمنها الجمل. وبعبارة أخرى ادق فإن الاستشعار عن بعد بمفهومه الشائع يهدف إلى الحصول على معلومات حول موارد الأرض الطبيعية وتحديد مواقعها ورصدها ومراقبتها من خلال تحليل معطيات يتم اكتسابها بأجهزة المستشعرات وبدون تماس مباشر لتلك الموارد ، وأن المعطيات تدل على الأسلوب الذي تصدر به سطوح معالم الأرض المختلفة للطاقة الكهرومغناطيسية وتعكسها.

3. لمحة تاريخية عن مراحل تطور الاستشعار عن بعد

كانت البدايات الحقيقية الأولى لعلم الاستشعار عن بعد منذ اختراع آلة التصوير في عام (1839)م، وأخذت أول صورة من الجو عام (1858)م على ارتفاع (80) متر لقرية فرنسية بواسطة البالون ، ثم جاء اختراع الاخوين رايت للطائرة في عام (1903)م ، الذي ساهم بشكل رئيسي في تطوير طرق التصوير الجوي، إذ أخذت أول صورة بالطائرة عام (1909)م لمدينة إيطالية ، وفي عام (1915)م تم تصميم وتصنيع جهاز تصوير خاص بالطائرات من قبل ضابط في سلاح الجو البريطاني ، وكانت البداية الحقيقية لتفسير الصور الجوية خلال الحرب العالمية الأولى، وقد ساعد ذلك على ظهور أجهزة الرؤيا المجسمة (الستيريو سكوب) وبتلاتة أبعاد للصور الجوية في عام (1915)م الصورة (1) ، واستخدمت الصور الجوية عام (1920)م في عمليات التنقيب عن النفط ، ثم ساعد تطور علم العدسات عام (1934)م في الحصول على صور جوية بمقاييس صغيرة ، وأستمر استخدام الصور الجوية في عمليات الاستكشاف والحصر وأنتاج الخرائط الشاملة ولمناطق شاسعة ، إلى أن استخدمت الصور الجوية في عمليات التجسس في الحرب العالمية الثانية ، وذلك لتحديد الأهداف العسكرية وتقدير الخسائر وحصرها.

صورة (1) جهاز الستروسكوب



المصدر: www.fotoartbook.com

ولم تكن لدى الولايات المتحدة الأمريكية أي خبرة في تفسير الصور الجوية عند دخولها في الحرب العالمية الثانية، لذا قامت بإنشاء مدرسة تحليل الصور الجوية التابعة لسلاح البحرية الأمريكية في عام (1942)م، التي خرجت الآلاف من المتخصصين والمحللين في هذا المجال بعد نهاية الحرب، ثم انتشرت وازدادت عدد المعاهد والمؤسسات الأكاديمية والجامعات التي تدرس موضوع التصوير الجوي عام (1946)م إلى حوالي 13 مركزاً أكاديمياً في الولايات المتحدة الأمريكية.

ومع بداية عصر الفضاء والاتصالات بالأقمار الصناعية، أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية عام (1946)م صاروخاً لغرض الاستكشاف الفضائي على ارتفاع (120) كيلومتر، وفي عام (1957)م أطلق الاتحاد السوفيتي القمر الصناعي الأول، وبعدها أطلقت أمريكا أول أقمارها الصناعية في عام (1958)م. وتوالى الإنجازات حتى تم في عام (1965)م إطلاق أول مركبة مأهولة أطلق عليها (جيمني 3) وأستمر التصوير الفضائي في سلسلة رحلات (أبولو) التي بدأت عام (1968)م وانتهت عام (1972)م، وفي منتصف عام (1972)م وضع القمر الصناعي الأمريكي (لاندسات 1 - Landsat-1) في مداره حول الأرض، وتبع برنامجي (أبولو وجيمني) برنامج المعمل الفضائي الذي استمر ثمانية أشهر ما بين (1973) و (1974)م، إذ تم من خلالها إرسال ثلاث رحلات مأهولة، ومن أهم المجالات التي استفادت من تجارب المعمل الفضائي (الجغرافية، الغابات، الزراعة، التلوث البيئي، الطقس والمناخ، دراسة البحار والمحيطات، دراسة الموارد الطبيعية، دراسة الموارد المائية، استخدام الأراضي) وغيرها، ومن أهم الأقمار الحالية والمستقبلية على سبيل المثال لا الحصر: القمر الصناعي الأمريكي إيكونوس (Ikonos) القمر الصناعي الأمريكي كويك بيرد (Quick Bird) القمر الصناعي الأمريكي لاندسات - 7 (7- Landsat)، القمر الصناعي الأمريكي نوا (NOAA)، القمر الصناعي الفرنسي سبوت (Spot) وغيرها يلاحظ الجدول (1).

جدول (1-4) أهم الأقمار الصناعية وتاريخ إطلاقها.

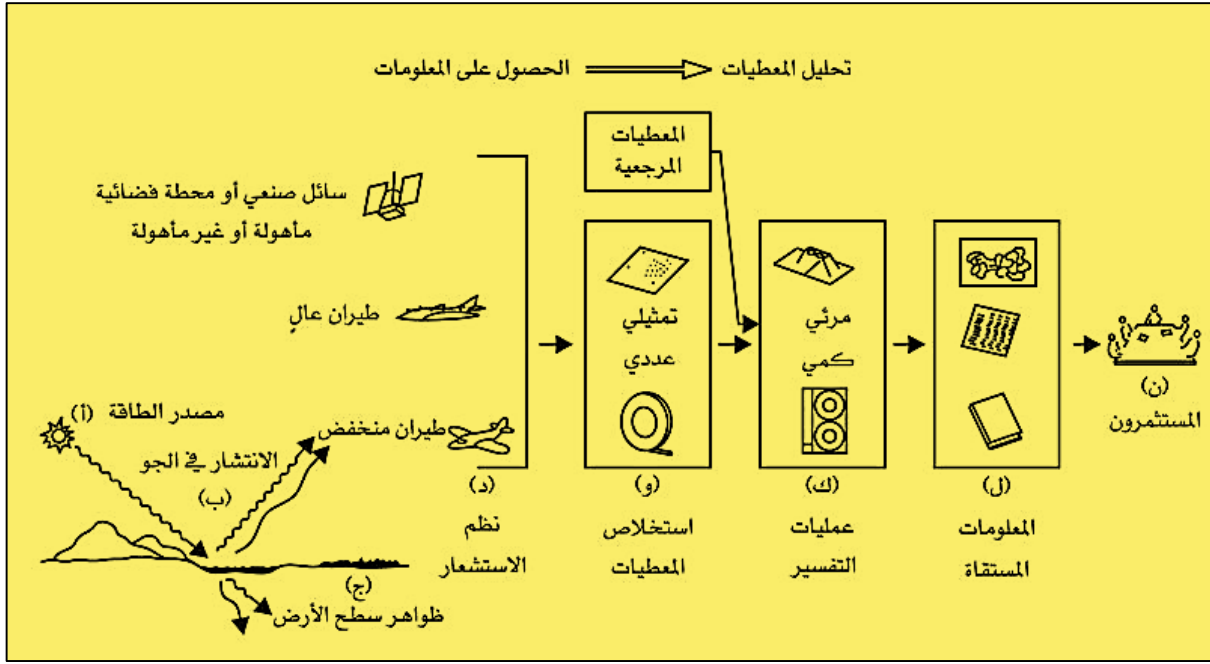
ت	مالك القمر	اسم القمر	تاريخ الإطلاق	الملاحظات
1	الولايات المتحدة الأمريكية	Landsat-1	1972	انتهى العمل به في 1978
2	الولايات المتحدة الأمريكية	Landsat-2	1975	انتهى العمل به في 1983

	1975	NOAA-6	الولايات المتحدة الأمريكية	3
انتهى العمل به في 1983	1978	Landsat-3	الولايات المتحدة الأمريكية	4
	1981	NOAA-7	الولايات المتحدة الأمريكية	5
	1982	Landsat-4	الولايات المتحدة الأمريكية	6
	1983	NOAA-8	الولايات المتحدة الأمريكية	7
	1984	Landsat-5	الولايات المتحدة الأمريكية	8
	1984	NOAA-9	الولايات المتحدة الأمريكية	9
	1985	RUSURS	الاتحاد السوفيتي	10
	1986	SPOT -1	فرنسا	11
	1986	NOAA-10	الولايات المتحدة الأمريكية	12
	1988	RUSURS	الاتحاد السوفيتي	13
	1988	IRS-1A	الهند	14
	1988	NOAA-11	الولايات المتحدة الأمريكية	15
	1990	SPOT -2	فرنسا	16
	1991	IRS-1B	الهند	17
	1991	NOAA-12	الولايات المتحدة الأمريكية	18
	1993	SPOT -3	فرنسا	19
حدث فشل في الاطلاق	1993	Landsat-6	الولايات المتحدة الأمريكية	20
حدث فشل في الاطلاق	1994	NOAA-14	الولايات المتحدة الأمريكية	21
	1994	RUSURS	الاتحاد السوفيتي	22
	1995	IRS-1C	الهند	23
	1995	RADASAT	كندا	24
	1997	IRS-1D	الهند	25
	1998	RUSURS	الاتحاد السوفيتي	26
	1998	SPOT -4	فرنسا	27
	1998	NOAA-15	الولايات المتحدة الأمريكية	28
	1998	Landsat-7	الولايات المتحدة الأمريكية	29
	1999	IKONOS	الولايات المتحدة الأمريكية	30
	2000	EROS-A	الولايات المتحدة الأمريكية	31
	2000	NOAA-16	الولايات المتحدة الأمريكية	32
	2001	QUICK BIRD	الولايات المتحدة الأمريكية	33
	2002	SPOT -5	فرنسا	34
	2002	NOAA-17	الولايات المتحدة الأمريكية	35

4. العناصر الأساسية للاستشعار عن بعد

يلاحظ من الشكل (1) بان هناك اربعة عناصر أساسية يقوم عليها مبدأ الاستشعار عن بعد وهي:

الشكل (1) العناصر الأساسية للأستشعار عن بعد



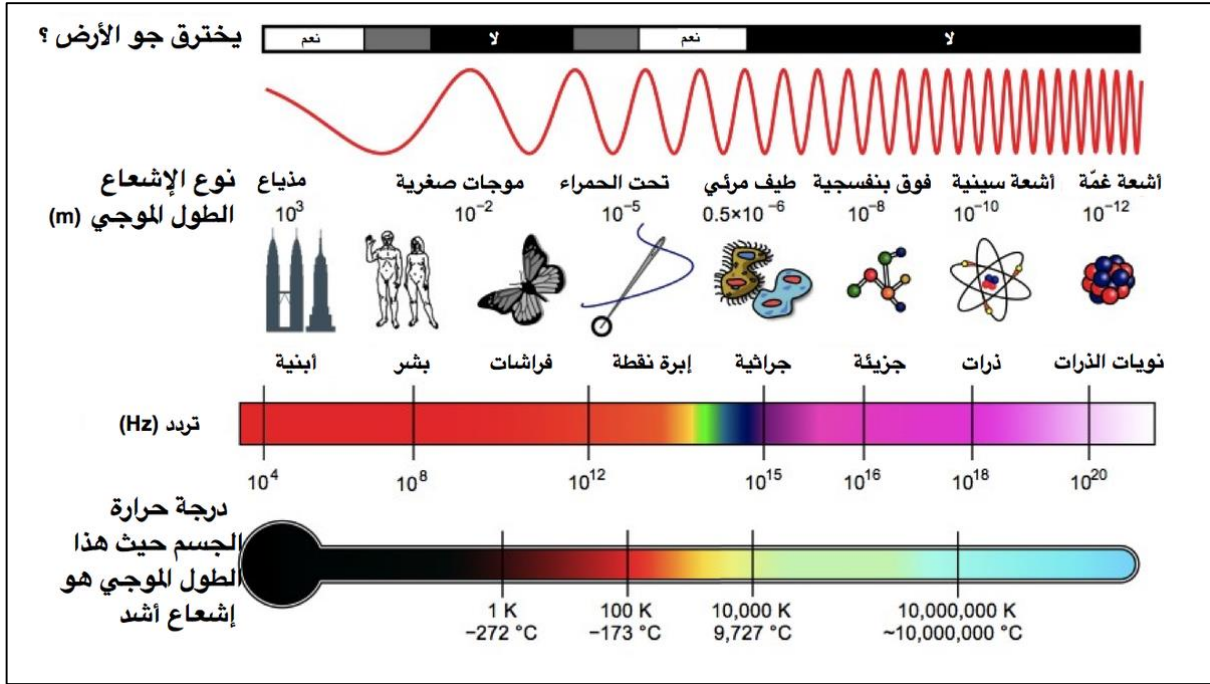
5. مصدر الاشعاع (الطاقة الكهرومغناطيسية) Radiation Source (Electromagnetic Energy)

ويكون في معظمه مصدرا اشعاعياً ناتجا عن الطاقة الكهرومغناطيسية (Electromagnetic Energy) التي تأتي من الشمس وتتألف من مجموعة كبيرة من الموجات المختلفة في اطوالها ، اذ يستخدم مصطلح (الطيف الكهرومغناطيسي) لوصف مجالات الاشعة القصيرة والمتوسطة والطويلة، ويقسم الى مجالات طيفية وتعرف احيانا بالنطاقات الطيفية او الباندات (Bands)، كما يلاحظ في الشكل (2). ومن أهمها حسب اطوالها الموجية من الاقصر الى الاطول (اشعة كوزمك الكونية ، أشعة كاما، الاشعة السينية (أكس) ، الاشعة فوق البنفسجية الاشعة المرئية، الاشعة تحت الحمراء الاشعة تحت الحمراء الحرارية ، الاشعة المايكروية (القصيرة) ، موجات التلفزيون والراديو والطاقة الكهربائية.

ومن المجالات الطيفية الأكثر استخداما وشيوعا في تقنية الاستشعار عن بعد هي: الاشعة المرئية، الاشعة تحت الحمراء ، ، الاشعة تحت الحمراء الحرارية والاشعة المايكروية (القصيرة).

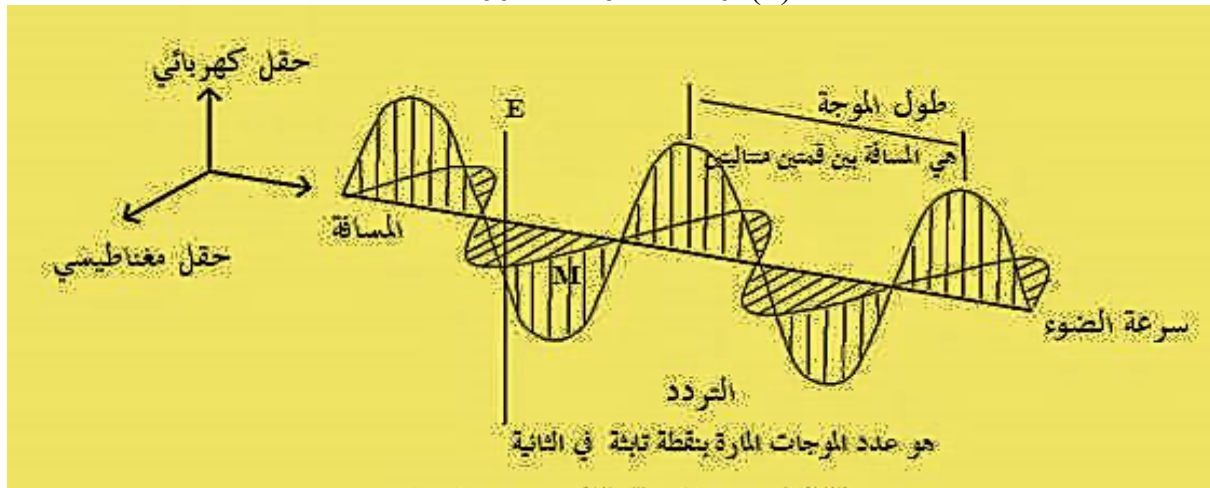
وتعد الطاقة الكهرومغناطيسية هي الأساس في عمل الاستشعار عن بعد وحجر الزاوية فيه، وذلك لاكتشاف وقياس الخصائص الفيزيائية والكيميائية وللجسام والظواهر الارضية التي يدرسها الاستشعار عن بعد، اذ تعتمد تقنية الاستشعار عن بعد على الطاقة المنعكسة او المنبعثة من هذه الاجسام والظواهر الارضية، وهذه الطاقة ممكن ان تكون طاقة الضوء المرئي أو الطاقة الحرارية او اي نوع من أنواع الطاقة الكهرومغناطيسية ، ويتوجب أن يكون لدى مفسر ومحلل بيانات الاستشعار عن بعد فهم كامل للسلوك الطيفي والخصائص الاشعاعية لمظاهر سطح الارض. يقصد بالطاقة أو الطيف الكهرومغناطيسي بانها شكل من اشكال الطاقة التي تتكون من موجتين او مركبتين الموجة الكهربائية وهي الشاقولية والموجة المغناطيسية وهي الأفقية وجميعها تنتشر في الفضاء بشكل متناسق والمقصود بالتناسق بان امواج الطاقة تسير بسرعة متساوية تساوي سرعة الضوء (سرعة الضوء 300000 كم في الثانية)، وكلما قطعت الموجة الكهرومغناطيسية مسافة أطول كلما ضعفت قوتها. وتحدد الموجات الكهرومغناطيسية يلاحظ الشكل (4)- (3) بخاصيتين هما:

الشكل (2) الاطوال الموجية المختلفة للطيف الكهرومغناطيسي



- 1- الطول الموجي (Wave length) : وهي المسافة بين قمتين متتاليتين (ذروتين متتاليتين) في الموجة الكهرومغناطيسية
- 2- التردد (Frequency: F): وهي عدد القمم في نقطة ثابتة في القضاء في وحدة الزمن. الشكل (3) مركبات الموجة الكهرومغناطيسية

الشكل (3) مركبات الموجة الكهرومغناطيسية



وهناك مصدرين للطاقة الكهرومغناطيسية الأول طبيعي وهو الشمس والآخر صناعي مصدره القمر الصناعي نفسه ، ووفقا لذلك هناك نوعان من الاستشعار عن بعد هما :

أ - نظام الاستشعار عن بعد السلبي أو الحامل (Passive System) : وهو النظام الذي يعتمد على المصدر الطبيعي للطاقة الكهرومغناطيسية وهو الشمس، مثل التصوير المرئي باستخدام طاقة الضوء المرئي اللون

الاحمر الاخضر والازرق والتصوير الحراري، بحيث تنطلق الاشعة الكهرومغناطيسية من الشمس فتنعكس او تنبعث من الاجسام فيستقبلها جهاز الاستشعار.

ب - نظام الاستشعار عن بعد الفاعل (Active System) وهو النظام الذي يعتمد على المصدر الصناعي للطاقة الكهرومغناطيسية، بحيث يصدر جهاز الاستشعار أشعة كهرومغناطيسية تنعكس من الاجسام ويستقبلها من الاجسام ثم يستقبلها جهاز الاستشعار مرة اخرى، وهو ما يعرف بالرادار

وكما ذكرنا في اعلاه فان الطول الموجي يعد العامل الاساسي في تصنيف الصورة وطبيعة المعلومات المستنبطة منها، لذا تقسم صور الاستشعار عن بعد (الصور الجوية والفضائية تبعاً للطول الموجي مثل الصور المرئية الصور تحت الحمراء الحرارية، الصور ذات الموجات الميكروية وغيرها). علماً أن جميع الصور تكون مرئية بطبيعة الحال، ولكن كل نوع من الصور يلتقط بمجالات طيفية معينة مثل اشعة الضوء المرئي او موجات تحت الحمراء او موجات حرارية او موجات ميكروية (الأموج القصيرة ولكل منها فائدة تطبيقية معينة).

6. مسار انتقال الاشعة

في نظام الاستشعار عن بعد تمر الطاقة الكهرومغناطيسية من المصدر الى الهدف ومنه الى جهاز الاستشعار كما يلاحظ من الشكل (3) سابقاً ، ويؤثر الغلاف الجوي في انتشار الطاقة بين مصدر هذه الطاقة وبين الهدف وجهاز الاستشعار المحمول على متن الاقمار الصناعية وبالتالي يؤثر في التحليل الطيفي للصور الفضائية، وهناك ثلاث حالات للطاقة عند انتقالها عبر الغلاف الجوي وهي:-
أ - التشتيت : وهو تأثر للاشعاع الصادر من الشمس لا يمكن توقعه ويحدث بسبب الجزيئات الموجودة في الجو.

ب - الامتصاص: بسبب الامتصاص فقداناً للطاقة عند طول موجي معين ضمن نطاقات تسمى نطاقات الامتصاص ويتم الامتصاص للاشعاعات الشمسية بواسطة بخار الماء وثنائي اوكسيد الكربون والاوزون
ج - النفاذ : وهو الجزء من الاشعاع الشمسي الذي يصل الى الارض من خلال نطاقات تسمى بالنوافذ الجوية أو نطاقات النقل الجوي، التي تسمح بمرور جزء من موجات الاشعاع الكهرومغناطيسي عبر الغلاف الجوي من دون ان تتعرض للتشتيت او الامتصاص ، كما الغلاف الجوي يسمح بانتقال الطاقة في نطاقات تسمى النوافذ الجوية أو نطاقات النقل الجوي، وبهذا يتحدد المجال الطيفي الذي يمكن استخدامه لاجهزة الاستشعار، ويتبين في الجدول (2) اهم المجالات الطيفية المستعملة في اجهزة الاستشعار عن بعد وبعض تطبيقاتها.

الجدول (2) اهم المجالات الطيفية المستعملة في اجهزة الاستشعار عن بعد وبعض تطبيقاتها.

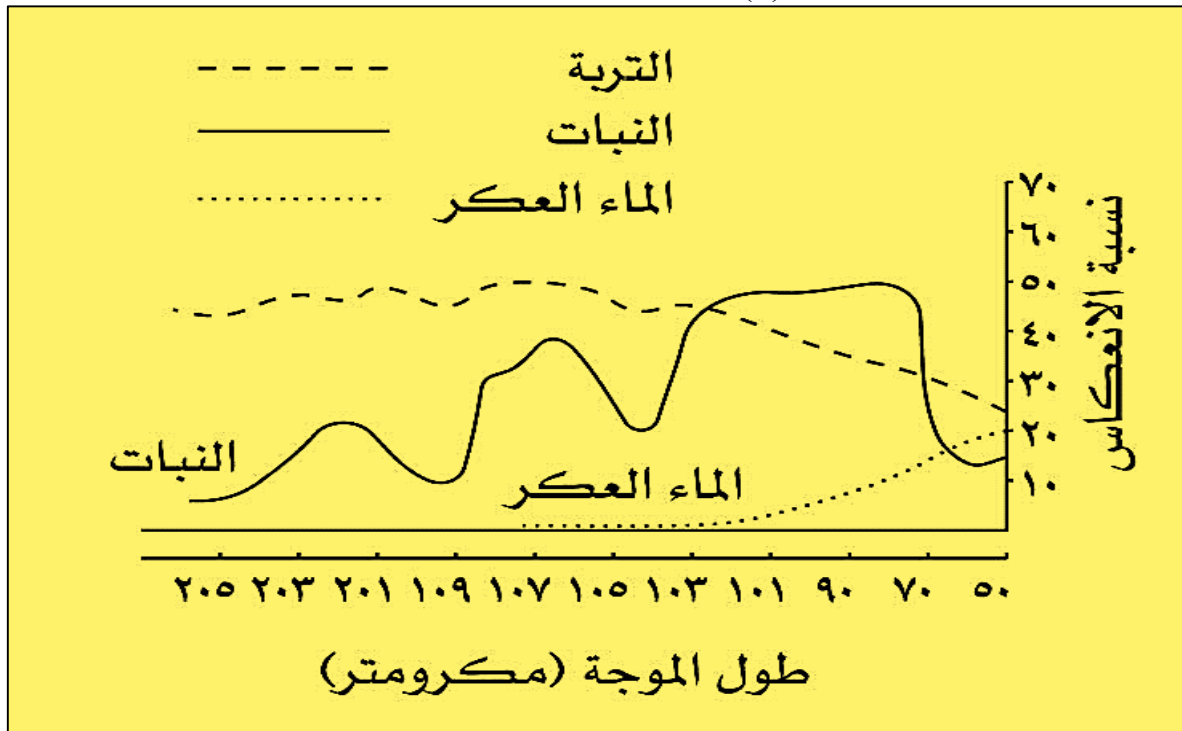
الاستخدام	طول الموجة (مايكرومتر)	القناة
التمييز بين التربة و النباتات، رسم خطوط الشواطئ، تحديد الأهداف العمرانية	٠.٤٥ - ٠.٥٢	TM 1
خرائط النباتات الأخضر (قمة الانعكاس)، تحديد الأهداف العمرانية	٠.٥٢ - ٠.٦٠	TM 2
التمييز بين النباتات و غير النباتات حتي وان كانت خضراء اللون، تحديد الأهداف العمرانية	٠.٦٣ - ٠.٦٩	TM 3
تحديد أنواع و صحة و محتوى النباتات، رطوبة التربة	٠.٧٦ - ٠.٩٠	TM 4
رطوبة التربة ورطوبة النبات، التمييز بين المناطق المغطاة بالسحب و المغطاة بالثلوج	١.٥٥ - ١.٧٥	TM 5
رطوبة التربة و عمل الخرائط الحرارية	١٠.٤ - ١٢.٥	TM 6
التمييز بين أنواع الصخور و المعادن، محتوى الرطوبة في التربة	٢.٠٨ - ٢.٣٥	TM 7

3 - الهدف (تفاعل الطاقة مع المعالم او السمات على سطح الاض):

يطلق تسمية الهدف على جميع العناصر من سطح الارض كالمباني، المياه، التضاريس، وغيرها او ماتحت سطح الأرض كالصخور والنفط والمياه الجوفية وغيرها ، او في الغلاف الجوي كالظواهر المناخية التي تضمن مجال رؤية جهاز الاستشعار، فالطاقة تسقط من مصدرها على سطح الاهداف فتتفاعل معها وتقوم اجهزة الاستشعار عن بعد بتحسس اثار هذا التفاعل ، فمن المعروف أن الاجسام المختلفة فيزيائيا وكيمياويا تعيد أنواعا مختلفة من الطاقة ، ويمكن معرفة هوية هذه الأهداف من معرفة مقدار الأشعة المنعكسة من هذه الاهداف، لأن أي هدف يعكس ويمتص الأشعة، ولكن قيمة الطاقة المنعكسة او الممتصة أو النافذة تتغير قيمتها بتغير الاهداف وخصائصها الطيفية ، وهذا الانعكاس هو المهم في تطبيقات الاستشعار عن بعد.

ان مبرر استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في دراسات موارد الأرض هو أن ظواهر السطح ذات الخصائص المختلفة تعكس (Reflect) بين المديات الطيفية (0.3 - 3 ميكرومتر) أو تبعث وتصدر (Emit) بين المديات الطيفية (3 - 15 ميكرومتر) كميات مختلفة من الإشعاع في الأقسام المختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي. يلاحظ من الشكل (4) الانعكاسات الطيفية لاهداف ارضية مختلفة

الشكل (4) الانعكاسات الطيفية لاهداف ارضية مختلفة



ان هذا الاختلاف في خاصية الانعكاس هو المهم في التطبيقات المختلفة للاستشعار عن بعد ، وتتأثر الانعكاسات الطيفية بالعوامل الآتية :

- أ - طول الموجة الكهرومغناطيسية.
- ب - زاوية سقوط الأشعة.
- ج - الخواص الفيزيائية والكيميائية للهدف المرصود.
- د - تركيب سطح الهدف المرصود

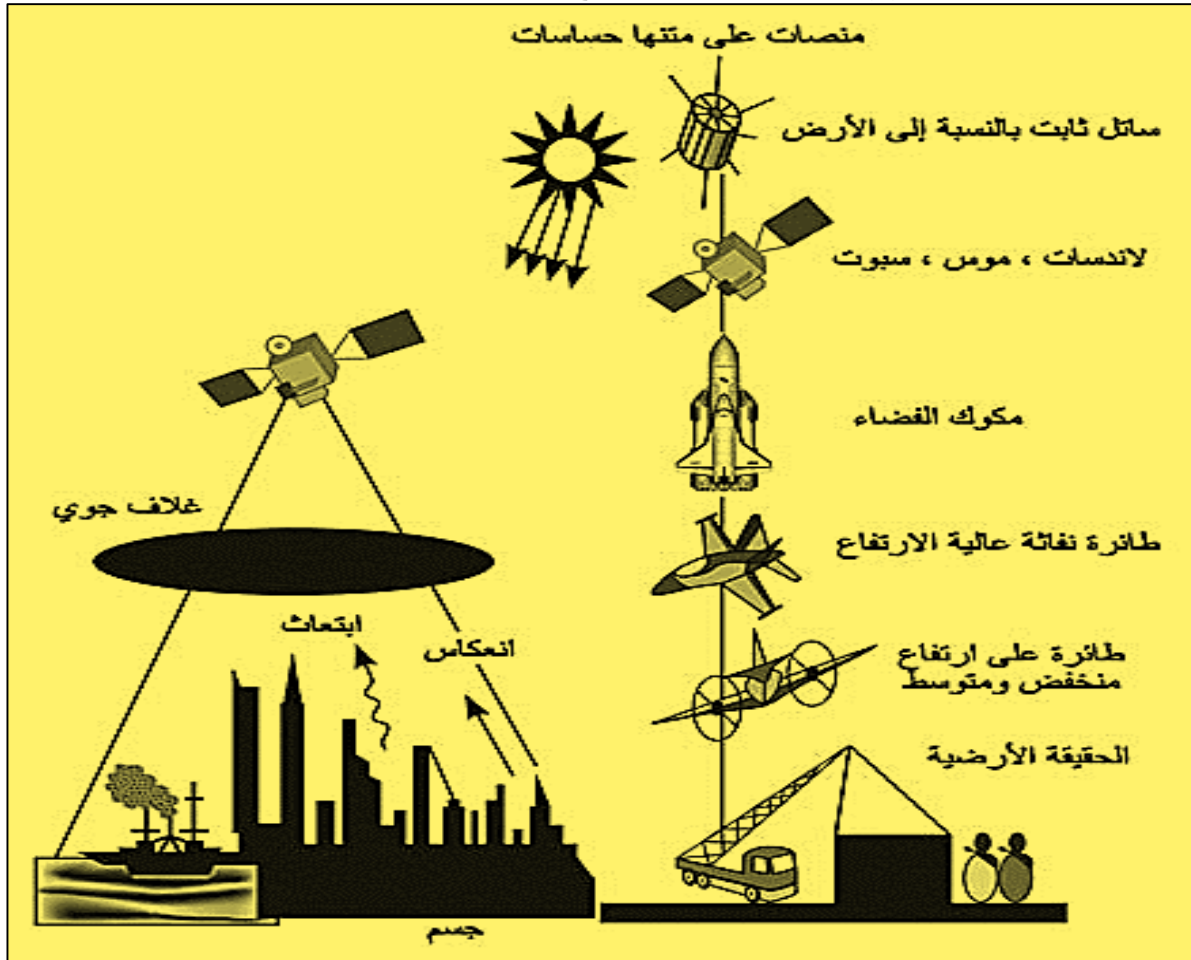
استناداً إلى هذه العوامل يمكن تمييز عدة اشكال الانعكاسات من اهمها:

1. الانعكاس التناظري: ويحدث هذا النوع من الانعكاس عندما يكون السطح العاكس ناعماً يعمل كالمراة في خواصها الانعكاسية، مثل الماء الساكن وبعض انواع التربة الصخور وتكون زاوية سقوط الاشعة على سطح الهدف تساوي زاوية الانعكاس وهذا الانعكاس لا يفيد في الاستشعار عن بعد لانه يبدو في الصور الفضائية ضوءاً لامعاً وبارهاً مما يقلل من امكانية التمييز بين الاشياء.

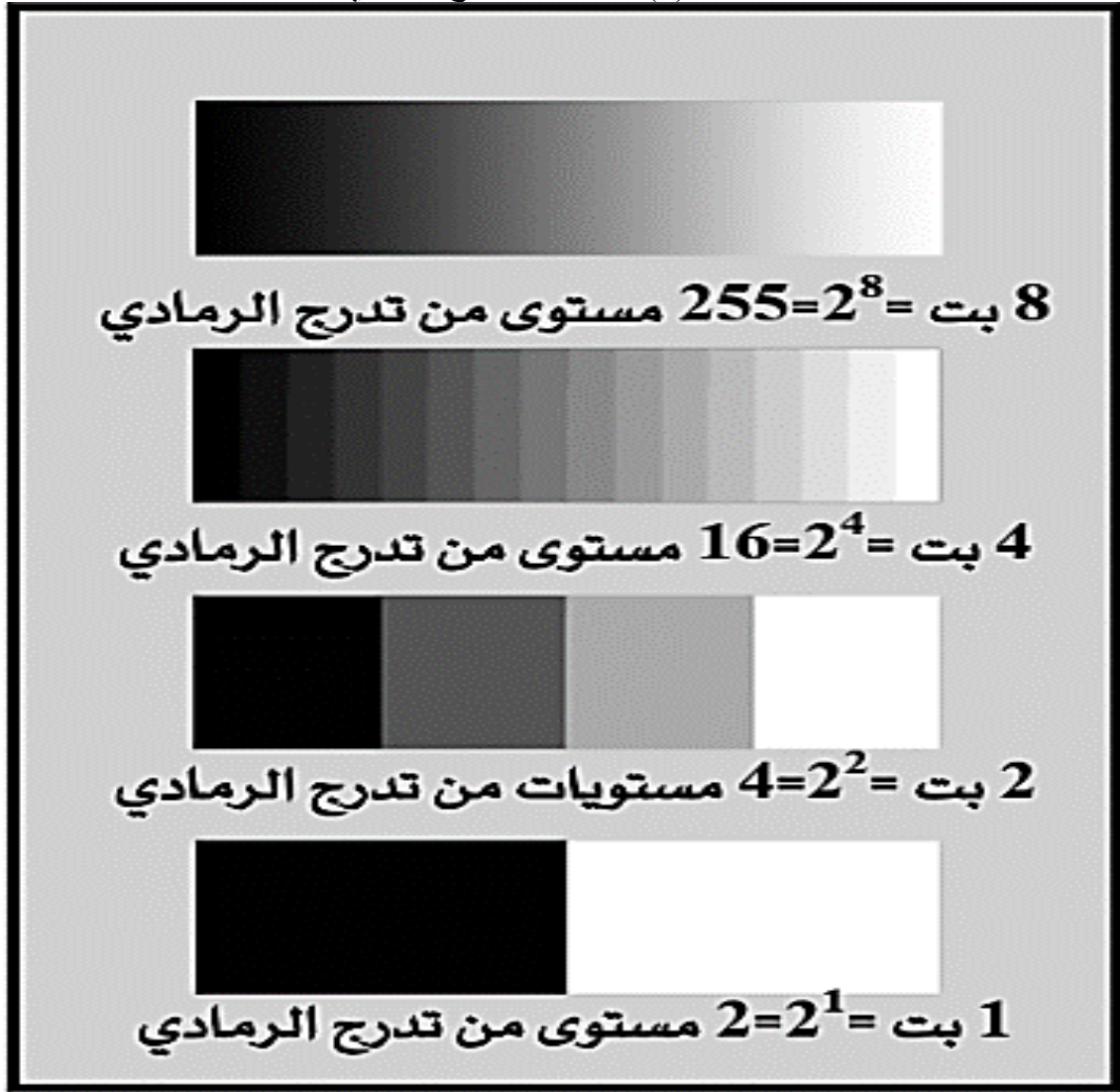
2. الانعكاس المنتشر: تكون العواكس الناشرة المثالية ذات اسطح خشنة تعكس الاشعاعات بشكل متماثل في جميع الاتجاهات ، إذ حيث عندما يكون طول موجة الاشعة الواردة اصغر بكثير من تغيير ارتفاعات السطح او حجم الجزيئات المكونة لسطح الهدف فان هذا الهدف يبدو خشناً ويعمل سطحاً ناشراً ويعطي معلومات طيفية لونية مميزة بعكس العواكس البراقة. وهذا النوع من الانعكاس هو المفيد في تطبيقات الاستشعار عن بعد اذ يمكن تمييز الاجسام بعضها عن بعض، الا انه في الواقع لا توجد عواكس ناشرة مثالية تعكس الاشعة بشكل متناظر تماماً.

4 - جهاز الاستشعار: جهاز الاستشعار هو جهاز يستقبل الطاقة المنعكسة والمنبعثة ، وتعد الكاميرات والآلات التصوير الفوتوغرافي، اجهزة الموجات القصيرة ، اجهزة قياس الاشعاعات الطيفية ، المساحات الالكترونية المتعددة الاطراف (MSS) الرادار ، الراديو ميتر وغيرها، فضلا عن العين البشرية أنظمة لجمع المعلومات ووسائل للاستشعار عن بعد والتي غالباً ما تقوم بقياس الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة والمنبعثة من قبل الاجسام التي تستلم الطاقة الشمسية وتعكسها او تعيد اشعاعها الى المتحسس ، ويمكن استخدام منصات جمع للمعلومات متفاوتة الارتفاع كالبالونات او منصات على متن الاقمار الصناعية او المركبات الفضائية المأهولة وغير المأهولة يلاحظ الشكل (5).

الشكل (5) منصات مختلفة الارتفاع تحمل جهاز الاستشعار عن بعد



الشكل (7) مستويات التدرج الرمادي



6-مميزات الاستشعار عن بعد

تعد معطيات الاستشعار عن بعد ذات قيمة علمية تطبيقية في دراسة اي موضوع لانها تتميز بالميزات الاتية:

- 1- الشمولية : تغطي مرئيات الاستشعار عن بعد مساحات واسعة من الأرض ، وبذلك توفر امكانية جيدة للكشف والمقارنة للظواهر الارضية المختلفة والتي يصعب على الباحث مراقبتها ميدانيا.
- 2 قدرة التمييز الزمني: يمكن الحصول على مرئيات مكررة لنفس المناطق وخلال مدة زمنية متساوية، لأن الأقمار الصناعية تدور حول الارض على وفق مدار ثابتة الأبعاد وبشكل متزامن مع دوران الأرض حول الشمس ، وبذلك يمكن مراقبة التغيرات التي تحدث للظواهر عبر الزمن وهذه الميزة ساهمت بشكل كبير على تطور المفهوم الزمكاني اي ربط المكان بالزمان والذي سناتي على توضيحه لاحقا.
- 3 قدرة التمييز الطيفي والمكاني: من المعروف بان الصورة بهيئتها الرقمية تعبر بدقة عن اي ظاهرة أرضية ، فضلا عن كونها تمتاز بالتعددية الطيفية (أحزمة مختلفة) مما يساعد على الحصول على معلومات اكثر دقة وبقدرات تمييزية طيفية ومكانية تتناسب مع نوعية المتحسس الذي يستخدم في القمر الصناعي أن القدرة التمييزية المكانية هي عبارة عن اصغر وحدة صورية (وحدة مساحية) يمكن تمييزها على الصورة الفضائية ، فمثلا دقة التمييز العالية للمتحسس TM في القمر الصناعي لاندسات ساعدت بشكل كبير على تمييز كثير من الظواهر.

4 **الكلفة** : ان التكاليف والجهود المبذولة أقل من الطرق التقليدية الأخرى الى جانب انها تقلل من الوقت والجهد المبذول ولا تحتاج الى انشاءات مدنية مكلفة.

7. **بعض المصطلحات المهمة المستخدمة في الاستشعار عن بعد:**

(1) **الدقة التمييزية (Resolution):-**

الدقة التمييزية (أو قدرة التمييز) تعني قدرة النظام البصري لجهاز التحسس على التمييز بين الاجسام المتشابهة بعديا وطيفيا، وعلى ضوء ذلك يمكن ذكر ثلاثة انواع من الدقة التمييزية، وهي:-

أ - **الدقة التمييزية المكانية (Spatial Resolution):** وهي أصغر مسافة على الارض يمكن الاستشعار عن بعد ان يميز بها جسمين متجاورين فمثلا جهاز الاستشعار الموجود في القمر الصناعي ايكونوس (IKONOS) يمكن ان يميز الاجسام على الأرض على مسافة 1 متر.

ب- **الدقة التمييزية الطيفية (Spectral Resolution):-** وهي تعني مدى وعدد أطوال الموجات في الطيف الكهرومغناطيسي التي يمكن لجهاز الاستشعار عن بعد ان يتحسسها ، فمثلا الدقة التمييزية للفلم البانكروماتي (أبيض وأسود) تقع في المدى 0.4 الى 0.7 ميكروميتر، اذ يسجل جهاز الاستشعار كل الضوء المنعكس بواسطة الأجسام.

ج - **الدقة التمييزية الزمنية (Temporal Resolution):** وهي تعني المدة الزمنية التي ياخذها جهاز التحسس ليغطي نفس المنطقة ، وهي ذات أهمية كبيرة في مراقبة التغيرات التي تحدث لمنطقة معينة في فترات زمنية متتالية مثل التدهور البيئي ورصد الكوارث وغيرها.

د- **الدقة التمييزية الاشعاعية (Radiometric Resolution):** تعني مقياس حساسية الكاشف للاختلاف التي تحدث في قوة الإشارة الكهرومغناطيسية اثناء تسجيلها للاشعة المنعكسة من الأرض ، فعلى سبيل المثال لا الحصر جهاز الاستشعار متعدد الاطيف (Multispectral Scanner; MSS)، في القمر الصناعي لاندسات 5 يمكنه تسجيل الاشعة المنعكسة في 6 بت (6 bit) اي $2^6=64$ مستوى من التدرج الرمادي (Gray Scale).

(2) **التغطية المكانية :**

وهي تعني مساحة التغطية الممكنة التي يغطيها المنظر الواحد (الصورة الفضائية) فمثلا تكون التغطية المكانية للقمر الصناعي ايكونوس 13 x 13 كيلومتر في المنظر الواحد ، وهذه الميزة تؤثر بشكل كبير في حساب التكلفة المادية.

(3) **صحة الضبط (Accuracy):**

ويعني بها درجة الاقتراب من القيمة الحقيقية ، فمثلا صورة القمر الصناعي لاندسات 7 صحة الضبط فيها 250 متر وهذا يعني ان أي معلم موجود على هذه الصورة يقع في دائرة نصف قطرها 250 متر من الموقع الفعلي لنفس المعلم على الارض لذا فان معرفة صحة الضبط لأي صورة مفيد جدا للاستفادة من المعلومات التي تحتويها ، ويمكن استخدام أحد طرق المعالجة الآلية (الرقمية) للصورة الفضائية وهي طريقة التصحيح الهندسي لنزول هذا الخطأ.

(4) **مدارات الاقمار الصناعية :**

تدور الاقمار الصناعية حول الكرة الارضية في مدارات ثابتة ومحسوبة بدقة وتكون هذه المدارات متزامنة مع الشمس لتتمكن من التصوير المرئي باستخدام أشعة الشمس المنعكسة من الأجسام (حسب نوع القمر الصناعي)، ويمكن تحديد هذه المدارات بأربع معلومات يلاحظ الشكل (8) هي:

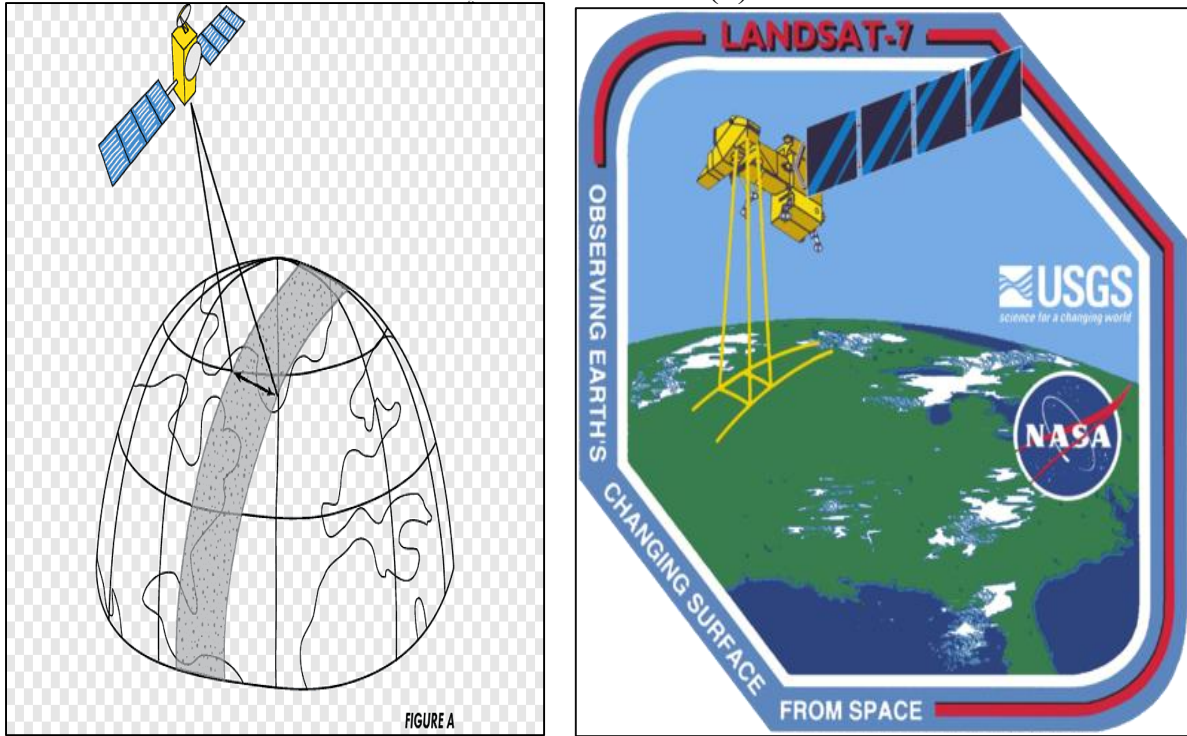
أ - ميل المدار عن خط الاستواء بزاوية تسمى زاوية الميل ..

ب - ارتفاع المدار عن سطح الارض.

ج - المدة الزمنية للقمر الصناعي لاكمال الدورة الكاملة على الأرض.

د - وقت عبور خط الاستواء.

الشكل (8) مدار القمر الصناعي لاندسات



7. الأقمار الصناعية (Satellites)

تعد الأقمار الصناعية هي الوسيلة الأكثر استخداما في علم الاستشعار عن بعد هذه الايام وذلك يرجع لعدة اسباب من أهمها :

1. توفير معلومات لمعظم اجزاء الأرض .
2. عدم وجود قيود سياسية.
3. الانخفاض النسبي لتكاليف الحصول على بيانات مقارنة بالوسائل الجوية .
4. التكرار الزمني لاستشعار اي منطقة على سطح الأرض .
5. امكانية الحصول على المعلومات مباشرة اثناء التصوير .
6. امكانية الحصول على المعلومات على شكل صور رقمية مباشرة .

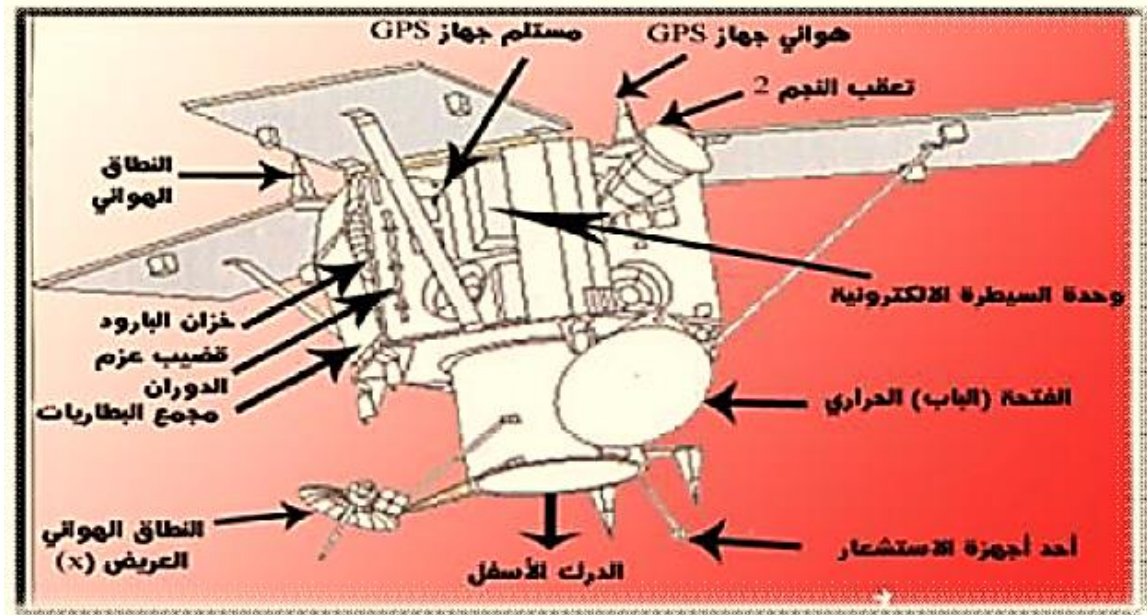
ويمكن تصنيف الأقمار الصناعية من حيث الدقة التمييزية المكانية الى ثلاثة اقسام هي:

- 1- الأقمار ذات دقة مكانية عالية واكثر استخدامها في التخطيط الحضري او عمليات التجسس او الاهداف العسكرية مثل (Quick Bird) بدقة بعدية تصل الى (61) سم.
- 2- اقمار ذات دقة مكانية متوسطة، واكثر استخدامها في التطبيقات البيئية، الريفية والزراعية، والتخطيط الاقليمي، مثل قمر (Landsat-7) بدقة مكانية (30) متر.
- 3- اقمار ذات دقة مكانية منخفضة ، واكثر استخدامها في رصد الاحوال الجوية وتطبيقات الطقس مثل قمر (NOAA-17) بدقة مكانية (1) كيلومتر.

ولا يمكن حصر الكم الهائل من التطور الملحوظ والمتسارع في هذه التقنية ، لذلك سوف نتطرق الى قمرين من كل قسم ثم نورد جدولا عاما فيه بعض الاقمار الحالية والمستقبلية.

1. القمر الامريكي الصناعي ايكونس (IKONOS) يعد هذا القمر احد أهم الأقمار الأمريكية الحديثة ذات الدقة المكانية العالية والذي أطلق في 1999/9/24، ولكنه لم يبدأ التجهيز بالمرئيات الرقمية الا بعد 2000/1/1 وسمي الملف الذي يزود بالمرئيات. ويتكون هذا القمر من أربع حزم طيفية ، وبقدرة تمييزية عالية بلغت (1) م في البانكروماتك و (4) م في متعدد الأطياف M SS ولهذا القمر مميزات منها يمكن دمج معطياته مع أي قمر سواء كان Quick bird أم لانديسات أو سبوت ويبلغ وزنه ٨١٧ كغم وسرعته ٧كم / ساعة إذ يقطع خط الاستواء ب 10.30 صباحا وبزاوية ميل 98.1، درجة على محور خط الاستواء الشكل (9).

الشكل (9) القمر الصناعي ايكونس



2. القمر الامريكي الاصطناعي كويك بيرد (Quick bird) أن التطور الهائل الحاصل أجهزة الاستشعار عن بعد أدى إلى تحسن نوعية المرئيات وتحسين دقة تمييزها المكانية حتى أطلق عليها مجموعة الأقمار عالية الدقة، وان (Quick bird) جاء صنعه ليعطي معلومات وبيانات ذات مستوى عالي ويوفر الوقت والسرعة والدقة العالية ، أطلق أول جيل من الأقمار 1 Quick bird في عام (2000) م لكنه فشل في تحقيق أي نتائج ملموسة مما أدى بالمختصين في الأبحاث الأمريكية إلى تطوير قمر آخر Quick bird 2 والذي أطلق للعمل في 2001/9/18 ولمدة خمس سنوات ولقد حمل هذا القمر أجهزة المتحسسات ذو قدرة عالية في MSS ويدور القمر على مدار قطبي متوافق مع أشعة الشمس بأبعاد (600) كم وبعرض (22) كم، ويتكون من خمسة حزم طيفية ويمر عند خط الاستواء في الساعة (10:30) صباحا و بزواوية ميل انحراف (297) بينما يبلغ وزنه (1028) كغم وحمولته الصافية (350) كغم وبارتفاع (450) كم وتبلغ دقة تمييز هذا القمر المكانية (0.82) سنتمتر، ثم أجريت بعض التحسينات ليبلغ (0.61) في البانكروماتك و(2.44) في المتحسس المتعدد الأطياف الجدول (3).

الجدول (3) مواصفات المتحسسات المحمولة على القمر (Quick bird)

نوع الجهاز	طول الموجة ميكروميتر	الطيف	دقة التمييز المكاني Resolution M بعد التحسينات
MSS	520- 450	ازرق	2.44
	520- 600	اخضر	2.44
	630- 690	احمر	2.44
	760- 900	تحت الأحمر القريب	2.44

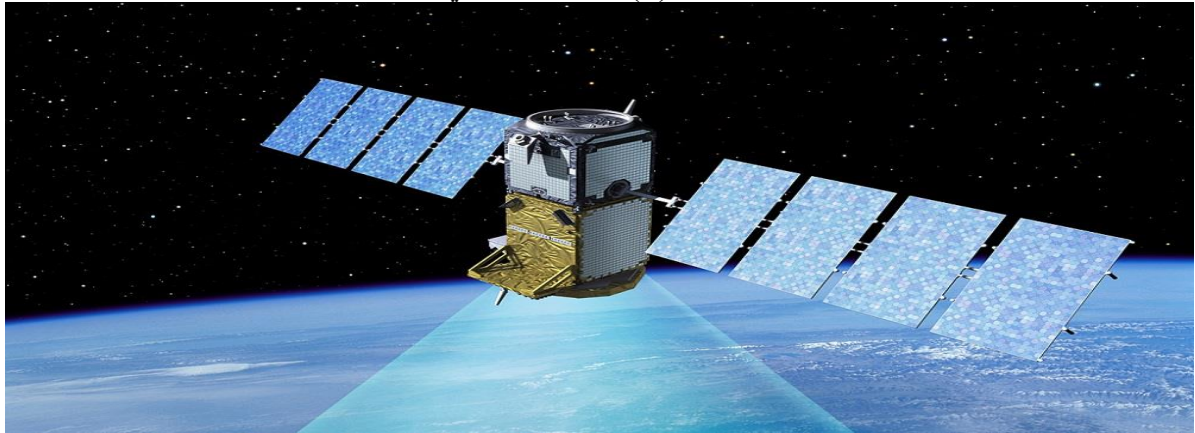
3. القمر الصناعي Landsat 7 والقمر الصناعي Spot -5

ان سلسلة الاقمار الامريكية والفرنسية من أوائل الاقمار الصناعية في علم الاستشعار عن بعد، وكما ذكرنا سابقاً ان اكثر استخداماتها في التطبيقات الريفية والدراسات البيئية حيث الدقة المتوسطة المتاحة بين (30) متر الى (5) متر في القمر الفرنسي SPOT 5 ، والجدير بالذكر ان صورة القمر الصناعي لاندسات (Landsat) مناسبة للدراسات التي تتطلب صور تاريخ قديم للمقارنة، وذلك لتوفرها بكثرة ولجميع الكرة الأرضية تقريباً ، ومن مميزات القمر الفرنسي المرآة المتحركة التي يمكن ان تميل الى الشرق او الغرب وبشكل تدريجي بزواوية من (صفر-27) درجة وبذلك تسمح بمسح بعرض (950) كم ، ومركزها مسار القمر الصناعي وهذه المرآة تسمح باستشعار اي مكان على خط الاستواء 7 مرات خلال 26 يوم التي يغطي فيها القمر الصناعي سطح الارض على خط عرض 45 درجة تستشعر المنطقة 11 مرة خلال نفس الفترة ، وبفضل هذه الميزة يمكن تكوين الرؤية المجسمة باستخدام منظرين لنفس المنطقة على ان تكون مسجلة في مدارين مختلفين وان تكون زوايا الاستشعار مختلفة وفي الجدول -4 (4) يمكن تلخيص اهم مواصفات هذين القمرين.

4. القمر الصناعي NOAA:

وهذا القمر يستخدم في رصد الاحوال الجوية ومراقبة الفيضانات، ورسم درجة حرارة المياه ومخططات غطاء الثلوج ومخططات الزراعة والتطبيقات الجيولوجية و دراسة انواع الترب ولذلك نلاحظ ان الدقة التمييزية المكانية كبيرة وهي تقريباً 1 كيلو متر، ويغطي مساحات كبيرة في المنظر الواحد كما في الشكل (9)

الشكل (9) القمر الصناعي NOAA



8. الأقمار الصناعية المستقبلية

لأهمية هذا العلم نجد أن الدول تسعى لتطوير وأمتلاك هذه الأقمار التي تم ذكرها سابقاً وفي الجدول (4) نذكر بعض الأقمار الحالية والمستقبلية ومواصفاتها بشكل مختصر .

الجدول (4) بعض الأقمار الحالية والمستقبلية ومواصفاتها

تاريخ إطلاق القمر LAUNCHDATE	أسم القمر Satellite Name	الدولة Country	الدقة التمييزية المكانية Spatial resolution		التغطية المكانية swath
1/3/1984	Landsat	US	30	185	
22/1/1990	Spot-2	France	10	20	120
29/9/1997	Irs id	India	6	23	70.142
24/3/1998	Spot -4	France	10	20	120
15/4/1999	Landsat 7	US	15	30	185
24/9/1999	Ikons -2	US	1	4	11
20/12/1999	Kompsat-1	Korea	6.6	17	
5/12/2000	Eros A1	Israel	1.8	14	
28/6/2000	Tsinghua- I	China	39	600	
7/12/2000	Eo-1	Us	10	30	37
12/3/2000	MTI	US	5.20	12	
18/10/2001	QuickBird-2	US	0:6	2.5	16
22/10/2001	Proba	ESA	8	18.36	14
4/5/2002	SPOT-5	France	2.5	10	120
26/6/2003	OrbView3	US	1	4	8
27/9/2003	DMC BilSat(sstl)	Turkey	12	26	52
27/9/2003		Nigeria	32	600	
27/9/2003		UK	32	600	
17/10/2003		India	6	6.23	24.140
21/10/2003		ChinalBrazil	20	20	113
1/12/2004		Thailand	36	600	
20/4/2004		. Taiwan	2	8	24
30/6/2004		Russia	1	3	28
15/11/2004		Korea	1	4	15
15/12/2004		Russia	8	20	94.160
15/12/2004		Russia	27	24	48
1/3/2005		China	4	32	600
1/3/2005		Uk	2.5	5	10.15
1/5/2005		Vietnam	32	600	
1/6/2005		Japan	2.5	10	35.70
1/3/2006		Israel	0.7		
2006/1/15		China/Brazil	20	20	113

2006/1/15		India	6	6.23	24.140
2006/1/15		Singapore	10	50	
2007/6/1		Germany	6.5	78	
2007/1/16		Germany	6.5	78	
008/3/12		Israel	0.7	2.5	16
2008/5/1		China/Brazil	5	20	60.120
2008/7/1		France	0.7	2.8	20
2008/6/30		Us	10	30	177
2009/7/1		France	0.7	2.8	20
2010/6/1		China/Brazil	5	20	60.120

9. أنواع الصور الجوية والموزاييك

1. أنواع الصور الجوية : تصنف الصور الجوية (الشكل 10) بشكل أساسي حسب درجة ميل المحور الأساسي عن الوضع العمودي ، وهنالك نوعين رئيسيين من الصور الجوية :

(الشكل 10) صورة جوية ملونة



أ - الصور الجوية العمودية (Vertical Aerial Photographs):

يتميز هذا النوع من الصور بأن يكون الميل عن الوضع العمودي قليلا جدا ولا يتميز يزيد عن (4) درجات وتتميز هذه الصور بتماثل وتجانس المقياس على جميع أجزاء الصورة ، كما يكون الاختلاف قليل جدا مع الخريطة الطبوغرافية مما يسهل عملية نقل المعلومات من الصورة الى الخريطة.

ب - الصور الجوية المائلة (Oblique Aerial Photographs):-

وهي الصور التي يميل فيها المحور الأساسي عن المحور العمودي بأكثر من (4) درجات ، ولا يكون المقياس متجانس على جميع أجزاء الصورة ، إذ يتناقص المقياس اعتبارا من الامام الى الخلف، وتختلف عن الخريطة من حيث المقياس والدقة المعلومات ، ويمكن تصنيفها الى صور ذات انحراف شديد

عن الوضع العمودي والتي تتميز بظهور خط الافق على الصورة ، اما الصور ذات الانحراف القليل عن الوضع العمودي فلا يظهر خط الافق على الصورة
وتتميز الصور المائلة باستخدامها في تصوير المناطق العسكرية دون الحاجة للمرور فوقها مباشرة او بالقرب منها، بالإضافة الى انه يمكن تمييز التفاصيل بسهولة اكثر منها في حالة الصور العمودية كالتلال والابنية العالية والاشجار وغيرها، ويعود السبب في الى ان طريقة اسقاط التفاصيل تظهر الظلال واشكال السطح الطبيعية والاصطناعية، ومن مساوئ الصور المائلة انه لا يمكن استخدامها في قياس المساحات والمسافات نظرا لانعدام تماثل وتجانس المقياس في جميع أجزاء الصورة، كما يصعب وضع خرائط طوبوغرافية من الصور المائلة لاختفاء نسبة كبيرة من التفاصيل بسبب اختلاف المقياس على أجزاء الصورة.

2 - الموزاييك (Mosaic)

الموزاييك عبارة عن مجموعة من الصور الجوية المتتابعة والمأخوذة في شريط طيران واحد أو عدة أشرطة طيران متجاورة، وغالبا يتم صنع الموزاييك من الصور الجوية العمودية ، وتلصق ببعضها البعض بحيث تبدو المعالم الطبيعية والحضرية بصورة متكاملة ، ويمتاز الموزاييك بأنه يظهر مساحة كبيرة من سطح الأرض بصورة واحدة ، ومن عيوب الموزاييك انه لا يظهر بيانات تتعلق بالمناسيب والفروق في ارتفاعات سطح الارض وغيرها ، ويستخدم الموزاييك لانتاج الخرائط البلانمترية والخرائط الطوبوغرافية في الدراسات الاستطلاعية في المسح الجغرافي والجيولوجي والمسوحات الزراعية وتخطيط المشاريع الهندسية وبخاصة مشاريع الطرق الكبرى، وفي مجالات التخطيط الاقليمي وتخطيط المدن واستعمالات الاراضي وغيرها .

10. تفسير وتحليل بيانات الاستشعار عن بعد:

عملية فحص وتحويل البيانات الخام التي تتضمنها الصور الجوية والفضائية الى معلومات يمكن الاستفادة منها ، وتشمل عملية التفسير على تحسس ثم تشخيص ثم تصنيف الخصائص بناءً على الغرض الذي جمعت من اجله واخيرا الحكم على محتوياتها، ويقسم تفسير بيانات الاستشعار عن بعد بحسب نوعها الى قسمين هما:

أ. تفسير الصور الجوية

يقصد بالتصوير الجوي (Aerial Photography) بأنه عملية تصوير من على المنصات ضمن المجال الجوي، والصورة الجوية ماهي الانماذج وصفية للواقع على الطبيعة ، يعتمد التفسير الناجح للصور الجوية على الخلفية والمعرفة للمفسر عن المنطقة المراد تفسير صورها الجوية ويسمى بالمستوى القياسي الأساسي، ودرجة امكانية اتساعه كما يتطلب ايضا قوة ملاحظة وخيال من المفسر، وتشتمل عملية تفسير الصور الجوية على ماياتي:-

-أسس تفسير الصور الجوية:

يتم التعرف الى الظواهر او الاجسام او الاشياء والعناصر عند تفسير الصور الجوية بالاستعانة بمعلومات تمثل النمط الفوتوغرافي للصور الملونة أو من نوع الأبيض والأسود والتي تطبع من الافلام الحساسة لجميع الالوان المرئية في الطيف الكهرومغناطيسي، وتتضمن هذه الخصائص ما يأتي:

1.درجة اللون 2.النسيج 3.النمط 4.الشكل 5.الظلال 6.الحجم 7.الموضع

وهذه الأسس هي عبارة عن القواعد الأساسية المتبعة لاستنباط المعلومات من الصور الجوية عن المنطقة المراد دراستها ، وكلما كان المفسر أكثر خبرة ومهارة كلما استطاع توظيف أسس التفسير بشكل أفضل في وصف المنطقة ، وغالبا ما يتم استخدام هذه الخصائص مجتمعة مع بعضها البعض للتعرف على الظواهر الارضية التي يتم فحصها وتقدير أهميتها ، ومنها على سبيل المثال لا الحصر (النباتات ، أنظمة الصرف المائي ، أشكال سطح الأرض ، نظام استخدامات الأرض ، الطرق وغيرها)

ان عملية تفسير الصور الجوية استنباطية اكثر مما هي استقرائية ، بمعنى ان التفسير يبدأ من الظواهر المرئية المعروفة وينتهي بالظواهر غير المرئية او غير المعروفة ، ويساعد جهاز تجسيم الصور الجوية (الستيريوسكوب) في سهولة تفسير وتحليل الظواهر والتضاريس للمناطق التي تظهر في الصور الجوية بأبعادها الثلاثة وامكانية الرؤية الستيريوسكوبية المجسمة لصورتين متتاليتين للظاهرة نفسها، بينهما منطقة مشتركة (تداخل) مقداره (60%) على نفس خط الطيران ، يلاحظ الشكل (11) بحيث تظهر المرتفعات والمنخفضات لتضاريس الأرض كما لو كنا ننظر اليها من الطائرة. وهناك ثلاثة انواع ساعة من اجهزة الستيريوسكوب : الستيريوسكوب العدسي، الستيريوسكوب ذو المرايا ، ستيريوسكوب زووم.

الشكل (11)



ب - مراحل تفسير الصور الجوية

يشمل اسلوب التفسير العام للصور الجوية على أربع مراحل

1. **مرحلة التعرف الاولي أو العام:** ويطلق عليها أحيانا مرحلة الفحص الابتدائي ويتم في هذه المرحلة الحصول على تصور عام عن الموقع والمنطقة المحيطة به لكي يتمكن المفسر من معرفة المنطقة ويمكن في هذه المرحلة تمييز الظواهر المألوفة.
2. **مرحلة تمييز المحتوى :** وتسمى أحيانا مرحلة الفحص التفصيلي ، ويتم فيها تمييز الأهداف والمعالم الأرضية في الصور الجوية باستخدام أسس التفسير.
3. **التفسير والتحليل :** تعد هذه المرحلة استكمالاً للمرحلة السابقة ، ويتم في هذه المرحلة تصنيف المعالم الأرضية المراد تفسيرها.
4. **التنسيق:** يتم في هذه المرحلة استنتاج المعلومات المستنبطة من الصور الجوية واجراء عملية التمثيل القياسي لما تم رؤيته في الصور وتم تفسيره وتحليله على الخارطة ، وانتاج الخرائط والمخططات من الصور الجوية.

11. تفسير وتحليل الصور الفضائية

تعد صور الاقمار الصناعية وتسمى أحيانا المرئيات الفضائية اهم وسائل الاستشعار عن بعد هذه الأيام ، ولكن الصور هذه بحد ذاتها ليست سوى بيانات ، لذلك يجب تحليلها وتفسيرها لاستخلاص المعلومات منها التي يستخدمها صاحب القرار أو المستفيد النهائي منها.

-معالجة الصور (Image processing):

قد تمر الصور الفضائية بمراحل مهمة لا بد منها قبل مرحلة التفسير والتحليل وذلك لزيادة المقدرة التفسيرية لها من هذه المراحل

- 1- المعالجة الاولية للصور (image Preprocessing).
- 2- تحسين الصورة (Image Enhancement).
- 3- دمج الصور (Image Merging and Image Mosaic).

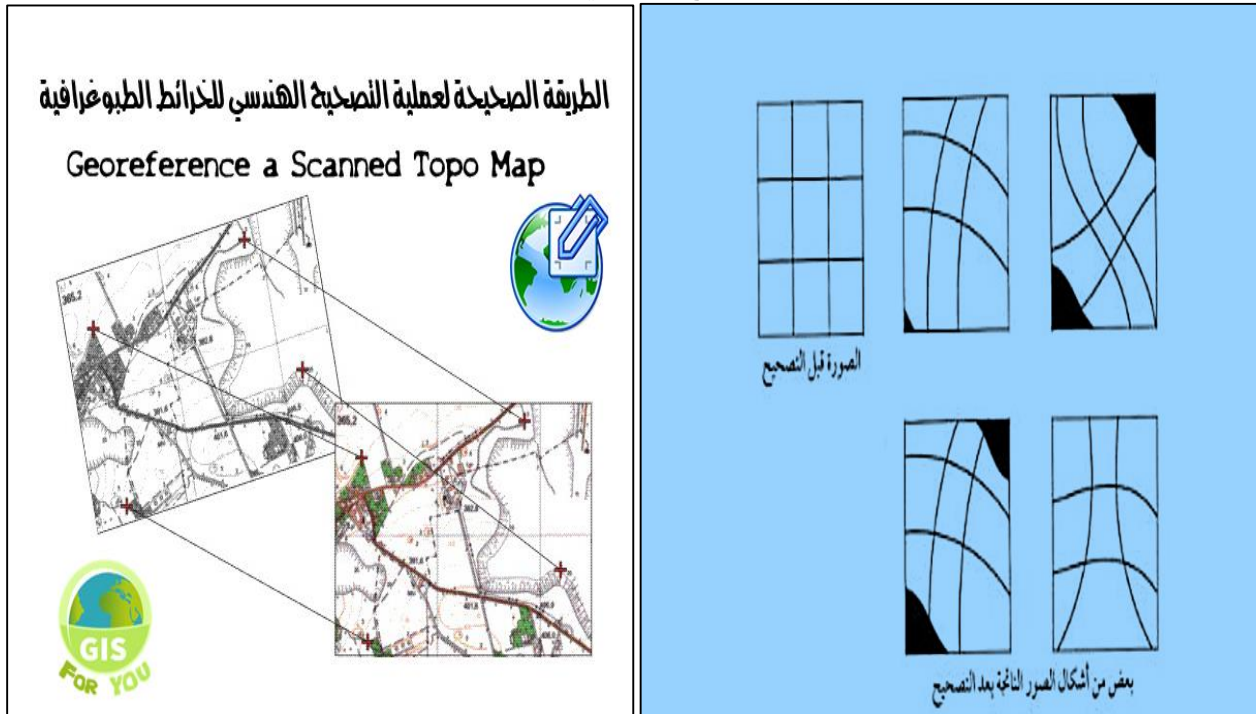
وفيما ياتي توضيح لهذه المعالجات:

1 - المعالجة الاولية للصور (image Preprocessing):

وتهدف هذه الاجراءات الى تصحيح الصور المشوهة او المتردية لايجاد تمثيل أصدق للمشهد الاصيل وتعتمد طبيعة هذه المعالجة اعتماداً كلياً على خصائص المستشعر المستعمل في الحصول على هذه الصورة الفضائية ، وتتضمن عملية المعالجة هذه التشوهات الهندسية وازالة التشوهات الاشعاعية.

أ - التصحيح الهندسي (Geometric Correction):- تحتوي الصور الخام عادة على تشوهات هندسية بحيث لا يمكن ان نتخذ منها خرائط او قياسات مورفومترية مباشرة ، وتتراوح مصادر هذه التشوهات بين تغيير ارتفاع منصة المستشعر 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 الخرائط الشكل (124)،

الشكل (12) التصحيح الهندسي للصور الفضائية



ويتم انجاز التصحيح الهندسي على مرحلتين :
المرحلة الأولى: تؤخذ التشوهات المنتظمة مثل التشوهات الناتجة عن انحراف المسح (سرعة القمر، دوران الأرض)

المرحلة الثانية: تعالج التشوهات غير المنتظمة حيث يمكن تصحيح التشوهات المنتظمة بتطبيق صيغ رياضية يتم الحصول عليها بتحليل مصادر التشوهات رياضياً اما التشوهات غير المنتظمة فيتم تصحيحها عن طريق ربط الصور الفضائية بنقاط تحكم ارضية كافية وموزعة توزيعاً جيداً وفق معادلات الضبط المعروفة .

ب - ازالة التشوهات الإشعاعية (Radiometric Correction):-:

تنتج التشوهات الإشعاعية اما عن اخطاء استجابة احد اجهزة الاستشعار أو تأثيرات الغلاف الجوي، او وضع الرؤية وخصائص المستشعر أو حتى زاوية الإضاءة ، ففي الدراسات التي تتطلب صوراً من أزمنة أو مواقع مختلفة لا بد من تصحيح زاوية ارتفاع الشمس في الفصول المختلفة بالنسبة للأرض في حساب شدة انعكاس الأشعة من الاجسام .

ج - ازالة الضجيج (Noise Correction)

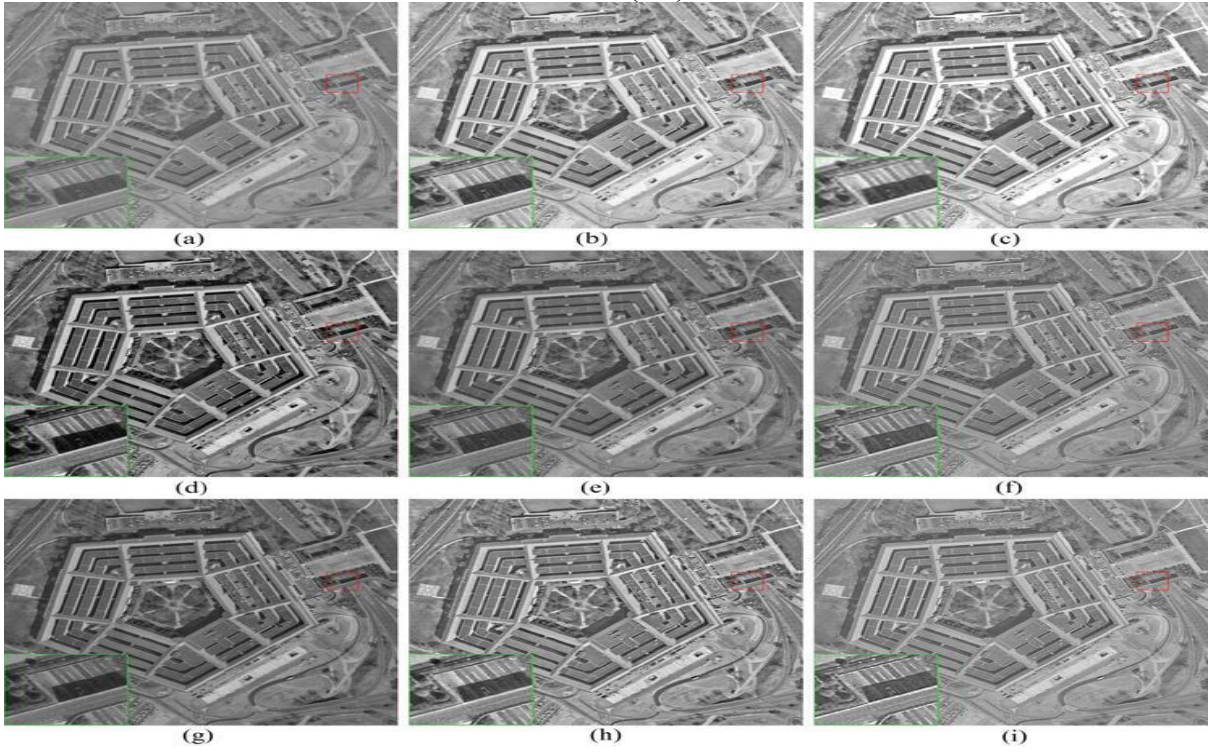
ضجيج الصور هو اي اضطراب غير مرغوب فيه في معطيات الصور الفضائية ينجم عن قصور في الاستشعار، حيث يتوقف جهاز الاستشعار عن العمل اثناء عملية المسح مما ينتج عنه ظاهرة سقوط الخطوط أو ظاهرة التخطيط ، ويتم ازالة هذا النوع من الضجيج اليأ عن طريق بعض البرامج المتوفرة التي بدورها تحسب المتوسط الحسابي بين السطور الاعلى والاسفل (مثلاً) لاعادة المعلومات المفقودة، دون المساس بالسطور الأخرى .

2 - تحسين الصورة (Image Enhancement):-:

يهدف تحسين الصورة الى تحسين قابلية التفسير البصري للصورة وذلك بزيادة التمييز بين المعالم عن طريق التضخيم البصري للاختلافات الضئيلة بين المعالم في التدرج الرمادي لتسهيل امكانية ملاحظتها، وتتم عملية التحسين عادة بعد انجاز اجراءات المعالجة الأولية ، فإزالة التشوهات والضجيج خاصة يجب ان تسبق عملية التحسين ، ومن العمليات الشائعة والمعروفة تحسين التباين (Contrast Enhancement) الشكل (13) و(14) وهذه العملية اصبحت سهلة جداً بفضل البرامج الحديثة واجهزة الحاسوب الحديثة ، اذ يمكن تحسين التباين باستعمال طريقة ضبط مخطط توزيع التباين او ما يعرف (Histogram Adjustment) وايضاً من عمليات التحسين ما يعرف بتحسين الحافة (Edge Enhancement)، والهدف من تحسين الحافة هو استخلاص معلومات من اطراف معالم معينة على الصورة وبذلك يمكن تبيان وابرار اشكال ودقائق المعالم مما يجعل تفسيرها وتحليلها اسهل .

3 - دمج الصور (Image Merging and Image Mosaic): تستخدم هذه العملية لدمج صورة مع صورة مجاورة لها جغرافياً لتصبح صورة واحدة تغطي منطقة الدراسة ، وذلك لتسهيل عمل التحسينات الأخرى، فمثلاً نفرض اننا بصدد دراسة التربة في مدينة دبي وتوجد لدينا صور القمر الصناعي لاندسات - 7 ومن المعلوم لدينا ان التغطية المكانية للقمر لاندسات -7 حوالي (175 X185) كيلو متر، لذا يمكن دمج اكثر من منظر لتغطية منطقة الدراسة في صورة واحدة وهو ما يعرف بالموزاييك (Mosaic) الشكل (15)، أو ممكن اضافة مستخرجات مستشعر (Bands) مع الصورة الاصلية وذلك لاعطاء معلومات اكثر فمثلاً اضافة مخرجات المستشعر الحراري في لاندسات المرئي لعمل دراسة ما ، ويمكن دمج صورتين لتحسين الدقة التمييزية المكانية ، مثلاً ممكن دمج مخرجات المستشعر البانكروماتي ذي الدقة التمييزية المكانية 1 متر في القمر الصناعي ايكونوس الى مخرجات المستشعر متعدد الاطيف بدقة تمييزية مكانية 4 متر فينتج لنا مخرجات متعددة الاطيف بدقة تمييزية مكانية 1 متر .

الشكل (13) تحسين الصور



الشكل (14) تباين الصور



موزاييك الصور الفضائية (15)



12. اساليب تفسير الصور الفضائية (المرئيات الفضائية) : هناك اسلوبان لتفسير وتحليل المرئيات الفضائية

أ. أسلوب التفسير و التحليل البصري (التقليدي)،

يتم استخدام العين المجردة في اسلوب التفسير البصري فضلا عن الخبرة الشخصية اذ يعتمد هذا الأسلوب بشكل رئيس على امكانية المفسر في تمييز الالوان وتغيرات درجة اللون (Tonal Variation) والتغير في النسجة والنمط وبقية العناصر الأساسية المعتمدة في عملية التفسير البصري للصور الجوية التي ذكرناها سابقا ، وتفضل طرق التفسير البصري على مستوى المسح الاستطلاعي والاختبار التمهيدي للصور الفضائية على المناطق الشاسعة .

ب - أسلوب التحليل والتفسير الآلي التصنيف الآلي

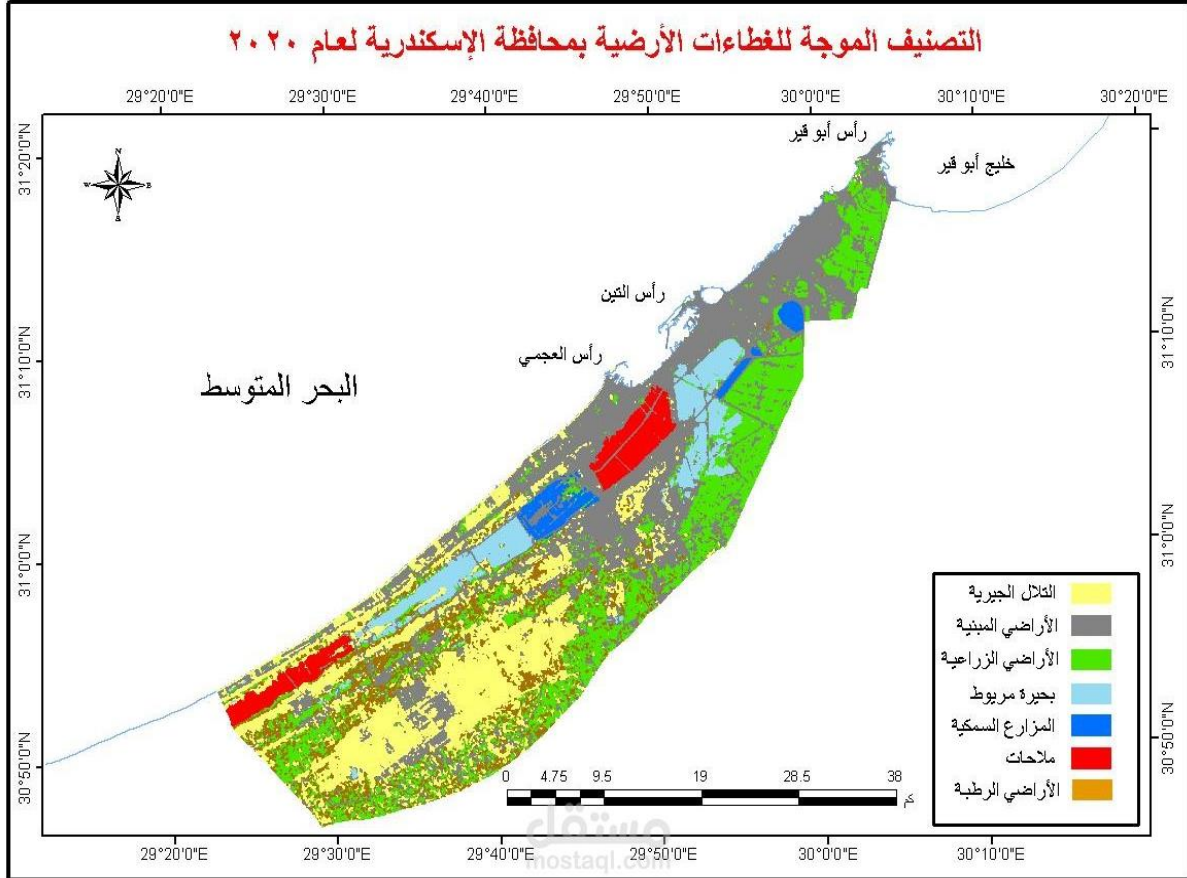
يحتاج التفسير والتحليل البصري الى كوادر بشرية مدربة وذات خبرة عالية على التحليل المطلوب، وكذلك يستلزم وقتا طويلا وبالتالي التفسير البصري اليدوي ذات تكلفة مادية عالية ، لذا وجد ما يسمى بالتفسير أو التحليل الآلي الذي يعتمد على التصنيف الطيفي للمعطيات الرقمية التي تسجلها القنوات الطيفية للمواسح الالكترونية المحمولة على متن الاقمار الصناعية المخصصة للموارد الطبيعية ، اذ يتم تحويل الكثافات الطيفية المنعكسة للاجسام والظواهر الى بيانات رقمية تكون بين (صفر – 255) وتأخذ الاصناف ارقاما بين الحدود المذكورة اعتمادا على درجة انعكاسيتها للاشعة، بمعنى ادق يجعل التصنيف الآلي جميع

المناطق او الفئات التي لها نفس قيم الانعكاسية (الضوئية) في مجموعة واحدة اي جعل كل خلية (بكسل) يكون لها نفس العدد الرقمي (Digital Number, DN) في مجموعة واحدة، فعلى سبيل المثال لا الحصر جعل كل خلية (بكسل) تقع قيمها الانعكاسية او الضوئية (DN) بين (50-180) تكون في مجموعة واحدة او ماتسمى طبقة معلوماتية (Theme)، ثم تخزن هذه البيانات في الحاسوب ويتم تحليلها باستخدام برامج متخصصة مصممة لهذا الغرض، ويجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار ان البيانات الخام او الاصلية (Raw data) للصورة الفضائية تكون هي المعتمدة في عمليات التصنيف الآلي وليس البيانات التي اجري عليها عمليات تحسين الصورة ، ومن طرق التحليل والتصنيف الآلي الى قسمين رئيسيين:-

1 - التصنيف الموجه (Supervised Classification):

يقوم مفسر الصورة الفضائية بمراقبة عملية التصنيف اذ يقوم بتحديد قيم الانعكاسية الطيفية (التوقيع الطيفي) لكل ظاهرة من الظواهر الموجودة على الصورة الفضائية، وذلك بمساعدة استخدام مواقع عينات ممثلة لفئة معروفة من غطاء الاراضي تسمى مناطق تدريب (Training Areas)، وذلك لوضع دليل تصنيف عددي (رقمي) يصف الخصائص الطيفية لكل فئة من فئات المعالم المدروسة ومن ثم تجري المعالجة الرقمية بحساب قيم الانعكاسية الطيفية لكل خلية (بكسل) من الصورة المراد تصنيفها الفئات او المجموعات التي تنتمي اليها عدديا ثم تتم تسميتها باسم تلك الفئة او مع المجموعة، وتعميمها على جميع خلايا الصورة الفضائية واخيرا يتم استخراج المنتج النهائي لعملية التصنيف حسب امكانيات اجهزة الحاسوب الالي وملحقاته المستخدم والبرامج المتوفرة، ومن مثالها الصور الملونة الرسوم البيانية والجدول الاحصائية والتقارير

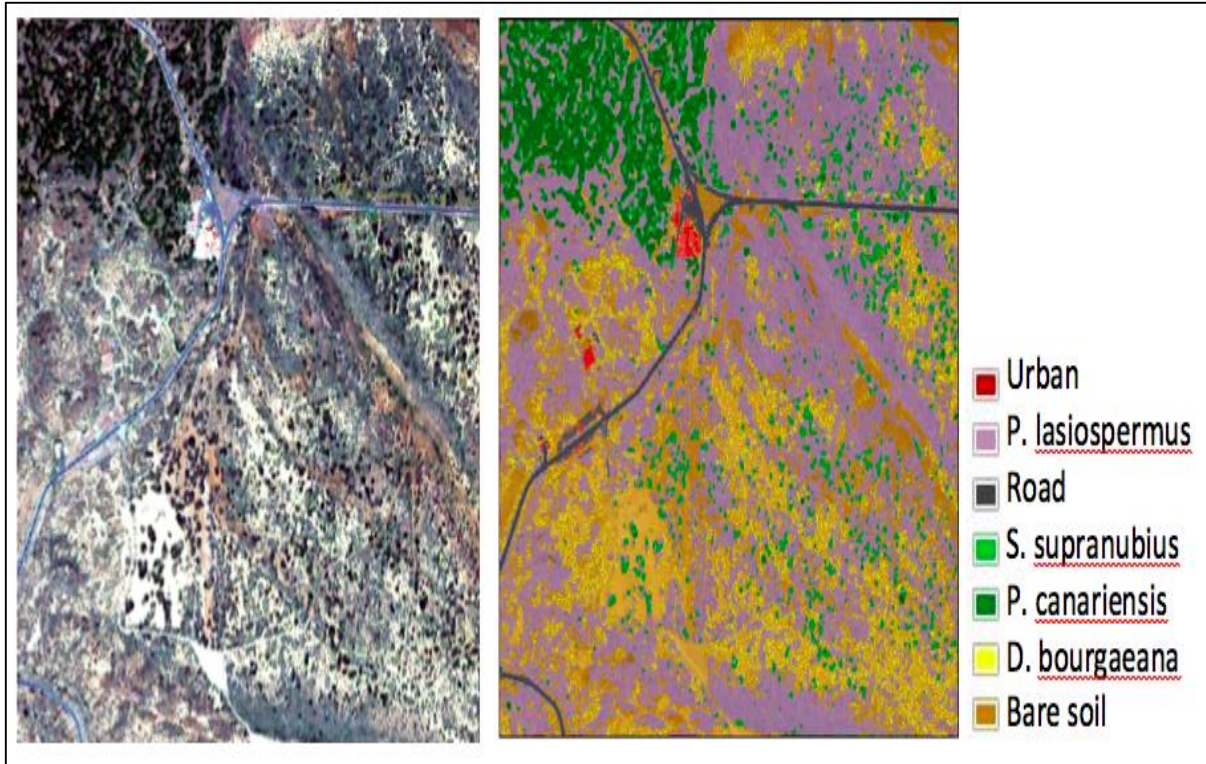
الشكل (16) التصنيف الموجه / خريطة للغطاءات الأرضية بالنطاق الساحلي بمحافظة الإسكندرية بالاعتماد صورة القمر الصناعي Landsat 8 لعام 2020، تم العمل باستخدام برنامج Envi V.5.3، حيث تم اجراء عمليات المعالجة المسبقة للمرنية ثم تم تصنيف الغطاءات الأرضية بالمنطقة بالاعتماد على إحدى طرق التصنيف وهي التصنيف الموجه، ثم تم تحويلها إلى Vector لفتحها على برنامج Arc Map لإجراء التحليلات لها واخراج الخريطة.



2 - التصنيف غير الموجه (Unsupervised Classification):-

لاستخدم عملية التصنيف غير الموجه لمعطيات التدريب اساسا للتصنيف ، اذ يكون دور المفسر في هذا النوع من التصنيف محدودا ، وتتم عملية التصنيف بشكل آلي من قبل الحاسوب ، اذ يتم توزيع عناصر الصورة الى درجات طيفية ، وتصنيفها الى فئات ومجاميع بحسب الهدف من الدراسة وبحسب الظاهرة المدروسة ، بمعنى أدق ان عملية التصنيف غير الموجه تتضمن خوارزميات تفحص كل خلية (بكسل) غير المعروفة في الصورة الفضائية بدقة وتجمعها في عدد من الاصناف اعتمادا على التجمعات الطيفية في قيم الصور الشكل (17) .

الشكل (17)



والاصناف المستحصلة من التصنيف غير الموجه هي اصناف طيفية وضعت على اساس التجمعات الطيفية وحدها في قيم الصور، ويجب على محلل الصور الفضائية أن يحدد هوية لهذه الاصناف الطيفية وقيمة، معلوماتها، من خلال مقارنة المعطيات المصنفة طيفيا ببعض المعطيات المرجعية التقليدية مثل الخرائط والصور الجوية والفضائية ذات مقاييس الرسم الكبيرة فضلا عن الحقائق الميدانية . والفرق بين التصنيفين يتضح مما سبق، بأنه في عملية التصنيف غير الموجه، فاننا نحدد الاصناف التي يمكن التفريق بينها من الناحية الطيفية، وبعد ذلك نحدد فائدة معلوماتها اما في عملية التصنيف الموجه فاننا نحدد فئات المعلومات المفيدة، وبعد ذلك نفحص قابلية تفريقها من الناحية الطيفية .

13- مقارنة بين المرئيات الفضائية والصور الجوية

1- تتميز الصور الفضائية بتعدد اطوال الموجات التي يتم التقاط البيانات عليها (تعدد القنوات)، فمجموعة أقمار اللاندسات تستخدم من 4 - 7 قنوات طيفية، الأمر الذي يوفر أكبر قدر من المعلومات عن سطح الأرض .

2- أدى استخدام الحاسوب الآلي في المعالجة الرقمية للبيانات الفضائية الى اضافة بعدا جديدا في معالجة الكم الهائل من البيانات التي تقدمها الأقمار الصناعية عن سطح الأرض ، ففي حين تكون العين البشرية قادرة على تمييز 20 لون فان الحاسوب يستطيع تمييز 256 لون ، وسيقدم ذلك غزارة ودقة في التفاصيل

التي يمكن الحصول عليها من الصور الفضائية أكثر من تلك التي يمكن الحصول عليها من الصور الجوية،
3- تتميز الصور الفضائية بالتغطية الشاملة لمساحة كبيرة من سطح الأرض، في حين يتطلب دراسة مساحة
كبيرة من سطح الأرض باستخدام الصور الجوية إلى عدد كبير من الصور الجوية وتفسيرها مما يحتاج
وقتا أطول في تفسيرها وانتاج خرائط الأساس مقارنة بالصور الفضائية،

4- تتميز الصور الجوية بإمكانية دراستها بالابصار المجسم (بثلاثة ابعاد) باستخدام جهاز الستيريو سكوب
(Stereoscope) ، مما يكسبها القابلية على التمييز أكثر من الصور الفضائية التي يتعذر دراسة معظمها
بالستيريوسكوب،

5- يفضل استخدام الصور الجوية في المسوحات التفصيلية التي تتطلب درجة كبيرة من الدقة ولأنتاج خرائط
أساس بمقاييس كبيرة ، أما الصور الفضائية فيفضل استخدامها في المسوحات العامة التي تستعمل لأنتاج
خرائط أساس ذات مقاييس صغيرة .

14- النماذج ثلاثية الأبعاد (3D Models)

تستخدم دراسة البعد الثالث (3D) (Third Dimensions) لسطح الأرض في تمثيل التباين في
الارتفاعات والتوزيع الجغرافي للأشكال والظواهر الأرضية الموجودة على سطح الأرض، وتعد فكرة
نماذج ثلاثية البعد (3D Models) ضرورة في معرفة العلاقات المكانية (الطوبولوجي) للظواهر
والأشكال الأرضية مع بعضها البعض من خلال التعرف على الأبعاد (X,Y,Z) ، والاستفادة منها في
معرفة شكل التوزيع الجغرافي للأشكال والظواهر الأرضية واتجاهات تأثيرها بالشكل المجسم وتحليلها
مكانيا، ومن أهم هذه النماذج ثلاثية الأبعاد (D3) الشائعة الاستعمال ما يأتي:

DTM = MNT -1

كلمة DTM هي اختصار Digital Terrain Model وتعني النموذج الرقمي للأرض وفي الفرنسية
يسمى بـ MNT كاختصار لكلمة Modèle Numérique de Terrain وتعني أن هذا النموذج الرقمي
للارتفاعات يتضمن ارتفاعات الأراضي ولا يأخذ بعين الاعتبار ارتفاع المياني والأشجار (أنظر الصورة)

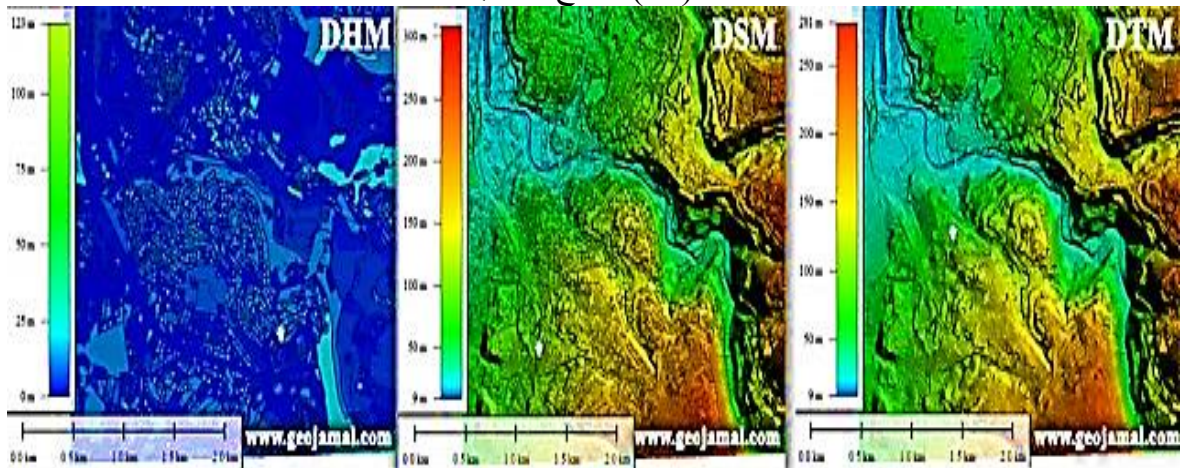
DSM = MNE-2

كلمة DSM هي اختصار Digital Surface Model، وتعني النموذج الرقمي للسطح؛ تقابلها في
الفرنسية MNE وهي اختصار لـ Modèle Numérique d'Elevation وهو النموذج الرقمي لارتفاع
السطح بما في ذلك ارتفاع البنائات والأشجار (أنظر الصورة السابقة)

DHM-3

كلمة DHM هي اختصار لـ Digital Heights Model وتعني النموذج الرقمي للعلو وتتضمن علو
البنائات؛ ويمكن القول بأن DHM هو الفرق بين DSM و DTM

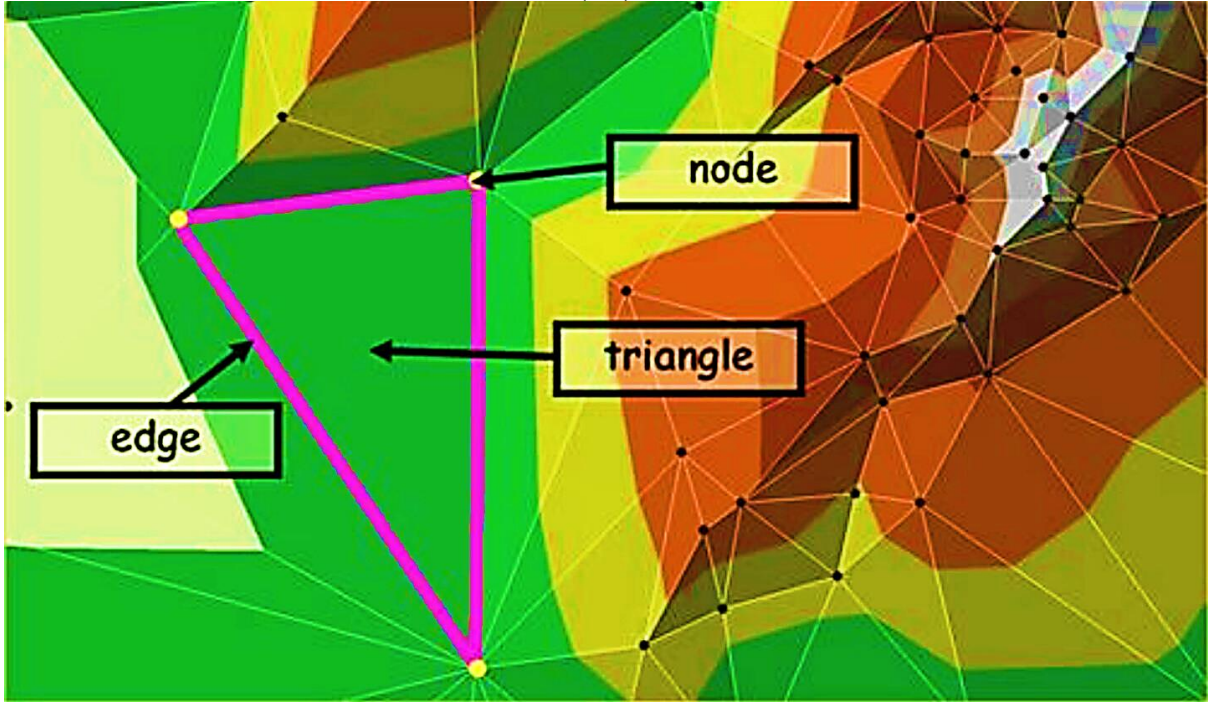
الشكل (18) نماذج الثلاثية الأبعاد



TIN-4

بأنسبة لـ TIN هو اختصار لـ Triangular irregular network شبكة المثلثات غير المنتظمة ويتم عمله انطلاقا من نقط الارتفاع، وبالتالي كلما كانت كثافة نقط الارتفاع كبيرة كلما كان النموذج الرقمي للارتفاع أكثر وضوحا؛ وتقوم هذه التقنية بصورة تقليدية على مثلث ديلوني الذي يعمل على تعظيم أصغر زاوية في جميع مثلثات التثليث؛ ويتم على الفور إنشاء صور ثلاثية الأبعاد باستخدام الأوجه المثلثية

الشكل (19) TIN



15- استخدامات نماذج ثلاثية الأبعاد (3D Models)

1- لصنع الخرائط الكنتورية والطبوغرافية، إذ يمكن استخدام المنحنيات الكنتورية في هذه الخرائط لاعداد رسومات توضح مقاطع ثلاثية الابعاد للارض، حيث يمكن عرضها ورؤيتها من مختلف الزوايا والابعاد لتوضح

2- يمكن استخدام هذه النماذج في تمثيل التوزيع الجغرافي للظواهر او اتجاهات سلوك الظواهر المختلفه بثلاثة ابعاد (Z, X, Y)، فمثلا يمكن تمثيل توزيع السكان له ثلاثة ابعاد ترتفع فيه خطوط التمثيل حيث يتزايد السكان وتنخفض حيث يتناقصون ، وعند رسم هذه النماذج يمكن النظر اليها من زوايا مختلفه كما يمكن اظهارها بظلال و الوان مختلفه مما يوفر فهم افضل ومنظورا اوضح عن معالم واوضاع سطح الأرض.

3- يمكن دمج (الـ DEM والـ DTM) مع الخرائط التي تصنعها نظم المعلومات الجغرافية ذات البعدين (D2) وتحويلها الى شكلها الحقيقي للمقارنه والتحليل، فعلى سبيل المثال يمكن وضع نموذج السطح ثلاثي الابعاد الذي يمثل توزيع السكان فوق الخريطة ذات البعدين لتوزيع التربة او شبكات التصريف او الطرق أو المباني وغيرها في نفس الاقليم لتوضيح مدى ارتباط السكان بانواع التربة أو المباني أو غيرها من الطبقات المعلوماتية وتسمى هذه العملية بـ (3D - dra ping) (D)، ويمكن في النموذج ثلاثي البعد اضافة الغيوم وتغيير الوان السماء الخ،

4- يمكن من خلال (الـ DEM و الـ DTM) اشتقاق العديد من النماذج مثل نموذج التصميم الاساس، نموذج الأودية والاحواض المائية نموذج الانحدارات واتجاهاتها، نموذج الحفر والردم نموذج خرائط السطح نموذج الصورة الفضائية (SID)، نموذج هيئة الظلال وغيرها،

5- دراسة الخصائص التضاريسية للأرض لاعداد المشاريع التخطيطية المستقبلية وتصميمها والاعمال الهندسية المصاحبه اذ تستخدم البيانات المتعلقة بحسابات تتعلق بدرجات الانحدار Slope واتجاهه Slope Aspect ومقاطع الانحدار Slope Profile ، ومن اهم المعلومات في هكذا مشاريع مثل اسقاط استعمالات الارض، تقدير مشاريع مناطق بناء الطرق، حساب كميات الحفر والردم ، التخطيط الاولي لشبكات خطوط البنى التحتية كخطوط الاتصالات والكهرباء والماء ، تحديد وضوح الرؤية بين المباني المرتفعة ، كما يمكن اعداد كل ماسبق باستخدام تطبيقات الحاسوب في المكتب دون الحاجة الى الذهاب الى الموقع حقليا .

6- استخدام تطبيقات نموذج ثلاثي البعد في دراسات تخطيط المدن، اذ تقدم صورة للمخطط والمنفذ عن اهمية التوزيع الجغرافي للمظاهر الطبيعية والصناعية على سطح الأرض وما يمكن عمله من اضافة أو تعديل على المخطط الاساس اعتمادا على المظاهر التضاريسية من جبال او تلال أو شبكة الاودية عند اقتراح انشاء قناة مائية أو طرق ضمن المخطط الاساس لاي موقع مقترح لمدينة جديدة،

7- توفر دقة في التحليل المكاني والوصفي والاحصائي للموقع الجغرافي الذي يصعب تحقيقه باستخدام الخرائط الكنتورية (خرائط الارتفاعات المتساوية) على سبيل المثال لا الحصر .

8- يستعمل في تحليل مخزون المياه امور المنحدرات والتعرض للشمس، تصميم الخدمات الترفيهية في الهواء الطلق وتحليل المسارات .

9- امكانية حساب التحليل الاحصائي لمختلف المعطيات المكانية بالشكل الذي يناسب الاطوال المساحات الحجم .

10- يستخدم تمثيل سطح الأرض بثلاثة أبعاد للاغراض العسكرية .

11- تقدير مدى الرؤيا للاغراض المدنيه والسياحية والعسكرية .

12- مقارنة الأشكال الأرضية .

13- اجراء استخدامها كخلفيات للخرائط الموضوعية لاغراض التحليل عن طريق وضعها تحت الخرائط الموضوعية لملاحظة مدى ارتباطهما .

14- لتقدير الفترات المستغرقة في السفر حسب الارتفاعات والانحدارات .

15- تقدير الكثافات السكانية حسب نوع السطح ذلك ان السكان يتركزون في المناطق السهلية المفتوحة على سبيل المثال لا الحصر .

16. جوانب من التطبيقات الجغرافية لعلم وتقنية الاستشعار عن بعد:

بعدما تعرفنا الى مفهوم الاستشعار عن بعد ومصادر المعلومات فيه ، وطرق تفسير وتحليل مخرجاته، نتطرق الان الى بعض تطبيقات الاستشعار عن بعد ، وطرق الاستفادة من مخرجاته فالיום هناك امثلة لا تحصى على نجاح تقنية الاستشعار عن بعد ، فلقد مكنت صور الاستشعار عن بعد من تصحيح كثير من المعلومات ، وذلك لان هذه الصور تعطي نظرة شمولية ودقيقة وانية لمعالم الأرض ، يمكن ملاحظة الشكل (4 - 20) لتوضيح تطبيقات استخدام الاستشعار عن بعد في العلوم والنظم والاختصاصات المختلفة،

17. صفات بعض الظواهر الشائعة على المرئية الفضائية:

عادة يكون لكل ظاهرة ارضية، سواء كانت ظاهرة طبيعية او بشرية شكلاً خاصاً أو صفة خاصة تميزها عن باقي الظواهر ، وهذه الصفة تسمى التوقيع الطيفي (Spectral Signature)، لذا سنذكر بايجاز اهم الصفات الخاصة لبعض الظواهر الطبيعية والبشرية المشهورة والمتكررة في اغلب الصور

1. الصخور والتربة

أطلق على استخدام الصور الجوية في توفير البيانات الجيولوجية الوصفية والكمية اسم الجيولوجيا التصويرية (Photogeology)، ويهتم عمل الجيولوجيا التصويرية بدراسة الصخور العادية او ذات

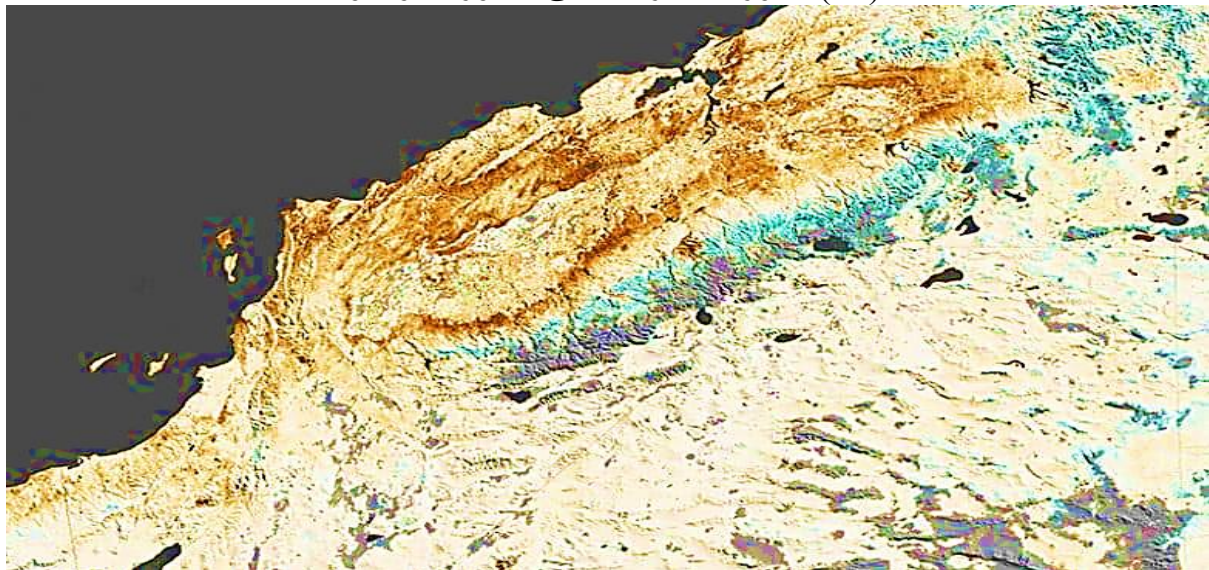
الشكل (20) تطبيقات الاستشعار عن بعد في العلوم والنظم المختلفة

النظم	العلوم التطبيقية				العلوم الانسانية				العلوم الصرفة					
	المساحة	التصويري	المسح	الهندسة المدنية	علم الارض	المدن	تخطيط المناطق	تخطيط الاجتماع	الاثار	الجغرافية	الزراعة	الغابات	علم التربة	البيئة
الانحصار الدقيق	المسح التفصيلي للأماكن والمعالم	التثبيث الجوي والخرائط العمودية	الطرق	مواد انشاء الطرق	استكشاف الثروة المعدنية والبتروكيمياوية	المسح المروري	الأراضي المهملة	المناطق الحضرية الفقيرة	عمر المواقع الأثرية	الجمهورية الجوية والاثراء الجوية	أنواع المزروعات أمراضها	أنواع الأشجار أمراضها	أنواع التربة	التلوث البيئي
الانحصار العام	الضبط الأرضي	الخرائط الطبوغرافية	الخرائط	الطرق البنية والسكك الحديدية	الجيوولوجية	الانتشار الحضري	دراسة استخدام الأراضي	الدخل الجماعي	تحديد المواقع الأثرية	نظم الصرف المائي والاسباب السطحي	الخرائط المزروعات	الخرائط الغابات والأشجار	خرائط التربة	التوازن البيئي

الغطاء النباتي الخفيف لتحديد أنواع الصخور ووجود الالتواءات والفواصل والمعادن وانماط التصريف المائي وغيرها من الظواهر الجيولوجية ، وفي التكوينات العادية او شبه العادية يمكن ملاحظة انماط التربة الناتجة عن اختلافات في التكوين ودرجة اللون والرطوبة التي تحتويها بسهولة والصخور بصورة عامة والتربة العادية ، وتظهر بلون افتح مما نتوقعه من مظهرها الطبيعي ، الا ان التربة الرطبة تظهر بلون رمادي الى رمادي داكن بينما تظهر بلون فاتح فور جفافها، وتظهر الأرض المحروقة بلون فاتح وهي تشمل التربة المحروقة للزراعة او التربة الموضوعة حول قناة محفورة حديثاً او التربة الماخوذة بعد حفر موقع بناء جديد والشواطئ والرمال .

2 - التضاريس : تشكل الخصائص الخارجية لعناصر البيئة الطبيعية عاملا اساسيا في استخدام المنهج المورفولوجي في وصف اشكال سطح الارض، وتعد التضاريس من الظواهر سهلة التمييز على الصور، ويمكن رؤيتها في الصور بسهولة نسبية بعد قليل من التدريب الشكل (21) واذا اردنا الحصول على معلومات تفصيلية عن الظواهر والارتفاعات فيفضل استخدام مناظر مجسمة (عن طريق الصور الجوية أو صور سبوت الفضائية مثلا)،

الشكل (21) ظهور التضاريس على الصور الجوية والفضائية



3 - المحاصيل الزراعية

من اعقد المشاكل التي تواجه مفسر الصور مشكلة تحديد نوعية المحاصيل المزروعة ، ومن أهم الطرق المساعدة التي تستخدم للتعرف على المحاصيل الزراعية الالمام الجيد بطرق زرعتها ومعرفة المعدات والادوات الرئيسية المستخدمة للتعرف في كل زراعة ، بالإضافة الى معرفة مواعيد العمليات المختلفة في زراعة المحصول (حرث، بذر، نمو وحصاد) ، وبصورة عامة تعطي الصور الماخوذة في وقت الحصاد افضل النتائج من حيث امكانية التنبؤ بنوعية المحاصيل الزراعية انظر الشكل (22)، ورغم صعوبة التفريق بين بعض انواع المحاصيل في بعض الحقول مثل حقل يزرع قمحاً واخر يزرع شعيراً الا ان بالامكان التفريق بين بعض انواع المجموعات الزراعية مثل زراعة الحبوب وزراعة البساتين والدواجن والماشية،

الشكل (22) ظهور المحاصيل الزراعية على الصور الجوية والفضائية



4- النباتات الطبيعية :

تعد بيانات الاستشعار عن بعد من الادوات الاساسية لدراسة النباتات الطبيعية وايكولوجيا النبات، اذ تظهر الغابات في الصور بلون داكن وتكون الاختلافات في درجة اللون ونتيجة للاختلافات في عمر الاشجار وانواعها اما الحشائش فان القاعدة العامة انه كلما تحسنت نوعية الحشائش فانها تظهر بالوان داكنة وثابتة وتظهر الحدائق المزروعة بالحشائش بشكل منتظم وجيد في الصور بلون رمادي متوسط اللون بينما الحشائش المزروعة بشكل سيء تظهر بلون افتح وعلى هيئة قطع متباينة الالوان نظراً لاختلاف انواع الحشائش .

هي

5- المدن والمناطق الحضرية

يصعب في بعض الحالات تحديد نوع استخدام بعض المباني خصوصاً المباني او المجمعات الصناعية ، والتي لايمكن التعرف على استخدامها العام ولا يمكن تحديد انواع العمليات داخل هذه المباني ويحتاج التعرف عليها الى خبرة كبيرة نوعاً ما ، فعلى سبيل المثال يمكن ان نعرف ان الصناعة هي صناعة تحويلية ، ولكن يصعب تحديد اي نوع من انواع الصناعات التحويلية ، ولذا ان الشخص الوحيد الذي له خبرة في انواع الصناعات المختلفة واحتياجاتها من حيث المباني والافران وطريقة توزيع المباني في موقع المصنع لن يجد صعوبة في تحديد نوع الصناعة .

وفي المدن هناك مناطق معينة يمكن تحديدها بسهولة مثل المنطقة القديمة والمناطق التجارية والمساجد والمدارس والمناطق الصناعية والورش والادارات الحكومية والحدائق العامة والاماكن الترفيهية والمنتجعات الشكل (23) ،

الشكل (23) المناطق الحضرية لمحافظة الديوانية



6- المواصلات

تظهر الطرق غالباً بلون فاتح اذا كانت غير مرصوفة او ذات سطح خشن تظهر بلون داكن اذا كانت مرصوفة وملساء ، اما السكك الحديدية فمع أنها أسهل من حيث تحديدها على الصور من طرق السيارات نتيجة لانتظامها الا انه يصعب تحديد عدد الخطوط، وعادة تعرف السكك الحديدية بوجود جسور خاصة أو انفاق أو محطات للقطارات او المنحنيات الخفيفة التي تتخذها قضبان السكك الحديدية .

7 - المواقع الأثرية

تعد النتائج التي قدمتها الصور الجوية والفضائية في حقل الآثار مدهشة وذات اهمية كبيرة فمن السهل تمييز المباني والبقايا الأثرية البارزة على سطح الاراضي في الاستشعار عن بعد، وذلك لظهورها بأشكال مميزة وغريبة عما يحيط بها الشكل صور الشكل (24) المناطق الأثرية

الشكل (24) المناطق الأثرية



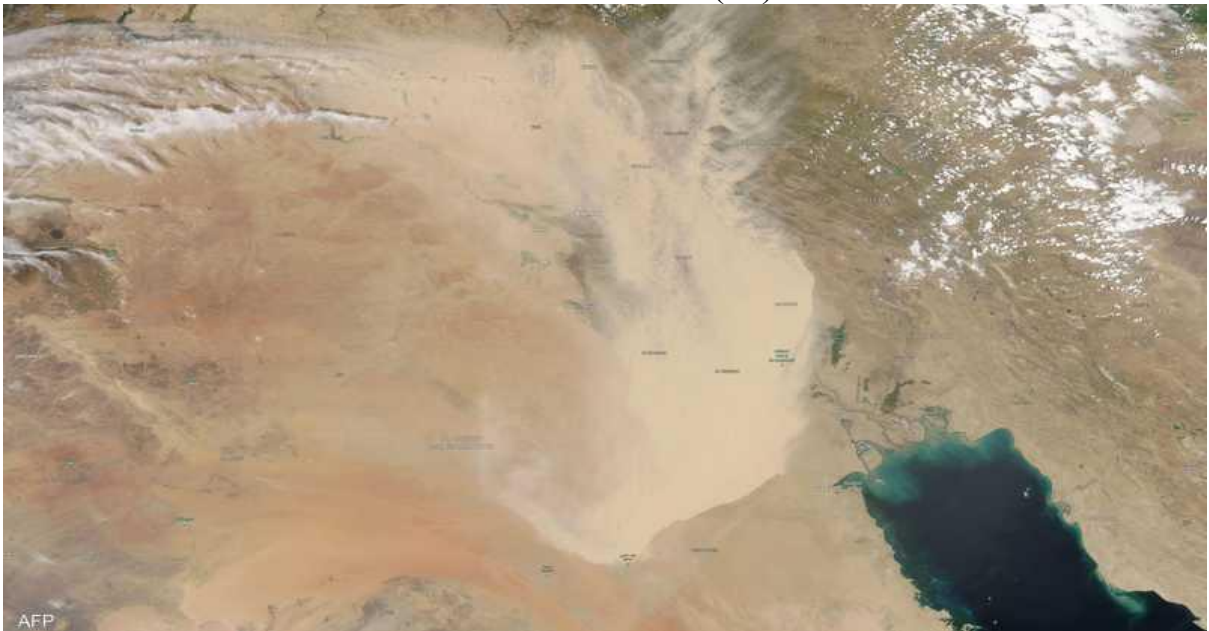
جوانب مختارة من تطبيقات الاستشعار عن بعد:

1 - تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات المناخية

ان تنامي مشكلة تلوث الهواء وظاهرة الاحتباس الحراري وتأثيرها الخطير على التغير المناخي في العالم لفتت انتباه علماء المناخ الى ضرورة استخدام ميزات تقنية الاستشعار عن بعد لمراقبة التغيرات المناخية. وقد أضافت تقنية الاستشعار عن بعد أبعادا جديدة لعلم المناخ عموما ومراقبة التغيرات المناخية بصورة خاصة ويمكن تلخيص هذه الابعاد بما يأتي:

أ - دراسة اتجاه وحركة الرياح السطحية والعواصف الغبارية والترابية وقياس سرعتها والتنبؤ بحدوث العواصف والاعاصير والجيوب الهوائية ... الخ الشكل (25)

الشكل (25) عاصفة ترابية تضرب العراق



ب. التمييز بين أنواع الغيوم وتحديد ارتفاعاتها ورصد حركتها والتنبؤ بهطول ذلك خلال تحديد نسبة الأشعة المنعكسة والحرارة المنبعثة من الأمطار ويتم الغيوم المختلفة السمك، إذ يتم تمييز المناطق ذات الانعكاس العالي والانبعاث القليل للأشعة الضوئية على انها مناطق غيوم كثيفة، وذلك لأنه كلما زاد سمك الغيوم كلما احتوت على نسبة أكبر من بخار الماء وبالتالي يؤدي الى امتصاص أكبر للأشعة الساقطة.

ج. صنع خرائط للغلاف الجوي تمثل درجات حرارة الأرض. ورصد ومراقبة مناطق الثلوج التي تأثر وتتأثر بالتغيرات المناخية بشكل كبير، خاصة ان المناطق القطبية غير مشمولة بالرصد الجوي الروتيني.

د. قياس سمك طبقة الاوزون وتتبع ثقب الأوزون. هناك العديد من أقمار الرصد الجوي التي تم اطلاقها من الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا واليابان ودول أخرى المستخدمة لأغراض المراقبة والتنبؤ بالتغيرات المناخية وجمع البيانات حول الخصائص المناخية ومكونات الغلاف الجوي وحرارة البحار والمحيطات واليابس ودرجات الرطوبة النسبية وكمية تساقط الأمطار وعناصر المناخ الأخرى في جميع انحاء العالم.

2. تطبيقات الاستشعار عن بعد في التخطيط الحضري

تعد خرائط استعمال الارض من الخرائط غير الكمية التي يعتمد رسمها على طريقة التظليل المساحي والالوان والتي يحتاج دائما مخطوطا المناطق الحضرية الى معلومات متجددة ومستمرة لصياغة سياسات الحكومات وبرمجتها ، ويمكن أن تتراوح هذه السياسات بين المجالات الثقافية والاقتصادية والاجتماعية ويمتد دور ادارات التخطيط ليشمل أنشطة أخرى ، اضافة الى تعدد المشكلات الحضرية التي تواجه المخططين ، ومن الأمثلة التي نعايشها في حياتنا اليومية داخل المدن:-

أ. خرائط تفصيلية للمدن،

ب. تخطيط وتوزيع المتنزهات والحدائق داخل المدن.

ج. دراسة حركة المرور ومواقف السيارات.

د. دراسة استعمال الاراضي التمدد الحضري واتجاهه،

ح. دراسة المجمعات الصناعية.

3- تطبيقات الاستشعار عن بعد في الموارد المائية

يعد هذا المجال من من التطبيقات الشائعة جدا في تطبيقات الاستشعار عن بعد، وذلك لتفاعل المياه بالبيئة المجاورة بشكل متبادل الأثر من ناحية، وتعدد الأجهزة والمتحسسات التي تستقبل معلومات عن المياه من ناحية أخرى. ويمكن تلخيص أهم تطبيقات الاستشعار عن بعد في الموارد المائية كما يأتي :-

أ. تقدير وتقييم موارد المياه السطحية باستخدام الصور الفضائية والصور الجوية من خلال جرد مواقع ومناطق التجمع المائي الطبيعية واعداد خرائط لشبكات الصرف المائي.

ب. اعطاء شواهد ومؤشرات للاستدلال على تواجد المياه الجوفية وخصائص الأحواض المائية، اذ شملت تطبيقات الاستشعار عن بعد كامل الدورة الهيدرولوجية.

ج. دراسة الظروف الجيولوجية والتركيبية الحاوية لخزانات المياه الجوفية ، اذ استطاعت هذه التقنية في تحديد ملامح البنية الجيولوجية ولاسيما الفوالق الصخرية الرئيسية ومناطق الضعف في الصخور التي تكون عادة مصدرا لتغذية المياه الجوفية.

د. تحديد نوعية المياه ومناطق تلوث الأنهار والبحار ودراسة حمولة مياه البحيرات والبحار من الحبيبات الدقيقة والترتبة.

4 - التطبيقات الزراعية والريفية

تعد الثروة الزراعية أساسا استراتيجيا وتلعب دورا كبيرا في القوة السياسية للدولة شأنها في ذلك شأن التجارة والصناعة ، وتشكل الأراضي المستثمرة في الانتاج الزراعي نسبة أكبر من أي استخدامات للأراضي في معظم دول العالم ، ونتيجة لذلك نجد ان الاهتمام بالحصول على معلومات ميكرة وشاملة عن المساحات المزروعة بالمحاصيل المختلفة وكمية الانتاج المتوقع من كل محصول ، وتأثير الأمراض

والحشرات في كمية الإنتاج ، وتحديد المناطق التي تعاني من الجفاف اساسا في الادارة الحديثة للقطاع الزراعي وفي تسويق المنتجات الزراعية ، ولكن هذه المعلومات لا يمكن الحصول عليها في الوقت المناسب وبالذقة المطلوبة اذا استخدمنا الطرق التقليدية في جمع البيانات وتصنيفها، لذا لابد من استخدام الوسائل المتقدمة من الاستشعار عن بعد، وما يرتبط بها من وسائل متقدمة للتحليل واظهار النتائج.

وفي التطبيقات الزراعية لابد ان نعرف الخصائص الاساسية للتفاعلات بين الاشعة والنباتات من خلال المنحنيات الانعكاسية للنباتات تتخذ المظهر العام نفسه تقريباً والذي يظهر منحنيات الانعكاسية الطيفية لبعض النباتات والاجسام الأخرى ، ويعتمد تفسير النمط المميز لاي غطاء نباتي في المجال المرئي والمجال المجاور للأشعة تحت الحمراء على بعد المساحة المرئية وموقع الشمس والزاوية السمئية ونسبة الضباب وسرعة الرياح ، ويمكن ان تدخل عوامل اخرى كاتجاه صفوف المزروعات بالنسبة لاتجاه الاشعة الشمسية وخصائص التربة تحت النبات وشكل اوراق الغطاء النباتي ونوعه وتركيبه ومن مثال التطبيقات الزراعية للمعلومات المستقاة من بيانات الاقمار الصناعية منها:

- أ.دراسة انواع الزراعة والمحاصيل واعداد خرائط تصنيف الزراعة السائدة في منطقة ما.
- ب. دراسة أمراض النباتات وتحديد المناطق الزراعية التي تعاني من أمراض المحاصيل .
- ج. تقييم الغابات وتصنيفها وتحديد أبعادها ومراقبة تعرضها للتدهور، وتحديد كثافة وكمية الأشجار ومراقبة قطع الأشجار وتحديد أماكن انتشار الحرائق، وتقويم حجم الأخشاب التي يمكن الحصول عليها من الأشجار.
- د- تقدير مساحة المراعي وتصنيفها وتقدير انتاجية المراعي وادارتها.

5 - تطبيقات الاستشعار عن بعد في دراسة التربة

تمثل التربة الطبقة العليا من سطح الارض التي تنمو فيها النباتات ، وتتفاعل مع عدة عوامل منها: (الصخور الام ، المناخ ، التضاريس ، الاحياء ، والزمن) وهي التي تسمى عوامل تكون التربة ، يؤدي الاستشعار عن بعد دورا فعالا ومهما في عمليات مسح التربة ولاسيما في مراحل الاستكشاف والاستطلاع من خلال تحليل أشكال سطح الأرض والمعلومات التي يتم الحصول عليها من أستعمالات الأرض والطبيعة الجيولوجية والنباتات.

ومن الأمثلة على تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال التربة ماياتي

- أ.جرد التربة وتصنيفها وتوزيعها.
- ب. دراسة نسجة التربة من خلال الميزات الطيفية فالتربة الناعمة تعكس كمية أكبر من الاشعة الساقطة مقارنة بالتربة ذات النسيج الخشن
- ج. دراسة رطوبة التربة وحجم الحبيبات وكثافة الغطاء النباتي الذي يزداد بزيادة رطوبة التربة.
- د. تحديد المواصفات الهندسية للتربة ومقدرتها الانتاجية، وتحديد ملائمتها للاستعمال الأمثل سواء في مجال الزراعة أو غيرها من الاستخدامات ..

6- التطبيقات الحضرية

يحتاج مخطوطو المناطق الحضرية دوماً الى معلومات مستمرة لصياغة سياسات الحكومات وبرمجتها ، ويمكن ان تتراوح هذه السياسات بين المجالات الاجتماعية والاقتصادية والثقافية ، ويمتد دور ادارات التخطيط ليشمل أنشطة اخرى اضافة الى تعدد المشكلات الحضرية التي تواجه المخططين والتي ترجع اسبابها بشكل رئيس الى عدد من العوامل يمكن حصرها في ثلاث مجموعات وهي:-

- أ. **العوامل التاريخية** : فمعظم مدن العالم وجدت اساساً لتقوم بوظائف تختلف تماماً عن وظائفها الحالية إذ ان وظيفتها الاساسية اصبحت واحدة من مجموعة وظائف أخرى تقوم بها، وكثير من المدن نمت واتسعت بشكل اصبح يفوق قدرتها على تامين احتياجاتها من الموارد والتغلب على مشكلاتها.
- ب. **العوامل التخطيطية**: فالمدينة عنصر متطور ومتغير لا يتوقف عند مستوى معين ولا يسير ضمن حدود ضيقة، لذا فان عمليات التخطيط واعادة التخطيط المستمرة، والتي تشمل استخدامات الارض والمناطق الوظيفية داخل المدن ووضع استراتيجيات النمو ومراقبتها لا تخلو من الاخطاء وسوء التقدير وبطء اتخاذ القرارات الحاسمة في وقتها مما يؤدي في النهاية الى تراكم المشكلات وتعمدها.

ج. **العوامل التنظيمية:** فالمدن داخل اي نظام حضري تختلف فيما بينها من حيث الحجم ونوع ومقياس الأنشطة التي تقوم بها، وكما كان النظام الحضري غير متوازن من حيث الحجم وتوزيع الأنشطة زادت المشكلات الحضرية وتعقدت.

هذه العوامل التي ذكرناها ويجاد الحلول للمشكلات المرتبطة بها يعتمد بشكل كبير على مدى توفر المعلومات لدى الاجهزة التخطيطية والتنفيذية لفهم طبيعة كل مشكلة واسبابها ووضع الحلول الملائمة لها وذلك تزايدت الحاجة لدى الاجهزة التخطيطية والتنفيذية من أجل الحصول على مصادر للمعلومات بأشكال متنوعة وتكون انية ودقيقة وبتكلفة معقولة ، ويتم الحصول على كثير من هذه المعلومات بتفسير وتحليل صور ومخرجات الاستشعار عن بعد ، ومن الامثلة التي نعايشها في حياتنا اليومية داخل المدن (رسم خرائط تفصيلية ، دراسة حركة المرور ومواقف السيارات ، تخطيط وتوزيع المنتزهات والحدائق داخل المدن ، دراسة استعمال الأراضي ، التمدد الحضري واتجاهه ، ودراسة المجمعات الصناعية.

كما نستخدم معطيات الاستشعار عن بعد والتقنيات الجغرافية في مجال الاستعمال السكني ، اذ يستخدم لهذا الغرض صور فضائية عالية الدقة التي تساهم في وضع الحلول الناجعة لخلق توازن وتوزيع سكاني مبني على دراسة رقعة جغرافية معينة من خلال سد النقص الحاصل في عدد الوحدات السكنية وتخفيف الضغط السكاني على المناطق السكنية عالية الكثافة ووضع حد للتجاوزات على المناطق الخضراء ومناطق الاستعمالات الاخرى الشاغرة داخل المدينة ، كما تستخدم معطيات الاقمار الصناعية والخرائط لتحديد افضل المواقع المقترحة لاقامة المجمعات السكنية ووضع حلول جذرية لازمة السكن.

7 - رسم خرائط تفصيلية للمدن

تعد الصور الفضائية من المصادر الاساسية لرسم الخرائط التفصيلية ، وذلك لتوفر هذه الصور وبدقة تمييزية عالية تصل الى (60) كما ذكرنا في صور القمر (Quick Bird) ولتكلفتها المعقولة مقارنة بالمسح الارضي وتتم عملية انتاج الخرائط بعدة مراحل اولها التخطيط والتنسيق واختيار نوع الصور المناسبة والدقة المطلوبة ، ثم التصوير او شراء الصور مباشرة من الجهات المختصة شركات او غيره ثم ربط هذه الصور بنقاط التحكم وتصحيح الاخطاء الهندسية وازالة التشوهات منها ، وتاتي عملية الترقيم (تحويل الصور الفضائية إلى معلومات رقمية) والتي تتطلب الجهد والوقت الكثير بل هي في الحقيقة اهم عنصر في حساب تكلفة انتاج الخرائط من الصور الفضائية لانها تحتاج الى كوادر بشرية مدربة وبرامج متخصصة واجهزة حاسب متقدمة ، والمرحلة الاخيرة من الانتاج تكون في المخرج النهائي الذي يراد اخراج هذه الخرائط عليه فمن الممكن ان تكون المخرجات على شكل خرائط ورقية (Hard Copy) أو خرائط رقمية (Soft Copy) أو حتى ممكن ان تكون المخرجات على شكل طبقات رقمية (Vector Layers) تستخدم في تطبيقات اخرى ويمكن استخدام مخرجات هذه الصور كخرائط قاعدة لنظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System ; GIS) والتي سنتطرق اليها في الفصل الثاني.

ويمكن أن تنتج مباشرة من الصور الفضائية كخرائط الصور المصححة (Orthoimage Maps) وهي عبارة عن صور فضائية تم تصحيح ازاحة الميل للمعالم وازاحة التضاريس فيها، ولانتاج هذه الخرائط نحتاج الى صور مجسمة ومعلومات الارتفاعات الارضية (Digital Elevation Model (DEM) او ما يعرف (Digital Terrain Model; DTM) لانتاجها وهي بشكل عام خرائط ولكن لا يستعاض عن المعالم الموجودة فيها برموز (مثل الطرق خط، والمباني مضع وهكذا بل تظهر المعالم كما في الحقيقة من المنظر الراسي (Top View) ويضاف اليها المعلومات المطلوبة (مثل اسماء الطريق، اسماء بعض المعالم الهامة شبكة الاحداثيات المصححة ، وغيرها الشكل (26).

8- دراسة حركة المرور ومواقف السيارات

تعد الصور الفضائية ووسائل الاستشعار الأخرى من الوسائل الرئيسية التي تستخدمها معظم هيئات النقل والمواصلات على اختلاف المستويات المحلية والإقليمية والوطنية عند دراسة الأوضاع الراهنة أو عند إنشاء طرق جديدة أو في دراسة بعض المشكلات الخاصة. وهناك نوعان من أنواع المواصلات في المدن يمكن دراستها عن طريق استخدام وسائل الاستشعار عن بعد:

أ- العناصر الثابتة تشمل دراسة مواقع وتركيب شبكة الطرق والشوارع في المدينة مثل دراسة استخدام الأرض المخصصة للسيارات ، وتتم عملية قياس استخدام الأرض المخصصة للسيارات بقياس مساحة الشوارع ومواقف السيارات وإيجاد نسبتها من مجموع مساحة المدينة أو المنطقة المراد دراستها، وكذلك تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد في تخطيط الطرق الجديدة باختيار المسار المناسب وحساب التكلفة المبدئية لنزع الملكية والتصميم المبدئي.

ب العناصر المتغيرة تستخدم الصور الجوية والفضائية في دراسة حركة المرور والبضائع والناس في المدينة مثل دراسة مناطق الاختناق المروري (عق زجاجة) في الصور المأخوذة في أوقات الذروة وإيجاد الحلول لها.

9- تخطيط وتوزيع المتنزهات والحدائق

في كثير من المدن الكبيرة أدى عدم الاهتمام في عمل الاحتياطات المبكرة لتوفر الأراضي اللازمة للحدائق والمتنزهات الترفيهية إلى تزايد الضغط السكاني على استخدام أراضي المدينة بسبب تزايد عدد السكان. ومن الأمثلة التقليدية على اهتمام مخططي المدن بتوفير الأراضي للحدائق من فترة مبكرة من نمو المدينة مثل الحديقة المركزية في (منهاتن) بمدينة نيويورك. ومهما يكن من أمر فإن الكثير من المدن الكبيرة كثيفة السكان أما أنها تفتقد إلى تخطيط المتنزهات والحدائق ، أو أنها غير كافية لاستيعاب المتنزهين ، وفي أي مدينة لا يتم التخطيط للحدائق والمتنزهات في المراحل الأولى من نمو المدينة فقد يصبح ارتفاع أسعار الأراضي عائقاً أمام إقامة حدائق ومتنزهات جديدة أو حتى توسيع الحدائق والمتنزهات الموجودة ، هذا وقد ساعدت الصور ذات المقاييس الكبيرة في القيام بمسوحات تفصيلية لتقدير مدى ضغط السكان على الحدائق والمتنزهات وتحديد المواضع ذات القيمة المالية في أغراض التنزه والخدمات اللازم إضافتها.

10- دراسة استعمالات الأراضي

تعد خرائط استخدامات الأرض من أكثر الخرائط التي يستخدمها المخططون الحضريون وأهم ما تشمله هذه الخرائط ما يأتي:-

1. طبيعة تقسيم الأراضي بين مختلف الأنشطة.
2. نسبة المساحة المخصصة لكل مستخدم.
3. نسبة الأرض المخصصة لطرق المواصلات.
4. العلاقات بين استخدام الأرض وطرق المواصلات.

كما أن استخدام الأرض يعتبر من أكثر المجالات الحضرية استخداماً للصور لعدد من العوامل أهمها

أ- أن الحصول على بيانات استخدام الأرض عملية مكلفة وتستهلك وقتاً وجهداً كبيرين، ويمكن أن تكون وسائل الاستشعار عن بعد أرخص وأشمل لإنتاج خرائط استخدام الأرض.

ب- مما تتميز به استخدامات الأرض تغييرها المستمر والسريع في بعض الحالات وبدون متابعة هذه التغيرات يجب وضع مخططات أو تعديلها عند الحاجة لمواجهة الظروف الجديدة، واستخدام العمل الحقلية التقليدي لهذا الغرض يعتبر أيضاً عملية مكلفة ومستهلكة للوقت والاستشعار عن بعد وسيلة ذات كفاءة عالية من حيث السرعة في اكتشاف التغيير في استخدام الأرض.

ج- وللصور ووسائل الاستشعار الأخرى قدرة محدودة في استخدامها لدراسة استخدام الأرض بحيث يصبح استخدامها فيما بعد لا يقل عن العمل الحقلية من حيث التكلفة واستهلاك الوقت.

11 - دراسة المجمعات الصناعية:

يعد تصنيف الصناعات والتعرف الى المناطق الصناعية والمصانع المختلفة من الامور الهامة بالنسبة لمفسر الصور، والذي يعمل ضمن هيئات تخطيط المدن، وضبط نوعية الماء والهواء، وفي بعض الحالات فان تفرد المباني الصناعية او وجود علامات مميزة على اسطح مباني المصانع يجعل عملية تفسير الصور سهلة نسبياً (مثل المداخن سيور الانتاج والخزانات الوقود، وفي حالات اخرى تتطلب معرفة المنشآت الصناعية خلفية علمية واسعة في الصناعة ومهارة كبيرة في استنتاج نوعية المصنع من خلال قرائن ذات علاقة و احياناً يتطلب الأمر توافر دليل او اكثر من ادلة التفسير وبلا شك فان المفسر الذي يعرف عن عمليات التصنيع يكون قادراً على تمييز الانشطة الصناعية بسهولة.

12 - دراسة انواع الزراعة والمحاصيل:

يمكن استخدام صور ومناظر الاستشعار عن بعد لاعداد خرائط تصنيف الزراعة السائدة في منطقة ما وفي الصورة ذات التحليل المكاني العالي نستطيع ان نحدد نوع الزراعة اما مباشرة من الصور او الاستعانة ببعض العناصر الظاهرة في الصور مثل المباني

والطرق، وقد استخدمت صور بمقاييس صغيرة في مثل هذا النوع من الدراسات ووجد انه بالامكان تحديد الانماط الزراعية باستخدام صور الرادار ثم ربطها بظواهر طبيعية وبشرية معروفة يمكن مشاهدتها في الصور وبالتاكيد لا يساعد المقياس الصغير والتحليل المكاني الضعيف لصور الرادار على استكشاف وتحديد التفاصيل الدقيقة، واذا اردنا الحصول على تفاصيل اكثر يجب الرجوع الى الصور بمقاييس كبيرة، وقد نحتاج أحياناً الى اجراء تقديرات اولية عن كمية المحصول المتوقع للمرزوعات فنلجا الى استخدام وسائل الاستشعار عن بعد لما توفره من معلومات شاملة وسريعة وذلك بالاعتماد على الاختلاف في حجم الاشعة التي يعكسها كل محصول، وكما تعرفنا سابقاً في باب تفسير وتحليل الصور ان اهم العناصر التي تساعدنا في اكتشاف نوعية المحاصيل الزراعية هي: درجة اللون النسيج، والادوات المرتبطة بكل نوع من انواع الزراعة، وكذلك يجب ان نتذكر ان النسيج واللون يتغيران من فترة الى اخرى من فترات نمو المحصول الواحد، وان وسائل وطرق الزراعة والادوات والمباني المرتبطة بالزراعة تختلف بين الدول المتقدمة والدول النامية.

لقد اصبحت وسائل الاستشعار الفضائية من الوسائل التي تستخدم بشكل واسع في الولايات المتحدة الامريكية في تقدير كميات الانتاج الزراعي للمحاصيل الرئيسية مثل القطن والقمح والذرة، مع مقارنة هذه التقديرات بتقديرات الهيئات الحكومية التي تعتمد على الطرق التقليدية، اذ وجد ان الاختلاف بينهما لا يزيد عن 2-3 في حين ان تقديرات الشركات التي تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد يتم الحصول عليها قبل عدة اسابيع من التقديرات الحكومية.

13 - دراسة النباتات الطبيعية

يعد النبات الطبيعي في كثير من الدول احد الموارد الطبيعية الهامة، وفي البلاد الجافة كالمملكة العربية السعودية لا تقل اهمية معرفة أماكن تكثيف النباتات الطبيعية عما هو موجود في البلاد الأخرى، ويمكن التفريق بين ثلاث طرق في دراسة النباتات الطبيعية باستخدام وسائل الاستشعار عن بعد:

1. **التصنيف السابق:** حيث نضع تصنيفاً يشمل جميع الاقسام التي نتوقع وجودها في منطقة الدراسة ثم نقوم باستخدام هذا التصنيف في دراسة الصور.

2. **التصنيف اللاحق :** حيث نقوم بدراسة التكوين النباتي في الصور واعتماداً على ما نجده فيها نضع التصنيف المناسب، وعادة تاخذ عينات من الصور تضم اشكالاً نباتية مختلفة ثم نقوم بتحديد نوعيتها على الطبيعة، ونعم ذلك على بقية الاجزاء المتشابهة لها.

3. **التصنيف الخاص :** وهو يعتمد على وضع خاص يلائم طبيعة صور أو منطقة الدراسة ويختلف هذا التصنيف عن التصنيفين السابقين في ان التصنيف الخاص يراعي خصائص ومشكلات الصور التي هي المصدر الاساسي للمعلومات بينما التصنيف المسبق والتصنيف اللاحق ياخذان بعين الاعتبار الحقائق الارضية فقط. وقد لوحظ ان وسائل الاستشعار عن بعد مناسبة في عمليات واعداد خرائط النباتات الطبيعية، وخصوصاً في المناطق ذات الوعورة الشديدة التي يصعب الوصول اليها والمناطق الشاسعة المساحة

وتعتمد صحة تفسير صور النباتات الطبيعية على مهارة وخبرة مفسر الصور خصوصاً عند تحديد انواع واصناف النبات الطبيعي والأشجار ، وبصورة عامة يمكن الاعتماد على عدد من العناصر المساعدة مثل النسيج واللون والشكل العام للنباتات وقمم الأشجار، ويلعب الظل دوراً هاماً في حالة توفره للتعرف على نوع الأشجار حيث نستطيع الحصول على نظرة جانبية تشبه النظرة التي نقوم بها في المسح الارضي وكذلك يمكن استخدام الظل في حساب ارتفاع الأشجار بعد معرفة زوايا اشعة الشمس ومقياس الصورة او يمكن قياس ارتفاع الأشجار من الصور المجسمة كذلك.

تستخدم الصور الحساسة للأشعة دون الحمراء في استكشاف النباتات نظراً للون الأحمر المميز الذي تظهر به في الصور الذي يعد ذا اهمية في تحديد النباتات المزروعة والمناطق التي تم حصادها ، وتعد وسائل الاستشعار عن بعد من انسب الطرق لتحديد الشكل العام للنباتات الطبيعية في المناطق الكبيرة، ويمكن تلخيص أهم مجالات تطبيق وسائل الاستشعار عن بعد في دراسة النباتات الطبيعية بما يأتي

- (1) تحديد انواع الأشجار والنباتات واعداد الخرائط لذلك.
- (2) تقدير كمية الأخشاب وانواعها.
- (3) معرفة طول الأشجار.

14 - دراسة أمراض النباتات

تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد في تحديد المناطق الزراعية التي تعاني من امراض المحاصيل وخصوصاً الصور الحساسة للأشعة دون الحمراء القريبة ، وبينت بعض الدراسات ان الصور الملونة الحساسة للأشعة دون الحمراء افضل من الصور العادية الملونة او البانكروماتية في استكشاف أمراض البطاطس ، فمن دراسة الصور البانكروماتية لا نستطيع ملاحظة الا الاجزاء في مرحلة متأخرة من المرض بينما في الصور الحساسة للأشعة دون الحمراء نلاحظ جميع المناطق المتأثرة، بل انه يمكن استكشاف امراض النباتات قبل ظهور اعراضها باستخدام هذا النوع من الاستشعار، وتظهر النباتات المريضة في الصور الابيض والاسود الحساسة للأشعة دون الحمراء بلون اسود ، اما في الصور الملونة الحساسة للأشعة دون الحمراء فتظهر النباتات بلون وردي الى تبعاً لشدة تأثرها بالمرض اما النباتات الميتة او الضعيفة فتظهر بلون اخضر او رمادي مائل للزرقة.

15 - التطبيقات العسكرية

يتم الحصول على بيانات ارضية للاغراض العسكرية باستخدام الطائرات العسكرية المزودة بكاميرات تصوير خاصة او من خلال الاقمار الصناعية المزودة بمتحسسات متخصصة لمثل هذه التطبيقات ، وقد ساهم القطاع العسكري في تطوير علم الاستشعار عن بعد منذ نشأته بل كان هو اساس تطوير ونشأة هذا العلم، حيث كان الغرض الاساسي من نظم وسائل الاستشعار عن بعد هو عمليات التجسس والاستطلاع التصويري على قوات العدو كما حدث في الحرب العالمية الأولى والثانية ، وتعد وسائل الاستشعار عن بعد مصدراً مهماً وأساسياً في كثير من العمليات العسكرية ، وذلك لان وسائل الاستشعار الحديثة ليس لها حدود سياسية ولا تتطلب اذنًا للتصوير، كما انها ذات قدرة هائلة على تقديم معلومات غزيرة عن الارض والاحتفاظ بهذه المعلومات في اشكال مختلفة من وسائط التخزين (ورقية ورقمية) ، ومن أهم هذه التطبيقات العسكرية عمليات الاستطلاع الجوي لعمليات التجسس وحصر اهداف العدو اختيار طرق حركة القوات العسكرية اثناء المعارك والحروب ومراقبة قوات العدو وعمليات تدريب الطيارين.

16 - نظم الاستخبارات

تعرف أنشطة الاستخبارات : بانها عبارة عن عملية جمع المعلومات والحقائق وتنظيمها وفق نظام معين يهدف الى استنتاج حقائق ومعلومات اخرى جديدة. من المعلوم ان نظم الاستخبارات المتقدمة تلعب دوراً بارزاً في حفظ توازن القوى في العالم اوقات السلم كما يكون لديها مفاتيح النصر اوقات الحرب. وتعني الاستخبارات حسب مفهوم الشؤون الدولية: التوقع بحدث ما قبل وقوعه في دولة معينة كرد فعل معين للالزامات السياسية أو الاقتصادية أو العسكرية.

وتتميز عملية الاستخبارات بكونها دورية ومستمرة، وتهدف عمليات الاستخبارات الى توفير تغطية من الصور الجوية والفضائية للارض باستمرار ويتم تفسيرها تبعاً لمعرفة اية تغيرات عسكرية او غيرها

التي تحصل في منطقة معينة ، ويرى الخبراء العسكريون أن هذا النمط من الاستخبارات المتقدمة يمنع القوى المعتدية او المتغترسة من تنفيذ مخططاتها العدوانية ، واذا ما علموا دائماً بان مخططاتهم مكشوفة ومحللة ومفهومة ، ومما يفقدهم عنصر المفاجئة في العدوان والذي ربما يكون اهم اسباب النصر وفي اوقات الحروب واثناء العمليات الحربية فان تواجد نظام متقدم لاستخبارات الارض يكون من العوامل الاساسية التي تحسم المعركة لصالح الدولة التي تملك نظام الاستخبارات المتقدمة ، لذا يساعد هذا النظام على تزويد دائرة العمليات الحربية تباعاً باحدث المعلومات عن تحركات العدو العسكرية بالاضافة الى امكانية معرفة خصائص الاراضي التي تخضع للعمليات الحربية المختلفة.

ويتولى مهام تفسر الصور للاغراض العسكرية والاستخبارات مجموعة من المتخصصين على مستوى عال من التدريب ، بحيث تمكنهم من التعرف الى الاهداف العسكرية الارضية وتمييزها بالاضافة الى قدراتهم على توفير المعلومات اللازمة عن طبيعة الارض وخصائصها المختلفة ، وتقييم تلك المعلومات واعداد التقارير الخاصة بها في وقت قصير ، لذا يجب ان يتمتع مفسر الصور العسكري بخلفية علمية متنوعة ومتعمقة في اساليب تفسير الصور ويتمتع بقدرات ذهنية عالية ويلم بجميع علوم الحياة ليستفيد منها في تفسير الصور.

الشكل (27) استخدام الصور الجوية والفضائية للاغراض العسكرية



ويمكن استخدام الصور في عملية الاستخبارات العسكرية بشكل مباشر وغير مباشر، ومثال الطرق المباشرة : حصر الطائرات أو المعدات العسكرية الشكل ، او معرفة مواقع الصواريخ ومنصاتها، والطرق غير المباشرة: مثلاً حساب حجم خزانات الوقود في القواعد العسكرية لمعرفة اجمالي ساعات الطيران الممكن تزويدها به ، ويمكن استخدام الصور لمعرفة الاليات العسكرية المتخفية تحت الاشجار باستخدام الصور الحساسة للأشعة الحرارية ولكن ايضاً يستطيع العسكريون التشويش والتمويه على هذه المعلومات فعلى سبيل المثال لا الحصر يتم وضع اجسام صواريخ خشبية مغطاة بحديد لتضليل مفسري الصور الحرارية، ويمكن تمويه المواقع المهمة في المدينة او تغطيتها بمعالم أخرى لتضليل المفسر ايضاً.

17- دراسة تلوث البيئة المائية

يمكن استخدام تفسير الصور الجوية والفضائية بطرق شتى لرصد الماء من حيث كميته او توزيعه الجغرافي ، ومن امثلة ذلك راسم خرائط الحدود البحرية والانهار والبحيرات، وكذلك دراسة تلوث البيئة المائية لان الماء مصدر الحياة.

وفي التطبيقات المائية لابد ان نعرف الخصائص الاساسية للتفاعلات بين الاشعة والماء ، إذ يلاحظ انه كلما ازداد طول الموجة ارتفعت نسبة امتصاص الاشعة وقلت نسبة انعكاسها من سطح الماء ، اما الثلج والجليد فلهما بشكل عام معامل انعكاس عال في الجزء المرئي من طيف الاشعة الكهرومغناطيسية، وينخفض هذا المعامل في بداية مجال الاشعة تحت الحمراء ولكنه يبقى أعلى بكثير من معامل انعكاس العناصر الاخرى الا انه مع اتجاه منحنى الانعكاس نحو الأشعة تحت الحمراء المتوسطة في المجال 2.1 - 2.35 مايكرومتر يهبط معامل الانعكاس للثلج بشدة بحيث يصبح اقل انعكاساً من جميع العناصر الاخرى وهذا يفيد مجال الاشعة تحت الحمراء المتوسطة في التفريق بين الثلج والغيوم، كما يمكن باستخدام القناة الحرارية، التي يتراوح طول موجتها ما بين 10.5 - 12.5 مايكرومتر، ويتحدد الغطاء الثلجي اعتماداً على اختلاف درجات الحرارة لكل من الثلج والجليد والمواد المحيطة بكل منها، إذ يبدو الثلج إسود داكن وتبدو العناصر الدافئة أكثر بياضاً في الصور الحرارية.

ومن المعروف انه لا توجد مياه طبيعية الا وتحتوي على شيء من المواد الغريبة، وتعد المياه ملوثة عندما تحتوي على مواد غريبة تكفي لان تحد من استخدامها للاغراض المنزلية او الصناعية ولا يكون مصدر التلوث ناتجا عن النشاط البشري وحده ، فمن المصادر الطبيعية للتلوث نذكر المواد المعدنية الناجمة عن غسيل التربة وتفسخ النباتات وعندما نتحدث عن التلوث المياه لابد ان نأخذ بالحسبان نمطين اثنين من مصادر التلوث هي (الملوثات المباشرة والملوثات غير المباشرة).

ويقصد بالملوثات المباشرة تلك التي يمكن حصر موقع مصدرها مثل مخارج المصانع ، اما الملوثات غير المباشرة فتتضمن الملوثات التي تكون مصادر لها متعددة ومتفرقة مثال ذلك ما تحمله معها المياه الخارجة من الحقول الزراعية من اسمدة ورواسب.

ويتعذر تحديد نوع الملوث ومعرفة تركيزه باستخدام الصور وحدها ، الا انه يمكن استخدام الصور لتحديد الموقع الذي يتلقى فيه الملوث بالكتلة المائية ، وتحديد طريقة انتشاره ، ويمكن في بعض الاحيان كما في حالات الرواسب المعلقة في الماء تقدير تركيز الرواسب بقياسات كمية للراديو مترية الفوتوغرافية يرفقها تحليل مخبري لعينات مختارة من الماء.

كما يمكن الكشف عن المواد التي تكون طبقات رقيقة على سطح الماء كطبقات النفط بوسائل الاستشعار عن بعد ، اذ يكون لون طبقات النفط السمكية بنياً أو اسود ، اما اغشية النفط الرقيقة او اثار النفط فلها لمعان فضي او ذات الوان قزحية وليست بنية او ذات سواد واضح والاختلافات الرئيسية بين انعكاسية الكتل المائية وطبقات النفط في الجزء من الطيف الضوئي بين (0.30-0.45) مايكرومتر، لذلك فاننا نحصل على افضل النتائج باجراء التصوير الملون والعادي أو التصوير بالاشعة فوق البنفسجية.

18- دراسة الكوارث الطبيعية

من الفوائد المهمة لتقنيات الاستشعار عن بعد استخدامها في تقدير ومعرفة الاضرار وخسائر الكوارث الطبيعية وتساعد هذه الوسائل في توثيق الحاجة للمساعدات العاجلة من غيرها وكذلك يمكن استخدامها من قبل شركات التأمين لتساعدهم في تقدير قيمة الخسارة في الممتلكات ، ومن اقرب الامثلة ما حدث من زلزال (تسونامي Tsunami) الذي حدث نهاية عام 2004م والذي كان سببه زلزال في البحر ادى الى فيضانات في المنطقة كلها من اندونيسيا الى الهند ونلاحظ في الشكل (28) جزءاً من الجزر الاندونوسية التي اصابها الفيضان، ففي الصورة التي قبل الفيضان لون التربة فاتح ولكن بعد تشبعها بالماء يكون لونها غامق لانها رطبة.

الشكل (28) تسونامي لأحد الجزر الاندونسية



19- استخدام معطيات الاستشعار عن بعد والتقنيات الجغرافية في مراقبة ورصد ظاهرة -التصحّر
تعد مشكلة التصحر من المشاكل البيئية التي لها انعكاسات سلبية كبيرة على الواقع البيئي والاقتصادي والحضاري والصحي ، والتي من أهمها الغبار والعواصف الترابية وتحرك الكثبان الرملية وتدهور الاراضي المنتجة ، ومالها من نتائج على زيادة تلوث الهواء.
وللوصول الى فهم افضل لتفاقم مشكلة التصحر وتحليل اسبابها والحد من انتشارها ، لابد من استخدام تقنيات حديثة شمولية وسريعة وفعالة والتي تسهل من رصد مشكلة التصحر بصورة شاملة ودورية في مراحلها المبكرة لان التصحر يتشكل نتيجة عمليات تدهور تدريجي للتوازن البيئي .
ويتم دراسة ورصد التصحر وتدهور الاراضي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد المختلفة ، اذ يتم استخدام الصور الفضائية المسجلة بمجالات طيفية مختلفة ، وذلك لملاحظة عمليات التصحر وتدهور

الاراضي اعتمادا على قيمة الاشعة المنعكسة وحصر عمليات التصحر في حزم طيفية مختلفة وتطبيقها على برامج الاستشعار عن بعد وتحليلها وتصنيفها رقميا لعزل درجات التصحر في طبقات مختلفة يتم تمثيلها خرائطيا.

نشاط

الادوات اللازمة للنشاط - برمجية الاستشعار عن بعد والصور الجوية والفضائية والخرائط المتوفرة وجهاز الرؤيا المجسمة (الستيريو سكوب).

نشاط رقم (1) ضع كلمة صح أمام العبارة التي تتفق ومفهوم الاستشعار عن وكلمة خطأ أمام العبارة التي لا تتفق ومفهوم الاستشعار عن بعد:

1. الأتصال التلفوني.

2. التلذذ في أكل الأيس كريم.

3. عملية النظر بالعين الى الطبيعة.

4. سماع الأصوات من مسافة قريبة.

5. استنشاق الروائح.

نشاط رقم (2) أعمل مخطط هيكلي توضح فيه تفاصيل طرق التفسير والتحليل لبيانات الاستشعار عن بعد.

نشاط رقم (3) قارن باستخدام الجدول بين الصور الجوية والصور الفضائية .

نشاط رقم (4) قم بتحضير زوج من الصور الجوية المجسمة (Stereo Model) وباستخدام جهاز الستيريو سكوب الجيبي أو ذو المرايا، ثم قم بتجسيم المنطقة المشتركة المتداخلة والتعرف على استخدامات الارض في المنطقة المشتركة ووصف طبوغرافيتها.

نشاط رقم (5) استخدم الصور الجوية والصور الفضائية وحاول المقارنة بينهما وتحديد الظواهر البشرية والطبيعية في كل منهما بتطبيق جميع مراحل التفسير والتحليل البصري.

نشاط رقم (6) أعمل موزاييك لمجموعة من الصور الجوية المتتابعة والمأخوذة في شريط طيران واحد أو عدة اشربة طيران متجاورة وارسم خارطة بالورق الشفاف على الموزاييك محدد عليها جميع الظواهر الطبيعية والبشرية.

نشاط رقم (7) استخدم أحد برامج المعالجة الرقمية للاستشعار عن بعد لاجراء عمليات التصنيف الموجه (Supervised Classification) والتصنيف غير الموجه (Unsupervised Classification) لخمس تصنيفات في صورة فضائية تغطي منطقة معينة.

نشاط رقم (8) لديك عدة قنوات طيفية (باندات) او طبقات اجمع هذه الباندات او الطبقات لتكوين صورة فضائية واحدة.